

**Leidraad inventariserend veldonderzoek  
Deel: karterend booronderzoek**

**Colofon****Opdrachtgever:** SIKB**Titel:** Leidraad inventariserend veldonderzoek; Deel: karterend booronderzoek**Status:** eindversie. Deze leidraad is op 30 maart 2006 vastgesteld door het CCvD Archeologie.**Datum:** juli2006**Auteurs:** *drs. A.J. Tol, drs. J.W.H.P. Verhagen & drs. M. Verbruggen***Projectleider:** drs. A.J. Tol

## Voorwoord

Archeologische prospectie heeft in Nederland de laatste jaren sterk aan belang gewonnen en wordt gezien als het fundament van de archeologische monumentenzorg. Jaarlijks worden vele honderden prospecties uitgevoerd door een steeds groeiend aantal instellingen. Tegelijkertijd moet geconstateerd worden dat consensus over wat nu precies kwalitatief goed onderzoek is, ontbreekt. Daarmee is de behoefte ontstaan eisen aan de kwaliteit van het onderzoek op te stellen en breed te verspreiden.

Dat geldt in het bijzonder voor het archeologisch booronderzoek. Er is tussen vakgenoten, maar ook tussen opdrachtgever en opdrachtnemer veel discussie over wat goed of betrouwbaar onderzoek is. De reden is dat er wel een procedurele norm, tevens methodologische standaard is (de KNA), maar dat er geen richtlijnen zijn voor de onderzoeksintensiteit en -methode. De leidraad die voor u ligt voorziet in deze lacune. Niet door dwingende normen voor te schrijven, waardoor creativiteit en innovatie worden afgeremd, maar door het presenteren van (1) richtlijnen voor het opstellen van een booronderzoek en (2) enkele *goede* standaardmethoden.

Daarnaast wordt in deze leidraad aandacht besteed aan de vele vragen waarvoor onderzoeker, overheid en opdrachtgever zich tijdens het onderzoek gesteld zien. Deze variëren van hoe uitgebreid het onderzoek moet zijn, tot de vraag wanneer het onderzoek voldoende informatie heeft opgeleverd en kan worden afgebroken. Deze keuzes worden veelal gemaakt in een projectomgeving waarin de belangen van opdrachtgever, overheid en onderzoeker tegengesteld zijn.

Met deze leidraad wordt beoogd om de transparantie van het onderzoek – met verantwoording van gemaakte keuzes – te vergroten. Zowel voor Programma's van Eisen (PvE's) als Plannen van Aanpak (PvA's) hopen de opstellers van deze leidraad en het Centraal College van Deskundigen (CCvD) dat in een belangrijke behoefte voorzien zal worden.

Het eerste concept van deze leidraad is becommentarieerd door een lezersgroep bestaande uit J. Deeben, A. Müller en H. Peeters (ROB), R. Kok (provincie Utrecht), R. Isarin en R. Kroes (Past2Present) en W. Willems (RIA). Zij hebben het concept nauwgezet doorgelezen en van kritische opmerkingen voorzien. Al deze mensen worden bedankt voor hun medewerking.

## Inhoud

Voorwoord	3
Inhoud	4
1 Inleiding	5
2 Vragen en keuzes	9
3 Richtlijnen voor karterend booronderzoek	15
3.1 Boorprospectie en statistiek	15
3.2 Het opsporen van archeologische sites: een rekenmodel	16
4 Het bepalen van de onderzoeksmethode bij karterend booronderzoek	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Gedetailleerde verwachting: stappenplan voor het opzetten van een betrouwbare karterende boormethode	34
4.3 Globale verwachting voor nederzettingen: standaardmethode A t/m D	35
4.4 Kleine gebieden met een brede verwachting: standaardmethode E	40
Literatuur	41
Overzicht van figuren en tabellen	42

## 1 Inleiding

### Doelstelling en uitgangspunten

De Leidraad karterend booronderzoek beoogt een praktische handleiding te zijn voor archeologisch (prospectief) booronderzoek. Het document is te beschouwen als een aanvulling op de KNA 3.1 (deel II Protocol Inventariserend Veldonderzoek) en omvat een op de praktijk gerichte vertaling van RAAP-rapport 1000 (Tol e.a., 2004). De onderzoeksmethodologie van het vooronderzoek van de KNA 3.1 is leidend voor het document.

De leidraad is gericht op de methodische aspecten van het karterend booronderzoek: hoeveel boringen zijn nodig om een IJzertijd-nederzetting op te sporen? Wat dient de diameter van de boor te zijn en is het gebruik van een zeef gewenst? Het 'beschrijven' van boringen komt niet aan bod. Hiervoor wordt verwezen naar de *Leidraad 3 Archeologische Standaard Boorbeschrijvingsmethode*.

De leidraad beperkt zich nadrukkelijk tot de karterende fase van het inventariserend veldonderzoek: het opsporen van sites. Het waarderen van sites blijft buiten beschouwing. Er wordt ook geen aandacht besteed aan de geologische benadering van archeologisch vooronderzoek. Inbreng van geologische kennis is van groot belang bij het opstellen van de archeologische verwachting: weten waar geologisch gezien de grootste kans bestaat op de aanwezigheid van (in het verleden) voor bewoning geschikte locaties geeft het prospectief onderzoek doel en richting. De KNA geeft deze geo-genetische benadering een duidelijke plaats in de verkennende fase van het inventariserend onderzoek.

Daarnaast focust de leidraad zich op het opsporen van sites in het landelijk gebied. De prospectie van 'stedelijke' sites heeft een geheel eigen problematiek die niet te vergelijken is met die van 'landelijke' sites. Zichtbare sites (zoals grafheuvels en schansen) worden eveneens buiten beschouwing gelaten. Bij het opsporen van dergelijke sites speelt booronderzoek nauwelijks een rol.

### Opzet en werkwijze

De Leidraad Inventariserend Veldonderzoek; Deel karterend booronderzoek bestaat uit 3 delen:

### *Deel 1*

Overzicht van de factoren die een rol spelen bij het maken van keuzes tijdens het proces van archeologisch vooronderzoek: keuzes over wel of geen onderzoek, het type onderzoek (boren of graven) en de intensiteit van onderzoek (10 of 20 boringen per ha). Bij al deze keuzes zijn er meerdere belanghebbenden (opdrachtgever, bevoegde overheid, onderzoeksbureau, 'wetenschap') die uiteenlopende en vaak strijdige belangen hebben. Voor een goed functionerende archeologische monumentenzorg is het van belang bovengenoemde vakinhoudelijke keuzes zorgvuldig te onderbouwen. Hiermee wordt transparantie bevorderd en blijft draagvlak bestaan voor de archeologische monumentenzorg. Momenteel is echter geen omvattend afwegingskader beschikbaar voor het maken van bovengenoemde keuzes. De concepten 'noodzakelijkheid', 'effectiviteit', 'proportionaliteit' en 'subsidiariteit', die in tal van beleidsterreinen ingang hebben gevonden, kunnen een toetssteen zijn bij het opstellen van een dergelijk afwegingskader.

### *Deel 2*

Beknopt en eenvoudig overzicht van de statistische basis van archeologisch booronderzoek (trekkans, vindkans, opsporingskans).

### *Deel 3*

Aan de hand van de trekkans-, vindkans- en opsporingskansmodellen worden in dit deel richtlijnen gegeven voor het opzetten van een karterend booronderzoek (het 'stappenplan'). Als de prospectiekenmerken van een verwachte site voldoende zijn te beargumenteren, kan met behulp van deze richtlijnen een betrouwbare boormethode opgesteld worden. Op dit moment ontbreekt het echter vaak aan voldoende exacte informatie om deze richtlijnen te gebruiken.<sup>1</sup> Daarom wordt een aantal standaardmethoden gepresenteerd voor het met de boor opsporen van nederzettingen.

## **Termen en definities**

In deze paragraaf worden enkele centrale begrippen toegelicht.

*Archeologische laag.* Een archeologische laag is een met het ongewapende oog waarneembare lithostratigrafische eenheid die zich onderscheidt van de lagen eronder en erboven door de aanwezigheid van (een microfractie van) artefacten en mogelijk-antropogene objecten. In de Nederlandse archeologie veel gebruikte, maar niet duidelijk omschreven synoniemen zijn: cultuurlaag, vondstlaag, vondstniveau, bewoningsniveau, 'vuile' laag en afvallaag.

---

<sup>1</sup> Op dit moment bestaat te weinig inzicht in de prospectiekenmerken van veel complextypen, bijvoorbeeld op het punt van omvang en vondstdichtheid. Een dergelijk inzicht is nodig om een 'op maat gesneden' onderzoeksmethode te kunnen ontwerpen (door middel van de richtlijnen voor karterend booronderzoek). Daarom is het nodig dat in de toekomst op systematische wijze informatie over prospectiekenmerken wordt verzameld bij opgravingen.

