

Gissen en meten

Kwaliteit en interpretatie van geodetische gegevens in de
Archeologische praktijk.

Eric G.C. Dullaart



Gissen en meten

Kwaliteit en interpretatie van geodetische gegevens in de Archeologische praktijk.

Eric G.C. Dullaart

Scriptie voor het afstuderen van de duale opleiding Geodesie / Geo-Informatica aan de Hogeschool van Utrecht, Faculteit Natuur en Techniek, Instituut van de Gebouwde Omgeving.

Opdrachtgever: Universiteit Leiden, Faculteit Archeologie.

Berkel en Rodenrijs, juni 2011.

Student Naam ID code Telefoon e-mail	Eric Gosem Cornelis Dullaart 1544770 06-13915934 / 071-527 1914 e.g.c.dullaart@arch.leidenuniv.nl
Datum aanvang afstuderen	September 2010
Opleiding Afstudeer richting	Geodesie / geo-informatica Geodesie
Cursuscode	...
Voltijd / Duaal	Duaal
Bedrijfsgegevens Naam Adres Telefoon algemeen Bedrijfsbegeleider Functie Telefoon e-mail	Faculteit Archeologie, Universiteit Leiden Reuvensplaats 3-4, 2311 BE, Leiden 071-527 2390 Hans Kamermans Universitair Hoofddocent 071-527 2385 h.kamermans@arch.leidenuniv.nl
Afstudeerbegeleiders HU 1. Naam Adres Telefoon Email 2. Naam Adres Telefoon e-mail	Regine Brügelmann - - - 030-238 8171 regine.brugelmann@hu.nl Eltjo Keijer - - - - - - eltjo.keijer@hu.nl

Samenvatting

Een goede geometrische registratie van sporen en gebruiksvoorwerpen is bij archeologisch onderzoek zeer belangrijk voor het juist interpreteren van het opgegraven object. De kwaliteit van de geometrische gegevens is daarom onderdeel van de kwaliteitseisen die zijn vastgelegd in de Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA).

Wat de eisen precies betekenen is echter vanuit een geodetisch standpunt bezien niet duidelijk. Om aantoonbaar aan de KNA eisen te voldoen moet het echter mogelijk zijn de kwaliteit van de geometrische gegevens te toetsen. Hiertoe zijn de voor het onderzoek relevante eisen in de KNA vertaald naar begrippen die in een geodetische context betekenis hebben.

Om de toetsbaarheid te beoordelen is onderzocht wat de gebruikelijke archeologische meetmethoden in Nederland zijn. Hierbij is gebruik gemaakt van onderzoek naar gegevensbronnen en een enquête onder, in het veld actieve, archeologen. Met de uitkomsten van deze onderzoeken is een model gemaakt van de gebruikelijke meetmethoden in het archeologisch veld, dat vervolgens is getest met behulp van een verkenningberekening. Om het model aan de praktijk te toetsen is deze verkenningberekening ook toegepast op een situatie uit de opgravingspraktijk.

Behalve het opgraven worden er in de KNA nog andere processen beschreven waarin kwaliteit van de brongegevens een grote rol speelt. Een belangrijk product hiervan is de archeologische verwachtingskaart. Om inzicht te krijgen in de kwaliteit van deze kaart is een inventarisatie gemaakt van de bronnen die bij de productie ervan veel worden gebruikt.

Na het bespreken van de resultaten worden aanbevelingen gedaan voor de verbetering van de geometrische kwaliteit op de opgraving. Dit zal onder andere vorm vinden in een voorstel tot het opstellen van een “Archeologische Leidraad *geodesie*”.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	v
Inhoudsopgave.....	2
1 Inleiding.....	3
2 Archeologie.....	4
2.1 Wet- en regelgeving.....	4
2.2 De AMZ cyclus.....	5
2.3 Waarborgen van kwaliteit	6
2.4 Enkele in de archeologie belangrijke inwinningstechnieken	7
3 Opzet van het onderzoek.....	11
3.1 Afbakening.....	11
3.2 Gebruikte onderzoeksmethoden	11
4 Onderzoeksresultaten	13
4.1 Onderzoek van beschikbare bronnen.....	13
4.2 Interpretatie van de KNA	19
4.3 Enquête.....	22
4.4 Het model	24
5 Conclusies en aanbevelingen	33
5.1 Conclusies	33
5.2 Aanbevelingen	34
Bronnen en geraadpleegde literatuur	35
Verklarende woordenlijst.....	36
Bijlagen	37
Bijlage A: Enquêteformulier.....	37
Bijlage B: Specificaties KNA 3.2, Deel I, protocol 4002 en 4004.....	40
Bijlage C: Uitkomsten Move3	48
Bijlage D: Voorstel opzet Leidraad	60

1 Inleiding

Archeologie is een destructief type onderzoek: wat eenmaal is opgegraven is voor altijd verdwenen. Een goede registratie van sporen, artefacten (gebruiksvoorwerpen) en hun onderlinge relatie is dan ook noodzakelijk om de betekenis van een vondstcomplex na een opgraving te kunnen duiden. Het resultaat van een archeologische opgraving is dus altijd een enorme hoeveelheid foto's, tekeningen, monsters en artefacten en het overgrote deel ervan bevat een geometrische component. De kwaliteit van de uiteindelijke interpretatie van de sporen is daarmee voor een belangrijk deel afhankelijk van de kwaliteit van de geometrische gegevens.

De uitvoering van een opgraving is gebonden aan minimale kwaliteitseisen die zijn vastgelegd in de Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA). De huidige KNA (versie 3.2) omvat ook een aantal eisen op het gebied van geometrische kwaliteit. Vanuit een geodetisch standpunt zijn deze geometrische kwaliteitseisen echter onduidelijk geformuleerd: de begrippen nauwkeurigheid en precisie worden niet omschreven en aan geometrische controle wordt geen aandacht besteed. Ook gaat de KNA er van uit dat iedere archeoloog in staat is een primaire grondslag aan te leggen.

Voor de meeste archeologen is geometrie geen onbekende materie; bij de opleiding wordt meestal wel aandacht besteed aan elementaire kennis van het landmeten en in het veld is het onderdeel van de dagelijkse gang van zaken. Ook maken archeologen naast het vertrouwde handwerk graag gebruik van nieuwe technieken zoals GNSS en Total Station, waarbij met hogere precisie meten al snel een kwestie wordt van op de juiste knoppen drukken. Sinds in de jaren negentig de Total Station in de archeologie is geïntroduceerd zijn de meeste werkmethoden ook al zo ver uitgekristalliseerd dat er, wat betreft het meten, weinig onaangename verrassingen meer optreden. Het is dan ook heel goed mogelijk dat de intuïtie en ervaring van de archeologen juist is en er geen reden is om ons zorgen te maken over de kwaliteit van het meetwerk.

De term 'kwaliteit' impliceert echter meer dan intuïtie en ervaring. Kwaliteit, zeker in de context van een kwaliteitsnorm, moet aantoonbaar en dus toetsbaar zijn. Is het echter met de op dit moment gebruikelijke archeologische meetmethoden mogelijk om aantoonbaar aan de geometrische kwaliteitseisen van de KNA te voldoen?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is eerst onderzocht wat de gebruikelijke archeologische meetmethoden zijn. Dit onderzoek bestaat uit twee onderdelen: ten eerste een onderzoek naar beschikbare bronnen en ten tweede de resultaten van een enquête, gehouden onder een aantal uitvoerende archeologen. Met deze gegevens, gecombineerd met de aanwijzingen zoals deze zijn beschreven in de KNA, is een meetmodel opgezet van de gangbare archeologische praktijk.

Met dit model is vervolgens bekeken of het theoretisch mogelijk is om de door de KNA vereiste geometrische kwaliteit te benaderen. Dit onderzoek is uitgevoerd door het uitvoeren van een verkenningberekening met het programma Move3. Tenslotte is het model aan de werkelijkheid te getoetst door het te vergelijken met metingen uit de praktijk.

In de cyclus van Archeologische Monumentenzorg (AMZ-cyclus) worden nog twee processen genoemd waarin kwaliteit van de brongegevens een grote rol speelt: het Bureauonderzoek en het Inventariserend veld Onderzoek (IVO). Van de meest gebruikt bronnen is een inventarisatie gemaakt, waarbij ook is gekeken naar de invloed die deze hebben op een belangrijk tussenproduct van de AMZ-cyclus: de archeologische verwachtingskaart.

Na het bespreken van de resultaten zullen aanbevelingen worden gedaan voor de verbetering van de geometrische kwaliteit op de opgraving. Dit zal onder andere vorm vinden in een voorstel tot het opstellen van een "Archeologische Leidraad *geodesie*".

2 Archeologie

Het woord archeologie is samengesteld uit de Griekse woorden ἀρχαῖος (archaios, oudheid) en λόγος (logos, leer). Het is de wetenschap die overblijfselen van vroegere culturen bestudeert met als doel een reconstructie te maken van het menselijke verleden.

Niet alleen overblijfselen of artefacten spelen hierbij een rol, maar juist de context waarin deze artefacten worden gevonden is belangrijk: veel menselijke handelingen uit het verleden laten namelijk karakteristieke sporen achter in de bodem. Deze sporen kunnen variëren van de verspreiding van vuursteenafval op een vroeg prehistorische kampplaats tot de resten van funderingssleuven van een lang verdwenen kasteel.



Figuur 1. Fundering van kasteel Nuwendoorn.¹

2.1 Wet- en regelgeving

In de Monumentenwet 1988 is geregeld hoe archeologische monumenten aangewezen kunnen worden als wettelijk beschermd monument.² De wet heeft echter niet alleen betrekking op monumenten maar ook op de omgang met archeologische waarden en opgravingen. Het zomaar opgraven van archeologische resten is dan ook niet toegestaan, daar is een opgravingsvergunning voor nodig. De eisen waaraan moet worden voldaan om deze vergunning te kunnen krijgen zijn opgenomen in het “Besluit archeologische monumentenzorg”.³

In 1992 werd het “Verdrag van Malta” (ook wel het “Verdrag van Valletta” genoemd) ondertekend door de lidstaten van de Raad van Europa, waaronder ook Nederland. In dit verdrag is afgesproken dat het cultureel erfgoed dat zich nog in de bodem bevindt, het “bodemarchief”, zo goed mogelijk moet worden beschermd. In de praktijk betekent dit dat sporen met een archeologische waarde zo veel mogelijk in de bodem bewaard moeten blijven: “behoud *in situ*”.

Naar aanleiding van het Verdrag van Malta werd in 2007 de nieuwe Wet op de Archeologische Monumentenzorg (WAMZ) aangenomen. Deze wet heeft als belangrijk uitgangspunt dat “de verstoorder betaald”. Bij het plannen van bouwwerken of andere bodemingrepen zal een projectontwikkelaar dus rekening moeten houden met de archeologische waarde van de bodem.

¹ Bron: <http://www.bruingroenvoorziening.nl/foto%20Nuwendoorn%20baggerwerk.html>

² Bron: Overheid.nl, *Monumentenwet 1988*

³ Bron: Overheid.nl, *Besluit archeologische monumentenzorg*

Wanneer werkzaamheden een bodem met archeologische waarde verstoren dan moet deze eerst worden opgegraven ("behoud *ex situ*") wat tot aanzienlijke kosten en vertraging kan leiden.

De archeologische waarden van de bodem zijn vastgelegd in het gemeentelijke of provinciaal beleid⁴. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed heeft ter ondersteuning kaarten ontwikkeld zoals de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW).



Figuur 2. Totaal overzicht van de AMK. Nederland is herkenbaar ondanks het feit dat de kaart alleen bestaat uit kleine vlakken die aangeven waar zich archeologische monumenten bevinden.

2.2 De AMZ cyclus

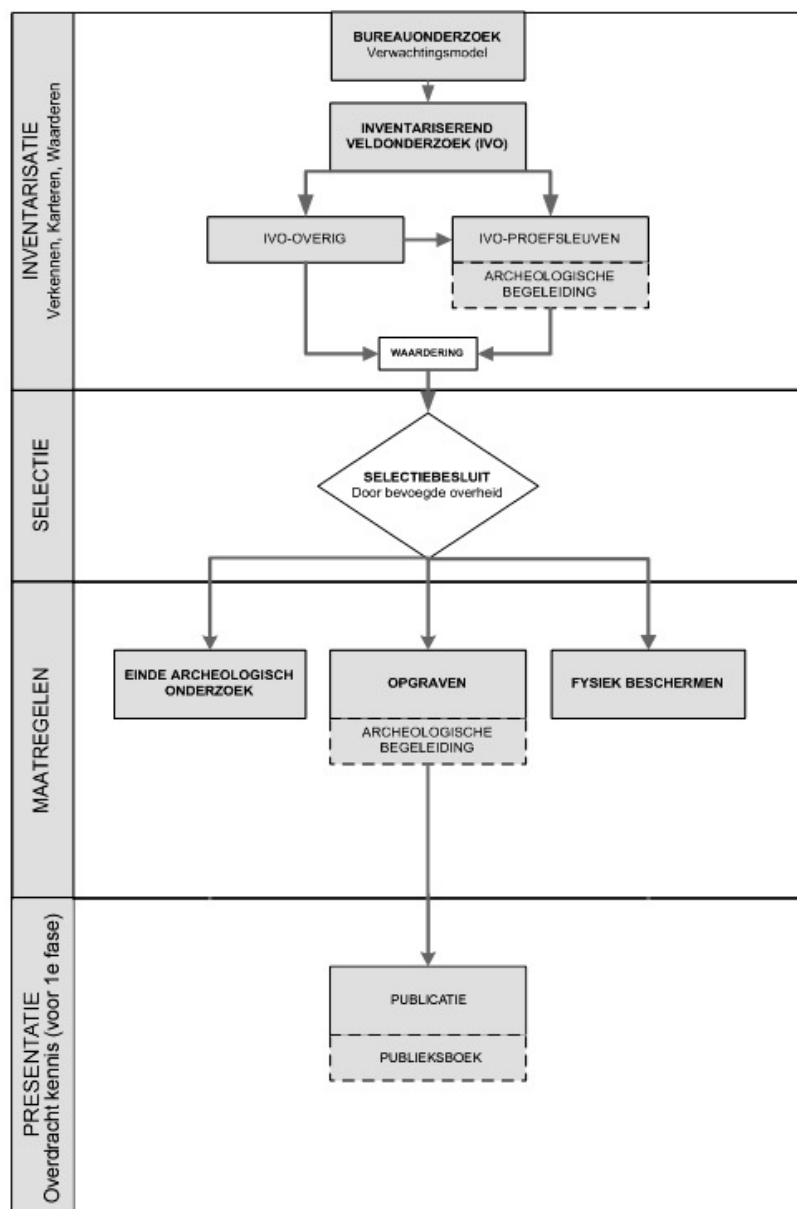
Het daadwerkelijk opgraven van een archeologische site is één aspect van het cyclische proces van de Archeologische Monumenten Zorg, de AMZ-cyclus.

De AMZ is verdeeld in vier fasen.

- Fase 1 gaat over de inventarisatie en documentatie van archeologische objecten. Met behulp van veldwerk en literatuuronderzoek wordt onderzocht wat zich waar in de bodem bevindt.
- In fase 2 wordt vastgesteld welke archeologische waarde aan de objecten kan worden toegekend. Aan de hand van een reeks normen en criteria wordt een selectie gemaakt van objecten die in- of ex situ behouden dienen te worden.
- Fase 3 geeft vorm aan de wijze waarop de gewaardeerde en geselecteerde objecten behouden moeten worden. Er kan bijvoorbeeld besloten worden tot instandhouding via fysieke bescherming, maar onder druk van ruimtelijke ontwikkelingen kan ook behoud door opgraven noodzakelijk zijn.
- De 4e fase bepaald tenslotte hoe de resultaten van het uitgevoerde onderzoek worden omgezet in nieuwe kennis en hoe deze aan het publiek bekend wordt gemaakt. De kennis en publicaties uit deze fase vormen vervolgens weer bronnen voor de 1e fase, waarmee de cyclus gesloten is⁵.

⁴ Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, *Wetten en regelingen*, laatste raadpleging 21-02-2011

⁵ Bron: Nationale Onderzoeksagenda Archeologie (NOaA). www.noaa.nl



Figuur 3.
Schematische
weergave van
de AMZ cyclus.

2.3 Waarborgen van kwaliteit

Sinds de introductie van de WAMZ is het ook voor commerciële partijen wettelijk mogelijk zich te richten op het uitvoeren van archeologisch onderzoek. Om eventuele negatieve gevolgen van de zo ontstane marktwerking tegen te gaan en de kwaliteit van archeologisch werk te bewaken is het de bedoeling dat het toekomstige archeologische bestel op drie belangrijke pijlers zal rusten:

- Registratie van alle archeologen
- Certificering van opgravende bedrijven en instellingen
- Introductie van een kwaliteitsnorm die een standaard beschrijft die een minimum aan kwaliteit moet garanderen voor alle archeologische werkzaamheden

Van deze drie pijlers zijn er inmiddels twee grotendeels gerealiseerd: de certificatie van opgravende bedrijven, gemeenten en opleidingen is in volle gang en de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) is integraal in gebruik genomen. Registratie van alle archeologen in een beroepsregister is nog niet gerealiseerd en is onderwerp van discussie binnen de beroepsgroep.

2.4 Enkele in de archeologie belangrijke inwinningstechnieken

Bij het uitvoeren van archeologische prospectie, opgravingen en theorievorming maken archeologen graag gebruik van technieken die hun wortels hebben in de geodesie. In het verleden werden deze technieken meestal puur als hulpmiddel gebruikt bij de interpretatie van archeologische objecten. De snelle technologische ontwikkelingen in de geodesie en het daarmee groeiende gebruikersgemak maken het nu echter ook voor archeologen mogelijk om steeds betere en nauwkeuriger geodetische observaties te doen.

Tachymetrie



In de jaren negentig van de vorige eeuw werd de Total Station geïntroduceerd in de Nederlandse archeologie⁶. Eerst werd het instrument voornamelijk gebruikt voor het inmeten en uitzetten van meetpunten maar gaandeweg wordt het steeds meer gebruikt in plaats van het arbeidsintensieve handmatig tekenen van archeologische sporen. Vooral dankzij de grote besparing in arbeidskosten zien commerciële archeologische bedrijven hun investering in de kostbare Robotic Total Stations al vaak binnen een jaar terug.

Figuur 4. Sokkia Total Station.

Global Navigation Satellite System

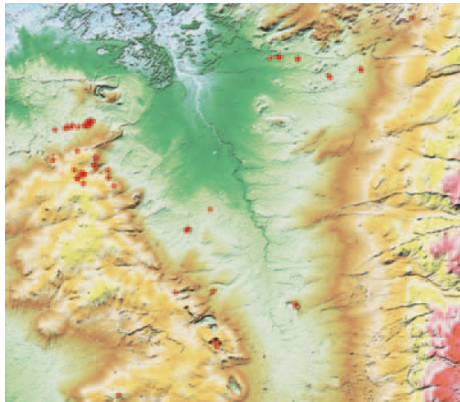
Global Navigation Satellite System (GNSS) instrumenten worden, in tegenstelling tot de Total Station, nog weinig gebruikt voor detailwerk op opgravingen. Wel zijn ze populair bij het uitzetten van grondslagpunten en meetsystemen. Meestal wordt hierbij gebruik gemaakt van Netwerk Real Time Kinematic (Netwerk-RTK) oplossingen met behulp van diensten die via de mobiele telefoon worden aangeboden.

GNSS metingen worden wisselend gewaardeerd. Aan de ene kant komt het voor dat coördinaten die zijn ingewonnen met een eenvoudig telefoontoestel tot 6 cijfers achter de komma letterlijk worden genomen, aan de andere kant wordt er getwijfeld over de nauwkeurigheid van GNSS technieken zoals Netwerk-RTK en Post-Processing (PP) van GNSS data.

⁶ H. Kamermans, M. Verbruggen en J.A. Schenk; *Who will make the drawings?* In: Computer Applications and Quantitative Methods 1993. BAR International Series 598, 1995.

