



RAAP-RAPPORT 4453

Plangebied 150kV ka- belverbinding Anna Paulowna - Middenmeer

Gemeente Hollands Kroon

Archeologisch vooronderzoek: proefsleuven-
onderzoek met doorstart naar een opgraving
(variant archeologische begeleiding)

Archeologie | Cultuurhistorie | Erfgoed

Colofon

Titel: 150kv Kabelverbinding Anna Paulowna - Middenmeer, gemeente Hollands Kroon, archeologisch vooronderzoek: proefsleuvenonderzoek met een doorstart naar een opgraving - variant archeologische begeleiding

Versie: 08-05-2020

Auteur: drs. R.W. de Groot

Met een bijdrage van: Y. Boekema

Projectcode: HKMA5

Bestandsnaam: RAAPrap_4453_HKMA5_20200508

Autorisatie: drs. K. Wink

ISSN: 0925-6229

RAAP

Leeuwenveldseweg 5b

1382 LV Weesp

Postbus 5069

1380 GB Weesp

Telefoon: 0294-491 500

E-mail: raap@raap.nl

Website: www.raap.nl

© RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V., 2020

RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Samenvatting

In opdracht van Qirion heeft RAAP van 13 augustus tot en met 25 september 2019 gefaseerd een archeologisch proefsleuvenonderzoek (met doorstart naar een opgraving) - variant archeologische begeleiding uitgevoerd in het kader van het project '150kV kabelverbinding Anna Paulowna - Middenmeer' in de gemeente Hollands Kroon.

De doelstelling van het proefsleuvenonderzoek – variant archeologische begeleiding was (voor zover de civiele werkzaamheden dit toelaten) het vaststellen van de archeologische waarde van het terrein dan wel de archeologische vindplaats. Voor de doorstart naar een opgraving (variant archeologische begeleiding) was het doel het veiligstellen van de wetenschappelijke informatie van de archeologische vindplaats binnen het plangebied, om daarmee informatie te behouden die van belang is voor de kennisvorming over het verleden (behoud *ex situ*).

Omdat vooralsnog geen aanwijzingen waren aangetroffen voor een vindplaats, maar het alleen ging om een archeologisch kansrijk geo(morfo)logische niveau en het bovendien naar verwachting zou gaan om vindplaatsen zonder duidelijk herkenbare vondstlaag, was het niet zinvol aanvullend booronderzoek te verrichten om inzicht te krijgen in de aanwezigheid van archeologische resten. Om een eventuele vindplaats te begrenzen en te waarderen, diende dan ook een karterend en waarderend proefsleuvenonderzoek te worden uitgevoerd. Om civieltechnische redenen was archeologisch onderzoek voorafgaand aan de geplande ontwikkeling niet mogelijk. Het archeologisch onderzoek is daarom gecombineerd met de civieltechnische werkzaamheden en uitgevoerd als een proefsleuvenonderzoek – variant archeologische begeleiding.

Het onderzoek heeft, uitsluitend in WP7, een greppelsysteem uit de late prehistorie (laat neolithicum tot en met vroege bronstijd of late bronstijd tot en met vroege ijzertijd) opgeleverd. Dit is ingegraven in het veenlandschap dat destijds vermoedelijk een open landschap was met in de omgeving –in de lagere en natte delen- een broekbos. De greppels zullen in ieder geval een rol hebben gespeeld bij het ontwateren en ontginnen van het veen en mogelijk het bijeen houden van vee. Vanwege de beperkte omvang van de werkputten kunnen geen individuele percelen herkend worden. Of sprake was van akkerbouw is evenmin bekend. Indien er geakkerd werd op de percelen, dan slechts op kleine schaal. Er is namelijk maar een gering aantal pollen terug gevonden die aan landbouw gekoppeld kunnen worden. De omvang van het greppelsysteem is niet duidelijk geworden tijdens het onderzoek. In ieder geval zijn alleen in WP7 greppels aangetroffen. De oostelijke en westelijke begrenzing van het greppelsysteem is daarmee wel bekend. Hoe ver het in noordelijke en zuidelijke richting doorliep is niet bekend. Bij het onderzoek in plangebied Kruiszwinsloot zijn dergelijke greppels niet aanwezig. Hier is echter het veen geërodeerd (De Groot, 2011). De greppels kunnen daar oorspronkelijk dus wel aanwezig geweest zijn. De greppels hebben in ieder geval geen relatie met het greppelsysteem dat bij Razende Zwin gevonden is (Diederik, 1989). Dit systeem dateert namelijk uit de vroege middeleeuwen, terwijl de greppels in het plangebied uit de late prehistorie (laat neolithicum t/m vroege bronstijd of late bronstijd tot en met vroege ijzertijd) dateren.

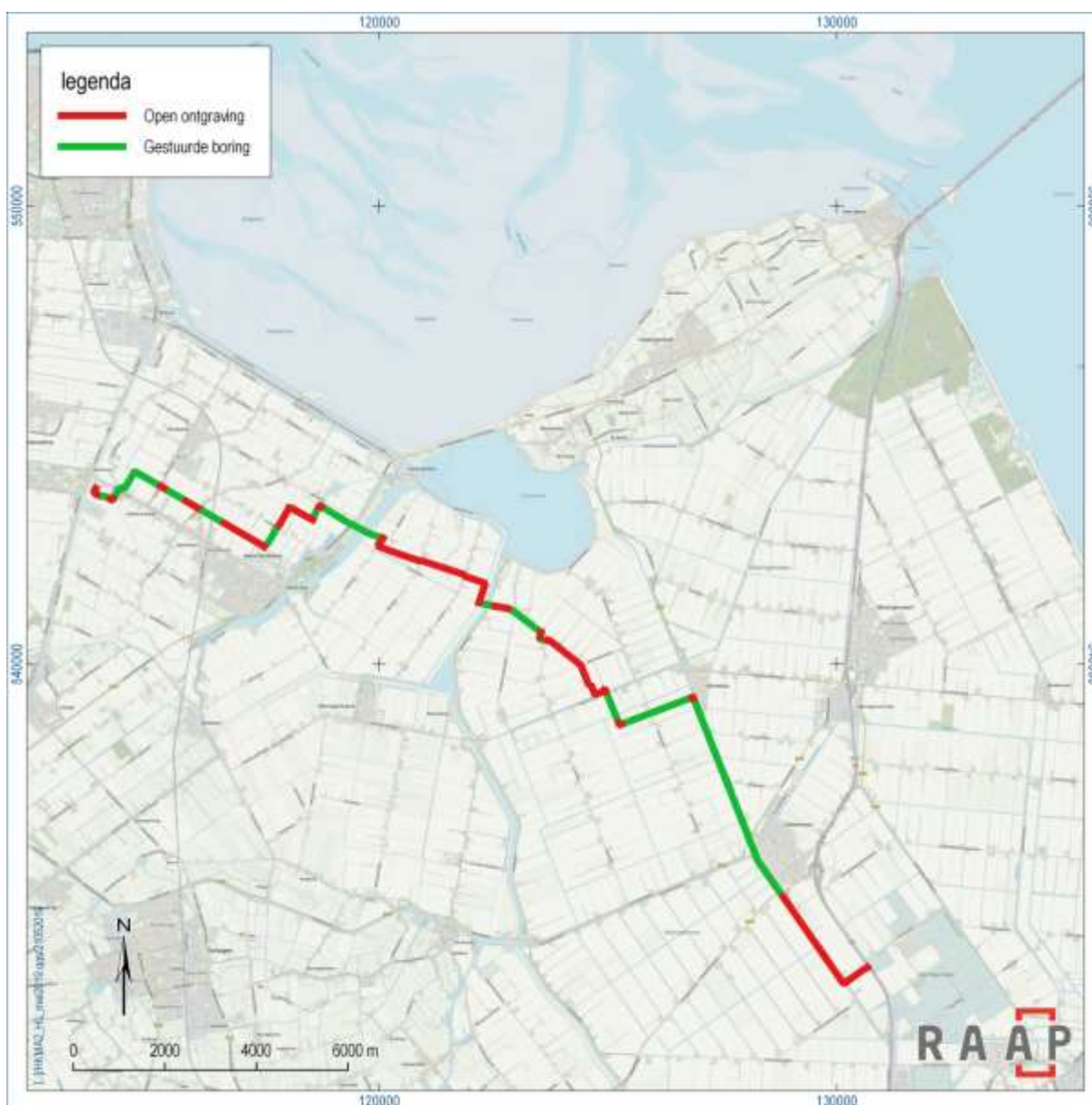
De aangetroffen resten vormen een behoudenswaardige vindplaats die door middel van voorliggend onderzoek al geheel opgegraven is binnen de contouren van de civieltechnische ontgraving.

Inhoud

Samenvatting	3
Inhoud	4
1 Inleiding	5
1.1 Administratieve gegevens	8
1.2 Voorgaand onderzoek	8
1.3 Doelstellingen en onderzoeksvragen	8
2 Methoden	10
2.1 Algemeen	10
2.2 Werkputten	11
2.3 Documentatie en registratie	12
2.4 Behandeling van sporen	13
2.5 Behandeling van vondsten	13
2.6 Behandeling van profielen	13
2.7 Bemonstering	13
2.8 Uitwerking	13
2.9 Afwijking en aanpassing van de onderzoeksstrategie	14
3 Landschap en stratigrafie	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Landschappelijk en historisch kader (naar: De Boer, 2016)	15
3.3 Bodemopbouw van de vindplaats	22
3.4 Conclusie	26
4 Sporen en structuren	28
4.1 Inleiding	28
4.2 Sloten	28
4.3 Greppels	30
4.4 Overige sporen	32
5 Vondsten en monsters	33
5.1 Vondsten	33
5.2 Palynologische resten	33
5.3 OSL-datering	37
5.4 C-14 datering	38
6 Conclusie	40
6.1 Interpretatie van de vindplaats	40
6.2 Waardestelling	40
6.3 Beantwoording van de onderzoeksvragen	42
Literatuur	46
Overzicht van figuren, tabellen, bijlagen en appendices	48

1 Inleiding

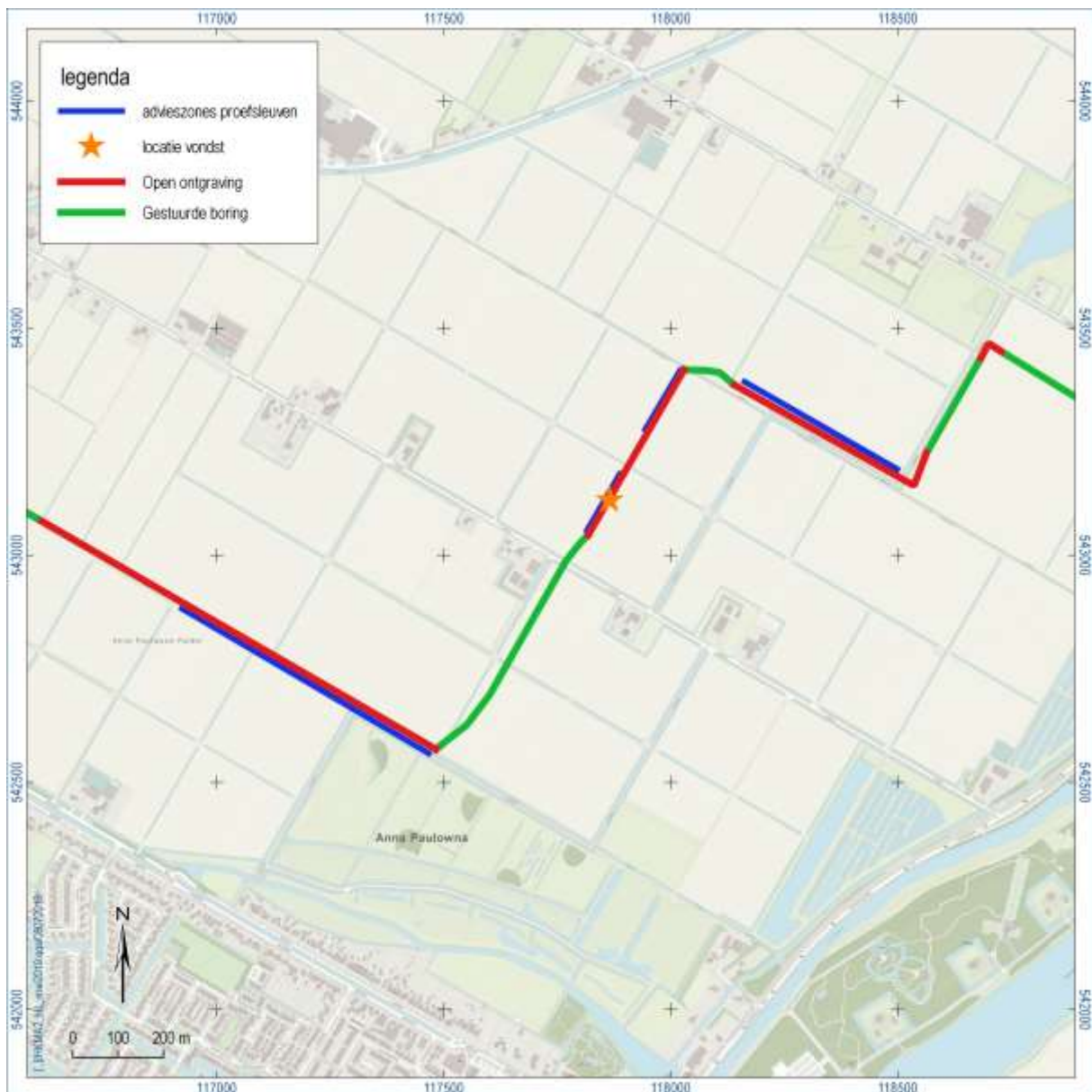
In opdracht van Qirion heeft RAAP van 13 augustus tot en met 25 september 2019 gefaseerd een archeologisch proefsleuvenonderzoek (met doorstart naar een opgraving) - variant archeologische begeleiding uitgevoerd in het kader van het project '150kV kabelverbinding Anna Paulowna - Middenmeer' in de gemeente Hollands Kroon (figuur 1). Dit onderzoek is noodzakelijk in verband met de voorgenomen werkzaamheden die een bedreiging kunnen vormen voor eventueel in de ondergrond aanwezige archeologische resten.



Figuur 1. De ligging van het leidingtracé met in rood de te ontgraven delen. Inzet: ligging in Nederland (ster).

Het plan voorziet in de aanleg van ondergrondse hoogspanningsverbindingen met een spanningsniveau van 150kV. Ingeval van een open ontgraving (rood in figuur 1) wordt de hoogspanningsverbinding doorgaans op 1,80 meter diepte aangelegd daar waar diep geploegd wordt (op agrarische percelen). Deze ingreep leidt tot verstoring van de bodem, waarbij eventueel aanwezige archeologische resten verstoord kunnen raken.

Op basis van het voorgaande verkennend booronderzoek wordt aan delen van het plangebied een hoge verwachting voor de aanwezigheid van archeologische resten toegekend (Leuving, 2019). Het betrof die delen van het plangebied waar sprake was van een intacte kwelder op veengebied (figuur 2, de blauwe lijnen). Bovendien werd in dit deel van het plangebied in één boring ook een fragment aardewerk aangetroffen, daterend uit de periode ijzertijd-vroege middeleeuwen (figuur 2: oranje ster).



Figuur 2. Advieszones n.a.v. het vooronderzoek (Leuving, 2019).

Omdat tijdens het voorgaand verkennend booronderzoek geen aanwijzingen zijn aangetroffen voor een vindplaats, maar het alleen gaat om een archeologisch kansrijk geo(morfo)logische niveau en het bovendien naar verwachting gaat om vindplaatsen zonder duidelijk herkenbare vondstlaag, is het niet zinvol aanvullend booronderzoek te verrichten om inzicht te krijgen in de aanwezigheid van archeologische resten. Bovendien levert dit soort onderzoek te weinig gegevens over de precieze aard van een vindplaats en is het niet mogelijk om vast te stellen of er gegraven grondsporen aanwezig zijn. Om een eventuele vindplaats te begrenzen en te waarderen, dient dan ook een karterend en waarderend proefsleuvenonderzoek te worden uitgevoerd. Dit proefsleuvenonderzoek moet uitwijzen of er zich inderdaad archeologische resten in het plangebied bevinden, of deze resten behoudenswaardig zijn en of ze door de geplande ingreep kunnen worden aangetast.

Uit vooroverleg met de opdrachtgever is het volgende gebleken:

- Er mag niet worden bemalen, omdat het grondwater te zout is;
- De aannemer kan de leiding niet aanleggen ter plaatse van dichtgegooide (proef)sleuven, er is dan sprake van een te losse textuur om in te werken;
- De leiding wordt bij de delen waar open ontgraving plaatsvindt aangelegd door middel van de 'ritssluiting methode'. Dit betreft een aangesloten eenheid van ca. 150-200 meter lang dat graaft en vrijwel meteen de leiding erin legt.

Om de hiervoor genoemde redenen is archeologisch onderzoek voorafgaand aan de geplande ontwikkeling niet mogelijk. Het archeologisch onderzoek wordt daarom gecombineerd met de civieltechnische werkzaamheden en uitgevoerd als een proefsleuvenonderzoek – variant archeologische begeleiding. Bij het aantreffen van (behoudenswaardige) archeologische resten zal –in overleg met het bevoegd gezag (en de opdrachtgever)- direct worden doorgestart naar een opgraving variant archeologische begeleiding, aangezien de resten niet *in situ* behouden kunnen blijven.

De werkzaamheden zijn uitgevoerd onder certificaat BRL4000, conform artikel 5.4 van de Erfgoedwet. Onderzoeksdocumentatie en monsters zullen worden overgedragen aan het depot van de provincie Noord-Holland. Voorafgaand aan het onderzoek is, conform de KNA, een Programma van Eisen (PvE) opgesteld (De Groot, 2019). Dit PvE diende als uitgangspunt voor het onderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd volgens de normen van de archeologische beroepsgroep. De Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA, versie 4.1), beheerd door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB; www.sikb.nl), geldt in de praktijk als norm. RAAP is gecertificeerd voor de protocollen 4001 Programma van Eisen, 4002 Bureauonderzoek, 4003 Inventariserend Veldonderzoek (landbodems), onderdelen proefsleuven en overig, 4004 Opgraven (landbodems) en 4006 Specialistisch onderzoek.

Zie bijlage 1 voor de dateringen van de in dit rapport genoemde archeologische perioden.

1.1 Administratieve gegevens

Plangebied	150kv kabelverbinding Anna Paulowna - Middenmeer
Opdrachtgever	Qirion
Contactpersoon opdrachtgever	De heer A. Groot
Bevoegde overheid	Gemeente Hollands Kroon
Contactpersoon bevoegde overheid	Dhr. M. Dudink
Plaats	Middenmeer & Anna Paulowna
Gemeente	Hollands Kroon
Provincie	Noord-Holland
Coördinaten	123.755/540.475
Toponiem	n.v.t.
Periode veldwerk	13 augustus t/m 25 september 2019
Projectleider	Drs. R.W. de Groot
Projectmedewerkers	W. Baetsen, N. Conradi, T. Kok en F. van der Wal
Onderzoeksmeldingsnummer	4727536100
Bewaarplaats vondsten	n.v.t.: er zijn geen vondsten aangetroffen
Bewaarplaats documentatie	RAAP West

Tabel 1. Administratieve gegevens.

1.2 Voorgaand onderzoek

Soort onderzoek	Uitvoerder	Uitvoeringsperiode	Rapportage
Bureauonderzoek	RAAP	December 2015/januari 2016	De Boer, 2016
Inventariserend veldonderzoek, verkennende fase	RAAP	November 2016 t/m maart 2019	Leuvering, 2019

Tabel 2. Overzicht van voorgaande voor het plangebied relevante onderzoeken.

Door middel van het verkennend booronderzoek is de archeologische verwachting uit het bureauonderzoek verfijnd en gold voor het huidige plangebied een hoge verwachting voor vindplaatsen vanaf de ijzertijd tot en met de late middeleeuwen. Deze verwachting is gebaseerd op het voorkomen van een kwelder- op veenlandschap. Bovendien is in één boring een fragment aardewerk aangetroffen (op circa 1,55 m –Mv; ca. 2,5 m -NAP) in de top van het Hollandveen, langs een kreek.

Op basis van het voorgaande onderzoek wordt rekening gehouden met archeologische vindplaatsen uit ijzertijd tot late middeleeuwen. Bij deze vindplaatsen moet men bedacht zijn op nederzittingsresten en sporen van gebruik en inrichting van het landschap. Overige sporen uit deze perioden kunnen niet worden uitgesloten. De begrenzing van de vindplaatsen (zowel binnen als buiten het plangebied) is op dit moment nog niet bekend.

1.3 Doelstellingen en onderzoeksvragen

De doelstelling van het proefsleuvenonderzoek – variant archeologische begeleiding was (voor zover de civiele werkzaamheden dit toelaten) het vaststellen van de archeologische waarde van het terrein dan wel de archeologische vindplaats. Hiertoe dient het in het PvE opgenomen gespecificeerde ver-

wachtingsmodel. Daarnaast dient van eventuele vindplaatsen de aard, omvang, datering, gaafheid, conservering en inhoudelijke kwaliteit te worden vastgesteld. Het onderzoek dient te resulteren in een waardering van de vindplaats(en) conform KNA 4.1 specificatie VS06. Uitgangspunt is dat het proefsleuvenonderzoek – variant archeologische begeleiding leidend is en dat sprake is van een samenwerking met de civieltechnische aannemer, dusdanig dat zowel archeologisch onderzoek als civieltechnisch werk op een veilige en verantwoorde kunnen worden uitgevoerd conform de daarvoor geldende richtlijnen.

Voor de doorstart naar een opgraving (variant archeologische begeleiding) was het doel het veiligstellen van de wetenschappelijke informatie van de archeologische vindplaats binnen het plangebied, om daarmee informatie te behouden die van belang is voor de kennisvorming over het verleden (behoud *ex situ*).

2 Methoden

2.1 Algemeen

Vanwege de beperkingen die gelden binnen het plangebied, is het proefsleuvenonderzoek uitgevoerd volgens de variant archeologische begeleiding. De werkzaamheden bestonden daarbij uit het actief begeleiden van de graafwerkzaamheden en het documenteren van eventueel aanwezige archeologische sporen. De civieltechnische werkzaamheden bestonden uit het aanleggen van de leidingsleuf, waarna kort daarop de leiding werd aangelegd en de sleuf weer aangevuld. Gezien de aard en snelheid van de werkzaamheden was het civieltechnische werk deels leidend en bestond de archeologische begeleiding soms met name uit het nalopen van de profielen van de ontgraving. Daarbij werden de profielen beschreven en archeologisch relevante lagen ter hoogte van de profielkolommen nader onderzocht door middel van het uit troffelen van deze lagen.



Figuur 3. Overzicht van de werk- en waarnemingsomstandigheden, direct na de aanleg van het 'vlak'.

2.2 Werkputten

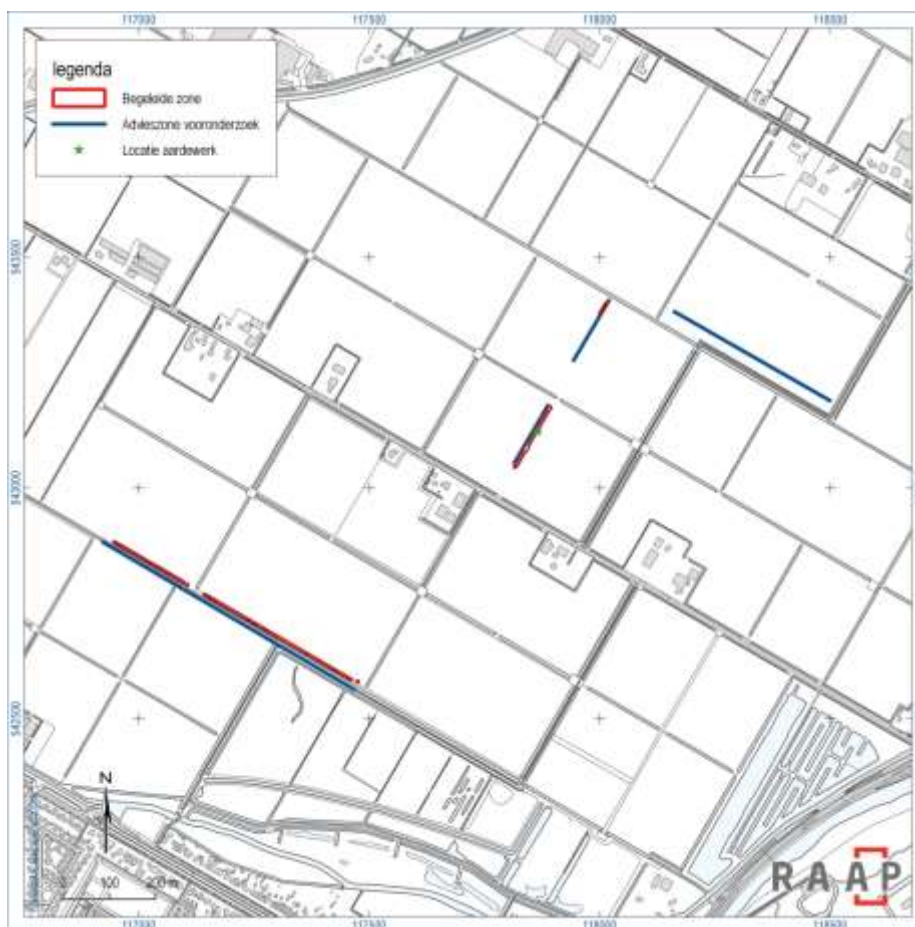
Een overzicht van de begeleide ingrepen is afgebeeld in figuur 4. In tabel 3 zijn de afmetingen daarvan samengevat.

