

Wuustegraaf/Hemmen A1.1 – Monitoring 2006 en 2007

Michel Vorenhout



Datum: 8 april 2009
Opdrachtgever: Vitens NV
Projectnummer: INTERNE PROJECTCODE
Uitvoerder: M. Vorenhout
M.M. v.d. Berg
Instituut voor Geo- en Bioarcheologie
Vrije Universiteit Amsterdam

IGBA Rapport 2009-03

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	iii
Figuren	iv
Tabellen	iv
Samenvatting.....	v
Abstract	v
1. Inleiding.....	1
2. Locatie beschrijving.....	2
3. Methoden en technieken	4
Installatie grondwaterpeilbuizen	4
Installatie redoxprofielen met HYPNOSsen.....	4
Additionele metingen	5
Berekening effect grondwater extractie	5
4. Resultaten.....	6
Grondwaterstanden	6
Redox potentiaal	8
Bodemkenmerken.....	8
pH.....	8
Micro-reliëf	9
5. Discussie en conclusies.....	10
Grondwaterstand.....	10
pH.....	10
Redox potentiaal	10
Aanbeveling voortzetting monitoring	10
Referenties.....	12
Appendix.....	16

Figuren

figuur 1	Luchtfoto van het meetgebied met daarop de locaties van de peilbuizen.	2
figuur 2	Bijlage uit BAAC rapport 04.112. Deze bijlage laat het terrein A1 zien met de locaties van de destijds uitgevoerde boringen. De doorsnede A-A' wordt verder weergegeven.	3
figuur 3	Lithologische doorsnede (noord-zuid) ten hoogte van vindplaats A1.I met archeologische indicatoren en grondwaterkenmerken. De locatie van de doorsnede is weergegeven in figuur 2. Figuur 5.2 uit BAAC 04.112, de vermelde GLG en GHG is uit dat jaar. 3	3
figuur 4	Plaatsing redox sonde (rechts, achterin). Deze redox sonde is gekoppeld aan de HYPNOS logger (links).	5
figuur 5	Gemeten grondwaterstanden in meetpunt 10 en 17 t.o.v. NAP. Tevens is de top van de archeologische vondstlaag met een lijn aangegeven.	6
figuur 6	Gemeten grondwaterstanden in vier peilbuizen in de nabijheid van de twee geplaatste peilbuizen 39F-ARCHEO10 en 39F-ARCHEO17. Gegevens verkregen uit DINO. Let op de eindtijd van deze serie: december 2005.	7
figuur 7	Microrelief over de twee peilbuizen heen. Locaties van de peilbuizen zijn aangegeven met *. Voor deze bepaling is de slootrand als nulpunt aangehouden (0 m).	9
figuur 8	De redox potentiaal gemeten op locatie 17; oktober 2006 en november 2007	16
figuur 9	De redox potentiaal gemeten op locatie 10; oktober 2006 en november 2007	16
figuur 10	Stijghoogtes in nabijgelegen filters	17
figuur 11	Kaart met waarneming uit de ARCHIS database en monumenten. De * geeft de locatie van de monitoring aan.....	18

Tabellen

tabel 1	Gegevens geplaatste peilbuizen.....	4
tabel 2	Peilbuizen gelegen nabij de archeo meetpunten. In het vet worden aanbevolen peilbuizen weergegeven.	6
tabel 3	Redox klasse in twee lagen per meetlocatie.....	8
tabel 4	pH (0,01 M CaCl ₂) resultaten. Het betreffende profiel is geboord op 7 feb 2008. Metingen zijn uitgevoerd in duplo aan grondmonsters verkrijgen uit de edelman boringen.	8

Samenvatting

Waterleiding bedrijf Vitens is in december 2006 begonnen met de extractie van drinkwater in Hemmen en Zetten. Het nabij gelegen terrein Wuustegraaf/Hemmen heeft een hoge archeologische verwachting. Er is bepaald dat dit terrein niet bedreigd mag worden door een mogelijke verlaging van de grondwaterstand. Die verlaging zou oxidatie van de aanwezige archeologische resten kunnen veroorzaken. Het IGBA is gevraagd om een monitoringsprogramma uit te werken. In de Wuustegraaf is gekozen voor monitoring van de grondwaterstand en van de redox potentiaal op terrein A1.1. Tevens is de pH van een bodemprofiel bepaald en is er een micro-reliëf meting uitgevoerd. In het terrein zijn twee peilbuizen geplaatst, en twee redox sondes. De peilbuizen zijn door Vitens voorzien van Divers die elke drie uur de grondwaterstand opnamen. De meting van de grondwaterstand is begonnen in oktober 2006, de onttrekking in december 2006. Hierdoor is er een te korte tijdserie ontstaan om met een tijdserie analyse een harde uitspraak over een invloed door de extractie op de grondwaterstand te kunnen doen. De redox potentiaal lijkt over het eerste jaar een lichte trend naar hogere waarden te vertonen.

Er wordt aangeraden om de monitoring op de grondwaterstand en de redox potentiaal voort te laten duren. Dit is des te belangrijker daar Vitens heeft aangegeven een grotere extractie te willen bewerkstelligen in de nabije toekomst dan ze in het eerste jaar (2007) heeft uitgevoerd.

Abstract

The watercompany Vitens has started with the withdrawal of groundwater near Hemmen and Zetten in December 2006. The nearby area Wuustegraaf/Hemmen has a high archeological expectation. The extraction should not influence the local groundwatertable at the Wuustegraaf/Hemmen area. A lowering of the groundwatertable might cause an oxidation of the archeological remains. The IGBA has been asked to produce a monitoringsprogramme. It was chosen to monitor the groundwater table and the redox potential at location A1.1. Subsequently, the pH of a soil profile has been determined. In addition the local height differences have been measured. Two monitoring locations were equipped with a waterwell and a redox probe and datalogger system. The watertable was monitored every hour with Divers, installed by Vitens. The measurement of the groundwater table was started in October 2006, and the extraction in December 2006. Therefore, a very short period before extraction was included in the timeserie and hence it is not possible to draw conclusions on the effect of the water extraction on the local groundwatertable. The redox potential shows a small increase in time.

The advice included in the report is to continue the monitoring of the groundwater table and of the redox potential. This will become increasingly important as Vitens has indicated that it wants to start extracting larger volumes than in the first year (2007) in the near future.

1. Inleiding

Waterleiding bedrijf Vitens is in december 2006 begonnen met de extractie van drinkwater in Hemmen en Zetten. Het nabij gelegen terrein Wuustegraaf/Hemmen heeft een hoge archeologische verwachting. Uit een eerdere studie van BAAC (Boshoven and Nales, 2005) blijkt dat op het terrein A1.I resten bevinden uit het Laat-Neolithicum/Bronstijd. Specifiek bevinden de resten zich op de oeverwalafzettingen van de Wuustegraaf stroomgordel. In het gebied A1.II bevindt zich een latere vindplaats (CMA-nr 39F-102). Deze komt uit de ijzertijd tot de Romeinse tijd.

Dit rapport richt zich verder op terrein A1.I.

Het is de bedoeling dat dit terrein niet beïnvloed wordt door de drinkwater extractie. Een daling van de grondwaterstand zou kunnen zorgen voor oxidatie van diverse archeologische resten. Om te bepalen of het gebied bedreigd wordt door de grondwateronttrekking is een monitoringsprogramma opgesteld door de voormalige ROB. In de eerste fase is er een boorprogramma uitgevoerd door RAAP (Heunks, 2005), in de tweede fase is een monitoring van milieu omstandigheden opgezet.

Het IGBA is gevraagd om een uitwerking van het monitoringsprogramma op te stellen voor de Wuustegraaf. Tevens is het IGBA gevraagd een deel van dat programma uit te voeren. Centraal in dit monitoringsprogramma staat de vraag of de drinkwater extractie een aantoonbaar effect heeft op de grondwaterstand en bodemchemie ter plaatse van het terrein.