*Archeologische prospectiekenmerken.* De (uiterlijke) kenmerken die bepalend zijn voor de mate van succes waarmee sites kunnen worden opgespoord worden prospectiekenmerken genoemd. Deze kenmerken zijn mede afhankelijk van de beschikbare en bruikbare onderzoeksmethodieken. Voor boor- en gravend onderzoek zijn de volgende prospectiekenmerken van belang: de omvang en vorm van een site, de grondsporen (dichtheid en herkenbaarheid), de archeologische laag en het vondstmateriaal, zowel artefacten als mogelijk-antropogene objecten (samenstelling, grootteverdeling van de vondsten en vondstdichtheid).

*Archeologische site.* Plaatsen waar de fysieke resten van menselijke activiteiten zijn vastgesteld – zoals artefacten, grondsporen en/of archeologische lagen – worden archeologische *sites* genoemd. In verband met het karakter van het prospectief onderzoek is deze omschrijving zeer ruim. Niet alleen een Romeinse weg, een dorp of een plaats waar alleen etensafval is achtergelaten valt binnen de omschrijving, maar ook een verzameling van enkele artefacten en/of een enkel grondspoor. Een synoniem dat in de Nederlandse archeologie veel gebruikt wordt is 'archeologisch complex' of vindplaats. Overigens kan een site uit meerder complextypen bestaan.

*Artefact.* Alle mobiele objecten die door de mens gemaakt, gebruikt of gewijzigd zijn, worden artefacten genoemd. Bijvoorbeeld: aardewerkscherven, vuurstenen werktuigen, verbrand bot of aangepunte houten palen. Zie ook *Context*.

*Context.* De prospectieve waarde van artefacten en mogelijk-antropogene objecten kan niet individueel worden "beoordeeld" maar dient te worden gezien in relatie tot de geogenetische eigenschappen van de laag waaruit zij afkomstig zijn en/of in relatie tot andere aangetroffen (mogelijke) artefacten. Het gezamenlijk voorkomen van artefacten of mogelijk-antropogene objecten, de hoeveelheid waarin het voorkomt of de stratigrafische positie kunnen er op wijzen dat de mens er de hand in heeft gehad. Zo kan een associatie van houtskool en vischubben wijzen op (de nabijheid) van een site, evenals onbewerkt vuursteen in een sediment waarin van nature geen vuursteen behoort voor te komen.

*Grondspoor.* Dit zijn de resten van menselijk ingrijpen in de bodem, zoals haarden, paalsporen en (opgevulde) kuilen. Grondsporen onderscheiden zich van de omgeving door een andere lithologie en kleur, en een vorm en/of configuratie die erop wijst dat het sporen van menselijk handelen betreft.

*Mogelijk-antropogene objecten.* Sommige objecten zijn van menselijke oorsprong of door de mens teweeggebracht, terwijl dit aan het object *zelf* niet te zien is. Veelal gaat het om zaken die niet bewust door mensenhand

gemaakt zijn, maar wel samenhangen met menselijke activiteiten. Houtskool, onverbrand bot, fosfaatconcentraties of steen zijn hier voorbeelden van. De aanwezigheid hiervan kan echter ook een natuurlijke oorsprong hebben. Zie ook *Context*.

*Opsporingskans*. De kans op het opsporen van een archeologische site.

*Prospectiegroep*. Groep van sites met overeenkomstige prospectiekenmerken.

*Trefkans*. De kans dat in een site wordt geboord (een "rake" boring),

*Vindkans*. De kans dat de aanwezige archeologische resten ook daadwerkelijk in de 'rake' boring worden aangetroffen.



## 2 Vragen en keuzes

### Onderzoeken is keuzes maken

De uitspraak 'Wie wetenschap bedrijft moet keuzes maken', zal elke ervaren onderzoeker kunnen beamen. Wie de complexe werkelijkheid wil beschrijven en verklaren zal zich moeten beperken. Het maken van keuzes in de vraagstelling – 'wat ga je onderzoeken' - en de methoden van onderzoek zijn hier onlosmakelijk mee verbonden. Het begint al voordat het onderzoek van start gaat met de vraag of het onderzoek alle moeite wel waard is. Omdat de tijd en het budget voor onderzoek altijd gelimiteerd zijn, zal de onderzoeker een afweging moeten maken tussen enerzijds de grootte van de onderzoeksinspanning en anderzijds de verwachte resultaten, de opbrengst. Deze opbrengst kan vele vormen aannemen, van een wetenschappelijke verklaring tot een reeks nieuw ontdekte vindplaatsen. Een complicerende factor bij archeologische prospectie is dat van te voren nooit met zekerheid is te zeggen of het onderzoek een positief resultaat zal hebben. De vindplaatsen liggen immers verborgen onder het oppervlak en het is niet vooraf bekend of de verwachte vindplaatsen ook werkelijk aanwezig zijn. In dit opzicht is er veel overeenkomst met het kopen van een lot in een loterij. Er wordt geïnvesteerd in een lot en in ruil daarvoor ontvangt men niet meer dan een kans op een prijs. Ook hier speelt de eerder genoemde kosten/batenafweging een rol: wat kost het lot en hoe groot is de kans op een prijs? De afwegingen die bij prospectief onderzoek moeten worden gemaakt richten zich op hoe breed of smal de vraagstelling moet zijn ('waar gaan we precies naar op zoek'), welke onderzoeksmethoden in aanmerking komen en welke onderzoeksintensiteit en dus betrouwbaarheid gewenst zijn. De onderzoeker is bij de opzet van zijn onderzoek voortdurend bezig deze variabelen op elkaar af te stemmen om binnen de beperkingen van tijd en geld een 'goed' onderzoeksresultaat neer te zetten. Valt de afweging tussen onderzoeksinspanning en verwachte opbrengst positief uit dan zal het onderzoek in principe van start kunnen gaan. Ook het tegenovergestelde is natuurlijk mogelijk: de 'financieel haalbare' onderzoeksinspanning levert een te lage kans op succes.

Is het onderzoek eenmaal gestart dan blijkt dit vaak niet geheel volgens plan te verlopen. De praktijk is vaak weerbarstiger dan gedacht: de vraagstelling blijkt toch te breed, het verzamelen van gegevens duurt langer dan aangenomen, de gekozen onderzoeksmethode voldoet niet aan de verwachtingen of de resultaten vallen anders uit dan gehoopt. Het gevolg is dat de onderzoeker voortdurend nieuwe afwegingen moet maken om zijn

onderzoek binnen de gestelde grenzen af te kunnen ronden. Het kan zelfs zijn dat het onderzoek tussentijds wordt stopgezet. Dit kan zich voordoen als de kans op het aantreffen van vindplaatsen veel lager blijkt dan aangenomen, waardoor de onderzoeksinspanning (om succes vol te kunnen zijn) disproportioneel veel groter dient te worden. Onderzoeken is dus voortdurend keuzes maken!

Bij de beoordeling van wetenschappelijk onderzoek wordt natuurlijk in de eerste plaats gekeken naar het resultaat. Even belangrijk is het echter om te kunnen achterhalen hoe dit resultaat tot stand is gekomen. Inzicht in de gemaakte keuzes is hierbij noodzakelijk. In de wetenschappelijke wereld is het daarom gebruikelijk verantwoording af te leggen over de gemaakte keuzes, anders kan het onderzoek immers niet op zijn waarde worden beoordeeld. In de wetenschap worden de volgende algemene kwaliteitseisen aan onderzoek gesteld:

- transparantie: de probleem- of vraagstelling, de globale gang van zaken en de gebruikte methoden moeten voor alle betrokkenen inzichtelijk zijn. Dit houdt ook in het verantwoorden van keuzes. Alles moet controleerbaar en toetsbaar zijn.
- consistentie: de hulpmiddelen (methoden) moeten aansluiten bij het doel van het onderzoek, het moet effectief zijn.

### **Kiezen kan niet zonder afwegingskader**

Bij de keuzes waar de onderzoeker zich bij de start en tijdens het onderzoek voor gesteld ziet, spelen verschillende belanghebbenden een rol. Bij prospectief onderzoek dat wordt uitgevoerd in het kader van de archeologische monumentenzorg (AMZ) is vaak sprake van een driemanschap: een initiatiefnemer c.q. opdrachtgever die in het kader van zijn project te maken krijgt met archeologie, een overheid die heeft bepaald dat er onderzoek moet plaatsvinden en vanzelfsprekend een onderzoeker die het onderzoek uitvoert. Tussen deze belanghebbenden kan een spanningsveld bestaan als het gaat om een billijke verdeling van de kosten en de baten van het onderzoek. Weliswaar hebben alle betrokkenen belang bij een betrouwbaar onderzoek, maar in het algemeen streeft een onderzoeker hierbij naar *maximale* betrouwbaarheid en kwaliteit, terwijl de initiatiefnemer *betaalbare* betrouwbaarheid en kwaliteit hoog in het vaandel heeft staan.

Indien de algemene eis van transparantie van onderzoek wordt toegepast op de keuze- en beslismomenten ligt het voor de hand dat inzicht gegeven wordt in de achterliggende argumenten en de wijze waarop eventueel tegengestelde belangen tegen elkaar zijn afgewogen. Momenteel wordt in de verslaglegging van prospectief onderzoek aan deze eis van transparantie nog weinig inhoud gegeven. Niet altijd wordt helder beargumenteerd waarom een onderzoek noodzakelijk is en evenmin of bij de keuze voor een onderzoeksmethode het beschikbare budget of een maximale betrouwbaarheid doorslaggevend is geweest. Vermoedelijk ligt de oorzaak in het ontbreken van een

afwegingskader met bijbehorend begrippenapparaat dat op consensus kan rekenen.