Tijdens het veldwerk bleek het niet mogelijk om alle werkputten aan te leggen zoals was voorgeschreven in het PvE. Vanwege allerlei problemen met levering van materialen voor het civieltechnische werk, was de planning onduidelijk. Om die reden heeft RAAP telkens vinger aan de pols gehouden en zeer regelmatig na gebeld. Uiteindelijk bleek bij één van deze gesprekken dat de werkzaamheden in één van de te begeleiden zones al waren gestart. Nadat dit bekend was, zijn diezelfde ochtend nog medewerkers van RAAP richting het plangebied afgereisd om de archeologische begeleiding direct op te pakken. Vervolgens heeft voltijds archeologische begeleiding plaatsgevonden van alle nog resterende graafwerkzaamheden.

Door bovengenoemde miscommunicatie is dus een deel van de werkzaamheden (de twee meest noordoostelijke delen van het tracé) uitgevoerd zonder archeologische begeleiding.

Werkput	Afmetingen (l x b in m)	Aantal vlakken	Totaal oppervlak- te
1	2 x 4	1	8 m ²
2	2 x 4	1	8 m ²
3	2 x 4	1	8 m ²
4	2 x 4	1	8 m ²
5	174 x 2,5	1	435 m ²
6	30 x 1,45	1	43 m ²
7	541 x 2,55	1	1380 m ²
Totaal			1890 m ²

Tabel 3. Overzicht van werkputten en vlakken.



Figuur 4. Overzicht van de begeleide ingrepen en de locatie van het fragment aardewerk uit het vooronderzoek (Leuving, 2019).

2.3 Documentatie en registratie

In alle werkputten is één vlak aangelegd op de maximale ontgravingsdiepte. Ter plaatse van de in- en uittredepunten (WP1 t/m 4) werd het vlak op circa 1,15 m –Mv (ca. 2,15 m –NAP) aangelegd. Ter plaatse van de leiding werd tot ongeveer 1,65 m –Mv (ca. 3.75 m –NAP) ontgraven. Het vlak lag daarom in WP 5 t/m 7 op deze diepte.

De sporen zijn digitaal ingemeten met een RTK-GPS met een maximale afwijking van 1 x 1 x 1 cm. Ook de hoogte van de aangelegde vlakken ten opzichte van NAP is bepaald met een GPS. De ruwe GPS-bestanden zijn dagelijks uitgelezen, gecontroleerd en indien nodig gecorrigeerd.

De sporen zijn in een doorlopende reeks over de hele opgraving genummerd en worden aangeduid met een S (bijv. S12). Spoorgegevens zijn in het veld ingevoerd in de Odile database.

In het algemeen geldt dat sporen zijn gedocumenteerd conform specificaties OS04 en OS05 van de BRL4000.

2.4 Behandeling van sporen

Om sporen te traceren en sporenclusters zo goed mogelijk te kunnen begrenzen, is het vlak waar nodig tijdens de aanleg handmatig opgeschaafd. In de praktijk was dit echter over het algemeen niet mogelijk door de grote snelheid waarmee de werkzaamheden uitgevoerd werden. Sporen waren als gevolg daarvan dan alleen nog in het profiel waar te nemen en direct gecoupeerd. Zij zijn telkens in het profiel zoveel mogelijk nader onderzocht door het uitschaven van het spoor. Op basis van de locatie in beide profielen is het verloop van de sporen in het vlak gereconstrueerd.

Bij het beschrijven en documenteren van de profielen is zoveel mogelijk geprobeerd om het stratigrafische ingravingsniveau van de sporen vast te leggen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de laagbeschrijvingen in de verschillende werkputten. Van alle sporen is een foto gemaakt in het profiel. In sommige gevallen, met name de grotere sporen, door middel van fotogrammetrie.

2.5 Behandeling van vondsten

Bij de vlakaanleg en bij het afwerken van de sporen zijn geen vondsten aangetroffen. Vanwege de snelheid van de civieltechnische werkzaamheden kunnen deze echter wel aanwezig zijn geweest maar toch zijn gemist bij het onderzoek. Waar de stort kon worden nagelopen, werden zij echter ook niet aangetroffen.

2.6 Behandeling van profielen

In elke werkput is een reeks van circa 1 m brede profielkolommen opgeschaafd, gefotografeerd (d.m.v. fotogrammetrie) en beschreven vanaf het maaiveld. De locatie ervan is ingemeten met de RTK-GPS (met X-, Y- en Z-coördinaten).

Om de landschappelijke ontwikkeling en de bodemopbouw goed te begrijpen, is ernaar gestreefd om tijdens het veldwerk de stratigrafische eenheden (lagen) in de verschillende putten direct aan elkaar te koppelen.

2.7 Bemonstering

Kansrijke sporen (sporen met zichtbaar verkoold materiaal of sporen met een humeuze vulling) zijn tijdens het onderzoek bemonsterd ten behoeve van bio-archeologisch onderzoek (palynologie) en eventueel het verzamelen van dateerbaar (organisch) materiaal. Ook is een zandige kwelderafzetting die het sporenniveau afdekt, bemonsterd voor OSL-datering. Monsternummers worden in dit rapport aangeduid met een cijfer voorafgegaan door een M (bijv. M2).

2.8 Uitwerking

Documentatie van het onderzoek is na afloop van het onderzoek gecontroleerd. Na afsluiting van het veldwerk zijn de analoge profiel- en coupetekeningen gedigitaliseerd.

Aan de hand van deze gegevens en het PvE is een evaluatie- en selectierapport opgesteld dat is voorgelegd aan de bevoegde overheid, de depothouder en de opdrachtgever. Hierin is tevens een voorstel gedaan voor de conservering van kwetsbare vondsten.

De uitwerking is pas van start gegaan nadat de bevoegde overheid dit evaluatierapport had vastgesteld.

2.9 Afwijking en aanpassing van de onderzoeksstrategie

Tijdens het veldonderzoek is op de onderstaande punten afgeweken van de onderzoeksstrategie zoals die in het PvE is omschreven:

- Een deel van de te begeleiden zones is als gevolg van miscommunicatie niet onderzocht: zie § 2.2.
- Vanwege de snelheid van werken door de civieltechnische aannemer konden niet overal twee vlakken aangelegd worden en is het grootste deel van de sporen alleen in het profiel gedocumenteerd.

3 Landschap en stratigrafie

3.1 Inleiding

Een vindplaats kan niet los worden gezien van het landschap waarin hij is gelegen. Voor een correcte interpretatie is het dan ook van belang om de landschappelijke context inzichtelijk te maken. In het onderstaande wordt kort ingegaan op de geologische, geomorfologische en bodemkundige aspecten van het plangebied en directe omgeving.

3.2 Landschappelijk en historisch kader (naar: De Boer, 2016)

De landschappelijke basis waarin (waarop) de holocene ontwikkelingen plaatshadden wordt gevormd door pleistoceen dekzand. De top van deze door de wind afgezette zanden varieert tussen circa 6 m - NAP tot dieper dan 15 m –NAP. De top van de pleistocene afzettingen ligt daarmee dus ruim onder de verstoringsdiepte. Daarom zullen deze afzettingen dan ook verder buiten beschouwing blijven.

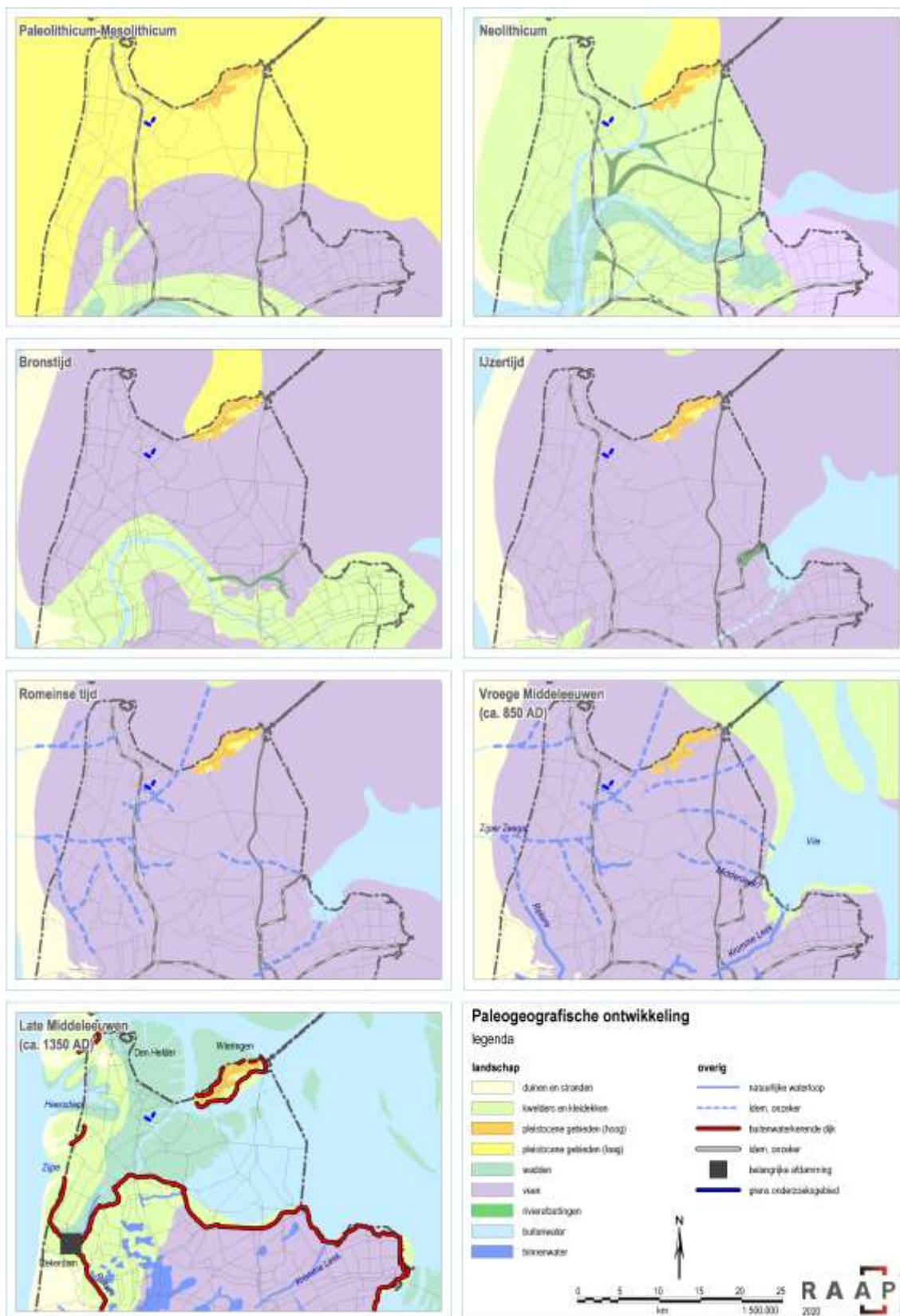
De belangrijkste factor in de kustontwikkeling was de zeespiegelstijging, die het gevolg was van het afsmelten van de ijskappen in het begin van het Holoceen (rond 10.000 jaar geleden). Vanaf het begin van het Atlanticum (ca. 9000 jaar geleden) liep het Noordzeebekken geleidelijk vol en vormde zich in de laagste delen een getijdengebied. In eerste instantie lag het onderzoeksgebied nog buiten bereik van de zee.

Met de stijgende zeespiegel kwam het gebied in de loop van het Atlanticum onder invloed van de zee en ontstond een waddegebied van zandige wadplaten doorsneden door west-oost georiënteerde geulen. Landinwaarts ging dit waddegebied via een lagune, waarin overwegend klei werd afgezet, over in een kustveenmoeras (figuur 5). Deze afzettingen worden gerekend tot het Laagpakket van Wormer (Laag van Velsen of Beemster Laag (voorheen ook Calais II/II of Beemster Afzettingen: De Mulder & Bosch, 1982; Pons & Wiggers, 1959; 1960).

De eerste millennia van het Holoceen verliep de zeespiegelstijging erg snel, ruim een meter per eeuw (Beets e.a., 1994). Rond 5000 jaar geleden nam de snelheid van de zeespiegelstijging af tot ongeveer 30 cm per eeuw. Een gevolg hiervan, en van de beschikbaarheid van voldoende sediment, was dat zich op de zandige wadplaten (ruim buiten de huidige kustlijn) een stabiele barrière van strandwallen en duinen kon ontwikkelen. De Noord-Hollandse kustlijn die zich tot dan toe steeds landinwaarts had verplaatst, stabiliseerde zich, om vervolgens in westelijke richting uit te bouwen.

Via een opening in deze kustbarrière - het zeegat bij Bergen - kon een systeem van getijdengeulen nog tot in het achterland doordringen (De Mulder & Bosch, 1982). In de wadgeulen en op de tussenliggende platen werd overwegend zandig materiaal afgezet, terwijl de fijnere kleideeltjes op de hoger opgeslibde oevers of in de wadvlakte tot bezinking kwamen. Nog verder bij de geulen vandaan lagen de kwelders. Deze werden alleen bij zeer hoge waterstanden (springtij of stormvloeden) overstroomd.

In het zuidelijk deel van de Wieringermeer en de Kop van Noord-Holland ontstond in deze periode een getijdenlandschap met wadgeulen, hoger opgeslibde oevers, kwelders en slikken dat gedurende het Midden/Laat Neolithicum aantrekkelijk was voor bewoning (Van Heeringen & Theunissen, 2001). In die gebieden die buiten het bereik van de geulen lagen, kwam veen tot ontwikkeling dat wordt gerekend tot het Hollandveen Laagpakket (Formatie van Nieuwkoop).



Figuur 5. De paleogeografische ontwikkeling van de (wijde) omgeving van het plangebied (Bron: De Boer, 2016).

In de loop van het Laat Neolithicum verlandde het noordelijke systeem en verplaatsten de geulen zich in zuidelijke richting (figuur 5). Vanaf ongeveer 4200 jaar geleden waren in de huidige Wieringermeerpolder geen actieve geulen meer, het actieve geulsysteem was opgeschoven naar het huidige West-Friesland (De Mulder & Bosch, 1982).

Door de afnemende snelheid van de zeespiegelstijging en het relatieve overschot aan sediment, slibde het zeegat van Bergen geleidelijk dicht. Door deze afsluiting verslechterde de afwatering in het gebied achter de strandwallen en vond op uitgebreide schaal veengroei plaats, het zogenaamde Hollandveen Laagpakket (van de Formatie van Nieuwkoop).

Met het verzanden van het zeegat van Bergen kwam nog geen eind aan de ontwikkeling van het gebied. Waar de kustlijn zich in het begin steeds in westelijke richting had uitgebreid en rond 5000 jaar geleden was gestabiliseerd, vond rond het begin van de jaartelling een omslag plaats naar erosie van de kustlijn (De Groot, 1994) en ontstonden verschillende verbindingen met zee. Aanvankelijk zorgden deze verbindingen met de zee voor een goede ontwatering van het veen, wat goede mogelijkheden bood voor de ontginning van het voorheen (te) natte moerasgebied. In de Anna Paulownapolder (Razende Zwin/Oude Veer) zijn vroegmiddeleeuwse verkavelings- en nederzettingssporen bekend (Diederik, 1989). De veenontginning en de inbraken van de zee, leidden ertoe dat het gebied op termijn juist kwetsbaarder werd voor overstromingen. De veenkussens werden aangetast of simpelweg afgedekt met mariene sedimenten.



Figuur 6. Ligging van de te begeleiden delen van het leidingtracé op de kaart van Johannes Dou uit 1745. Deze delen bevinden zich ter plaatse van een kwelder doorsneden door enkele krekken (naar: De Boer, 2016).

Vermoedelijk rond de 11e of 12e eeuw ontstonden bij andere doorbraken nieuwe zeegaten. Vrijwel de hele kop van Noord-Holland was in de loop van enkele eeuwen veranderd van een uitgestrekt veengebied in waddegebied met kwelders en zandige platen. Hoewel de zeegaten in de loop van de 13e en 14e eeuw weer (deels) verzandden, ontstonden door stormvloedden ook weer nieuwe. Tijdens de Allerheiligenvloed in 1570 brak de zee bijvoorbeeld dwars door het toenmalige eiland Callantsoog. Gedurende stormvloedden ontstonden geulvormige inbraken in de (relatief lage en smalle) kustbarrière. Hierbij werd overwegend zandig materiaal van vóór kust achter de strandwal (in de huidige Koegras- en Zijpepolder); een proces dat als 'wash-over' bekend staat.

Hoewel in de 13e eeuw al werd begonnen met het beteugelen van de zee (o.m. met de voltooiing van de Westfriese Omringdijk en de aanleg van de Schoorlse Zeedijk en de Rekerdam), bleef de kop van Noord-Holland (gelegen ten noorden van de Rekerdam) via het Zijper zeegat nog langere tijd onder invloed van de zee (Van de Ven, 2003).

Pas halverwege de 16e eeuw werden pogingen gedaan om ook de Kop van Noord-Holland als vasteland terug te winnen (figuur 6). Zo werd in 1553 de Helmdijk/Noordschinkeldijk aangelegd. Deze dijk vormde de verbinding tussen het eiland Callantsoog en het vaste land. In 1597 werd de Zijperzeedijk aangelegd, waarmee de Zijpe, na vier eerdere pogingen, definitief was ingepolderd (Schoorl, 1985). Door aanleg van de Zanddijk (ook wel Oldebarneveltsdijk) in 1610 tussen de eilanden Huisduinen en Callantsoog, was het achterland afgeschermd van de directe zee-invloed. Alleen via de Wadden-zee/Zuiderzee had de zee nog toegang tot het gebied. In deze relatieve luwte konden de wadplaten in het Buitenveld en Koegras opslibben tot kwelders die beweid konden worden. Hoewel er sinds de aanleg van de Zanddijk al plannen waren om het achterliggende kweldergebied te bedijken, duurde het tot 1817 voordat het zover kwam. De aanleg van het Noordhollandsch Kanaal tussen Den Helder en Amsterdam werd het oostelijk deel van het Koegras als vanzelf bedijkt. In 1818 was de polder Koegras een feit.



Figuur 7. Te begeleiden delen van het kabeltracé geprojecteerd op de veldminuut uit 1858 (Naar: De Boer, 2016).

In 1844 werd door Koning Willem II toestemming verleend om het kweldergebied tussen de polders Het Koegras en de Wieringerwaard (dat al in 1611 was ingepolderd) te bedijken. Met het tot stand komen van de Balgdijk in 1845 ontstond de Westpolder, de Oostpolder was gereed in 1847 nadat de Amsteddijk en Oostdijkdijk in 1847 waren aangelegd. De gezamenlijk polders, inclusief het tussengelegen zwin (Oude Veer) vormen tezamen de Anna Paulownapolder (figuur 7). De Wieringermeer bleef tot in de 20e eeuw onder invloed van de zee (Van de Ven, 2003). Met de drooglegging van de Wieringermeerpolder in 1932 werd de zee 'definitief' buitengesloten.

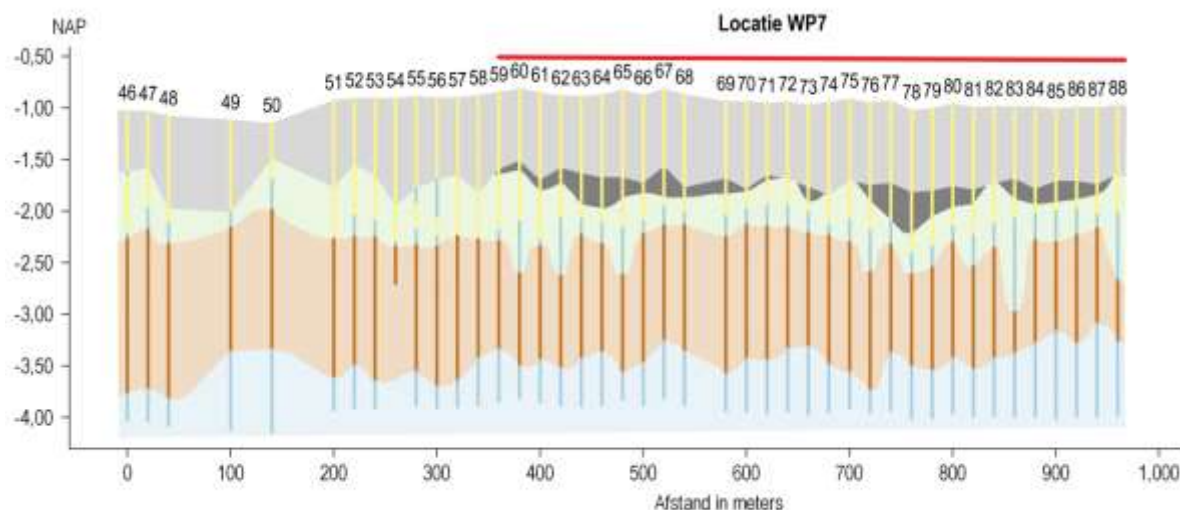
De boringen die in het kader van het vooronderzoek zijn gezet bevestigen het beeld van de geologische ontwikkeling van de omgeving (Leuwing, 2019). Net als de boringen en proefsleuven die iets zuidoostelijke in plangebied Kruiszwinsloot zijn uitgevoerd (Coppens & Schamp, 2008; De Groot, 2011; figuur 8).



Figuur 8. Overzicht van de vooronderzoeken die in de (directe) omgeving van het plangebied zijn uitgevoerd.

Aan de basis van alle boringen is een klastisch pakket aangetroffen met een wisselende lithologische samenstelling. Deze zandige wadafzettingen betreffen zowel wadgeul- als wadplatafzettingen. In de hele Anna Paulownapolder zijn de wadafzettingen afgedekt door een veenlaag. Het veen betreft vrijwel uitsluitend rietveen (Hollandveen Laagpakket). In de Westelijke Anna Paulownapolder, waar de delen van het tracé liggen waar het voorliggende onderzoek is uitgevoerd, is het veen tot ruim 1 meter dik. In dit gebied ligt het veen niet direct onder de bouwvoor, zoals in de Oostelijke Anna Paulownapolder,

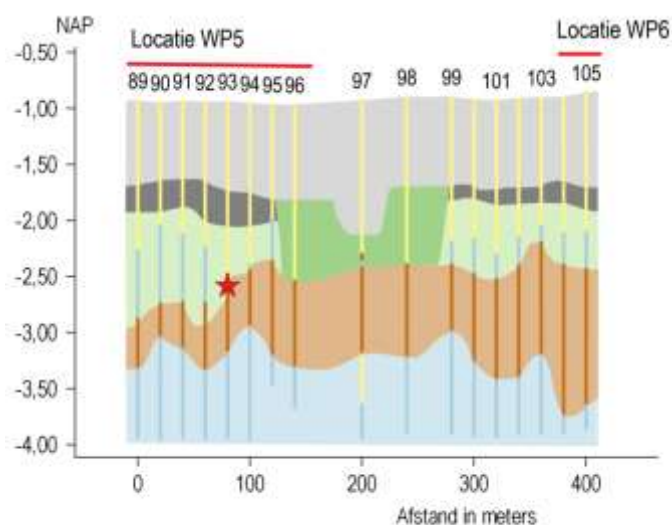
maar is het bedekt door een pakket klastische afzettingen, die uit een afwisseling van kleiige en zandige lagen bestaat, die doorgaans een dunne horizontale gelaagdheid vertonen: kwelderafzettingen (Laagpakket van Walcheren). Uit de profielen van de boringen wordt duidelijk dat er een aanzienlijk aantal kleine kreekjes aanwezig zijn die zich in het Hollandveen hebben ingesneden. Het duidelijkst is dit te zien in de zone tussen boring 58 en 88, ten zuiden van de Kleiweg (figuur 9).



Figuur 9. De bodemopbouw ter plaats van WP7 uit het huidige onderzoek. Lichtblauw betreft wadafzettingen, bruin betreft veen, in lichtgroen staan kwelderafzettingen weergegeven, in donkergroen de kweldergeulen. Donkergrijs betreft de oude bouwvoor en lichtgrijs opgebracht materiaal. (naar: Leuvering, 2019).

Elders zijn de insnijdingen door de kreekjes in het profiel breder, maar aangezien deze brede insnijdingen niet veel dieper zijn betreffen het waarschijnlijk kleine kreekjes die schuin zijn aangesneden in het profiel. In geen van de boringen snijden de kreekjes helemaal door het Hollandveen heen (figuur 10).

In het onder de kwelderafzettingen gelegen Hollandveen is regelmatig een donkere top waargenomen. Dit is met name het geval in de zone tussen boring 54 en 125, aan weerszijden van de Kleiweg. Omdat dit veen is afgedekt door een pakket kwelderafzettingen, dat bovendien over het algemeen gereduceerd is, wordt geconcludeerd dat deze donkere verkleuring van het veen een gevolg is van bodemvorming uit de periode voordat de kwelderafzettingen zijn gevormd en niet als gevolg van recente bodembewerking of -vorming, zoals het geval is in de Oostelijke Anna Paulownapolder, waar het veen direct onder de bouwvoor ligt.



