*Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)*
*http://hdl.handle.net/11245/2.143998*

| | |
|---|---|
| File ID | uvapub:143998 |
| Filename | Samenvatting |
| Version | unknown |

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

| | |
|---|---|
| Type | PhD thesis |
| Title | The Application of Magnetic Methods for Dutch Archaeological Resource Management |
| Author(s) | A.E. Kattenberg |
| Faculty | FGw: Instituut voor Cultuur en Geschiedenis (ICG) |
| Year | 2008 |

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://hdl.handle.net/11245/1.299811

*Copyright*

*It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content licence (like Creative Commons).*

*UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)*
*(pagedate: 2014-11-18)*

# Samenvatting

## Hoofdstuk 1 Introductie

Deze studie beoogt te onderzoeken of magnetische methoden ingezet kunnen worden in het kader van de Archeologische Monumentenzorg (AMZ) in Nederland. Magnetische methoden zijn geofysische, non-destructieve prospectieve methoden, welke buiten Nederland veelvuldig worden ingezet in het vakgebied van de archeologische prospectie, zowel in de wetenschappelijke als in de commerciële archeologie. In Nederland echter, hebben geofysische onderzoeksmethoden geen plaats verworven binnen de archeologie.
In dit proefschrift wordt onderzocht:
- of magnetische methoden in Nederland gebruikt kunnen worden om archeologische sporen en vindplaatsen in kaart te brengen;
- of magnetische prospectie in Nederland op landschapsschaal kan worden ingezet;
- in welke delen van Nederland magnetische methoden wel of niet inzetbaar zijn;
- of aan de hand van bodemmonsters voorspeld kan worden of met behulp van magnetische methoden een bepaalde archeologische vindplaats in kaart gebracht kan worden.

Magnetische methoden kunnen gebruikt worden om archeologische structuren als greppels en kuilen in kaart te brengen, maar niet alle structuren blijken magnetisch detecteerbaar te zijn. Of er al dan niet magnetisch contrast is ontstaan, is grotendeels afhankelijk van het type bodemmateriaal (lithologie, organisch materiaal, bodemvormende en post-depositionele processen) waarin archeologische sporen en lagen zijn ingebed. Voor deze studie zijn 29 archeologische vindplaatsen in drie verschillende afzettingsmilieus onderzocht: in getijdenafzettingen, eolische afzettingen en rivierafzettingen. Parallel hieraan zijn een aantal voor de Nederlandse prospectieve archeologie relevante thema's onderzocht, onder andere de magnetische prospectie van verdronken dorpen, *off-site* structuren en archeologische vindplaatsen onder esdekken.

## Hoofdstuk 2 Archeologische prospectie in Nederland

In dit hoofdstuk wordt archeologische prospectie geïntroduceerd aan de hand van het concept van archeologische voorraad. Met behulp van non-destructieve onderzoekstechnieken kan kennis gegenereerd worden over het bodemarchief. Op deze wijze wordt een deel van de onbekende archeologische voorraad deel van de bekende archeologische voorraad. Deze kennis is nodig om beslissingen te kunnen nemen binnen de cyclus van de AMZ, bijvoorbeeld over de waardering en selectie van archeologische vindplaatsen.
In het tweede deel van het hoofdstuk wordt de geschiedenis van de prospectieve archeologie in Nederland beschreven. Aanvankelijk richtte men zich met luchtfotografie en veldverkenningen vooral op het onderzoek van oppervlakkige archeologische verschijnselen. Na de introductie van de grondboor in de Nederlandse archeologie in de jaren tachtig van de twintigste eeuw kon ook prospectief onderzoek onder de oppervlakte uitgevoerd worden. In dezelfde periode werden geofysische methoden in de Nederlandse archeologie geïntroduceerd, deze zijn echter nooit een geïntegreerd onderdeel van de prospectieve methodologie geworden. In de overige Europese landen en de Verenigde Staten ontwikkelde de prospectieve archeologie zich op een andere wijze. Hier werd juist wel veelvuldig gebruik gemaakt van geofysische technieken en werd de geofysica geïntegreerd in het universitaire onderzoek.

In de jaren negentig veranderde de focus van prospectief onderzoek in het algemeen, en van de geofysica in het bijzonder, van de vindplaats naar het archeologische landschap. Door de technische ontwikkelingen werd de geofysische apparatuur zodanig verbeterd dat er grote oppervlaktes in kaart gebracht konden worden.
De afwijkende ontwikkeling van de prospectieve archeologie in Nederland valt mogelijk te verklaren uit een combinatie van de focus van het prospectief onderzoek op de grondboormethode en een gebrek aan inbedding van archeologische geofysica in universiteiten en diensten. Als gevolg hiervan hebben geofysische methoden geen duidelijke plaats gekregen in de KNA, en worden ze vrijwel niet ingezet binnen de cyclus van de AMZ.