Laseraltimetrie

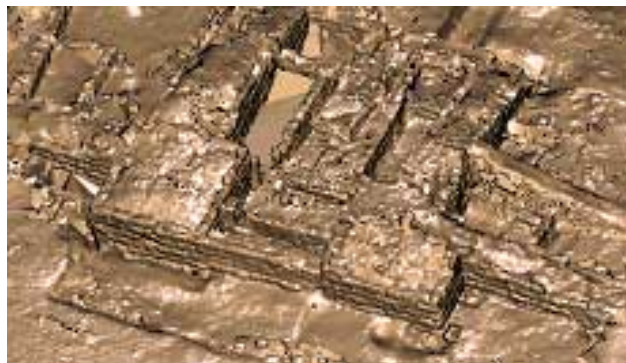
Laseraltimetrie in de vorm van het Actueel Hoogtebestand Nederland wordt voornamelijk gebruikt bij de productie van archeologische verwachtingskaarten. Wel wordt in binnen- en buitenland steeds meer geëxperimenteerd met methoden om de verkregen data met behulp van filters geschikt te maken voor archeologische prospectie⁷. Onder archeologische promovendi ontstaat een groeiende behoefte aan Laseraltimetrie data ten behoeve van GIS analyses van het culturele landschap.



Figuur 5. Digital Elevation Model van het gebied rond het Uddelermeer op de Veluwe. De locaties van opgegraven grafheuvels zijn in rood aangegeven. Bron: Q. Bourgeois⁸.

Terrestrische laserscanning

De aanschafprijs van laserscanners is bijzonder hoog. Bovendien is de toepasbaarheid van een laserscanner in de archeologische context van Nederland vaak beperkt. Niet alle opgravingen leveren immers duidelijke 3-dimensionale structuren op waar een laserscan tot zijn recht komt. Mogelijk zullen laserscanners die ook kleur waarnemen in de toekomst wel een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan het registreren van archeologische objecten.



Figuur 6. Links: Laserscanner in actie bij de zuidoost poort van Halos (Griekenland). De reconstructie (rechts) is een model dat is gegenereerd met behulp van meshing technieken. De opgraving en scan zijn uitgevoerd door het Groninger Instituut voor Archeologie (GIA)⁹.

⁷ M. Doneus, C. Briese: Digital Terrain Modelling for Archaeological Interpretation within Forested Areas using Full-Waveform Laserscanning. VAST 2006: 155-162

⁸ Q. Bourgeois. *Grafheuvelonderzoek in Nederland: een gedane zaak?* Vitruvius 4, 2008.

⁹ Bron: www.3d-laser-scanning.nl/n3p_gia.htm

Fotogrammetrie

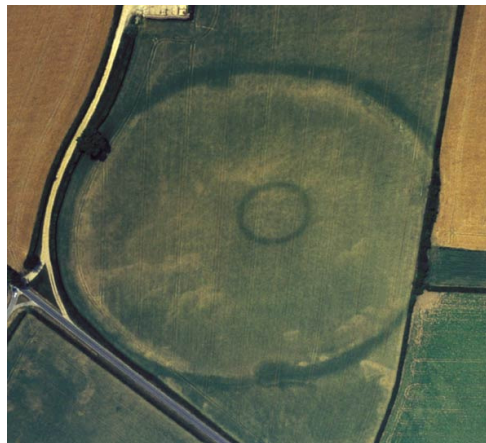
Vooral bij het uitgraven van complexe driedimensionale archeologische objecten wordt gebruik gemaakt van fotogrammetrische technieken. Het nauwgezet handmatig uittekenen van bijvoorbeeld een skelet in een graf is erg arbeidsintensief en kan tot vertraging leiden van het overige veldwerk. Fotogrammetrische opname biedt dan de mogelijkheid om het object relatief snel en toch nauwkeurig vast te leggen.

Luchtfotografie

Luchtfotografie wordt in de archeologie traditioneel gebruikt voor het analyseren van bodemsporen die vanaf de grond onzichtbaar zijn. Hierbij is veel gebruik gemaakt van luchtfoto's uit de tweede wereldoorlog die vaak onder voor luchtfotografie ongunstige omstandigheden zijn gemaakt.

Die ongunstige omstandigheden, zoals strijklicht en schuine opnamehoeken zijn voor archeologische doeleinden vaak juist wel gunstig. Zo kunnen kleine hoogteverschillen in het landschap door strijklicht plotseling duidelijk worden.

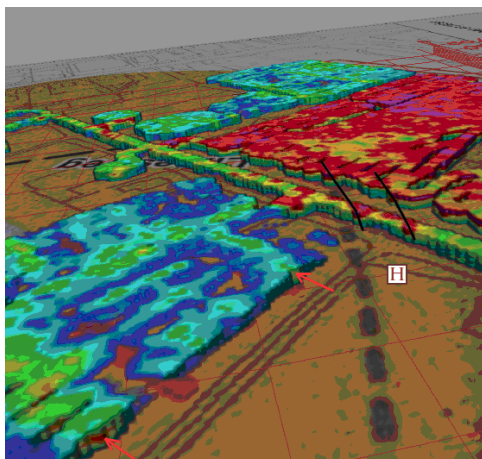
Een andere mogelijkheid bieden de 'cropmarks' die ontstaan door de gevoeligheid van gewassen voor verschillen in de waterhuishouding van de bodem. Graan dat is gezaaid in een gelijkmatige en ongestoorde bodem zal anders groeien dan graan dat is gezaaid boven ondiep gelegen funderingen. Deze verschillen in de kwaliteit van de gewassen kan zichtbaar zijn vanuit de lucht waardoor ondergrondse structuren zichtbaar worden.



Figuur 7. Cropmarks bij Bloodgate Hill (United Kingdom)¹⁰.

Grondradar

Grondradar kan zeer succesvol zijn bij het uitvoeren van archeologische prospectie. Een nadeel is dat de elektrische weerstand van de bodem een grote invloed heeft op de kwaliteit van de data. Vochthoudende mineralen zoals klei en bentoniet kunnen daardoor wisselende resultaten geven die de interpretatie zelfs voor specialisten moeilijk maakt. Om deze problemen te omzeilen kunnen de metingen gekalibreerd worden aan de hand van grondboringen en kan een 'tracer' aan het instrument worden gekoppeld die de diëlektrische weerstand aan het oppervlak meet. Ook experimenten met de antenne van de grondradar lijken succesvolle resultaten op te leveren.¹¹



Figuur 8: Schuin aanzicht van grondradar metingen bij het Romeinse fort Matilo (Leiden). De zwarte lijnen geven greppels uit de Romeinse tijd aan waartussen mogelijk een Romeinse weg heeft gelegen. De rode pijlen markeren de loop van middeleeuwse grachten¹².

¹⁰ Bron: The Norfolk Archaeology Trust. www.norfolkarchtrust.org.uk/bloodgate/cropmarks.htm

¹¹ <http://www.gtfrontline.com/Dutch/transversaal%20antenne.html>

¹² .Bron: Chrystel Brandenburgh, Gemeente Leiden.

Elektrische weerstandsmeting

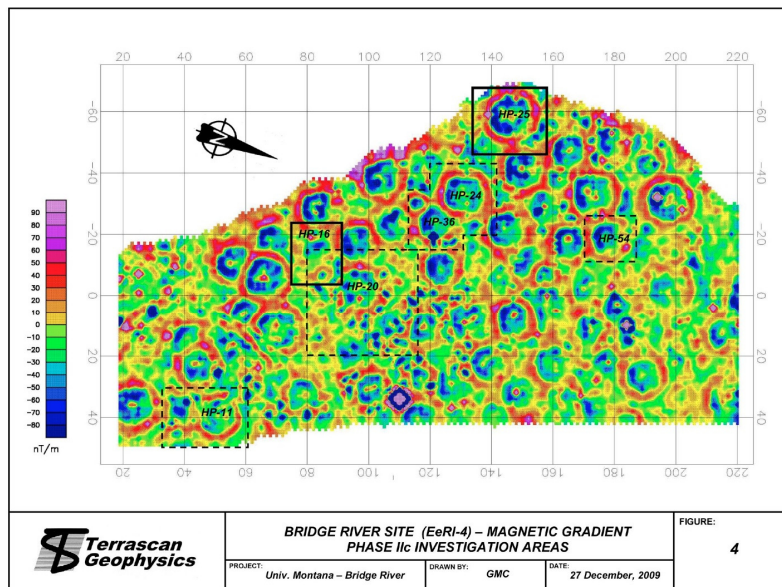
Bij deze metingen wordt de elektrische weerstand van de bodem gemeten tussen twee of meer in de grond gestoken elektroden. Door de metingen langs een grid te verrichten of aan GNSS gegevens te koppelen wordt een beeld van de weerstand van de ondergrond opgebouwd. Deze methode is vooral geschikt voor het opsporen van objecten die grote invloed hebben op de elektrische weerstand zoals grachten, greppels, puin en bakstenen muren.¹³



Figuur 9. Elektrische weerstandsmeting bij kasteel Zondereigen (België)¹⁴.

Magnetometrie

Door kleine verschillen in het aardmagnetisch veld te meten kunnen archeologische objecten worden opgespoord. Behalve voor magnetische objecten als ijzer is de methode vooral goed geschikt voor het opsporen van verbrande structuren zoals ovens, haarden en plaatsen waar metaal is bewerkt. Verbeterde opname en analysemethoden maken het echter steeds beter mogelijk ook andere structuren duidelijk in beeld te brengen.



Figuur 10. Magnetometrische opname van 'house pits' in Bridge River (USA)¹⁵.

¹³Bron Nationale Onderzoeksagenda Archeologie, <http://www.noaa.nl/content/hst06/h6.3.2.4.htm>

¹⁴Bron: <http://www.amaliavansolms.org/joomla15/index.php>

¹⁵Foto: A.M. Prentiss, bron: <http://qmackie.files.wordpress.com/2010/11/bridge-river-magnetometry.jpg>.

3 Opzet van het onderzoek

3.1 Afbakening

Dit onderzoek richt zich specifiek op de geometrische kwaliteit van de meetmethoden die worden gebruikt bij archeologische opgravingen in Nederland, in relatie tot de eisen die daaraan worden gesteld door de KNA.

Daarnaast is een inventarisatie gemaakt van de bronnen die veel worden gebruikt bij het produceren van archeologische verwachtingskaarten.

Vraagstelling

De hoofdvraag van dit onderzoek is of het mogelijk is, met de op dit moment gebruikelijke archeologische meetmethoden, aantoonbaar aan de geometrische kwaliteitseisen van de KNA 3.2 te voldoen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn in de loop van het onderzoek de volgende deelvragen gesteld:

- Wat zijn de gebruikelijke archeologische meetmethoden?
- Wat zijn de geometrische kwaliteitseisen die de KNA stelt?
- Wat is de betekenis van deze eisen?
- Is het mogelijk dat de gebruikelijke archeologische meetmethoden kunnen voldoen aan de eisen van de KNA?
- Kan de kwaliteit van de archeologische metingen worden aangetoond?

Over de kwaliteit van de bronnen die in de inventariserende fase van de AMZ-cyclus worden gebruikt zijn de volgende vragen gesteld.

- Wat zijn de bronnen die het meest worden gebruikt?
- Wat is de kwaliteit van deze bronnen?
- Hoe worden de bronnen gebruikt?
- Is de kwaliteit van deze bronnen voldoende voor het gebruik?

3.2 Gebruikte onderzoeksmethoden

De vragen van dit onderzoek worden beantwoord aan de hand van verschillende deelonderzoeken.

- De gebruikelijke archeologische meetmethoden worden onderzocht aan de hand van beschikbare bronnen en een enquête onder uitvoerende archeologen.
- De geometrische kwaliteitseisen van de KNA worden onderzocht op basis van de documenten OS02, OS03 en OS06 uit KNA versie 3.2 (zie bijlage C).
- De kwaliteit van de metingen wordt onderzocht door middel van het opstellen en toetsen van een model van de gebruikelijke archeologische meetmethoden.
- Voor het inventariseren van de kwaliteit van archeologische verwachtingskaarten is een inventarisatie gemaakt van de gegevensbronnen die bij de productie ervan worden gebruikt.

Onderzoek van beschikbare bronnen

Voor dit onderzoek zijn de volgende bronnen doorzocht:

- Het e-depot Nederlandse Archeologie (EDNA) dat is ondergebracht bij de Digital Archiving and Network Services (DANS) bevat een groot aantal archeologische rapporten.
- Elektronische Bibliotheek en Catalogus van de Universiteit Leiden.
- Via internet traceerbare productspecificaties van kaarten en datasets.
- "Grijze literatuur" zoals syllabi voor opleidingen in archeologie en ongepubliceerde scripties van archeologie studenten.

Enquête

Met dit deel van het onderzoek is getracht inzicht te krijgen in hoeverre geometrische kwaliteit een rol speelt bij het archeologisch onderzoek. Hiervoor zijn een aantal instellingen en uitvoerende bedrijven bezocht om ter plaatse een aantal vragen te stellen en eventueel aanwezige documentatie te bekijken.

Bij het maken van afspraken voor deze gesprekken is het duidelijk geworden dat sommige bedrijven en instellingen (al of niet terecht) enige reserve hebben om met naam en toenaam genoemd te worden. Het vergelijken van bedrijven of instellingen is geen onderdeel van dit onderzoek en daarom is noch de naam, noch het type bedrijf of instelling relevant voor de uitkomst ervan. Deze informatie is dan ook niet opgenomen in de dataset.

In de praktijk is gebleken dat het opsturen van een vragenlijst meer vragen dan antwoorden oplevert waarop is besloten de vragenlijst af te werken in de vorm van een gesprek over het meetwerk rondom een opgraving. Om het verloop van deze gesprekken makkelijker te maken is de lijst met vragen zo opgesteld dat deze zo veel mogelijk de werkvolgorde van een opgraving volgt. Het formulier dat hierbij is gebruikt is opgenomen onder bijlage A.

Vragenlijst enquête

Vragen over de oplevering van grondslaggegevens vóór aanvang van de archeologische opgraving

- Wie heeft de grondslagpunten en eventueel andere meetpunten uitgezet?
- Wanneer is dit gedaan?
- Welke methode is gebruikt om deze punten te bepalen?
- Welke apparatuur (merk/type) is gebruikt, met welke toleranties?
- Hoe zijn de meetgegevens opgeleverd aan de verantwoordelijke archeoloog? Is er bijvoorbeeld sprake van 'een lijstje met coördinaten' of worden ook de meetgegevens meegeleverd.
- Is een meetrapport beschikbaar?
- Is er sprake van vereffening van de punten?
- Is de Standaard Deviatie van de verschillende punten bekend?
- Wat is de projectie van de opgeleverde gegevens?
- In hoeverre is de opgravende instantie op de hoogte van het begrip geometrische kwaliteit?
- Hoe wordt de betrouwbaarheid van de verkregen grondslaggegevens door de ontvanger beoordeeld/geïnterpreteerd?

Vragen over het gebruik en inwinnen van meetgegevens tijdens het archeologisch veldwerk

- Vindt er vereffening plaats van de uitgezette NAP punten, Hoofdmeetpunten en Meetpunten?
- In hoeverre wordt met de standaardafwijking van deze punten rekening gehouden tijdens de meetwerkzaamheden bij het opgraven?
- Welke apparatuur (merk/type) is gebruikt, met welke toleranties?
- Worden meetinstrumenten regelmatig gekalibreerd?
- Wat is de projectie van de ingewonnen gegevens?
- Worden er dagrapporten/meetrapporten gemaakt?
- In hoeverre zijn de personen die de gegevens inwinnen op de hoogte van het begrip geometrische kwaliteit?
- Hoe worden de eisen van de KNA op het gebied van meten geïnterpreteerd?
- In hoeverre zijn de personen die de gegevens inwinnen op de hoogte van de landmeetkundige principes die in de KNA worden genoemd? Denk aan 'één keer meten is geen meten' (zoals bij doorgaande waterpassing) en het meten van groot naar klein.
- Hoe wordt de betrouwbaarheid van de eigen ingewonnen gegevens beoordeeld/geïnterpreteerd?

Vragen over de uitwerking en publicatie van de ingewonnen gegevens

- Hoe worden de gegevens aangeleverd voor uitwerking? Bijvoorbeeld ruwe observaties of in het veld uitgerekende coördinaten.

- Hoe wordt omgegaan met verschillende projecties? Denk bijvoorbeeld aan in 'non-earth' ingewonnen gegevens die omgezet moeten worden naar de stereografische projectie van het RD.
- Welke gegevens worden gepubliceerd?
- Welke gegevens worden bewaard?
- Welke gegevens worden gedeponereerd (DANS) of op andere wijze (digitaal) beschikbaar gesteld?
- Welke (meta-)informatie die betrekking heeft op betrouwbaarheid van de metingen wordt publiek beschikbaar gesteld?

Interpretatie van de KNA norm

Uit de KNA zijn de specificaties geselecteerd die een verwijzing bevatten naar geometrische kwaliteit. Dit zijn de specificaties OS02, OS03 en OS06. In de specificaties wordt ook verwezen naar zogenaamde "bouwstenen". De originele specificaties met de relevante bouwstenen en een korte uitleg van het gebruik van de KNA zijn opgenomen in Bijlage B.

Opstellen en testen van een meetmodel

De gegevens uit de bovenstaande deelonderzoeken zijn samengebracht in de vorm van een meetmodel van de gebruikelijke meetmethoden op een archeologische opgraving. Analyse van dit model door het uitvoeren van een verkenningberekening met het programma Move3 laat zien wat de geometrische kwaliteit van de metingen op een opgraving theoretisch is, en of deze aan de eisen van de KNA voldoet.

Met behulp van gegevens van een werkelijke opgraving is bekeken of het model ook in de archeologische praktijk voldoet.

4 Onderzoeksresultaten

4.1 Onderzoek van beschikbare bronnen

Over de meetmethoden op opgravingen in Nederland is zeer weinig literatuur te vinden. Ook een uitgebreide zoektocht door het EDNA archief levert geen relevante informatie over de gebruikte meetmethoden. In een aantal artikelen wordt aangehaald dat er is gemeten met een Total Station zonder de gebruikte methoden te vermelden.

De 'grijze literatuur' bevat wel bruikbare informatie over meetmethoden op de archeologische opgraving. De volgende tekst is daarom grotendeels ontleend aan de "Syllabus Praktijkopleiding" van de Universiteit Leiden, Faculteit der Archeologie¹⁶.

De bronnen van de verwachtingskaarten zijn de bronnen die worden genoemd in de specificaties van KNA protocol 4002, Bureauonderzoek. Deze specificaties zijn opgenomen in Bijlage B:

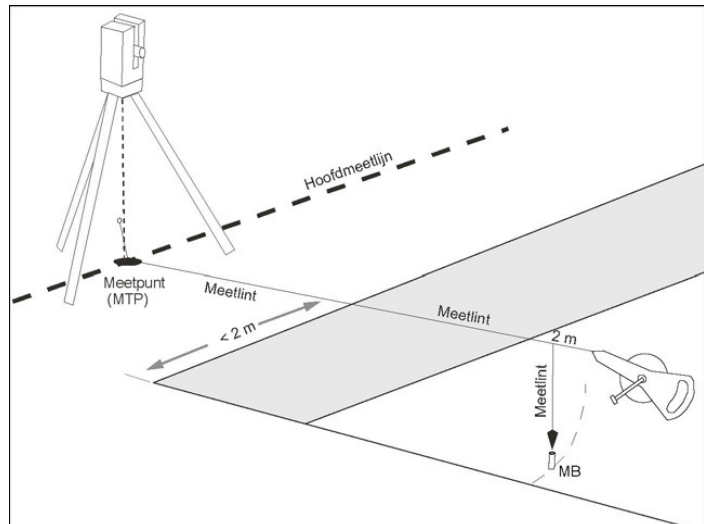
Meetmethode op de opgraving

Op strategische locaties in het onderzoeksgebied wordt een aantal vaste punten ingeslagen. De X- en Y coördinaten van deze punten worden vastgelegd in het RD stelsel. In de praktijk worden de punten aangelegd door landmeters of worden punten gebruikt die door een gemeentelijke landmeetkundige dienst zijn aangewezen. De standaardafwijking van deze punten is maximaal 15 mm. De afstand tussen deze (hoofd)meetpunten bedraagt bij voorkeur maximaal 50 meter.

¹⁶ J. de Bruin; *Syllabus Praktijkopleiding*; Universiteit Leiden, Faculteit der Archeologie, 2011.

Naast deze grondslagpunten worden minimaal twee, maar bij voorkeur vier NAP punten aangelegd. De NAP punten worden aangelegd door eigen personeel (een archeoloog) en zijn afgeleid van één bekend NAP peilmerk. De standaardafwijking van NAP punten is maximaal 15 mm. De hoogte van de NAP punten wordt minimaal één keer per twee weken gecontroleerd plus eenmaal bij afsluiting van het onderzoek.