Onderstaand kader is een poging in deze lacune te voorzien. Met nadruk wordt gesteld dat het in de eerste plaats gaat om het introduceren van een begrippenkader dat tot doel heeft de transparantie in besluitvorming over onderzoek in de AMZ, voor initiatiefnemer, overheid en onderzoeker te vergroten.<sup>2</sup> Het aanreiken van 'harde' normen is nadrukkelijk niet de bedoeling. Wel wordt in hoofdstuk 4 (standaard boormethoden) een betrouwbaarheid van 75% als optimale opsporingskans voorgesteld.

#### *Een afwegingskader*

Aan de basis van prospectief onderzoek ligt steeds de vraag of er onderzoek moet worden uitgevoerd en zo ja hoe uitgebreid dit moet zijn. Is het onderzoek eenmaal gestart dan moet aan het einde van elke onderzoeksfase worden bekeken of voldoende informatie is verkregen om een besluit in het kader van de AMZ te nemen over de noodzaak van vervolgonderzoek. Hierbij komt opnieuw de eerder genoemde basisvraag aan de orde. De vraag of vervolgonderzoek de moeite waard is zal dus na elke fase opnieuw moeten worden beantwoord. De volgende begrippen kunnen behulpzaam zijn bij het onderbouwen van de beslissing.

*Noodzakelijkheid.* Het is evident dat er een noodzaak moet bestaan om onderzoek uit te voeren. In de AMZ komt deze noodzaak voort uit wet- en regelgeving. Het voert te ver hier nader op in te gaan. Dat er een noodzaak bestaat onderzoek uit te voeren, wil echter niet zeggen dat daarmee ook elke vorm van onderzoek, hoe beperkt of uitgebreid ook, gelegitimeerd is. Uit het noodzakelijkheidsprincipe vloeit namelijk ook voort dat het onderzoek niet verder mag gaan dan wat nodig is om de doelstellingen te bereiken. Deze doelstelling ligt voor een grootschalige opgraving vanzelfsprekend op een hoger niveau dan bij een karterend booronderzoek. In de KNA worden in de omschrijvingen de doelstellingen per onderzoeksfase van het inventariserend veldonderzoek gegeven (zie schema 1). Deze resulteren voor de verkennende, karterende en waarderende fase in een steeds hogere onderzoeksintensiteit, waar tegenover staat dat het te onderzoeken gebied steeds kleiner wordt. Zo kan voor een verkenning volstaan worden met enkele boringen per ha, terwijl voor een waardering een veelvoud daarvan nodig is. Voor elke onderzoeksfase is dus een andere intensiteit *noodzakelijk*. De volgende drie begrippen bieden hiervoor verdere aanknopingspunten.

*Effectiviteit.* Een onderzoeksmethode moet doen wat zij belooft te doen, d.w.z. dat met dit middel de kans om het beoogde doel te bereiken voldoende is. De vraag welke methode effectief is, is een belangrijk (wetenschappelijk) thema

---

<sup>2</sup> De terminologie is ontleend aan het juridische begrippenpaar 'proportionaliteit en subsidiariteit' dat in meerdere sectoren en afwegingskaders ingang heeft gevonden.

in archeologische prospectie. Afhankelijk van het vindplaatstype dat moet worden opgespoord en de bijbehorende prospectiekenmerken, kan met statistische methoden worden uitgerekend welk aantal boringen, of welk dekkingspercentage aan proefsleuven volstaat. Op deze wijze wordt het onderzoek op inzichtelijke wijze uitgevoerd, waardoor na evaluatie van de onderzoeksresultaten ook een evaluatie van de methode mogelijk is.

*Subsidiariteit.* Het subsidiariteitsprincipe houdt in dat altijd het minst zware (maar effectieve) middel ingezet moet worden. Als aangetoond is dat een onderzoek van 10 boringen per ha in plaats van 20 volstaat, is het redelijk en billijk voor de lichtste intensiteit te kiezen. Hetzelfde geldt voor de keuze tussen een boor- of proefsleuvenonderzoek, mits aangetoond is dat de lichtste variant effectief is. Hiermee is niet alleen het belang van de initiatiefnemer van het onderzoek gediend, maar wordt ook tegemoet gekomen aan de eis van wederkerigheid: als het archeologische belang mag worden afgewogen tegen het economische, is ook het omgekeerde billijk en redelijk.

*Proportionaliteit.* Het uitgangspunt is een juiste verhouding tussen inspanning en verwachte resultaten. Dit geldt zowel voor de wetenschapper die de vrijheid heeft zijn eigen onderzoek in te richten, als voor de archeoloog die in opdracht werkt. In de archeologische prospectie stuiten we hierbij op een extra complicerende factor omdat de inspanning wordt geleverd door de initiatiefnemer - hij stelt immers het budget beschikbaar - en de resultaten ten goede komen aan de wetenschap en AMZ. De lusten en lasten zijn zogezegd ongelijk - en naar de mening van sommige initiatiefnemers zelfs oneerlijk - verdeeld. Hiermee komt dus de vraag aan de orde wat billijk en redelijk is om aan onderzoekskosten aan de initiatiefnemer in rekening te brengen. Zoals eerder aangegeven komt de noodzakelijkheid van een onderzoek voort uit wet- en regelgeving, maar geeft dit geen richting voor de maximale omvang en dus de kosten van het onderzoek. Er zijn vooraf geen objectieve regels op te stellen wat als proportioneel of disproportioneel door betrokkenen wordt gezien. De beleving hiervan verschilt sterk per betrokken partij. Daarnaast is elk project daarvoor te verschillend als het gaat om de vakinhoudelijke kosten/batenanalyse, de maatschappelijke druk om een bouwproject te realiseren, de mogelijkheid van alternatieve ontwerp oplossingen en de financiële draagkracht van de initiatiefnemer. Wat proportioneel is zal in elk project afgewogen en uitonderhandeld moeten worden, waarbij het geen kwestie is van vooraf harde grenzen stellen, maar 'het juiste midden' vinden. De mate waarin betrokkenen tevreden zijn over de uitkomst zal in hoge mate afhangen van de zorgvuldigheid van het afwegings- en onderhandelingsproces. De 'norm' van wat proportioneel is, ligt dus besloten in de kwaliteit van het afwegingsproces. Er blijkt een duidelijke relatie te bestaan tussen het begrip proportionaliteit en het begrippenpaar effectiviteit/betrouwbaarheid, als gekozen moet worden voor een bepaalde onderzoeksmethode en bijbehorende onderzoeksintensiteit.

De vraag die in de praktijk altijd opborrelt, is of effectiviteit opgevat moet worden als een absoluut begrip, gekoppeld aan een betrouwbaarheid van 100 %, of dat met het oog op de hoge kosten die met deze eis samenhangen ook een betrouwbaarheid van 80% volstaat. Effectiviteit verandert dan van een absoluut naar een relatief begrip, van *effectief* naar *hoe effectief*. Hiermee verschijnt dus opnieuw de vraag naar de proportionaliteit ten tonele.

### **De KNA 3.1 als uitgangspunt**

In de KNA 3.1 wordt ruime aandacht besteed aan archeologische prospectie. Er zijn twee processen (protocollen): bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek (IVO–proefsleuven en IVO-overig). Impliciet wordt prospectie in de KNA gedefinieerd als: een terrein onderzoeken op de aanwezigheid van archeologische vindplaatsen aan de hand van een vooraf opgestelde gespecificeerde verwachting. In wetenschappelijke termen gezegd betreft het dus het toetsen van een hypothese. De hypothese moet voldoende helder en eenduidig zijn om te kunnen toetsen.

De onderzoeksmethodologie van beide processen is helder. Op het hoogste niveau betreft het een tweedeling: het opstellen van een hypothese in het bureauonderzoek en vervolgens het toetsen daarvan tijdens het inventariserend veldonderzoek.<sup>3</sup> Op een lager niveau is sprake van een vierdeling: allereerst het bureauonderzoek en vervolgens binnen het inventariserend veldonderzoek een verkennende, karterende en waarderende fase.

Een groot voordeel van deze vierdeling is dat de onderzoeker, op meerdere van te voren vastgelegde momenten in het onderzoeksproces, steeds kan afwegen of de volgende stap uit de reeks gewenst is. Hiermee wordt bereikt dat tijdens alle onderzoeksfasen een verantwoord evenwicht tussen onderzoeksinspanning en verwachte resultaten wordt nagestreefd.

De onderzoeksfasen binnen het archeologisch vooronderzoek en de vragen die per fase moeten worden gesteld en beantwoord zijn hieronder samengevat in schema 1.

---

<sup>3</sup> Het woord 'inventariserend' is in dit verband enigszins misleidend omdat het ten onrechte suggereert dat *alle* archeologische resten in kaart worden gebracht.