## Hoofdstuk 3 De toepasbaarheid van magnetische methoden in Nederland; de onderliggende principes

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd waarom archeologische sporen en structuren doorgaans magnetisch verschillen van de matrix waarin ze zijn ingebed. Vervolgens wordt beschreven hoe deze magnetische variaties een afwijking (anomalie) in het aardmagnetisch veld kunnen veroorzaken, die met behulp van een magnetometer gemeten kan worden.
De magnetische susceptibiliteit is een maat voor het gemak waarmee een object gemagnetiseerd kan worden. De magnetische susceptibiliteit van de bodem wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid en het type ijzeroxide dat erin voorkomt. Archeologische lagen en de bouwvoor hebben over het algemeen een verhoogde magnetische susceptibiliteit ten opzichte van de ongestoorde bodemlagen. Deze verhoging kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door verhitting van het bodemmateriaal in het verleden, of door de werking van bacteriën. Als archeologische sporen opgevuld raken met materiaal met een verhoogde magnetische susceptibiliteit kunnen ze, onder invloed van het aardmagnetisch veld, een afwijking (anomalie) in het aardmagnetisch veld veroorzaken (geïnduceerd magnetisme).
Remanent magnetisme bestaat ook zonder de aanwezigheid van een extern veld, zoals het aardmagnetisch veld, en is onafhankelijk van geïnduceerd magnetisme. Terwijl laatstgenoemde vooral voorkomt in de vulling van archeologische sporen zoals kuilen en greppels, hebben objecten en archeologische structuren die tot hoge temperatuur verhit zijn geweest, als haarden, ovens, maar ook bakstenen, een remanent magnetisme. Of er sprake is van remanent of geïnduceerd magnetisme kan vaak afgeleid worden van de vorm, grootte en oriëntatie van een magnetische anomalie. Post-depositionele processen zoals langdurige waterverzadiging van de bodem en gley kunnen de ijzersamenstelling van de bodem veranderen, en daarmee de magnetische susceptibiliteit.

## Hoofdstuk 4 Methodologie

Tijdens dit onderzoek zijn binnen Nederland 27 en buiten Nederland twee archeologische vindplaatsen onderzocht. Op sommige vindplaatsen is een magnetometer survey uitgevoerd voorafgaand aan een archeologische opgraving. Deze procedure kon echter niet steeds worden toegepast, op andere locaties werd het magnetisch onderzoek juist voorafgegaan door een proefsleuf- of booronderzoek. Bemonstering van het bodemmateriaal werd, waar mogelijk, verricht tijdens de opgraving. Op plaatsen waar geen opgraving (meer) werd uitgevoerd gebeurde dit met behulp van een grondboor. Het geheel van onderzochte vindplaatsen is geografische gespreid over Zuid- en Midden-Nederland (zie Figuur 12), en beslaat de archeologische perioden van de Bronstijd tot en met de post-Middeleeuwse periode. Het grootste deel van de onderzochte terreinen kan archeologisch gezien als nederzetting gekarakteriseerd worden. Daarnaast is aandacht besteed aan off-site structuren, begraafplaatsen, industriële vindplaatsen en infrastructurele objecten.
Tijdens het onderzoek is gebruik gemaakt van de Geoscan FM36 fluxgate gradiometer magnetometer. Onderzoek naar de magnetische susceptibiliteit van het bodemmateriaal is uitgevoerd met een Agico KLY-2 magnetische susceptibiliteitsbrug en met een Bartington MS2B susceptibiliteitsmeter. In dit hoofdstuk is beschreven hoe het verhittingsexperiment is uitgevoerd, alsook de thermomagnetische, ARM en IRM metingen. De software die gebruikt is voor het verwerken van de magnetische data in Geoplot en Archeosurveyor.

