

Paleo-ecologisch onderzoek aan een restgeul van de Waal bij Nijmegen-Lent



BIAXiaal

RAPPORTNUMMER

823

DATUM

NOVEMBER 2015

AUTEUR

H. VAN HAASTER

Colofon

Titel:

BIAX*iaal* 823

Paleo-ecologisch onderzoek aan een restgeul van de Waal bij Nijmegen-Lent

Gemeente: Nijmegen

Plaats: Lent

Toponiem: archeologische aandachtszone I (Nld14)/Steltsestraat (Ste1)

Coördinaten vindplaats:

X: 188.629/Y: 430.572, X: 188303/Y: 430372

Onderzoekmeldingsnummers: 52090 en 53613

Auteur:

H. van Haaster

Opdrachtgever:

Gemeente Nijmegen, Bureau Archeologie & Monumenten

ISSN: 1568-2285

©BIAX *Consult*, Zaandam, 2016

Correspondentieadres:

BIAX *Consult*

Hogendijk 134

1506 AL Zaandam

tel: 075 – 61 61 010

fax: 075 – 61 49 980

e-mail: haaster@biax.nl

1. Inleiding

1.1 ALGEMEEN

Het Bureau Archeologie & Monumenten van de gemeente Nijmegen heeft in het voorjaar van 2013 een Inventariserend Veldonderzoek Proefsleuven (IVO-p) uitgevoerd binnen het plangebied Dijkteruglegging Lent, ten noorden van de stad Nijmegen (*figuur 1*). Het IVO-p is niet alleen uitgevoerd om de archeologische vindplaatsen te inventariseren. Tegelijk met het archeologisch vooronderzoek is namelijk de mogelijkheid aangegrepen om landschapsarcheologisch onderzoek uit te voeren binnen een ruime zone rond de vindplaatsen. Dit zou gezien de huidige implementatie van de AMZ niet meer mogelijk zijn geweest tijdens het Definitief Onderzoek.

Tijdens het veldonderzoek is in Aandachtszone 1 een opgevulde restgeul van de Waal aangesneden, die vervolgens is bemonsterd voor pollenonderzoek naar de landschapsgeschiedenis. Dezelfde geul is vervolgens ook aangesneden bij proefsleuvenonderzoek langs de Steltsestraat. Ook op deze plaats is de geul bemonsterd voor pollenonderzoek naar de landschapsgeschiedenis.

Dit rapport geeft de resultaten van het pollenonderzoek in beknopte vorm. Het volledige verslag, geïntegreerd in de fysisch-geografische en historische gegevens is elders gepubliceerd.¹



Figuur 1 Globale ligging van het plangebied Lent-Dijkteruglegging (© Google Earth).

¹ Van Haaster 2016a; Heunks & Van Hemmen 2016.

1.2 VRAAGSTELLINGEN

Het paleo-ecologisch onderzoek in het plangebied Dijkteruglegging Lent bestaat uit twee componenten. De eerste betreft de analyse van kleiige waaloever sedimenten (met onder meer begraven bodems en tredhorizonten) en onderzoek aan vullingen van geulen, sloten grachten en waterkuilen. Het doel van deze component van het onderzoek is om aan de hand van monsters uit deze afzettingen de vegetatieontwikkeling te beschrijven van een zo lang mogelijke periode. De kennis die dit op kan leveren over het vroegere landschap kan betrokken worden op een ruimer gebied, waaronder de archeologische vindplaatsen binnen het plangebied. Meer specifiek geformuleerde vragen zijn:

- Hoe zag het landschap er rond rondom de nederzettingen in het plangebied uit, en hoe is het door de mens gebruikt?
- Wat is het aandeel van bomen geweest in het landschap? Hebben in deze omgeving altijd voldoende bomen gegroeid om te voorzien in bouw- en brandhout?

De tweede component van het paleo-ecologisch onderzoek betreft het onderzoek aan de grondsporen op de nederzettingsterreinen. De resultaten van dit onderzoek zullen elders besproken worden.²

2. Monstersselectie en analysetechniek

Ten behoeve van het lange-termijnlandschapsonderzoek zijn op twee plaatsen in een oude restgeul van een voorganger van de Waal profielen bemonsterd. Het gaat om de restgeul die in archeologische aandachtszone I is aangetroffen en het circa 300 meter stroomafwaarts gelegen deel van deze geul die ter hoogte van de Steltsestraat tijdens een proefsleuvenonderzoek is aangesneden. De profielen zijn bemonsterd door pollenbakken in de profielwand te slaan. Vervolgens zijn uit de pollenbakken submonsters genomen voor pollen-, macroresten- en/of ¹⁴C-onderzoek.

2.1 AANDACHTSZONE I

2.1.1 Pollenonderzoek

In zone I (werkput 1) is het profiel door de restgeul bemonsterd met zes pollenbakken die elkaar iets overlappen (*figuur 2*). Vervolgens zijn van vijftien niveaus monsters genomen voor pollenonderzoek (zie *tabel 1* en *figuur 3*). Dit onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. Eerst zijn de monsters geïnventariseerd om uit te zoeken welke vullingen voor analyse in aanmerking kwamen. Daarbij is gekeken naar de soortenrijkdom van het materiaal en naar de conservering van het pollen. Daarnaast is gekeken naar de pollensamenstelling van elk monster,

² Van Haaster 2016a, b en c, Van Haaster & Zeiler 2016; Van Haaster & Esser 2016; Kooistra 2016a, b en c; Vermeeren 2016a, b en c; Kooistra & Kubiak-Martens 2016.

waarbij extra aandacht is besteed aan de aanwezigheid van pollen van cultuurgewassen en andere indicatoren die op menselijke activiteiten wijzen. Op grond van de inventarisatieresultaten is besloten alle monsters te analyseren.

Tabel 1 Nijmegen-aandachtszone I, administratieve gegevens van de onderzochte pollenmonsters.

vondst-nummer	pollen, diepte in m +NAP	spoor, vulling	labnr.	volume in ml	lokale fase	context	macro, diepte in m + NAP
V 39	8,37	S 5041	BX6808	8	III	geul Ks2/3	8,47-8,13
V 39	8,09	S 5061	BX6516	4	III	geul Ks2	8,13-8,01
V 40	7,97	S 5060 top	BX6809	6	III	geul Ks2	8,01-7,84
V 40	7,8	S 5060 midden	BX6517	4	III	geul Ks2	
V 41	7,69	S 5060 basis	BX6810	6	III	geul Ks2	8,84-7,66
V 41	7,52	S 32.1	BX6811	6	III	geul Ks2	7,66-7,40
V 41	7,35	S 32.2	BX6518	4	III	geul Ks4/3	7,40-7,25
V 42	7,2	S 32.3	BX6812	8	IIb	geul Zs2	7,25-7,15
V 42	7,05	S 32.4	BX6519	4	IIa	geul Zs4	7,15-7,03
V 42	6,98	S 32.5 top	BX6813	6	IIa	geul Zs4	7,03-6,83
V 43	6,69	S 32.5 basis	BX6520	4	IIa	geul Zs4	6,83-6,58
V 43	6,49	S 32.6	BX6814	8	I	geul Ks4	6,58-6,44
V 44	6,41	S 32.7 top	BX6815	8	I	geul Ks4	6,44-6,27
V 44	6,18	S 32.7 midden	BX6816	8	I	geul Ks4	6,27-6,12
V 44	5,98	S 32.7 basis	BX6521	4	I	geul Ks4	6,12-5,95

De pollenmonsters hadden een volume van meerdere kubieke centimeters (zie *tabel 1*). Ze zijn bereid volgens de standaardmethode van Erdtman.³ Dit is gedaan door M. Hagen van de Vrije Universiteit in Amsterdam. De preparaten zijn met een doorvallend-lichtmicroscop bij een vergroting van 600 of 1000 maal geanalyseerd. Indien nodig zijn determinaties verricht door middel van fase-contrastmicroscopie. In de meeste gevallen zijn meerdere preparaten per monster geteld om tot een statistisch verantwoorde pollensom te komen (600). Voor de bepaling van het relatieve aandeel van de verschillende pollentypen is als uitgangspunt een totaalpollensom inclusief sporen van varens en mossen gebruikt.⁴ Dit houdt in dat het totaal aantal getelde pollen en sporen per monster op 100% is gesteld. De percentages van de afzonderlijke pollentypen, sporen en andere microfossielen zijn vervolgens berekend op basis van de totaalpollensom.

De resultaten zijn in diagramvorm weergegeven (*bijlage 1* nijmegen-aandachtszone i, botanische macroresten uit de pollenbakken. tenzij anders wordt vermeld, zijn alle resten onverkoold. verklaring: v = verkoold, cf. = gelijkend op (determinatie niet zeker), fragm. = fragment(en), + = enkele, ++ = tientallen, +++ = honderden.

lokale fase	i	i	i	i	iiia
-------------	---	---	---	---	------

³ Erdtman 1960; Fægri *et al.* 1989; met modificaties van Konert 2002 en toevoeging van Lycopodiumtabletten.

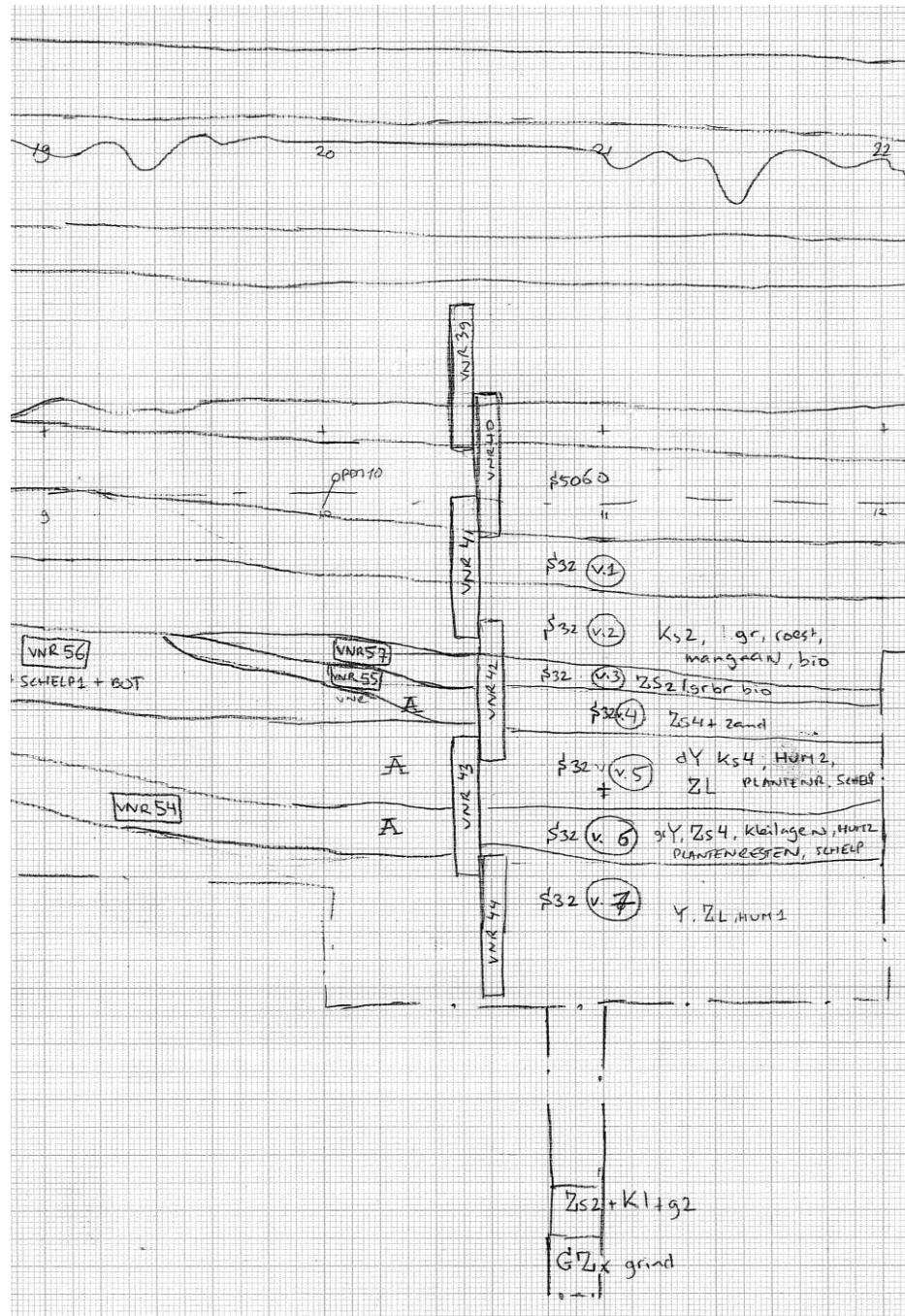
⁴ Dierlijke microfossielen, diatomeeën en sporen van algen en schimmels zijn buiten de pollensom gehouden.