Figuur 10. Bodemopbouw ter plaatse van WP5 en 6 (en omgeving) uit het huidige onderzoek. Voor de legenda wordt verwezen naar figuur 9. De rode ster geeft de locatie aan van de archeologische indicator die gevonden is (naar: Leuving, 2019).

In het grootste deel van de Westelijke Anna Paulownapolder zijn de kwelderafzettingen afgedekt door een pakket kalkrijk, matig fijn, zwak siltig zand met schelpfragmenten. Dit zand is in de twintigste eeuw opgebracht om het gebied geschikt te maken voor de bloembollenteelt. In deze zone is de dikte van dit pakket erg constant en bedraagt steeds circa 70 cm. Onder de ophoging is nog met grote regelmaat de oude bouwvoor in de kwelderafzettingen waargenomen. Hier fungeert het zanddek als een buffer, waardoor de onderliggende kwelderafzettingen zijn beschermd tegen de gevolgen van de huidige bewerking van het land.

Voor het plangebied Kruiszwinsloot ten zuidoosten van het huidige plangebied is in 2008 een bureau- en booronderzoek uitgevoerd (Coppens & Schamp, 2008). Bij dat onderzoek bleek dat sprake was van getijkreekafzettingen die het veen deels hebben geërodeerd. In verschillende boringen is echter ook veraard veen aangetroffen (op circa 1,9 m tot 3,2 m -NAP). Op basis hiervan is een vervolgonderzoek, in de vorm van proefsleuven uitgevoerd (De Groot, 2011). Daarbij werd vast gesteld dat de veraarding van het veen hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt werd door de ligging boven de huidige grondwaterspiegel en niet door oxidatie in het verleden. Verder bleek de top van het veen in het grootste deel van het plangebied verstoord te zijn door de laatmiddeleeuwse overstromingen in de 12e en 13e eeuw (figuur 11). Bij het proefsleuvenonderzoek zijn uitsluitend sporen gevonden die dateren in de nieuwe tijd (o.a. een fragment hout dat onderdeel was van een schip, een sloot en enkele takkendrainen). De zandlaag gerelateerd aan de bollenteelt, die in het huidige plangebied is gevonden, werd niet waargenomen.



Figuur 11. Bodemopbouw in plangebied Kruiszwinsloot met door laatmiddeleeuwse overstromingen verstoord veen (De Groot, 2011) .

3.3 Bodemopbouw van de vindplaats

In algemene zin is sprake van een opeenvolging van recente lagen (bouwvoor, opgebracht zand) op kwelderafzettingen (Laagpakket van Walcheren) met daaronder veen (Hollandveen Laagpakket) op wadafzettingen (Laagpakket van Wormer). Lokaal is sprake van geulen die het veenlandschap hebben doorsneden (tabel 4; appendix 2).

Laagnr.	Interpretatie	laagbeschrijving	Veronderstelde laagdatering	Absolute laagdate-ring
00	Bollenzand/bouwvoor	Uiterst siltig, zwak humeus zand met schelpfragmenten	(sub)recent	n.v.t.
01	Kwelderafzettingen (LP van Walcheren)	Uiterst siltig, zwak humeus zand met kleilagen, roestvlekken en schelpfragmenten	Vanaf de late middeleeuwen	1280-1420 na Chr.
02	Kwelderafzettingen (LP van Walcheren)	Zwak zandige klei met zandlagen en roestvlekken	Vanaf de late middeleeuwen	n.v.t.
03	Kwelderafzettingen (LP van Walcheren)	Zwak zandige en zwak humeuze klei met plantenresten	Vanaf de late middeleeuwen	n.v.t.
04	Kwelderafzettingen (LP van Walcheren)	Uiterst siltige klei met humus- en roestvlekken, schelpfragmenten en plantenresten	Vanaf de late middeleeuwen	n.v.t.
05	"Oude bouwvoor"	Matig siltig en matig humeus zand met zandbrokken en schelpengruis	Subrecent	n.v.t.
100	Hollandveen	Mineraalarm veen met enkele kleilagen	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	n.v.t.
101	Hollandveen	Mineraalarm veen	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	n.v.t.
102	Hollandveen	Mineraalarm en amorf veen	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	n.v.t.
103	Hollandveen	Zwak kleilig veen	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	n.v.t.
104	Hollandveen	Mineraalarm veen, oogt veraard	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	1115 – 910 voor Chr., maar mogelijk ouder: 2205 - 1980 voor Chr.
105	Hollandveen	Zwak kleilig veen met enkele kleilagen	midden neolithicum t/m vroege middeleeuwen.	n.v.t.
200	Wadafzettingen (LP van Wormer)	Uiterst siltige klei met rietresten	mesolithicum t/m vroeg-neolithicum	n.v.t.
300	Geulafzettingen (LP van Walcheren)	Uiterst siltige, zwak tot matig humeuze klei met humus- en/of kleilagen en planten- en rietresten	Vanaf de late middeleeuwen.	

Tabel 4. Samenvattend overzicht van de aanwezige lagen het plangebied.

Laagpakket van Wormer (laag 200)

Afzettingen van het Laagpakket van Wormer zijn slechts incidenteel aangetroffen. Dat heeft te maken met de grote diepte waarop deze zich bevinden, namelijk vanaf 3,15 tot 3,35 m –NAP. Over het algemeen reikten de ingrepen niet tot deze diepte. De aangetroffen sedimenten komen overeen met de kleiige wadafzettingen die bij het vooronderzoek zijn aangetroffen. Het slappe tot matig slappe karakter van deze lagen wijst er op dat ze niet of nauwelijks gerijpt zijn (Leuving, 2019: 13). Daarmee waren ze ook niet geschikt voor menselijke bewoning in het neolithicum.

Hollandveen (laag 100 t/m 105)

Het waddenlandschap van het laagpakket van Wormer is afgedekt door een relatief dikke laag veen. Over het algemeen is het bovenin donkerbruin en/of amorf (laag 100 en 102). In enkele profielen is bovenin sprake van veraard veen (laag 104). Het veen lijkt daarmee voldoende lang aan het oorspronkelijke maaiveld gelegen te hebben om ontwaterd te raken en te oxideren. Op basis van een C14-datering van wortelresten in deze laag, kan die worden gedateerd tussen 1115 en 910 voor Chr., dus de late bronstijd tot vroege ijzertijd (§5.4). De sporen die in het veen zijn ingegraven dateren echter ongeveer 1000 jaar ouder (ca. 2205 tot 1980 voor Chr.). Mogelijk dat de gedateerd wortelrest dus vanuit een jongere laag tot in het veen is gegroeid. Overigens bestaat ook de kans dat de zeer kleine fragmentjes houtskool uit de sporen van elders zijn aangevoerd door water of wind. De datering van de bovenkant van het veen is daarmee niet geheel zeker. Het veen kan in principe nog tot de vroege middeleeuwen aan het oppervlak gelegen hebben, getuige de vroegmiddeleeuws verkavelingsspooren die elders zijn gevonden.

Naar beneden toe wordt het veen bruin en verschijnen meer plantaardige resten, waar deze determineerbaar zijn, betreft het riet (laag 101). Op sommige plekken is bovenin sprake van kleiig veen (laag 103) en zijn naar beneden toe kleilagen in het veen aanwezig (laag 105). Waarom het veen lokaal kleiig is, kon niet worden achterhaald. Deze delen van het gebeid waren kennelijk natter. Er is in ieder geval geen relatie met de aanwezige geulen, want juist aan weerszijden van geulen is vaak veraard of amorf veen aanwezig. Hier is het veen ontwaterd door de geul.

In WP6 is op één locatie sprake van verspoeld veen (S61010, namelijk in profiel 2 van WP6. Hier is zwak kleiig veen met kleilagen waargenomen. Dit veen is vergelijkbaar met het veen dat bij de Kruiszwinsloot waargenomen is (figuur 11).

Kwelderafzettingen (laag 01 t/m 04)

In alle werkputten is sprake van kwelderafzettingen op het veen. Uitzondering daarop vormen de drie meest zuidelijke profielen in WP5. Hier is sprake van een oude bouwvoor direct op het veen. De kwelderafzettingen zijn daar mogelijk in deze oudere bouwvoor opgenomen.

In bijna alle profielen bestaan deze afzettingen bovenin uit uiterst siltig, zwak humeus zand met kleilagen, roestvlekken en schelpfragmenten (laag 01). Deze laag is op basis van een OSL-datering gedateerd vanaf minimaal 1280-1420 na Chr. Naar beneden toe gaan de afzettingen meestal over in zwak zandige klei met zandlagen en roestvlekken (laag 02) dan wel uiterst siltige klei met humus- en roestvlekken, schelpfragmenten en plantenresten (laag 04).



Figuur 12. De bodemopbouw in het plangebied met bovenaan de “oude bouwvoor”, direct op de bouwvoor, kwelderafzettingen en veraard veen dat naar beneden toe overgaat in rietveen. Het betreft profiel 13 in WP7.

Recente lagen (laag 00)

Vanaf het maaiveld is over het algemeen sprake van uiterst siltig, zwak humeus zand met schelpfragmenten. Dit betreft een deel van het in de 20e eeuw in het kader van de bloembollenteelt opgebrachte zand (Leuvering, 2019: 14). Anderzijds betreft het een oude bodem (de voormalige) bouwvoor, aangezien het 'bollenzand' ook al grotendeels afgegraven was voorafgaande aan de archeologische begeleiding.

“Oude bouwvoor” (laag 05)

In enkele delen van het plangebied is sprake van een 'oude bouwvoor' tussen het 'bollenzand' en de recente bouwvoor (figuur 12). Deze laag van heterogeen matig siltig en matig humeus zand met schelpengruis is vooralsnog geïnterpreteerd als een oude bouwvoor, mogelijk samenhangend met het aanbrengen van het bollenzand. Gezien het feit dat hij bovenop de recente bouwvoor ligt, kan het niet gaan om bijvoorbeeld een oudere meer- of zeebodem. De profielen waarin deze laag aanwezig is, vallen bovendien ook niet samen met een oude sloot op de historische kaarten, zodat de laag ook niet als een oude slootbodem beschouwd kan worden.

3.4 Conclusie

Op basis van de profielinformatie kan worden gesteld dat het waddenlandschap uit het meso- en vroeg-neolithicum geleidelijk aan overgroeid raakte met veen. Waarschijnlijk ging de veengroei geleidelijk en werd het landschap door de tijd heen steeds droger. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat het veen ontwaterd is. Maar ook uit het pollenbeeld komt dat naar voren. De palynologische analyse van de veenlaag in één van de greppels die in het veen zijn ingegraven wijst op een droog landschap. Dit landschap was ook grotendeels open met vooral grasland. In de natte en lage delen was sprake van een broekbos met elzen en in mindere mate berken en een ondergroei van varens. Vermoedelijk op de nabij gelegen zandgronden was sprake van een heideveld waar in nattere depressies veenmos groeide. Hoewel sprake is van ontwaterd veen met een greppelsysteem uit de late prehistorie, zijn vrijwel geen aanwijzingen gevonden voor akkers. Slechts vier stuifmeelkorrels kunnen namelijk aan akkers worden toegewezen. Dat betekent dat de akkers verder weg lagen, ofwel dat slechts op kleine schaal werd geakkerd. De datering van de bovenkant van het veen is niet geheel duidelijk. De sporen die in het veen zijn ingegraven dateren tussen 2205 en 1980 voor Chr. (laat neolithicum tot en met vroege bronstijd). De datering van het veen zelf komt uit op 1115 tot 910 voor Chr. (late bronstijd tot vroege ijzertijd). Er lijkt dus sprake te zijn van contaminatie van het gedateerde materiaal. Of de wortel uit het veen is uit jongere afzettingen het veen in gegroeid, of het houtskool uit de sporen is door water of wind van elders (uit een oudere laag) in het spoor terecht gekomen.

Het veen raakt, op basis van de OSL-datering in ieder geval rond of na 1280-1420 n Chr., overspoeld met kwelderafzettingen van het Laagpakket van Walcheren.¹ Ondanks dat nu sprake is van een ander

¹ In West-Friesland is overigens regelmatig waargenomen dat OSL-dateringen te jong uitvallen (persoonlijke mededeling C. Soenius (archeologie West-Friesland). Deze datering geldt daarom zeker als een vanaf-datering van de kwelderafzettingen. .

soort landschap, namelijk een kweldergebied doorsneden door kreken, veranderde het landschappelijke beeld niet enorm. Op basis van het pollen bovenin de greppels zijn de soorten die aan akker en ruigte, kruiden en soorten behorend tot water- of oevervegetatie in vrijwel dezelfde aantallen aanwezig. Daarbij is dan het uitgangspunt dat de greppels uiteindelijk bovenin inderdaad opgevuld zijn geraakt met kwelderklei. Wel is waargenomen dat boompollen sterk toenemen en grasland gerelateerd pollen juist sterk afneemt. Het broekbos zal in deze periode uitgebreid zijn ten koste van grasland. Opvallend is dat ook het veenmos een toename laat zien. Het kan daarbij gaan om externe sporen van verslagen veen, bijvoorbeeld uit het gebied van de Waddenzee. Aangezien in de omgeving sprake was van een min of meer vergelijkbaar landschap als de tegenwoordige Waddenzee, kunnen deze sporen van veenmos ook uit de omgeving van het plangebied afkomstig zijn.

Zodra het gebied bedijkt is, komt aan actieve sedimentatie een einde. Bovenin de kwelderafzettingen ontstaat door agrarische gebruik van het plangebied een bouwvoor. Hierop wordt in de 20e eeuw een zandpakket aangebracht voor de bloembollenteelt. Dit pakket is kort voorafgaande aan het onderzoek grotendeels afgegraven.

4 Sporen en structuren

4.1 Inleiding

Tijdens het onderzoek zijn in WP7 zeventien archeologische grondsporen aangetroffen (appendix 3). Deze waren over het algemeen pas in het profiel herkenbaar. De ligging en oriëntatie in het horizontale vlak is gereconstrueerd aan de hand van de beide profielen van de ontgraving. De overige werkputten hebben geen sporen opgeleverd. Een samenvattend overzicht van de aantallen aangetroffen sporen is weergegeven in tabel 5. De complete sporencatalogus is opgenomen in appendix 1. De sporen worden hieronder per spoorcategorie beschreven.

Spoorcategorie	Aantal
Greppel	11
Sloot	3
Kuil	2
Geul	1

Tabel 5. Aantal sporen per spoorcategorie.

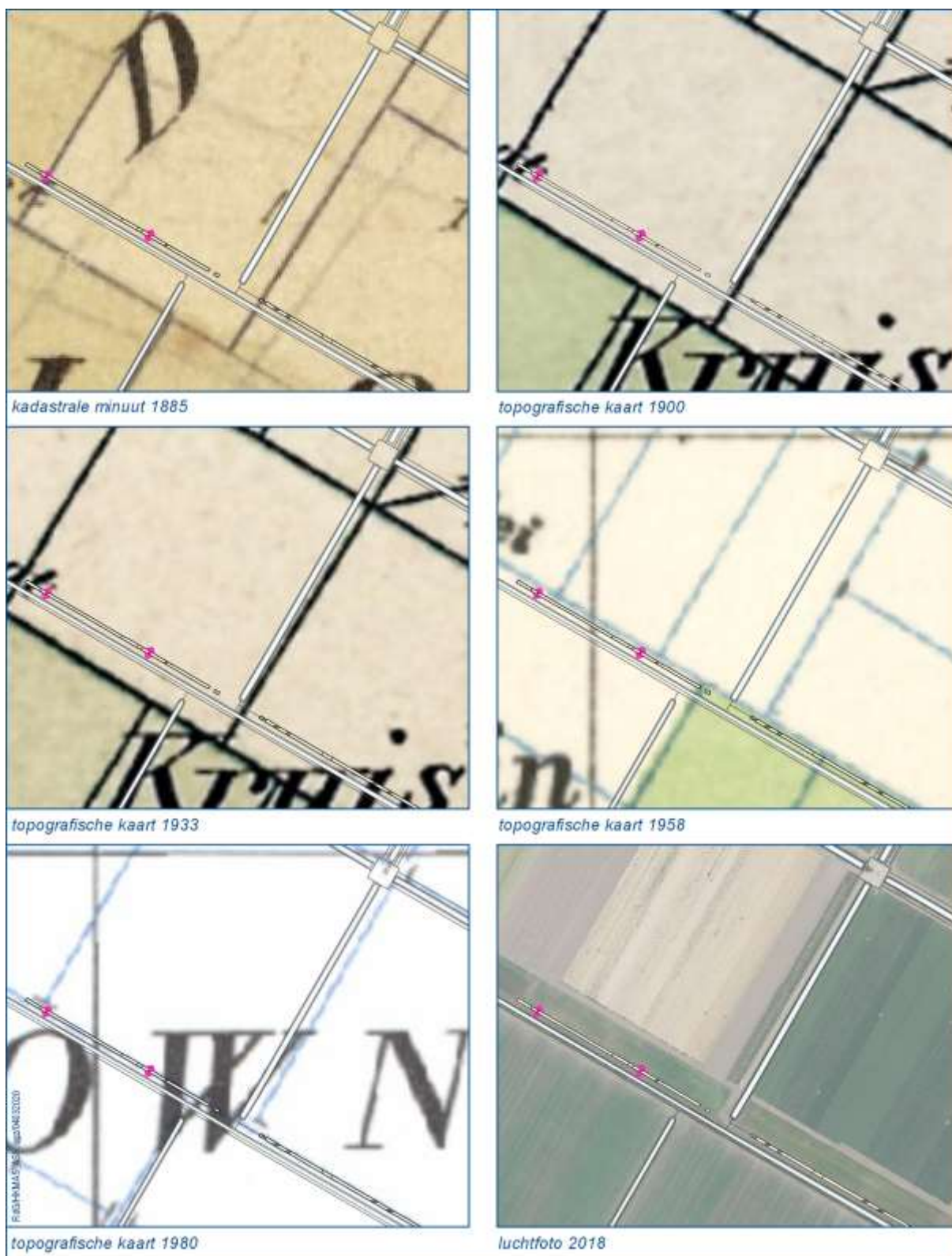
4.2 Sloten

Er zijn drie sloten aangetroffen bij het onderzoek (S1, S6 en S15: die laatste kon niet in het vlak gereconstrueerd worden). Deze hebben allen een noord-oost-zuidwest oriëntatie, die overeenkomt met die van de huidige sloten. Op het vlakniveau zijn de sloten ongeveer 1,5 meter breed, maar aan het oorspronkelijk maaiveld waren zij aanzienlijk breder. In totaal zijn ze ongeveer 1 tot 1,5 meter diep. De sloten zijn opgevuld met sterk zandige klei waarin sprake is van humus- en/of zandlagen, zand- en kleibrokken en boven- en onderaan ook humus. Ook schelpfragmenten en plantenresten zijn waargenomen.



Figuur 13. Foto van het profiel ter plaatse van één van de sloten (S1).

Stratigrafisch gezien zijn de sloten vanuit de bouwvoor ingegraven door de kwelderafzettingen en het veen (figuur 13). Op basis daarvan zullen zij dateren van ná het droogmaken van de polder (ca. 1850) en vóór de ruilverkaveling in de jaren '60 van de 20e eeuw. Dit wordt bevestigd door een projectie van de sloten op een reeks historische kaarten. Zowel S1 als S6 lijken daarbij samen te vallen met kavelgrenzen die op deze kaarten zijn aangegeven, met name de kaart uit 1958 (figuur 14).



Figuur 14. Projectie van de sloten (roze) op een reeks historische kaarten vanaf 1885 tot 1980 en een recente luchtfoto.

4.3 Greppels

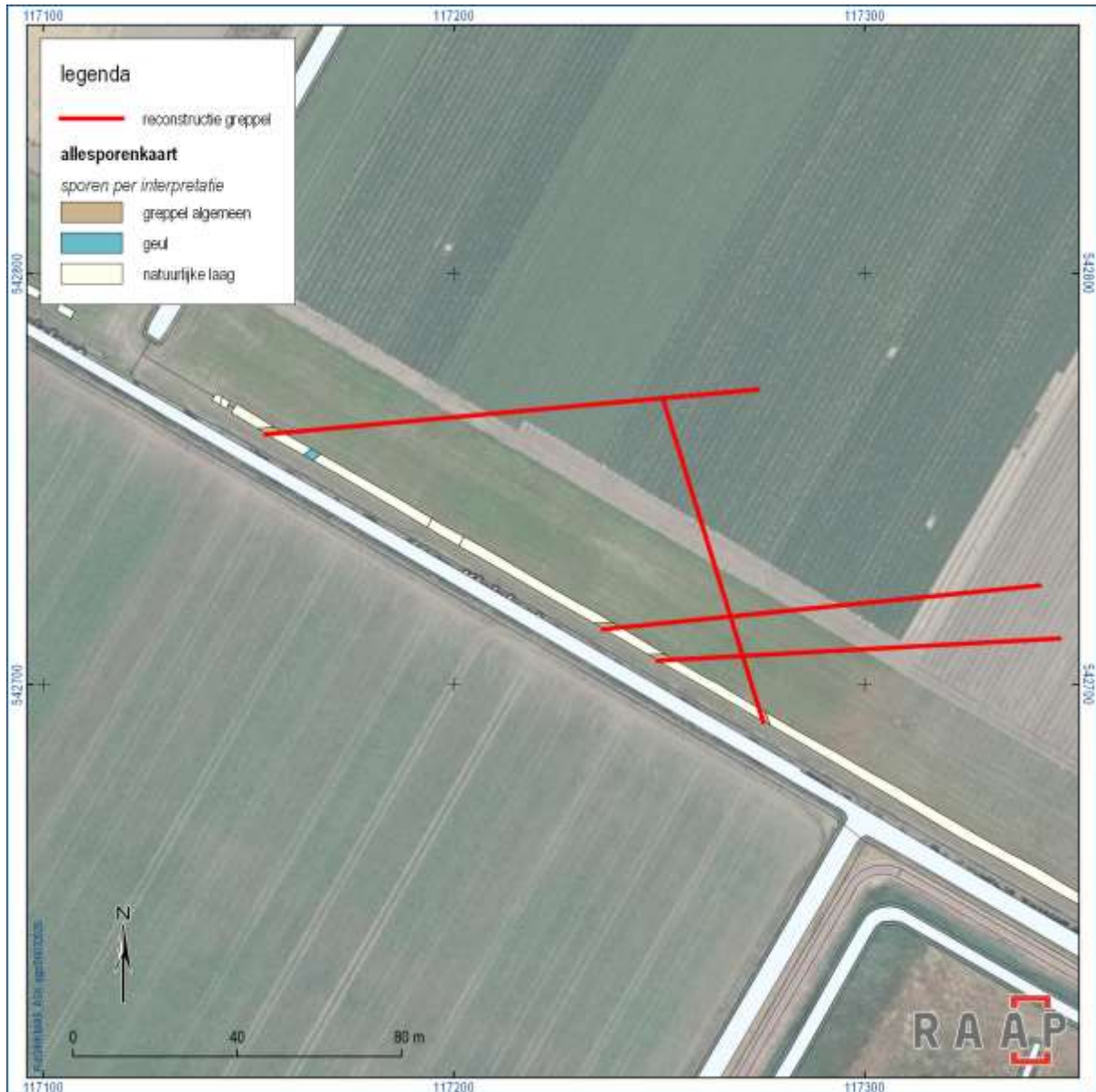
Het onderzoek heeft 11 greppels opgeleverd (S2 t/m 5, 7, 9 t/m 11, 13, 14 en 16). De greppels zijn ingegraven in het veen en afgedekt door de kwelderafzettingen (deze zijn er door nazakken deels in terecht gekomen). Zij zijn ongeveer 55 cm diep met een duidelijk herkenbare strakke insteek (figuur 15). Over het algemeen is sprake van een –min of meer- oost-west oriëntatie, maar enkele greppels hebben ook een oriëntatie die haaks daarop staat. De breedte bedraagt ongeveer 1,3 meter met uitschieters naar 0,9 en 1,6 meter.



Figuur 15. Eén van de aanwezige greppels (S16).

De vulling van de greppels bestaat aan de basis over het algemeen uit sterk siltige, humeuze klei of zwak kleiig veen. Soms zijn enkele detritus- en/of zandlagen waargenomen dan wel schelpengruis of plantenresten. Op basis van het palynologische onderzoek (§ 5.2) is geconcludeerd dat de greppels nog (deels) watervoerend waren. Uiteindelijk zijn ze dichtgeslibd. De bovenste vulling bestaat uit kwelderafzettingen die door nazakking in de greppels terecht zullen zijn gekomen. Mogelijk heeft het dicht-slibben van de greppels te maken met de geleidelijke vernatting van de omgeving die uit het pollen-beeld naar voren komt.

Vanwege de beperkte omvang van de sleuf, was het lastig om individuele percelen te herkennen. Als de loop van de greppels wordt gereconstrueerd, dan kunnen in één deel van de werkput mogelijk één of meerdere percelen herkend worden. Op basis van deze reconstructie zullen percelen ongeveer 55 tot 65 meter breed geweest zijn.



Figuur 16. Reconstructie van mogelijke percelen die verkaveld zijn door middel van de greppels.