Monitoring voor archeologie is een relatief nieuw wetenschapsgebied in Nederland. In 2006 is een leidraad gepubliceerd door het SIKB waar het IGBA eerste auteur van is (Smit *et al.*, 2006). Deze leidraad beschrijft de belangrijkste parameters die meegenomen kunnen worden in een monitoringsprogramma. De technieken voor monitoring zijn nog in ontwikkeling. In de Wuustegraaf is gekozen voor monitoring van de grondwaterstand en van de redox potentiaal. Voor de continue meting van de redox potentiaal is een nieuwe techniek met veel potentie gebruikt: de HYPNOS datalogger (Vorenhout *et al.*, 2004)¹. De grondwaterstand is automatisch gemeten door VITENS.

In de volgende hoofdstukken staan de verschillende onderdelen van het monitoringsprogramma uitgewerkt:

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het terrein, hoofdstuk 3 beschrijft alle ondernomen metingen en dataverwerking. De resultaten staan in hoofdstuk 4, een aantal bijlages complementeren dit hoofdstuk. Hoofdstuk 5 beschrijft de conclusies en beperkingen in het onderzoek. Tevens volgt de aanbeveling voor de volgende stap in deze monitoring.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar dhr Wiggelo voor zijn ruime medewerking aan het betreden van de gronden en naar dhr van Lynden voor de toestemming om de apparatuur te plaatsen.

¹ Gedistribueerd door MVH Consult, Utrecht.

2. Locatie beschrijving

De locatie van de monitoring is bekend onder het Toponiem Wuustegraaf/ Hemmen, zoals beschreven in (Boshoven and Nales, 2005). In Archis is hij bekend via waarneming 400.009 (Zie figuur 11 in de appendix). Het terrein van de monitoring is in gebruik als grasland, en doorgraven met twee sloten. Archeologisch onderzoek is in het verleden uitgevoerd door BAAC en RAAP. BAAC beschrijft het terrein als A1.I. De resultaten van dat onderzoek laten zien dat het terrein behoudenswaardig is door de aanwezige bronstijd resten. De grondwateronttrekking door VITENS zou de archeologica kunnen schaden door een verlaging van de grondwaterstand, en een daarmee samenhangende verhoging van de redoxpotentiaal. Door de voormalige ROB² (nu RACM³) is een pilot uitgezet om het terrein via monitoring in situ te behouden.

Hierna volgen enkele figuren van het terrein.



figuur 1 Luchtfoto van het meetgebied met daarop de locaties van de peilbuizen.

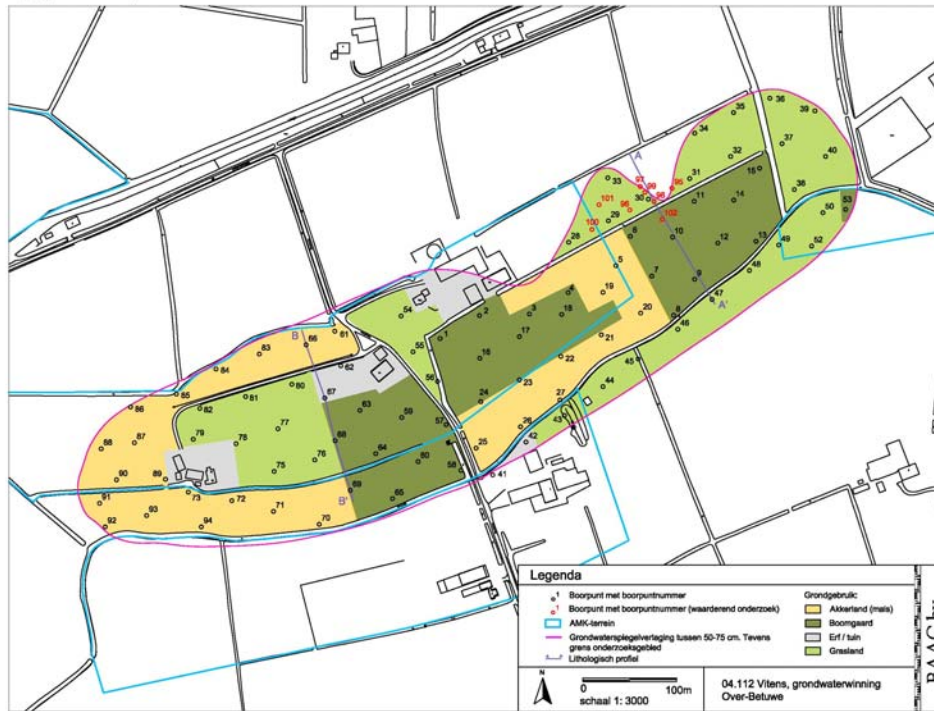
De luchtfoto in figuur 1 laat zien dat het gebied in gebruik is als grasland. Er lopen koeien op, en er wordt mest geïnjecteerd. Ten Zuiden liggen laagstamboomgaarden; ten Noorden een geploegde akker en weides.

figuur 2 en figuur 3 laten de globale opbouw van het terrein zien. De bodem bestaat vooral uit een klei laag, met lokale hoogtevariaties (zie ook figuur 7 voor een micro-reliëf).

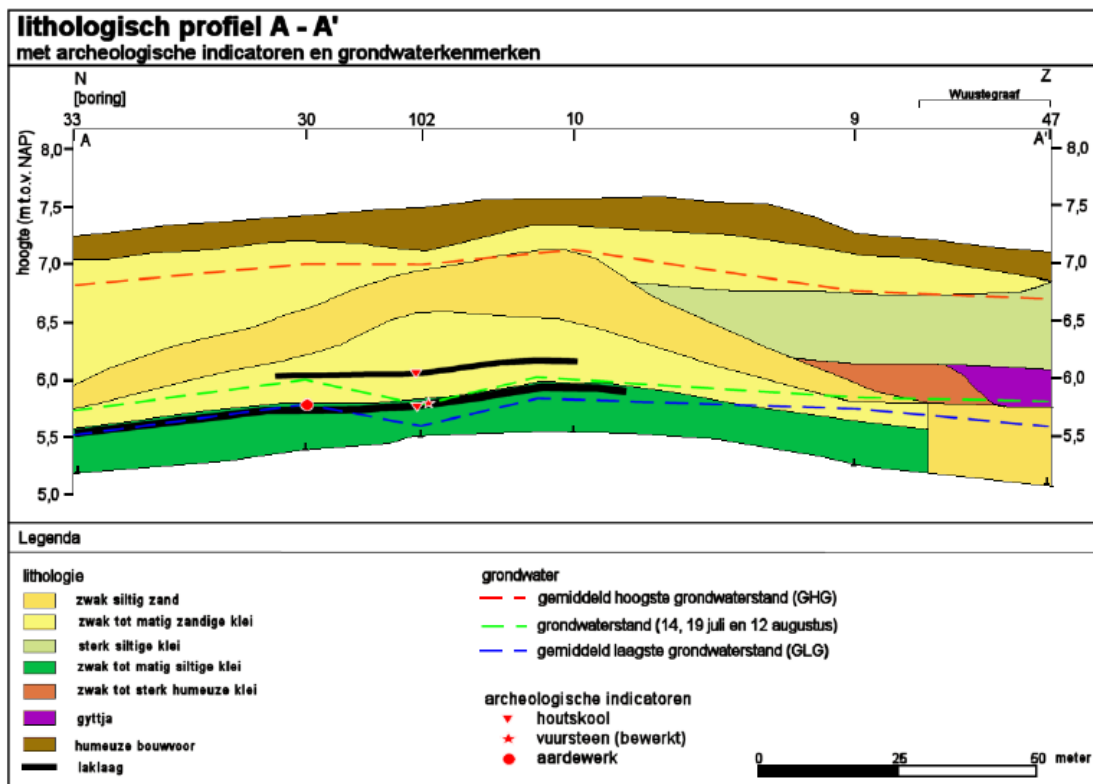
² ROB: Rijksdienst Oudheidkundig Bodemonderzoek

³ RACM: Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten.