spoor, vulling diepte in m +nap vondstnummer	s32.7 basis 6,12-5,95 v44	s32.7 midden 6,27-6,12 v44	s32.7 top 6,44-6,27 v44	s32.6 6,58-6,44 v43	s32.5 basis 6,83-6,58 v43
gebruiksplanten					
granen					
emmer/spelt (v)	.	.	.	.	1
emmer/spelt, kelkafbasis (v)	.	.	.	.	1
emmer (v)	.	.	.	.	.
emmer, kelkafbasis	.	.	.	.	.
emmer, kelkafbasis (v)	.	.	.	.	1
gerst (v)	.	.	.	.	1 fragm.
olie- en vezelplanten					
raapzaad	.	.	.	.	1
vlas	1	.	1	.	2
vlas (v)	.	.	.	.	.
wilde planten (en dieren)					
onkruiden van voedselrijke akkers en tuinen					
akkerandoorn	.	.	.	.	2
dovenetel	.	.	.	.	1
gekroesde melkdistel	.	2 fragm.	.	.	1
gespleten hennepnetel-type	.	.	.	.	.
getande veldsla	1 fragm.	.	.	.	.
gewone zandmuur	3	.	.	.	.
guichelheil	.	.	1	.	1
hondspeterselie	.	.	.	.	1
korrelganzenvoet	1	.	.	.	.
kroontjeskruid	.	.	.	.	1
melde	1	.	.	.	.
perzikkruid	.	.	.	.	2
vederdistel	.	.	.	.	.
veldsla	.	.	.	.	.
viooltje	.	.	.	.	.
zwaluwtong	.	.	.	.	2
tredplanten					
gewoon varkensgras	.	.	.	.	2
grote weegbree	1	.	1	.	.
onkruiden van weinig betreden, voedselrijke ruigten					
beklierde duizendknoop	.	.	.	.	.
speerdistel?	1	.	.	.	.
bilzekruid	.	.	.	.	.
sofiekruid	1	.	.	.	.
bijvoet	1	.	1	.	.
grote brandnetel	5	.	1	.	.
stinkende gouwe	1	1	.	.	.
planten van stikstofrijke, modderige standplaatsen					

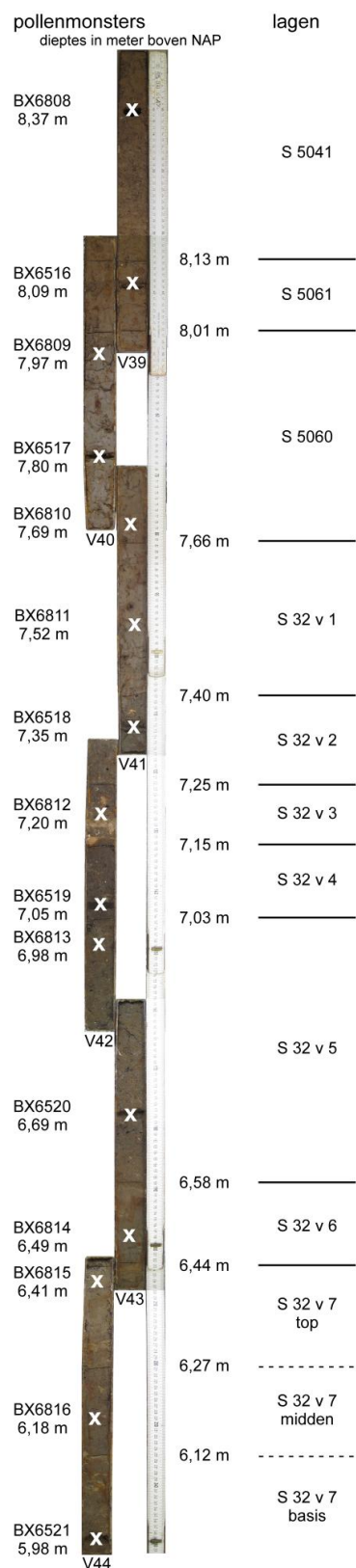
lokale fase	i	i	i	i	ii
spoor, vulling	s32.7	s32.7	s32.7	s32.6	ia
diepte in m +nap	basis	midden	top	s32.6	s32.5
vondstnummer	6,12-5,95	6,27-6,12	6,44-6,27	6,58-6,44	basis
	v44	v44	v44	v43	v43
blaartrekkende boterbloem	1	.	.	.	.
bruin cypergras	.	.	2	.	.
goudzuring	1	.	.	.	.
goudzuring, bloempje	.	1	.	.	.
goudzuring/moeraszuring	.	.	.	.	.
greppelrus	+	+	2	.	.
water-, oever- en moerasplanten					
fonteinkruid	.	2	2	.	1
gekroesd fonteinkruid	.	.	.	.	.
grof hoornblad	.	.	.	.	.
grote egelskop	.	.	.	.	.
kranswieren, oogonium/oospore	+	.	+	.	.
lisdodde	1	.	1	.	.
mattenbies	.	.	.	.	2
pijlkruid	.	.	.	.	.
sterrenkroos	1	.	1	.	.
watergentiaan	.	.	.	.	.
waterraterranonkels	.	.	.	.	++
waterweegbree, embryo	.	.	.	.	.
zegge	.	.	.	.	.
zannichellia	.	.	.	.	.
dierlijke waterorganismen	.	.	.	.	.
mollusken	.	.	+	.	+
vissenbloedzuiger	.	+	.	.	.
sponsen	.	++	++	.	.
mosdiertjes	.	++	.	.	.
graslandplanten					
behaarde boterbloem	.	.	.	.	.
geelhartje	.	.	.	.	.
gewone brunel	.	.	.	.	.
gewone/slanke waterbies	.	.	.	.	.
hoornbloem	1	1 fragm.	.	.	.
krulzuring-type	.	1 fragm.	.	.	.
pitrus-type	+	+	.	.	.
ruige zegge	.	.	.	.	1
scherpe boterbloem	.	.	3	.	3
vertakte leeuwentand	.	1 fragm.	.	.	.
water-/akkermunt	.	.	1	.	.
wilde peen	.	.	.	.	.
zilverschoon	.	1	.	.	1
bomen en struiken					

lokale fase	i	i	i	i	iia
spoor, vulling	s32.7	s32.7	s32.7	s32.6	s32.5
diepte in m +nap	basis	midden	top	s32.6	basis
vondstnummer	6,12-5,95	6,27-6,12	6,44-6,27	6,58-6,44	6,83-6,58
	v44	v44	v44	v43	v43
eenstijlige meidoorn	.	.	.	.	.
zwarte els	1 fragm.	.	.	.	.
mossen, stengels	.	+	+	.	.
overige plantenvondsten					
kruisbloemenfamilie	1	.	1	.	.
niet determineerbaar, knop	.	.	1	.	.
hout	+	.	.	.	.
houtschool	.	+	+	+	+

bijlage 2 en bijlage 3). In het meest linker deel van de diagrammen zijn alle aangetroffen pollentypen, verdeeld over negen belangrijke soortengroepen, weergegeven. De eerste twee curven (donkergroen) in dit diagramgedeelte geven de percentages boompollen aan (droge en natte standplaatsen). De andere curven geven de totalen aan van de categorieën Cultuurgewassen (rood), Akkeronkruiden en ruderalen (oranje), Algemene kruiden (roze), Heide en hoogveenplanten (paars), Graslandplanten (lichtgroen), Moeras- oeverplanten (blauw) en Waterplanten (donkerblauw). In het diagramgedeelte daarnaast staat de verhouding tussen het boompollen en het niet-boompollen weergegeven. Deze verhouding wordt vaak gebruikt om een globale indruk van de openheid van het landschap te krijgen. Daarnaast staan de percentagecurven van alle individuele pollentypen weergegeven. In de laatste twee kolommen (uiterst rechts in de diagrammen) staan de getelde pollensommen en de pollenconcentraties vermeld. Het pollenonderzoek is uitgevoerd door M. van Waijjen.



Figuur 2 Nijmegen-aandachtszone I, tekening van het profiel door de restgeul met positie van de pollenbakken.



Figuur 3 Nijmegen-aandachtszone I, pollenbakken uit de restgeul met positie van de pollenmonsters (BX-nummers).

2.1.2 Ouderdomsbepaling

Van vier niveaus zijn plantenresten geselecteerd voor ouderdomsbepaling. De administratieve gegevens van deze monsters staan weergegeven in *tabel 2*. Zeven monsters zijn gedateerd met ^{14}C . Deze dateringen zijn uitgevoerd door het Poznań Radiocarbon Laboratory. Eén monster is gedateerd met Optisch gestimuleerde Luminescentie (OSL). Dit werk is gedaan door het Oxford Luminescence Dating Laboratory.

Tabel 2 Nijmegen-aandachtszone I, overzicht van ouderdomsbepalingen. De calibratie van de ^{14}C -monsters is uitgevoerd met OxCal 4.2.3.

soort	spoor, vulling	gedateerd monster	datering	kalenderjaren	labcode
OSL	5021.2	Nld14.00072	1450±120	565: 445-685	X6569
^{14}C	32.3	Nld14.00057 (bot)	2220±30 BP	375 BC-203 BC (95.4%)	Poz-64961
	32.3	Nld14.00042 onverkoolde macroresten	2070±30 BP	174 BC-19 BC (92.6%) 13 BC-1 BC (2.8%)	Poz-68973
^{14}C	32.4	Nld14.00033 (bot)	2150±30 BP	356 BC-286 BC (30.2%) 235 BC-91 BC (64.3%) 71 BC-61 BC (1.0%)	Poz-64962
^{14}C	32.4	Nld14.00042 onverkoolde macroresten	2225±35 BP	382 BC-203 BC (95.4%)	Poz-68975
^{14}C	32.6	Nld14.00054 (bot)	2220±30 BP	375 BC-203 BC (95.4%)	Poz-64960
^{14}C	32.6	Nld14.00043 onverkoolde macroresten	2410±30 BP	739 BC-688 BC (11.2%) 664 BC-647 BC (2.9%) 549 BC-401 BC (81.3%)	Poz-68986
^{14}C	32.7	Nld14.00044 onverkoolde macroresten	2380±35 BP	730 BC-692 BC (5.5%) 659 BC-651 BC (0.9%) 544 BC-391 BC (88.9%)	Poz-68976

2.1.3 Macrorestenonderzoek

Uit het profiel door de geul in aandachtszone I zijn van veertien niveaus monsters genomen voor onderzoek aan botanisch macroresten (zie laatste kolom in *tabel 1*). Deze monsters zijn op de gebruikelijke wijze verwerkt en geanalyseerd. Slechts zeven monsters bleken botanische macroresten (of houtskool) te bevatten. De macrorestenanalyses zijn verricht door L. Kubiak-Martens.