Hoe de percelen werden gebruikt is niet geheel duidelijk. Uit het palynologische onderzoek blijkt dat de greppels in een zeer open landschap lagen met bomen in de (wijde) omgeving. Voor akkerbouw zijn slechts minimale aanwijzingen gevonden. Daarom staat zeker niet vast dat de greppels akkerpercelen hebben begrensd. Het gaat zeker niet om greppels om een perceel waarop bewoning plaatsvond. Daarvoor ontbreken aanwijzingen voor de aanwezigheid van een huisplaats of boerderijplaats, zoals vondstmateriaal of bijvoorbeeld pollen dat aan planten gerelateerd is die gedijen in betreden zones.

In de greppels zijn geen vondsten aangetroffen, maar onduidelijk is of dat het gevolg is van de werk- en waarnemingsomstandigheden of dat inderdaad geen vondsten aanwezig waren. Om die reden zijn monsters genomen van één van de greppels, het veen waarin ze zijn ingegraven en het afdekkende kwelderpakket. Op basis van een C14 datering van houtskool in greppel S13 is deze greppel gedateerd tussen 2205 en 1980 voor Chr., dus de overgang van het laat neolithicum naar de vroege bronstijd. Dit is opvallend genoeg ongeveer 1000 jaar *ouder* dan de bovenkant van het veen. Dit is door middel van een C14-datering van wortelresten namelijk gedateerd tussen 1115 en 910 voor Chr. (§5.4). Mogelijk is de datering van het veen te jong uitgevallen omdat wortelresten gedateerd zijn. Deze kunnen vanuit een hogere en dus jongere laag tot in het veen zijn gegroeid. Uiteraard kan ook het houtskool uit de greppels van elders afkomstig zijn, aangezien het om zeer kleine fragmenten gaat die door de wind of water makkelijk verspreid kunnen zijn. Op basis van de C14-datering kan het greppelsysteem dus niet nauwkeuriger dan in de late prehistorie gedateerd worden (laat-neolithicum/vroege bronstijd tot en met de vroege ijzertijd).

4.4 Overige sporen

Het onderzoek heeft nog drie andere sporen opgeleverd. Het gaat om een geul (S17), die in § 3.3 is beschreven, en om twee kuilen (S8 en 12). Voor deze kuilen geldt dat zij lithologisch en stratigrafisch sterk overeenkomen met de greppels. Het belangrijkste verschil is dat bij S8 en S12 in het tegenoverliggende profiel geen insteek is waargenomen. Op basis daarvan zijn beide als kuil geïnterpreteerd. Omdat de sleuf maar een beperkte breedte had, is niet bekend of de sporen buiten de sleuf ver hebben doorgelopen en het toch om een greppel gaat. Op deze locatie kan dan bijvoorbeeld sprake zijn geweest van een opening in de greppel (toegang naar een perceel)

5 Vondsten en monsters

5.1 Vondsten

Het huidige onderzoek heeft geen vondsten opgeleverd. In het kader van de uitwerking van het huidige onderzoek is het fragment aardewerk uit het vooronderzoek (Leuvering, 2019) in het licht van de huidige resultaten nogmaals bestudeerd.

Het fragment is aangetroffen in boring 93, ter hoogte van de huidige WP5. Het bevond zich in een veenlaag waarin ook schelpfragmenten en veenbrokken aanwezig waren, direct naast een mogelijke geul. Deze laag ligt tussen 1,55 en 1,75 m –Mv.

De scherf zelf is ongeveer 2,5 cm groot. Het betreft een handgevormde oxiderend gebakken wandscherf met één lichte zijde en één donkere zijde (figuur 17). Op basis van deze kenmerken is het fragment gedateerd in de (late) ijzertijd of Romeinse tijd.



Figuur 17. Voor- en achterzijde van het aardewerkfragment dat bij het vooronderzoek (Leuvering, 2019) aangetroffen is.

De datering van het aardewerk, afkomstig uit WP5, valt daarmee jonger uit dan de datering van de sporen in WP7. Deze dateren namelijk tussen het laat-neolithicum en tot en met de vroege bronstijd of, op basis van de datering van wortelresten in het veen, tussen de late bronstijd tot en met de vroege ijzertijd. Het aardewerk geeft aan dat het landschap in het plangebied ook in de late ijzertijd of Romeinse tijd nog gebruikt werd. Van dit gebruik zijn in WP5 echter geen sporen aangetroffen.

5.2 Palynologische resten

Y. Boekema

5.2.1 Inleiding

In het onderstaande worden de resultaten van het palynologisch onderzoek besproken. Met het oog op de vraagstellingen zijn vijf monsters voor pollenonderzoek gewaardeerd. De monsters zijn afkomstig uit één van de greppels (S13) en natuurlijke veenlagen (S7101 en S7104, tabel 6). Het plangebied bevindt zich in een vlakte van getij-afzettingen waarbinnen zich getij-oeverwallen en zandopduikingen bevinden. Ten westen hiervan bevindt zich een ingesloten strandvlakte. Een samenstelling van pollen (een pollenspectrum) is uniek voor bijna elke locatie en wordt gebruikt om informatie te verkrijgen over vegetatie en landschap, bijvoorbeeld de menselijke impact op de vegetatie, welke soorten of gewassen werden verbouwd en de mate van ontbossing.

monster	spoor	context	Datering
2	13v0	klei	greppel
2	13v1	veen	greppel
2	13v2	veen	greppel
3	7101	veen	natuurlijke veenlaag
3	7104	veen	natuurlijke veenlaag

Tabel 6. Overzicht van de gewaardeerde palynologische monsters.

5.2.2 Methode en waarderingsresultaten

Van de geselecteerde monsters zijn deelmonsters genomen van elk 1 ml. Hieruit zijn conform de standaardmethode (Erdtman, 1960; Faegri & Iversen, 1975) preparaten vervaardigd door de Universiteit van Amsterdam. Deze preparaten zijn onderzocht met behulp van een microscoop met door vallend licht.

Bij de waardering van de palynologische resten is gelet op de conserveringstoestand, de hoeveelheid en diversiteit van de resten. Verder is gelet op de aanwezigheid van cultuurgewassen en houtskool. Voor de determinaties is gebruik gemaakt van de standaardliteratuur (Beug, 2004; Faegri & Iversen, 1975; Van der Meijden, 2005; Weeda e.a., 1985; 1987; 1988; 1991; 1994).

Op basis van de waardering zijn drie monsters zeer geschikt bevonden voor nadere analyse (tabel 7). Het betreft de monsters afkomstig uit S13 vulling 0, S13 vulling 1 en S7104. Deze monsters bevatten voldoende stuifmeel met genoeg diversiteit om tot een goede analyse te kunnen komen. In het monster afkomstig uit S13 vulling 2 is de hoeveelheid pollen een stuk lager dan in de overige monsters afkomstig uit S13, de soortendiversiteit is echter nog redelijk en de conservering van het pollen is zeer goed, waardoor analyse eventueel nog wel mogelijk is. In het monster afkomstig uit S7101 is zowel de hoeveelheid pollen als de soortendiversiteit dusdanig laag dat dit monster niet in aanmerking komt voor nadere analyse. In geen van de monsters zijn tijdens de waardering cultuurgewassen aangetroffen. Analyse van de monsters kan een bijdrage leveren aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen omtrent de landschappelijke setting en economische activiteiten.

monster	spoor	conserve-ring	concentratie	diversi-teit	cultuur	geschikt voor analyse?
2	13v0	goed	hoog	hoog	nee	ja
2	13v1	goed	hoog	matig	nee	ja
2	13v2	goed	laag	matig	nee	mogelijk
3	7101	goed	laag	laag	nee	nee
3	7104	goed	hoog	hoog	nee	ja

Tabel 7. Overzicht van de palynologische waarderingsresultaten. In grijs: de geselecteerde monsters voor analyse.

5.2.3 Analyseresultaten

De resultaten staan weergegeven in bijlage 2. De percentages zijn relatief ten opzichte van de pollensom, bestaande uit het totaal van stuifmeel van bomen en kruiden; alle sporen en niet-pollen-palynomorfen² zijn buiten de pollensom gehouden. De in de tabel opgenomen soorten zijn ruwweg in-

² microfossielen anders dan pollen en sporen. Daar vallen bijvoorbeeld mestsporen en groenalgen onder.

gedeeld naar vegetatietypen. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat veel plantensoorten in zeer verscheidene vegetatietypen kunnen voorkomen; de indeling is gebaseerd op de meest gebruikelijke toekenning.

Zoals vermeld zijn beide monsters afkomstig uit dezelfde greppel (S13). Monster S13 vulling 0 is afkomstig uit de hoogste en daarmee de jongste vulling (klei) van de greppel. Monster S13 vulling 1 is afkomstig uit het onderliggende niveau (veen) en is, naar mag worden aangenomen, dus ouder. Dit laatste monster is gedateerd tussen 2205 en 2015 dan wel 1995 en 1980 voor Chr., circa 1000 jaar ouder dan het monster uit de bovenkant van het natuurlijke veen waarin de greppels zijn ingegraven (datering: 1115 – 910 voor Chr.).

S13, vulling 1 (veen)

In het pollenspectrum van dit monster is zichtbaar dat sprake was van een zeer open landschap, waarin grasland een groot aandeel had. Het aandeel grasland gerelateerd pollen bedraagt 49,1%. Het betreft met name grassen (Poaceae: 45,3%), aangevuld met lage hoeveelheden weegbree (2,7%) en veldzuring-type (*Rumex acetosa*-type: 1,0%). Het betreft verschillende soorten weegbree, namelijk smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), vermoedelijk hertshoornweegbree (*Plantago cf coronopus*) en vermoedelijk grote/ruige weegbree (*Plantago cf major/media*). Hertshoornweegbree verdraagt vrij veel zout en gedijt goed op bodems die afwisselend met water verzadigd zijn en daarna weer uitdrogen. De soort komt dus veel voor in de kustregio's. De plant kan goed tegen vertrapping. Als de betreding afneemt wordt hij verdrongen door andere planten.

Dat de omgeving ook vrij boomrijk was, blijkt uit het redelijke aandeel pollen dat afkomstig is van soorten behorend tot bos en struweel (21,6%). Het bomenbestand bestaat hoofdzakelijk uit els (*Alnus*: 8,0%), hazelaar (*Corylus*: 6,8%) en eik (*Quercus*: 3,8%), aangevuld met, in aanzienlijke lagere waardes berk (*Betula*: 0,9%), beuk (*Fagus*: 0,9%), es (*Fraxinus*: 0,2%), den (*Pinus*: 0,5%) en iep (*Ulmus*: 0,2%). Daarnaast is respectievelijk één pollenkorrel van hop/hennep (*Humulus/Cannabis*, waarbij het vermoedelijk hop betreft) en jeneverbes (*Juniperus*) aangetroffen. Het is zeer waarschijnlijk dat in de lagere nattere delen van het landschap een elzenbroekbos aanwezig was, waarin tevens (in veel mindere mate) berk kan hebben gestaan. Vermoedelijk heeft het aangetroffen *Dryopteris*-type (4,5%) als ondergroei in het broekbos gestaan. Het zou dan een *Dryopteris*-type betreffen die tegen nattere omstandigheden kan, bijvoorbeeld kamvaren (*Dryopteris cristatus*). Hazelaar, eik, beuk, es en iep hebben vermoedelijk op de hoger (en droger) gelegen gronden gestaan. Den en Jeneverbes hebben vermoedelijk op in de directe omgeving van het plangebied aanwezige zandgronden gestaan. De aangetroffen adelaarsvaren (*Pteridium*, 1,0%) en eikvaren (*Polypodium*, 0,2%) hebben vermoedelijk ook op de hoger gelegen (klei)gronden, als ondergroei bij de bomen, gestaan.

Er zijn minimale aanwijzingen voor akkers aangetroffen in de vorm van een tweetal stuifmeelkorrels graan (*Cerealia*, 0,3%), één stuifmeelkorrel vermoedelijk graan (grote *Poaceae*, 0,2%) en één stuifmeelkorrel van gewoon varkensgras (*Polygonum aviculare*, 0,2%). Deze laatste soort wordt doorgaans gerekend tot de akkeronkruiden.

Opvallend is het grote aandeel soorten behorend tot de ganzenvoetfamilie (11,0%). Veel soorten binnen deze familie gedijen goed op voedselrijke plaatsen, zoals akkers en moestuinen. Een groot aantal soorten komt echter ook voor in natuurlijke vegetaties. In dit monster betreft het zeer waarschijnlijk een soort behorend tot de natuurlijke vegetatie, gezien de zeer geringe aanwijzingen voor akkers.

Dat in de directe omgeving van het plangebied heidevelden aanwezig waren blijkt uit het aangetroffen pollen van struikhei (6,6%). De heidevelden hebben zich mogelijk op de nabijgelegen zandgronden bevonden. Daarnaast is veenmos (*Sphagnum*, 6,3%) aangetroffen. Vermoedelijk waren binnen de heidevelden depressies aanwezig waarin zich veenmos (*Sphagnum*) bevond. De veenmossoren kunnen echter ook afkomstig zijn uit het veen dat in het hele plangebied in de ondergrond aanwezig is.

De omgeving van het plangebied lijkt ten tijde van de greppel niet erg nat te zijn, het aandeel soorten van oever en open water bedraagt slechts 7,5% en bestaat hoofdzakelijk uit cypergrassen (*Cyperaceae*, 3,1%) en fonteinkruid (*Potamogeton*, 3,0%), aangevuld met teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*, 0,2%), egelskop (*Sparganium*, 0,7%) en groenalgen, bestaande uit *Botryococcus* (0,9%) en *Pediastrum* (0,5%). De cypergrassen hebben vermoedelijk in de directe omgeving van het plangebied gestaan. Fonteinkruid, teer vederkruid, egelskop en de groenalgen zullen zich in de greppel zelf hebben bevonden. De greppel zal in elk geval een deel van het jaar nog watervoerend zijn geweest aangezien fonteinkruid, teer vederkruid en egelskop wel tijdelijk droger kunnen staan, maar voor hun voortbestaan een deel van het jaar echt in water moet staan. Teer vederkruid komt met name voor in duinmeren, heidevennen en zeer voedselarme plaatsen en zal vermoedelijk zijn aangevoerd.

S13, vulling 0 (klei)

Wanneer het pollenspectrum van s13v0 wordt vergeleken met dat van s13v1 zijn in de soorten behorend tot akker en ruigte, de overige kruiden en soorten behorend tot water en oever geen grote verschillen zichtbaar. Wat echter opvalt is de sterke toename in het boompollen (van 21,6% naar 37,1%) en de sterke afname van het aandeel graslandgerelateerde soorten (van 49,1% naar 25,9%). De toename van het boompollen is met name toe te schrijven aan els en hazelaar, deze pollenwaardes stijgen respectievelijk naar 13,2% en 11,9% (was 8,0% en 6,8%). Berk breidt zich eveneens uit naar een waarde van 3,0%. Daarnaast is een toename zichtbaar in de pollenwaardes van niervaren-type (van 4,5% naar 6,8%). Dit alles wijst op een uitbreiding van het broekbos. Als gevolg hiervan werd het aandeel graslandindicatoren kleiner. Verder is een uitbreiding van de heide zichtbaar (van 6,6% naar 11,0%). Veenmos laat eveneens een toename zien (van 6,3% naar 11,0%). Een deel van de sporen betreft waarschijnlijk zogeheten externe sporen afkomstig uit geërodeerd veen. Vermoedelijk zijn deze afkomstig uit het gebied van de tegenwoordige waddenzee. Dit verschijnsel wordt veel gezien in kleimonsters afkomstig uit het kustgebied van Noord-Holland en Friesland.

5.2.4 Conclusie

Uit de resultaten van de pollenanalyse wordt duidelijk dat in de omgeving van het plangebied aanvankelijk sprake was van een zeer open vegetatie waarin grasland een groot aandeel had. Tevens waren

broekbossen aanwezig en mogelijk op de nabijgelegen zandgronden heidevelden. Na verloop van tijd breiden de broekbossen en de heidevelden zich uit, met als gevolg dat het aandeel grasland afneemt. Gezien het aangetroffen pollen van fonteinkruid, egelskop en teer vederkruid zal de greppel nog (deels) watervoerend zijn geweest. Dat in de omgeving werd geakkerd blijkt uit enkele aangetroffen pollenkorrels van (vermoedelijke) granen en akkeronkruiden. Het geringe aantal akkergerelateerd pollen kan erop wijzen dat de akkers wat verder van de monsterlocatie waren gelegen, graan is namelijk een slechte pollenverspreider. Het kan echter ook zo zijn dat er slechts op kleine schaal werd geakkerd.

5.3 OSL-datering

5.3.1 Inleiding

Aangezien in de greppels geen vondsten zijn aangetroffen, is een OSL-monster genomen van een zandlaag in de afdekkende kwelderafzettingen (M1; S7001; figuur 18). OSL datering berust op het verschijnsel dat kwarts- en veldspaatkorrels onder invloed van natuurlijke radioactiviteit in de loop van de tijd meer en meer energie opslaan. De energie komt vrij als zichtbaar licht bij verhitting of verlichting. De hoeveelheid vrijgekomen licht is een maat voor de stralingsdosis die de korrel opgelopen heeft sinds de laatste keer in de zon of de pottenbakkersoven. Daarmee vormt het een klok die aangeeft hoe lang geleden een voorwerp verhit is, of hoe lang geleden sediment is begraven. De methode is toepasbaar tot ongeveer 150.000 jaar terug, en heeft een nauwkeurigheid van 5 tot 10% van de leeftijd (Wallinga & Huisman, 2010).

Doel van de monsternamen was het verkrijgen van een datering van de kwelderafzettingen zodat kon worden bepaald wanneer deze gesedimenteerd zijn en kan worden vastgesteld wat de uiterste datering van de greppels is.



Figuur 18. Locatie van het OSL-monster in het profiel.

5.3.2 Methode en resultaten

De datering is uitgevoerd door het Luminescence dating laboratory van de universiteit van Gloucestershire door prof. P.S. Toms. De daarbij gehanteerde methoden en achterliggende verantwoording is opgenomen in appendix 4.

De resultaten van de datering staan weergegeven in tabel 8. Op basis van de analyse kan de zandlaag binnen de kwelderafzettingen gedateerd worden tussen 1280 en 1420 na Chr. Bij deze datering dient het voorbehoud te worden gemaakt dat sprake was van een significante contaminatie met veldspaat. Als gevolg daarvan dient de datering in tabel 8 te worden beschouwd als de minimale datering van de kwelderafzettingen.

RAAP-code	Labcode	Datering (ka)	Datering
M1	GL19046	0.67 ± 0.07 (0.06)	1280 tot 1420 na Chr.

Tabel 8. Resultaten van de OSL-datering van de kwelderafzettingen. Voor een uitgebreide tabel en onderbouwing zie appendix 4.

5.4 C-14 datering

Uit twee monsters is materiaal geselecteerd voor ^{14}C -analyse. Het betreft wortelresten uit S7104 en stukjes houtskool uit S13 (vulling 2). De monsters zijn geanalyseerd door het laboratorium ICA. De

resultaten van deze analyse zijn opgenomen in tabel 9, onder opgave van het 68,3%- en 95,4% waarschijnlijkheidsinterval op basis van de terrestrische kalibratiegegevens van IntCal13 (Reimer e.a., 2013).

monster	lab.code	materiaal	datering (jaren BP)	kalibratie ($p = 68,3\%$)	kalibratie ($p = 95,4\%$)
HKMA5-S7104	ICA-20P/0326	wortelresten	2850 ± 30	1055 - 970 BC (56,1%) 960 - 935 BC (12,2%)	1115 - 910 BC (95,4%)
HKMA5-S13V2	ICA-20C/0327	houtskool	3710 ± 30	2140 - 2035 BC (68,3%)	2205 - 2015 BC (93,5%) 1995 - 1980 BC (1,9%)

Tabel 9. Resultaten van de ^{14}C -analyse.

6 Conclusie

6.1 Interpretatie van de vindplaats

6.1.1 Aard van de vindplaats

Het onderzoek heeft, uitsluitend in WP7, een greppelsysteem uit de late prehistorie (laat neolithicum tot en met vroege bronstijd of late bronstijd ten met vroege ijzertijd) opgeleverd. Dit is ingegraven in het veenlandschap dat destijds vermoedelijk een open landschap was met in de omgeving –in de lagere en natte delen- een broekbos. De greppels zullen in ieder geval een rol hebben gespeeld bij het ontwateren en ontginnen van het veen. Vanwege de beperkte omvang van de werkputten kunnen geen individuele percelen herkend worden. Of sprake was van akkerbouw is evenmin bekend. Indien er geakkerd werd op de percelen, dan slechts op kleine schaal. Er is namelijk maar een gering aantal pollen terug gevonden die aan landbouw gekoppeld kunnen worden.

6.1.2 Diepteligging

De greppels zijn ingegraven in het veen. De bovenkant daarvan bevindt zich tussen 2,2 en 2,5 m –NAP (appendix 2).

6.1.3 Omvang

De omvang van het greppelsysteem is niet duidelijk geworden tijdens het onderzoek. In ieder geval zijn alleen in WP7 greppels aangetroffen. De oostelijke en westelijke begrenzing van het greppelsysteem is daarmee wel bekend. Hoe ver het in noordelijke en zuidelijke richting doorliep is niet bekend. Bij het onderzoek in plangebied Kruiszwinsloot zijn dergelijke greppels niet aanwezig. Hier is echter het veen geërodeerd (De Groot, 2011). De greppels kunnen daar oorspronkelijk dus wel aanwezig geweest zijn. De greppels hebben in ieder geval geen relatie met het greppelsysteem dat bij Razende Zwin gevonden is (Diederik, 1989). Dit systeem dateert namelijk uit de vroege middeleeuwen.

6.2 Waardestelling

6.2.1 Algemene waarderingssystematiek

Voor de waardering is de KNA-systematiek 'Waarderen van vindplaatsen' gevolgd (KNA versie 4.1, specificatie VS06; www.sikb.nl). Daarbij worden numerieke waarden toegekend aan de verschillende waarderingsaspecten. Afhankelijk van de score is een vindplaats wel of niet behoudenswaardig (tabel 10).

De vindplaatsen worden eerst op hun fysieke kwaliteit beoordeeld. Ze worden op basis van hun fysieke kwaliteit als behoudenswaardig (opgraven of beschermen) aangemerkt indien de criteria gaafheid en conservering samen bovengemiddeld (5 of 6 punten) scoren. Bij een middelmatige tot lage score (4 punten of minder) wordt naar de inhoudelijke kwaliteitscriteria gekeken om te bepalen of het terrein toch behoudenswaardig is. Indien te verwachten is dat op een van de inhoudelijke criteria 'hoog' wordt gescoord, wordt de vindplaats in principe ook behoudenswaardig geacht. Dit 'vangnet' heeft tot doel er voor te zorgen dat terreinen die van beperkte fysieke kwaliteit zijn, maar desondanks inhoudelijk van groot belang, buiten de beoordeling vallen. Vindplaatsen die op grond van hun fysieke kwaliteit als in

principe behoudenswaardig zijn aangemerkt, worden eveneens gewaardeerd op hun inhoudelijke kwaliteit.

Een afweging vindt plaats op basis van de eerste drie inhoudelijke kwaliteitscriteria: zeldzaamheid, informatiewaarde en ensemblewaarde. Belevingswaarde (schoonheid en herinneringswaarde) is slechts van belang voor zichtbare archeologische monumenten en is derhalve voor onderhavig onderzoek niet relevant. Bij een bovengemiddelde score van 7 punten of meer voor de eerste drie criteria, wordt de vindplaats als behoudenswaardig aangemerkt.

Vanwege de aard van het onderzoek is deze waardestelling in het veld uitgevoerd en is op basis daarvan direct doorgestart naar een opgraving. Op die manier werden de civieltechnische werkzaamheden zo min mogelijk gehinderd en konden deze zonder vertraging doorgaan.

6.2.2 Fysieke kwaliteit

De fysieke kwaliteit bestaat uit de deelaspecten gaafheid en conservering. gezien het feit dat geen sprake is van verstoringen die reiken tot in het niveau van de vindplaats is de gaafheid van de vindplaats hoog ingeschaald. Hoewel geen vondsten zijn aangetroffen kan op basis van de aanwezigheid van pollen en organische materiaal worden gesteld dat ook de conservering van de vindplaats als hoog kan worden beschouwd.

6.2.3 Inhoudelijke kwaliteit

De inhoudelijke kwaliteit bestaat uit de deelaspecten zeldzaamheid, informatiewaarde en ensemblewaarde. De zeldzaamheid is als hoog ingeschaald. Uit de (wijde) omgeving zijn uit het veen slechts op enkele plekken vergelijkbare sporen bekend. Meest dichtbij is het greppelsysteem uit de vroege middeleeuwen dat bij de Razende Zwin aangetroffen is (Diederik, 1989), maar dit dateert echter uit een veel jongere periode. Ander vergelijkbare greppelsystemen zijn echter niet bekend. De informatiewaarde van het greppelsysteem is als middelhoog ingeschaald. Omdat er geen vondsten aanwezig zijn, kunnen slechts beperkte uitspraken gedaan worden over de datering en het gebruik van het greppelsysteem en bijbehorende kavels. Aangezien er in de nabijheid geen vergelijkbaar greppelsysteem gevonden is, is de ensemblewaarde als middelhoog ingeschaald.