Bijlage 2A: Boorpuntenkaart terrein A1



figuur 2 Bijlage uit BAAC rapport 04.112. Deze bijlage laat het terrein A1 zien met de locaties van de destijds uitgevoerde boringen. De doorsnede A-A' wordt verder weergegeven.



figuur 3 Lithologische doorsnede (noord-zuid) ten hoogte van vindplaats A1.1 met archeologische indicatoren en grondwaterkenmerken. De locatie van de doorsnede is weergegeven in figuur 2. Figuur 5.2 uit BAAC 04.112, de vermelde GLG en GHG is uit dat jaar.

3. Methoden en technieken

Installatie grondwaterpeilbuizen

Eind juli 2006 zijn twee peilbuizen geplaatst. Een buis ter hoogte van boring NEHG-10 en een ter hoogte van NEHG-17 (Heunks, 2005). Deze twee boringen zijn gekozen als kern van de belangrijkste vondstplaats. Tevens is het mogelijk met de verschillende afstand tot de sloot te komen tot een mogelijke inschatting van de invloed van deze sloot.

tabel 1 Gegevens geplaatste peilbuizen

Naam	x	y	Locatie	Diepte archeologica (-mv)	NAP maaiveld
39F-ARCHEO10	175630	438263	Naast sloot	110-125	7.56
39F-ARCHEO17	175613	438295	Midden veld	155-165	7.33

In de twee boringen van RAAP zijn op een diepte van -110 tot -125 cm onder maaiveld archeologische indicatoren aangetroffen. Deze vondstlaag zit in boring 17 iets dieper, tot -155 tot -165 cm onder maaiveld. (REF: De profielen door het gebied zijn terug te vinden in figuur 3 in de RAAP notitie.)

De peilbuizen zijn in augustus 2006 door VITENS voorzien van Divers⁴. Deze dataloggers meten elke drie uur de druk, waar de waterstand in de peilbuis uit berekend is. Tevens heeft VITENS gezorgd voor de uitlezing en aanvoer van de meetgegevens.

Installatie redoxprofielen met HYPNOSsen

Op 10 oktober 2006 zijn er twee redox probes geïnstalleerd nabij de aanwezige peilbuizen. Deze redox probes bestonden uit PVC buizen met daarop op 8 dieptes platinum draad die als meetpunt fungeerden. De buizen waren verder opgevuld met EPOXY. Deze platinum draden werken als halfcel, en stonden in direct contact met de bodem. De probes werden door middel van een HYPNOS datalogger verbonden met een referentie probe.

De probes zijn zo geplaatst dat de bovenste meetpunten op -50 cm van het maaiveld lagen. Vervolgens waren ze elke 30 of 20 cm uit elkaar geplaatst. Dit leverde de volgende dieptes op voor punt 17: 6.8m; 6.5m; 6.3m; 5.9m; 5.7m en 5.4 meter NAP. De dieptes 6.1 en 5.1m NAP werden niet altijd opgeslagen.

De HYPNOS datalogger mat elk uur de redox potentiaal en sloeg deze op. Daar het terrein begraasd werd is er besloten om de loggers in te graven, en deze af te dekken⁵. In eerste instantie is dit met gasbeton blokken gedaan (zie figuur 4). Later is overgegaan op grote straatpotten (foto frontpagina).

⁴ Van Essen Instruments

⁵ De eerste maanden is met een aantal methodieken van afschermen geëxperimenteerd. In eerste instantie is met betonnen gasblokken geprobeerd een veilige ingraving te bewerkstelligen. De blokken bleken echter niet bestand tegen de vertrapping en machines die op het terrein aanwezig waren. Na een aantal maanden zijn grote straatpotten aangeschaft, waar de loggers in pasten. Deze zijn vervolgens over de loggers geplaatst. Deze methode zorgde er voor dat de loggers niet werden vertrapt. Helaas bleek dat aanwezige mollen regelmatig de ruimte in de straatpot opvulden. Hierdoor werd het uitlees scherm van de HYPNOSsen aangezet en liepen zo de batterijen versneld leeg. De data is daarom niet geheel aaneengesloten, maar aanwezig in blokken.



figuur 4 Plaatsing redox sonde (rechts, achterin). Deze redox sonde is gekoppeld aan de HYPNOS logger (links).

Additionele metingen

Microprofiel en pH profiel van de bodem

Op 12 november 2007 is ter plaatse van de peilbuizen een micro-hoogteprofiel meting gedaan om het micro-reliëf vast te stellen. Hiervoor is op twee transecten op een onderlinge afstand van een meter de hoogte gemeten m.b.v. een waterpas. Elke transect lag over een peilbuis heen, loodrecht op de slootrand. De gemeten hoogtes zijn gerelateerd aan de hoogte aan de slootrand, zodat een relatieve hoogtemeting ontstond ten opzichte van de hoogte van de slootrand.

Bij het verwijderen van de redox sondes is een profiel geboord met een kleine edelmanboor ter plaatse van de redox sondes. Deze profielen in de diepte dienden om submonsters van de bodem te nemen. Van de submonsters is binnen 2 dagen de pH bepaald in het laboratorium.

Berekening effect grondwater extractie

De berekening die is uitgevoerd om te bepalen of er een aantoonbaar effect is van de grondwaterextractie op de grondwaterstand op de meetpunten bestond uit de volgende stappen:

1. Het bepalen van de lengte van de meetserie

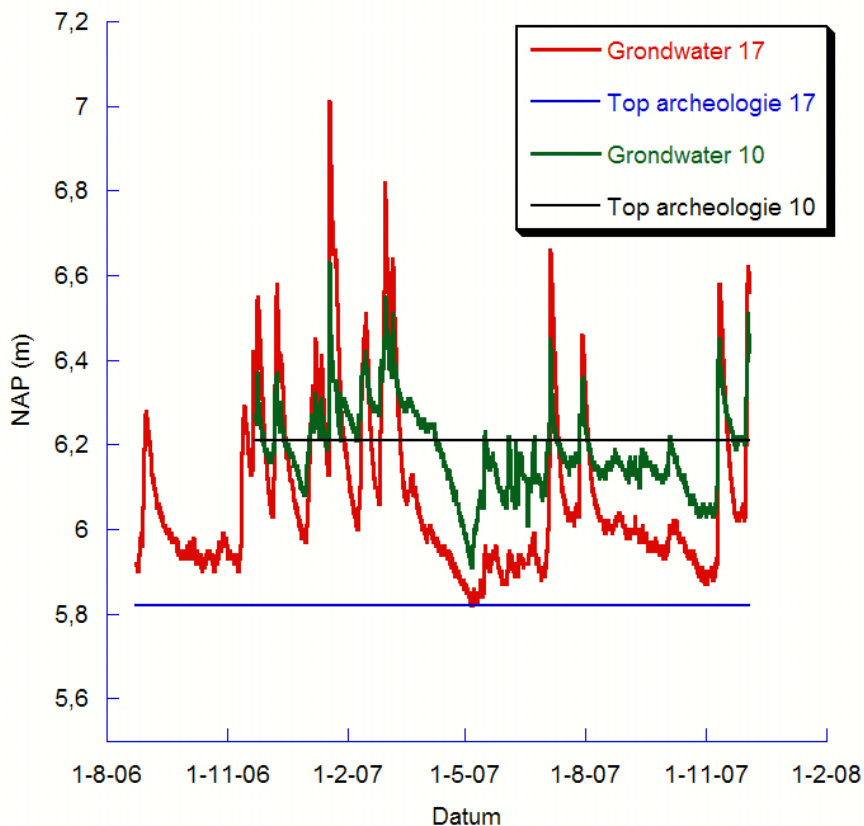
In de resultaten wordt ingegaan op het feit dat de meetserie te kort is om een conclusie te trekken.