2.2 STELTSESTRAAT (STE1)

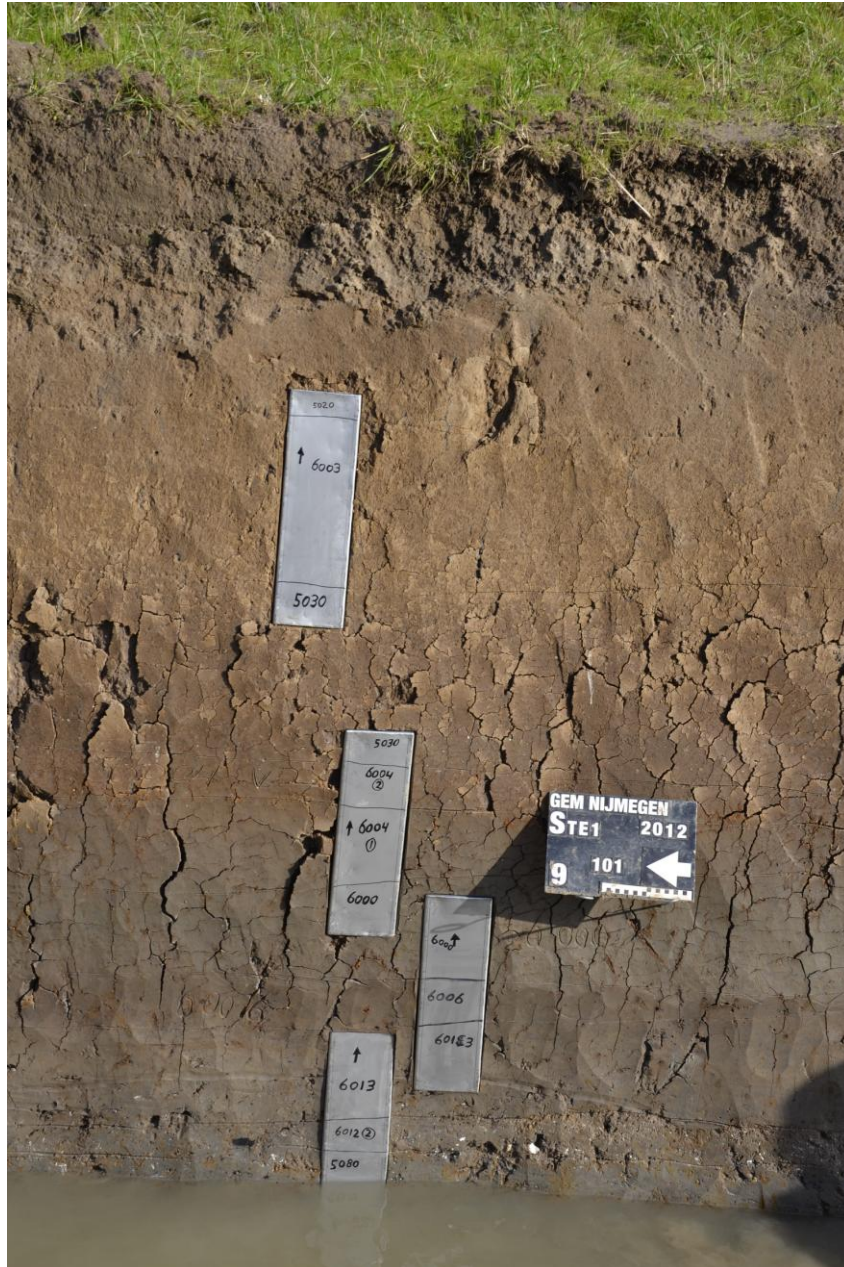
Tijdens een proefsleuvenonderzoek op een locatie ca. 300 meter ten westen van aandachtszone I, ter hoogte van de Steltsestraat, is de restgeul opnieuw aangesneden. Ook op deze locatie is het dwarsprofiel bemonsterd voor pollenonderzoek. Er zijn hier geen monsters genomen voor macrorestenonderzoek en ^{14}C -analyse.

2.2.1 Pollenonderzoek

Op de locatie Steltsestraat (werkput 9) is het profiel door de restgeul bemonsterd met vier pollenbakken (*figuur 4*). Vervolgens zijn van negen niveaus monsters genomen voor pollenonderzoek (zie *tabel 3* en *figuur 5*). Ook deze monsters zijn eerst geïnventariseerd, waarna is besloten alle monsters te analyseren. Alle monsters zijn op de voor palynologisch onderzoek gebruikelijke wijze verwerkt (zie paragraaf hierboven). De analyses zijn verricht door M. van Waijen en M. van der Linden.

Tabel 3 Nijmegen-Steltsestraat (Ste1), administratieve gegevens van de onderzochte pollenmonsters.

vondst nummer	diepte in m +NAP	spoor	datering	labnr.	volume in ml	lokale fase	context
V 479	8,70	S 6003	IJZL-ROMV	BX6883	6	IV	geul Ks3
V 479	8,54	S 5030	IJZL-LMEA	BX6865	6	IV	geul Ks3
V 478	8,07	S 6004-2	IJZL-ROMV	BX6884	6	IV	geul Ks2
V 478	7,93	S 6004-1	IJZL-ROMV	BX6885	6	IV	geul Ks2
V 478	7,74	S 6000	IJZL-ROMMD	BX6866	6	III	geul Ks1
V 477	7,54	S 6006	IJZL-ROMMD	BX6886	6	III	geul Ks1
V 477	7,36	S 6013	IJZL-ROMV	BX6867	6	II	geul Ks2
V 476	7,15	S 6012-2	IJZL-ROMV	BX6887	6	II	geul Ks2/3
V 476	7,00	S 5080	?	BX6868	6	I	geul Zs1



Figuur 4 Nijmegen – Steltsestraat (Ste1), positie van de pollenbakken in het profiel door de restgeul.



Figuur 5 Nijmegen-Steltsestraat (Ste1), pollenbakken uit de restgeul met positie van de pollenmonsters (BX-nummers).

3. Resultaten en discussie

3.1 HET PROFIEL IN AANDACHTSZONE I

De resultaten van het macrorestenonderzoek staan in *bijlage 1*. De resultaten van het pollenonderzoek staan in *bijlage 2*. Op lithostratigrafische (sedimenttype) en biostratigrafische (polleninhoud) gronden is het profiel in drie verschillende fasen onderverdeeld, die hieronder van oud naar jong worden besproken. De fasen zijn strict lokaal en hebben (nog) geen relatie met andere faseringen die in het plangebied zijn onderscheiden.

3.1.1 Fase I, 5,98 - 6,49 m +NAP (BX6521, BX6816, BX6815 en BX6814)

Het sediment tijdens deze fase bestaat uit uiterst siltige, iets humeuze klei met zandlaagjes (Ks4 +zandlaagjes). Uit deze fase zijn van vier niveaus pollenmonsters geanalyseerd. Uit fase I zijn twee ¹⁴C-dateringen beschikbaar, hieruit blijkt dat fase I in de vroege/midden-ijzertijd dateert. Er zijn vier macrorestenmonsters geanalyseerd (zie *tabel 1*). Drie monsters zijn afkomstig uit vulling S32.7, één monster is afkomstig uit S32.6.

3.1.1.1 *Pollenonderzoek*

Milieuomstandigheden

De monsters uit fase I worden gekenmerkt door relatief hoge boompollenpercentages, variërend van 75,2% in het diepste monster tot 49,2% in het bovenste monster. Het meeste pollen is afkomstig van den (*Pinus*), beuk (*Fagus*), els (*Alnus*), hazelaar (*Corylus*), eik (*Quercus*) en linde (*Tilia*). In het onderste monster is ook relatief veel zilverspar (*Abies*) aanwezig.

De goede vertegenwoordiging van den en zilverspar, in combinatie met de aard van het sediment (uiterst siltige klei met zandlaagjes) betekent vrijwel zeker dat een deel van het pollen op de monsterlocatie is aangevoerd tijdens één of meerdere fasen van verhoogde rivieractiviteit. Het pollen van den (en andere coniferen zoals spar en zilverspar) bezit luchtzakken die het een groot drijfvermogen geven zie (*figuur 6*). Hierdoor is het vaak oververtegenwoordigd in fluviatiele sedimenten.



Figuur 6 Selectieve aanrijking van pollen van den aan de oever van een klein meertje. Inzet: pollenkorrel van den met luchtzakken (© BIAAX Consult).

Uit pollenonderzoek aan rivierafzettingen in ons land is gebleken dat fasen van verhoogde fluviatiele activiteit heel vaak samengaan met verhoogde concentraties van ingespoeld pollen van den. Dit pollen is uit het achterland van de rivier afkomstig.⁵ De kans is dan ook groot dat het hoge percentage dennenpollen dat onderin de restgeul op aandachtszone I is aangetroffen, daarin terecht is gekomen tijdens een fase van verhoogde fluviatiele activiteit. Dit geldt met name voor het onderste geanalyseerde niveau. In theorie is het mogelijk dat samen met het dennenpollen ook ander (dus niet lokaal geproduceerd) pollen op de monsterlocatie is aangespoeld. Uit het hierboven aangehaalde onderzoek is echter gebleken dat het vooral dennenpollen is dat correleert met fasen van verhoogde rivieractiviteit. Omdat de curve van beuk (*Fagus*) echter vrijwel het zelfde patroon vertoont als die van den, moeten we er rekening mee houden dat ook dit pollen (deels?) is aangespoeld.

Een van de onderzoeksvragen heeft betrekking op het aandeel van bomen in het landschap. Om hier een indruk van te krijgen wordt vaak de verhouding tussen het boompollen en het niet-boompollen gebruikt.⁶ Uit het totale boompollenpercentage (75,2%) zou kunnen worden afgeleid dat sprake was van een zeer bomenrijk landschap. Het pollen van de coniferen (den en zilverspar) is echter vrijwel zeker aangespoeld en dus niet representatief voor de bosvegetatie

⁵ Cremer *et al.* 2010; Donders *et al.* 2008
(http://kennisvoorklimaat.klimaatonderzoeknederland.nl/gfx_content/documents/congres%20presentaties/congres%20november%202008/CS09%20De%20Rivieren.pdf).

⁶ Zie Groenman-Van Waateringe 1986; Schepers & Van Haaster 2014.

in de omgeving van de monsterlocatie. Als we in de percentageberekeningen het pollen van den en zilverspar weglaten, dan komt het totale boompollenpercentage in het onderste monster te liggen op 63,4%. Er is in deze fase dan nog steeds sprake van een sterk bebost landschap. De gecorrigeerde boompollenpercentages in de jongere monsters in fase I bedragen (van onder naar boven) 45,0, 47,2 en 39,8%. Dergelijke percentages zijn kenmerkend voor open bos of bosrandsituaties.⁷ De kans is echter aanwezig dat ook veel pollen van beuk is aangespoeld omdat de curve van beuk bijna het zelfde verloop vertoont als die van den. Dit zou betekenen dat het landschap waarschijnlijk nog iets opener was dat hierboven al is geschetst, want de boompollenpercentages worden dan (van onder naar boven): 47,1%, 38,5%, 38,6% en 31,6%.

Wat valt er nu te concluderen over de samenstelling van het bos? Het meeste boompollen in fase I is afkomstig van els, als we het pollen van den en ook het grootste deel van het pollen van beuk even buiten beschouwing laten. Blijkbaar hadden elzen een flink aandeel in de bosvegetatie in de omgeving. In natuurlijke situaties staan elzen op plaatsen waar het grondwater in de wintermaanden boven het maaiveld staat. In de zomermaanden zakt het water tot onder het maaiveld. Op de standplaatsen van els is meestal sprake van stagnerend water, dat niet of nauwelijks stroomt. Sterke waterstroming verdraagt de boom namelijk niet. De aanwezigheid van beuken in de omgeving van de monsterlocatie is, zoals hierboven al is aangegeven, onzeker. Toch is er een reële kans dat in de omgeving beuken stonden. De beuk is (na de haagbeuk) de laatste loofboom die na afloop van de laatste ijstijd in ons land terugkeert. Omstreeks 3000 voor Chr. bereikt hij het uiterste zuiden van ons land en vanaf de ijzertijd breidt de boom zich sterk uit in het oosten.⁸ Beuken staan op hoger gelegen, drogere gronden. De grondwaterstand ligt het hele jaar beslist een flink stuk onder het maaiveld. Het liefst staan beuken op gerijpte, kalkhoudende grond. In het rivierengebied komen beuken nauwelijks voor. De bomen verdragen namelijk in het geheel geen overstroming. In hardhoutooibossen komen ze alleen op de hoogst gelegen, nooit overstroomde delen voor. Dit zijn de hoogste delen van de oeverwallen en kronkelwaardruggen. Favoriete standplaatsen voor hardhoutooibossen zijn de gebieden waar de uiterwaarden het dekzandlandschap, de stuwwallen of land- en rivierduinen raken.⁹ Vaker komen beuken echter voor op hoger gelegen pleistocene delen van het landschap. Dergelijke hoge en mineraalrijke gronden liggen op nog geen kilometer ten zuiden van het plangebied, waar de stuwwal en voorliggende spoelzandwaaier van Nijmegen zijn gesitueerd. Op de hoger gelegen delen in het landschap kwamen ook de hazelaars, eiken en linden voor. Deze bomen kunnen op de zelfde standplaatsen als de beuk hebben gestaan.