Bij iedere put wordt aan ten minste één van de kopse kanten (smalle zijde) een opstelpunt voor de tachymeter vastgelegd. Het punt bevindt zich tussen de één en twee meter buiten de kopse kant van de putrand en twee meter vanaf de lange zijde (zie figuur 4). De standaardafwijking van dit punt is maximaal 15 mm.



Figuur 11. Opstelpunt van de tachymeter ten opzichte van de opgravingsput.

Iedere opgravingsput heeft een eigen meetsysteem dat is afgeleid van het hoofdmeetsysteem. Hiervoor worden punten (meetbuizen, MB) uitgezet in de put. Deze staan op afstanden van maximaal 20 m in de lengte van de put en op 2 of 3 m in de breedte. De punten vormen parallelle meetlijnen, waarbij de hoofdmeetlijn in de put op maximaal 2 m afstand van de rand ligt, parallel aan de putrand en het opstelpunt van de tachymeter snijdend. Van elke opgravingsput dienen minimaal drie meetpunten in het RD stelsel bekend te zijn.

De hoofdmeetlijn in de put wordt uitgezet door middel van 'doorzichten' met de tachymeter. De andere meetlijnen worden daaraan parallel gelegd met behulp van meetlinten en de stelling van Pythagoras.



Wanneer het tekenwerk analoog wordt uitgevoerd wordt gebruik gemaakt van meetlinten en meetlatten tot 3 meter. Sporen worden door een archeoloog eerst 'ingekrast' met een meetpen voordat het tekenwerk plaatsvindt. Tijdens de opgraving is het ook van groot belang dat het tekenwerk het graafwerk zo snel mogelijk volgt. Er is meestal grote tijdsdruk en een klein budget.

Figuur 12. De tekenaars (rechts) volgen de opgravers (links) op de voet.

Bron: Syllabus Praktijkopleiding

Vondsten en sporen worden ingemeten

met meetstokken met een lengte van maximaal 3 meter, op het oog loodrecht gehouden op één van de meetlijnen. De standaardafwijking van de metingen aan deze sporen en vondsten bedraagt maximaal 25 mm.

Wanneer het tekenwerk digitaal wordt uitgevoerd wordt dit gedaan met behulp van de tachymeter die is opgesteld boven een bekend opstelpunt. Oriëntatie van de tachymeter vindt plaats in relatie tot een nabijgelegen grondslagpunt.

De archeologische verwachtingskaart

Het samenstellen van een archeologische verwachtingskaart bestaat uit een aantal deelprocessen waarbij geo-informatie uit verschillende bronnen wordt gebruikt.

- Eerst wordt het plan- en onderzoeksgebied afgebakend en wordt onderzocht wat de consequenties zijn die het toekomstig gebruik van het gebied kunnen hebben.
- Vervolgens wordt de huidige situatie van het gebied in kaart gebracht. De gegevens worden gecontroleerd aan de hand van een bezoek aan de locatie.
- Van het gebied wordt dan de historische situatie in kaart gebracht.
- Er wordt een beschrijving gemaakt van de bekende archeologische, bouwhistorische en aardwetenschappelijke waarden.

Al deze gegevens worden samengevoegd tot een archeologische verwachtingskaart. Vergezeld van een rapport is deze kaart een deelproduct van het bureauonderzoek uit de 1^e fase van de AMZ-cyclus.



Figuur 13. Archeologische verwachtingskaart van de gemeente Beesel (Limburg)¹⁷.

Rood: hoge verwachtingswaarde
Oranje: gemiddelde verwachtingswaarde
Wit: lage verwachtingswaarde
Overig: verwachtingswaarde onbekend

Bij het maken van deze kaarten wordt gebruik gemaakt van een breed scala aan informatiebronnen. Een aantal hiervan wordt hier kort besproken.

Archeologische Monumenten Kaart (AMK)

De AMK bevat per provincie informatie over archeologische monumenten in schaal 1:10.000. De geometrie en thematische informatie van de terreinen wordt aangeleverd in vier categorieën:

- Terreinen van zeer hoge archeologische waarde, beschermd
- Terreinen van zeer hoge archeologische waarde
- Terreinen van hoge archeologische waarde
- Terreinen van archeologische waarde

Het is mogelijk dat er afwijkingen bestaan ten opzichte van de versie die door een aantal provincies voor beleidsdoeleinden wordt gebruikt omdat de situatie in de AMK altijd actueel is.

De terreinen in de kaart zijn vaak gebaseerd op perceelscheidingen en niet op de (vaak nog onbekende) werkelijke omvang van het beschermde archeologische complex. De archeologische complexen kunnen in de werkelijkheid dus groter of kleiner zijn dan het aangegeven gebied.

¹⁷ Bron: Steunpunt Archeologie Limburg, <http://www.sam-limburg.nl/informatie.aspx?id=4>

Indicatieve kaart Archeologische Waarden (IKAW)

Deze kaart wordt geleverd als rasterbestand en bevat een vlakdekkende classificatie van de trefkans op archeologische waarden. De schaal van de kaart is 1:50.000.

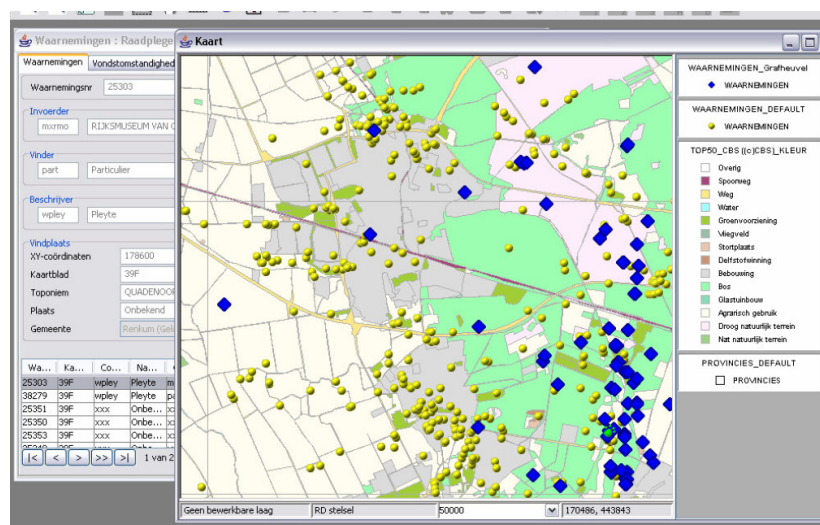
De kaart is niet te gebruiken als verwachtingskaart op lokaal of gemeentelijk niveau, maar dient als hulpmiddel bij beslissingen die kunnen tot het opzetten van een lokale verwachtingskaart¹⁸.



Figuur 14. Uitsnede (Flevoland) van de IKAW.

Archis

Het Centraal Archeologisch Informatie Systeem (Archis) wordt beheerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Het is een geografisch informatie systeem waarin informatie is opgeslagen over archeologische waarnemingen en monumenten. Via invulformulieren op het scherm kunnen gegevens over vondstlocaties worden opgevraagd en uitgeprint of opgeslagen.



Figuur 15. Archis uitvoer van een selectie van vondstmeldingen¹⁹.

In Archis wordt gebruik gemaakt van de topografische kaart (er wordt echter niet vermeld welke), de AMK en de IKAW. RD coördinaten van vondsten worden op verschillende manieren aangeleverd; soms zijn de coördinaten van een vondst alleen bij benadering bekend, soms worden van vondstcomplexen alleen de centrumcoördinaten gegeven.

Melding van archeologische vondsten is wettelijk verplicht maar het mag duidelijk zijn dat een deel van de vondsten voor het eerst het licht ziet in een gespecialiseerde winkel, en dan onder een fictieve

¹⁸ Bron: Handleiding IKAW

<http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/Handleiding%20ikaw3%20Noordzee%20Pleistocene%20mei%202009.pdf>

¹⁹ Bron: Archis gebruikershandleiding, versie 2.3

plaats van herkomst (zoals 'zolder' of 'achtertuin'). Informatie over deze vondsten is dan ook niet beschikbaar in Archis.

Topografische kaarten

Er bestaat een groot aantal verschillende topografische kaarten. Een moderne variant is de nieuwe Grootchalige BasisKaart van Nederland. De kaart is beschikbaar in schaal 1:500 tot 1:5000. De precisie van een punt ten opzichte van een ander punt in de omgeving is in bebouwd gebied beter dan 28 cm en in landelijk gebied beter dan 56 cm²⁰.

Voor de KNA is een kleinschalige kaart echter ook bruikbaar; de KNA vereist een schaal van 1:50.000 of beter.



Figuur 16. Voorbeeld GBKN landelijk gebied.

Historische (kadastrale) kaarten

Voor de interpretatie van de historische situatie zijn historische (kadastrale) kaarten goed bruikbaar. Nadeel is echter dat deze niet altijd voorhanden zijn²¹ en dat de kwaliteit per kaart kan verschillen. Projectie van de kaart over moderne topografische kaarten kan plaatsvinden door *georeferencing* op basis van gebouwen die op zowel de historische als de moderne kaart voorkomen. Een probleem daarbij is echter dat moderne kaarten vaak zijn samengesteld met gebruik van luchtfotografie waardoor de dakoverschotten van de gebouwen als grens van de bebouwing zijn opgenomen. In de historische situatie is dat niet het geval.

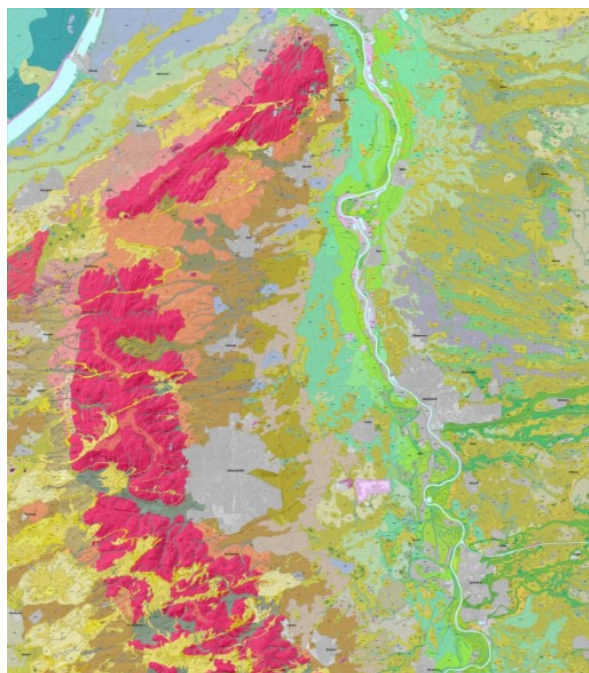


Figuur 17. Uitsnede uit de 'Kaart van de gemeente van Leyden', Sectie F, 1835.

²⁰ Bron: GBKN productinformatie, <http://www.gbkn.nl/nieuwesite/html/productinformatie.html>

²¹ In het dorp van de auteur zijn deze in de Tweede Wereldoorlog grotendeels verloren gegaan.

Bodemkaart, Geologische kaart en Geomorfologische kaart



Deze kaarten worden gebruikt bij het onderzoek naar de aard en ontstaansgeschiedenis van de ondergrond. De aan deze kaarten ontleende gegevens over bijvoorbeeld erosie geven een indicatie van de 'vondstkans' in bepaalde gebieden.

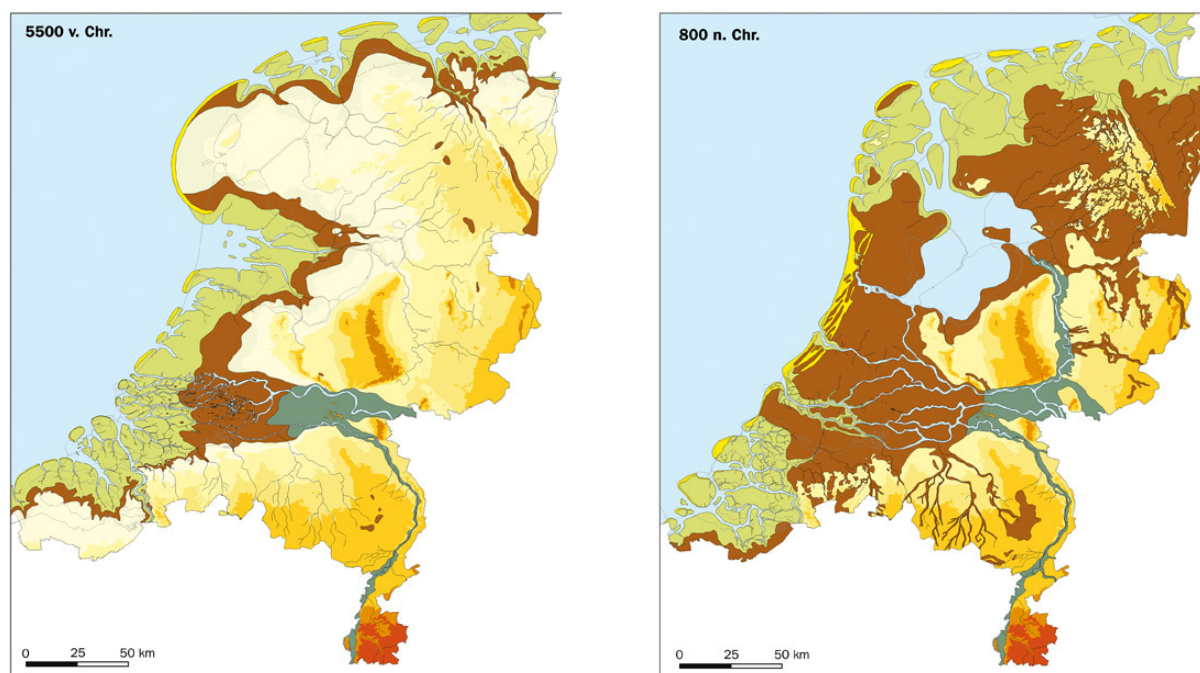
De gegevens van deze kaarten zijn ingewonnen door middel van grondboringen. De verspreiding van deze boringen is echter erg onregelmatig. Bovendien is in veel gebieden minder dan één boring per hectare gezet. Op het oog lijken de kaarten erg precies maar de nauwkeurigheid is in de meeste gevallen niet beter dan 25 meter.

Figuur 18. Uitsnede (Veluwe) van de Geomorfologische Kaart Nederland²².

Paleografische kaarten

In deze kaarten wordt de landschapsgenese van Nederland gedurende de laatste 10.000 jaar gevisualiseerd. De kaart is echter een landelijke kaart, schaal 1:500.000, en is daarom niet bruikbaar voor regionale of lokale archeologische doeleinden.

Figuur 19. Twee van de acht Paleografische kaarten van Nederland²³.



²² Bron: Geomorfologische kaart van Nederland.

²³ Bron: <http://www.dinoloket.nl/nl/DINOMap.html>

Inventarisatie van de kwaliteit van de bronnen die worden gebruikt bij het maken van een archeologische verwachtingskaart laat zien dat deze op lokaal niveau een lage betrouwbaarheid hebben. Het in figuur 13 getoonde voorbeeld van een archeologische verwachtingskaart laat echter een zeer scherpe lijn zien tussen gebieden met een hoge en lage archeologische verwachting, zelfs zonder tussenliggende zone van gemiddelde verwachting. De betrouwbaarheid van deze grens is echter afhankelijk van bronnen die, op het lokale niveau van de kaart, zo een scherpe begrenzing onmogelijk kunnen geven.

4.2 Interpretatie van de KNA

De KNA is geschreven voor archeologen en heeft als primaire doelstelling het waarborgen van de *archeologische* kwaliteit van een opgraving. De terminologie is dan ook niet dezelfde als welke binnen de geodesie wordt gebruikt. Om uitspraken te kunnen doen over *geometrische* kwaliteit is het noodzakelijk de KNA eisen eerst te vertalen naar waarden en begrippen die hiervoor geschikt zijn.

Interpretatie van de gebruikte terminologie

Meetpunten

Binnen de KNA wordt gesproken over hoofdmeetpunten en meetpunten zonder echter het verschil te bespreken. Daartegenover staat dat er ook geen verschillende eisen aan deze punten worden gesteld.

Waar in de KNA wordt gesproken over hoofdmeetpunten of meetpunten is dit vertaald als meetpunten.

Voorrang van definities

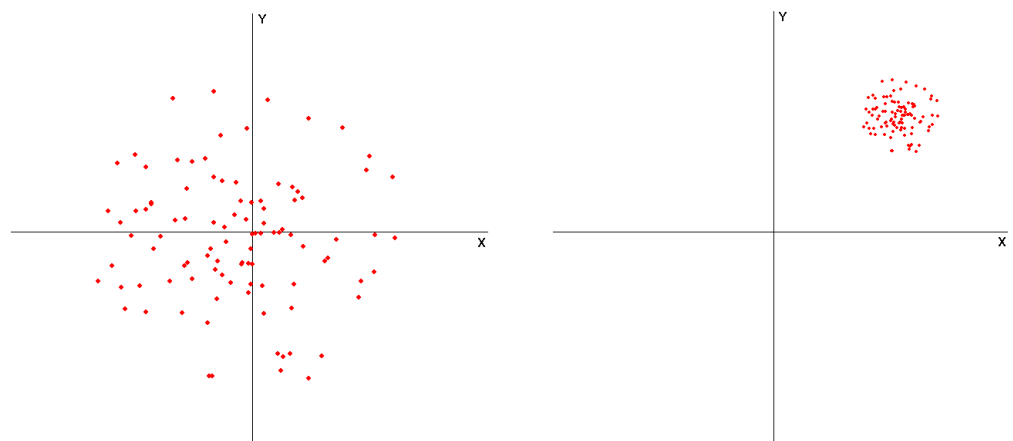
Het komt voor dat begrippen in de verklarende woordenlijst die is opgenomen bij de KNA anders worden omschreven als binnen de specificaties en bouwstenen. Een voorbeeld hiervan is dat het hoofdmeetsysteem volgens de specificatie OS02 zowel in RD als in een lokaal stelsel mag worden opgezet terwijl in de verklarende woordenlijst alleen van RD coördinaten wordt gesproken.

Bij tegenstrijdigheden krijgen de eisen en omschrijvingen uit de specificaties en bouwstenen voorrang boven de omschrijving in de verklarende woordenlijst.

Nauwkeurigheid en precisie

De begrippen nauwkeurigheid en precisie worden in de KNA afwisselend gebruikt, zonder exact te definiëren wat deze begrippen betekenen. Vanuit een geodetisch standpunt is het verschil tussen nauwkeurigheid en precisie echter zeer belangrijk. Om het verschil duidelijk te maken is bovendien de introductie van het begrip betrouwbaarheid nodig. In figuur 20 is het verschil tussen nauwkeurigheid en precisie grafisch voorgesteld. Links in de afbeelding: De gemeten punten zijn gecentreerd rond het werkelijke punt maar de waarden wijken relatief sterk af. Het resultaat is metingen met gemiddeld een hoge nauwkeurigheid maar een lage precisie. Rechts: De punten zijn dicht op elkaar gemeten maar bevinden zich niet rond het werkelijke punt. De metingen hebben een hoge precisie maar de nauwkeurigheid is laag.

Figuur 20. Grafische weergave van het verschil tussen nauwkeurigheid en precisie. Het aan te meten punt ligt in werkelijkheid op het snijpunt van de twee assen, de gemeten waarden zijn in rood aangegeven.



Precisie is de afwijking van de berekende- of verwachtingswaarde van een waarneming of coördinaat. De verwachtingswaarde wordt berekend door het vereffenen van de waarnemingen. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de verdeling van de fouten een normale (Gaussische) kansverdeling heeft. Dit betekent dat 68.3% een afwijking heeft van maximaal 1 maal, 95.4% van maximaal 2 maal en 99.7% van maximaal 3 maal de standaardafwijking.

Precisie kan worden verbeterd door het doen van overtallige waarnemingen: wanneer de zelfde afstand, eventueel met verschillende instrumenten, meerdere malen wordt gemeten (overtalligheid) zal het gewogen gemiddelde (vereffening) een betere benadering (precisie) geven van de werkelijke afstand.

Betrouwbaarheid is een indicatie van de kans dat fouten in waarnemingen ontdekt kunnen worden. Het voor dit onderzoek gebruikte programma Move3 geeft dat onder meer aan met het Minimal Detectable Bias (MDB), dat is de kleinst mogelijke fout die het programma in een bepaalde waarneming kan detecteren.