## Hoofdstuk 5 Getijdenafzettingen

Dit hoofdstuk, bestaande uit drie delen, beschrijft de mogelijkheden en de moeilijkheden van de magnetische prospectie van archeologische vindplaatsen op getijdenafzettingen. In het eerste deel worden de resultaten getoond van het onderzoek naar de detecteerbaarheid van archeologische structuren die met veenwinning (moernering) te maken hebben. Onderzoek in Smokkelhoek en Kolhorn heeft aangetoond dat magnetometrie en weerstandsonderzoek goede methodes zijn om elementen in een veenwinningslandschap gedetailleerd in kaart te brengen. Hierdoor kan prospectief onderzoek, bijvoorbeeld booronderzoek, naar pre-moerneringsstructuren gerichter worden uitgevoerd.
Het tweede deel van het hoofdstuk wordt beschreven dat uit dit onderzoek blijkt dat de vulling van archeologische sporen in getijdenafzettingen geen of nauwelijks magnetisch contrast heeft met de omliggende matrix. Twee vindplaatsen worden besproken: Harnaschpolder en Smokkelhoek. Behalve het gebrek aan contrast, is ook de magnetische susceptibiliteit van de bodemmonsters bijzonder laag. In scherp contrast komen op beide vindplaatsen grote, sterk magnetische anomalieën voor die waarschijnlijk veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van de tijdens het booronderzoek aangetoonde (ferrimagnetische) ijzersulfiden die onder de grondwaterspiegel in de ondergrond aanwezig zijn. Deze ijzersulfiden komen voornamelijk voor in getijdenafzettingen en worden gevorm uit een combinatie van sulfaat uit zeewater, ijzer in oplossing en organisch materiaal. In deze sectie van het hoofdstuk wordt gesuggereerd dat zowel het voorkomen van contrastloze sedimenten als het ontstaan van zeer magnetische structuren met een geologische oorsprong wellicht veroorzaakt kunnen zijn door de inundatie van de matrix met zeewater.
In het derde deel van dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van het gedetailleerde magnetische onderzoek dat is uitgevoerd op monsters van Harnaschpolder en Broekpolder. Hierbij is onderzocht wat de oorzaak is van de afwezigheid van een magnetisch contrast op vindplaatsen in getijdenafzettingen. Tevens diende het onderzoek om vast te stellen of de grote magnetische anomalieën inderdaad veroorzaakt worden door de aanwezigheid van ijzersulfiden in de ondergrond. Behalve magnetische susceptibiliteitsmetingen zijn thermomagnetische en Isothermal Remanent Magnetisation metingen uitgevoerd. Het resultaat van dit deel van het onderzoek is dat het waarschijnlijk is dat de magnetische susceptibiliteit van de sedimenten tijdens de inundatie met zeewater gehomogeniseerd is, daarnaast lijken ook gley en de uitspoeling van ijzer uit de bodem een homogeniserend effect te hebben gehad op de ijzermineralogie van de sedimenten. Uit de laag die de sterke magnetische anomalieën veroorzaakt, zijn monsters genomen die zowel greigiet als pyriet bevatten. Hieruit blijkt dat de anomalieën inderdaad veroorzaakt worden door de onder de grondwaterspiegel aanwezige ijzersulfiden.

## Hoofdstuk 6 Eolische en rivierafzettingen

In de dekzandgebieden van Oost- en Zuid-Nederland zijn zeer lage magnetische susceptibiliteitswaardes gemeten. Op de vindplaatsen die bemonsterd zijn, bijvoorbeeld Breda en Den Dolder, is er een goed magnetisch contrast tussen de bouwvoor en de onderliggende lagen, maar een gebrek aan contrast tussen de archeologische sporen en de matrix waarin ze zijn ingebed. Deze resultaten van het laboratoriumonderzoek komen overeen met het gebrek aan archeologische anomalieën in de magnetometer data op de vindplaatsen van Breda en Slabroek. Hoewel magnetometrisch onderzoek in het algemeen minder goed geschikt lijkt voor prospectief archeologisch onderzoek op grove, minerale zanden kan de methode in specifieke situaties wel ingezet worden. Op de vindplaats Heeten Hordelman bijvoorbeeld, konden een aantal ijzerovens en afvalkuilen in kaart gebracht worden. Naast het gebrek aan magnetisch contrast hebben ook de aanwezigheid van een plaggendek en het voorkomen van roodzand een negatieve invloed op de bruikbaarheid van magnetometrie in dekzandgebieden.
De vindplaats Limmen, in duinzand, liet juist een zeer goed magnetisch contrast zien voor een gedeelte van de archeologische sporen, voornamelijk greppels en waterputten, waarvan een aanzienlijk aantal tijdens de magnetometer survey in kaart gebracht konden worden.
In het lössgebied werd eveneens slechts één vindplaats onderzocht, een Romeinse villa in Meerssen.