Leidraad inventariserend veldonderzoek;  
Deel: karterend booronderzoek

	Doel	Vragen	Resultaat
Bureauonderzoek (KNA 3.1 Protocol Bureauonderzoek)	Gespecificeerde verwachting (eventueel per deelgebied) (KNA 3.1 LS05)	Hoe omvangrijk moet het bureauonderzoek zijn? Wel of geen vervolgonderzoek? Wel of geen verkennende fase vooraf?	Inzicht in bekende en te verwachten sites per deelgebied
Verkennde fase (KNA 3.1 Protocol Inventariserend veldonderzoek)	Toetsing begrenzing deelgebieden met verschillende verwachting. Toetsing aannames verwachting m.b.t. landschappelijke situatie, zoals verstoringen en geo- genese	Welke onderzoeksmethode en intensiteit? Wel of geen vervolgonderzoek?	Verwachting per deelgebied, gecontroleerd op aannames. Geen uitspraken over aan- of afwezigheid sites
Karterende fase (KNA 3.1 Protocol Inventariserend veldonderzoek)	Toetsen gespecificeerde verwachting c.q. aantonen aan- of afwezigheid sites	Welke onderzoeksmethode en intensiteit ?  Wel of geen vervolgonderzoek?	Sites globaal in kaart gebracht
Waarderende fase (KNA 3.1 Protocol Inventariserend veldonderzoek)	Omvang, diepte, aard, gaafheid, datering	Welke onderzoeksmethode en intensiteit ?	Gewaardeerde sites

Schema 1.

## 3 Richtlijnen voor karterend booronderzoek

### 3.1 Boorprospectie en statistiek

Booronderzoek is een prospectiemethode waarbij door middel van een steekproefsgewijze bemonstering van de bodem, door middel van grondboringen, de aan- of afwezigheid van sites in een gebied wordt vastgesteld. De kans dat een site door grondboringen wordt opgespoord is afhankelijk van de prospectiekenmerken ervan en de gehanteerde boormethode (zie kader 1). Door de boormethode af te stemmen op de prospectiekenmerken van een site kan een statistisch betrouwbare boorprospectie worden bereikt: een boormethode waarmee de aan- of afwezigheid van de te verwachten sites kan worden vastgesteld binnen een vooraf bepaalde marge.

#### **Variabelen die het opsporen van sites beïnvloeden**

##### Prospectiekenmerken van een site:

- omvang
- vondstdichtheid (afhankelijk van samenstelling en grootteverdeling)
- aan-/afwezigheid van een archeologische laag (conservering en gaafheid van het bewoningsniveau)

##### Boormethode:

- afstand tussen de boorpunten (boorgrid)
- diameter van de boor
- kwaliteit van de boorkern (afhankelijk van boortype: guts, Edelman, mechanische boor)
- waarnemingstechniek: snijden (boormes), zeven (nat of droog, maaswijdte), blote oog of vergroten (loupe, binoculair)

Kader 1.

Dit hoofdstuk bestaat uit twee delen. §3.2 behandelt de statistische achtergrond van prospectief booronderzoek aan de hand van het 'opsporingskans'-model van Krakker e.a. (1983). In § 3.3 worden richtlijnen

geformuleerd voor het opzetten van een betrouwbare boormethode voor karterend onderzoek (d.i. het opsporen en globaal begrenzen van sites).

## 3.2 Het opsporen van archeologische sites: een rekenmodel

### 3.2.1 Inleiding

In verschillende publicaties over de statistische aspecten van prospectief onderzoek wordt de terminologie van Krakker e.a. (1983) gebruikt.<sup>4</sup> De kans op het opsporen van een archeologische site wordt de **opsporingskans** (*discovery probability*) genoemd. Deze kans is afhankelijk van de **trefkans** (*intersection probability*) en de **vindkans** (*detection probability*), die beide door middel van een statistisch model te beschrijven zijn. De trefkans is de kans dat in een site wordt geboord, de vindkans is de kans dat de aanwezige archeologische resten ook daadwerkelijk in de 'treffende' boring worden aangetroffen. Door middel van een rekenmodel kunnen de effecten van verschillende boormethoden op de opsporingskans van een site worden gekwantificeerd. Voorwaarde is dan wel dat de prospectiekenmerken van de op te sporen site bekend zijn. Het gebruikte model gaat uit van eenvoudige geometrische vormen en van een uniforme vondstverspreiding binnen de site. De 'archeologische werkelijkheid' is vanzelfsprekend veel gecompliceerder. Zo bestaat bijvoorbeeld een vondststrooiing van vuursteen dan wel een zeker oppervlak, maar de dichtheid van materiaal binnen dat oppervlak kan sterk variëren en dat bepaalt in sterke mate de kans op het aantreffen van materiaal in de boor.

### 3.2.2 Boorgrid en trefkans

#### Trefkans en miskans

De trefkans is de kans dat een boring in een site wordt gezet (een 'rake' boring).<sup>5</sup> Deze kans is afhankelijk van de omvang en vorm van de site, en de afstand tussen de monsterpunten (het boorgrid) en de vorm van het boorgrid. Het berekenen van de trefkans is echter niet altijd even makkelijk. Er zijn twee situaties te onderscheiden, waarvoor de trefkans op verschillende wijze dient te worden bepaald.

---

<sup>4</sup> De theoretische grondslag voor het opzetten van archeologische prospectie is in de jaren 80 van de 20e eeuw uitgebreid besproken in vooral Amerikaanse literatuur. Een aantal artikelen richt zich op *shovel-test pit sampling* (*shovel-test* pits zijn proefputten met een omvang van maximaal 1x1 m), waarvoor de statistische grondslag gelijk is aan die voor boorprospectie. Een goed overzicht van de discussie en de relevante publicaties is te vinden in Zeidler (1995) en Orton (2000b). In Nederland is voorzover bekend alleen in het proefschrift van Groenewoudt (1994) aandacht aan het onderwerp besteed. In recente publicaties wordt het onderwerp niet meer ter sprake gebracht, hoewel er nog wel Engelse onderzoeken zijn gedaan naar de effectiviteit van het trekken van proefsleuven (Champion e.a., 1995; Orton, 2000a; Hey & Lacey, 2001).

<sup>5</sup> Op de IKAW wordt ook de term trefkans gehanteerd. De auteurs bedoelen hier echter iets geheel anders, te weten de verwachte dichtheid aan vindplaatsen in een gebied.



In de eenvoudigste situatie kan de volgende formule worden gebruikt, die wordt gegeven door Drew (1979):

Formule 1 
$$T = \frac{A}{i \cdot s}$$

waarbij:

A = de oppervlakte van de site

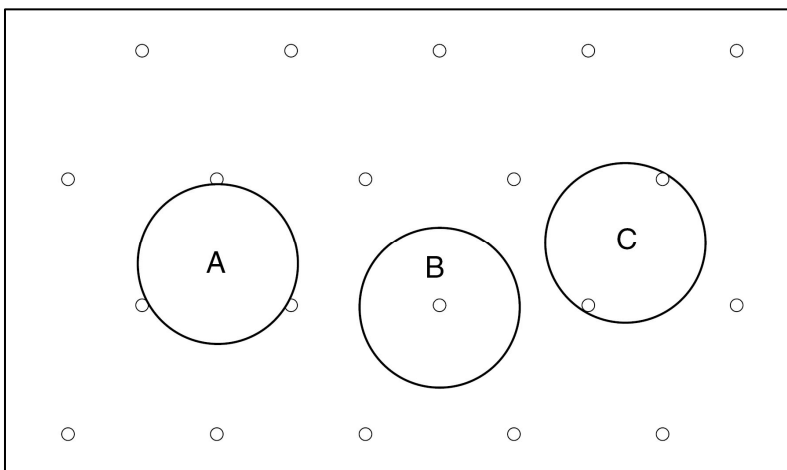
i = de afstand tussen de boringen binnen een boorraai

s = de afstand tussen de boorraaien

T = 'trefkans'; gemiddeld aantal boringen dat in de site wordt gezet ('rake' boringen)

Formule 1 geeft dus *niet* de kans dat een site wel of niet wordt geraakt door een boring, maar het gemiddelde aantal rake boringen in een site van een bepaalde omvang. Het is afhankelijk van de vorm van een site, maar ook van de vorm van het gehanteerde boorgrid, of T gelijk kan worden gesteld aan de daadwerkelijke trefkans. In de nu volgende discussie wordt uitgegaan van het bepalen van de trefkans bij gebruikmaking van een gelijkzijdig driehoeksgrid, waarbij de afstand tussen alle boorpunten even groot is.