Betrouwbaarheid van de waarnemingen wordt verbeterd door het introduceren van 'voorwaarden'. Een voorbeeld: wanneer van een rechthoekige de lengte van de aanliggende zijden bekend zijn kan de lengte van de overstaande zijde worden berekend. De betrouwbaarheid van deze berekende lengte is echter niet hoog; ze is immers afgeleid uit een minimum aan waarnemingen. Door nu de overstaande hoeken te meten ontstaat een extra voorwaarde waaraan de waarnemingen moeten voldoen: de som van de drie hoeken moet nu 180 graden. De betrouwbaarheid van de berekende lengte wordt daarmee hoger omdat er een extra voorwaarde aan de waarnemingen wordt gesteld.

Nauwkeurigheid is een combinatie van betrouwbaarheid en precisie. Het begrip is moeilijk te kwantificeren maar de nauwkeurigheid of kwaliteit van een systeem van waarnemingen en voorwaarden kan op verschillende manieren worden getoetst.

- Bij het uitvoeren van de F-toets wordt aangenomen dat het systeem van waarnemingen en voorwaarden (het model) geen fouten bevat, de nulhypothese. Het model wordt zo op grove fouten gecontroleerd en verworpen als het niet aan de criteria voor de F-toets voldoet. De F-toets kan echter niet bepalen welke waarnemingen de oorzaak zijn van het verwerpen van de toets.
- Hiervoor wordt de W-toets uitgevoerd. Bij deze toets wordt het model vele malen opnieuw doorgerekend waarbij iedere keer een andere waarneming als fout wordt aangenomen. De W-toets kan per waarneming controleren of het de oorzaak van het falen van de hele F-toets kan zijn, maar niet per groepje waarnemingen. De uitkomsten van de W-toets zijn daarom niet altijd één-op-één over te nemen door de verworpen waarnemingen weg te gooien. Het is mogelijk dat een serie van verworpen waarnemingen ontstaat door een foutieve waarneming die zelf niet door de W-toets is verworpen.
- Bij driedimensionale waarnemingen volgt ook nog de T-toets, deze toetst de coördinaten (X, Y, Z) niet apart maar als eenheid.

Om het toetsen van de geometrische kwaliteit mogelijk te maken is het noodzakelijk dat er voorwaarden en overtolligheden in de waarnemingen aanwezig zijn. De KNA stelt echter geen eisen op dit vlak en er wordt dan ook van uitgegaan dat deze niet beschikbaar zijn. Hierdoor kunnen alleen de precisie en de MDB van de waarnemingen en coördinaten worden gebruikt.

Waar in de KNA wordt gesproken over nauwkeurigheid of precisie is het begrip precisie gebruikt. Bij het beoordelen of de waarneming aan de norm voldoet speelt echter de Minimal Detection Bias een belangrijke rol.

Betekenis van de getallen in de KNA

In de KNA worden waarden genoemd bij nauwkeurigheid en precisie maar wordt geen uitspraak gedaan over het percentage metingen dat aan deze eis moet voldoen. Dit onderzoek gaat er van uit dat het de bedoeling van de KNA is dat zo veel mogelijk metingen binnen de norm zullen vallen, zonder over te moeten gaan op tijdrovende en complexe netwerkanalyses die buiten de competentie

van de meeste archeologen vallen. Dat wil dus zeggen dat een score van 68.3% van de metingen te laag is terwijl een score van 99.7% waarschijnlijk onhaalbaar is.

De waarden die in de KNA genoemd worden met betrekking op precisie worden gezien als 2 maal de standaardafwijking van de verwachtingswaarde.

Onderlinge zichtbaarheid

Van het meetsysteem wordt tevens "Onderlinge zichtbaarheid met het ongewapende oog." vereist. Op welke punten dit betrekking heeft wordt echter niet gespecificeerd. Met het oog op de noodzaak tot overtuiging wordt deze eis als volgt geïnterpreteerd.

Het meetsysteem wordt zodanig opgezet dat vanuit ieder grondslagpunt minimaal 3 andere grondslagpunten aan te meten zijn. Deze 3 punten liggen niet verder dan 150 meter verwijderd van het eerstgenoemde punt.

Interpretatie van de geometrische kwaliteitseisen

In het terrein worden meetbuizen uitgezet die gaan fungeren als meetkundige grondslag voor de archeologische opgraving. Aan de geometrische ligging van deze grondslag ten opzichte van de op te graven site worden geen eisen gesteld. Wel wordt geëist dat er minimaal vier grondslagpunten aanwezig zijn. De grondslagpunten hebben een standaardafwijking van maximaal 15 mm.

De grondslagpunten en alle daar van afgeleide punten worden ondergebracht onder de term hoofdmeetsysteem. Het hoofdmeetsysteem kan in coördinaten van het RD stelsel worden opgezet, maar dit mag ook een lokaal systeem zijn. Voorwaarde is dan wel dat het lokale systeem aangesloten wordt op het RD door middel van minimaal vier punten die zowel in het lokale als in het RD stelsel bekend zijn en zo ver mogelijk aan de buitenzijde van het lokale coördinaatstelsel liggen, gelijkmatig over de windrichtingen verdeeld. Deze aansluitingspunten worden in de KNA referentiepunten genoemd.

Hoogten worden, ongeacht het gebruikte referentiestelsel, altijd in NAP waarde gegeven. Binnen het hoofdmeetsysteem zijn altijd minimaal twee punten met een NAP waarde bekend. Deze punten hebben een standaardafwijking van maximaal 15 mm. Controle van de NAP punten vindt minimaal eenmaal per twee weken plaats en eenmaal bij het einde van het veldwerk.

Sporen en vondsten die worden ingemeten hebben een maximale standaardafwijking van 25 mm in het horizontale vlak.

De NAP waarden van vlakken, sporen en vondsten waarvan de hoogten worden ingemeten hebben een standaardafwijking van maximaal 25 mm. De NAP waarden worden afgerond op hele centimeters.

Het antwoord op de vragen "Wat zijn de geometrische kwaliteitseisen die de KNA stelt?" en "Wat is de betekenis van deze eisen?" kan als volgt worden samengevat:

Er moeten minimaal 4 grondslagpunten, bekend in het RD stelsel, bij een opgraving aanwezig zijn.

Er moeten minimaal 2 NAP punten bij een opgraving aanwezig zijn.

Bij gebruik van een lokaal meetstelsel moet aansluiting op het RD plaatsvinden middels minimaal 4 aansluitpunten.

Alle punten die onderdeel zijn van de meetkundige grondslag van de opgraving hebben een standaardafwijking van maximaal 15 mm in horizontale en verticale richting.

Alle punten die onderdeel zijn van detailmetingen aan archeologische objecten hebben een standaardafwijking van maximaal 25 mm in horizontale en verticale richting.

4.3 Enquête

De enquête is bij zes bedrijven en instellingen gehouden waarbij één gesprek telefonisch is gevoerd.

Resultaten van de enquête

Oplevering van de grondslaggegevens

Vraag	Antwoord	Aantal
<i>Wie heeft de grondslag uitgezet</i>	Extern (landmeetkundig) bedrijf	5
	Zelf	1
<i>Welke instrumenten zijn daarbij gebruikt</i>	GPS (geen controle met TS)	4
	Onbekend	2
<i>Hoe is de data opgeleverd</i>	Lijst met coördinaten en puntnummers (geen andere gegevens)	5
	Coördinaten en andere meetgegevens zoals hoeken en afstanden	1
<i>Zijn de punten vereffend</i>	Onbekend met het begrip	5
	Nee	1
<i>Is de standaardafwijking van de punten bekend</i>	Nee	6
<i>Is er een meetrapport opgeleverd</i>	Nooit	2
	Soms	4
	Altijd	0
<i>Wat is de projectie waarin de punten worden opgeleverd</i>	RD	5
	Onbekend	1
<i>Hoe ervaart respondent de betrouwbaarheid van de meetgegevens</i>	Klopt altijd	1
	Wisselend, maar klopt meestal	4
	Onbekend	1

Gebruik van meetgegevens bij het veldwerk

Vraag	Antwoord	Aantal
<i>Door wie worden hoofdmeetpunten (HMP) en opstelpunten (MP) uitgezet</i>	Extern (landmeetkundig) bedrijf	2
	Eigen medewerkers (archeoloog)	4
<i>Welke instrumenten zijn daarbij gebruikt (voor specificaties zie na deze tabel)</i>	Alleen GPS	1
	TS (met reflector)	5
<i>Door wie worden NAP punten uitgezet</i>	Extern (landmeetkundig) bedrijf	4
	Eigen medewerkers (archeoloog)	2
<i>Welke instrumenten zijn daarbij gebruikt (voor specificaties zie na deze tabel)</i>	GPS	2
	TS	3
	Waterpas	1
<i>Hoe wordt deze data opgeleverd</i>	Lijst met coördinaten en puntnummers (geen andere gegevens)	5
	Coördinaten en andere meetgegevens zoals hoeken en afstanden	1
<i>Worden de gegevens vereffend</i>	Nee	2
	Onbekend met het begrip	4
<i>Is de standaardafwijking van de punten bekend</i>	Nee	6
<i>Is er een meetrapport opgeleverd</i>	Nooit	4
	Soms	2
<i>Wat is de projectie waarin de punten worden opgeleverd</i>	Altijd in RD coördinaten, maar met non-earth projectie	5
	Soms in een lokaal systeem	1
<i>Is respondent bekend met landmeetkundige principes</i>	Metten van groot naar klein	1
	Betere betrouwbaarheid door overvloedigheid	1

	Onbekend met het onderwerp.	5
<i>Hoe ervaart respondent de betrouwbaarheid ten aanzien van de eisen in de KNA</i>	Onbekend	3
	Goed, want op de papieren tekeningen klopt het meestal	2
	Goed, want wij besteden alles uit	1

Gebruikte instrumenten en specificaties.

Bij de standaardafwijking voor de metingen is gekozen voor de specificaties van de fabrikant voor 'tracking' modus bij de 'Robotic' types en 'Rapid' modus voor de overige modellen.

Merk en type	Type meting	standaardafwijking absoluut	standaardafwijking relatief
Leica TPS803	Hoek	1 mgon	-/-
	Afstand	5 mm	2 ppm
Leica TPS407	Hoek	2 mgon	-/-
	Afstand	5 mm	2 ppm
Sokkia SRX5	Hoek	1.5 mgon	-/-
	Afstand	1.5 mm	2 ppm
Sokkia SET610	Hoek	1.9 mgon	-/-
	Afstand	5	5 ppm

Oplevering van de gegevens voor uitwerking en publicatie

Vraag	Antwoord	Aantal
<i>Hoe worden de gegevens opgeleverd?</i>	Als bestand met coördinaten en lijnen. Geen andere data.	5
	Als analoge tekening	1
<i>In welke projectie worden de tekeningen opgeleverd?</i>	Onbekend	1
	RD coördinaten, (non-earth projectie)	5
<i>Worden de meetgegevens gearhiveerd? (voor zover aanwezig)</i>	Ja, altijd	6
<i>Worden de meetgegevens gepubliceerd?</i>	Alleen als archeologisch object, niet als meetgegevens	6
<i>Worden de meetgegevens gedeponeerd? (Bijvoorbeeld bij EDNA)</i>	Nooit	5
	Soms	1

Opmerkingen van de respondenten

- Twee respondenten vinden X/Y nauwkeurigheid van 10 cm ook acceptabel.
- Één vindt dat blunders in het veld zichtbaar genoeg zijn en daarom verder niet gecontroleerd hoeven te worden.

Interpretatie van de enquête

Op de vraag "Wat zijn de gebruikelijke archeologische meetmethoden?" geeft de enquête een vrij consequent antwoord dat als volgt is samen te vatten:

Door een extern landmeetkundig bureau wordt met behulp van GNSS met Netwerk RTK een aantal punten uitgezet dat de meetkundige grondslag vormt van de opgraving. De X- en Y coördinaten worden vastgelegd in het RD stelsel, de hoogte in NAP. Controle van meetpunten vindt slechts plaats wanneer problemen in het veld worden opgemerkt, er worden niet bij voorbaat extra metingen verricht voor het introduceren van overtaligheid in het meetsysteem. De kwaliteit van de metingen wordt gezien als voldoende aan de eisen van de KNA.

Detailgegevens van de opgegraven sporen en vondsten worden soms analoog vastgelegd, maar meestal met behulp van een tachymeter. Controle van de metingen vindt slechts plaats wanneer afwijkingen tussen de sporen in het veld en de tekening worden opgemerkt. De kwaliteit van de metingen wordt gezien als voldoende aan de eisen van de KNA.

De vraag “Kan de kwaliteit van de archeologische metingen worden aangetoond?” moet hier ontkennend worden beantwoord. Er is geen sprake van overtuiging van waarnemingen of voorwaarden, waardoor toetsen van de geometrische kwaliteit niet mogelijk is. Bovendien worden meetgegevens als gemeten afstanden en hoeken niet bewaard, alleen resultaten in de vorm van berekende coördinaten weten de weg naar het archief te vinden. Zonder de achterliggende meetgegevens zijn deze coördinaten echter niet meer te controleren. De geometrische kwaliteit is daarom niet aantoonbaar.

Wat verder uit de enquête naar voren komt is dat er bij de uitvoerende archeologen over het algemeen weinig kennis bestaat over het fenomeen geometrische kwaliteit. Op een enkele uitzondering na, een landmeter die archeoloog is geworden, is men volledig onbekend met dit onderwerp.

4.4 Het model

Door de resultaten uit de voorgaande deelonderzoeken te combineren is een meetmodel van de werkzaamheden op een opgraving opgezet. Met dit model wordt antwoord gegeven op de vraag: “Is het mogelijk dat de gebruikelijke archeologische meetmethoden kunnen voldoen aan de eisen van de KNA?”.

Omdat de KNA wat betreft geometrische eisen geen onderscheid maakt tussen grote of kleine opgravingen is het model toegepast op een situatie die een middelgrote site vertegenwoordigt.

Voor het uitvoeren van controleberekeningen is het noodzakelijk dat er sprake is van enige overtuiging in de metingen. Dit model is daarom zo opgezet dat enkele meetpunten ‘toevallig’ gebruik maken van dezelfde grondslagpunten. In de praktijk zal dat niet altijd het geval zijn.

Parameters van het model

Bekende stations

De standaardafwijking van GNSS metingen met Netwerk RTK zijn ontleend aan het rapport “Kwaliteitsmeting Netwerk 06-GPS” van het Kadaster²⁴. De KNA stelt geen aparte eisen voor X- of Y coördinaten. De door Move3 berekende standaardafwijkingen van de X en Y coördinaat zijn daarom omgerekend naar die van de *ligging* van het punt. Hierbij is de *ligging* gedefinieerd als: $Ligging = \sqrt{(SA(x)^2 + SA(y)^2)}$. Deze *ligging* is vergeleken met de KNA eis van het betreffende punt, waarna bepaald is of het punt aan de eis voldoet of verworpen moet worden.

- Bekende Terrestrische coördinaten (X,Y) 0,009 m
- Bekende Terrestrische coördinaten (Hoogte) 0,013 m

Centreerfout en fout in instrument hoogte

Bij het kiezen van deze afwijkingen is in overweging genomen dat de personen die het instrument opstellen minder ervaren zijn dan een gemiddelde landmeter. Bovendien worden de instrumenten vaak noodgedwongen op instabiele grond opgesteld waardoor een kleine mate van verzakking niet te voorkomen is.

- Centreerafwijking 0,003 m
- Instrument hoogte afwijking 0,005 m

²⁴ J.M. van Miltenburg. *Kwaliteitsmeting Netwerk 06-GPS*. Kadaster, 2003, http://www.06-gps.nl/pdfs/Kwaliteitsmeting_Netwerk_06-GPS.pdf

Terrestrische waarnemingen

De standaardafwijking van de hoek- en afstandsmetingen met de tachymeter zijn afgeleid van de specificaties van de uit de enquête naar voren gekomen instrumenten. Hierbij is gekozen voor de minst nauwkeurige resultaten.

Het hoogteverschil is gebaseerd op een toegestane afwijking van 6mm/ $\sqrt{\text{km}}$. Invoering van dit getal in Move3 blijkt echter niet de bedoelde uitkomst te hebben. Door in Move3 te experimenteren met een waterpassing over 1 kilometer en een sluitfout van 6 mm is de in te voeren waarde zo dicht mogelijk benaderd.

- Richting, absoluut	0,002 gon
- Richting, relatief	0 ppm
- Afstand, absoluut	0,005 m
- Afstand, relatief	5,0 ppm.
- Hoogteverschil, relatief	1.78 mm / $\sqrt{\text{km}}$

Geometrische relaties

Voor de geometrische relaties zoals collineariteit zijn de standaardwaarden van Move3 overgenomen.

- Collineariteit	0.1 gon
- Afstand / collineariteit	0.015 m

Excentrische metingen

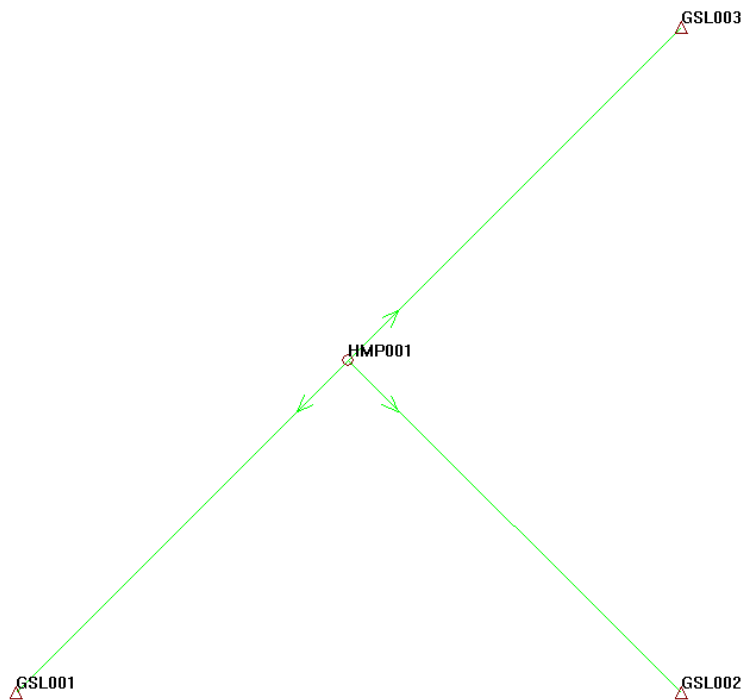
De standaardwaarden in Move3 zijn overgenomen.

- Meetbandafstand	0.01 m
- Bepaling voetpunt	0.01 m

Model van de gebruikelijke meetmethodiek op een archeologische opgraving

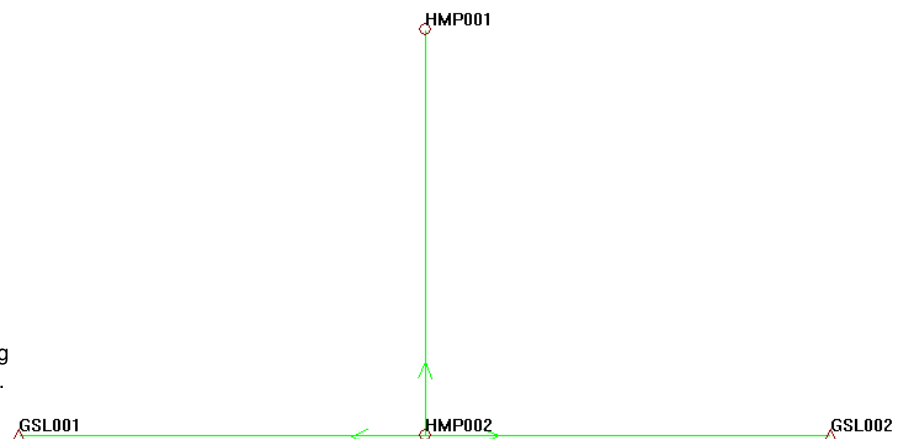
Het terrein van de opgraving heeft een oppervlak van 100x100 meter. In het terrein zullen in de nabije toekomst meerdere putten worden aangelegd. Op de vier hoeken van het terrein zijn grondslagpunten uitgezet met behulp van GNSS met Netwerk RTK.

De X- en Y coördinaten worden vastgelegd in het RD stelsel, de hoogte in NAP. De meetkundige grondslag wordt verdicht door een extra punt in te meten door een achterwaartse insnijding naar drie punten uit te voeren. (Figuur 21).