Op basis van de totaalscore in tabel 10 is sprake van een behoudenswaardige vindplaats.

waarde	criteria	scores		
		hoog	midden	laag
beleving	schoonheid	wordt niet gescoord		
	herinneringswaarde	wordt niet gescoord		
fysieke kwaliteit	gaafheid	3		
	conservering	3		
inhoudelijke kwaliteit	zeldzaamheid	3		
	informatiewaarde		2	
	ensemblewaarde		2	
	representativiteit	n.v.t.		

Tabel 10. Scoretabel waardestelling van de vindplaats (tabel 5 uit de KNA).

6.3 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek kunnen de onderzoeksvragen uit het PvE als volgt beantwoord worden:

Bodemopbouw en genese

1. *Hoe kunnen de gegevens over de bodemopbouw in het onderzoeksgebied worden aangevuld op basis van het huidige onderzoek?*

De gegevens over de bodemopbouw komen vrijwel geheel overeen met de gegevens zoals die uit het vooronderzoek reeds bekend waren. Wel is op basis van het huidige onderzoek een landschappelijke reconstructie gemaakt van het veenlandschap, gebaseerd op het palynologische onderzoek. Deze analyse wijst op een vrij droog landschap. Dit landschap was ook grotendeels open met vooral grasland. In de natte en lage delen was sprake van een broekbos met elzen en in mindere mate berken en een ondergroei van varens. Vermoedelijk was op de nabij gelegen zandgronden sprake van een heideveld waar in nattere depressies veenmos groeide.

2. *In welke delen van het plangebied is sprake van een recentelijk verstoord bodemprofiel?*

Voorafgaande aan het onderzoek is de bovengrond afgegraven. Verder zijn vrijwel geen recente verstoringen aangetroffen bij het onderzoek, uitgezonderd subrecente sloten.

3. *Is de bodemkundige situatie overeenkomstig met de verwachting op basis van het vooronderzoek? Waarom wel/niet?*

De bodemkundige situatie komt overeen met die uit het vooronderzoek: dezelfde lagen en afzettingen zijn aanwezig als die werden verwacht op basis van het vooronderzoek.

4. *Welke post-depositionele processen hebben plaatsgevonden? In hoeverre is sprake van erosie en aantasting of verstoring van archeologische resten door dit soort processen?*

Uit het palynologische onderzoek en de analyse van de profielen blijkt dat in het grootste deel van het plangebied geen sprake was van postdepositionele processen. De overgangen van de verschillende geologische lagen zijn vrijwel altijd geleidelijk. Waar dat niet het geval is, zijn geen aanwijzingen voor erosie aangetroffen. De archeologische resten zijn niet verstoord bij het afzetten van de jongere geologische lagen die hier overheen afgezet zijn.

Sporen, structuren en vondsten

5. *Zijn in het onderzoeksgebied archeologische vondsten, sporen en/of structuren aanwezig? Zo ja:*

a. *Wat is de exacte aard, omvang, datering, gaafheid, conservering, het karakter en de inhoudelijke kwaliteit van de aangetroffen archeologische resten?*

Het onderzoek heeft, uitsluitend in WP7, een greppelsysteem uit de late prehistorie (laat neolithicum tot en met vroege bronstijd of late bronstijd tot en met vroege ijzertijd) opgeleverd. Dit greppelsysteem is ingegraven in het veenlandschap dat destijds vermoedelijk een open landschap was met in de omgeving –in de lagere en natte delen- een broekbos. De greppels zullen in ieder geval een rol hebben gespeeld bij het ontwateren en ontginnen van het veen of in het bijeenhouden van vee op de percelen zodat die niet oo akkerpecelen erecht kwamen. Vanwege de beperkte omvang van de werkputten kunnen geen individuele percelen herkend worden. Of sprake was van akkerbouw is evenmin bekend. Indien er geakkerd werd op de percelen, dan slechts op kleine schaal. Er is namelijk maar een gering aantal pollen terug gevonden die aan landbouw gekoppeld kunnen worden.

De omvang van het greppelsysteem is niet duidelijk geworden tijdens het onderzoek. In ieder geval zijn alleen in WP7 greppels aangetroffen. De oostelijke en westelijke begrenzing van het greppelsysteem is daarmee wel bekend. Hoe ver het in noordelijke en zuidelijke richting doorliep is niet bekend. Bij het onderzoek in plangebied Kruiszwinsloot zijn dergelijke greppels niet aanwezig.

De inhoudelijke kwaliteit bestaat uit de deelaspecten zeldzaamheid, informatiewaarde en ensemblewaarde. De zeldzaamheid is als hoog ingeschaald. Uit de (wijde) omgeving zijn uit het veen slechts op enkele plekken vergelijkbare sporen bekend. Meest dichtbij is het greppelsysteem uit de vroege middeleeuwen dat bij de Razende Zwin aangetroffen is (Diederik, 1989), maar dit dateert echter uit een veel jongere periode. Ander vergelijkbare greppelsystemen zijn echter niet bekend. De informatiewaarde van het greppelsysteem is als middelhoog ingeschaald. Omdat er geen vondsten aanwezig zijn, kunnen slechts beperkte uitspraken gedaan worden over de datering en het gebruik van het greppelsysteem en bijbehorende kavels. Aangezien er in de nabijheid geen vergelijkbaar greppelsysteem gevonden is, is de ensemblewaarde als middelhoog ingeschaald.

b. *Is er sprake van een behoudenswaardige vindplaats?*

Op basis van een hoge fysiek en inhoudelijke kwaliteit is inderdaad sprake van een behoudenswaardige vindplaats (tabel 10).

c. *Wat is de functionele interpretatie van de aangetroffen vondsten, sporen en structuren?*

De aangetroffen sporen betreffen een greppel systeem. Vondsten werden niet gedaan.

d. Zijn er vondsten, sporen of structuren aanwezig uit verschillende perioden? Zo ja, is een relatie te leggen tussen deze verschillende fasen (continuïteit)?

De datering van de greppels komt op basis van een C14-datering van zeer kleine houtskoolfragmenten uit op 2205-2015 voor Chr. of 1995-1980 voor Chr. (laat-neolithicum of vroege bronstijd). Echter het veen waarin de greppels zijn ingegraven dateert ongeveer 1000 jaar jonger (1115 tot 910 voor Chr.). De datering van de greppels is daarmee niet geheel zeker en kan niet nauwkeuriger worden gesteld dan laat-neolithicum tot en met vroege bronstijd of late bronstijd tot en met vroege ijzertijd. Bij het huidige onderzoek zijn geen vondsten gedaan. Het vooronderzoek heeft wel één fragment aardewerk opgeleverd, mogelijk daterend uit de (late) ijzertijd of Romeinse tijd. Dit fragment komt echter van een andere locatie dan het greppelsysteem. Op basis van het huidige en vooronderzoek lijkt er sprake te zijn van gebruik van het landschap in minimaal twee perioden. Dit gebruik was van een dusdanige aard dat het (vrijwel) geen vondsten heeft achtergelaten en ook sporen niet in grote getale terug zijn gevonden.

6. Is er sprake van concentraties aardewerk en/of (vuur)stenen artefacten? Zo ja, beschrijf de horizontale en verticale spreiding van de vondsten en de mogelijke relatie met grondsporen.

Dergelijke concentraties zijn niet aangetroffen: het onderzoek heeft geen vondsten opgeleverd.

7. Kunnen (clusters van) sporen worden toegewezen aan één of meerdere struct(u)ur(en)? Zo ja, om wat voor type struct(u)ur(en) gaat het en wat is de oriëntatie, (max.) afmeting, constructie (dak, wanden, vloer), datering, conservering en (functionele) indeling van deze struct(u)ur(en)?

De aangetroffen sporen behoren bij twee structuren. Ten eerste een greppelsysteem uit de late prehistorie. Ten tweede een verkavelingssysteem uit de nieuwe tijd. Voor de oriëntatie van het greppelsysteem wordt verwezen naar figuur 16. Voor het verkavelingssysteem uit de nieuwe tijd wordt verwezen naar de historische kaarten in figuur 14

8. Wat is de context waarin het fragment aardewerk uit het booronderzoek zich bevindt? Zijn vergelijkbare fragmenten aanwezig in het plangebied? Hoe kan het aardewerk op basis van het huidige onderzoek gedateerd worden?

Over de context van het fragment aardewerk konden bij het huidige onderzoek vrijwel geen gegevens verzameld worden. Op basis van de profielen van WP5, gedocumenteerd nadat het tracé op deze locatie zonder archeologische begeleiding was aangelegd, kan worden geconcludeerd dat het fragment inderdaad ter plaatse van een depressie of geul in het veen lag. Ter hoogte van de scherf zijn bij het huidige onderzoek geen sporen of andere vondsten aangetroffen. Wel is het fragment in het kader van de uitwerking van het huidige onderzoek aan een andere analyse onderworpen. Op basis daarvan lijkt het in de (late) ijzertijd of Romeinse tijd gedateerd te kunnen worden.

In het geval van een doorstart naar een opgraving, variant archeologische begeleiding, konden –in overleg met het bevoegd gezag- aanvullende onderzoeksvragen worden opgesteld die specifiek betrek-

king hebben op de archeologische resten die opgegraven worden. Uiteindelijk zijn ondanks de doorstart naar een opgraving variant archeologische begeleiding geen aanvullende onderzoeksvragen opgesteld. Er was namelijk geen sprake van complexe sporen en ook geen vondstmateriaal aanwezig.

Literatuur

- Beets, D.J., A.J.F. van der Spek & L. van der Valk**, 1994. Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust. *RGD Rapport* 40.016 - Projekt Kustgenese. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Beug, H.J.**, 2004. Leitfaden der pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Boer, G.H. de**, 2016. 150 kV-kabelverbinding Middenmeer-Anna Paulowna, gemeente Hollands Kroon; archeologisch vooronderzoek: een bureauonderzoek. RAAP-rapport 3084. Weesp.
- Coppens, C.F.H. & C.R.C. Schamp**, 2008. Plangebied Zijperdijk en Kruiszwinsloot, gemeente Anna Paulowna: archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (verkennde fase). RAAP-rapport 1814. Weesp.
- Diederik, F.**, 1989. *Archeo-Logica. De archeologie van het noorden van Noord-Holland in land-schappelijk en historisch perspectief*. Uitgeverij Pirola, Schoorl.
- Erdtman, G.**, 1960: The Acetolysis Method. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.
- Fægri, K. & J. Iversen J.**, 1975. *Textbook of Pollen Analysis*. Munksgaard, Copenhagen.
- Groot, R.W. de**, 2011. Plangebied Kruiszwinsloot, gemeente Anna Paulowna: archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (d.m.v. proefsleuven). RAAP-rapport 2444. Weesp.
- Groot, R. W. de**, 2019. Plangebied 150 KV kabelverbinding te Middenmeer - Anna Paulowna Gemeente Hollands Kroon Archeologisch proefsleuvenonderzoek Variant archeologische begeleiding. RAAP-programma van eisen 2178. Weesp.
- Groot, T.A.M. de**, 1994. Holoceen. De jongste ontwikkeling van het landschap. De Kustbarrière: Ontwikkeling van strandwallen en zeegaten. In: M. Rappol & C.M. Soonius (red.); *In de Bodem van Noord-Holland*. Lingua Terra, Amsterdam.
- Heeringen, R.M. van & E.M. Theunissen (red.)**, 2001. Kwaliteitsbepalend onderzoek ten behoeve van duurzaam behoud van neolithische terreinen in West-Friesland en de Kop van Noord-Holland. *Nederlandse Archeologische Rapporten* 21. Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Hoeve, M.L. & M. Hendrikse**, 1998. *The types as described by Dr Bas van Geel and colleagues*. Utrecht.
- Leuvering, J.H.F.**, 2019. Plangebied 150 kV-kabelverbinding Middenmeer-Anna Paulowna te Middenmeer - Anna Paulowna, gemeente Hollands Kroon; archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (verkennd booronderzoek). RAAP-rapport 3771. Weesp.
- Meijden, R. van der**, 2005. *Heukels' flora van Nederland. Drieëntwintigste druk*. Wolters Noordhoff, Groningen.
- Mulder, E.F.J. de & J.H.A. Bosch**, 1982. Holocene stratigraphy, radio-carbon datings and palaeogeography of central and northern North-Holland (The Netherlands). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 36(3): 111-160.
- Pons, L.J. & A.J. Wiggers**, 1959. De Holocene wordingsgeschiedenis van Noord-Holland en het Zuiderzeegebied I. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap* 76: 104-152.

- Reimer, P.J., E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C.E. Buck, H. Cheng, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatté, T.J. Heaton, D.L. Hoffmann, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, S.W. Manning, M. Niu, R.W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, R.A. Staff, C.S.M. Turney & J. van der Plicht, 2013.** IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869-1887.
- Schoorl, H., 1985.** De wordingsgeschiedenis van de Zijpe. Bijdrage tot de geofysische en historisch-geografische ontwikkeling. *Historisch Geografisch Tijdschrift* 3(3): 65-75.
- Ven, G.P. van de (red.), 2003.** *Leefbaar Laagland. Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland*. Matrijs, Utrecht.
- Wallinga, J. & H. Huisman, 2010.** Cultureel Erfgoed anders belicht. Toepassingen van luminescentie-datering in archeologie, kunstgeschiedenis en bouwhistorie. NCL symposium serie 7.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1985.** *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1*. IVN, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1987.** *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 2*. IVN, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1988.** *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 3*. IVN, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1991.** *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4*. IVN, Deventer.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1994.** *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 5*. IVN, Deventer.

Overzicht van figuren, tabellen, bijlagen en appendices

Figuren:

Figuur 1. De ligging van het leidingtracé met in rood de te ontgraven delen. Inzet: ligging in Nederland (ster).	5
Figuur 2. Advieszones n.a.v. het vooronderzoek (Leuvering, 2019).	6
Figuur 3. Overzicht van de werk- en waarnemingsomstandigheden, direct na de aanleg van het 'vlak'.	10
Figuur 4. Overzicht van de begeleide ingrepen en de locatie van het fragment aardewerk uit het vooronderzoek (Leuvering, 2019).	12
Figuur 5. De paleogeografische ontwikkeling van de (wijde) omgeving van het plangebied (Bron: De Boer, 2016).	16
Figuur 6. Ligging van de te begeleiden delen van het leidingtracé op de kaart van Johannes Dou uit 1745. Deze delen bevinden zich ter plaatse van een kwelder doorsneden door enkele kreek (naar: De Boer, 2016).	17
Figuur 7. Te begeleiden delen van het kabeltracé geprojecteerd op de veldminuut uit 1858 (Naar: De Boer, 2016).	18
Figuur 8. Overzicht van de vooronderzoeken die in de (directe) omgeving van het plangebied zijn uitgevoerd.	19
Figuur 9. De bodemopbouw ter plaats van WP7 uit het huidige onderzoek. Lichtblauw betreft wadafzettingen, bruin betreft veen, in lichtgroen staan kwelderafzettingen weergegeven, in donkergroen de kweldergeulen. Donkergrijs betreft de oude bouwvoor en lichtgrijs opgebracht materiaal. (naar: Leuvering, 2019).	20
Figuur 10. Bodemopbouw ter plaatse van WP5 en 6 (en omgeving) uit het huidige onderzoek. Voor de legenda wordt verwezen naar figuur 9 De rode ster geeft de locatie aan van de archeologische indicator die gevonden is (naar: Leuvering, 2019).	21
Figuur 11. Bodemopbouw in plangebied Kruiszwinsloot met door laatmiddeleeuwse overstromingen verstoord veen (De Groot, 2011) .	22
Figuur 12. De bodemopbouw in het plangebied met bovenaan de "oude bouwvoor", direct op de bouwvoor, kwelderafzettingen en veraard veen dat naar beneden toe overgaat in rietveen. Het betreft profiel 13 in WP7.	25
Figuur 13. Foto van het profiel ter plaatse van één van de sloten (S1).	28
Figuur 14. Projectie van de sloten (roze) op een reeks historische kaarten vanaf 1885 tot 1980 en een recente luchtfoto.	29
Figuur 15. Eén van de aanwezige greppels (S16).	30
Figuur 16. Reconstructie van mogelijke percelen die verkaveld zijn door middel van de greppels.	31
Figuur 17. Voor- en achterzijde van het aardewerkfragment dat bij het vooronderzoek (Leuvering, 2019) aangetroffen is.	33
Figuur 18. Locatie van het OSL-monster in het profiel.	38

Tabellen:

Tabel 1. Administratieve gegevens.	8
Tabel 2. Overzicht van voorgaande voor het plangebied relevante onderzoeken.	8
Tabel 3. Overzicht van werkputten en vlakken.	11
Tabel 4. Samenvattend overzicht van de aanwezige lagen het plangebied.	23
Tabel 5. Aantal sporen per spoorcategorie.	28
Tabel 6. Overzicht van de gewaardeerde palynologische monsters.	34
Tabel 7. Overzicht van de palynologische waarderingsresultaten. In grijs: de geselecteerde monsters voor analyse.	34
Tabel 8. Resultaten van de OSL-datering van de kwelderafzettingen. Voor een uitgebreide tabel en onderbouwing zie appendix 4.	38
Tabel 9. Resultaten van de ¹⁴ C-analyse.	39
Tabel 10. Scoretabel waardestelling van de vindplaats (tabel 5 uit de KNA).	42

Bijlagen:

- Bijlage 1. Tijdschaal.
- Bijlage 2. Resultaten pollenanalyse

Appendices (separaat aangeleverd):

- Appendix 1. Sporenlijst
- Appendix 2 . Profielen
- Appendix 3. Allesporenkaart
- Appendix 4. Resultaten OSL-datering

Bijlage 1. Tijdschaal.

Archeologische perioden					
Tijdperk				Datering	
Recente tijd				1945	
Nieuwe tijd			C	1850	
			B	1650	
			A	1500	
Middeleeuwen			Laat B	1250	
			Laat A	1050	
	Vroeg	D: Ottoonse tijd	900		
		C: Karolingische tijd	725		
		B: Merovingische tijd	525		
		A: Volksverhuizingstijd	450		
Romeinse tijd			Laat	270	
			Midden	70 na Chr.	
			Vroeg	15 voor Chr.	
Prehistorie	IJzertijd			Laat	250
				Midden	500
				Vroeg	800
	Bronstijd			Laat	1100
				Midden	1800
				Vroeg	2000
	Neolithicum (Nieuwe Steentijd)			Laat	2850
				Midden	4200
				Vroeg	4900/5300
	Mesolithicum (Midden Steentijd)			Laat	6450
				Midden	8640
				Vroeg	9700
	Paleolithicum (Oude Steentijd)			Laat	12.500
				Jong B	16.000
				Jong A	35.000
				Midden	250.000
				Oud	

tabel1 standaard Archeologisch RAAP 2014

tabel1_standaard_Archeologisch_RAAP_2014

Bijlage 2. Resultaten pollenanalyse

groep / soort	omschrijving	M2 S13v0	M2 S13v1
bos en struweel		% Σ	% Σ
Alnus	els	13,2	8,0
Betula	berk	3,0	0,9
Carpinus betulus	haagbeuk	0,2	-
Corylus	hazelaar	11,9	6,8
*Dryopteris-type	niervaren-type	6,8	4,5
Fagus	beuk	0,3	0,9
Fraxinus	es	-	0,2
Humulus/Cannabis	hop/hennep	0,3	0,2
Juniperus	jeneverbes	0,2	0,2
Pinus	den	1,2	0,5
*Polypodium	eikvaren	-	0,2
* Pteridium	adelaarsvaren	1,3	1,0
Quercus	eik	5,8	3,8
Salix	wilg	0,5	-
Tilia	linde	0,2	-
Ulmus	iep	0,5	0,2
akker en ruigte			
Cerealia	granen	-	0,3
grote Poaceae	vermoedelijk graan	0,5	0,2
Polygonum aviculare	gewoon varkensgras	0,2	0,2
Urtica	brandnetel	0,2	-
overige kruiden			
Apiaceae	schermbloemigenfamilie	0,2	0,3
Artemisia	alsem	0,3	-
Asteraceae liguliflorae	lintbloemige composieten	0,5	0,2
Asteraceae tubuliflorae	buisbloemige composieten	0,5	0,5
Brassicaceae	kruisbloemenfamilie	0,5	0,3
Caryophyllaceae	anjerfamilie	-	0,3
Chenopodiaceae	ganzenvoetfamilie	14,8	11,0
Filipendula	spirea	0,2	-
Ranunculus acris-type	scherpe boterbloem	0,2	0,7
Rosaceae	rozenfamilie	0,2	-
Rubiaceae	sterbladigenfamilie	0,3	0,9
Senecio-type	kruiskruid	0,2	-
Succisa-type	blauwe knoop-type	-	0,2
grasland			
Plantago	weegbree	-	0,2
Plantago cf coronopus	hertshoornweegbree	1,8	0,3
Plantago lanceolata	smalle weegbree	-	1,2
Plantago cf major/media	grote/ruige weegbree	-	1,0
Poaceae	grassen	22,9	45,3

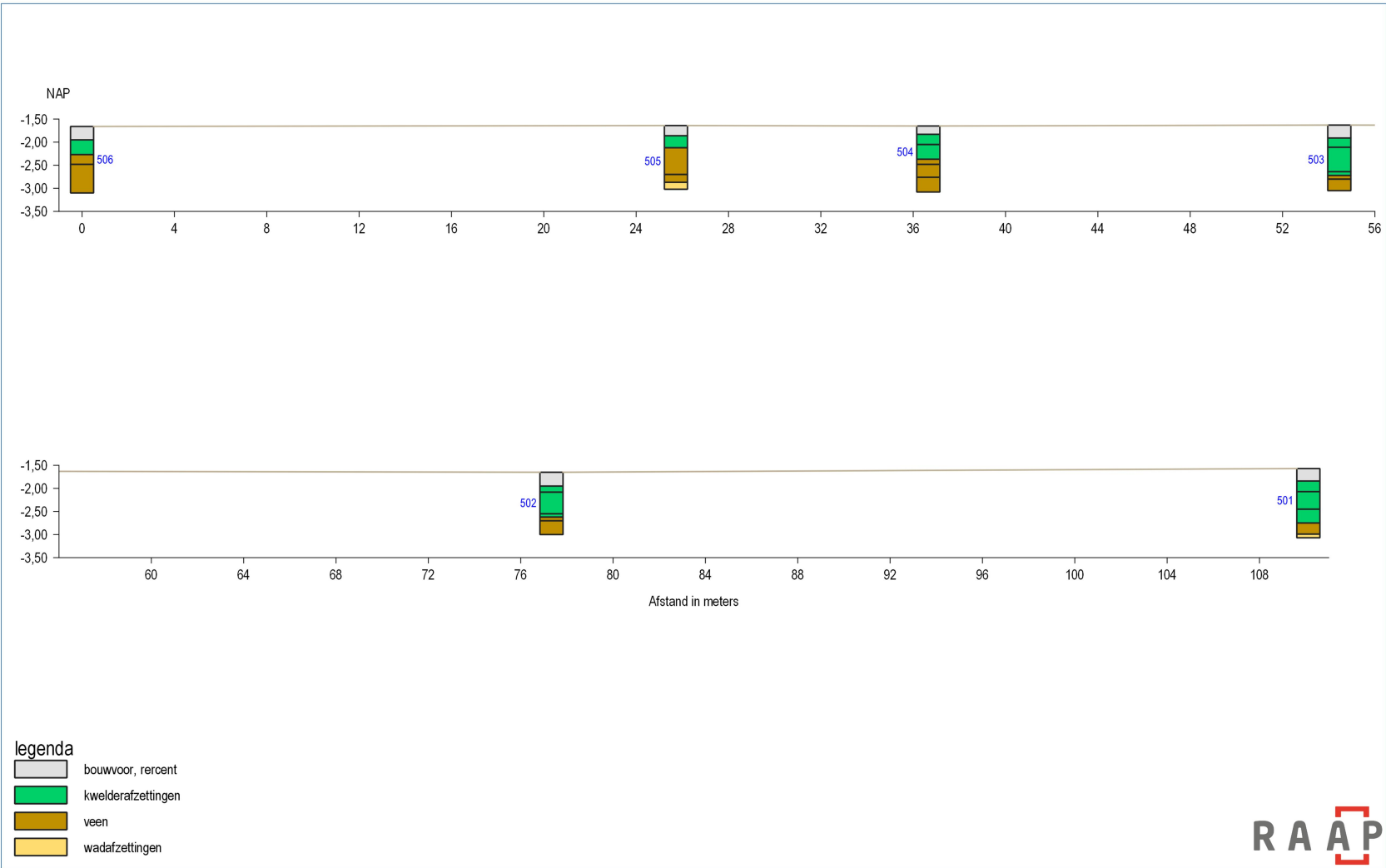
groep / soort	omschrijving	M2 S13v0	M2 S13v1
Rumex acetosa-type	veldzuring-type	1,2	1,0
heide en hoogveen			
Calluna	struikhei	11,0	6,6
Ericaceae	heidefamilie	0,2	-
*Sphagnum	veenmos	9,7	6,3
water en oever			
*Botryococcus	groenalg	0,8	0,9
Cyperaceae	cypergrassen	3,1	3,1
Myriophyllum alterniflorum	teer vederkruid	-	0,2
*Pediastrum	groenalg	2,1	0,5
Potamogeton	fonteinkruid	1,0	3,0
Sparganium	egelskop	1,0	0,7
Zygnemataceae	groenalg	0,2	-
overig			
Entophlyctis lobata	mestschimmel	0,3	-
*Sordaria	mestschimmel	0,5	-
Tilletia	schimmel	4,3	3,5
Ustilina deusta	mestschimmel	-	0,2
cf type 704	dinoflagellaat	0,2	-
	mestschimmel	0,2	0,5
* gecorrodeerd		2,3	3,5
*indet		1,2	1,0
groepspercentages			
bos en struweel		37,1	21,6
akker en ruigte		0,8	0,7
overige kruiden		17,8	14,5
grasland		25,9	49,1
heide en hoogveen		11,2	6,6
water en oever		7,2	7,5
Pollensom (in absolute aantallen)		607	574