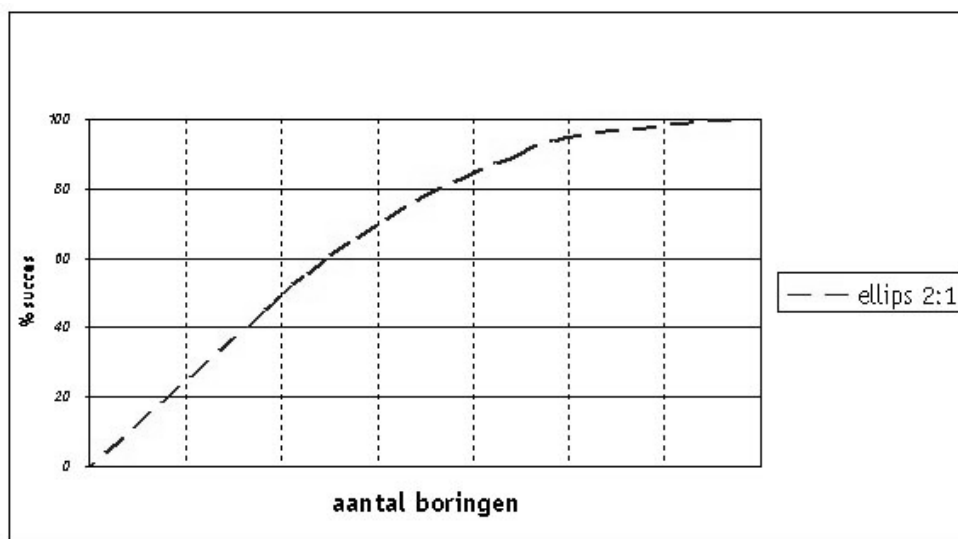
Voor een cirkelvormige site geldt dat, zolang de afstand tussen de boorpunten kleiner is dan de doorsnede van de vindplaats, T gelijk is aan de trefkans. In alle andere gevallen dient de trefkans op een andere wijze te worden bepaald. Ter illustratie is in figuur 1 een cirkelvormige site weergegeven waarvoor geldt dat  $T = 1$ . Een site van een dergelijke omvang kan wel degelijk door het boorgrid gemist worden (figuur 1: A). Voor elliptische sites geldt dit in nog sterkere mate: daar is T alleen gelijk aan de trefkans zolang de korte as van de ellips kleiner is dan de afstand tussen de boorpunten.



**Figuur 1.** Het aantal boringen dat in een cirkelvormige site kan vallen, is afhankelijk van de positie van de site in het boorgrid.

Deze 'miskans' (M) wordt ook wel aangeduid als *consumer's risk*, een term afkomstig uit Gilbert (1987). De kans op het missen van een site bij  $T=1$  is 4% bij een cirkel, en 15% bij een ellips met een verhouding korte/lange as van 1:2. De werkelijke trefkans is daarom dus gelijk aan  $1 - M$ . Het is helaas niet mogelijk om de miskans via een eenvoudige formule te berekenen. Daarvoor moet gebruik worden gemaakt van bestaande tabellen, zoals die in Gilbert (1987), of van speciaal daarvoor ontwikkelde software (zoals Visual Sample Plan, zie <http://dgo.pnl.gov>). Deze hulpmiddelen zijn bovendien alleen geschikt voor gelijkzijdige driehoeksgrids, voor andere gridvormen zijn voorzover bekend geen tabellen gepubliceerd.

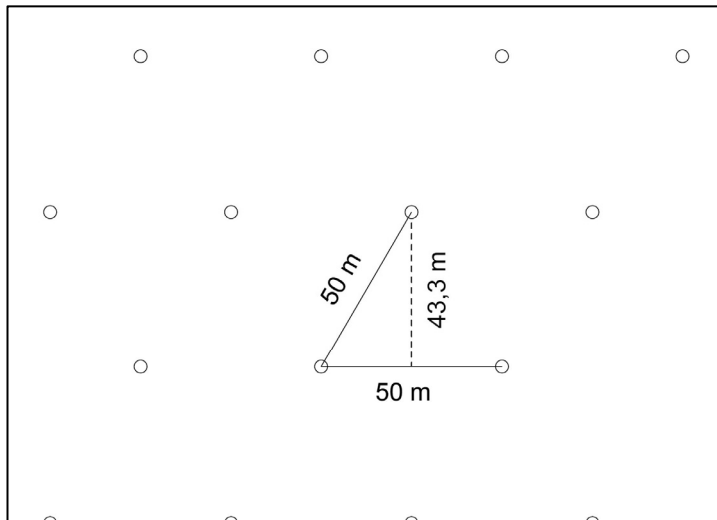
Het blijkt dat de miskans zich bij een toename van T (en dus een toename van het aantal boringen) ontwikkelt volgens de *wet van de verminderende meeropbrengst* (figuur 2). Tot  $T=0,45$  (ellips) en  $T=0,91$  (cirkel) is de afname van de miskans recht evenredig met de toename van het aantal boringen. Daarboven dienen verhoudingsgewijs steeds meer boringen gezet te worden om een afname van de miskans te realiseren. Om 100% zekerheid te hebben dat een site niet meer gemist kan worden, dient T verhoogd te worden: bij cirkelvormige sites tot  $T=1,21$  en bij elliptische sites (verhouding korte/lange as van 1:2) tot  $T=1,61$  (Tol e.a., 2004: 31-39). Dat is dan meteen ook wel het maximale aantal boringen dat gezet dient te worden om de site op te sporen.



**Figuur 2.** Het verband tussen de toename van het succes en de toename van het aantal boringen voor elliptische sites. Succes is op basis van de miskans (*consumer's risk*; volgens VSP 1.0). Toename aantal boringen is op basis van de trefkans (T) zoals berekend met de formule van Drew (1979).

Bij een afstand tussen de boringen van 50 m leidt dit tot een afstand tussen de boorraaien gelijk aan 43,3 m (figuur 3). Een dergelijk grid is in de praktijk alleen toepasbaar indien bij het uitzetten gebruik wordt gemaakt van landmeetkundige instrumenten (*Total Station of GPS*). Indien een boorgrid met

de hand wordt uitgezet is een gelijkzijdig driehoeksgrid niet werkbaar; in dat geval dient gewerkt te worden met een gelijkbenig driehoeksgrid.<sup>6</sup> Het gelijkzijdig driehoeksgrid 43,3 x 50 m wordt dan het gelijkbenig driehoeksgrid 40 x 50 m. In tabel 1 zijn voor een aantal gelijkzijdige driehoeksgridconfiguraties de corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids gegeven. Tevens is per grid voor verschillende trefkansen de minimaal te treffen cirkelvormige site-oppervlakte aangegeven.



**Figuur 3.**  
Een gelijkzijdig driehoeksgrid met een afstand tussen de boringen van 50 m.

### Parallele raaien

Bij het opsporen van min of meer lijnvormige elementen waarvan de oriëntatie ongeveer bekend is, zoals gegraven waterlopen, perceelscheidingen en wegen, is het efficiënter om gebruik te maken van enkele (parallele) boorraaien die loodrecht op de veronderstelde oriëntatie zijn geplaatst. Voor een succesvolle opsporing dient de afstand tussen de boringen op de raaien afgeleid te zijn van de verwachte breedte van het verwachte lijnelement.

### Grenseffect

Bij prospectie van een gebied is sprake van een grenseffect op de trefkans. Dit grenseffect heeft betrekking op het feit dat de sites die aan de rand van of slechts gedeeltelijk in een studiegebied liggen eerder gemist zullen worden dan sites die volledig binnen het boorgrid liggen. Naarmate het studiegebied langwerpiger is (denk bijvoorbeeld aan transecten bij de aanleg van auto- of spoorwegen), wordt dit effect sterker (figuur 4). Om het grenseffect te minimaliseren, moet de eerste raai op een afstand van 1/3 van de raaiafstand (s) van de gebiedsgrens worden gezet, ofwel 14,4 m bij een 43,3 x 50 m grid.

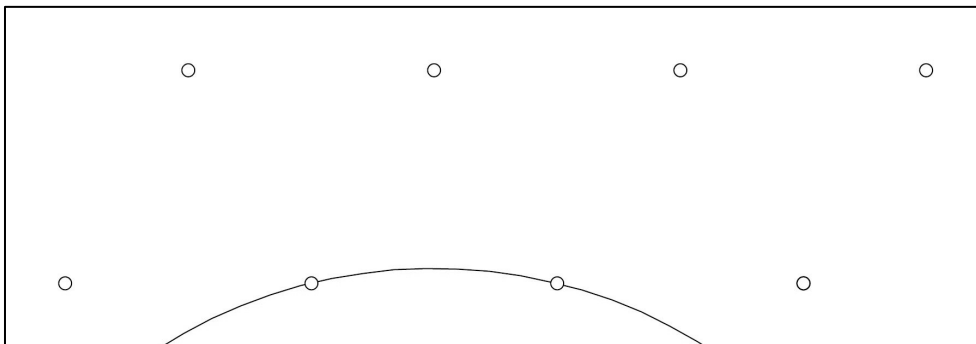
<sup>6</sup> Een gelijkbenig driehoeksgrid is met behulp van de stelling van Pythagoras eenvoudig met meetlinten uit te zetten in het veld.