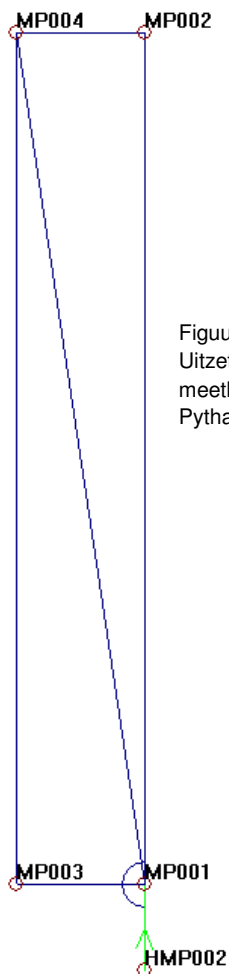
Figuur 21. Achterwaartse insnijding om de grondslag te verdichten

Aan de kopse kant van één van de opgravingsputten wordt nu, door middel van een achterwaartse insnijding naar de grondslagpunten GSL001, GSL002 en het net aangelegde HMP001, een meetpunt HMP002 aangelegd. Dit punt zal dienen als opstelpunt voor het meten van vondsten en sporen in de put (Figuur 22). Het punt bevindt zich een meter buiten de korte zijde en twee meter binnen één van de lange zijden van de putwand (zie ook Figuur 11).



Figuur 22. Achterwaartse insnijding voor het uitzetten van een opstelpunt.

Wanneer de metingen in de opgravingsput plaatsvinden wordt het instrument boven punt HMP002 opgesteld en georiënteerd met behulp van één van de nabijgelegen grondslagpunten.



Figuur 23.
Uitzetten van twee parallelle meetlijnen met meetband en Pythagoras.

In de opgravingsput wordt een meetpunt MP001 uitgezet met de tachymeter. Door vanaf de tachymeter door te zichten vanaf HMP002 naar MP001 en verder naar MP002, wordt een meetlijn gecreëerd die parallel loopt aan de putrichting. Met behulp van een meetband wordt parallel aan de meetlijn MP001-MP002 een meetlijn MP003-MP004 aangelegd. Controle van de rechthoek vindt plaats door ook de diagonalen met een meetband in te meten (Figuur 23).

Er wordt ook nog een vondst gedaan! : V001. Met een meetband wordt deze op het oog loodrecht ingemeten vanaf meetlijn MP003-MP004 (Figuur 24).

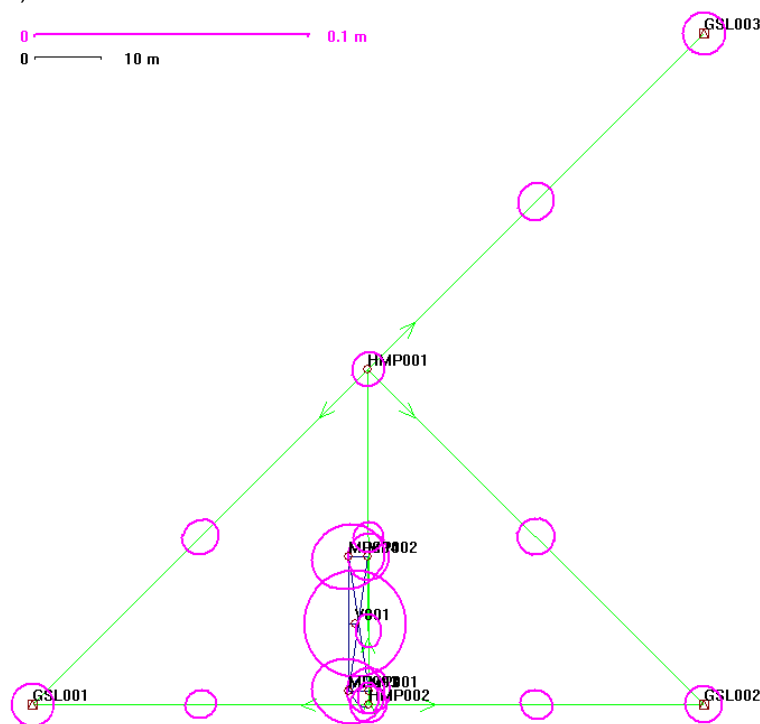
Figuur 24.
Inmeten van een vondst met een loodlijn vanaf meetlijn MP003-MP004.



Uitkomsten Move3

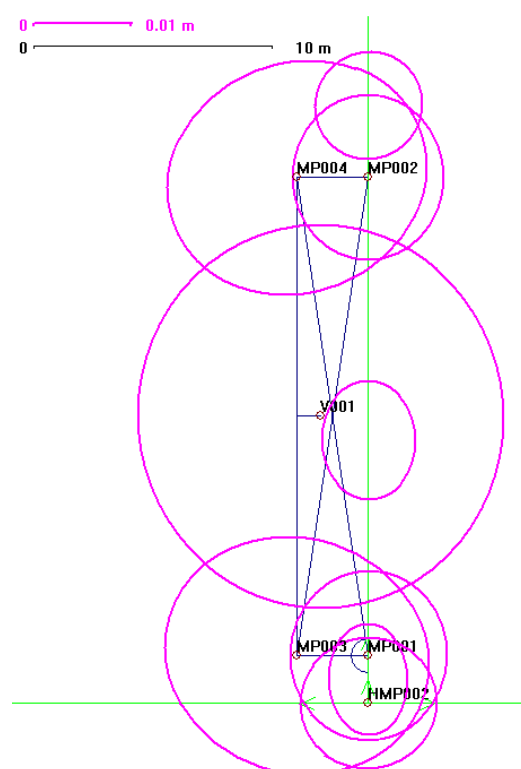
Model 1

Na het invoeren van de kansmodellen, coördinaten en waarnemingen uit het model is met Move3 een verkenningberekening met gewogen aansluiting uitgevoerd. Figuur 25 en 26 geven een grafisch overzicht van de uitkomsten die Move3 heeft berekend voor de metingen in het horizontale vlak (X en Y).



Figuur 25. Overzicht van de verkenningberekening in Move3.

Figuur 26. Uitsnede van figuur 25. De meetlijnen in de opgravingsput.

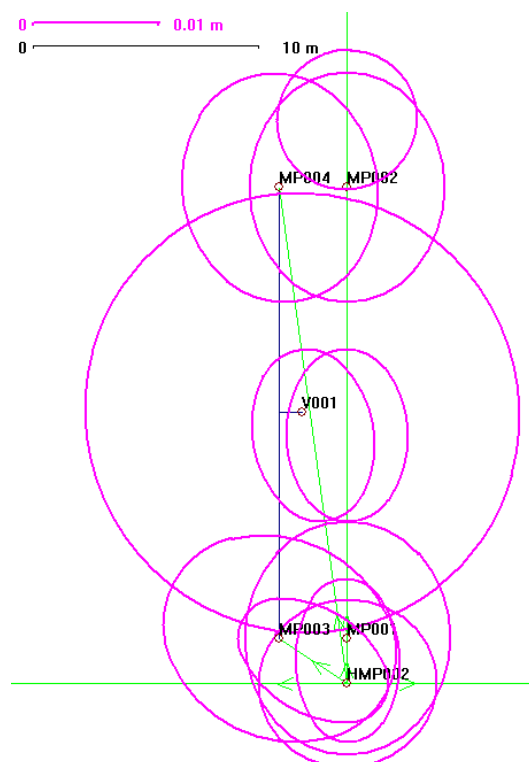


Tabel 1. Uitkomsten Model 1.

Station	Standaardafwijking (m)			MDB		KNA eis (m)	Voldaan?
	X	Y	Ligging	X	Y		
GSL001	0,0081	0,0081	0,0115	0.0839	0.0857	≤ 0,0150	Ja
GSL002	0,0071	0,0070	0,0100	0.0603	0.0596	≤ 0,0150	Ja
GSL003	0,0081	0,0081	0,0115	0.0857	0.0839	≤ 0,0150	Ja
HMP001	0,0063	0,0065	0,0091	-/-	-/-	≤ 0,0150	Ja
HMP002	0,0071	0,0067	0,0098	-/-	-/-	≤ 0,0150	Ja
MP001	0,0081	0,0088	0,0120	-/-	-/-	≤ 0,0150	Ja
MP002	0,0078	0,0086	0,0116	-/-	-/-	≤ 0,0150	Ja
MP003	0,0136	0,0122	0,0183	-/-	-/-	≤ 0,0150	Nee
MP004	0,0134	0,0121	0,0181	-/-	-/-	≤ 0,0150	Nee
V001	0,0189	0,0197	0,0273	-/-	-/-	≤ 0,0250	Nee

Opvallend is dat, hoewel de grondslag ruim aan de eisen van de standaardafwijking voldoet, de metingen in de opgravingsput moeten worden verworpen. De oorzaak hiervan is te vinden in de

methode waarmee de meetlijnen in de opgravingsput worden uitgezet. Het uitzetten van parallelle meetlijnen met behulp van meetlinten en de Stelling van Pythagoras, door archeologen vaak de 3-4-5 methode genoemd, is blijkbaar niet voldoende om aan de gestelde eis te kunnen voldoen.



Om dit te illustreren is van de situatie opnieuw een verkenningsberekening gemaakt waarbij ditmaal alle meetpunten in de opgravingsput zijn uitgezet met de tachymeter (Model 2). Het inmeten van de vondst wordt nog steeds gedaan met een loodlijn op een meetband. Uit de volgende tabel blijkt dat de metingen nu wel aan de KNA eisen kunnen voldoen. Omdat er vrijwel geen controlemogelijkheden zijn is het Minimal Detectable Bias van de grondslagpunten in beide modellen wel erg hoog: zes tot meer dan acht cm.

Figuur 27. Uitsnede Model 2.

Tabel 2. Uitkomsten Model 2

Station	Standaardafwijking (m)			MDB		KNA eis (m)	Voldaan?
	X	Y	Ligging	X	Y		
GSL001	0,0081	0,0081	0,0115	0.0839	0.0857	$\leq 0,0150$	Ja
GSL002	0,0071	0,0070	0,0100	0.0603	0.0596	$\leq 0,0150$	Ja
GSL003	0,0081	0,0081	0,0115	0.0857	0.0839	$\leq 0,0150$	Ja
HMP001	0,0063	0,0065	0,0091	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
HMP002	0,0071	0,0067	0,0098	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
MP001	0,0082	0,0093	0,0124	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
MP002	0,0078	0,0092	0,0121	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
MP003	0,0093	0,0084	0,0125	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
MP004	0,0079	0,0092	0,0121	-/-	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
V001	0,0174	0,0176	0,0247	-/-	-/-	$\leq 0,0250$	Ja

Bij het maken van de verkenningsberekening voor de hoogte zijn enkele tachymetrische metingen in Move3 vervangen door waterpassingen (Model 3). Hier is gekozen voor waterpassing omdat voor het nauwkeurig overzetten van een hoogte het gebruik van een waterpasinstrument de voorkeur heeft boven de tachymeter.

Vanuit het opstelpunt HMP002 worden de hoogten van GSL001 en GSL002 ingemeten, waaruit hoogte van HMP002 wordt afgeleid. De hoogte van vondst V001 is daarna direct met een waterpasinstrument ingemeten.



Figuur 28. Hoogtemetingen vanuit HMP002.

Tabel 3. Uitkomsten Model 3.

Station	Standaardafwijking (m)	MDB	KNA eis (m)	Voldaan?
GSL001	0,0092	0.0760	$\leq 0,0150$	Ja
GSL002	0,0092	0.0760	$\leq 0,0150$	Ja
HMP002	0,0092	-/-	$\leq 0,0150$	Ja
V001	0,0092	-/-	$\leq 0,0150$	Ja

Uit de tabel blijkt dat de door de KNA vereiste standaardafwijkingen haalbaar zijn. Ook hier is het MDB echter weer zeer hoog (7.6 cm).

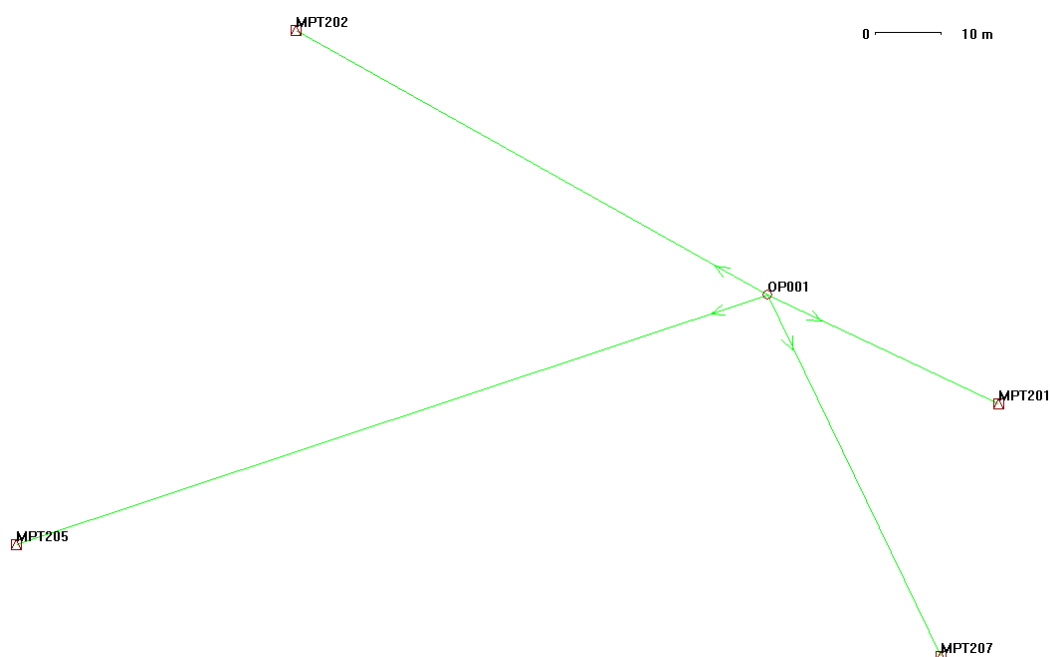
Hoewel de betrouwbaarheid van de 3 modellen gezien de hoge waarden bij het MDB zeer twijfelachtig is, kan de vraag "Is het mogelijk dat de gebruikelijke archeologische meetmethoden kunnen voldoen aan de eisen van de KNA?" onder voorwaarden bevestigend worden beantwoord.

Het is mogelijk dat de gebruikelijke archeologische meetmethoden kunnen voldoen aan de eisen van de KNA onder voorwaarde dat geen van de punten die onderdeel zijn van een meetkundige grondslag is uitgezet met behulp van een meetband.

Alleen landmeetkundige instrumenten als GNSS (met Netwerk-RTK), tachymeter en waterpas bieden bij het uitzetten van deze punten de nauwkeurigheid die nodig is om aan de eisen van de KNA te voldoen.

Vergelijking met de praktijk

De punten MPT202, MPT205 en MPT207 zijn met behulp van GNSS met Netwerk-RTK uitgezet door een landmeetkundig bedrijf. De tachymeter is vervolgens opgesteld boven punt MP001. De coördinaten van dit punt zijn verkregen door een achterwaartse insnijding naar de drie bestaande grondslagpunten.



Figuur 29. Achterwaartse insnijding en uitzetten van MPT201.

Op meetpunt MPT201 is later een meetbus ingeslagen waarvan de coördinaten worden ingemeten vanaf opstelpunt MP001.

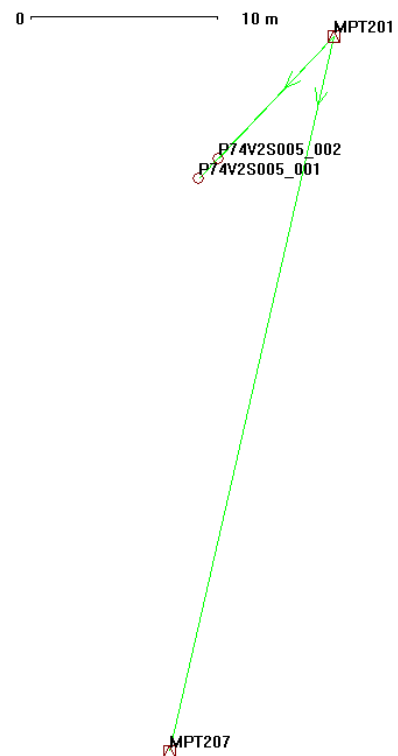
Daarna is het instrument opgesteld boven punt MPT201, waarbij de oriëntatie is bepaald door een backsight reading op MPT207.

In de opgravingsput zijn twee meetbuisjes ingeslagen die als basislijn dienen voor de analoge veldtekening van de resten van een middeleeuwse waterput.

Deze meetbuisjes zijn ingemeten met de tachymeter

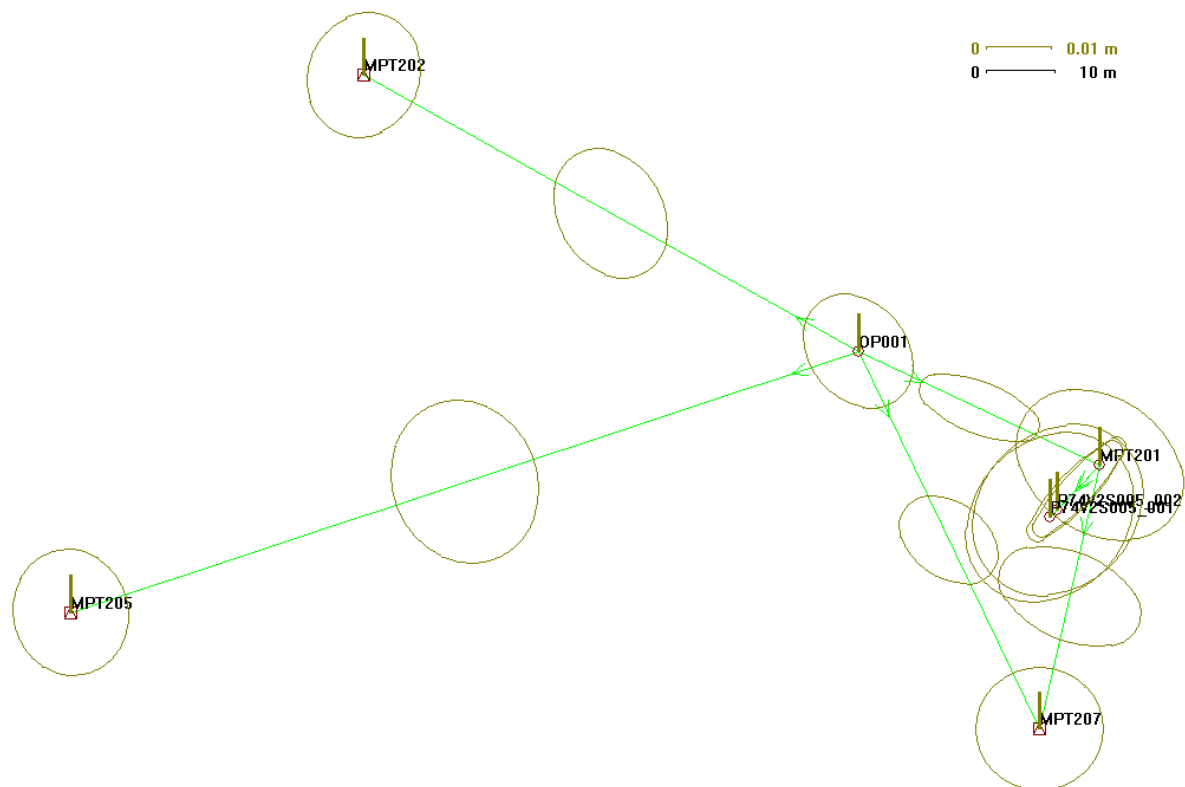
Er zijn geen waterpassingen uitgevoerd, alle NAP waarden worden met de tachymeter opgenomen. Gegevens van de gemaakte tekening zijn nog niet bekend.

In Move3 is een 3D verkenningberekening gedaan om te bepalen wat de standaardafwijking is van de meetbuisen in de opgravingsput. Het volledige resultaat is opgenomen in Bijlage C: (Verkenningberekening van de praktijksituatie).



Figuur 30. Oriëntatie van de tachymeter en inmeten van de meetbuisjes in de put.

Figuur 31. Move3 visualisatie van de praktijksituatie.