Door de dominantie van het boompollen bevatten de pollenspectra maar weinig pollen waarmee de lokale milieuomstandigheden in en langs de restgeul kunnen worden getypeerd. Pollen van echte waterplanten is niet aangetroffen, maar dit is een bekend verschijnsel in pollendiagrammen. Veel soorten waterplanten produceren namelijk pollenkorrels waarvan de wand niet zo sterk

⁷ Groenman-Van Waateringe 1986; Schepers & Van Haaster 2014.

⁸ Weeda et al. 1985, 106.

⁹ Hommel et al., 2005

is als bij het pollen van land- en oeverplanten.¹⁰ Wel zijn enkele sporen van groenwieren aangetroffen (*Pediastrum*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, Zygnemataceae en Type 128A). Deze wieren leven echter in allerlei natte omstandigheden, niet alleen in open water. Wel zijn – met uitzondering van het onderste monster – enkele slijmcellen gevonden van een plant uit de waterleliefamilie. Slijmcellen bevinden zich in de bladeren en stengels van planten uit de waterleliefamilie, zoals waterlelie en gele plomp. De aanwezigheid van de slijmcellen betekent dus dat we te maken hebben met vergane waterlelies (*Nymphaea alba*) of gele plompen (*Nuphar lutea*). Dit betekent dan weer dat het water in de restgeul (meestal) niet of hooguit zwak stroomde, zodat zich een waterlelievegetatie kon ontwikkelen.

De vele sporen van het niervaren-type (*Dryopteris*-type) zijn waarschijnlijk afkomstig van moerasvarens, stekelvarens of kamvarens. Deze varens staan op natte, moerassige plaatsen. Ze hebben vrijwel zeker deel uitgemaakt van de lokale oever- en moerasvegetatie. De pollenkorrels van de cypergrassenfamilie (Cyperaceae) zijn waarschijnlijk van zeggen of biezenvarens afkomstig, die langs de geul stonden. Ook het pollen van de grassenfamilie is waarschijnlijk afkomstig van een oever- of moerasplant, bijvoorbeeld riet (*Phragmites australis*), rietgras (*Phalaris arundinacea*) of hennegras (*Calamagrostis canescens*).

Menselijke activiteit

In het bovenste monster uit spoor 32 vulling 7 zijn enkele pollenkorrels van graan gevonden. Het gaat om twee pollenkorrels van het gerst/tarwe-type en om een pollenkorrel waarvan de graansoort niet kon worden vastgesteld. Ook zijn in sommige monsters uit fase I pollenkorrels gevonden van soorten die vaak op door mensen of dieren beïnvloede standplaatsen voorkomen zoals Alsem (*Artemisia*), perzikkruid-type (*Persicaria maculosa*-type) en gewoon varkensgras-type (*Polygonum aviculare*-type). Het aantal pollenkorrels van deze planten is echter klein en bovendien gaat het om zogenaamde secundaire antropogene indicatoren, dat wil zeggen dat de planten in ons land weliswaar vaak op door mensen beïnvloede standplaatsen voorkomen, maar óók op plaatsen waarvan de bodem op een natuurlijke manier verstoord wordt. De slechts enkele pollenkorrels van de betreffende taxa vormen op zichzelf daarom geen betrouwbare aanwijzing voor menselijke activiteit in de nabije omgeving.¹¹ Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) is wel een betrouwbare indicator. Het lijkt er namelijk op dat deze plant niet behoort tot de oorspronkelijke, natuurlijke vegetatie in Nederland. Uit eerder verricht pollenonderzoek is gebleken dat de plant zich vanaf het neolithicum in ons land flink uitbreidt.¹² Hieruit wordt afgeleid dat het voorkomen van smalle weegbree iets te maken heeft met het begin van de landbouw in ons land. Het staat echter ter discussie voor welke

¹⁰ Veel waterplanten zijn wat de bestuiving betreft hydrogaam (bestuiving door water) of cleistogaam (zelfbestuiving). Het pollen hoeft daarom niet zo'n sterke wand te hebben als bij planten die hun pollen via de lucht verspreiden. Het pollen van veel waterplanten blijft daardoor minder goed bewaard.

¹¹ Behre 2007, 214.

¹² Bakker 2003, 253.

landbouwactiviteit de plant indicatief is. Hoewel smalle weegbree tegenwoordig vooral voorkomt in extensief begraasde (of gemaaide) graslanden kwam de plant volgens sommige onderzoekers in de prehistorie vooral als akkerplant voor.¹³ Volgens andere onderzoekers wijst het voorkomen van smalle weegbree in pollendiagrammen echter op niet al te intensief begraasde, grasrijke vegetaties en dus op het houden van vee.¹⁴ Ook de sporen van mestschimmels die in de bovenste drie monsters uit fase I zijn gevonden kunnen in verband worden gebracht met veehouderij.

Al met al is de conclusie dat de aanwijzingen voor menselijke activiteit in fase I gering zijn, maar dat ze met uitzondering van het onderste monster wel aanwezig zijn. Waarschijnlijk gaat het om kleinschalige landbouw in de directe omgeving (maximaal 300 m). Gezien de interpretatie van de dateringen in relatie tot de potscherven uit de vullingen van S32 en S32.5 gaat het om menselijke activiteit uit de vroege ijzertijd.

3.1.1.2 *Macrorestenonderzoek*

Milieuomstandigheden

De resten van fonteinkruid, sterrenkroos en kranswieren duiden op stilstaand of hooguit zwak stromend, zoet, voedselrijk water. Ook de resten van mosdiertjes, vissenbloedzuigers en zoetwatersponsen duiden hier op.

Aan de oever van de restgeul stonden planten als lisdodde, goudzuring, blaartrekkende boterbloem, greppelrus en bruin cypergras. Met uitzondering van de lisdodde duiden deze planten op open, modderige plekken op de oever.¹⁵ Dit kan duiden op wisselende waterstand of beschadiging van de oevervegetatie door mensen of dieren.

Op de oever waren waarschijnlijk ook de planten uit de categorie 'Weinig betreden, voedselrijke ruigten' te vinden. Dat zijn onder andere grote brandnetel en bijvoet.

Sommige plantenvondsten duiden op graslandvegetatie in de nabije omgeving. Dat zijn vertakte leeuwentand, zilverschoon, gewone en/of slanke waterbies, krulzuring-type, pitrus-type, scherpe boterbloem, water- en/of akkermunt en hoornbloem. De meeste soorten behoren tot de zogenaamde storingsindicatoren. Dat wil zeggen dat ze vaak te vinden zijn in graslanden waar sprake is van verstoring. Meestal gaat het dan om wisselende waterstand en regelmatige begrazing.

Van els is een zaad gevonden.

Menselijke activiteit

In de monsters uit de basis en de top van vulling 7 zijn enkele zaden van vlas gevonden. Dit duidt op menselijke activiteit in de directe omgeving (verbouw van vlas). De zaden van melde, korrelganzenvoet, getande veldsla, guichelheil, gekroesde melkdistel en gewone zandmuur duiden op open, voedselrijke grond.

¹³ Groenman-van Waateringe 1986.

¹⁴ Bakker 2003, 255.

¹⁵ Als de zaden van lisdodde van de grote lisdodde afkomstig zijn, kunnen ook deze op de modderige oever gestaan. Kleine lisdoddes staan meestal in dieper water.

Ook dit kan te maken hebben met menselijke activiteit (bodembewerking) in de nabije omgeving. De zaden van grote weegbree duiden op regelmatige betreding (door mensen of dieren).

Omdat met name onderin fase I sterke aanwijzingen zijn voor aanvoer van materiaal van elders (veel pollen van den, geturbeerde zandlaagjes), bestaat er een kans dat de indicatoren voor menselijke activiteit op dit niveau niet van zuiver lokale herkomst zijn. Het ligt echter niet in de verwachting dat de zaden van grote afstand met rivierwater zijn aangevoerd.

3.1.2 Fase IIa: 6,69 - 7,05 m +NAP (BX6520, BX6513 en BX6519)

Het sediment tijdens deze fase betreft een crevasse-afzetting, bestaande uit uiterst siltig, sterk humeus zand met kleilaagjes (Zs4 + kleilaagjes). Uit fase IIa zijn van drie niveaus pollenmonsters geanalyseerd. Uit deze fase is ook een ¹⁴C-datering beschikbaar, hieruit blijkt dat fase IIa in de midden-/late ijzertijd dateert. Uit fase IIa zijn twee macrorestenmonsters geanalyseerd (uit vullingen S32.4 en S32.5).

3.1.2.1 *Pollenonderzoek*

Milieuomstandigheden

De boompollenpercentages in de drie monsters uit fase IIa bedragen (van onder naar boven) 19,2, 23,3 en 14,1%. Dit zou dan betekenen dat het landschap, vergeleken met fase I een flink stuk opener is geworden. Het aandeel van den is flink afgenomen, zodat we er veilig vanuit kunnen gaan dat het meeste pollen lokaal of in de nabije omgeving is geproduceerd. Een kanttekening hierbij is wel op zijn plaats. De lokale milieuomstandigheden worden namelijk gekenmerkt door veel dynamiek; in elk geval tijdens de inspoeling van het zand. Het is echter mogelijk dat dit zand tijdens één hoogwaterperiode, buiten het bloeiseizoen van de den (en de andere coniferen) is afgezet.

Wat de bomen betreft, is het meeste pollen afkomstig van els, eik en beuk. De percentages zijn echter zeer laag, zo laag dat we er vanuit gaan dat ze in de nabije omgeving van de geul geen rol van betekenis speelden.

Wat de lage, kruidige vegetatie betreft, kan worden geconcludeerd dat het aandeel van graslandplanten sterk is toegenomen. De percentages van het pollen uit de grassenfamilie zijn ongeveer verdubbeld. Dit pollen kan afkomstig zijn van een oeverplant (zoals we dat vermoedden in fase I), maar tijdens fase IIa is het pollen van de grassenfamilie waarschijnlijk grotendeels afkomstig van echte grassen. Aanwijzingen voor oever- en moerasvegetaties zoals moerasvarens (nog duidelijk aanwezig in fase I) zijn namelijk sterk afgenomen in de monsters uit fase IIa. Ook andere graslandplanten zoals smalle weegbree, meerdere soorten klaver (*Trifolium*), ratelaar (*Rhinanthus*-type), boterbloem (*Ranunculus acris*-type), ganzerik-type (*Potentilla*-type en knoopkruid-type (*Centaurea jacea*-type) zijn sterk in betekenis toegenomen. Van de meeste soorten zijn maar lage percentages pollen gevonden, maar dat komt omdat het insectenbestuivers zijn die maar

weinig pollen (hoeven te) produceren en dat zich bovendien slecht verspreidt.¹⁶ In palynologisch opzicht zijn de soorten echter goed vertegenwoordigd. Met name van smalle weegbree is relatief veel pollen gevonden, vooral in het bovenste monster (8,7%). Ook van lintbloemige composieten is relatief veel pollen gevonden (gemiddeld zo'n 10,%). Lintbloemige composieten zijn planten waarvan de bloemen op die van paardenbloemen lijken. Vrijwel alle soorten lintbloemige composieten zijn graslandplanten. Behalve paardenbloem behoren bijvoorbeeld biggenkruid, leeuwentand, havikskruid, cichorei, morgenster en streepzaad tot de lintbloemige composieten. Sommige soorten volgen elkaar op fraaie wijze op in graslanden: eerst de paardenbloemen, vervolgens streepzaad en later in het jaar biggenkruid. Soms kunnen de planten een grasland helemaal geel kleuren (*figuur 7*).



Figuur 7 Grasland, gedomineerd door grassen en lintbloemige composieten, in dit geval groot streepzaad (*Crepis biennis*) (© BIAAX Consult).

Al met al heeft het pollenonderzoek duidelijk aanwijzingen opgeleverd voor het bestaan van (naar huidige maatstaven) extensief beheerd grasland in de directe omgeving van de monsterlocatie. Het grasland kan als weidegrond of hooiland gebruikt zijn. Dat de betekenis van veehouderij is toegenomen in de nabije omgeving, blijkt ook uit de flinke toename van mestschimmels in de monsters uit fase IIa.

Uit de vondst van slijmcellen en sterharen van de waterleliefamilie blijkt dat in de geul (regelmatig?) sprake was van stilstaand tot hooguit zwak stromend water.