Appendix 1. Sporenlijst

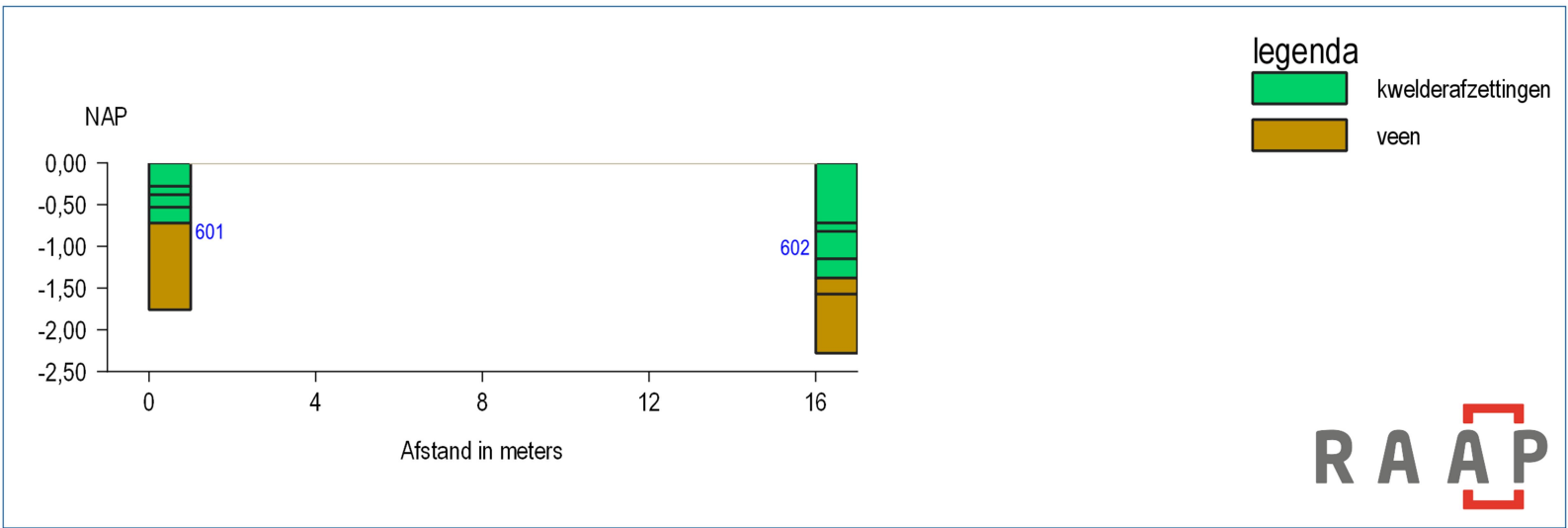
spoor	put	vlak	vorm	interpretatie	interpretatie_specifiek	vulling	textuur	mediaan	humus	sublagen	kleur	interpretatie_lithologie	ijzer	schelp	planten
1	7	1	langwerpig/lineair	greppel	sloot	0	klei sterk zandig	-	zwak humeus	zand- en kleibrokken	bruingrijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
1	7	1	langwerpig/lineair	greppel	sloot	1	klei sterk zandig	-	-	enkele humus- en zandlagen	lichtgrijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
1	7	1	langwerpig/lineair	greppel	sloot	2	klei sterk zandig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	bruingrijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
1	7	1	langwerpig/lineair	greppel	sloot	3	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	-	grijs	-	FE1	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	spoor hout (0-1%)
2	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	-	-	grijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
2	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	enkele detritus- en zandlagen	bruingrijs	-	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
3	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	veen zwak kleiig	-	-	-	grijsbruin	-	-	-	-
4	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	veen- en kleibrokken	bruingrijs	-	-	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	-
4	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei uiterst siltig	-	matig humeus	veel dunne detrituslagen	grijsbruin	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
4	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	klei uiterst siltig	-	matig humeus	veen- en kleibrokken	bruingrijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
5	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei uiterst siltig	-	-	-	lichtgrijs	-	FE1	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	-
5	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	veenbrokken	bruingrijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
5	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	veel dunne detrituslagen	bruingrijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
5	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	3	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	bruin	-	-	-	-
6	7	103	langwerpig/lineair	greppel	sloot	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	veen- en kleibrokken	bruingrijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
7	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	-	-	lichtgrijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
7	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei zwak zandig	-	zwak humeus	veenbrokken	bruingrijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	veen sterk kleiig	-	-	enkele veenlagen	grijsbruin	-	-	-	-
8	7	101	langwerpig/lineair	kuil	kuil	0	klei zwak zandig	-	kuil	enkele humuslagen	bruingrijs	-	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
8	7	101	langwerpig/lineair	kuil	kuil	1	veen sterk kleiig	-	-	enkele veenlagen	grijsbruin	-	-	-	-
9	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	bruingrijs	-	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
9	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei zwak zandig	-	zwak humeus	enkele veenlagen	grijsbruin	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
9	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	bruin	-	-	-	-
10	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	bruingrijs	-	-	-	-
10	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei zwak zandig	-	-	veen- en kleibrokken	lichtbruingrijs	-	-	-	-
11	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	grijs	-	-	-	-
11	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	veen sterk kleiig	-	-	enkele kleilagen	grijsbruin	-	-	-	-
12	7	103	langwerpig/lineair	kuil	kuil	0	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	veel dunne detrituslagen	grijsbruin	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
13	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	grijs	-	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
13	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	veen sterk kleiig	-	-	enkele kleilagen	grijsbruin	-	-	-	-
13	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	veen sterk kleiig	-	-	enkele veenlagen	grijsbruin	-	-	-	-
13	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	3	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	bruin	-	-	-	-
14	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	-	veenbrokken	lichtgrijs	-	-	-	-
15	7	103	langwerpig/lineair	greppel	sloot	0	klei zwak zandig	-	enkele humuslaagjes	veenbrokken	grijs	-	-	-	-
15	7	103	langwerpig/lineair	greppel	sloot	1	veen sterk kleiig	-	-	veen- en kleibrokken	grijsbruin	-	-	-	-
15	7	103	langwerpig/lineair	greppel	sloot	2	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	bruin	-	-	-	-
16	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	0	klei zwak zandig	-	enkele humuslaagjes	humusvlekken	grijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
16	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	1	klei zwak zandig	-	-	veen- en kleibrokken	lichtbruingrijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
16	7	103	langwerpig/lineair	greppel	greppel algemeen	2	veen zwak kleiig	-	-	veen- en kleibrokken	grijsbruin	-	-	-	-
17	7	103	langwerpig/lineair	greppel	geul	0	klei sterk siltig	-	zwak humeus	veel dunne humuslagen	grijs	-	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
17	7	103	langwerpig/lineair	greppel	geul	1	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	bruin	-	-	-	-
1000	1	104	-	laag	bouwvoor, recent	0	zand zwak siltig	matig grof	matig humeus	-	bruin	-	-	-	-
1001	1	104	-	laag	bouwvoor, recent	0	zand zwak siltig	zeer grof	-	-	lichtbruin	-	-	schelp compleet marien	-
1002	1	104	-	laag	bouwvoor, recent	0	klei sterk zandig	-	-	-	donkergrijs	-	-	-	-
2000	1	104	-	laag	natuurlijke laag	0	klei matig zandig	-	-	veel dunne zandlagen	grijs	KA	-	-	-
2001	3	104	-	laag	natuurlijke laag	0	zand sterk siltig	matig fijn	-	enkele zandlagen	grijs	-	-	-	-
2002	3	104	-	laag	natuurlijke laag	0	klei sterk siltig	-	-	-	blauwrood	-	-	-	-
2003	3	104	-	laag	natuurlijke laag	0	veen	-	-	-	donkerbruin	-	-	-	-
2004	3	104	-	laag	natuurlijke laag	0	zand matig siltig	matig fijn	zwak humeus	-	donkergrijs	-	-	-	-
5000	5	102	-	laag	bouwvoor, recent	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	-	bruingrijs	-	-	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	-
5001	5	102	-	laag	natuurlijke laag	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	-	veel dunne kleilagen	grijs	KA	FE1	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
5002	5	102	-	laag	natuurlijke laag	0	klei zwak zandig	-	-	veel dunne zandlagen	grijs	KA	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
5003	5	102	-	laag	natuurlijke laag	0	klei uiterst siltig	-	-	enkele detritus- en zandlagen	grijs	KA	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
5004	5	102	-	laag	bouwvoor, recent	0	klei sterk zandig	-	zwak humeus	kleibrokken	bruingrijs	KA	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
5100	5	1	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	-	bruin	KO	-	-	spoor hout en riet (0-1%)
5101	5	102	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	donkerbruin	ko	-	-	spoor hout (0-1%)
5102	5	102	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	kleibrokken	donkerbruin	KO	-	-	-
5200	5	1	-	laag	natuurlijke laag	0	klei uiterst siltig	-	-	-	lichtbruingrijs	WA	-	-	spoor riet (0-1%)

6000	6	102	-	laag	bouwvoor, recent	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	enkele zandlagen	bruingrijs	KA	-	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
6001	6	102	-	laag	natuurlijke laag	0	zand uiterst siltig	zeer fijn	-	veel dunne kleilagen	lichtgrijs	KA	-	-	-
6002	6	102	-	laag	natuurlijke laag	0	klei zwak zandig	-	-	enkele zandlagen	grijs	KA	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	weinig plantenresten (niet gedifferentieerd)(1-10%
6003	6	102	-	laag	natuurlijke laag	0	klei uiterst siltig	-	-	enkele detritus- en zandlagen	grijs	KA	-	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	-
6100	6	104	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	-	donkerbruin zwart	KO	-	-	-
6101	6	104	-	laag	natuurlijke laag	0	veen zwak kleiig	-	-	veel dunne kleilagen	donker grijs bruin	KO	-	-	-
7000	7	0	-	laag	ophogingslaag	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	-	bruingrijs	-	-	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
7001	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	zand uiterst siltig	uiterst fijn	zwak humeus	veel dunne kleilagen	lichtgrijs	KA	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	-
7002	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	klei zwak zandig	-	-	enkele zandlagen	lichtgrijs	KA	FE1	-	-
7003	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	klei zwak zandig	-	zwak humeus	-	grijsbruin	KA	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7004	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	klei uiterst siltig	-	-	humusvlekken	lichtgrijs	KA	FE1	schelpfragment (niet gedifferentieerd)	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7005	7	103	-	laag	bouwvoor, fossiel	0	zand matig siltig	matig fijn	matig humeus	zandbrokken	donkergrijs	-	-	schelpengruis (niet gedifferentieerd)	-
7100	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	enkele kleilagen	donkerbruin	KO	-	-	-
7101	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	-	bruin	KO	-	-	-
7102	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	-	bruin	KO	-	-	-
7103	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen zwak kleiig	-	-	-	grijsbruin	KO	-	-	-
7104	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen mineraalarm	-	-	-	donkerbruin	KO	-	-	-
7105	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	veen zwak kleiig	-	-	enkele kleilagen	grijsbruin	KO	-	-	-
7200	7	103	-	laag	natuurlijke laag	0	klei uiterst siltig	-	-	-	lichtgrijs	WA	-	-	spoor riet (0-1%)
7300	7	103	-	greppel	geul	0	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	grijs	GE	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7300	7	103	-	greppel	geul	1	klei uiterst siltig	-	zwak humeus	enkele humuslagen	bruingrijs	GE	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7300	7	103	-	greppel	geul	2	klei uiterst siltig	-	matig humeus	enkele humus- en kleilagen	bruingrijs	GE	-	-	spoor plantenresten (niet gedifferentieerd)(0-1%)
7300	7	103	-	greppel	geul	3	veen zwak kleiig	-	-	kleibrokken	bruin	GE	-	-	-

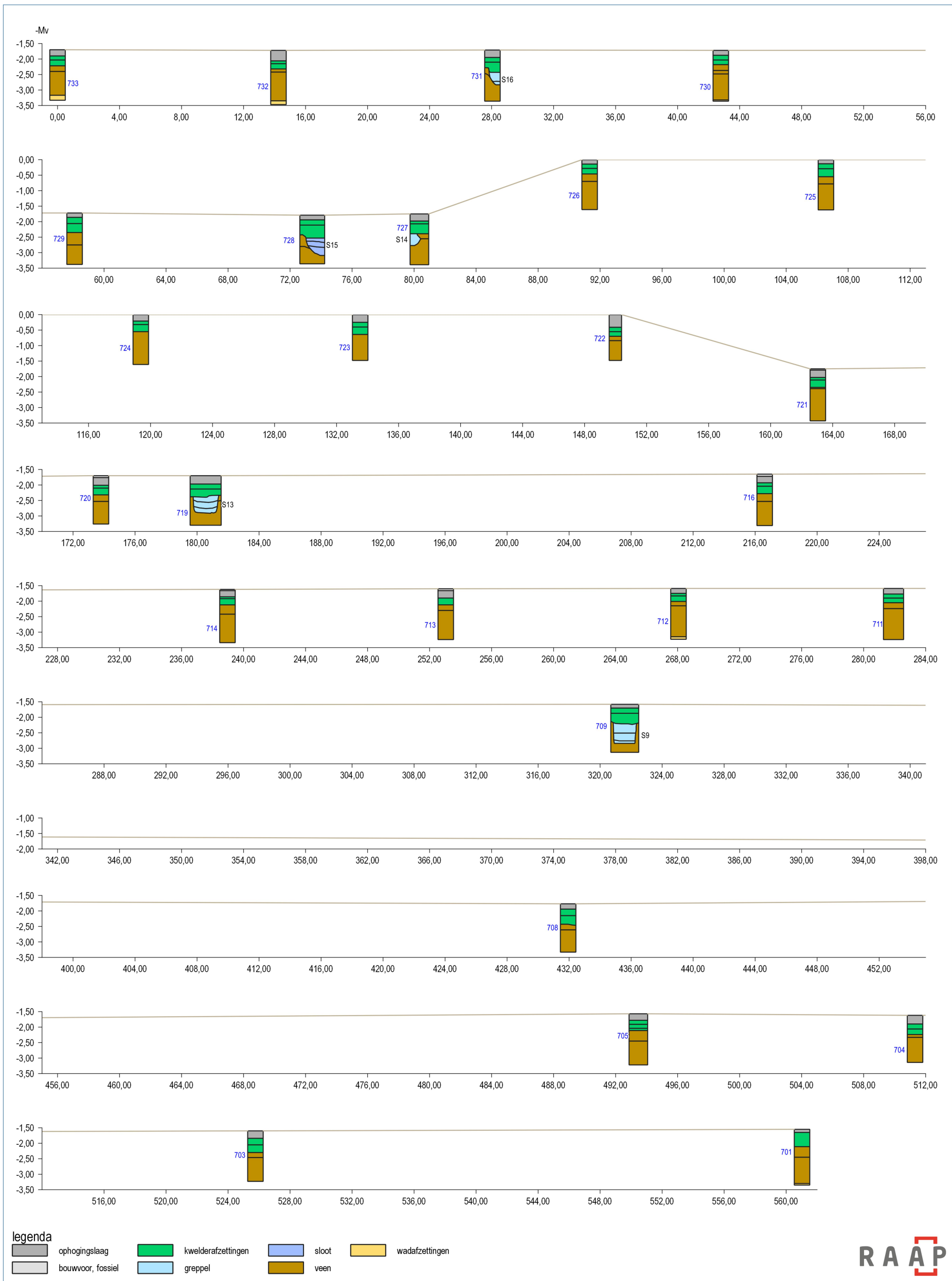
Appendix 2. Profielen



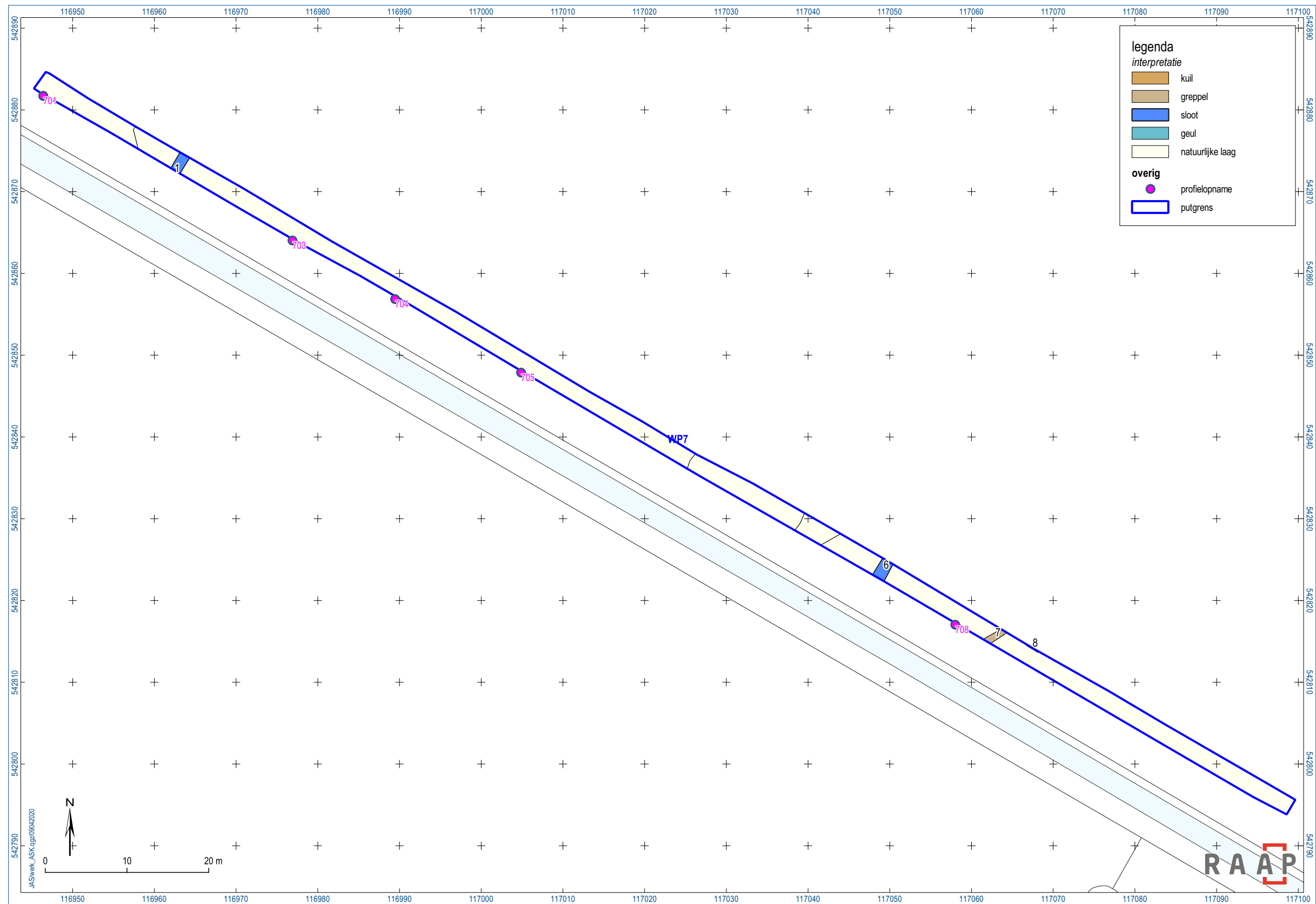
Overzicht van de profielkolommen van WP 5.



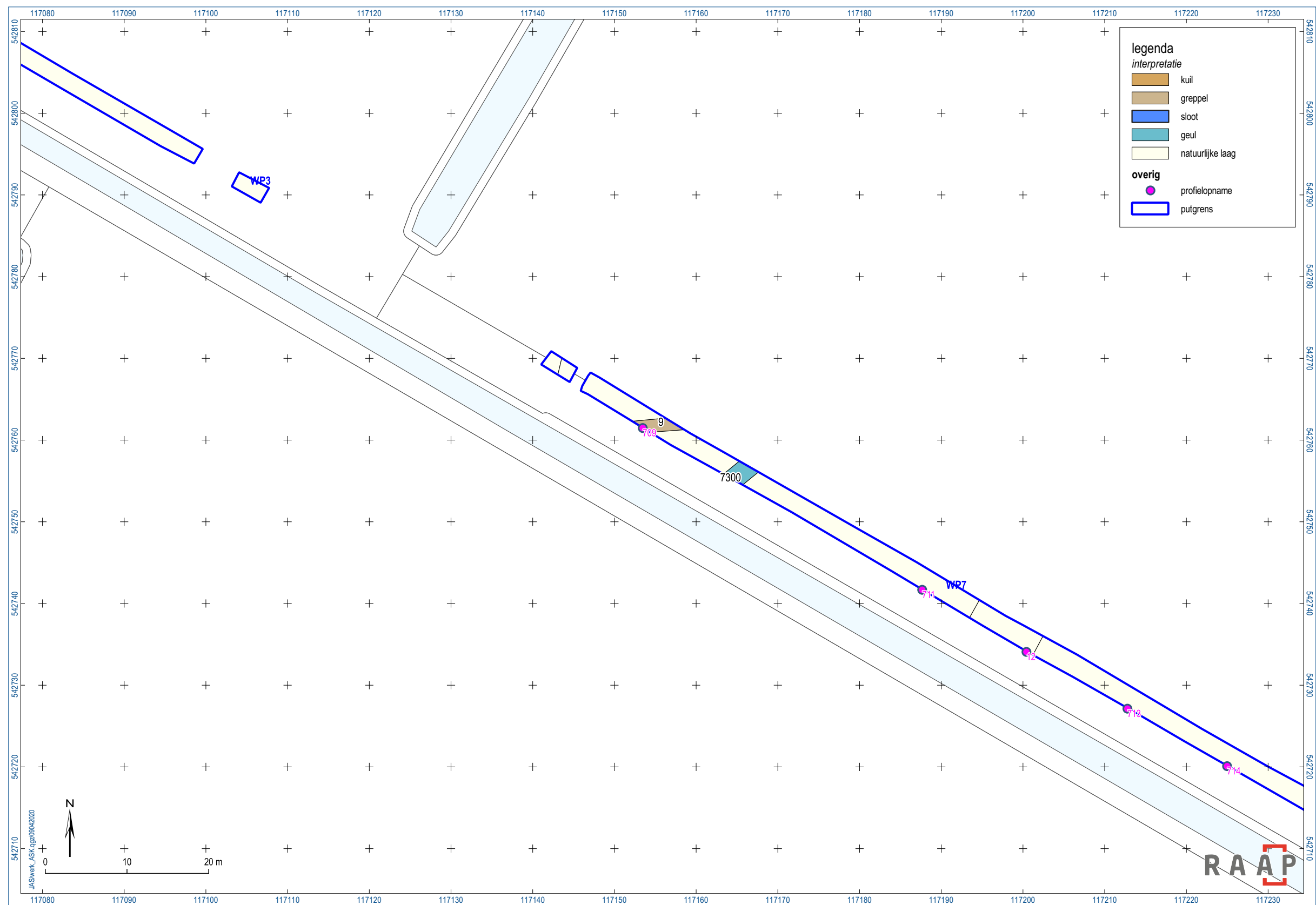
Overzicht van de profielkolommen van WP6.