Op deze vindplaats kon een gedeelte van de sporen magnetisch in kaart gebracht worden, en een magnetisch contrast tussen de sporen en de matrix werd in het laboratorium bevestigd. In tegenstelling tot de dekzanden lijken archeologische vindplaatsen in fijner bodemmateriaal (duinzand en löss) wel goed geschikt voor magnetometrisch onderzoek.
Ook in het rivierengebied kon tijdens dit onderzoek op een gedeelte van de vindplaatsen een gedeelte van de archeologische sporen in kaart gebracht worden met behulp van een magnetometeronderzoek. In het rivierengebied in Midden-Nederland ontbrak een magnetisch contrast op de vindplaatsen Deil en Zaltbommel, terwijl in Wijk bij Duurstede juist grote magnetische contrasten gemeten zijn. Waar deze verschillen door veroorzaakt worden is onduidelijk. Twee vindplaatsen in de Maasvallei, Beugen en Borgharen, lieten grote magnetische contrasten zien, die goed interpreteerbare magnetische anomalieën veroorzaakten. Anderson had in een niet gepubliceerd onderzoek in Gennep, eveneens in de Maasvallei, al eerder een correlatie tussen archeologische sporen en de resultaten van een magnetometeronderzoek vastgesteld.

## Hoofdstuk 7 Magnetometer respons van archeologische structuren in Nederland

Een verzameling voorbeelden van de magnetometrische respons van veel voorkomende archeologische sporen bepalen de inhoud van dit hoofdstuk. De magnetische data zijn als uitsnede van de originele dataset gepresenteerd, en per groep geordend. De behandelde categorieën betreffen nederzettingen (kuilen, greppels, muren en waterputten), off-site (ploegsporen, greppels, drenkplaatsen), grafstructuren (graven, kringgreppels), industrieel (moerneringsputten, legakkers en ovens) en infrastructuur (wegen). Dit hoofdstuk kan bij toekomstig magnetometrisch onderzoek in Nederland gebruikt worden als catalogus bij de interpretatie van nieuwe data.

## Hoofdstuk 8 Discussie

Hoofdstuk 8 begint met de kritische beschouwing van de methodologie van het onderzoek waar dit proefschrift verslag van doet. De onderzoeksstrategie is tijdens het onderzoek aangepast, wat uiteindelijk tot een ander resultaat geleid heeft dan oorspronkelijk verwacht was. De grootste verandering is de veelheid van kleine gebieden die onderzocht zijn in tegenstelling tot drie grotere gebieden.
Daarnaast is het resultaat van het onderzoek in zekere mate afhankelijk van de keuze van het instrumentarium en van de bemonsteringsstrategie, de gevolgen hiervan worden in dit hoofdstuk besproken.
De contrasten in de magnetische susceptibiliteit tussen archeologische lagen en vullingen van sporen met de ongestoorde matrix zijn afhankelijk van een aantal factoren. Ten eerste de aanwezigheid van organisch materiaal van belang voor de potentiële verhoging van magnetische susceptibiliteit. De bouwvoor en de vulling van archeologische sporen bevatten vaak meer organisch materiaal dan de ongestoorde matrix: dit gaat bij de onderzochte vindplaatsen veelal samen met een verhoogde susceptibiliteit. Voor bacteriën dient organisch materiaal als voedingsstof, en als elektron acceptor. Daarnaast zorgt organisch materiaal tijdens verbranding voor een reducerend milieu, hetgeen de verhoging van de magnetische susceptibiliteit ten goede komt. Ook de ijzersulfiden die tijdens deze studie in de getijdenafzettingen aangetroffen zijn kwamen voor in combinatie met organisch materiaal, vermoedelijk hebben deze ijzersulfiden een bacteriële oorsprong. Ten tweede is de korrelgrootte is van invloed op de magnetische susceptibiliteit van het bodemmateriaal. In deze studie bleek dat in grofzandige deposities weinig magnetisch contrast aanwezig was, terwijl het bodemmateriaal met een silt – klei samenstelling juist veel contrast te zien gaf, met uitzondering van die gebieden waar een inundatie van zeewater plaatsgevonden heeft. De zuurgraad van de bodem kan ook van invloed zijn op de magnetische susceptibiliteit. IJzeroxiden in zeer zure gronden kunnen verplaatst of uitgespoeld worden, hetgeen invloed heeft op de magnetische susceptibiliteit. De laatste factor die hier genoemd wordt is het post-depositionele proces, bijvoorbeeld gley, waterverzadiging en de inundatie van zeewater. Al deze processen veroorzaken een verandering in de magnetische susceptibiliteit van de bodem.