Menselijke activiteit

¹⁶ Insectenbestuivers hoeven in tegenstelling tot windbestuivers maar heel weinig pollen te produceren om zeker te zijn van een geslaagde bevruchting. Het stuifmeel wordt immers door insecten min of meer rechtstreeks van de ene naar de andere bloem gebracht.

In de monsters uit fase IIa zijn aanzienlijk meer pollenkorrels van graan gevonden. Het gaat om tarwe-type, gerst/tarwe-type en enkele niet nader te determineren graanpollenkorrels. Ook is een pollenkorrel van vlas (*Linum usitatissimum*-type) gevonden. Zowel gerst, als tarwe en vlas produceren maar weinig stuifmeel, zodat enkele pollenkorrels al een bewijs zijn voor lokale verbouw of verwerking van deze cultuurgewassen. Interessant is de toename van pollenkorrels van grassen die groter zijn dan 40 µm zijn (Poaceae >40 µm). Dit type pollen voldoet officieel niet aan de criteria van graanpollen (die formeel ook tot de grassen behoren) omdat de porediameter en de afmetingen van de annulus rond de pore niet groot genoeg zijn. Het is echter goed mogelijk dat dit pollen van pluimgierst (*Panicum miliaceum*) afkomstig is, of althans gedeeltelijk daartoe behoort. In een pollendiagram van de locatie Duckenburg, iets ten zuiden van Nijmegen laat de pollencurve van grote grassen (>40 µm, in het pollendiagram ingedeeld bij graslandplanten) een interessant verloop zien.¹⁷ Vanaf ca. 1000 voor Chr. is het pollen van grote grassen meestal duidelijk aanwezig. In het begin van de Romeinse tijd neemt de curve echter sterk af, hetgeen door Kalis in verband wordt gebracht met het feit dat in de Romeinse tijd de bij de inheemse bevolking zo geliefde pluimgierst niet langer werd verbouwd.¹⁸

Uit de ¹⁴C-datering blijkt dat de menselijke activiteit in fase IIa gedateerd moet worden in de midden-/late ijzertijd.

3.1.2.2 Macrorestenonderzoek

Milieuomstandigheden

In de monsters zijn resten van water- en oeverplanten gevonden die duiden op voedselrijk, stilstaand water. Dat zijn pijlkruid, gesteelde zannichellia, waterranonkels, mattenbies en fonteinkruid. Gesteelde zannichellia is een 's winters groen blijvende, ondergedoken waterplant die met een wortelstok in de bodem verankerd zit. De aanwezigheid van gesteelde zannichellia is opvallend omdat deze plant over het algemeen beschouwd wordt als een indicator voor zout water. Binnen Europa komt gesteelde zannichellia daarom hoofdzakelijk voor in de kuststreken van West- en Zuidwest-Europa. In Nederland is het voorkomen tegenwoordig beperkt tot een strook van tussen de 20 en 40 km uit de Noordzeekust. De aanwezigheid van gesteelde zannichellia in de geul komt op het eerste gezicht vreemd over omdat alle andere planten waarvan resten zijn gevonden op de aanwezigheid van zoet water wijzen. De sleutel tot de oplossing van dit probleem moet gezocht worden in de voorkeur die de plant heeft voor sterk carbonaat- en/of ammoniakhoudende wateren.¹⁹ Dit is de reden dat de planten in zoete milieus regelmatig worden gevonden in land- en tuinbouwgebieden. Door bemesting lijkt de aanwezigheid van gesteelde zannichellia te worden bevoordeeld. De conclusie moet daarom zijn dat het water in de geul waarschijnlijk sterk organisch was belast (vervuild), mogelijk met dierlijke of menselijke uitwerpselen. Een aanwijzing hiervoor kwam ook al

¹⁷ Teunissen 1988.

¹⁸ Kalis 2005, 11.

¹⁹ Weeda *et al.* 1991, 264.

naar voren uit het pollenonderzoek dat veel sporen van mestschimmels heeft opgeleverd.

Van graslandplanten zijn meer macroresten gevonden dan in de monsters uit fase I. Voorbeelden hiervan zijn behaarde boterbloem, ruige zegge, zilverschoon, scherpe of kruipende boterbloem, wilde peen en krulzuring-type. Alle soorten wijzen op een regelmatig begraasd en/of gemaaid grasland, waar waarschijnlijk ook sprake was van een wisselende waterstand.

Resten van bomen en struiken zijn niet gevonden.

Menselijke activiteit

In de monsters uit fase IIa zijn macroresten gevonden van gerst, emmertarwe, vlas, raapzaad en mogelijk spelt. Gerst en emmertarwe waren in de ijzertijd de meest verbouwde graansoorten in ons land. Spelt werd minder vaak verbouwd.²⁰ De determinatie van spelt is echter niet zeker. Omdat de resten sterk beschadigd zijn, kunnen ze ook van emmertarwe afkomstig zijn.

Vlas is een gewas dat zowel voor de oliehoudende zaden als voor de vezels kan worden verbouwd. Vlasvezels kunnen worden gebruikt voor de productie van textiel (linnen) en fijn touw. Uit de zaden (lijnzaad) kan olie (lijnolie) geperst worden die in de voeding voor de bereiding van verf of voor verlichting gebruikt kan worden. Lijnolie werd ook gebruikt voor het verduurzamen van touw, visnetten, zeildoek en houtwerk.

Raapzaad werd vroeger behalve voor de oliehoudende zaden ook voor de knollen (rapen) en het blad (raaploof) verbouwd. Ook in de ijzertijd was dit waarschijnlijk het geval. In zijn boek 'De re Rustica' (over de landbouw) schrijft Columella dat de Galliërs rapen zowel voor menselijke consumptie als voor veevoer verbouwden. Het was een belangrijk voedsel tijdens de wintermaanden. De zaden werden geoogst van voederrapen die in de winter op de akker of in de tuin waren blijven staan. In het volgende voorjaar schoten deze rapen dan in bloei, waarna het oliehoudende zaad geoogst kon worden.²¹ Het zaad werd vervolgens geperst, waarna de olie voor verlichting of in de voedselbereiding gebruikt werd. Bij verbouw van raapzaad voor het blad krijgen de planten niet de kans om zaad te vormen. De in de geul aangetroffen zaden duiden daarom op verbouw van raapzaad voor de rapen en/of het zaad.

De aanwijzingen voor bodembewerking in de directe omgeving zijn een stuk sterker dan in de monsters uit fase I. Soorten als hondspeterselie, kroontjeskruid, perzikkruid, gekroesde melkdistel, guichelheil en zwaluwtong duiden op regelmatig bewerkte voedselrijke grond. Dat kunnen moestuinen of akkers geweest zijn.

3.1.3 Fase IIb: 7,20 m +NAP (BX6812)

Fase IIb betreft een zandlaag, omgeven door klei (Zs2). In sedimentologisch opzicht is fase IIb de eindfase van de crevasse-afzetting (fase II). Uit de laag is één pollenmonster geanalyseerd. Het monster is afkomstig uit de klei, vlak boven

²⁰ Bron: nationale archeobotanische database RADAR.

²¹ Van Haaster 1997, 71.

de zandlaag. Uit fase IIb is ook een macrorestenmonster geanalyseerd. Uit de laag is een ^{14}C -datering beschikbaar. Hieruit blijkt dat de laag in de late ijzertijd is gevormd.

3.1.3.1 *Pollenonderzoek*

Milieuomstandigheden

De boompollensamenstelling van het monster uit fase IIb verschilt niet wezenlijk van die van de monsters uit fase IIa. In de milieuomstandigheden in de nabije omgeving lijken daarom geen belangrijke veranderingen te hebben plaatsgevonden. In de lokale milieuomstandigheden in de geul zijn wel veranderingen op getreden. Dit blijkt uit de spectaculaire toename van slijmcellen van de waterleliefamilie. Kort na de zandinflux was er dus weer sprake van een stabiele situatie in de geul waardoor zich een waterlelievegetatie kon ontwikkelen. Dit betekent dat sprake was van stilstaand water met een diepte van ongeveer een meter.

Menselijke activiteit

In het monster uit fase IIb zijn enkele pollenkorrels van granen (tarwe-type en gerst/tarwe-type) en de hennepfamilie (Cannabaceae). Het pollen van de hennepfamilie kan afkomstig zijn van hop of hennep. Hennep is een cultuurgewas dat destijds veel voor de vezels werd verbouwd. Hop is een slingerplant die van nature in ons land in bomen en struikgewas voorkomt.

3.1.3.2 *Macrorestenonderzoek*

Milieuomstandigheden

In het monster zijn veel macroresten gevonden van waterplanten die van voedselrijk, stilstaand water houden. Dat zijn fonteinkruid, waterweegbree, gesteelde zannichellia, gekroesd fonteinkruid, grof hoornblad, watergentiaan, grote egelskop, mattenbies en pijlkruid. Veel van deze soorten houden van sterk carbonaat of fosfaathoudend water. Het water was daarom waarschijnlijk sterk belast met organisch afval.

Van watergentiaan worden niet vaak zaden gevonden. Ook watergentiaan is een plant die het in carbonaatrijk water goed doet. Vooral als zich klei in de ondergrond bevindt (zoals op de onderzoeklocatie) kan de plant een overheersend plaats in aan het oppervlak van een waterloop innemen (*figuur 8*).



Figuur 8 Boerensloot met watergentiaan (© BIAAX Consult).

Menselijke activiteit

In het monster uit fase IIb zijn wat de cultuurgewassen betreft alleen macroresten van emmertarwe gevonden. Resten van onkruiden die op de aanwezigheid van akkers of tuinen duiden, zijn niet veel gevonden.

3.1.4 Fase III: 7,35 - 8,37 m +NAP (BX6518, BX6811, BX6810, BX6517, BX6809, BX6516 en BX6808,)

Het sediment in fase III bestaat uit klei, waarvan het siltgehalte van onder naar boven afloopt (Ks4 → Ks2). Op het niveau van spoor 5060 is sprake van een vage vegetatiehorizont. Uit fase III zijn zeven pollenmonsters en één macrorestenmonster geanalyseerd. Er is geen ¹⁴C-datering uit deze fase beschikbaar.

3.1.4.1 *Pollenonderzoek*

Milieuomstandigheden

De boompollenpercentages in de monsters uit fase III liggen gemiddeld rond de 20%. Enkele uitschieters in jongere monsters in deze fase worden veroorzaakt door de toename van elzenpollen. Het aandeel van den is zeer laag, hetgeen waarschijnlijk het gevolg is van het ontbreken van grootschalige overstromingen. Tijdens fase III lijken er geen veranderingen te zijn opgetreden in de openheid van het landschap. Het landschap heeft een open karakter, evenals dat in fase II het geval was. Ook in de boomsamenstelling zijn geen veranderingen opgetreden met uitzondering van de waarneming dat vooral in het jongere gedeelte van fase III het aandeel van elzen is toegenomen, waarschijnlijk als gevolg van voortschrijdende verlanding van de restgeul. In het monster onderuit spoor 5060

is een pollenkorrel van walnoot (*Juglans regia*) gevonden. Walnoot is door de Romeinen in ons land geïntroduceerd. Dit betekent dat het betreffende niveau een *terminus post quem* datering heeft van romeinse tijd. De (lichte) toename van pollen van haagbeuk is in overeenstemming met de (post)romeinse datering.

De lokale vegetatie wordt gekenmerkt door een toename van oever- en moerasplanten. Het gaat onder andere om moerasvarens of kamvarens (*Dryopteris*-type), kleine lisdodde (*Typha angustifolia*), grote egelskop (*Sparganium erectum*-type), watertorkruid-groep (*Oenanthe aquatica*-groep), waterweegbree (*Alisma*-type) en waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*). Ook de toename van het pollen van de cypergrassenfamilie is afkomstig van moerasplanten zoals biezen en zeggen. Veel algen laten in fase III ook hogere waarden zien. Het lijkt er op dat de waterlelievegetatie uit fase II is verland.

De aanwijzingen voor agrarisch grasland tijdens fase III zijn minder; ook zijn geen mestschimmels aangetroffen.

Menselijke activiteit

In elk monster uit fase III zijn aanwijzingen gevonden voor menselijke activiteit. Het gaat om pollenkorrels van hennep, gerst/tarwe-type, granen-type en rogge. Van rogge zijn alleen in de bovenste twee monsters pollenkorrels gevonden. Rogge wordt vanaf de Romeinse tijd in ons land verbouwd, maar dit gebeurde in eerste instantie vooral in het noorden van ons land. Pas vanaf de laat-romeinse tijd wordt het graan ook ten zuiden van de Romeinse rijksgrens verbouwd.