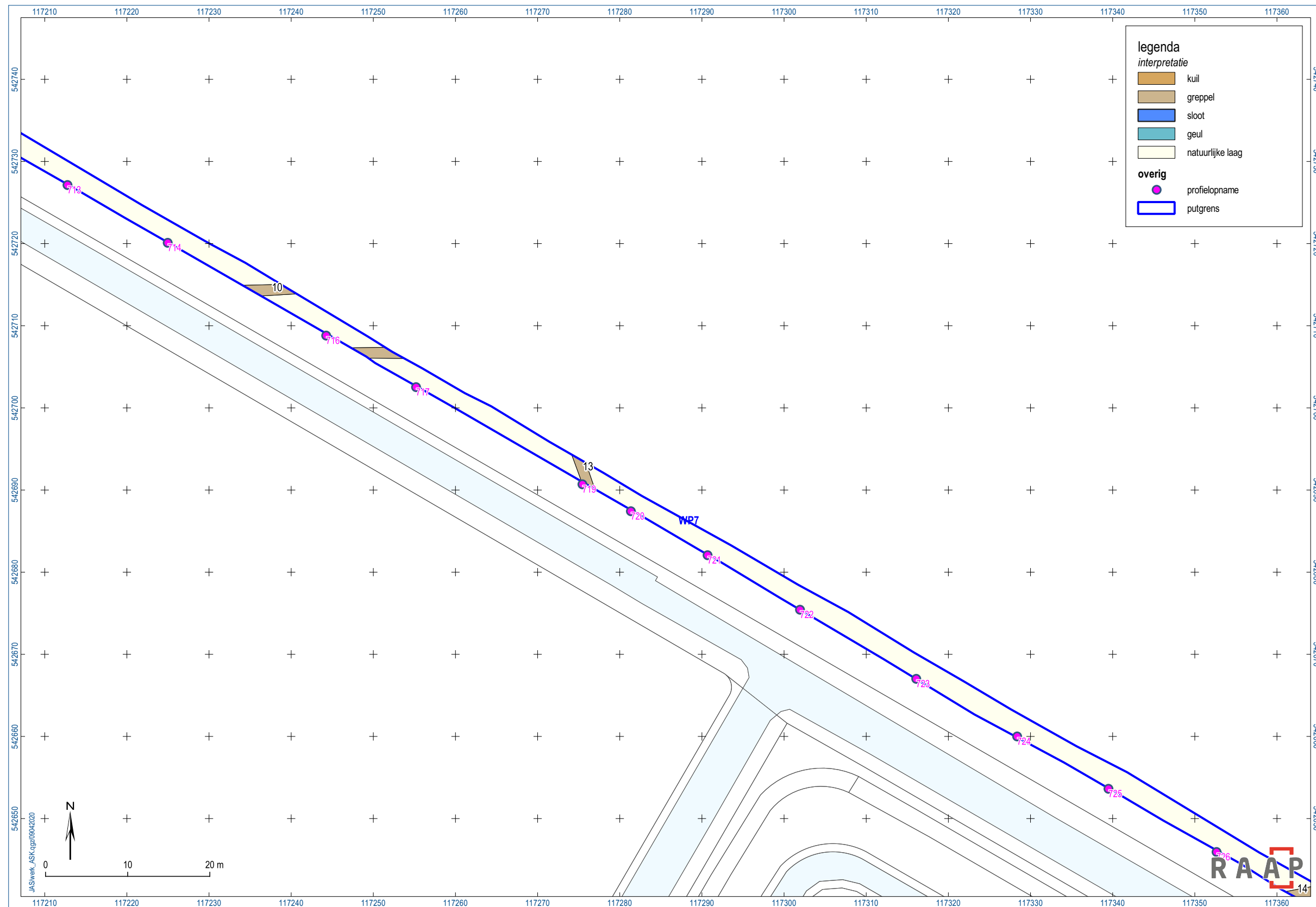
Overzicht van de profielkolommen van WP7.



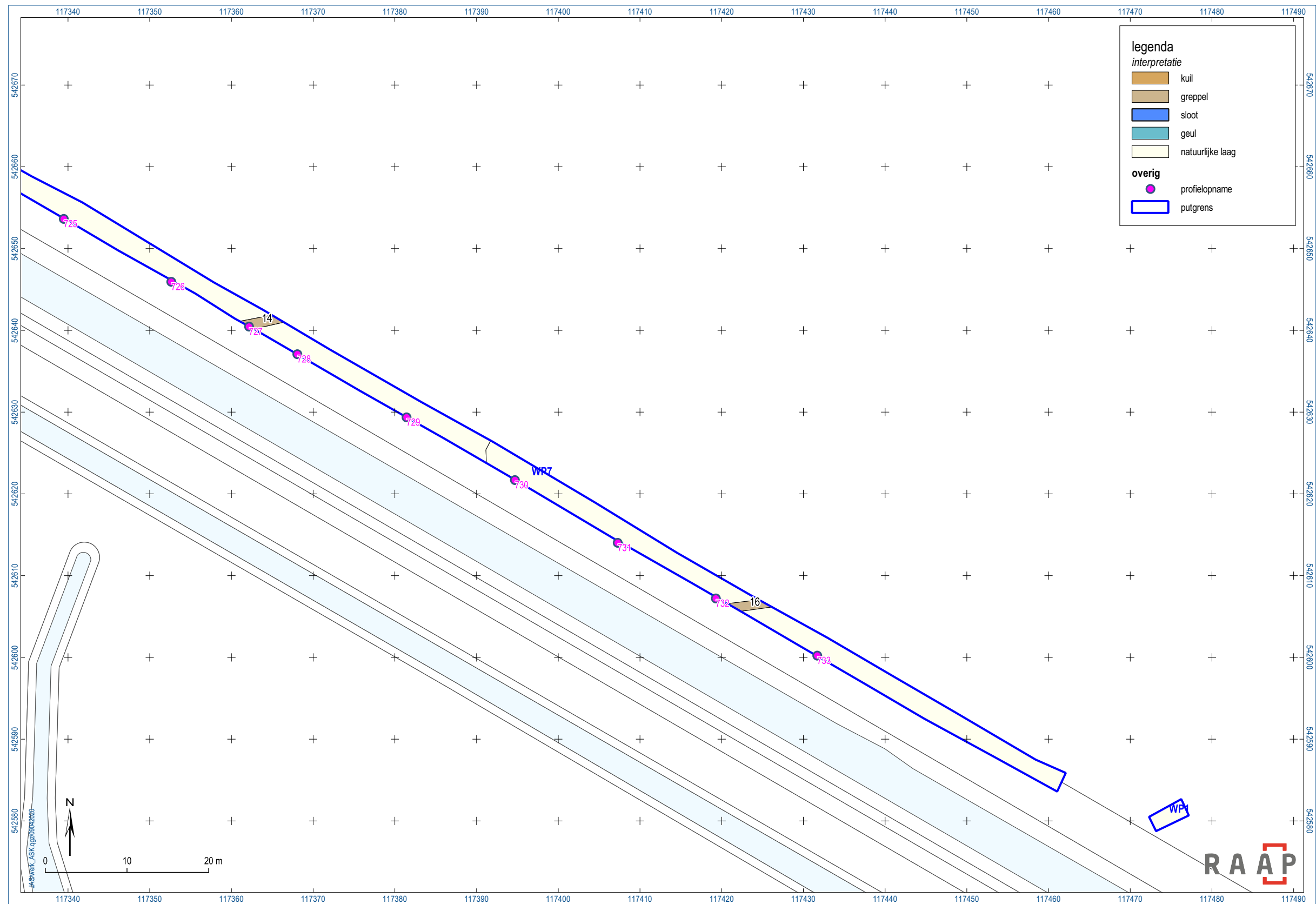
Bijlage 1, kaart 1. Allesporenkaart Vlak 1



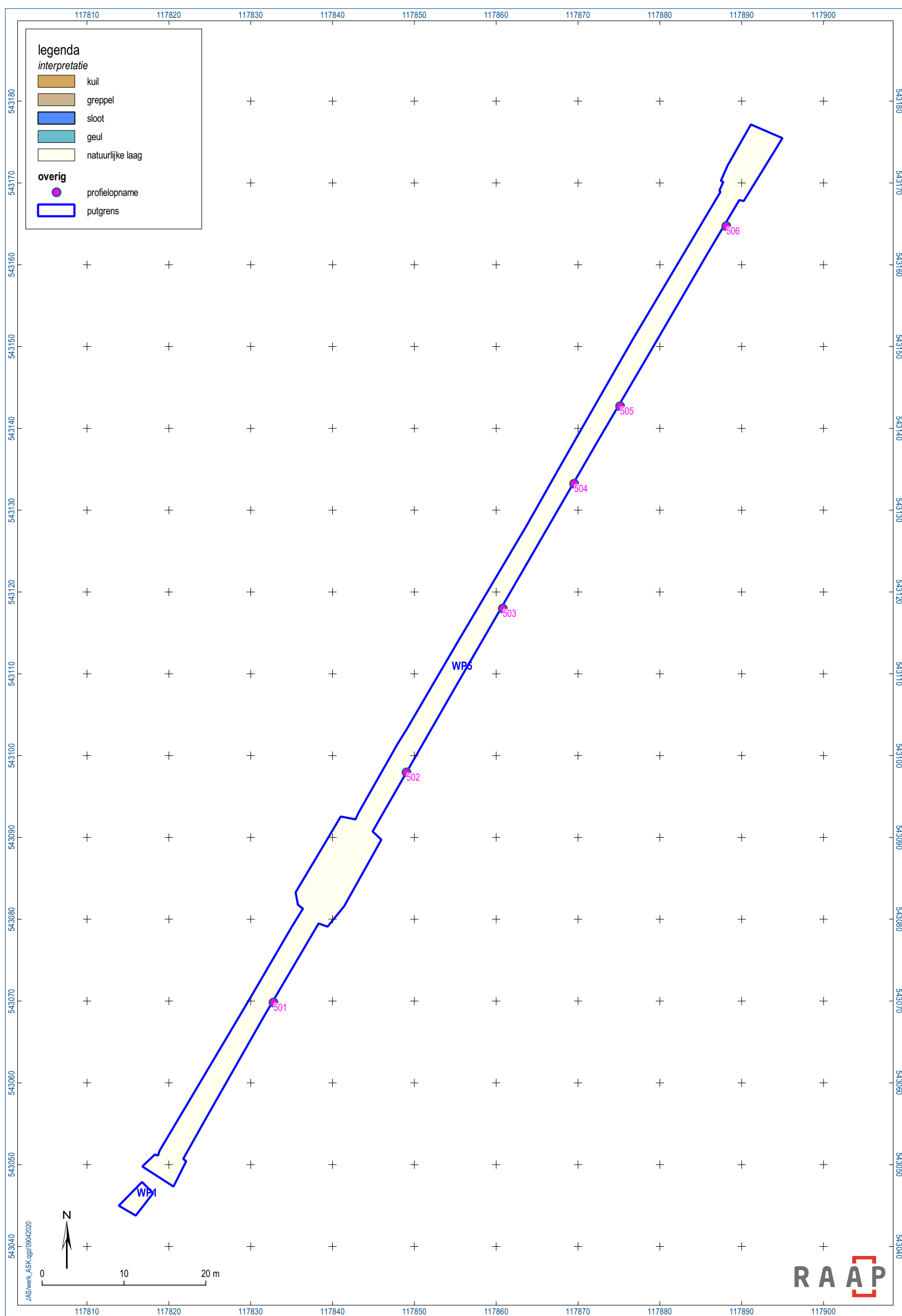
Bijlage 1, kaart 2. Allesporenkaart Vlak 1



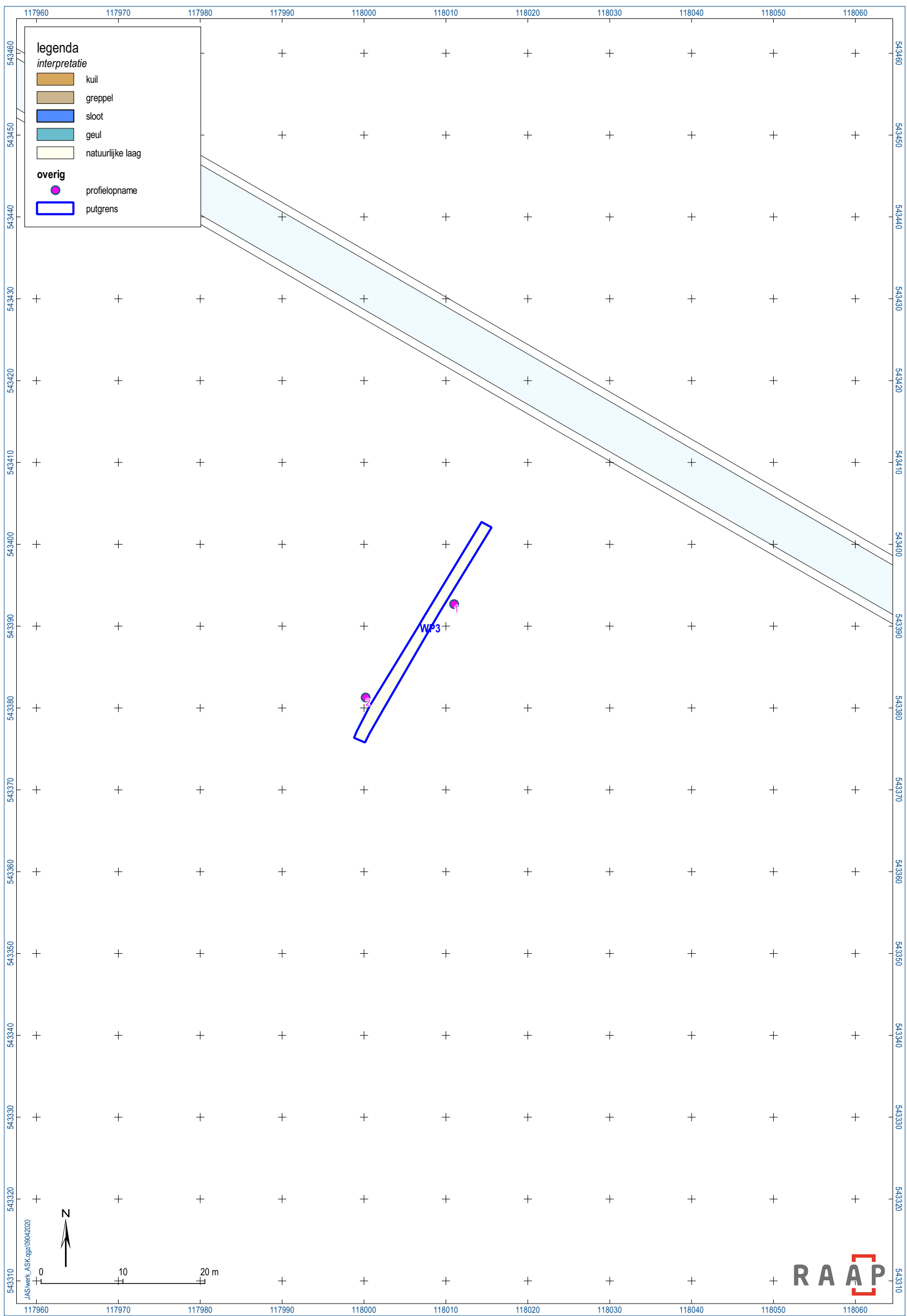
Bijlage 1, kaart 3. Allesporenkaart Vlak 1



Bijlage 1, kaart 4. Allesporenkaart Vlak 1



Bijlage 1, kaart 5. Allesporenkaart Vlak 1

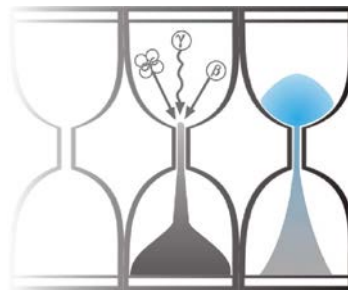


Bijlage 1, kaart 6. Allesporenkaart Vlak 1



University of Gloucestershire

Luminescence dating laboratory



Optical dating of sediments: sample M-1

to

drs. R.W. de Groot

RAAP

**Analysis & Reporting, Prof. P.S. Toms
Sample Preparation & Measurement, Mr J.C. Wood
19 February 2020**

Contents

Section		Page
	Table 1 D_r , D_e and Age data of submitted samples	3
	Table 2 Analytical validity of sample suite ages	4
1.0	Mechanisms and Principles	5
2.0	Sample Preparation	5
3.0	Acquisition and accuracy of D_e value	6
	3.1 Laboratory Factors	6
	3.1.1 Feldspar Contamination	6
	3.1.2 Preheating	6
	3.1.3 Irradiation	7
	3.1.4 Internal Consistency	7
	3.2 Environmental Factors	7
	3.2.1 Incomplete Zeroing	7
	3.2.2 Turbation	8
4.0	Acquisition and accuracy of D_r value	8
5.0	Estimation of age	9
6.0	Analytical Uncertainty	9
	Sample diagnostics, luminescence and age data	12
	References	13

Scope of Report

This is a standard report of the Luminescence dating laboratory, University of Gloucestershire. In large part, the document summarises the processes, diagnostics and data drawn upon to deliver Table 1. A conclusion on the analytical validity of each sample's optical age estimate is expressed in Table 2; where there are caveats, the reader is directed to the relevant section of the report that explains the issue further in general terms.

Copyright Notice

Permission must be sought from Prof. P.S. Toms of the University of Gloucestershire Luminescence dating laboratory in using the content of this report, in part or whole, for the purpose of publication.

Field Code	Lab Code	Overburden (m)	Grain size (μm)	Moisture content (%)	Ge γ -spectrometry (<i>ex situ</i>)			β D _r (Gy.ka ⁻¹)	γ D _r (Gy.ka ⁻¹)	Cosmic D _r (Gy.ka ⁻¹)	Preheat (°C for 10s)	Low Dose Repeat Ratio	High Dose Repeat Ratio	Post-IR OSL Ratio
					K (%)	Th (ppm)	U (ppm)							
M-1	GL19046	0.25	125-180	18 $\pm$ 5	1.12 $\pm$ 0.08	5.39 $\pm$ 0.44	1.32 $\pm$ 0.12	0.88 $\pm$ 0.11	0.54 $\pm$ 0.08	$\pm$	200	0.96 $\pm$ 0.03	0.99 $\pm$ 0.02	0.86 $\pm$ 0.03

Field Code	Lab Code	Total D _r (Gy.ka ⁻¹)	D _e (Gy)	Age (ka)	Date
M-1	GL19046	1.62 $\pm$ 0.14	1.09 $\pm$ 0.06	0.67 $\pm$ 0.07 (0.06)	1280 A.D. – 1420 A.D.

Table 1 D_r, D_e and Age data of submitted samples located at c. 53°N, 5°E, -2m. Age estimates expressed relative to year of sampling. Uncertainties in age are quoted at 1 σ confidence, are based on analytical errors and reflect combined systematic and experimental variability and (in parenthesis) experimental variability alone (see 6.0). **Blue** indicates samples with accepted age estimates, **red**, age estimates with caveats (see Table 2).

Generic considerations	Field Code	Lab Code	Sample specific considerations
Absence of <i>in situ</i> γ spectrometry data (see section 4.0)	M-1	GL19046	Significant feldspar contamination (see section 3.1.1, Table 1 and Fig. 1) Accept as minimum age estimate

Table 2 Analytical validity of sample suite age estimates and caveats for consideration

1.0 Mechanisms and principles

Upon exposure to ionising radiation, electrons within the crystal lattice of insulating minerals are displaced from their atomic orbits. Whilst this dislocation is momentary for most electrons, a portion of charge is redistributed to meta-stable sites (traps) within the crystal lattice. In the absence of significant optical and thermal stimuli, this charge can be stored for extensive periods. The quantity of charge relocation and storage relates to the magnitude and period of irradiation. When the lattice is optically or thermally stimulated, charge is evicted from traps and may return to a vacant orbit position (hole). Upon recombination with a hole, an electron's energy can be dissipated in the form of light generating crystal luminescence providing a measure of dose absorption.

Herein, quartz is segregated for dating. The utility of this minerogenic dosimeter lies in the stability of its datable signal over the mid to late Quaternary period, predicted through isothermal decay studies (e.g. Smith *et al.*, 1990; retention lifetime 630 Ma at 20°C) and evidenced by optical age estimates concordant with independent chronological controls (e.g. Murray and Olley, 2002). This stability is in contrast to the anomalous fading of comparable signals commonly observed for other ubiquitous sedimentary minerals such as feldspar and zircon (Wintle, 1973; Templer, 1985; Spooner, 1993)

Optical age estimates of sedimentation (Huntley *et al.*, 1985) are premised upon reduction of the minerogenic time dependent signal (Optically Stimulated Luminescence, OSL) to zero through exposure to sunlight and, once buried, signal reformulation by absorption of litho- and cosmogenic radiation. The signal accumulated post burial acts as a dosimeter recording total dose absorption, converting to a chronometer by estimating the rate of dose absorption quantified through the assay of radioactivity in the surrounding lithology and streaming from the cosmos.

$$\text{Age} = \frac{\text{Mean Equivalent Dose (D}_e\text{, Gy)}}{\text{Mean Dose Rate (D}_r\text{, Gy.k}^{-1}\text{)}}$$

Aitken (1998) and Bøtter-Jensen *et al.* (2003) offer a detailed review of optical dating.

2.0 Sample Preparation

One sediment sample was collected within opaque tubing and submitted for Optical dating. To preclude optical erosion of the datable signal prior to measurement, all samples are opened and prepared under controlled laboratory illumination provided by Encapsulite RB-10 (red) filters. To isolate that material potentially exposed to daylight during sampling, sediment located within 20 mm of each tube-end was removed.

The remaining sample was dried and then sieved. The fine sand fraction was segregated and subjected to acid and alkaline digestion (10% HCl, 15% H₂O₂) to attain removal of carbonate and organic components respectively. A further acid digestion in HF (40%, 60 mins) was used to etch the outer 10-15 µm layer affected by α radiation and degrade each samples' feldspar content. During HF treatment, continuous magnetic stirring was used to effect isotropic etching of grains. 10% HCl was then added to remove acid soluble fluorides. The sample was dried, resieved and quartz isolated from the remaining heavy mineral fraction using a sodium polytungstate density separation at 2.68g.cm⁻³. Twelve 6 mm multi-grain aliquots (c. 3-6 mg) of quartz from the sample were then mounted on stainless steel cups for determination of D_e values.

All drying was conducted at 40°C to prevent thermal erosion of the signal. All acids and alkalis were Analar grade. All dilutions (removing toxic-corrosive and non-minerogenic luminescence-bearing substances) were conducted with distilled water to prevent signal contamination by extraneous particles.

3.0 Acquisition and accuracy of D_e value

All minerals naturally exhibit marked inter-sample variability in luminescence per unit dose (sensitivity). Therefore, the estimation of D_e acquired since burial requires calibration of the natural signal using known amounts of laboratory dose. D_e values were quantified using a single-aliquot regenerative-dose (SAR) protocol (Murray and Wintle 2000; 2003) facilitated by a Freiberg Instruments Lexsyg Smart irradiation-stimulation-detection system (Richter *et al.*, 2015). Within this apparatus, optical signal stimulation is provided by an assembly of blue laser diodes, filtered to 445 ± 3 nm conveying 100 mW.cm^{-2} using a 3 mm Schott GG420 and HC448/20 positioned in front of each laser diode. Infrared (IR) stimulation, provided by IR laser diodes stimulating at 850 ± 3 nm filtered by 3 mm RG 715 and delivering $\sim 200\text{ mW.cm}^{-2}$, was used to indicate the presence of contaminant feldspars (Hütt *et al.*, 1988). Stimulated photon emissions from quartz aliquots are in the ultraviolet (UV) range. These were divided from stimulating photons by 2.5 mm Hoya U-340 glass filter, and a Delta BP 365/50 interference filter, then detected by a Hamamatsu UV-VIS (300-650 nm) bi-alkaline cathode photomultiplier. Aliquot irradiation was conducted using a 1.85 GBq $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ β source calibrated for multi-grain aliquots of 125-180 μm quartz against the 'Hotspot 800' ^{60}Co γ source located at the National Physical Laboratory (NPL), UK.

SAR by definition evaluates D_e through measuring the natural signal (Fig. 1) of a single aliquot and then regenerating that aliquot's signal by using known laboratory doses to enable calibration. For each aliquot, five different regenerative-doses were administered so as to image dose response. D_e values for each aliquot were then interpolated, and associated counting and fitting errors calculated, by way of exponential plus linear regression (Fig. 1). Weighted (geometric) mean D_e values were calculated from 12 aliquots using the central age model outlined by Galbraith *et al.* (1999) and are quoted at 1σ confidence (Table 1). The accuracy with which D_e equates to total absorbed dose and that dose absorbed since burial was assessed. The former can be considered a function of laboratory factors, the latter, one of environmental issues. Diagnostics were deployed to estimate the influence of these factors and criteria instituted to optimise the accuracy of D_e values.

3.1 Laboratory Factors

3.1.1 Feldspar contamination

The propensity of feldspar signals to fade and underestimate age, coupled with their higher sensitivity relative to quartz makes it imperative to quantify feldspar contamination. At room temperature, feldspars generate a signal (IRSL; Fig. 1) upon exposure to IR whereas quartz does not. The signal from feldspars contributing to OSL can be depleted by prior exposure to IR. For all aliquots the contribution of any remaining feldspars was estimated from the OSL IR depletion ratio (Duller, 2003). The influence of IR depletion on the OSL signal can be illustrated by comparing the regenerated post-IR OSL D_e with the applied regenerative-dose. If the addition to OSL by feldspars is insignificant, then the repeat dose ratio of OSL to post-IR OSL should be statistically consistent with unity (Table 1). If any aliquots do not fulfil this criterion, then the sample age estimate should be accepted tentatively. The source of feldspar contamination is rarely rooted in sample preparation; it predominantly results from the occurrence of feldspars as inclusions within quartz.

3.1.2 Preheating

Preheating aliquots between irradiation and optical stimulation is necessary to ensure comparability between natural and laboratory-induced signals. However, the multiple irradiation and preheating steps that are required to define single-aliquot regenerative-dose response leads to signal sensitisation, rendering calibration of the natural signal inaccurate. The SAR protocol (Murray and Wintle, 2000; 2003) enables this sensitisation to be monitored and corrected using a test dose, here set at 5 Gy preheated to 160°C for 10s, to track signal sensitivity between irradiation-preheat steps. However, the accuracy of sensitisation correction for both natural and laboratory signals can be preheat dependent.