2. Het vinden van geschikte meetseries in nabij gelegen peilbuizen.

Na inventarisatie is gebleken dat de peilbuizen 39F-747-1 en 39F-748-2 bruikbaar zijn voor een indicatief onderzoek. Voor deze peilbuizen is getracht een meetserie te verkrijgen die zowel de periode voor als na de ingreep beslaat. Hiervoor is onder andere DINO geraadpleegd. Het vinden van een juiste dataserie is ten tijde van het schrijven van dit rapport niet gelukt. Er is daarom geen berekening uitgevoerd.

4. Resultaten

Grondwaterstanden



figuur 5 Gemeten grondwaterstanden in meetpunt 10 en 17 t.o.v. NAP. Tevens is de top van de archeologische vondstlaag met een lijn aangegeven.

In figuur 5 staan de stijghoogtes weergegeven in de twee geplaatste peilbuizen. Tevens is de globale diepte van de archeologie in de bodem aangegeven. De grondwaterstanden tijdens de meetperiode zijn verschillend voor de twee peilbuizen in het meetgebied. In peilbuis 17 staat het grondwater te alle tijden boven de bovenkant van de archeologische vondstenlaag. In peilbuis 10 is de grondwaterstand in enkele gevallen hoger dan de bovenkant van de archeologische vondstenlaag, maar vaak ook eronder.

De peilbuizen die zijn geplaatst op de Wuustegraaf hebben een meetserie opgeleverd van ruim een jaar. In de directe omgeving van het monitoringsgebied bevinden zich enkele ondiepe peilbuizen (allen te raadplegen in DINO), op welke ook een tijdsreeksanalyse toegepast kan worden, als aanvulling op de te korte reeks in de geplaatste peilbuizen. Onderstaande analyse toetst of de resultaten van deze analyses representatief zijn voor het monitoringsgebied.

In de bijlage staan stijghoogtes weergegeven zoals gemeten door Vitens in nabijgelegen peilbuizen. De locaties van deze peilbuizen staan weergegeven in tabel 2.

tabel 2 Peilbuizen gelegen nabij de archeo meetpunten. In het vet worden aanbevolen peilbuizen weergegeven.

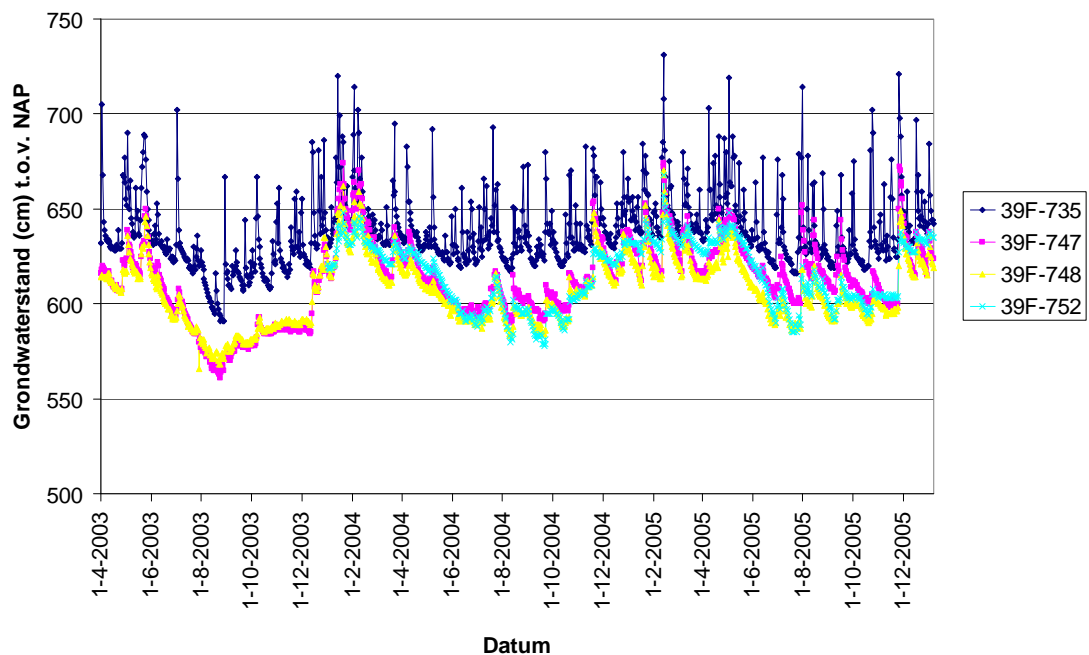
Meetpunt	X	Y	Filterdieptes (m tov maaiveld)
39F-0747-1	175450	438145	1.5-2.5
39F-0747-2	175450	438145	
39F-0735-1	176320	438360	2.0-3.0
39F-0752-1	176390	438120	2.0-3.0
39F-0748-1	175960	438200	1.5-2.5

De filters van de deze peilbuizen bevinden zich in de deklaag en de gemeten grondwaterstanden zijn daarom freatische grondwaterstanden. Alleen peilbuis 39F-749-2 is dieper geplaatst. De grondwaterstanden in de nabijgelegen meetpunten hebben een vergelijkbaar verloop. Dit geldt vooral in de laatste maanden, maar deze periode van overlap is te kort om alle gegevens te extrapoleren naar eerdere maanden.

De peilbuis 39F-0747-1 bevindt zich op circa 160 m ten zuidwesten van de ARCHEO-peilbuizen. De peilbuizen 39F-0747-1 en de ARCHEO peilbuizen liggen binnen hetzelfde peilvak zoals vastgelegd bij het waterschap Rivierenland (oppervlaktewaterstand NAP+5.95m). Tevens worden de peilbuizen niet van elkaar gescheiden door een significante waterloop of rivier (zoals de Linge).

Peilbuis 39F-0748-1 bevindt zich in grasland circa 350 m ten oosten van de ARCHEO-peilbuizen.

De peilbuizen 39F-0735-1 en 39F-752-1 bevinden zich op circa 700 m ten oosten van de ARCHEO-peilbuizen, in bosgebied dan wel Landgoed Hemmen.



figuur 6 Gemeten grondwaterstanden in vier peilbuizen in de nabijheid van de twee geplaatste peilbuizen 39F-ARCHEO10 en 39F-ARCHEO17. Gegevens verkregen uit DINO. Let op de eindtijd van deze serie: december 2005.

In het najaar van 2006 is er een kleine overlap in metingen van de ARCHEO peilbuizen en de peilbuizen 39F-747-1 en 39F-747-2 (Zie figuur 10). Zo op het oog liggen de waarden van de grondwaterstand-tijdsreeksen van de ARCHEO-buizen 20 a 30 cm onder de waarden van de grondwaterstand-tijdsreeksen van 39F-0747-1. Het verschil zou verklaard kunnen worden door bijvoorbeeld verschil in gewasverdamming (gras versus bomen) of een lokale ondiepe lithologische heterogeniteit. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan, behalve het vaststellen van het micro-reliëf op het terrein zoals beschreven in figuur 7. De fluctuaties in de grondwaterstand in de verschillende buizen waren in overeenstemming met elkaar.

Voor het nauwkeurig vaststellen van het grensvlak van de verzadigde en de onverzadigde zone zijn de peilbuizen 39F-747-1 en 39F-748-1 maar matig representatief voor het monitoringsgebied, en geven een te rooskleurig beeld. Lokale verschillen, ook al is niet bekend welke, geven een verschil in grondwaterstand. Dit onderbouwt des te meer de aanname dat de grondwaterstand ter plekke gemeten dient te worden, daar men anders tot verkeerde conclusies over de dikte van de aerobe zone kan komen.