Tabel 4. Uitkomsten Move3 praktijksituatie

Station	Standaardafwijking (m)				MDB			Voldaan?
	X	Y	Ligging XY	Z	X	Y	Z	
MPT201	0,0116	0,0100	0,0116	0,0096	-/-	-/-	-/-	Ja
MPT202	0,0078	0,0085	0,0078	0,0090	0.0749	0.1190	0.0747	Ja
MPT205	0,0078	0,0087	0,0078	0,0091	0.0751	0.1369	0.0749	Ja
MPT207	0,0089	0,0085	0,0089	0,0088	0.2304	0.1125	0.0732	Ja
OP001	0,0078	0,0076	0,0078	0,0085	-/-	-/-	-/-	Ja
P74V2S005_001	0,0115	0,0111	0,0116	0,0119	-/-	-/-	-/-	Ja
P74V2S005_002	0,0116	0,0116	0,0117	0,0119	-/-	-/-	-/-	Ja

De resultaten van de verkenningsberekening komen goed overeen met de uitkomsten van model 2. Afgaand op de standaardafwijking van de verwachtingswaarde kan worden geconcludeerd dat de metingen aan de eisen van de KNA voldoen. Het Minimal Detectable Bias geeft echter een heel ander beeld. Een fout in de X-coördinaat van MPT207 is in dit model pas te ontdekken als deze meer dan 23 cm bedraagt en de coördinaten van de overige bekende punten hebben een MDB die nooit kleiner is dan 7 cm. De precisie is dus redelijk maar de betrouwbaarheid is laag.

De mogelijke oorzaken van de lage betrouwbaarheid zijn in dit geval:

- NAP waarden zijn ingewonnen met GNSS en overgezet met een tachymeter. Er is geen gebruik gemaakt van een waterpasinstrument dat daarvoor beter geschikt is.
- De achterwaartse insnijding van het opstelpunt OP001 is afgeleid van 3 bekende meetpunten. Gebruik van 4 meetpunten kan de overtuiging en precisie verhogen wat een betrouwbaarder resultaat geeft.
- De opstelling van de tachymeter bij de put is door middel van een backsight reading gedaan. De betrouwbaarheid van hoeken is dan zeer laag. Een veel betrouwbaarder methode is de achterwaartse insnijding, afgeleid van 4 bekende meetpunten.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De uitvoering van een opgraving is gebonden aan minimale kwaliteitseisen die zijn vastgelegd in de Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA). De huidige KNA (versie 3.2) omvat ook een aantal eisen op het gebied van geometrische kwaliteit. Vanuit een geodetisch standpunt zijn deze geometrische kwaliteitseisen echter onduidelijk geformuleerd.

Om te onderzoeken of de gebruikelijke meetmethoden op een archeologische opgraving in Nederland aan de eisen van de KNA kunnen voldoen zijn deze eisen eerst vertaald naar begrippen die in de geodesie betekenisvol zijn. Er is een meetmodel gemaakt van de gebruikelijke archeologische meetmethoden. De betrouwbaarheid van de meetmethode is getest door verkenningberekeningen uit te voeren in Move3. Het meetmodel is vergeleken met een praktijksituatie om het model te toetsen.

Uit de verkenningberekeningen blijkt dat eisen die de KNA stelt aan de geometrische kwaliteit theoretisch haalbaar zijn. Het blijkt echter ook dat in de praktijk meer aandacht moet worden besteed aan de betrouwbaarheid van de metingen voordat ook kan worden aangetoond dat de eisen gehaald zijn. Dit is echter op dit moment niet mogelijk omdat daarvoor de gegevens ontbreken. In de archeologische praktijk wordt namelijk geen aandacht besteed aan overtuigbaarheid en geometrische voorwaarden waardoor testen van de kwaliteit niet kan plaatsvinden.

Tot op heden heeft toetsing van de geometrische kwaliteit dan ook niet plaatsgevonden, wat leidt tot de conclusie dat archeologische opgravingen in Nederland niet aan de kwaliteitseisen van de KNA voldoen.

Bij de betrouwbaarheid van de bronnen die worden gebruikt bij het maken van een archeologische verwachtingskaart ontstaat het zelfde beeld. Door onbekendheid met geometrische of cartografische kwaliteit wordt weinig aandacht besteed aan de invloed die de kwaliteit van de bronnen heeft op het eindproduct. Het vertalen van deze vaak kleinschalige bronnen naar een lokale kaart met hoge precisie is technisch eenvoudig, maar levert een onbetrouwbaar eindproduct.

Uit een enquête onder een zestal veldarcheologen blijkt dat de oorzaak van deze lacune hoogstwaarschijnlijk ligt in het gebrek aan kennis dat archeologen hebben op het gebied van geometrische kwaliteit. Tijdens de opleiding wordt alleen aandacht besteed aan basiskennis van et landmeten, controle en toetsing zijn daarvan geen onderdeel. Daarbij komt nog dat er zeer weinig literatuur te vinden over de meetmethoden op een opgraving.

Nu is het niet de bedoeling dat archeologen tevens worden opgeleid tot landmeter, maar een beter inzicht in de procedures en methoden voor het opzetten van een betrouwbaar meetsysteem is wel noodzakelijk.

5.2 Aanbevelingen

Verbeteren van de betrouwbaarheid van metingen op de opgraving

- In eerste instantie is het aan te bevelen om bij degenen die de meetkundige grondslag hebben aangelegd altijd te vragen om de achterliggende meetgegevens. Ook een meetrapport waarin staat of en hoe er vereffend is en wat dit betekent voor de nauwkeurigheid van de gegevens zou door hen eigenlijk standaard opgeleverd moeten worden.
- Er moeten minimaal 4 grondslagpunten, bekend in het RD stelsel, bij een opgraving aanwezig zijn.
- De grondslagpunten bevinden zich in geometrische zin gunstig verspreid aan de buitenste randen rondom de hele beoogde site.
- Bij gebruik van een lokaal meetstelsel moet aansluiting op het RD plaatsvinden middels minimaal 4 aansluitpunten.
- Er moeten minimaal 2 NAP punten bij een opgraving aanwezig zijn.
- Deze NAP punten moeten door middel van een doorgaande waterpassing (heen en terug) tussen twee bestaande NAP peilmerken bepaald.
- NAP metingen dienen met een waterpas worden overgezet, niet met een tachymeter.
- Het opstellen van een tachymeter kan alleen plaatsvinden met behulp van een achterwaartse insnijding aan de hand van minimaal 4 bekende meetpunten.
- Er moeten maatregelen getroffen worden om overtaligheden en voorwaarden van het meetsysteem te vergroten.

Verbeteren van de kennis van geometrische kwaliteit onder archeologen

- De opleiding van nieuwe archeologen zou uitgebreid moeten worden met kennis van het toetsen van een meetkundige grondslag. Een praktische aanpak van het onderwerp kan daarbij zorgen dat dit geen jarenlange studie hoeft te betekenen. De gebruikersvriendelijkheid van moderne meetinstrumenten en bijgeleverde software maakt het ook voor niet-landmeters mogelijk om de betrouwbaarheid van een meetsysteem te toetsen zonder diepgaande kennis te hebben van de achterliggende wiskunde.
- Al opgeleide archeologen zouden de mogelijkheid moeten krijgen de nodige kennis alsnog op te doen. Een mogelijkheid hierbij is het postacademisch scholingstraject archeologie (PASTA), dat al enkele jaren cursussen aanbiedt waarmee de vakkennis van archeologen wordt aangevuld.
- Een instrument dat waarschijnlijk zeer geschikt is om de meetmethoden op de opgraving te verbeteren is de Archeologische Leidraad.

De Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB), die de leidraden beheert, omschrijft deze als volgt:

*'In de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) wordt verwezen naar een aantal leidraden op plekken waar deze een relevante aanvulling vormen in de toepassing van methoden en technieken. Leidraden kunnen beschouwd worden als een best practice voor specifieke onderdelen binnen archeologisch onderzoek. In principe zijn leidraden vrijwillig te gebruiken, maar het gebruik ervan kan verplicht gesteld worden door middel van het Programma van Eisen (PvE). [...].'*²⁵

Een voorstel voor de opzet van een Archeologische Leidraad "Geometrische Kwaliteit" is daarom opgenomen in Bijlage D.

²⁵ Bron: SIKB, <http://www.sikb.nl/pagina.asp?id=183&L=2>, laatste raadpleging 21-02-2011

Bronnen en geraadpleegde literatuur

Internetbronnen

- Dinoloket. <http://www.dinoloket.nl/nl/DINOMap.html>
- GBKN productinformatie, <http://www.gbkn.nl/nieuwewebsite/html/productinformatie.html>
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie (NOaA). www.noaa.nl
- The Norfolk Archaeology Trust. www.norfarthrust.org.uk
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE). www.cultureelerfgoed.nl
- SIKB, <http://www.sikb.nl>
- Steunpunt Archeologie Limburg, <http://www.sam-limburg.nl>
- Wetten en regelgeving. [Overheid.nl](http://www.Overheid.nl)

Literatuur

- J.E. Alberda en J.B. Ebbinge (2003); *Inleiding Landmeetkunde*
- Q. Bourgeois (2008); *Grafheuvelonderzoek in Nederland: een gedane zaak?* Vitruvius 4
- J. de Bruin (2011); *Syllabus Praktijkopleiding*; Universiteit Leiden, Faculteit der Archeologie, 2011.
- M. Doneus & C. Brieseman (2005); *Full-waveform airborne laser scanning as a tool for archaeological reconnaissance*. http://w3.rieggl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/Doneus_ROME_01.pdf
- H. Kamermans, M. Verbruggen en J.A. Schenk (1993); *Who will make the drawings?* In: Computer Applications and Quantitative Methods 1993. BAR International Series 598, 1995.
- Gary Lock (2003); *Using Computers in Archaeology; Towards Virtual Pasts*. Routledge, London.
- J.M. van Miltenburg (2003); *Kwaliteitsmeting Netwerk 06-GPS*. Kadaster, 2003, http://www.06-gps.nl/pdfs/Kwaliteitsmeting_Netwerk_06-GPS.pdf

Verklarende woordenlijst

Sommige begrippen hebben een verschillende betekenis in een geodetische of archeologische context. Begrippen die hier een specifiek archeologische betekenis hebben worden aangeduid met [a] achter het begrip, die met een specifiek geodetische betekenis met [g].

Woorden die *cursief* zijn weergegeven verwijzen naar begrippen in de verklarende woordenlijst.

Archeologische Monumenten Kaart (AMK); een archeologische beleidskaart met een overzicht van alle bekende beschermde archeologische monumenten en overige behoudenswaardige locaties in een bepaald gebied.

Grondslagpunt [a]; In RD coördinaten ingemeten punten waarvan *hoofdmeetpunten*, *meetpunten* en *opstelpunten* van de opgraving afgeleid kunnen worden.

Hoofdmeetpunt [a]; Een meetpunt in het RD stelsel, dat uitsluitend is afgeleid van *grondslagpunten*.

IKAW, Indicatieve Kaart Archeologische Waarden; een door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed geproduceerde kaart op landelijk niveau met de verwachte relatieve of absolute dichtheid van (bepaalde) archeologische verschijnselen in de bodem. Hij is gebaseerd op een GIS analyse met een beperkt aantal variabelen en op expert-judgement.

KNA; Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie

Laag; Een over een meer of minder groot oppervlak vervolgbare grondeenheid die op grond van archeologische of geologische gronden als eenheid wordt onderscheiden.

Meetlijn [a]; Een direct van de hoofdmeetlijn afgeleide meetlijn in een onderzoekseenheid (opgravingsput), van waar uit metingen worden genomen zolang de onderzoekseenheid in bewerking is. Meetlijnen lopen parallel aan, of staan haaks op de hoofdmeetlijn.

Meetpunt [a]; Een meetpunt in een lokaal stelsel dat is afgeleid van *hoofdmeetpunten* en *grondslagpunten*.

Opgravingsput; afzonderlijke werkeenheid binnen een opgraving.

Opgravingsvlak; kunstmatig niveau waarop grondsporen worden waargenomen, geïnterpreteerd en getekend.

Opstelpunt; Een meetpunt in een lokaal stelsel dat is afgeleid van *hoofdmeetpunten* en *grondslagpunten* met als doel het opstellen van landmeetkundige instrumenten.

Site [a]; een plaats waar in het verleden menselijke activiteiten hebben plaatsgevonden.

Spoor; een ruimtelijk, duidelijk begrensbaar verschijnsel van antropogene oorsprong (bijvoorbeeld een paalkuil, lijksilhouet, of muur) of natuurlijke oorsprong (bijvoorbeeld een boomval). Binnen een spoor kunnen verschillende, duidelijk te onderscheiden eenheden voorkomen.

NAP punt; [a] een van een officieel peilmerk afgeleid punt in het onderzoeksgebied dat dient als uitgangspunt voor hoogtebepalingen.

Verwachtingskaart; Een kaart waarop verwachtingen met betrekking op de situering en mate van voorkomen van nog onbekende vindplaatsen zijn weergegeven in termen van vlakken en zones (ook: potentiekaart, basiskaart, IKAW, archeologische beleidskaart).

Vondstcomplex; verzameling van alle archeologische vondsten uit één context.

Vondst; alle soorten mobilia: roerende of geroerd geraakte onderdelen van onroerende goederen afkomstig van archeologisch veldwerk of bestaande collecties.

Wettelijke bescherming; de aanwijzing van archeologische monumenten op grond van de Monumentenwet 1988.

Bijlagen

Bijlage A: Enquêteformulier

Fase I. Oplevering van de grondslaggegevens vóór aanvang van de archeologische opgraving

Wijze van oplevering	Ruwe data

Uitzetten grondslag		
datum	Uitvoerder	Methode / instrument, toleranties.

Vereffening, methode	Vereffend
<i>Bekend/ onbekend, evt. software.</i>	

standaardafwijking grondslagpunten bekend		
X	Y	NAP

Projectie

Meetrapport

Interpretatie betrouwbaarheid door opgravende instantie

Fase II. Gebruik van de grondslaggegevens bij het veldwerk

Uitzetten		
	Vereffening	Instrument
NAP		
HMP		
MP		

Instrument	Merk	Type	Kalibratie	Toleranties
(R)TS				
dGPS				
Waterpas				

standaardafwijking meetpunten bekend		
NAP	HMP	MP

Projectie	
NAP	
HMP	
MP	
Site	

Meetrapporten
<i>Aan/afwezig, compleetheid.</i>

Inwinning, landmeetkundige principes
<i>Bekendheid met, gebruik.</i>

Interpretatie eigen betrouwbaarheid t.o.v. KNA eisen
<i>GSP 30mm, min 4</i> <i>NAP 30mm, min 2</i> <i>v/sp 50 mm</i> <i>h 50 mm</i>

Fase III. Uitwerking en publicatie van de ingewonnen gegevens

Wijze van oplevering t.b.v. uitwerking	Ruwe data
<i>Ruwe data, coördinaten, standaardafwijking.</i>	

Projectie, transformaties
<i>Bekend / onbekend, welke projectie.</i>

Gegevens	Gepubliceerd	Gedeponeerd	Gearchiveerd
Grondslag			
Meetrapporten			
Ruwe data			

Reserve

Opmerkingen, vragen

Bijlage B: Specificaties KNA 3.2, Deel I, protocol 4002 en 4004.

PROTOCOL 4002 BUREAUONDERZOEK

KNA VERSIE 3.2

LS01 afbakenen plan- en onderzoeksgebied; vaststellen consequenties toekomstig gebruik

Toelichting

Met de afbakening van het (*bureau*)onderzoeksgebied wordt het gebied aangeduid, waarvan de gegevens over de historische situatie, bekende archeologische waarden en verwachtingen gebruikt gaan worden in het bureauonderzoek. Dit gebied kan groter zijn dan het plangebied. De omvang daarvan wordt bepaald en gemotiveerd door de uitvoerder van het bureauonderzoek. Richtlijnen zijn niet op voorhand te geven; de begrenzingen hangen af van de mate en aard van de informatie, die verwacht worden.

Het mogelijk toekomstig gebruik van het onderzoeksgebied kan bepalend zijn voor het eventuele navolgende onderzoek (inventariserend veldonderzoek, fysiek beschermen of opgraven). De wijze waarop het gebied wordt ingericht, kan bijvoorbeeld betekenen dat bekende en/of verwachte archeologische waarden (deels of geheel) onaangetast (kunnen) blijven. Ook kan besloten worden de inrichting dusdanig aan te passen, dat de bekende en/of verwachte archeologische waarden alsnog (deels of geheel) onaangetast (kunnen) blijven.

Producten

- Topografische kaart of tekst met begrenzing van het geografische *plangebied*;
- Topografische kaart of tekst met de begrenzing van het *onderzoeksgebied* waarvan de gegevens bepalend zijn voor het bureauonderzoek;
- Kaart of tekst over het mogelijk toekomstig gebruik.

N.B.: Het is mogelijk om deze producten te combineren.

Kwaliteitseisen

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Afbakening plan- en onderzoeksgebied	- Nauwkeurige begrenzing van het plan- en onderzoeksgebied in tekst of beeld, analoog of digitaal; - Gebruik maken van actuele topografische kaarten en/of kadasterkaarten.
Toekomstige situatie	- Gebruik maken van de meest recente en betrouwbare gegevens; - Bij de opdrachtgever worden, indien relevant en/of reeds beschikbaar, de volgende gegevens opgevraagd: - het ontwerp c.q. inrichtingsplan; - wat is de aard van de toekomstige situatie (diepploegen, gewas, woonwijk, vaargeul, recreatieplas)?; - de milieutechnische condities, bijvoorbeeld de milieuhygiëne; - de aard en omvang van de toekomstige verstoring: -wordt bodem verwijderd (waar, hoe en hoe diep) of opgebracht (waar en hoeveel, tijdelijk gronddepot)?; -wordt grondverbetering toegepast?; -worden kanalen, sloten en/of greppels gedempt?; -waar is de toekomstige infrastructuur (onder- en bovengronds) gepland?; -waar is de toekomstige verharding gepland?; -kwaliteitseisen aan Synthese (deel 1) waar zijn de toekomstige waterlopen/vaargeulen gepland en is daarbij sprake van benodigde werken (duikers, verbreding waterlopen etc.)?; - Wat is de stand van het waterpeil c.q. bodempeil in het betreffende gebied en omgeving en verandert deze door de geplande ingrepen?; - Wie wordt de toekomstige gebruiker (van belang m.b.t. bescherming en/of beheer)?

LS02
Beschrijven huidig gebruik

Toelichting

Voor de uitkomst van het bureauonderzoek en de bepaling van het (eventuele) vervolg van het voortraject (inventariserend veldonderzoek) is het van belang de huidige situatie vast te stellen. Bodemverontreiniging, gebruik, bebouwing, maar ook de aanwezigheid van bijvoorbeeld een hoogspanningsleiding kunnen de onderzoeksstrategie van vervolgtactiviteiten (mede) bepalen. Daarnaast kan dit mede bepalend zijn voor de archeologische verwachting (bijvoorbeeld bollenteelt als indicatie voor diepploegen). Geef ook aan of er binnen het plan- en onderzoeksgebied historisch waardevolle bouwwerken liggen.

Producten

- Tekst en/of kaart van het onderzoeksgebied met exacte gegevens over de huidige situatie van het terrein, met legenda en toelichting.

Kwaliteitseisen

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Beschrijving van de huidige situatie	- Gebruik maken van de meest recente gegevens (vigerend bestemmingsplan, actuele uitgave topografische kaart, kadastrale gegevens, e.d.); - Gegevens omtrent de huidige situatie omvatten, indien bekend: - het huidige (bodem)gebruik, eventueel aan te vragen bij de gemeente, opdrachtgever en/of beheerder/eigenaar van de grond; - een actuele plattegrond van de huidige inrichting. De huidige grondwaterstand wordt bepaald aan de hand van voorhanden zijnde gegevens of door navraag; - aanwezigheid constructies, met inbegrip van kelders en andere ondergrondse (kunst)werken (bijvoorbeeld funderingen), aan- of afwezigheid van (en de aard van) verhardingen, tanks, kabels en leidingen (boven- en ondergronds; KLIC-melding), aangevraagd bij de gemeente en/of huidige gebruiker/eigenaar. - Controle gegevens aan de hand van een bezoek aan de locatie.

LS03

Beschrijven historische situatie en mogelijke verstoringen

Toelichting

Het beschrijven van de historische situatie dient meerdere doelen. Er wordt archeologisch inhoudelijk gekeken of eventueel sprake is van historische bebouwing, mogelijke vaarwegen en/of subrecent gebruik, waarbij vastgesteld moet worden of sprake is van verstoringen (bijvoorbeeld ontgravingen, stortingen en verhardingen). Belangrijk is niet alleen te vermelden welke informatiebronnen zijn gebruikt, maar ook welke *niet* zijn gebruikt, bijvoorbeeld: 'Vermoed wordt dat in het verleden grond is afgegraven, maar de vorige eigenaar is niet benaderd om dit te verifiëren'.