<i>Gelijkzijdig driehoeksgrid</i>		<i>Gelijkbenig driehoeksgrid</i>		<i>Minimale omvang van de opgespoorde sites (A in m<sup>2</sup>)</i>		
<i>s</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>i</i>	<i>T=0,5</i>	<i>T=0,75</i>	<i>T=0,9</i>
4,33	5	4	5	11	16	19
8,67	10	8	10	43	65	78
13,00	15	13	15	97	146	175
17,33	20	17	20	173	260	312
21,67	25	20	25	271	406	487
26,00	30	25	30	390	585	702
30,33	35	30	35	609	913	1096
34,67	40	35	40	693	1040	1248
43,33	50	40	50	1083	1625	1950
52,00	60	50	60	1560	2340	2808
60,67	70	60	70	2123	3185	3822
69,33	80	70	80	2773	4160	4992
78,00	90	80	90	3510	5265	6318
86,67	100	85	100	4333	6500	7800

**Tabel 1.** Gelijkzijdige driehoeksgrids en corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids, met (voor verschillende trefkansen) de minimale omvang van de opgespoorde sites.

*s* = afstand tussen de boorraaien;

*i* = afstand tussen de boorpunten op de raai.



**Figuur 4.** Illustratie van het grenseffect bij transecten.

### 3.2.3 Vindkans

De vindkans is de kans dat in een 'rake' boring een vondst wordt opgeboord en in de boorkern wordt herkend. Deze kans is enerzijds afhankelijk van de dichtheid en de fragmentatiegraad van het vondstmateriaal en anderzijds van de gehanteerde boordiameter en waarnemingstechniek (zeven, boormes).

De vindkans kan worden berekend aan de hand van formule 2 (zie Stone, 1981; Krakker e.a., 1983):

$$V = 1 - e^{-A \cdot d \cdot W}$$

### Formule 2

waarbij:

$e$  = de basis van natuurlijke logaritmen ( $\approx 2,711828$ )

$A$  = oppervlakte testeenheid

$d$  = vondstdichtheid (in aantal artefacten per oppervlakte-eenheid)

$W$  = waarnemingskans

De oppervlakte testeenheid is de oppervlakte van de steekproef (dit is de oppervlakte van het boorgat, of - indien meerdere boringen per punt zijn gezet - de optelsom van de oppervlaktes van alle boringen per punt).<sup>7</sup> De waarnemingskans is de kans dat de opgeboorde vondsten door de archeoloog ook worden waargenomen. De waarnemingskans van vondsten is sterk afhankelijk van de gebruikte waarnemingstechniek.

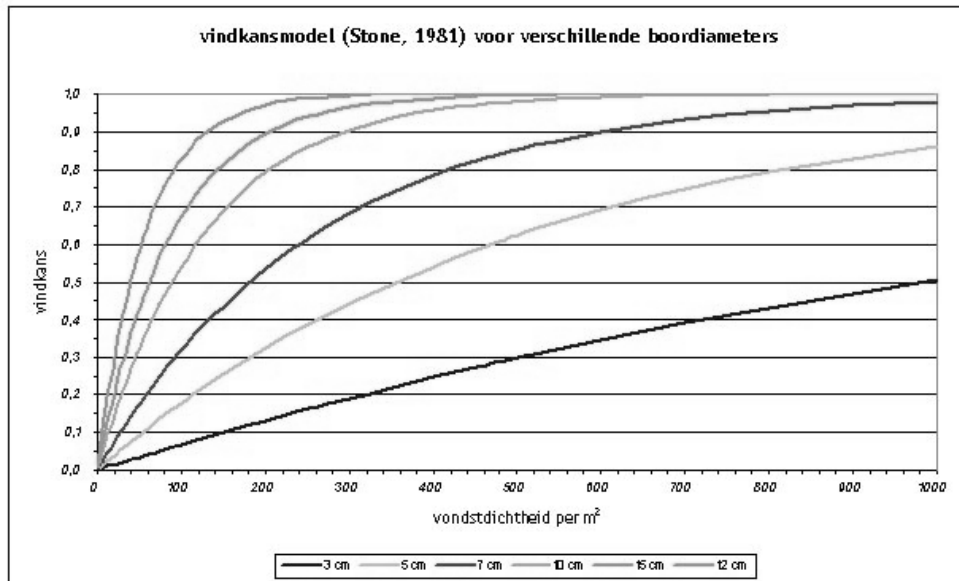
### **Vondstdichtheid en oppervlakte testeenheid**

Een eerste inschatting van het succes van boorprospectie kan worden gemaakt aan de hand van figuur 5 en tabel 2 waarin de vindkans voor verschillende combinaties van vondstdichtheid en boordiameter is berekend. Hieruit blijkt duidelijk dat voor het opsporen van sites met een lage dichtheid aan artefacten eigenlijk altijd een boor met grote diameter moet worden gebruikt. De manier om meer succes te boeken bij het opsporen van lage vondstdichtheden is dus het vergroten van de oppervlakte testeenheid ( $A$ ) door gebruik te maken van een grotere boor. Dit laatste kan niet onbeperkt doorgaan omdat om ergonomische redenen in de praktijk geen grotere boordiameters worden gehanteerd dan 12 cm (klei en zavel) en 15 cm (zand).<sup>8</sup> Dit probleem kan worden opgelost door het zetten van meerdere boringen zeer dicht bij elkaar en die te beschouwen als één boring; dit kan zolang de vondstconcentratie min of meer uniform blijft. In de 'archeologische werkelijkheid' zal eerder sprake zijn van een gevarieerde vondstdichtheid binnen de grenzen van een site. In dat geval is het beter om de boringen meer verspreid te plaatsen. In § 3.2.4 en 3.2.5 wordt daarom uitgegaan van deze tweede optie.

---

<sup>7</sup> De monsteroppervlakte van een boorgat is eenvoudig te berekenen met behulp van de formule  $\pi r^2$ , waarbij  $\pi \approx 3,1416$  en  $r$  = de straal van de boor (straal is de helft van de diameter).

<sup>8</sup> Het gebruik van mechanische boorsystemen is vooralsnog geen oplossing, omdat de maximale boordiameters van de rendabele machines, de 7 cm (Aqualock) en 14,5 cm (avegaar; effectief circa 12 cm) zijn.



**Figuur 5.** Vindkans en vondstdichtheid tegen elkaar uitgezet voor verschillende boordiameters.

### Waarnemingskans

Tijdens prospectief booronderzoek wordt een boorkolom onderzocht op de aanwezigheid van (mogelijke) artefacten of een archeologische laag die een aanwijzing kunnen vormen voor de aanwezigheid van sites in een onderzoeksgebied. De kans dat deze archeologische variabelen ook daadwerkelijk in een boorkolom worden waargenomen (d.w.z. 'gezien'), heet de waarnemingskans ( $W$ ).  $W$  geeft aan welk deel van het totaal aantal (mogelijke) artefacten in een boorkern wordt gezien, of - bij een archeologische laag - de kans dat deze ook daadwerkelijk worden 'herkend'.

De hoogte van de waarnemingskans wordt door twee factoren beïnvloed: de 'waarnemer' (de archeoloog) en de gehanteerde waarnemingstechniek (zie tekstvak 2). Het effect van de waarnemer wordt in dit document buiten beschouwing gelaten. Hieronder wordt alleen ingegaan op de invloed van de waarnemingstechniek op de waarnemingskans. Deze invloed mag niet onderschat worden. Het gebruik van een boormes of een zeef met een grote maaswijdte kan er bijvoorbeeld toe leiden dat de kleine fractie van vondstmateriaal niet wordt opgemerkt, waardoor het totale aantal herkende vondsten klein is. Het is mogelijk om voor de belangrijkste archeologische variabelen aan te geven welke waarnemingstechniek leidt tot een zo hoog mogelijke waarnemingskans (optimale waarnemingstechniek).