De getijdenafzettingen worden vooral gedomineerd door de post-depositionele processen, gley, de uitspoeling van ijzer, en de inundatie met zeewater. In de dekzandgebieden lijken voornamelijk de grofkorrelige structuur van het bodemmateriaal en de podzolisatie van de bodem onder invloed van een lage pH een negatieve invloed te hebben gehad op het behoud van magnetische contrasten. In het duinzand lijkt dit niet het geval, al zijn hier zijn wel magnetische contrasten gemeten. De mogelijkheid bestaat dat dit contrast afkomstig is van onder de grondwaterspiegel. In het lössgebied speelt de korrelgrootte in combinatie met het organisch materiaal waarschijnlijk een belangrijke rol in de conservering van het magnetisch contrast, net als in het rivierengebied. Thermoremanente objecten en archeologische sporen zoals bakstenen, ovens en haarden veroorzaken altijd een magnetische anomalie in het aardmagnetisch veld en zijn in principe altijd meetbaar.

## Hoofdstuk 9 Conclusie

Hoofdstuk 9 begint met een samenvatting van de onderliggende principes van magnetische prospectie in de archeologie. Daarna wordt de bruikbaarheid van de methode voor de verschillende onderzochte geogenetische gebieden besproken. Het gebruik van de magnetometer als prospectiemethode op getijdenafzettingen wordt op basis van deze studie afgeraden. Een uitzondering hierop vormen archeologische sporen die zich onder de grondwaterspiegel bevinden en organisch materiaal bevatten omdat deze door de formatie van ijzersulfiden juist een groot magnetisch contrast kunnen krijgen. Ook het dekzandgebied lijkt niet geschikt voor de magnetische prospectie van archeologische resten. In het duin- en lössgebied is de magnetometer waarschijnlijk wel goed bruikbaar. Het rivierengebied, voornamelijk in de Maasvallei en op een aantal vindplaatsen daarbuiten, bevat relatief veel archeologische sporen die in kaart gebracht zijn. De Maasvallei zou een logisch beginpunt zijn voor verder magnetometeronderzoek in Nederland.
De invloed van de maskering van het onderzoeksobject door overliggende lagen, zoals een plaggendek, resulteert in een grotere afstand tussen de magnetometer en de archeologische resten. Deze afstandsvergroting veroorzaakt een reductie van het signaal en heeft een negatieve invloed op de detecteerbaarheid van archeologische sporen. De variabiliteit van de niet-archeologische lagen in de matrix kan ervoor zorgen dat een aanwezig archeologisch signaal niet in de data te onderscheiden is. Voorbeelden van lagen met een variabele magnetische susceptibiliteit zijn de bouwvoor, het plaggendek in afdekkende lagen en het voorkomen van ijzersulfiden en roodzand in onderliggende lagen.
De hypothese wordt geponeerd dat de formatie van ijzersulfiden in de getijdenafzettingen samengaat met een verandering van de magnetische susceptibiliteit van het bodemmateriaal in de geïnundeerde gebieden. Wanneer de grondwaterspiegel weer gedaald is en de archeologische resten zich hierboven bevinden, is het magnetisch contrast dat hiervoor mogelijk bestaan heeft uitgewist. Er is meer onderzoek nodig om deze hypothese te bevestigen.
Gebaseerd op de tijdens dit onderzoek opgedane kennis, wordt een plan voorgesteld voor de gefaseerde introductie van magnetometrie in de Nederlandse Archeologische Monumentenzorg. Hierbij moeten geofysische methoden beter geïntegreerd worden in de KNA, waarbij de Maasvallei als startpunt kan dienen voor de systematische toepassing van magnetometrie in het prospectieonderzoek.
Magnetometeronderzoek kan geen vervanging zijn van de andere prospectiemethoden, maar wel een aanvulling. Het niet benutten van een bruikbare techniek werkt het verlies van informatie in de hand. De sterke punten van magnetometrie zijn de goede resolutie en de snelheid van de methoden (tussen booronderzoek en proefsleufonderzoek in) en de resulterende horizontale dataset, waarin individuele grondsporen te onderscheiden zijn. De combinatie van magnetometrie en grondbooronderzoek ligt dan ook voor de hand: met behulp van de magnetometer kunnen grondsporen in kaart gebracht worden, terwijl booronderzoek gebruikt kan worden om deze sporen te dateren, de diepte te bepalen en om uitspraken te kunnen doen over de conserveringstoestand. In sommige gevallen kan magnetometrie in plaats van of in combinatie met proefsleuven of opgravingen uitgevoerd worden, vooral daar waar alleen informatie over de locatie van bepaalde sporen nodig is. Ook verstoringen van het bodemarchief kunnen met behulp van de magnetometer in kaart gebracht worden. Met andere woorden, de magnetometer kan in veel situaties ingezet worden, maar niet in alle. Met deze conclusie heeft dit proefschrift een bijdrage geleverd aan de kaders waarbinnen deze nieuwe techniek succesvol geïntegreerd kan worden in de archeologische monumentenzorg.