Producten

- Tekst en/of kaart van het plan- of onderzoeksgebied met exacte gegevens over de historische situatie, met legenda en toelichting.

Kwaliteitseisen

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Verzamelen gegevens	Kennis m.b.t. de historische situatie kan verkregen worden door raadpleging van alle voor het betreffende gebied voorhanden zijnde naslagwerken en beeldmateriaal op verschillende schaalniveaus en van verschillende disciplines, waaronder geofysische, historisch-geografische en fysisch-geografische. Te denken valt aan: - bodemkaart van Nederland, schaal minimaal 1:50.000; - oud(st)e kadasterkaarten; - topografische kaart van Nederland; - indien beschikbaar, historische kaarten van Nederland en andere relevante historische kaarten; - indien beschikbaar, relevant beeldmateriaal voor bouwhistorie. Te denken valt aan bouw-/ constructietekeningen van te slopen of te wijzigen historische bouwwerk(en); - indien beschikbaar, gegevens van milieukundig bodemonderzoek; - gebiedsspecifiek materiaal; - beschikbare lucht- en satellietfoto's; - Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN); - archieven; - eigenaar en gebruiker. Er dient een beredeneerde keuze van geraadpleegde bronnen gemaakt te worden.
Specificatie van de historische situatie	Bij de onderbouwing van de weergave van de historische situatie dient duidelijk aangegeven te worden welke bronnen voor welke conclusie zijn gebruikt. Daarbij dient tevens te worden aangegeven welke informatie <i>niet</i> is gebruikt, of niet voorhanden is, of als onbetrouwbaar terzijde is gelegd. De volgende gegevens dienen, indien bestaand, vermeld te worden: - aard van het historische gebruik (bebouwing, landbouwgrond, historische wegen, etc.); - aard van verstoring (funderingen, kabels en leidingen, sloten); - aard en mate van vervuiling; - omvang (zo mogelijk in drie dimensies); - diepteligging (zichtbaar, niet-zichtbaar); - locatie binnen de kadasterkaart.

LS04

Beschrijven bekende archeologische, ondergrondse bouwhistorische en aardwetenschappelijke waarden

Toelichting

Voor de uitkomst van het bureauonderzoek en de bepaling van het (eventuele) vervolg van het voortraject (inventariserend veldonderzoek), is het van belang de bekende archeologische waarden en ondergrondse bouwhistorische waarden (al dan niet volledig onderzocht) te beschrijven. Kennis daaromtrent bepaalt mede de onderzoeksstrategie van vervolgvactiteiten.

De kwaliteitseisen vormen een ideaaltypische opsomming. Het is per project verschillend welke onderdelen ook werkelijk een rol spelen in het onderzoek. Dit heeft onder andere te maken met de beschikbaarheid van kaarten en/of documentatiemateriaal.

Producten

- Kaart of tekst met bekende archeologische waarden;
- Kaart of tekst met bekende bouwhistorische waarden
- Kaart of tekst met aardwetenschappelijke gegevens.

Kwaliteitseisen

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Verzamelen archeologische en ondergrondse bouwhistorische gegevens	- Altijd dient geraadpleegd te worden: - Archeologische Monumenten Kaart (AMK); - Archis; - (historische) kaarten; - gemeentelijke beleids/verwachtingskaarten (indien aanwezig). - Daarnaast dient een beredeneerde keuze gemaakt te worden uit: - Centraal Monumenten Archief (CMA); - Centraal Archeologisch Archief (CAA); - Cultuur Historische Waardenkaart CHW (gemeentelijk of provinciaal); - Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN); - literatuur (ook specialistische); - amateur-archeologen; - gebiedsgerichte specialisten; - archieven; - (provinciale) depots; - NUMIS.³ - Voor ondergrondse bouwhistorische gegevens dient altijd te worden geraadpleegd: - KennisInfrastructuur CultuurHistorie (KICH).⁴
Kaart met bekende archeologische waarden	- Begrenzing archeologische terreinen (volgens bestaande bronnen); - Specifiek nummer van de terreinen (voor verwijzing naar beschrijving); - Waarnemingen/losse vondsten; - Specifiek nummer waarneming(en) of losse vondst(en) voor verwijzing naar beschrijving; - Opsteller kaart; - Legenda; - RD-coördinaten; - Schaal; - Oriëntatie.

³ <http://www.numis.nl>

⁴ <http://www.kich.nl>

Vervolg kwaliteitseisen

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Beschrijving van bekende archeologische en ondergrondse bouwhistorische waarden	- OM-nummer of monumentnummer (voor zover het terrein een nummer heeft); N.B.: bij grote hoeveelheden Archismeldingen moet een gerichte samenvatting worden gegeven; - Status en/of waarde terrein(en) (voor zover bekend op grond van AMK); - Gemeente; - Plaats; - Toponiem; - Kaartblad; - Coördinaten volgens bestaande bronnen (met vermelding type); - Vorm van bescherming; - Aard terrein(en); - Datering van de vindplaats(en); - Omschrijving/toelichting terrein(en) en/of vindplaats(en); - Bron (o.a. hoe is verzameld); - Omschrijving bouwhistorische waarden; - Vermeld van ondergrondse bouwhistorische waarden: (rijks)monumentnummer, straat en huisnummer, coördinaten.
Verzamelen relevante aardwetenschappelijke gegevens	- Bij het opstellen van een archeologische verwachting wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de relatie die bestaat tussen de situering van de archeologische vindplaatsen en het landschap, of zelfs specifieke landschapselementen. Deze relatie (locatiekeuzefactoren) verschilt per archeologische periode en per complextype. Kennis van de geologie, bodem en hydrologie van het onderzoeksgebied is onontbeerlijk. Deze kan verkregen worden door raadpleging van naslagwerken en kaartmateriaal op verschillende schaalniveaus. De geraadpleegde aardkundige gegevens dienen te leiden tot een helder en consistent verhaal aan de hand waarvan uitspraken kunnen worden gedaan over de gebruiksmogelijkheden van het landschap door de mens in verschillende relevante perioden en voor verschillende relevante activiteiten. Te raadplegen kaarten zijn, indien bestaand: - Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW) of meer gedetailleerde kaart (indien voorhanden); - Geologische kaart van Nederland; - Bodemkaart van Nederland; - Geomorfologische kaart van Nederland, schaal minimaal 1:50:000. - Daarnaast dient een beredeneerde keuze gemaakt te worden uit: - Beschikbare lucht- en satellietfoto's; - Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN); - Hoogtekaarten en -bestanden; - Gebiedsgerichte aardwetenschappelijke artikelen; - Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINO). N.B.: bovenstaande opsomming is niet limitatief.

OS02

Hoofdmeetsysteem, afgeleid meetsysteem, vast NAP-punt

Toelichting

Er kan verschil gemaakt worden tussen een hoofdmeetsysteem en een afgeleid meetsysteem. Van het hoofdmeetsysteem zijn minimaal vier punten in RD vastgelegd.

Op de grondslagpuntenkaart of in een meetsysteemrapport dient ook de meetmethode en de gebruikte apparatuur vermeld te worden.

Bouwstenen

- Grondslagpunt
- Grondslagpuntenkaart
- Referentiepunten

Kwaliteitseisen aan uitvoering

onderdeel	kwaliteitseis(en)
Grondslagpunten	- Een precisie van 30 mm.
Meetsysteem	- Relateren aan grondslagpunten. - In het veld markeren. - Minimaal 4 grondslagpunten. - <u>Onderlinge zichtbaarheid met het ongewapende oog.</u>
NAP-punten	- Een precisie van 30 mm. - Minimaal 2 vaste punten. - IJken: minimaal eenmaal per twee weken en eenmaal bij einde veldwerk.

OS03 Aanleggen vlakken

Toelichting

Bij het aanleggen van vlakken spelen veel overwegingen een rol. De expertise van de KNA-archeoloog Ba is daarbij van groot belang. Uitgangspunt is dat de vorm en interpretatie van de sporen en structuren minimaal door de KNA-archeoloog Ba of Senior Veldtechnicus moeten worden vastgesteld. Daarna kan teken- en documentatiewerk worden overgenomen. Dat is de reden voor de regel dat sporen moeten zijn ingekrast (door minimaal de KNA-archeoloog Ba of Senior Veldtechnicus) voordat ze worden getekend.

Bouwstenen

- Put
- Puttenkaart
- Vlak
- Vlakkenkaart

Kwaliteitseisen aan uitvoering

onderdeel	kwaliteitseis(en)
Aanleggen vlakken	- Vlak c.q. niveau moet leesbaar zijn. - Vondsten en sporen moeten in te meten zijn met een minimale nauwkeurigheid van 5 cm.

OS06
Hoogtemetingen van vlakken, sporen en/of vondsten

Toelichting

Hoogtemeting van vlakken en grondsporen heeft als doel de onderlinge relatie van de verschillende elementen in het verticale vlak te kunnen vaststellen.

Bouwsteen

- Spoor_hoogte
- Vlak_hoogte
- Punt_locatie
- Vak_hoogte

Kwaliteitseisen aan uitvoering

onderwerp	kwaliteitseis(en)
Hoogtemeting	- Hoogtematen worden uitgedrukt in hele centimeters + (plus) of - (min) NAP. - Hoogtes van vlakken waterpassen met minimaal één meting per 25 m². - Minimale nauwkeurigheid van 5 cm.

Bijlage C: Uitkomsten Move3

Verkenningberekening van de meetmodellen

Bij de berekeningen in Move3 zijn de volgende instellingen bij alle modellen gelijk:

Projectie en ellipsoïde constanten

Projectie	RD	
Lengte oorsprong/centrale meridiaan	5 23 15.50000 O	
Breedte oorsprong	52 09 22.17800 N	
Projectie schaalfactor	0.999907900	
Translatie Oost	155000.0000	m
Translatie Noord	463000.0000	m
Ellipsoïde	Bessel 1841	
Halve lange as	6377397.1550	m
Inverse afplatting	299.152812800	

Invoer benaderde terrestrische coördinaten

Station	X Oost (m)		Y Noord (m)		Hoogte (m)		Id.Sa XY (m)	Id.Sa h (m)	
GSL001	0.0000	*	0.0000	*	5.0000	*	0.0000	0.0000	bekend
GSL002	100.0000	*	0.0000	*	5.0000	*	0.0000	0.0000	bekend
GSL003	100.0000	*	100.0000	*	5.0000	*	0.0000	0.0000	bekend
HMP001	50.0000		50.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
HMP002	50.0000		0.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
MP001	50.0000		2.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
MP002	50.0000		22.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
MP003	47.0000		2.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
MP004	47.0000		22.0000		5.0000		0.0000	0.0000	
V001	48.0000		12.0000		5.0000		0.0000	0.0000	

Invoer standaardafwijkingen van bekende stations

Station	Sa X Oost (m)		Sa Y Noord (m)		Sa Hoogte (m)		
GSL002	0.0090	*	0.0090	*	0,0130	*	bekend
GSL003	0.0090	*	0.0090	*	0,0130	*	bekend
GSL001	0.0090	*	0.0090	*	0,0130	*	Bekend

Invoer overige parameters=

		Waarde	Sa	
Schaalfactor	S0	1.0000000		vrij

Uitkomsten Model 1

2D gewogen aangesloten netwerk -- Projectie : RD -- Ellipsoïde : Bessel 1841

PROJECT

e:\Profiles\Eric\Desktop\Modellen\Model 1.PRJ

STATIONS	
Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	3
Aantal onbekende stations	7
Totaal	10
WAARNEMINGEN	
Richtingen	8
Afstanden	8
Geometrische relaties	9
Bekende coördinaten	6
Totaal	31
ONBEKENDEN	
Coördinaten	20
Oriënteringen	2
Schaalfactoren	1
Totaal	23
Aantal voorwaarden	8

VEREFFENING	
TOETSING	
Alfa (meer dimensionaal)	0.0280
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	4.24
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	5.91
Kritieke waarde F-toets	2.15
F-toets	

INVOER WAARNEMINGEN

Centreerafwijking 0.0030 m

Instrumenthoogte afwijking 0.0050 m

	Station	Richtpunt	St ih (m)	Rp ih (m)	Aflezings	Sa	
R0	HMP001	GSL001	1.0000	1.0000	250.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL001	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP002	MP002	1.0000	1.0000	0.00000	0.01246	gon
S0	HMP002	MP002	1.0000	1.0000	22.0000	0.0066	m
R0	HMP002	GSL002	1.0000	1.0000	100.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	GSL002	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP001	GSL003	1.0000	1.0000	50.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL003	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP001	GSL002	1.0000	1.0000	150.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL002	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP002	GSL001	1.0000	1.0000	300.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	GSL001	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP002	HMP001	1.0000	1.0000	0.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	HMP001	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP002	MP001	1.0000	1.0000	0.00000	0.13525	gon
S0	HMP002	MP001	1.0000	1.0000	2.0000	0.0066	m

INVOER GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	Aflezings	Sa	
Voetmaat	V001	MP003 - MP004	10.0000	0.0156	m
Loodlijn	V001	MP003 - MP004	1.0000	0.0156	m
Meetband	MP001	MP002	20.0000	0.0109	m

	Station	Station	Aflecting	Sa	
Collineair	HMP002	MP001 - MP002	0.0000	0.0160	m
Meetband	MP002	MP003	20.2200	0.0109	m
Meetband	MP001	MP003	3.0000	0.0109	m
Meetband	MP004	MP003	20.0000	0.0109	m
Meetband	MP002	MP004	3.0000	0.0109	m
Meetband	MP001	MP004	20.2200	0.0109	m

VEREFFENDE COORDINATEN (gewogen aangesloten netwerk)

Station		Coördinaat	Corr (m)	Sa (m)
V001	X Oost	48.0000		0.0189
	Y Noord	12.0000		0.0197
MP002	X Oost	50.0000		0.0078
	Y Noord	22.0000		0.0086
MP001	X Oost	50.0000		0.0081
	Y Noord	2.0000		0.0088
HMP002	X Oost	50.0000		0.0071
	Y Noord	-0.0000		0.0067
HMP001	X Oost	50.0000		0.0063
	Y Noord	50.0000		0.0065
GSL002	X Oost	100.0000 *		0.0071
	Y Noord	-0.0000 *		0.0070
GSL003	X Oost	100.0000 *		0.0081
	Y Noord	100.0000 *		0.0081
GSL001	X Oost	-0.0000 *		0.0081
	Y Noord	-0.0000 *		0.0081
MP004	X Oost	47.0000		0.0134
	Y Noord	22.0000		0.0121
MP003	X Oost	47.0000		0.0136
	Y Noord	2.0000		0.0122

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB (m)	BNR	W-toets	Gs fout (m)	T-toets	Gs fout (m)
GSL002	X Oost	0.0603	5.3				
GSL002	Y Noord	0.0596	5.2				
GSL003	X Oost	0.0857	8.6				
GSL003	Y Noord	0.0839	8.4				
GSL001	X Oost	0.0839	8.4				
GSL001	Y Noord	0.0857	8.6				

VEREFFENDE OVERIGE PARAMETERS

		Vereffende waarde	Corr	Sa
Schaalfactor	S0			0.0000925

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
R0	HMP001	GSL001			0.00398 gon
S0	HMP001	GSL001			0.0050 m
R0	HMP002	MP002			0.01245 gon
S0	HMP002	MP002			0.0058 m
R0	HMP002	GSL002			0.00538 gon
S0	HMP002	GSL002			0.0050 m
R0	HMP001	GSL003			0.00420 gon
S0	HMP001	GSL003			0.0064 m

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
R0	HMP001	GSL002			0.00388 gon
S0	HMP001	GSL002			0.0048 m
R0	HMP002	GSL001			0.00539 gon
S0	HMP002	GSL001			0.0051 m
R0	HMP002	HMP001			0.00506 gon
S0	HMP002	HMP001			0.0041 m
R0	HMP002	MP001			0.12984 gon
S0	HMP002	MP001			0.0057 m

VEREFFENDE GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	Vereff wn	Corr	Sa
Voetmaat	V001	MP003 - MP004			0.0156 m
Loodlijn	V001	MP003 - MP004			0.0156 m
Meetband	MP001	MP002			0.0066 m
Collineair	HMP002	MP001 - MP002			0.0045 m
Meetband	MP002	MP003			0.0091 m
Meetband	MP001	MP003			0.0108 m
Meetband	MP004	MP003			0.0092 m
Meetband	MP002	MP004			0.0108 m
Meetband	MP001	MP004			0.0091 m

TOETSING VAN WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	MDB		MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout	T-toets	Gs fout (m)
R0	HMP001	GSL001	0.04612 gon		10.7	15	7.7				
S0	HMP001	GSL001	0.0414 m		6.1	46	3.5				
R0	HMP002	MP002	1.99617 gon		160.3	0	154.8				
S0	HMP002	MP002	0.0549 m		8.3	25	7.1				
R0	HMP002	GSL002	0.06605 gon		11.5	13	8.6				
S0	HMP002	GSL002	0.0420 m		6.2	44	4.2				
R0	HMP001	GSL003	0.07604 gon		17.6	6	13.8				
S0	HMP001	GSL003	0.0852 m		12.5	11	10.3				
R0	HMP001	GSL002	0.04064 gon		9.4	19	6.5				
S0	HMP001	GSL002	0.0400 m		5.9	50	3.2				
R0	HMP002	GSL001	0.06686 gon		11.6	13	8.7				
S0	HMP002	GSL001	0.0426 m		6.3	43	4.3				
R0	HMP002	HMP001	0.04964 gon		8.6	23	5.8				
S0	HMP002	HMP001	0.0351 m		5.2	63	2.7				
R0	HMP002	MP001	1.99617 gon		14.8	8	14.2				
S0	HMP002	MP001	0.0549 m		8.4	24	7.3				

TOETSING VAN GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	MDB		MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout
Voetmaat	V001	MP003 - MP004		m					vrije wn
Loodlijn	V001	MP003 - MP004		m					vrije wn
Meetband	MP001	MP002	0.0567	m	5.2	63	3.2		
Collineair	HMP002	MP001 - MP002	0.0689	m	4.3	92	1.2		
Meetband	MP002	MP003	0.0832	m	7.7	29	6.4		
Meetband	MP001	MP003	0.5610	m	51.6	1	51.5		
Meetband	MP004	MP003	0.0842	m	7.7	28	6.5		
Meetband	MP002	MP004	0.5610	m	51.6	1	51.5		
Meetband	MP001	MP004	0.0832	m	7.7	29	6.4		

Uitkomsten Model 2

2D gewogen aangesloten netwerk -- Projectie : RD -- Ellipsoïde : Bessel 1841

PROJECT

e:\Profiles\Eric\Desktop\Modellen\Model 2.PRJ

STATIONS		
Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	3	
Aantal onbekende stations	7	
Totaal	10	
WAARNEMINGEN		
Richtingen	10	
Afstanden	10	
Geometrische relaties	2	
Bekende coördinaten	6	
Totaal	28	
ONBEKENDEN		
Coördinaten	20	
Oriënteringen	2	
Schaalfactoren	1	
Totaal	23	
Aantal voorwaarden	5	

VEREFFENING		
TOETSING		
Alfa (meer dimensionaal)	0.0127	
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010	
Beta	0.80	
Kritieke waarde W-toets	3.29	
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	4.24	
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	5.91	
Kritieke waarde F-toets	2.90	
F-toets		

INVOER WAARNEMINGEN

Centreerafwijking 0.0030 m

Instrumenthoogte afwijking 0.0050 m

	Station	Richtpunt	St ih (m)	Rp ih (m)	Aflezings	Sa	
R0	HMP001	GSL001	1.0000	1.0000	250.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL001	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP002	MP004	1.0000	1.0000	393.01140	0.01234	gon
S0	HMP002	MP004	1.0000	1.0000	22.2036	0.0066	m
R0	HMP002	MP002	1.0000	1.0000	0.00000	0.01246	gon
S0	HMP002	MP002	1.0000	1.0000	22.0000	0.0066	m
R0	HMP002	MP003	1.0000	1.0000	349.32110	0.07504	gon
S0	HMP002	MP003	1.0000	1.0000	5.5678	0.0066	m
R0	HMP002	GSL002	1.0000	1.0000	100.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	GSL002	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP001	GSL003	1.0000	1.0000	50.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL003	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP001	GSL002	1.0000	1.0000	150.00000	0.00432	gon
S0	HMP001	GSL002	1.0000	1.0000	70.7107	0.0068	m
R0	HMP002	GSL001	1.0000	1.0000	300.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	GSL001	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP002	HMP001	1.0000	1.0000	0.00000	0.00577	gon
S0	HMP002	HMP001	1.0000	1.0000	50.0000	0.0067	m
R0	HMP002	MP001	1.0000	1.0000	0.00000	0.13525	gon
S0	HMP002	MP001	1.0000	1.0000	2.0000	0.0066	m