In de korte tijdsreeks is echter te zien dat de fluctuatie van grondwaterstand in het monitoringsgebied overeenkomt met de fluctuatie zoals gemeten in peilbuis 39F-747-1. Er is ook geen reden om aan te nemen dat de invloed van de grondwateronttrekking uit het 2^e watervoerende pakket over een afstand van 150 meter werkelijk verschilt. Het eventuele effect van de grondwateronttrekking op de freatische grondwaterstand, zoals gemeten in de peilbuizen 39F-747-1 en 39F-748-1, zal daarmee ook representatief zijn voor het monitoringsgebied.

Door het ontbreken van meetgegevens uit de periode na de extractie is uiteindelijk de berekening niet uitgevoerd.

Redox potentiaal

De redox potentiaal metingen in de tijd zijn door omstandigheden opgesplitst in meetblokken. De meetgegevens staan weergegeven in de bijlage (figuur 8 en figuur 9). Voor de eenvoud zijn de resultaten samengevat in tabel 3. Deze tabel geeft een waardering van de redox potentiaal in de bodem volgens de methodiek van de SAM (tabel 11) (Smit *et al.*, 2006). In deze methodiek is een hoog cijfer voor de redoxpotentiaal een potentieel goede omgeving om archeologie te bewaren. Hij houdt geen rekening met spreiding binnen klassen, de spreiding tussen klassen is daarom ook aangegeven.

tabel 3 Redox klasse in twee lagen per meetlocatie.

t.o.v. Archeologie	10 Oct 2006	10 Nov 2007	17 Oct 2006	17 Nov 2007
Boven	2-3	2-3	2-5	1
Onder	8-9	8	6-9	8

Bodemkenmerken

pH

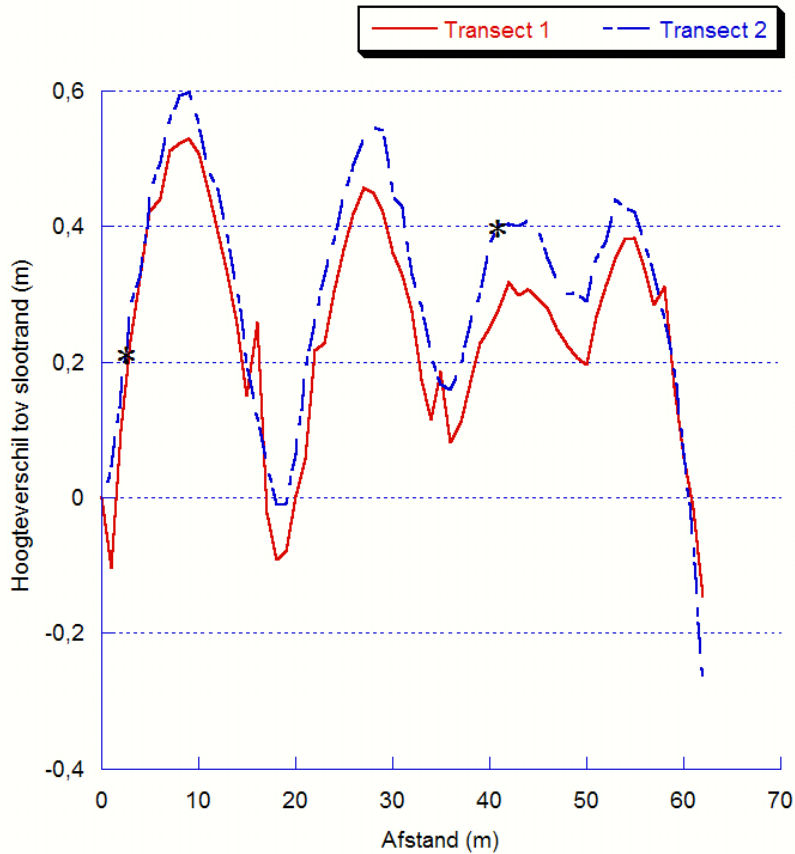
In tabel 4 staan de meetgegevens van de gemeten pH.

tabel 4 pH (0,01 M CaCl₂) resultaten. Het betreffende profiel is geboord op 7 feb 2008. Metingen zijn uitgevoerd in duplo aan grondmonsters verkregen uit de edelman boringen.

diepte (cm -mv)	10	17
20	7.16	6.57
20	7.11	6.73
40	7.40	7.26
40	7.38	7.26
60	7.44	7.29
60	7.41	7.20
80	7.49	7.41
80	7.44	7.35
100	7.27	7.36
100	7.29	7.43
120	7.20	7.25
120	7.20	7.22
140	7.01	7.24
140	6.85	7.29
160	7.15	7.04
160	7.19	6.91
180	7.30	7.03
180	7.39	6.92
200	7.44	6.46
200	7.40	6.47

De pH metingen aan de bodem laten zien dat de pH in de vondstlaag (-120 voor 10 en -160 voor 17) neutraal is. Alleen 17 heeft een iets zuurder milieu in diepere lagen en boven in. Deze lagere pH wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van organisch materiaal in die lagen.

Micro-reliëf



figuur 7 Microrelief over de twee peilbuizen heen. Locaties van de peilbuizen zijn aangegeven met *. Voor deze bepaling is de slootrand als nulpunt aangehouden (0 m).

Het relatieve micro-reliëf in figuur 7 laat zien dat er in het gebied drie ruggen aanwezig zijn. Het maximale hoogteverschil binnen een transect is 0.6 m.

5. Discussie en conclusies

De metingen die verricht zijn, zijn onderdeel van het monitoringsprogramma van terrein A.1.I. Voor dit deel van de monitoring is de volgende hoofdvraag van belang:

Is de grondwaterstand ter plaatse beïnvloed door de onttrekking? Oftewel: is er een verschil tussen de verschillende tijdseries voor en na de start van de onttrekking?

Om de invloed van de onttrekking goed te kunnen bepalen is het nodig een serie aan metingen voor de onttrekking, en een serie na de onttrekking te hebben. Deze twee zullen dan met elkaar vergeleken kunnen worden, indien ze lang genoeg zijn om alle 'normale' variatie te beschrijven (zie bijvoorbeeld (de Gruiter *et al.*, 2006)).

Grondwaterstand

In Wuustegraaf zijn twee meetseries van beperkte lengte beschikbaar.

De metingen in de Wuustegraaf/Hemmen zijn van korte tijd, de metingen in de nabijgelegen peilbuizen vullen deze meetserie aan. Hieruit ontstaat een beeld van regelmatige wisselingen, maar alleen in 2003 is een verlaging van de grondwaterstand over een langere periode gemeten. Om te bepalen of er in het gebied A.1.I een werkelijke grondwaterstands daling optreedt sinds de extractie moet eigenlijk langer gemeten worden dan de huidig geanalyseerde periode. Deze metingen kunnen standaard meegenomen worden in het monitoringsprogramma van Vitens en er kan op regelmatige tijden naar de resultaten gekeken worden.

pH

De pH van de bodem kan onder invloed van extractie veranderen. In deze studie is op 1 moment de pH van de bodem bepaald, zodat geen uitspraak over de ontwikkeling in de tijd kan worden gedaan.

Redox potentiaal

De redox potentiaal is gemeten in de tijd. Helaas zijn door de technische problemen niet twee aaneengesloten tijdseries ontstaan, maar meerdere fragmenten binnen deze serie. Uit de beschikbare gegevens blijkt dat de redoxpotentiaal vrij hoog is in de archeologisch interessante laag, wat zich vertaalt in een lage waardering (zie tabel 3). Voor goed behoud zou de redox potentiaal stabiel onder de 0mV a 100mV moeten zijn. Het blijkt dat de diepere lagen, onder het begin de top van de archeologisch interessante laag, deze waarde hebben, zie hiervoor figuur 8 en figuur 9. Ook blijkt dat er binnen een jaar tijd (vergelijk de deelfiguren a en b) er eigenlijk geen veranderingen zijn waar te nemen, al lijkt er een tendens naar hogere redox waarden aanwezig te zijn. Deze tendens zal nader vastgesteld moeten worden, daar deze in potentie schade aan de archeologie kan toebrengen.