Opvallend is de goede vertegenwoordiging van pollen van de kruisbloemenfamilie in fase III. Dit pollen kan afkomstig zijn van een wilde plant uit deze soortenrijke familie, maar het is heel goed mogelijk dat het afkomstig is van een cultuurgewas. Bekende cultuurgewassen in de kruisbloemenfamilie zijn kool, mosterd, radijs, huttentut, rapen, raapzaad en koolzaad. Omdat van het gewas veel stuifmeel is gevonden, vallen kool, rapen en radijs af. Het moet een gewas zijn dat verbouwd werd voor de zaadproductie; het moet dus gebloeid hebben. Het meest waarschijnlijk is dat het om raapzaad gaat. Dit gewas werd vanaf de ijzertijd veel verbouwd voor de oliehoudende zaden. Ook huttentut werd verbouwd voor de oliehoudende zaden, maar het gewas werd in de middeleeuwen in ons land nauwelijks meer verbouwd.²² Huttentut werd hier en daar wel daar ingezaaid als de raapzaadoogst mislukt was.²³

Andere aanwijzingen voor menselijke activiteit bestaan uit pollen van akkeronkruiden en ruderalen zoals alsem, perzikkruid-type, gewoon varkensgras-type en – in het bovenste monster – korenbloem (*Centaurea cyanus*).

Het aantal houtskoolpartikeltjes in de monsters uit fase III is flink groter dan in de vorige fasen. De hoeveelheid houtskoolpartikels in pollenpreparaten correleert heel vaak met indicatoren voor menselijke activiteit. Ook in het hier besproken diagram is dat het geval.

De vondst van korenbloem is interessant, want hiermee kan de bovenkant van het profiel enigszins in de tijd worden geplaatst. Korenbloem is van oorsprong

²² Van Haaster 1997, 71.

²³ Lindemans 1952 (II), 273.

een steppeplant die pas vanaf de Middeleeuwen als akkeronkruid in ons land voorkomt. De aanwezigheid van het pollen of de zaden in een of andere context wordt dan ook vaak gebruikt om de context een *terminus post quem* datering te geven. Uit de tot op heden beschikbare gegevens over de verspreidingsgeschiedenis van korenbloem blijkt dat de plant vermoedelijk al in de Karolingische tijd hier en daar in ons land voorkwam. Echt algemeen komt korenbloem vermoedelijk pas vanaf de Volle-Middeleeuwen voor.²⁴

3.1.4.2 Macrorestenonderzoek

Het macrorestenonderzoek heeft geen resultaten opgeleverd. De oorzaak hiervan moet waarschijnlijk gezocht worden in de hoge ligging ten opzichte van het grondwaterniveau. Hierdoor zijn geen macroresten van planten bewaard gebleven.

3.2 HET PROFIEL VAN DE LOCATIE STELTSESTRAAT

De resultaten van het pollenonderzoek staan in *bijlage 3*. Op lithostratigrafische (sedimenttype) en biostratigrafische (polleninhoud) gronden is het profiel in vier verschillende fasen onderverdeeld, die hieronder van oud naar jong worden besproken. De fasen zijn strikt lokaal en hebben (nog) geen relatie met andere faseringen die in het plangebied zijn onderscheiden. De eventuele overeenkomsten met de fasen die in het profiel van de locatie Nld14 zijn onderscheiden, worden in de conclusies besproken.

3.2.1 Fase I: 7,03 m +NAP (BX6868)

Het sediment op dit niveau bestaat uit zwak siltig zand (Zs1). Het niveau is waarschijnlijk in de vroege/midden-ijzertijd gedateerd.

Milieuomstandigheden

Het boompollenpercentage in het monster uit fase I bedraagt 55,8%. Het meeste boompollen is afkomstig van den, beuk, els en eik. Qua pollensamenstelling lijkt dit monster erg veel op de monsters uit fase I van de locatie Nld14. Ook in die monsters is veel (aangespoeld) pollen van den aanwezig en ook beuk en els zijn daarin goed vertegenwoordigd. Het landschap had een half open karakter. Als het pollen van beuk niet is aangespoeld, dan stonden deze bomen waarschijnlijk op een hoger gelegen pleistoceen deel in de directe omgeving (de nabij gelegen stuwwal en spoelzandwaaier van Nijmegen). Op de hogere delen in het landschap stonden ook de eiken. De elzen stonden op lagere delen waar de grondwaterstand in de wintermaanden boven het maaiveld kwam.

De kruidige vegetatie werd waarschijnlijk gedomineerd door moerasvarens, cypergrassen en een oevergewas uit de grassenfamilie (bijvoorbeeld riet), evenals dit tijdens fase I op de locatie Nld14 het geval was.

Pollen van echte waterplanten is niet veel aangetroffen. Wel zijn enkele sporen van wieren gevonden (*Spirogyra*, *Pediastrum*, *Botryococcus*, *Debarya*, Type 128 en Zygnemataceae).

²⁴ Bakels 2012, 30.

Menselijke activiteit

In het pollenmonster is één pollenkorrel van het granen-type gevonden. Andere aanwijzingen voor menselijke activiteit zijn eveneens schaars. Het gaat slechts om één pollenkorrel van het varkensgras-type en twee pollenkorrels van alssem. Beide 'soorten' zijn echter geen primaire antropogene indicatoren, ze komen ook op plaatsen voor waar de bodem op een natuurlijke manier verstoord wordt. Ook het aantal houtskoolpartikeltjes in het pollenpreparaat is heel laag. Al met al zijn de aanwijzingen voor menselijke activiteit zeer gering. Ook dit is in overeenstemming met fase I van aandachtszone I.

3.2.2 Fase II: 7,15 - 7,36 m +NAP (BX6887, BX6867)

Het sediment in deze fase bestaat uit matig siltige klei (Ks2/3).

Op grond van aardwerkvondsten is het niveau gedateerd in de late ijzertijd (aardewerk).

Milieuomstandigheden

De boompollenpercentages zijn vergeleken met fase I flink gedaald. Het gemiddelde boompollenpercentage is ongeveer 20%. Omdat pollen van den (en andere coniferen) nauwelijks meer aanwezig is (zie discussie hierboven), kan worden geconcludeerd dat het landschap een open karakter had. De belangrijkste boomsoort in de nabije omgeving was els (op natte standplaatsen). Bomen van hoger gelegen, drogere standplaatsen speelden nauwelijks een rol.

Wat de lage, kruidige vegetatie betreft, kan worden geconcludeerd dat het aandeel van graslandplanten is toegenomen. De percentages van het pollen uit de grassenfamilie zijn bijna verdrievoudigd. Dit pollen kan afkomstig zijn van een oeverplant (zoals we dat vermoedden in fase I), maar tijdens fase II is het pollen van de grassenfamilie waarschijnlijk grotendeels afkomstig van echte grassen. Aanwijzingen voor oever- en moerasvegetaties zoals moerasvarens (nog duidelijk aanwezig in fase I) zijn namelijk afgenomen in de monsters uit fase II. Ook andere graslandplanten zoals smalle weegbree, meerdere soorten klaver, ratelaar, boterbloem (*Ranunculus acris*-type), ganzerik-type (*Potentilla*-type en knoopkruid-type (*Centaurea jacea*-type) zijn sterk in betekenis toegenomen. Van de meeste soorten zijn maar lage percentages pollen gevonden, maar dat komt omdat het insectenbestuivers zijn die maar heel weinig stuifmeel (hoeven te) produceren. Waarschijnlijk gaat het om (naar huidige maatstaven) extensief beheer grasland dat als weidegrond en hooiland gebruikt kan zijn. De goede vertegenwoordiging van mestschimmels (*Podospora*, *Sordaria*, *Sporormiella*) en de vondst van een eitje van de darmparasiet zweepworm (*Trichuris*) geeft aan dat sprake was van veehouderij, en dus van agrarisch grasland.

Uit de aanwezigheid van slijmcellen van de waterleliefamilie, pollen van watergentiaan en bladstekels van hoornblad (*Ceratophyllum*) blijkt dat tijdens fase II sprake was stilstaand, voedselrijk water. Ook de goede vertegenwoordiging van de algen (*Gloeotrichia*, *Spirogyra*) past in dit beeld. Dit komt overeen met de situatie tijdens fase II in aandachtszone I

Menselijke activiteit

In de monsters uit fase II zijn acht pollenkorrels van granen gevonden. Drie zijn afkomstig van rogge, twee van tarwe en/of gerst, en van drie graanpollenkorrels kon niet worden vastgesteld van welk graan zij afkomstig zijn. Andere indicatoren voor menselijke activiteit in fase II zijn varkensgras-type, perzikkruid-type en alsem. Uiteraard vormen ook de hierboven al besproken mestindicatoren in combinatie met de graslandplanten een bewijs voor menselijke activiteit, namelijk veehouderij. Het aantal houtskoolpartikels in de pollenmonsters is groter dan in het monster uit fase I.

3.2.3 Fase III: 7,54 - 7,74 m +NAP (BX6886, BX6866)

Het sediment in deze fase bestaat uit zwak siltige klei (Ks1).

Op grond van aardewerkvondsten is het niveau gedateerd in de late ijzertijd tot midden-Romeinse tijd.

Milieuomstandigheden

De boompollenmonsters in fase III zijn vrijwel gelijk aan die van fase II. Ook de samenstelling van het boompollenspectrum is vrijwel gelijk. Pollen van den is alleen als een soort achtergrondruis aanwezig, de aanwijzingen voor met rivierwater aangevoerd pollen zijn dus niet groot, hetgeen in overeenstemming is met het hoge lutumgehalte van het sediment; een aanwijzing voor een langdurige zeer rustige verlanding van de restgeul.

De aanwijzingen voor open water zijn iets kleiner dan tijdens fase II (minder waterplanten en algen) en het aandeel van oever- en moerasplanten lijkt toegenomen te zijn. Vooral van het *Sparganium erectum*-type is veel stuifmeel gevonden. Binnen dit type vallen grote en blonde egelskop. Beide egelskoppen zijn oeverplanten langs voedselrijk zoet water. Aanwijzingen voor agrarisch grasland zijn wel aanwezig maar lijken kleiner dan in fase II. In de monsters uit fase III zijn geen sporen van mestschimmels of eitjes van darmparasieten gevonden.

Menselijke activiteit

In de twee monsters die fase III representeren, zijn vier pollenkorrels van graan gevonden. Twee zijn afkomstig van gerst en/of tarwe, en van twee korrels kon de graansoort niet bepaald worden vanwege de matige conservering van het oppervlak. Andere indicatoren voor menselijke activiteit zijn enkele pollenkorrels van alsem, gewoon varkensgras en perzikkruid. Het aandeel van houtskoolpartikeltjes in de pollenmonsters uit fase III is flink groter dan in de monsters uit fase II. Al met al zijn de aanwijzingen voor menselijke activiteit tijdens fase III iets sterker dan in fase II. In het linker deel van het pollendiagram is dit goed te zien aan het verloop van de oranje en rode curven.

3.2.4 Fase IV: 7,93 - 8,70 m +NAP (BX6885, BX6884, BX6865, BX6883)

Het sediment is deze fase bestaat uit matig (onderin) tot sterk (bovenin) siltige klei (Ks2-Ks3). Op grond van aardewerkvondsten is het niveau gedateerd in de late ijzertijd tot vroeg-Romeinse tijd (ROMV). Sommige niveaus bevatten echter ook vondsten uit midden-Romeinse tijd (ROMMD) en de late middeleeuwen (LMEA). In het algemeen lijkt de toename van het siltgehalte te correleren aan een toenemende invloed van een, gedurende de vroege middeleeuwen steeds dichterbij naderende Waalgeul. Op grond hiervan lijkt de top van dit pakket eerder gevormd in de loop van de vroege middeleeuwen dan in de Romeinse tijd.