INVOER GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	Aflecting	Sa		
Voetmaat	V001	MP003 - MP004	10.0000	0.0156	m	
Loodlijn	V001	MP003 - MP004	1.0000	0.0156	m	

VEREFFENDE COORDINATEN (gewogen aangesloten netwerk)

Station		Coördinaat		Corr (m)	Sa (m)
V001	X Oost	48.0000			0.0174
	Y Noord	12.0000			0.0176
MP002	X Oost	50.0000			0.0078
	Y Noord	22.0000			0.0092
MP001	X Oost	50.0000			0.0082
	Y Noord	2.0000			0.0093
HMP002	X Oost	50.0000			0.0071
	Y Noord	-0.0000			0.0067
HMP001	X Oost	50.0000			0.0063
	Y Noord	50.0000			0.0065
GSL002	X Oost	100.0000 *			0.0071
	Y Noord	-0.0000 *			0.0070
GSL003	X Oost	100.0000 *			0.0081
	Y Noord	100.0000 *			0.0081
GSL001	X Oost	-0.0000 *			0.0081
	Y Noord	-0.0000 *			0.0081
MP004	X Oost	47.0000			0.0079
	Y Noord	22.0000			0.0092
MP003	X Oost	47.0000			0.0093
	Y Noord	2.0000			0.0084

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB (m)	BNR	W-toets	Gs fout (m)	T-toets	Gs fout (m)
GSL002	X Oost	0.0603	5.3				
GSL002	Y Noord	0.0596	5.2				
GSL003	X Oost	0.0857	8.6				
GSL003	Y Noord	0.0839	8.4				
GSL001	X Oost	0.0839	8.4				
GSL001	Y Noord	0.0857	8.6				

VEREFFENDE OVERIGE PARAMETERS

		Vereffende waarde	Corr	Sa
Schaalfactor	S0			0.0000925

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
R0	HMP001	GSL001			0.00398 gon
S0	HMP001	GSL001			0.0050 m
R0	HMP002	MP004			0.01234 gon
S0	HMP002	MP004			0.0066 m
R0	HMP002	MP002			0.01246 gon
S0	HMP002	MP002			0.0066 m
R0	HMP002	MP003			0.07504 gon
S0	HMP002	MP003			0.0066 m
R0	HMP002	GSL002			0.00538 gon
S0	HMP002	GSL002			0.0050 m

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
R0	HMP001	GSL003			0.00420 gon
S0	HMP001	GSL003			0.0064 m
R0	HMP001	GSL002			0.00388 gon
S0	HMP001	GSL002			0.0048 m
R0	HMP002	GSL001			0.00539 gon
S0	HMP002	GSL001			0.0051 m
R0	HMP002	HMP001			0.00506 gon
S0	HMP002	HMP001			0.0041 m
R0	HMP002	MP001			0.13525 gon
S0	HMP002	MP001			0.0066 m

VEREFFENDE GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	Vereff wn	Corr	Sa
Voetmaat	V001	MP003 - MP004			0.0156 m
Loodlijn	V001	MP003 - MP004			0.0156 m

TOETSING VAN WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	MDB		MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout	T-toets	Gs fout (m)
R0	HMP001	GSL001	0.04612	gon	10.7	15	7.7				
S0	HMP001	GSL001	0.0414	m	6.1	46	3.5				
R0	HMP002	MP004		gon							vrije wn
S0	HMP002	MP004		m							vrije wn
R0	HMP002	MP002		gon							vrije wn
S0	HMP002	MP002		m							vrije wn
R0	HMP002	MP003		gon							vrije wn
S0	HMP002	MP003		m							vrije wn
R0	HMP002	GSL002	0.06605	gon	11.5	13	8.7				
S0	HMP002	GSL002	0.0420	m	6.2	44	4.2				
R0	HMP001	GSL003	0.07604	gon	17.6	6	13.8				
S0	HMP001	GSL003	0.0852	m	12.5	11	10.3				
R0	HMP001	GSL002	0.04064	gon	9.4	19	6.5				
S0	HMP001	GSL002	0.0400	m	5.9	50	3.2				
R0	HMP002	GSL001	0.06686	gon	11.6	13	8.8				
S0	HMP002	GSL001	0.0426	m	6.3	43	4.3				
R0	HMP002	HMP001	0.04964	gon	8.6	23	6.0				
S0	HMP002	HMP001	0.0351	m	5.2	63	2.6				
R0	HMP002	MP001		gon							vrije wn
S0	HMP002	MP001		m							vrije wn

TOETSING VAN GEOMETRISCHE RELATIES

	Station	Station	MDB		MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout
Voetmaat	V001	MP003 - MP004		m					vrije wn
Loodlijn	V001	MP003 - MP004		m					vrije wn

Uitkomsten Model 3

1D gewogen aangesloten netwerk -- Projectie : RD -- Ellipsoïde : Bessel 1841

PROJECT

e:\Profiles\Eric\Desktop\Modellen\Model 3.PRJ

STATIONS		
Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	2	
Aantal onbekende stations	2	
Totaal	4	
WAARNEMINGEN		
Hoogteverschillen	3	
Bekende coördinaten	2	
Totaal	5	
ONBEKENDEN		
Coördinaten	4	
Totaal	4	
Aantal voorwaarden	1	

VEREFFENING	
TOETSING	
Alfa (meer dimensionaal)	0.0010
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	4.24
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	5.91
Kritieke waarde F-toets	10.92
F-toets	

VEREFFENDE COÖRDINATEN (gewogen aangesloten netwerk)

Station		Coördinaat		Corr (m)	Sa (m)
V001	Hoogte	5.0000			0.0092
HMP002	Hoogte	5.0000			0.0092
GSL002	Hoogte	5.0000	*		0.0092
GSL001	Hoogte	5.0000	*		0.0092

TOETSING VAN BEKENDE COÖRDINATEN

Station		MDB (m)	BNR	W-toets	Gs fout (m)	T-toets	Gs fout (m)
GSL002	Hoogte	0.0760	4.1				
GSL001	Hoogte	0.0760	4.1				

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
DH	HMP002	GSL001			0.00040 m
DH	HMP002	GSL002			0.00040 m
DH	HMP002	V001			0.00020 m

TOETSING VAN WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	MDB	MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout	T-toets	Gs fout (m)	
DH	HMP002	GSL001	0.07600 m	191.0	0	190.9					
DH	HMP002	GSL002	0.07600 m	191.0	0	190.9					
DH	HMP002	V001	m								vrije wn

Verkenningberekening van de praktijksituatie

3D gewogen aangesloten netwerk -- Projectie : RD -- Ellipsoïde : Bessel 1841

PROJECT

e:\Profiles\dom_dullaart\Desktop\AFstu\Modellen\Model4a.PRJ

STATIONS		
Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	3	
Aantal onbekende stations	4	
Totaal	7	
WAARNEMINGEN		
Richtingen	7	
Afstanden	7	
Zenithoeken	7	
Bekende coördinaten	9	
Totaal	30	
ONBEKENDEN		
Coördinaten	21	
Oriënteringen	3	
Schaalfactoren	1	
Totaal	25	
Aantal voorwaarden	5	

VEREFFENING	
TOETSING	
Alfa (meer dimensionaal)	0.0127
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	4.24
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	5.91
Kritieke waarde F-toets	2.90
F-toets	

PROJECTIE EN ELLIPSOÏDE CONSTANTEN

Projectie	RD	
Lengte oorsprong/centrale meridiaan	5 23 15.50000 O	
Breedte oorsprong	52 09 22.17800 N	
Projectie schaalfactor	0.999907900	
Translatie Oost	155000.0000	m
Translatie Noord	463000.0000	m
Ellipsoïde	Bessel 1841	
Halve lange as	6377397.1550	m
Inverse afplatting	299.152812800	

INVOER BENADERDE TERRESTRISCHE COÖRDINATEN

Station	X Oost (m)	Y Noord (m)	Hoogte (m)	Id.Sa XY (m)	Id.Sa h (m)	
MPT201	90852.9970	465105.7840	0.5270	0.0000	0.0000	
MPT207	90844.2170 *	465067.4630 *	0.6040 *	0.0000	0.0000	bekend
P74V2S005_002	90846.8170	465099.2010	-0.9100	0.0000	0.0000	
P74V2S005_001	90845.7400	465098.1620	-0.9970	0.0000	0.0000	
MPT205	90703.4940 *	465084.3310 *	0.7890 *	0.0000	0.0000	bekend
OP001	90817.8820	465122.2530	2.9700	0.0000	0.0000	
MPT202	90746.0830 *	465162.3140 *	0.3120 *	0.0000	0.0000	bekend

INVOER STANDAARDAFWIJKINGEN VAN BEKENDE STATIONS

Station	Sa X Oost (m)	Sa Y Noord (m)	Sa Hoogte (m)	
MPT207	0.0090 *	0.0090 *	0.0130 *	bekend
MPT205	0.0090 *	0.0090 *	0.0130 *	bekend
MPT202	0.0090 *	0.0090 *	0.0130 *	bekend

INVOER GEOIDE HOOGTEN

Station	Geoide hgt (m)	Schietloodafw O (")	Schietloodafw N (")	Schietloodafw
MPT201	0.0190	0.000	0.000	vast
MPT207	0.0188	0.000	0.000	vast
P74V2S005_002	0.0190	0.000	0.000	vast
P74V2S005_001	0.0190	0.000	0.000	vast
MPT205	0.0192	0.000	0.000	vast
OP001	0.0191	0.000	0.000	vast
MPT202	0.0194	0.000	0.000	vast

INVOER WAARNEMINGEN

Centreerfswijking 0.0030 m

Instrumenthoogte afwijking 0.0050 m

	Station	Richtpunt	St ih (m)	Rp ih (m)	Aflezings	Sa	
R0	MPT201	MPT207	1.5480	1.9500	0.00000	0.00715	gon
S0	MPT201	MPT207	1.5480	1.9500	39.2410	0.0067	m
Z0	MPT201	MPT207	1.5480	1.9500	99.08944	0.01149	gon
R0	MPT201	P74V2S005_002	1.5480	1.9500	33.79222	0.02978	gon
S0	MPT201	P74V2S005_002	1.5480	1.9500	10.5840	0.0066	m
Z0	MPT201	P74V2S005_002	1.5480	1.9500	106.72333	0.04954	gon
R0	MPT201	P74V2S005_001	1.5480	1.9500	33.52389	0.02560	gon
S0	MPT201	P74V2S005_001	1.5480	1.9500	9.0880	0.0066	m
Z0	MPT201	P74V2S005_001	1.5480	1.9500	107.02444	0.04254	gon
R0	OP001	MPT201	1.5500	1.9500	355.04944	0.00724	gon
S0	OP001	MPT201	1.5500	1.9500	38.8350	0.0067	m
Z0	OP001	MPT201	1.5500	1.9500	103.33889	0.01163	gon
R0	OP001	MPT205	1.5500	1.9500	106.95833	0.00300	gon
S0	OP001	MPT205	1.5500	1.9500	120.5410	0.0070	m
Z0	OP001	MPT205	1.5500	1.9500	100.56111	0.00387	gon
R1	OP001	MPT202	1.5500	1.9500	159.52278	0.00384	gon
S0	OP001	MPT202	1.5500	1.9500	82.2580	0.0069	m
Z0	OP001	MPT202	1.5500	1.9500	101.49111	0.00556	gon
R1	OP001	MPT207	1.5500	1.9500	398.42611	0.00487	gon
S0	OP001	MPT207	1.5500	1.9500	60.7840	0.0068	m
Z0	OP001	MPT207	1.5500	1.9500	101.67944	0.00747	gon

INVOER OVERIGE PARAMETERS

		Waarde	Sa	
Schaalfactor	S0	1.0000000		vrij
Verticale refractiecoëfficiënt	Z0	0.13		vast

VEREVENDE COORDINATEN (gewogen aangesloten netwerk)

Station		Coördinaat	Corr (m)	Sa (m)
MPT201	X Oost	90852.9970		0.0116
	Y Noord	465105.7840		0.0100
	Hoogte	0.5270		0.0096
MPT207	X Oost	90844.2170 *		0.0089
	Y Noord	465067.4630 *		0.0085
	Hoogte	0.6040 *		0.0088
P74V2S005_002	X Oost	90846.8170		0.0116
	Y Noord	465099.2010		0.0111
	Hoogte	-0.9100		0.0119
P74V2S005_001	X Oost	90845.7400		0.0115
	Y Noord	465098.1620		0.0111
	Hoogte	-0.9970		0.0119
MPT205	X Oost	90703.4940 *		0.0078
	Y Noord	465084.3310 *		0.0087
	Hoogte	0.7890 *		0.0091
OP001	X Oost	90817.8820		0.0078
	Y Noord	465122.2530		0.0076
	Hoogte	2.9700		0.0085

Station		Coördinaat	Corr (m)	Sa (m)
MPT202	X Oost	90746.0830 *		0.0078
	Y Noord	465162.3140 *		0.0085
	Hoogte	0.3120 *		0.0090

TOETSING VAN BEKENDE COORDINATEN

Station		MDB (m)	BNR	W-toets	Gs fout (m)	T-toets	Gs fout (m)
MPT207	X Oost	0.2304	25.3				
MPT207	Y Noord	0.1125	11.8				
MPT207	Hoogte	0.0732	3.8				
MPT205	X Oost	0.0751	7.2				
MPT205	Y Noord	0.1369	14.6				
MPT205	Hoogte	0.0749	4.0				
MPT202	X Oost	0.0749	7.2				
MPT202	Y Noord	0.1190	12.6				
MPT202	Hoogte	0.0747	4.0				

ABSOLUTE STANDAARD ELLIPSEN

Station	A (m)	B (m)	A/B	Phi (gon)	Sa Hgt (m)
MPT201	0.0117	0.0098	1.2	-82	0.0096
MPT207	0.0089	0.0085	1.0	-99	0.0088
P74V2S005_002	0.0119	0.0108	1.1	65	0.0119
P74V2S005_001	0.0119	0.0107	1.1	61	0.0119
MPT205	0.0087	0.0078	1.1	-16	0.0091
OP001	0.0080	0.0074	1.1	-58	0.0085
MPT202	0.0087	0.0076	1.1	25	0.0090

RELATIEVE STANDAARD ELLIPSEN

Station	Station	A (m)	B (m)	A/B	Psi (gon)	Sa Hgt (m)
MPT201	MPT207	0.0096	0.0061	1.6	96	0.0057
MPT201	P74V2S005_002	0.0066	0.0049	1.4	1	0.0071
MPT201	P74V2S005_001	0.0067	0.0051	1.3	2	0.0071
OP001	MPT201	0.0075	0.0050	1.5	-8	0.0057
OP001	MPT205	0.0111	0.0102	1.1	-99	0.0067
OP001	MPT202	0.0087	0.0081	1.1	63	0.0066
OP001	MPT207	0.0070	0.0059	1.2	-56	0.0055

VEREFFENDE OVERIGE PARAMETERS

		Vereffende waarde	Corr	Sa
Schaalfactor	S0			0.0000877

VEREFFENDE WAARNEMINGEN

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
R0	MPT201	MPT207			0.00715 gon
S0	MPT201	MPT207			0.0054 m
Z0	MPT201	MPT207			0.00926 gon
R0	MPT201	P74V2S005_002			0.02978 gon
S0	MPT201	P74V2S005_002			0.0066 m
Z0	MPT201	P74V2S005_002			0.04954 gon
R0	MPT201	P74V2S005_001			0.02560 gon
S0	MPT201	P74V2S005_001			0.0066 m
Z0	MPT201	P74V2S005_001			0.04254 gon
R0	OP001	MPT201			0.00669 gon
S0	OP001	MPT201			0.0067 m
Z0	OP001	MPT201			0.00938 gon
R0	OP001	MPT205			0.00297 gon
S0	OP001	MPT205			0.0065 m
Z0	OP001	MPT205			0.00354 gon
R1	OP001	MPT202			0.00380 gon

	Station	Richtpunt	Vereff wn	Corr	Sa
S0	OP001	MPT202			0.0063 m
Z0	OP001	MPT202			0.00510 gon

	Station	Richtpunt	MDB	MDBn	Red	BNR	W-toets	Gs fout	T-toets	Gs fout (m)	
R0	MPT201	MPT207		gon							vrije wn
S0	MPT201	MPT207	0.0467	m	7.0	35	5.4				
Z0	MPT201	MPT207	0.08023	gon	7.0	35	5.6				
R0	MPT201	P74V2S005_002		gon							vrije wn
S0	MPT201	P74V2S005_002		m							vrije wn
Z0	MPT201	P74V2S005_002		gon							vrije wn
R0	MPT201	P74V2S005_001		gon							vrije wn
S0	MPT201	P74V2S005_001		m							vrije wn
Z0	MPT201	P74V2S005_001		gon							vrije wn
R0	OP001	MPT201	0.07848	gon	10.8	15	9.1				
S0	OP001	MPT201	0.2152	m	32.1	2	30.9				
Z0	OP001	MPT201	0.08133	gon	7.0	35	5.6				
R0	OP001	MPT205	0.07848	gon	26.1	3	9.1				
S0	OP001	MPT205	0.0734	m	10.4	16	6.1				
Z0	OP001	MPT205	0.03954	gon	10.2	16	9.4				
R1	OP001	MPT202	0.11009	gon	28.6	2	17.3				
S0	OP001	MPT202	0.0708	m	10.3	16	7.9				
Z0	OP001	MPT202	0.05781	gon	10.4	16	9.5				
R1	OP001	MPT207	0.11009	gon	22.6	3	17.3				
S0	OP001	MPT207	0.0520	m	7.7	29	5.8				
Z0	OP001	MPT207	0.04835	gon	6.5	41	5.0				
R1	OP001	MPT207								0.00479	gon
S0	OP001	MPT207								0.0057	m
Z0	OP001	MPT207								0.00575	gon

Bijlage D: Voorstel opzet Leidraad

Doel

Opstellen van een aantal ‘best practices’ waarmee de controleerbaarheid en kwaliteit van meetwerk op opgravingen verbeterd kan worden.

Probleemstelling

De Kwaliteitsnorm voor de Nederlandse Archeologie (KNA) stelt een aantal eisen aan de geometrische kwaliteit van meetwerk op een archeologische opgraving. Het blijkt echter tot heden niet mogelijk te zijn om te controleren of aan deze eisen is voldaan.

Inhoud

Enkele situaties uit de archeologische praktijk worden op geometrische kwaliteit geanalyseerd aan de hand van landmeetkundige principes en methoden. Vervolgens worden voorstellen gedaan voor het verbeteren van de kwaliteit. De voorstellen worden zo opgesteld dat deze toepasbaar zijn in de archeologische praktijk.

Concept inhoud

- Wat is geometrische kwaliteit?
Met behulp van enkele voor archeologen bekende voorbeelden (zoals het doorzichten van jalons) wordt een korte uitleg gegeven van de begrippen betrouwbaarheid, nauwkeurigheid, precisie, vereffening en de voortplanting van fouten.
- Landmeetkundige principes
Enkele belangrijke principes worden uitgelegd in een archeologische context. Belangrijke onderdelen zijn: meten van groot naar klein, overtalligheid van waarnemingen, verbeteren van de betrouwbaarheid en in- en opstellingseisen van landmeetkundige instrumenten.
- Korte beschrijving van landmeetkundige instrumenten en hulpmiddelen
Een korte beschrijving waarin voornamelijk aandacht wordt besteed aan de technische (on)mogelijkheden van de verschillende instrumenten en hulpmiddelen.
- Analyse van enkele praktijksituaties
Enkele meetkundige situaties uit de archeologische praktijk worden bekeken op betrouwbaarheid. De mogelijkheden om de betrouwbaarheid te verbeteren worden besproken. Ook een paar programma's waarmee toetsing mogelijk is worden kort besproken.
- Samenvatting ‘best practices’
Bespreking van de opzet van een meetsysteem op verschillende typen opgravingen (groot, klein, etc). Hierin vooral aandacht voor overtalligheden (vaker meten) en voorwaarden (doorgaande waterpassing in een “kring”). Ook aandacht voor het met de tachymeter versterken van een meetsysteem dat is aangelegd met GNSS.