De variatie van de redox potentiaal in de tijd is niet groot, wat een positief punt is voor conservering van de archeologische resten.

Aanbeveling voortzetting monitoring

Om tot een gefundeerde uitspraak te komen aangaande de variatie in tijd van de redox potentiaal moet de monitoring worden voortgezet in de tijd. Indien de trend zich voortzet en de potentiaal verder gaat stijgen zal er een verhoogde kans op afbraak zijn.

De voortzetting van de monitoring is specifiek van belang daar VITENS heeft aangegeven een groter volume te willen gaan onttrekken. De invloed van deze grotere onttrekking op de grondwaterstand en redox potentiaal is niet te voorspellen aan de hand van de huidige meetseries.

De voortgezette monitoring moet in ieder geval de volgende onderdelen bevatten:

- grondwaterstand in huidige peilbuizen, continue gemeten
- redox potentiaal in een diepte profiel, continue gemeten
- Elk jaar een pH profiel van de bodem

Daarbuiten is het aan te bevelen om ook in het andere deel van gebied A te meten. Op die manier kunnen de conclusies eventueel ook worden verbreid tot het gebied buiten A1.I. Voor

de grondwaterstanden kunnen hier de reeds aanwezige ondiepe peilbuizen gebruikt worden. De meetapparatuur voor de redoxpotentialaal zal (opnieuw) geïnstalleerd moeten worden.

Voor een echt waardevolle monitoring is archeologische informatie onmisbaar. Daarom zou met een interval van 3 à 4 jaar tevens de kwaliteit van de archeologische resten bepaald moeten worden in het monitoringsgebied. Methoden hiervoor zijn beschikbaar (organische resten als zaad en hout) of in ontwikkeling (bot).

Referenties

Boshoven, E. H. & Nales, T. (2005). Overbetuwe / Neder-Betuwe Grondwaterwinning. Inventariserend archeologisch veldonderzoek karterende fase. p. 40. Deventer: BAAC bv.

de Gruiter, J., Brus, D. J., Bierkens, M. F. P. & Knotters, M. (2006). *Sampling for Natural Resource Monitoring*: Springer-Verlag.

Heunks, E. (2005). Monitoring vindplaats A.1.I, waterwingebied Vitens, gemeente Overbetuwe; vaststellen van vindplaatskenmerken en eerste monsternamen. p. 13. Amsterdam: RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V.

Smit, A., van Heeringen, R. M. & Theunissen, E. M. (2006). Archeological Monitoring Standard. Guidelines for the non-destructive recording and monitoring of the physical quality of archaeological sites and monuments. In *NAR - Nederlandse Archeologische Rapporten*, p. 107. Amersfoort: National Service for Archaeology, Cultural Landscape and Built Heritage.

Vorenhout, M., van der Geest, H. G., van Marum, D., Wattel, K. & Eijsackers, H. J. P. (2004). Automated and Continuous Redox Potential Measurements in Soil. *Journal of Environmental Quality* **33**, 1562-1567.

Issuelist

2003-01

G. Aalbersberg (2003) *Diatomeeënonderzoek aan IJzertijd-aardewerk van de opgraving Vinkenburg*; IGBA Rapport 2003-01, pp. 12

2003-02

H. Kars (2003) *Slijpplaatjesonderzoek aan zogenaamd Zuid-Nederlands handgemaakt aardewerk*; IGBA Rapport 2003-02, pp. 9

2003-03

G. Aalbersberg (2003) *Korrelgroottemetingen aan materiaal van de sites Lomm en Koeweide*; IGBA Rapport 2003-03, pp. 4

2004-01

A. Kattenberg (2004) *Magnetisch onderzoek in de Maasvallei: een methodologisch onderzoek*; IGBA Rapport 2004-01, pp. 13

2004-02

A. Kattenberg (2004) *Grondradar onderzoek rond de kerk in Elst*; IGBA Rapport 2004-02, pp. 12

2004-03

A. Kattenberg (2004) *Meerssen-Onderste Herkenberg, een magnetisch onderzoek*; IGBA Rapport 2004-03, pp. 16.

2004-04

S. Onk (2004) *Geochemisch onderzoek in de Maasvallei*; IGBA Rapport 2004-04, pp 19.

2004-05

G. Aalbersberg & K. Sykora (2004) *Report on the preliminary investigation of the Nicopolis archaeological area and surroundings*; IGBA Rapport 2004-05, pp. 19

2004-06

M.M. van den Berg & E.A. Hatzmann (2004) *Water en Archeologisch Erfgoed*; IGBA Rapport 2004-06, pp. 190.

2004-07

G. Aalbersberg (2004) *Grindanalyses aan Romeins materiaal uit de Leidsche Rijn*; IGBA Rapport 2004-07, pp.11.

2005-01

K.J.R. Kerckhaert & A.E. Kattenberg (2005) *Geofysisch onderzoek bij L'Amastuola, Italië (campagne 2004)*; IGBA Rapport 2005-01, pp. 14.

2005-02

M. Jans (2005); *Degradatie archeologisch bot Raalte-Heeten*; IGBA Rapport 2005-02, pp. 6.

2005-03

S. Leever (2005) *Een analyse van de ijzerproductie in Raalte en Heeten (AD 250-350)*; IGBA Rapport 2005-03, pp. 23

2005-04

G. Aalbersberg & A.J.M. de Kraker (2005) *Reconstructie van het stroomgebied van de Westerschelde tussen 1550 en 2000aan de hand van kaarten en de bedijkingsgeschiedenis* IGBA Rapport 2005-04, pp. 71.

2005-05

A. Smit, A. Beeker & R.M. van Heeringen (2005) *Ontwikkeling van instrumenten om de pH en redoxpotentiaal in de onverzadigde van de bodem te meten; eindrapport*. IGBA rapport 2005-05, pp 20.

2005-06

M. Jans (2005) *De conservering van archeologisch bot te Stede Broec* IGBA rapport 2005-06, pp. 10.

2005-07

A. Smit (2005) *Redoxpotentiaalmetingen op een archeologisch monument en onder een naastgelegen gronddepot te Beuningen*. IGBA rapport 2005-07, pp. 11.

2005-08

A. Kattenberg (2005) *Magnetische prospectie van ijzerproductieplaatsen: Heeten-Hordelman. Een methodologisch onderzoek*. IGBA rapport 2005-08, pp 22.

2005-09

S. Oonk (2005) *Geochemische prospectie Zijderveld*. IGBA rapport 2005-09.

2005-10

A. Smit (2005) *Redoxpotentiaalmetingen in grondsporen te Meteren-Hondsgemet (gemeente Geldermalsen)*. IGBA rapport 2005-10, pp 15

2005-11

L.M. Kootker, H. Kars (2005) *Physical, chemical and biological deterioration of the Roman theatre in Ancient Nikopolis, Epirus, Greece; A Preliminary Report*. IGBA rapport 2005-11, pp 49

2005-12

L.J.T. Janssen, A.L.H. Storme, S.J. Kluiving (2005) *'Ancient landscape in Roman Nikopolis' Reconstruction of geomorphology and vegetation in the area of the Roman city of Nikopolis, Epirus, Greece; A Preliminary Report*. IGBA rapport 2005-12, pp 75.

2006-01

M. Dekker, A. Kattenberg (2006) *'Elektrisch weerstandsonderzoek Meteren Plantage, Geldermalsen, Huis te Meteren en Kasteel Blanckenstijn'*. IGBA rapport 2006-01, pp15

2006-02

L.J.T. Janssen & A.L.H. Storme (2006) *'Ancient landscape in Roman Nikopolis' Reconstruction of geomorphology and vegetation in the area of the Roman city of Nikopolis, Epirus, Greece*. IGBA report 2006-02, pp.156

2006-03

M. Dekker, A. Kattenberg (2006) *'Elektrisch weerstandsonderzoek Varik Molenblok, gemeente Neerijnen, Huis Varik'*. IGBA rapport 2006-03.