Milieuomstandigheden

In de samenstelling van de boompollenspectra is vergeleken met die fasen II en III niets wezenlijks veranderd. Ook de openheid van het landschap lijkt onveranderd. Het aandeel van haagbeuk is in de monsters uit fase IV wel iets groter geworden. Dit heeft te maken met het feit dat de monsters uit fase IV een jongere ouderdom hebben. Haagbeuk is (na de beuk) de laatste loofboom die na afloop van de laatste tijd in ons land teruggekeerd. Dat gebeurde ongeveer aan het eind van de ijzertijd. Enkele pollenkorrels uit fase IV lijken veel op die van tamme kastanje (*Castanea sativa*). Tamme kastanje is een boom die van oorsprong niet voorkomt in ons land, maar hier door de Romeinen is geïntroduceerd. In de twee bovenste monsters (met het iets grotere siltgehalte) is het aandeel van den iets groter. Dit betekent dat de kans op met rivierwater aangevoerd pollen in deze monsters iets groter is.

Aanwijzingen voor open water tijdens fase IV zijn minimaal. Wat de echte waterplanten betreft, zijn alleen enkele pollenkorrels van fonteinkruid (*Potamogeton*) gevonden. Ook zijn enkele sporen van wieren gevonden (*Spirogyra*, *Gloeotrichia*, *Debarya*, *Botryococcus*, *Pediastrum*, *Mougeotia*, Type 128).

De aanwijzingen voor grasland in fase IV zijn niet sterk, behalve als het pollen van de lintbloemige composieten. De meeste van deze planten zijn graslandplanten (zie ook hierboven). Alleen sommige melkdistels uit het geslacht *Sonchus* komen vaker op regelmatig verstoorde grond voor.

Opvallend is dat bovenin fase IV meer stuifmeel van heide- en veenplanten is gevonden. Het gaat om struikhei (*Calluna vulgaris*) en veenmos (*Sphagnum*). Ook de toename van varens (*Dryopteris*-type) past in dit beeld. In dit geval zijn de sporen waarschijnlijk afkomstig van stekelvarens, die ook sporen van het *Dryopteris*-type produceren. De soortensamenstelling doet enigszins denken aan die van een moerasheidevegetatie (*Sphagno palustris-Ericetum*). Dit zijn meestal enigszins geïsoleerde, hoogveenachtige begroeiingen in laagveenmoerassen. De vegetatie heeft een enigszins bultig karakter waarbij de struikhei bovenop de (iets drogere) bulten groeit (figuur 9). Moerasheidevegetaties ontwikkelen zich uit laagveenmoerassen als het milieu steeds voedselarmer wordt. Door de vrijwel permanent hoge waterstand en het hiermee gepaard gaande zuurstofgebrek in de bodem, stagneert de voedingsstoffenkringloop en komen steeds minder voedingsstoffen ter beschikking voor de plantengroei: het lokale milieu wordt voedselarmer. Dit betekent ook dat de monsterlocatie langere tijd niet onder

invloed heeft gestaan van externe, eutrofiërende invloeden van bijvoorbeeld overstromingswater.



Figuur 9 Zogenaamde struikheibult in volledig verlande kreek bij Volendam. Op de bult groeien struikhei (*Calluna vulgaris*) en stekelvarens (*Dryopteris carthusiana*) (© BIAx Consult).

Menselijke activiteit

In de monsters uit fase IV zijn relatief (vergeleken met de vorige fasen) veel pollenkorrels van graan gevonden, dit geldt vooral voor het oudste monster uit deze fase. Het gaat om rogge en gerst en/of tarwe. Ook zijn graanpollenkorrels gevonden waarvan de graansoort niet kon worden bepaald omdat de oppervlaktesculptuur niet goed bewaard is gebleven. Andere antropogene indicatoren in de monsters uit fase IV zijn perzikkruid-type, varkensgras-type en alsem. Ook deze zijn in het onderste monster uit fase IV het beste vertegenwoordigd.

Evenals dit het geval was in de jongste fase van het profiel van aandachtszone I, is het aandeel pollen van de kruisbloemenfamilie flink groter dan in de oudere fasen. Zoals hierboven al is gezegd, kan het hierbij gaan om pollen van een cultuurgewas, bijvoorbeeld raapzaad. Het aandeel van houtskoolpartikeltjes in de pollenmonsters uit fase IV is flink hoger dan in de monsters uit fase III. Alle aanwijzingen bijeengenomen, kan worden geconcludeerd dat onderin fase IV de aanwijzingen voor menselijke activiteit het sterkst zijn.

4. Samenvatting en conclusies

4.1 AANDACHTSZONE I

Fase I (vroeg ijzertijd) vertegenwoordigt de eerste verlandingsfase van de restgeul. Er is sprake van relatief veel ingespoeld pollen dat door de rivier van stroomopwaarts gelegen locaties is aangevoerd. In de geul was sprake van stilstaand water met een diepte van ongeveer een meter. Tijdens deze fase stonden er in de omgeving nog vrij veel bomen. Er lijkt sprake te zijn geweest van een half-open landschap. Over de exacte verdeling van de bomen in het landschap kunnen geen betrouwbare uitspraken worden gedaan. Het kan om bosrestanten gaan, maar ook om houtsingels, houtwallen of perceeltjes geriefbos. In het jongste deel van fase I is sprake van menselijke activiteit in de directe omgeving. Het gaat om akkerbouw en veeteelt. De toenmalige bewoners verbouwden vlas en gerst of tarwe.

Tijdens fase II (midden-/late ijzertijd) wordt vermoedelijk tijdens één hoogwaterperiode in het vroege voorjaar een sterk zandig sediment in de restgeul afgezet. Kort na deze zandinflux was er weer sprake van een stabiele situatie in de geul waardoor zich een waterlelievegetatie kon ontwikkelen. Dit betekent dat weer sprake was van stilstaand water met een diepte van ongeveer een meter.

Tijdens fase II is het landschap flink opener geworden, en is er een flinke uitbreiding van menselijke activiteit. In de directe omgeving is sprake van akkerbouw en veeteelt. Op de akkers werd emmertarwe, vlas, raapzaad en mogelijk spelt, pluimgierst en hennep verbouwd.

Tijdens fase III (Romeinse tijd - ca. 1100 AD) verlandt de restgeul steeds verder. Het open water dat was ontstaan na de overstroming in fase II maakt plaats voor een moerasvegetatie en uiteindelijk (eind van fase III) gaan ook elzen deel uitmaken van de lokale vegetatie.

Aan de openheid van het landschap lijkt niet veel te veranderen. Als de lokaal aanwezige elzen buiten beschouwing worden gelaten, is de landschapopenheid waarschijnlijk niet veel anders als tijdens fase II. In de nabije omgeving is sprake van akkerbouw. Op de akkers werden hennep, gerst en/of tarwe, rogge en mogelijk raapzaad verbouwd. Van rogge zijn alleen in de bovenste (middeleeuwse) monsters pollenkorrels gevonden. De aanwijzingen voor agrarisch grasland tijdens fase III zijn minder sterk dan in de vorige fasen. Dit kan echter te maken hebben met een verschil in afstand tussen de monsterlocatie en het grasland.

4.2 STELTSESTRAAT

Tijdens fase I is de situatie ter hoogte van de Steltsestraat heel goed vergelijkbaar met die in aandachtszone I. Tijdens de eerste verlandingsfase was er sprake van een halfopen landschap en er zijn maar weinig aanwijzingen voor menselijke activiteit in de nabije omgeving.

Tijdens fase II is in de geul sprake van stilstaand water. In tegenstelling tot de situatie in aandachtszone I is er op de locatie Steltsestraat geen influx van zandige sedimenten.

In fase II is het landschap opener en zijn er meer aanwijzingen voor menselijke activiteit dan tijdens fase I. Er is sprake van akkerbouw en veehouderij. Op de akkers stonden rogge en tarwe en/of gerst. In de geul is sprake van een rustige verlanding.

Fase III lijkt veel op fase II, maar de aanwijzingen voor open water zijn minder. De geul is verder aan het verlanden. De aanwijzingen voor menselijke activiteit zijn iets toegenomen. Dat betekent dat de menselijke activiteit intensiever is geworden, of dichterbij is komen te liggen.

Tijdens fase IV (romeinse tijd-middeleeuwen) lijken de milieumomstandigheden vergeleken met de fasen II en III niet veel veranderd te zijn. Er is nog steeds sprake van een open landschap. De aanwijzingen voor menselijke activiteit zijn sterker.

5. Literatuur

- Bakels, C., 2012: The early history of Cornflower (*Centaurea cyanus* L.) in the Netherlands, *Acta Palaeobotanica* 52, 25-31.
- Bakker, R., 2003: *The Emergence of Agriculture on the Drenthe Plateau – A Palaeobotanical Study supported by High-Resolution ¹⁴C Dating*, Bonn (Archäologische Berichte 16).
- Behre, K.-E., 2007: Evidence for Mesolithic Agriculture in and around Central Europe?, *Vegetation History and Archaeobotany* 16, 203-219.
- Beug, H.-J., 2004: *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, München.
- Cremer, H., F. P. M. Bunnik, T. H. Donders, W. Z. Hoek, M. Koolen-Eekhout, H. H. Koolmees & E. Lavooi 2010: River Flooding and Landscape Changes Impact Ecological Conditions of a Scour Hole Lake in the Rhine-Meuse Delta, The Netherlands, *Journal of Paleolimnology* 44, 789–801.
- Donders, T., F. Bunnik, I. Kroon, K. Cohen, Q. Lodder, S. Gruijters, M. van der Berg & M. Bakker 2008: Kennis voor Klimaat Project CS9 - Herhalingstijd extreme rivierafvoeren (congresposter, https://www.academia.edu/8631265/Kennis_voor_Klimaat_Project_CS9_-_Herhalingstijd_extreme_rivierafvoeren).
- 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 (4th Ed.).

- Geel, B. van, 1976: *A Palaeoecological Study of Holocene Peat Bog Sections, based on the Analysis of Pollen, Sporen and Macro- and Microscopic Remains of Fungi, Algae, Cormophytes and Animals*, thesis, Amsterdam.
- Groenman-van Waateringe, W., 1986: Grazing Possibilities in the Neolithic of the Netherlands based on Palynological Data, in: K.-E. Behre (ed.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*, Rotterdam etc., 187-202.
- Haaster, H. van, 2016a: Archeobotanie, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 2. Zes opgravingen in het binnendijkse deel*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 59, 275-287.
- Haaster, H. van, 2016b: Archeobotanisch onderzoek, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 5. Kasteel Lent en de middeleeuwse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 62), 983-1022.
- Haaster, H. van, 2016c: Paleo-ecologisch onderzoek naar activiteiten, verblijf en bewoning, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), 2017: *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 6. Schans Knodsenburg, de nieuwtijsdse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 63), 743-768.
- Haaster, H. van, & E. Esser 2016: Voedselconsumptie en landbouw in middeleeuws Lent, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 5. Kasteel Lent en de middeleeuwse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 62), 145-173.
- Haaster, H. van, & J.T. Zeiler 2016: *Verbouwd, gefokt, gevangen, gegeten en gedronken. Landbouweconomie en voedselconsumptie in de nieuwe tijd*, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), 2017: *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 6. Schans Knodsenburg, de nieuwtijsdse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 63), 215-241.
- Haaster, H. van, 1997: De introductie van cultuurgewassen in de Nederlanden tijdens de Middeleeuwen, in: A.C. Zeven (red.), *De introductie van onze cultuurplanten en hun begeleiders van het Neolithicum tot 1500 AD*, Wageningen, 53-104.
- Heunks, E., & F. van Hemmen 2016: *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 5. In het krachtenspel van mens en Waal. Een biografie van het Lentse land*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 60).
- Hommel, P.W.F.M., S.A.M. van Rooij, R.W. de Waal, F. de Vries, C.M. Goossen, 2005. Bos in Water, Water in Bos. Kansencarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie. Wageningen. Alterra-rapport 1267

- Kalis, A.J., 2005 : *Romeinen aan de Rijn, archeologisch onderzoek naar de uitwerking van de Romeinse bezetting*, congresbundel bij de 45^e Belgisch-Nederlandse Palynologendagen in Xanten, Frankfurt.
- Kalis, A.J., 2005: *Romeinen aan de Rijn, archeologisch onderzoek naar de uitwerking van de Romeinse bezetting*, congresbundel bij de 45^e Belgisch-Nederlandse Palynologendagen in Xanten, Frankfurt.
- Kalis, A.J., S. Karg, J. Meurers-Balke & H. Teunissen-van Oorschot 2008: Mensch und Vegetation am Unteren Niederrhein während der Eisen- und Römerzeit, in: M. Müller, H.-J. Schalles & N. Zieling, *Colonia Ulpia Traiana, Xanten und sein Umland in Römischer Zeit*, Mainz am Rhein.
- Konert, M., 2002: *Pollen Preparation Method*, Amsterdam (Intern Rapport Vrije Universiteit).
- Kooistra, L., 2016a: Botanische resten, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 1. Toelichting op de AMZ en vier proefsleufonderzoeken in het buitendijkse deel*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 58, 141-143.
- Kooistra, L., 2016b: Archeobotanie, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 2. Zes opgravingen in het binnendijkse deel*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 59, 69-74, 180-184 en 238-244.
- Kooistra, L., 2016c: En de boer, hij ploegde voort, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 4. Archeologisch onderzoek naar vindplaats 9/57 en de bewoningsgeschiedenis van de ijzertijd en Romeinse tijd* Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 61, 121-132.
- Kooistra, L., & L.M. Kubiak-Martens 2016: Botanisch onderzoek, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 4. Archeologisch onderzoek naar vindplaats 9/57 en de bewoningsgeschiedenis van de ijzertijd en Romeinse tijd* Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 61, 841-856.
- Lang, G., 1994: *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*, Jena.
- Lindemans, P., 1952: *Geschiedenis van de landbouw in België*, Antwerpen (twee delen).
- Punt, W., & G.C.A. S. Clarke (eds.) 1980: *The Northwest European Pollen Flora II*, Amsterdam.
- Punt, W., & G.C.A. S. Clarke (eds.) 1981: *The Northwest European Pollen Flora III*, Amsterdam.
- Punt, W., & G.C.A. S. Clarke (eds.) 1984: *The Northwest European Pollen Flora IV*, Amsterdam.