	<b>3 cm</b>	<b>5 cm</b>	<b>6 cm</b>	<b>7 cm</b>	<b>10 cm</b>	<b>12 cm</b>	<b>15 cm</b>
1	0.00071	0.00196	0.00282	0.00384	0.00782	0.01404	0.02329
2	0.00141	0.00392	0.00392	0.00767	0.01559	0.02788	0.04603
3	0.00212	0.00587	0.00587	0.01148	0.02329	0.04152	0.06825
4	0.00282	0.00782	0.00782	0.01528	0.03093	0.05498	0.08994
5	0.00353	0.00977	0.00977	0.01906	0.03851	0.06825	0.11113
6	0.00423	0.01171	0.01171	0.02283	0.04603	0.08133	0.13183
7	0.00494	0.01365	0.01365	0.02658	0.05349	0.09422	0.15205
8	0.00564	0.01559	0.01559	0.03032	0.06090	0.10694	0.17180
9	0.00634	0.01752	0.01752	0.03404	0.06825	0.11947	0.19108
10	0.00704	0.01944	0.01944	0.03775	0.07553	0.13183	0.20992
15	0.01055	0.02902	0.02902	0.05609	0.11113	0.19108	0.29772
20	0.01404	0.03851	0.03851	0.07408	0.14536	0.24629	0.37577
25	0.01752	0.04790	0.04790	0.09173	0.17828	0.29772	0.44515
30	0.02098	0.05720	0.05720	0.10904	0.20992	0.34565	0.50681
35	0.02444	0.06641	0.06641	0.12602	0.24034	0.39031	0.56162
40	0.02788	0.07553	0.07553	0.14267	0.26960	0.43192	0.61034
45	0.03131	0.08457	0.08457	0.15901	0.29772	0.47069	0.65364
50	0.03473	0.09351	0.09351	0.17504	0.32477	0.50681	0.69214
60	0.04152	0.11113	0.11113	0.20619	0.37577	0.57183	0.75676
70	0.04828	0.12842	0.12842	0.23616	0.42292	0.62828	0.80782
80	0.05498	0.14536	0.14536	0.26499	0.46651	0.67728	0.84816
90	0.06164	0.16198	0.16198	0.29274	0.50681	0.71983	0.88004
100	0.06825	0.17828	0.17828	0.31944	0.54406	0.75676	0.90522
125	0.08457	0.21764	0.21764	0.38187	0.62534	0.82918	0.94741
150	0.10060	0.25511	0.25511	0.43857	0.69214	0.88004	0.97082
175	0.11636	0.29080	0.29080	0.49007	0.74702	0.91575	0.98381
200	0.13183	0.32477	0.32477	0.53684	0.79212	0.94084	0.99102
225	0.14704	0.35711	0.35711	0.57933	0.82918	0.95845	0.99502
250	0.16198	0.38791	0.38791	0.61792	0.85963	0.97082	0.99723
300	0.19108	0.44515	0.44515	0.68480	0.90522	0.98561	0.99915
350	0.21917	0.49703	0.49703	0.73997	0.93600	0.99290	0.99974
400	0.24629	0.54406	0.54406	0.78549	0.95679	0.99650	0.99992
450	0.27246	0.58670	0.58670	0.82303	0.97082	0.99827	0.99998
500	0.29772	0.62534	0.62534	0.85401	0.98030	0.99915	0.99999
600	0.34565	0.69214	0.69214	0.90065	0.99102	0.99979	1.00000
700	0.39031	0.74702	0.74702	0.93238	0.99590	0.99995	1.00000
800	0.43192	0.79212	0.79212	0.95398	0.99813	0.99999	1.00000
900	0.47069	0.82918	0.82918	0.96868	0.99915	1.00000	1.00000
1000	0.50681	0.85963	0.85963	0.97869	0.99961	1.00000	1.00000

**Tabel 2.** Vindkans voor verschillende combinaties van vondstdichtheid (in aantal vondsten per m<sup>2</sup>) en boordiameter (in cm's). Waarnemingskans is hierbij buiten beschouwing gelaten.

### **Waarnemingskans bij verschillende typen indicatoren**

Voor *fosfaat*, *houtschool* en een *archeologische laag* geldt een waarnemingskans van 100% als gebruik wordt gemaakt van de techniek van het 'snijden' van het opgeboorde sediment met behulp van een boormes en het visueel inspecteren van het snijvlak:

- *Archeologische laag*. In hoofdstuk 1 is een archeologische laag gedefinieerd als lithologische eenheid die in het veld altijd met het ongewapende oog herkenbaar is. De waarnemingskans van een archeologische laag is daarmee altijd 100%. Voorwaarde is wel dat gebruik wordt gemaakt van een type boor dat boorkernen oplevert van een hoge kwaliteit, dat wil zeggen boorkernen waarvan de mate van verstoring en compactie laag is en waarvan de bodemkundige en sedimentaire structuur goed zichtbaar is. De gutsboor verdient daarom de voorkeur.
- *Fosfaat*. Om praktische redenen biedt alleen het 'zichtbare' fosfaat mogelijkheden voor toepassing binnen de prospectiearcheologie (het door middel van fosfaatanalyse in kaart brengen van 'onzichtbaar' fosfaat is vooralsnog te kostbaar om op grote schaal te gebruiken). Vanzelfsprekend heeft zichtbaar fosfaat altijd een waarnemingskans van 100%.
- *Houtschool*. Uit de praktijk is bekend dat indien een boorkern met behulp van een boormes wordt onderzocht, zelfs bijzonder kleine partikels houtschool door het 'uitsmeren' als zwarte vegen herkenbaar zijn. Waarschijnlijk ligt de waarnemingskans bij 'snijden' in de meeste gevallen dicht bij 100%. Alleen bij een zeer lage dichtheid aan houtschool zal zeven met een zeef met een 1 mm maaswijdte een hogere waarnemingskans opleveren. De vraag is echter of een dergelijke arbeidsintensieve techniek dan gerechtvaardigd is. Houtschool op zichzelf is namelijk niet meer dan een mogelijk-antropogeen object: het kan een aanwijzing zijn voor een site in de nabijheid, maar ook van natuurlijke oorsprong zijn.

Een belangrijk deel van het vondstmateriaal in sites bestaat uit gefragmenteerd nederzettingsafval (*artefacten* en *mogelijk antropogene objecten*). Het blijkt dat de waarnemingskans van dit gefragmenteerde materiaal bepaald wordt door de verhouding tussen de kleinere en de grotere vondstfragmenten (fragmentatiegraad of grootteverdeling van de vondsten) en de gehanteerde waarnemingstechniek. Er zijn op dit moment te weinig empirische studies gedaan naar het effect van verschillende waarnemingstechnieken op de waarnemingskans om deze goed te kunnen kwantificeren. Op basis van verschillende studies kunnen de volgende

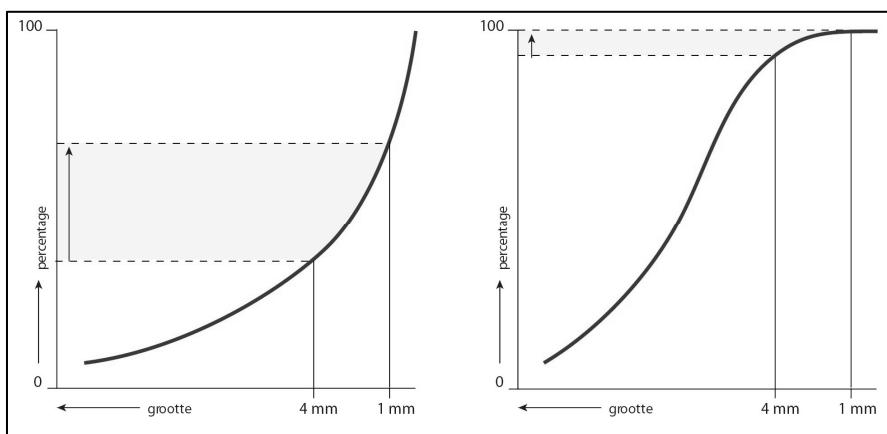


algemene conclusies worden geformuleerd (Groenewoudt, 1994; Kok, 1993; Deeben, 1995 en 1996):

- Het verbrokkelen van sediment en snijden van sediment met boormes zijn weinig nauwkeurige waarnemingstechnieken. Waarschijnlijk wordt met deze techniek hooguit 50% van de daadwerkelijk in de boorkern aanwezige artefacten en mogelijk-antropogene objecten waargenomen.
- De waarnemingskans van gefragmenteerd materiaal kan sterk verbeterd worden door het zeven van het opgeboorde monster over een kleine maaswijdte.
- Omdat intensieve waarnemingstechnieken in de regel ook het meest arbeidsintensief en dus het duurst zijn, is het belangrijk om te streven naar een optimaal gebruik van waarnemingstechnieken. Hierbij speelt ook de verwachte vondstdichtheid een rol. Indien sprake is van een lage vondstdichtheid en een hoge fragmentatiegraad kan gekozen worden voor het zeven van opgeboorde grond met een kleine maaswijdte (1 of 2 mm) om tot een waarnemingskans dicht bij 100% te komen. De toepassing van fijnmazige zeven (1 of 2 mm) is vaak kostbaar omdat dit het gebruik van een binoculair vereist bij het inspecteren van het zeefresidu. Het hanteren van fijnmazige zeven is alleen kosteneffectief bij een hoge fragmentatiegraad van het vondstmateriaal (Tol e.a., 2004: 76-77).
- Als de vondstdichtheid hoog is, kan daarom soms beter gekozen worden voor het gebruik van een 3 of 4 mm zeef. Bij een hoge vondstdichtheid en een lage fragmentatiegraad volstaan in de regel het 'verbrokkelen van het sediment' en 'snijden met boormes' (zie tabel 4).
- Bij zware sedimenten (klei, zavel, löss) is zeven vaak een zeer dure optie. Het kan dan op grond van het proportionaliteitsprincipe (kosten/baten) beter zijn om de eenvoudige waarnemingstechnieken (snijden, verbrokkelen) toe te passen en de lage waarnemingskans van deze technieken te compenseren door minimaal de oppervlakte testeenheid te verdubbelen (grotere boordiameter/meer boringen).
- Sites met overwegend vuurstenen artefacten kenmerken zich door relatief veel kleine vuursteensplinters en weinig grote vuursteenfragmenten, zodat sprake is van een steile curve van de fragmentatieverdeling (figuur 6). De waarnemingskans van vuursteen zal bij een toenemende waarnemingsintensiteit meer dan evenredig stijgen. Dit pleit voor het hanteren van kleine maaswijdtes bij de

prospectie van vuursteensites (zie echter hierboven: optimaal gebruik waarnemingsprincipe).