The Dose Recovery test was used to assess the optimal preheat temperature for accurate correction and calibration of the time dependent signal. Dose Recovery (Fig. 2) attempts to quantify the combined effects of thermal transfer and

sensitisation on the natural signal, using a precise lab dose to simulate natural dose. The ratio between the applied dose and recovered D_e value should be statistically concordant with unity. For this diagnostic, 6 aliquots were each assigned a 10 s preheat between 140°C and 240°C.

That preheat treatment fulfilling the criterion of accuracy within the Dose Recovery test was selected to generate the final D_e value from a further 12 aliquots. Further thermal treatments, prescribed by Murray and Wintle (2000; 2003), were applied to optimise accuracy and precision. Optical stimulation occurred at 105°C in order to minimise effects associated with photo-transferred thermoluminescence and maximise signal to noise ratios. Inter-cycle optical stimulation was conducted at 240°C to minimise recuperation.

3.1.3 Irradiation

For all samples having D_e values in excess of 100 Gy, matters of signal saturation and laboratory irradiation effects are of concern. With regards the former, the rate of signal accumulation generally adheres to a saturating exponential form and it is this that limits the precision and accuracy of D_e values for samples having absorbed large doses. For such samples, the functional range of D_e interpolation by SAR has been verified up to 600 Gy by Pawley *et al.* (2010). Age estimates based on D_e values exceeding this value should be accepted tentatively.

3.1.4 Internal consistency

An Abanico plot (Dietze *et al.*, 2016) is used to illustrate inter-aliquot D_e variability (Fig. 3). D_e values are standardised relative to the central D_e value for natural signals and are described as overdispersed when >5% lie beyond $\pm 2\sigma$ of the standardising value; resulting from a heterogeneous absorption of burial dose and/or response to the SAR protocol. For multi-grain aliquots, overdispersion of natural signals does not necessarily imply inaccuracy. However where overdispersion is observed for regenerated signals, the efficacy of sensitivity correction may be problematic. Murray and Wintle (2000; 2003) suggest repeat dose ratios (Table 1) offer a measure of SAR protocol success, whereby ratios ranging across 0.9-1.1 represent effective sensitivity correction. However, this variation of repeat dose ratios in the high-dose region can have a significant impact on D_e interpolation.

3.2 Environmental factors

3.2.1 Incomplete zeroing

Post-burial OSL signals residual of pre-burial dose absorption can result where pre-burial sunlight exposure is limited in spectrum, intensity and/or period, leading to age overestimation. This effect is particularly acute for material eroded and redeposited sub-aqueously (Olley *et al.*, 1998, 1999; Wallinga, 2002) and exposed to a burial dose of <20 Gy (e.g. Olley *et al.*, 2004), has some influence in sub-aerial contexts but is rarely of consequence where aerial transport has occurred. Within single-aliquot regenerative-dose optical dating there are two diagnostics of partial resetting (or bleaching); signal analysis (Agersnap-Larsen *et al.*, 2000; Bailey *et al.*, 2003) and inter-aliquot D_e distribution studies (Murray *et al.*, 1995).

Within this study, signal analysis was used to quantify the change in D_e value with respect to optical stimulation time for multi-grain aliquots. This exploits the existence of traps within minerogenic dosimeters that bleach with different efficiency for a given wavelength of light to verify partial bleaching. $D_e(t)$ plots (Fig. 4; Bailey *et al.*, 2003) are constructed from separate integrals of signal decay as laboratory optical stimulation progresses. A statistically significant increase in natural $D_e(t)$ is indicative of partial bleaching assuming three conditions are fulfilled. Firstly, that a statistically significant increase in $D_e(t)$ is observed when partial bleaching is simulated within the laboratory. Secondly, that there is no significant rise in $D_e(t)$ when full bleaching is simulated. Finally, there should be no significant augmentation in $D_e(t)$ when zero dose is simulated. Where partial bleaching is detected, the age derived from the sample should be considered a maximum estimate only. However, the utility of signal analysis is strongly dependent upon a samples pre-burial experience of sunlight's spectrum and its residual to post-burial signal ratio. Given in the majority of cases, the spectral

exposure history of a deposit is uncertain, the absence of an increase in natural $D_e(t)$ does not necessarily testify to the absence of partial bleaching.

Where requested and feasible, the insensitivities of multi-grain single-aliquot signal analysis may be circumvented by inter-aliquot D_e distribution studies. This analysis uses aliquots of single sand grains to quantify inter-grain D_e distribution. At present, it is contended that asymmetric inter-grain D_e distributions are symptomatic of partial bleaching and/or pedoturbation (Murray *et al.*, 1995; Olley *et al.*, 1999; Olley *et al.*, 2004; Bateman *et al.*, 2003). For partial bleaching at least, it is further contended that the D_e acquired during burial is located in the minimum region of such ranges. The mean and breadth of this minimum region is the subject of current debate, as it is additionally influenced by heterogeneity in microdosimetry, variable inter-grain response to SAR and residual to post-burial signal ratios.

3.2.2 Turbation

As noted in section 3.1.1, the accuracy of sedimentation ages can further be controlled by post-burial trans-strata grain movements forced by pedo- or cryoturbation. Berger (2003) contends pedogenesis prompts a reduction in the apparent sedimentation age of parent material through bioturbation and illuviation of younger material from above and/or by biological recycling and resetting of the datable signal of surface material. Berger (2003) proposes that the chronological products of this remobilisation are A-horizon age estimates reflecting the cessation of pedogenic activity, Bc/C-horizon ages delimiting the maximum age for the initiation of pedogenesis with estimates obtained from Bt-horizons providing an intermediate age 'close to the age of cessation of soil development'. Singhvi *et al.* (2001), in contrast, suggest that B and C-horizons closely approximate the age of the parent material, the A-horizon, that of the 'soil forming episode'. Recent analyses of inter-aliquot D_e distributions have reinforced this complexity of interpreting burial age from pedoturbated deposits (Lombard *et al.*, 2011; Gliganic *et al.*, 2015; Jacobs *et al.*, 2008; Bateman *et al.*, 2007; Gliganic *et al.*, 2016). At present there is no definitive post-sampling mechanism for the direct detection of and correction for post-burial sediment remobilisation. However, intervals of palaeosol evolution can be delimited by a maximum age derived from parent material and a minimum age obtained from a unit overlying the palaeosol. Inaccuracy forced by cryoturbation may be bidirectional, heaving older material upwards or drawing younger material downwards into the level to be dated. Cryogenic deformation of matrix-supported material is, typically, visible; sampling of such cryogenically-disturbed sediments can be avoided.

4.0 Acquisition and accuracy of D_r value

Lithogenic D_r values were defined through measurement of U, Th and K radionuclide concentration and conversion of these quantities into β and γ D_r values (Table 1). β contributions were estimated from sub-samples by laboratory-based γ spectrometry using an Ortec GEM-S high purity Ge coaxial detector system, calibrated using certified reference materials supplied by CANMET. γ dose rates can be estimated from *in situ* NaI gamma spectrometry or, where direct measurements are unavailable as in the present case, from laboratory-based Ge γ spectrometry. *In situ* measurements reduce uncertainty relating to potential heterogeneity in the γ dose field surrounding each sample. The level of U disequilibrium was estimated by laboratory-based Ge γ spectrometry. Estimates of radionuclide concentration were converted into D_r values (Adamiec and Aitken, 1998), accounting for D_r modulation forced by grain size (Mejdahl, 1979) and present moisture content (Zimmerman, 1971). Cosmogenic D_r values were calculated on the basis of sample depth, geographical position and matrix density (Prescott and Hutton, 1994).

The spatiotemporal validity of D_r values can be considered a function of five variables. Firstly, age estimates devoid of *in situ* γ spectrometry data should be accepted tentatively if the sampled unit is heterogeneous in texture or if the sample is located within 300 mm of strata consisting of differing texture and/or mineralogy. However, where samples are obtained throughout a vertical profile, consistent values of γ D_r based solely on laboratory measurements may evidence the

homogeneity of the γ field and hence accuracy of γ D_r values. Secondly, disequilibrium can force temporal instability in U and Th emissions. The impact of this infrequent phenomenon (Olley *et al.*, 1996) upon age estimates is usually insignificant given their associated margins of error. However, for samples where this effect is pronounced (>50% disequilibrium between ^{238}U and ^{226}Ra ; Fig. 5), the resulting age estimates should be accepted tentatively. Thirdly, pedogenically-induced variations in matrix composition of B and C-horizons, such as radionuclide and/or mineral remobilisation, may alter the rate of energy emission and/or absorption. If D_r is invariant through a dated profile and samples encompass primary parent material, then element mobility is likely limited in effect. Fourthly, spatiotemporal detractors from present moisture content are difficult to assess directly, requiring knowledge of the magnitude and timing of differing contents. However, the maximum influence of moisture content variations can be delimited by recalculating D_r for minimum (zero) and maximum (saturation) content. Finally, temporal alteration in the thickness of overburden alters cosmic D_r values. Cosmic D_r often forms a negligible portion of total D_r . It is possible to quantify the maximum influence of overburden flux by recalculating D_r for minimum (zero) and maximum (surface sample) cosmic D_r .

5.0 Estimation of Age

The age reported in Table 1 provide an estimate of sediment burial period based on mean D_e and D_r values and their associated analytical uncertainties. Uncertainty in age estimates is reported as a product of systematic and experimental errors, with the magnitude of experimental errors alone shown in parenthesis (Table 1). Cumulative frequency plots indicate the inter-aliquot variability in age (Fig. 6). The maximum influence of temporal variations in D_r forced by minima-maxima in moisture content and overburden thickness is also illustrated in Fig. 6. Where uncertainty in these parameters exists this age range may prove instructive, however the combined extremes represented should not be construed as preferred age estimates. The analytical validity of each sample is presented in Table 2.

6.0 Analytical uncertainty

All errors are based upon analytical uncertainty and quoted at 1σ confidence. Error calculations account for the propagation of systematic and/or experimental (random) errors associated with D_e and D_r values.

For D_e values, systematic errors are confined to laboratory β source calibration. Uncertainty in this respect is that combined from the delivery of the calibrating γ dose (1.2%; NPL, pers. comm.), the conversion of this dose for SiO_2 using the respective mass energy-absorption coefficient (2%; Hubbell, 1982) and experimental error, totalling 2.4%. Mass attenuation and bremsstrahlung losses during γ dose delivery are considered negligible. Experimental errors relate to D_e interpolation using sensitisation corrected dose responses. Natural and regenerated sensitisation corrected dose points (S_i) were quantified by,

$$S_i = (D_i - x \cdot L_i) / (d_i - x \cdot L_i) \quad \text{Eq.1}$$

where D_i = Natural or regenerated OSL, initial 0.2 s
 L_i = Background natural or regenerated OSL, final 5 s
 d_i = Test dose OSL, initial 0.2 s
 x = Scaling factor, 0.08

The error on each signal parameter is based on counting statistics, reflected by the square-root of measured values. The propagation of these errors within Eq. 1 generating σS_i follows the general formula given in Eq. 2. σS_i were then used to define fitting and interpolation errors within exponential plus linear regressions.

For D_r values, systematic errors accommodate uncertainty in radionuclide conversion factors (5%), β attenuation coefficients (5%), matrix density (0.20 g.cm^{-3}), vertical thickness of sampled section (specific to sample collection device), saturation moisture content (3%), moisture content attenuation (2%) and burial moisture content (25% relative, unless direct evidence exists of the magnitude and period of differing content). Experimental errors are associated with radionuclide quantification for each sample by Ge gamma spectrometry.

The propagation of these errors through to age calculation was quantified using the expression,

$$\sigma_y (\delta y / \delta x) = (\sum ((\delta y / \delta x_n) \cdot \sigma_{x_n})^2)^{1/2} \quad \text{Eq. 2}$$

where y is a value equivalent to that function comprising terms x_n and where σ_y and σ_{x_n} are associated uncertainties.

Errors on age estimates are presented as combined systematic and experimental errors and experimental errors alone. The former (combined) error should be considered when comparing luminescence ages herein with independent chronometric controls. The latter assumes systematic errors are common to luminescence age estimates generated by means identical to those detailed herein and enable direct comparison with those estimates.

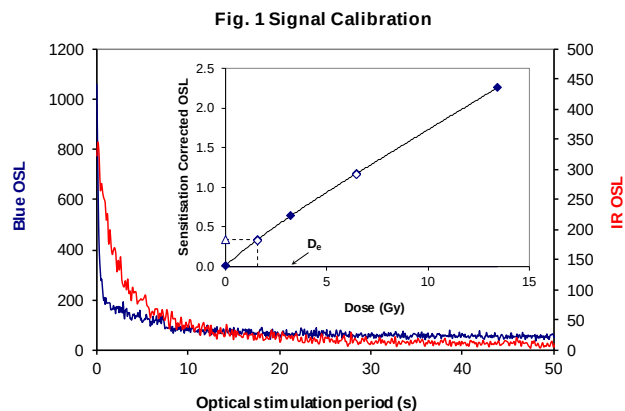


Fig. 1 Signal Calibration Natural blue and laboratory-induced infrared (IR) OSL signals. Detectable IR signal decays are diagnostic of feldspar contamination. Inset, the natural blue OSL signal (open triangle) of each aliquot is calibrated against known laboratory doses to yield equivalent dose (D_e) values. Repeats of low and high doses (open diamonds) illustrate the success of sensitivity correction.

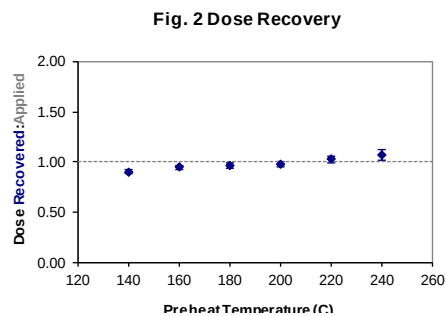


Fig. 3 Inter-aliquot D_e distribution

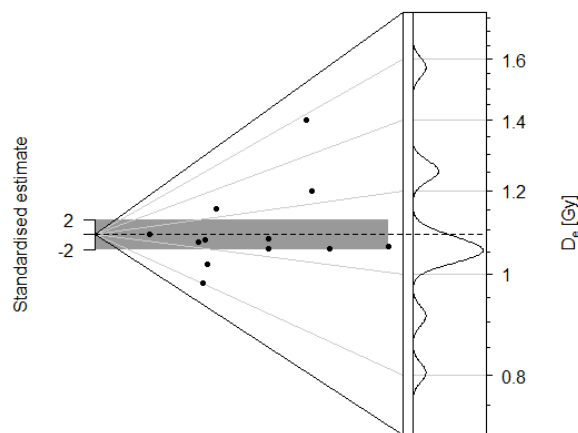


Fig. 2 Dose Recovery The acquisition of D_e values is necessarily predicated upon thermal treatment of aliquots succeeding environmental and laboratory irradiation. The Dose Recovery test quantifies the combined effects of thermal transfer and sensitisation on the natural signal using a precise lab dose to simulate natural dose. Based on this an appropriate thermal treatment is selected to generate the final D_e value.

Fig. 3 Inter-aliquot D_e distribution Abanico plot of inter-aliquot statistical concordance in D_e values derived from natural irradiation. Discordant data (those points lying beyond ± 2 standardised $\ln D_e$) reflect heterogeneous dose absorption and/or inaccuracies in calibration.

Fig. 4 Signal Analysis Statistically significant increase in natural D_e value with signal stimulation period is indicative of a partially-bleached signal, provided a significant increase in D_e results from simulated partial bleaching followed by insignificant adjustment in D_e for simulated zero and full bleach conditions. Ages from such samples are considered maximum estimates. In the absence of a significant rise in D_e with stimulation time, simulated partial bleaching and zero/full bleach tests are not assessed.

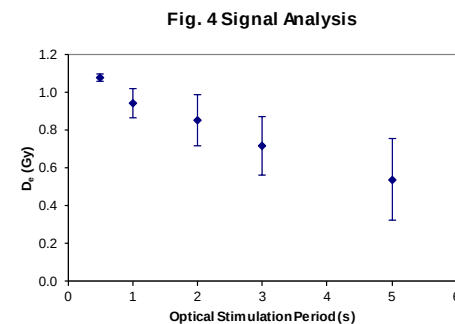


Fig. 5 U Decay Activity

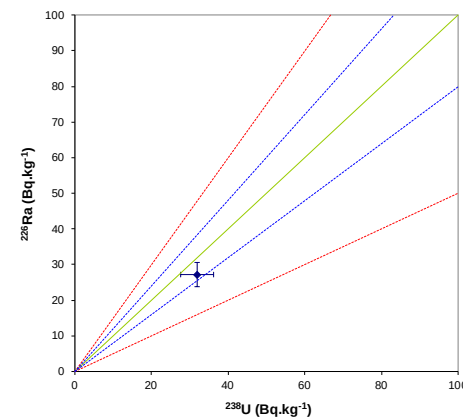
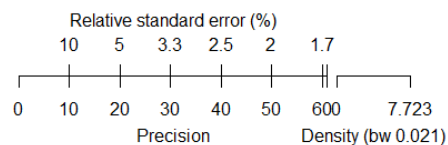


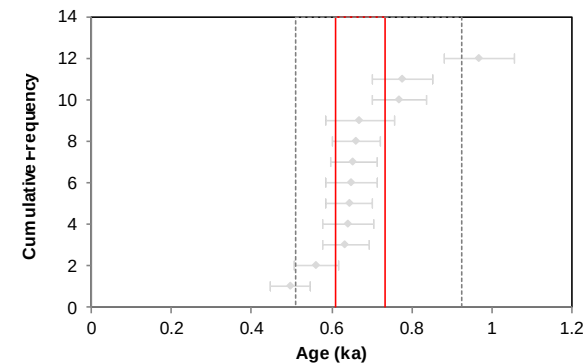
Fig. 5 U Activity Statistical concordance (equilibrium) in the activities of the daughter radioisotope ^{226}Ra with its parent ^{238}U may signify the temporal stability of D_e emissions from these chains. Significant differences (disequilibrium; $>50\%$) in activity indicate addition or removal of isotopes creating a time-dependent shift in D_e values and increased uncertainty in the accuracy of age estimates. A 20% disequilibrium marker is also shown.

Fig. 6 Age Range The Cumulative frequency plot indicates the inter-aliquot variability in age. It also shows the mean age range, an estimate of sediment burial period based on mean D_e and D_e values with associated analytical uncertainties. The maximum influence of temporal variations in D_e forced by minima-maxima variation in moisture content and overburden thickness is outlined and may prove instructive where there is uncertainty in these parameters. However the combined extremes represented should not be construed as preferred age estimates.



Sample: GL19046

Fig. 6 Age Range



References

- Adamiec, G. and Aitken, M.J. (1998) Dose-rate conversion factors: new data. *Ancient TL*, 16, 37-50.
- Agersnap-Larsen, N., Bulur, E., Bøtter-Jensen, L. and McKeever, S.W.S. (2000) Use of the LM-OSL technique for the detection of partial bleaching in quartz. *Radiation Measurements*, 32, 419-425.
- Aitken, M. J. (1998) An introduction to optical dating: the dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence. Oxford University Press.
- Bailey, R.M., Singarayer, J.S. , Ward, S. and Stokes, S. (2003) Identification of partial resetting using D_e as a function of illumination time. *Radiation Measurements*, 37, 511-518.
- Bateman, M.D., Frederick, C.D., Jaiswal, M.K., Singhvi, A.K. (2003) Investigations into the potential effects of pedoturbation on luminescence dating. *Quaternary Science Reviews*, 22, 1169-1176.
- Bateman, M.D., Boulter, C.H., Carr, A.S., Frederick, C.D., Peter, D. and Wilder, M. (2007) Detecting post-depositional sediment disturbance in sandy deposits using optical luminescence. *Quaternary Geochronology*, 2, 57-64.
- Berger, G.W. (2003). Luminescence chronology of late Pleistocene loess-paleosol and tephra sequences near Fairbanks, Alaska. *Quaternary Research*, 60, 70-83.
- Bøtter-Jensen, L., McKeever, S.W.S. and Wintle, A.G. (2003) Optically Stimulated Luminescence Dosimetry. Elsevier, Amsterdam.
- Dietze, M., Kreutzer, S., Burow, C., Fuchs, M.C., Fischer, M., Schmidt, C. (2016) The abanico plot: visualising chronometric data with individual standard errors. *Quaternary Geochronology*, 31, 1-7.
- Duller, G.A.T (2003) Distinguishing quartz and feldspar in single grain luminescence measurements. *Radiation Measurements*, 37, 161-165.
- Galbraith, R. F., Roberts, R. G., Laslett, G. M., Yoshida, H. and Olley, J. M. (1999) Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter (northern Australia): Part I, Experimental design and statistical models. *Archaeometry*, 41, 339-364.
- Glignani, L.A., May, J.-H. and Cohen, T.J. (2015). All mixed up: using single-grain equivalent dose distributions to identify phases of pedogenic mixing on a dryland alluvial fan. *Quaternary International*, 362, 23-33.
- Glignani, L.A., Cohen, T.J., Slack, M. and Feathers, J.K. (2016) Sediment mixing in Aeolian sandsheets identified and quantified using single-grain optically stimulated luminescence. *Quaternary Geochronology*, 32, 53-66.
- Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I. and Thewalt, M.L.W. (1985) Optical dating of sediments. *Nature*, 313, 105-107.
- Hubbell, J.H. (1982) Photon mass attenuation and energy-absorption coefficients from 1keV to 20MeV. *International Journal of Applied Radioisotopes*, 33, 1269-1290.
- Hütt, G., Jaek, I. and Tchonka, J. (1988) Optical dating: K-feldspars optical response stimulation spectra. *Quaternary Science Reviews*, 7, 381-386.

- Jacobs, A., Wintle, A.G., Duller, G.A.T, Roberts, R.G. and Wadley, L. (2008) New ages for the post-Howiesons Poort, late and finale middle stone age at Sibdu, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 35, 1790-1807.
- Lombard, M., Wadley, L., Jacobs, Z., Mohapi, M. and Roberts, R.G. (2011) Still Bay and serrated points from the Umhlatuzana rock shelter, Kwazulu-Natal, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 37, 1773-1784.
- Mejdahl, V. (1979) Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. *Archaeometry*, 21, 61-72.
- Murray, A.S. and Olley, J.M. (2002) Precision and accuracy in the Optically Stimulated Luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. *Geochronometria*, 21, 1-16.
- Murray, A.S. and Wintle, A.G. (2000) Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, 32, 57-73.
- Murray, A.S. and Wintle, A.G. (2003) The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiation Measurements*, 37, 377-381.
- Murray, A.S., Olley, J.M. and Caitcheon, G.G. (1995) Measurement of equivalent doses in quartz from contemporary water-lain sediments using optically stimulated luminescence. *Quaternary Science Reviews*, 14, 365-371.
- Olley, J.M., Murray, A.S. and Roberts, R.G. (1996) The effects of disequilibria in the Uranium and Thorium decay chains on burial dose rates in fluvial sediments. *Quaternary Science Reviews*, 15, 751-760.
- Olley, J.M., Caitcheon, G.G. and Murray, A.S. (1998) The distribution of apparent dose as determined by optically stimulated luminescence in small aliquots of fluvial quartz: implications for dating young sediments. *Quaternary Science Reviews*, 17, 1033-1040.
- Olley, J.M., Caitcheon, G.G. and Roberts R.G. (1999) The origin of dose distributions in fluvial sediments, and the prospect of dating single grains from fluvial deposits using -optically stimulated luminescence. *Radiation Measurements*, 30, 207-217.
- Olley, J.M., Pietsch, T. and Roberts, R.G. (2004) Optical dating of Holocene sediments from a variety of geomorphic settings using single grains of quartz. *Geomorphology*, 60, 337-358.
- Pawley, S.M., Toms, P.S., Armitage, S.J., Rose, J. (2010) Quartz luminescence dating of Anglian Stage fluvial sediments: Comparison of SAR age estimates to the terrace chronology of the Middle Thames valley, UK. *Quaternary Geochronology*, 5, 569-582.
- Prescott, J.R. and Hutton, J.T. (1994) Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements*, 23, 497-500.
- Richter, D., Richter, A. and Dornich, K. (2015) Leksyng Smart – a Luminescence detection system for dosimetry, material research and dating application. *Geochronometria*, 42, 202-209.

- Singhvi, A.K., Bluszcz, A., Bateman, M.D., Someshwar Rao, M. (2001). Luminescence dating of loess-palaeosol sequences and coversands: methodological aspects and palaeoclimatic implications. *Earth Science Reviews*, 54, 193-211.
- Smith, B.W., Rhodes, E.J., Stokes, S., Spooner, N.A. (1990) The optical dating of sediments using quartz. *Radiation Protection Dosimetry*, 34, 75-78.
- Spooner, N.A. (1993) The validity of optical dating based on feldspar. Unpublished D.Phil. thesis, Oxford University.
- Templer, R.H. (1985) The removal of anomalous fading in zircons. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 10, 531-537.
- Wallinga, J. (2002) Optically stimulated luminescence dating of fluvial deposits: a review. *Boreas* 31, 303-322.
- Wintle, A.G. (1973) Anomalous fading of thermoluminescence in mineral samples. *Nature*, 245, 143-144.
- Zimmerman, D. W. (1971) Thermoluminescent dating using fine grains from pottery. *Archaeometry*, 13, 29-52.