- Punt, W., & S. Blackmore (eds.) 1991: *The Northwest European Pollen Flora VI*, Amsterdam.
- Punt, W., (ed.) 1976: *The Northwest European Pollen Flora I*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & G.C.A. S. Clarke (eds.) 1988: *The Northwest European Pollen Flora V*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & P.P. Hoen (eds.) 1995: *The Northwest European Pollen Flora VII*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore & P.P. Hoen (eds.) 2003: *The Northwest European Pollen Flora VIII*, Amsterdam.
- Punt, W., S. Blackmore, P.P. Hoen & P.J. Stafford (eds.) 2009: *The Northwest European Pollen Flora IX*, Amsterdam.
- Schepers, M., & H. van Haaster 2014: Dung Matters: An Experimental Study into the Effectiveness of Using Dung from Hay Fed Livestock to Reconstruct Local Vegetation, *Environmental Archaeology* 20 (1), 66-81.
- Teunissen, D., 1988: *De bewoningsgeschiedenis van Nijmegen en omgeving, haar relatie tot de landschapsbouw en haar weerspiegeling in palynologische gegevens*, Nijmegen (Mededelingen van de Afdeling Biogeologie van de Sectie Biologie van de Katholieke Universiteit van Nijmegen, 15).
- Teunissen, D., 1990: Palynologisch onderzoek in het oostelijk rivierengebied, *Mededelingen van de afdeling Biogeologie van de Sectie Biologie van de KU Nijmegen* 16, Nijmegen.
- Vermeeren, C., 2016a: Hout en houten voorwerpen, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 5. Kasteel Lent en de middeleeuwse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 62), 1025-1059.
- Vermeeren, C., 2016b: Hout, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 4. Archeologisch onderzoek naar vindplaats 9/57 en de bewoningsgeschiedenis van de ijzertijd en Romeinse tijd Nijmegen* (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 61, 859-863.
- Vermeeren, C., 2016c: Hout en houten voorwerpen, in: Koot, C.W., & E.N.A. Heirbaut (red.), 2017: *Archeologische monumentenzorg in het plangebied van de dijkteruglegging bij Lent 6. Schans Knodsenburg, de nieuwtijdse bewoningsgeschiedenis*, Nijmegen (Archeologische Berichten Nijmegen – Rapport 63), 743-768.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1985: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1*, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1991: *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4*, Deventer.

Wieringa, E., S. Lange, W. van der Meer & L.I. Kooistra 2014: Het verloren landschap, *Archeobrief* 2014-1, 24-26.

Bijlage 1 Nijmegen-aandachtszone I, botanische macroresten uit de pollenbakken.
Tenzij anders wordt vermeld, zijn alle resten onverkoold. Verklaring: v = verkoold, cf. = gelijkend op (determinatie niet zeker), fragm. = fragment(en), + = enkele, ++ = tientallen, +++ = honderden.

lokale fase	I	I	I	I	Ila	Ila	Ilb	III	
spoor, vulling	S32.7 basis	S32.7 midden	S32.7 top	S32.6	S32.5 basis	S32.4	S32.3	S5041	
diepte in m +NAP	6,12-5,95	6,27-6,12	6,44-6,27	6,58-6,44	6,83-6,58	7,15-7,03	7,25-7,15	8,47-8,13	
vondstnummer	V44	V44	V44	V43	V43	V42	V42	V39	
gebruiksplanten									
granen									
Emmer/spelt (v)	.	.	.	.	1	.	.	.	Triticum dicoccon/spelta
Emmer/spelt, kelkkafbasis (v)	.	.	.	.	1	.	.	.	Triticum dicoccon/spelta
Emmer (v)	.	.	.	.	.	.	2.	.	Triticum dicoccon
Emmer, kelkkafbasis	.	.	.	.	.	.	1	.	Triticum dicoccon
Emmer, kelkkafbasis (v)	.	.	.	.	1	.	1	.	Triticum dicoccon
Gerst (v)	.	.	.	.	1 fragm.	2	.	.	Hordeum vulgare
olie- en vezelplanten									
Raapzaad	.	.	.	.	1	.	.	.	Brassica rapa
Vlas	1	.	1	.	2	.	.	.	Linum usitatissimum
Vlas (v)	.	.	.	.	.	1	.	.	Linum usitatissimum
wilde planten (en dieren)									
onkruiden van voedselrijke akkers en tuinen									
Akkerandoorn	.	.	.	.	2	.	.	.	Stachys arvensis
Dovenetel	.	.	.	.	1	.	.	.	Lamium
Gekroesde melkdistel	.	2 fragm.	.	.	1	.	.	.	Sonchus asper
Gespleten hennepnetel-type	.	.	.	.	.	1	.	.	Galeopsis bifida-type
Getande veldsla	1 fragm.	.	.	.	.	.	.	.	Valerianella dentata
Gewone zandmuur	3	.	.	.	.	.	.	.	Arenaria serpyllifolia
Guichelheil	.	.	1	.	1	1	2	.	Anagallis arvensis
Hondspeterselie	.	.	.	.	1	2	1 fragm.	.	Aethusa cynapium
Korrelganzenvoet	1	.	.	.	.	.	.	.	Chenopodium polyspermum
Kroontjeskruid	.	.	.	.	1	.	.	.	Euphorbia helioscopia
Melde	1	.	.	.	.	.	.	.	Atriplex
Perzikkruid	.	.	.	.	2	.	.	.	Persicaria maculosa
Vederdistel	.	.	.	.	.	1 fragm.	.	.	Cirsium
Veldsla	.	.	.	.	.	1	.	.	Valerianella locusta
Viooltje	.	.	.	.	.	.	1 fragm.	.	Viola
Zwaluwtong	.	.	.	.	2	.	.	.	Fallopia convolvulus
tredplanten									
Gewoon varkensgras	.	.	.	.	2	2	.	.	Polygonum aviculare
Grote weegbree	1	.	1	.	.	.	.	.	Plantago major
onkruiden van weinig betreden, voedselrijke ruigten									
Beklierde duizendknoop	.	.	.	.	.	1	1	.	Persicaria lapathifolia
Speerdistel?	1	.	.	.	.	.	.	.	Cirsium cf. vulgare
Bilzekruid	.	.	.	.	.	1	.	.	Hyoscyamus niger
Sofiekruid	1	.	.	.	.	.	.	.	Descurainia sophia
Bijvoet	1	.	1	.	.	.	.	.	Artemisia vulgaris
Grote brandnetel	5	.	1	.	.	.	1	.	Urtica dioica

lokale fase spoor, vulling diepte in m +NAP vondstnummer	I S32.7 basis 6,12-5,95 V44	I S32.7 midden 6,27-6,12 V44	I S32.7 top 6,44-6,27 V44	I S32.6 6,58-6,44 V43	Ila S32.5 basis 6,83-6,58 V43	Ila S32.4 7,15-7,03 V42	IIb S32.3 7,25-7,15 V42	III S5041 8,47-8,13 V39	
Stinkende gouwe	1	1	.	.	.	.	.	.	Chelidonium majus
planten van stikstofrijke, modderige standplaatsen									
Blaartrekkende boterbloem	1	.	.	.	.	.	.	.	Ranunculus sceleratus
Bruin cypergras	.	.	2	.	.	.	.	.	Cyperus fuscus
Goudzuring	1	.	.	.	.	.	.	.	Rumex maritimus
Goudzuring, bloempje	.	1	.	.	.	.	.	.	Rumex maritimus
Goudzuring/Moeraszuring	.	.	.	.	.	2	.	.	Rumex maritimus/palustris
Greppelrus	+	+	2	.	.	.	.	.	Juncus bufonius
water-, oever- en moerasplanten									
Fonteinkruid	.	2	2	.	1	+	+	.	Potamogeton
Gekroesd fonteinkruid	.	.	.	.	.	.	+	.	Potamogeton crispus
Grof hoornblad	.	.	.	.	.	.	1	.	Ceratophyllum demersum
Grote egelskop	.	.	.	.	.	.	+	.	Sparganium erectum
Kranswieren, oogonium/oospore	+	.	+	.	.	.	.	.	Chara
Lisdodde	1	.	1	.	.	.	.	.	Typha
Mattenbies	.	.	.	.	2	3	2	.	Schoenoplectus lacustris
Pijlkruid	.	.	.	.	.	+	2	.	Sagittaria sagittifolia
Sterrenkroos	1	.	1	.	.	.	.	.	Callitriche
Watergentiaan	.	.	.	.	.	.	+	.	Nymphoides peltata
Waterraterranonkels	.	.	.	.	++	+	.	.	Ranunculus subgen. Batrachium
Waterweegbree, embryo	.	.	.	.	.	.	+	.	Alisma
Zegge	.	.	.	.	.	1	.	.	Carex
Zannichellia	.	.	.	.	.	+	++	.	Zannichellia palustris
dierlijke waterorganismen	.	.	.	.	.	.	.	.	
Mollusken	.	.	+	.	+	.	.	.	Mollusca
Vissenbloedzuiger	.	+	.	.	.	.	.	.	Piscicola geometra
Sponsen	.	++	++	.	.	.	.	.	Spongillidae
Mosdiertjes	.	++	.	.	.	.	.	.	Bryozoa
graslandplanten									
Behaarde boterbloem	.	.	.	.	.	1	.	.	Ranunculus sardous
Geelhartje	.	.	.	.	.	1	.	.	Linum catharticum
Gewone brunel	.	.	.	.	.	1	.	.	Prunella vulgaris
Gewone/Slanke waterbies	.	.	.	.	.	.	1	.	Eleocharis palustris/uniglumis
Hoornbloem	1	1 fragm.	.	.	.	.	.	.	Cerastium
Krulzuring-type	.	1 fragm.	.	.	.	2	.	.	Rumex crispus-type
Pitrus-type	+	+	.	.	.	.	.	.	Juncus effusus-type
Ruige zegge	.	.	.	.	1	.	.	.	Carex hirta
Scherpe boterbloem	.	.	3	.	3	4	5	.	Ranunculus acris/repens
Vertakte leeuwentand	.	1 fragm.	.	.	.	.	.	.	Leontodon autumnalis
Water-/Akkermunt	.	.	1	.	.	.	.	.	Mentha aquatica/arvensis
Wilde peen	.	.	.	.	.	6	3	.	Daucus carota
Zilver schoon	.	1	.	.	1	1	.	.	Potentilla anserina

[illegible]

Bijlage 2 Nijmegen-aandachtszone I, resultaten van het pollenonderzoek.

Verklaring: + = aangetroffen buiten de pollentelling, B = determinatie volgens Beug (2004), P = determinatie volgens Punt et al. (1976-2009). T (gevolgd door nummer) = Type sensu Van Geel (1976).