2006-04

T. Verschoor (2006) *'Archeometallurgie. Een onderzoek naar de ijzerproductie van drie locaties in de omgeving van Raalte'*. IGBA rapport 2006-04

2007-01

L. M. Kootker (2007) *'The Roman Theatre in Ancient Nikopolis, Epirus, Greece' Degradation or preservation; an Archaeometric Approach*. IGBA rapport 2007-01, pp. 110.

2007-02

R. Abdulfattah (2007) *'Detecting Pleistocene Cover Sand by Means of Different Geophysical Techniques'*. IGBA-rapport 2007-02, pp.28.

2007-03

R. Abdulfattah (2007) *'The Applications of Geophysics in Investigating Burial Mounds and Urnfields in the Netherlands'*. IGBA rapport 2007-03, pp.30.

2007-04

M. Theelen (2007) '*Chemical analysis of Roman bronzes from Naaldwijk*'. IGBA rapport 2007-04, pp.79

2007-05

L. M. Kootker (2007) '*On the binders of mortars from Nikopolis, Greece. A physico-chemical characterization in view of their conservation*' IGBA-rapport 2007-05, pp. 79

2007-07

A.G.F.M. Cuijpers (2007) '*Histologische soortdeterminatie van drie verbrande botfragmenten uit het Laatpaleolithicum*'. IGBA rapport 2007-07, pp.10.

2008-01

A.H.L. Storme (2008) '*The landscape at Zakynthos. Detailed geomorphological description of the south-eastern part of the Vassilikos Peninsula*'. IGBA rapport 2008-01, pp. 246

2008-02

M. Vorenhout (2008) '*Grondwaterstand en -kwaliteit rond twee verschillende ingekuilde wrakken (25H-20 en -21, Almere)*'. IGBA rapport 2008-02, pp.16

2008-03

M. Tendurus (in prep.)

2008-04

R. van der Locht & H. Kars (2008) '*Stabiele stikstof en koolstof isotopen als indicatie voor paleodiet in Middeleeuws Vlaardingen*'. IGBA-rapport 2008-04, pp. 32

2008-05

M. Dekker (2008) '*Applications of Light Stable Isotopes to Archaeology: Three Case Studies Addressing Diet, Seasonality & Climate*'. Palaeodiet, Palaeoclimate and Migration: Stable Isotope Analysis of Human Remains at the Anglo-Saxon Cemetery at Ely, United Kingdom. Seasonal Variations Observed in Modern Red Deer Teeth from Tolna, Hungary. Seasonal Variations around the Pleistocene-Holocene Transition Observed in Red Deer Teeth from Pupicina, Croatia. IGBA rapport 2008-05, pp. 123.

2008-07

A. Koopman (2008) '*Landscape Reconstruction around Neolithic Kom W, Fayum, Egypt; a Geo-Archaeological Approach*'. IGBA-rapport 2008-07, pp. 208 + supplement

2008-08

M. Dekker & R. van de Locht (2008). '*Reconstruction of the Landscape around the Roman City of Nikopolis, Greece. An Integrated Study using Geomorphological and Geological Research combined with Archaeological Data and Soil Analysis*'. IGBA rapport 2008-08, pp.294

2008-09

R. van de Locht (2008). '*Ancient Starch in Çatalhöyük and Kaman Kalehöyük, Turkey Morphology, distribution patterns and preservation conditions of starch granules in archaeological features and soils*'. IGBA rapport 2008-09 pp. 100

2008-10

R. van de Locht & H. Kars (2008). '*Herkomstbepaling door middel van Strontium en Zuurstof isotopen van 11^{de} eeuwse Vlaardingers*'. IGBA rapport 2008-10, pp. 44

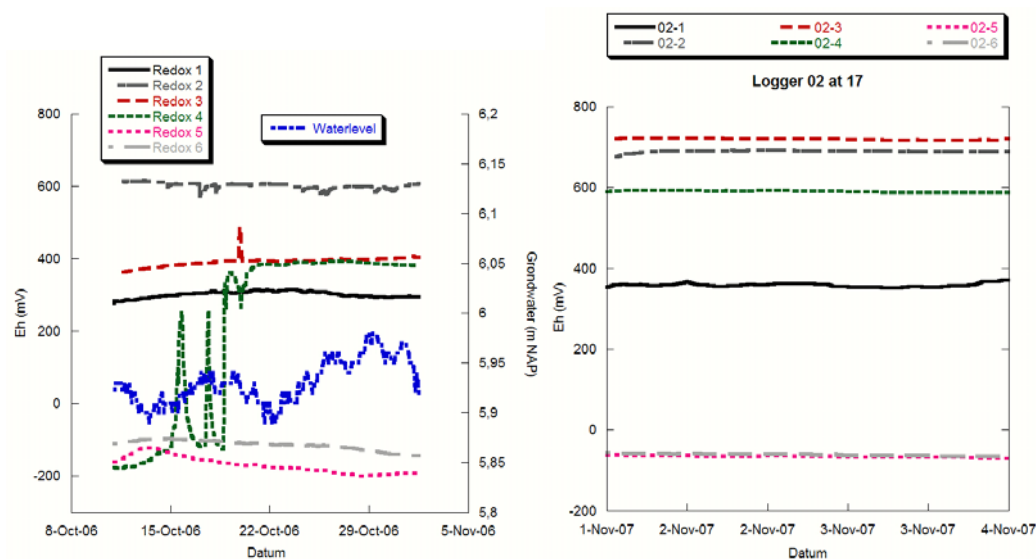
2009-01

L. M. Kootker (2009) in prep.

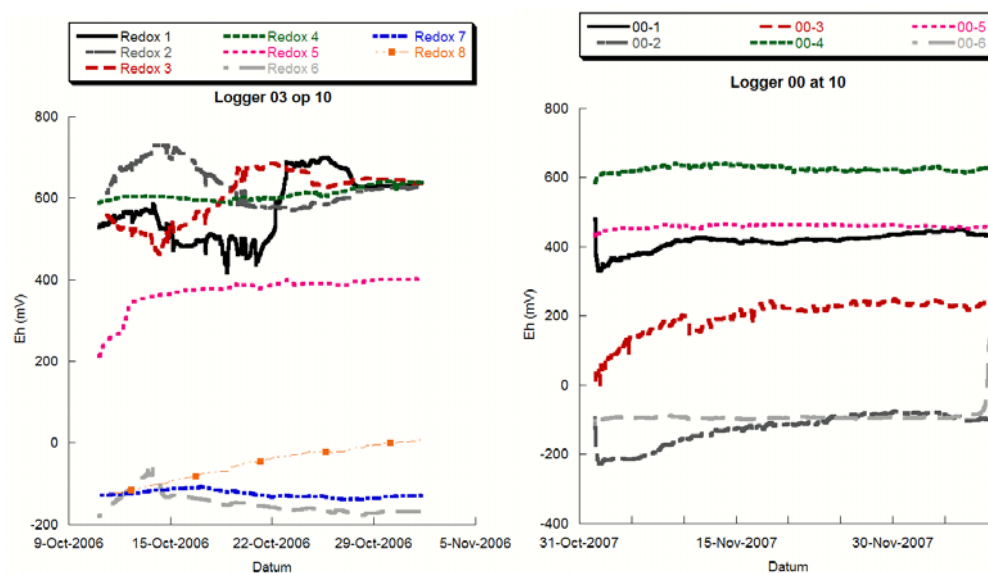
2009-02

M. Sonders (2009) in prep.

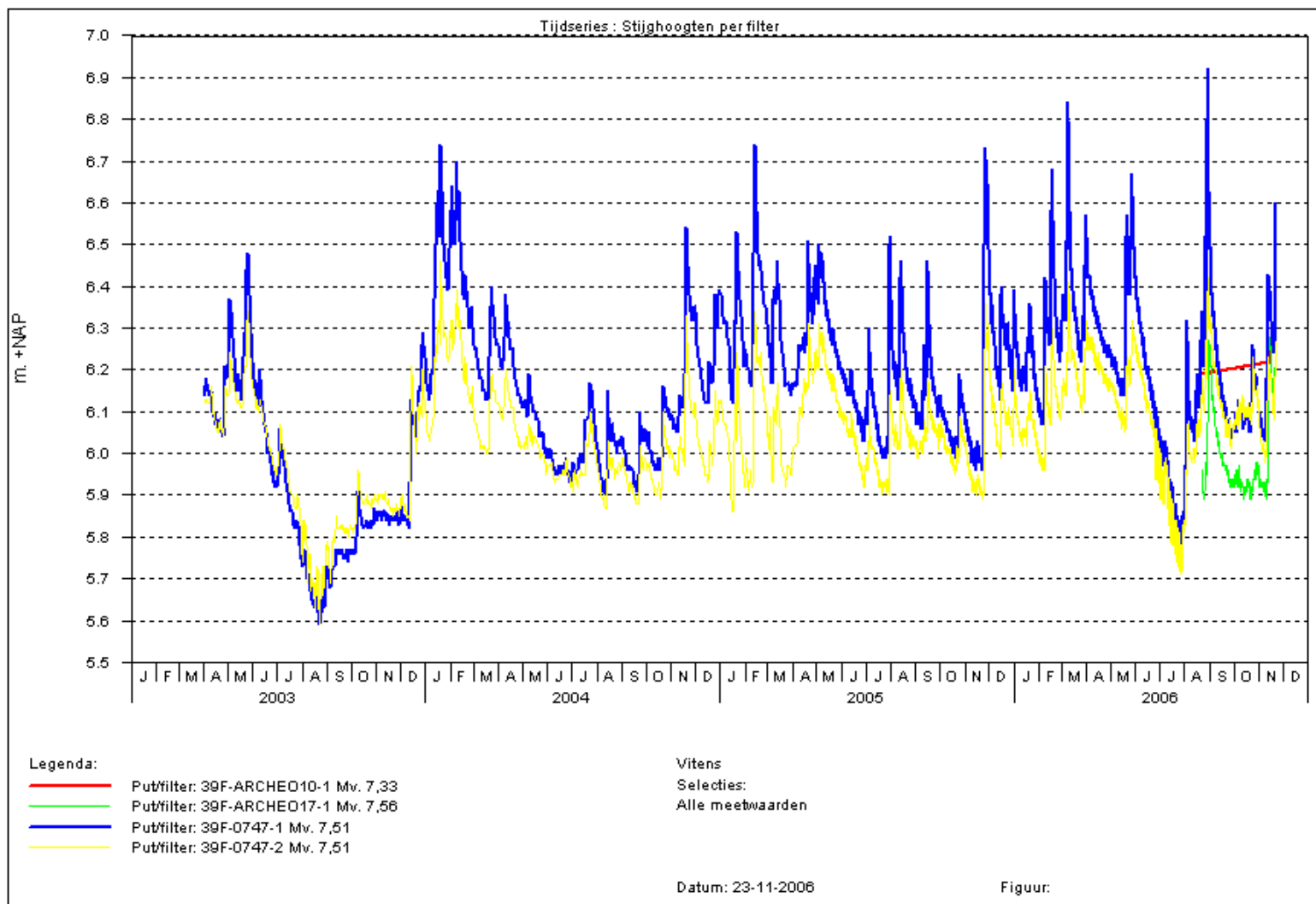
Appendix



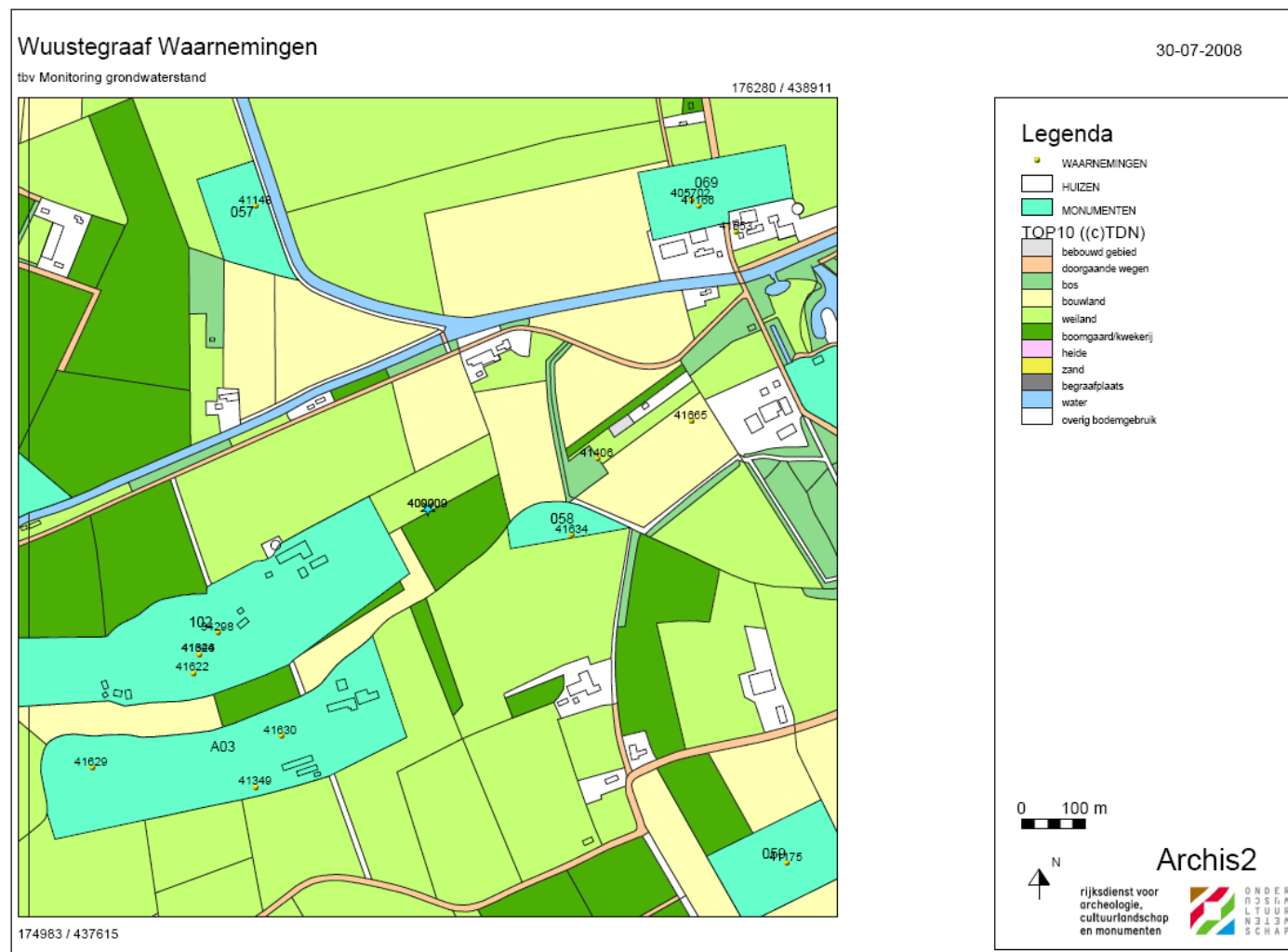
figuur 8 De redox potentiaal gemeten op locatie 17; oktober 2006 en november 2007



figuur 9 De redox potentiaal gemeten op locatie 10; oktober 2006 en november 2007



figuur 10 Stijghoogtes in nabijgelegen filters



figuur 11 Kaart met waarneming uit de ARCHIS database en monumenten. De * geeft de locatie van de monitoring aan.