- Bij sites waar handgevormd aardewerk overheerst, lijkt sprake te zijn van een afgeplatte curve: de allerkleinste fragmentatieklassen lijken verhoudingsgewijs van minder belang (figuur 6). Een intensivering van de waarnemingstechniek leidt in eerste instantie tot een toename van de waarnemingskans, maar voorbij de 'knik' nog maar nauwelijks. Proefondervindelijk is vastgesteld dat het aandeel van de fractie < 4 mm bij handgevormd aardewerk van zeer gering belang is (Groenewoudt, 1994: 138, 166; Kok, 1993: 26; mond.med. D. Raemaekers). Mogelijk komt dit omdat handgevormd aardewerk beneden een bepaalde omvang in bodems met slecht conserverende eigenschappen volledig desintegreert. Een andere mogelijkheid is dat de kleinste fractie niet meer als aardewerk herkenbaar is. Dit leidt tot de conclusie dat bij handgevormd aardewerk alleen verbrossen/snijden (hoge vondstdichtheid) en zeven met een maaswijdte van 4 mm (lage vondstdichtheid) relevante waarnemingstechnieken zijn.



**Figuur 6.** Schematische weergave van de fragmentatiecurve van sites met overwegend vuursteen (links) en sites met overwegend aardewerk (rechts) en het verband tussen de waarnemingstechniek en de waarnemingskans. Bij een toename van de waarnemingsintensiteit (bijv. van een zeef met een maaswijdte van 4 mm naar een zeef met een maaswijdte van 1 mm) neemt de waarnemingskans van vuursteen meer dan evenredig toe en die van aardewerk slechts in beperkte mate (naar Groenewoudt, 1994: fig 69).

	<i>waarnemingskans</i>
<b>Artefacten</b>	
aardewerk, bewerkt vuursteen, puin, glas, verbrand bot, bewerkt natuursteen, (aangepunt) hout, etc.	afhankelijk van waarnemingstechniek, fragmentatiegraad en vondstdichtheid
<b>Mogelijk-antropogene objecten</b>	
onverbrand bot, (onbewerkt) natuursteen	afhankelijk van waarnemingstechniek, fragmentatiegraad en vondstdichtheid
houtskool	100%?
fosfaat (zichtbaar)	100%
<b>archeologische laag</b>	100%

**Tabel 3.** Overzicht van artefacten en andere archeologische variabelen, en de factoren die van invloed zijn op hun waarnemingskans.

<i>vondstdichtheid</i>	<i>Laag</i>	<i>Hoog</i>
<b>fragmentatiegraad</b>		
<b>Laag</b>	Zeven met grote maaswijdte	Verbrokkelen/boormes
<b>Hoog</b>	Zeven met kleine maaswijdte	Zeven met grote maaswijdte

**Tabel 4.** Gefragmenteerd vondstmateriaal: optimale waarnemingstechniek voor verschillende combinaties van vondstdichtheden en fragmentatiegraden.

### Waarnemingstechnieken

De wijze waarop een boorkern op de aanwezigheid van archeologische variabelen wordt onderzocht, heet de *waarnemingstechniek*. De traditionele waarnemingstechnieken bij booronderzoek zijn (in volgorde van waarnemingsintensiteit):

- verbrokkelen van sediment
- snijden van sediment in dunne plakjes (boormes)
- droog zeven (maaswijdte 4 mm), visuele inspectie met het ongewapende oog (veld)
- nat zeven (maaswijdte 2 mm), visuele inspectie met het ongewapende oog (bureau)
- nat zeven (maaswijdte 1 mm), visuele inspectie met het ongewapende oog (bureau)
- nat zeven (maaswijdte 1 mm), visuele inspectie met binoculair (bureau)

Andere, in potentie bruikbare waarnemingstechnieken worden binnen de archeologie op kleine schaal aangewend voor onderzoek op site- en bodemstructuurniveau (waardering, opgraving); deze technieken zijn te duur om toegepast te worden bij grootschalig prospectief onderzoek:

- bodemmicromorfologisch onderzoek
- fosfaatanalyse

Kader 2.

### 3.2.4 Opsporingskans

Voor het bepalen van de opsporingskans van een site dient onderscheid gemaakt te worden tussen het opsporen van sites met een vindkans van 1, en sites met een vindkans kleiner dan 1.<sup>9</sup>

Voor sites met een vindkans van 1 (sites met een archeologische laag en/of een zeer hoge vondstdichtheid) is de opsporingskans gelijk aan de trefkans: als een boring in een site wordt gezet ('rake' boring), dan wordt altijd een vondst opgeboord of een archeologische laag 'gezien'.

Bij het opsporen van sites met een vindkans  $< 1$  moeten we ons realiseren dat er altijd een kans bestaat dat alle boringen leeg zijn. Die kans wordt wel kleiner naarmate het aantal boringen in de site toeneemt, maar zal nooit 0 worden. De opsporingskans van sites met een vindkans  $< 1$  is daarmee

---

<sup>9</sup> Het model dat door Krakker e.a. (1983) wordt gepresenteerd, en ook door Tol e.a. (2004) als uitgangspunt wordt gebruikt, gaat uit van de aanname dat de opsporingskans gelijk is aan het product van vindkans en trefkans. Dit blijkt bij nadere beschouwing niet te kloppen, en kan het eenvoudigst worden geïllustreerd door uit te gaan van een situatie waarin sprake is van een vindkans van 0,5. Volgens de benadering van Krakker e.a. zou dit betekenen dat door het verdubbelen van de trefkans (het zetten van twee boringen), de opsporingskans op 1 uitkomt. Het zetten van twee boringen in een site met een vindkans van 0,5 betekent echter ook dat beide boringen niets kunnen opleveren. Door twee boringen te zetten wordt de opsporingskans daarom niet naar 1, maar slechts naar 0,75 verhoogd.

afhankelijk van het aantal boringen dat naar verwachting in een site wordt gezet en de vindkans (zie formule 3).

Formule 3 
$$P = 1 - \binom{n}{x} V^x (1-V)^{n-x}$$

Waarbij:

P = opsporingskans

n = aantal boringen (in de site)

x = aantal lege boringen, waarbij x in dit geval dus 0 moet zijn

V = vindkans

### **Het verhogen van de opsporingskans**

Voor het verhogen van de opsporingskans van een site met vindkans < 1 zijn twee strategieën denkbaar: het verhogen van de vindkans, door middel van het vergroten van de oppervlakte testeenheid (boordiameter) of intensiveren van de waarnemingstechniek. In de keuze tussen beide strategieën is vooral de hoogte van de vondstdichtheid bepalend. Voor sites met hoge vondstdichtheden is verdichting van het boorgrid het meest effectief. Voor sites met lage vondstdichtheden wordt de opsporingskans effectiever verhoogd door het vergroten van de boordiameter en/of het toepassen van een meer intensieve waarnemingstechniek. Het vergroten van de boordiameter kan, zoals eerder gezegd, echter niet onbeperkt doorgaan, omdat om ergonomische redenen in de praktijk geen grotere boordiameters worden gehanteerd dan 12 cm (klei en zavel) en 15 cm (zand). In dat geval kan ook hier door het verhogen van het aantal boringen een verbetering van de opsporingskans worden gerealiseerd (zie verder § 3.2.3).

### **Het kiezen van de vereiste opsporingskans**

Voordat een karterende boormethode kan worden opgesteld, dient (in overleg met de bevoegde overheid en de initiatiefnemer) eerst de vereiste opsporingskans vastgesteld te worden. Het streven naar een 100% opsporingskans is wellicht een mooi ideaal, maar op grond van proportionaliteits- en subsidiariteitsbeginsel niet realistisch. Bij de trefkans en dus ook de opsporingskans is sprake van de 'wet van de verminderde meeropbrengst'. Het verhogen van een lage opsporingskans tot een opsporingskans van 0,5 door het intensiveren van de boormethode is doorgaans kosteneffectief. Het realiseren van een grote opsporingskans (P=0,75) kost verhoudingsgewijs al meer inspanning. Voor het behalen van een 100% zekere opsporingkans wegen de kosten vermoedelijk niet op tegen de opsporingswinst.

Voorgesteld wordt om als norm uit te gaan van een opsporingskans van 0,75 indien een vondststrooiing wordt verwacht, en 0,9 indien een archeologische laag wordt verwacht. Dit levert op een kosteneffectieve manier en met een acceptabel risico voldoende inzicht op in de aan- of afwezigheid van sites in een gebied. Afwijkingen van deze norm worden bij voorkeur beargumenteerd in het Programma van Eisen.

### **Het kiezen van een boormethode**

Als de vereiste opsporingskans is bepaald, kan - op basis van de prospectiekenmerken van de verwachte sites(s) - de bijbehorende boormethode worden gekozen. Voor sites met een vindkans van 1 geldt dat de vereiste trefkans gelijk is aan de vereiste opsporingkans. Het hiervoor benodigde boorgrid kan eenvoudig berekend worden aan de hand van formule 1.

Voor sites met een vindkans  $< 1$  geldt formule 3. Aan de hand van de verwachte vindkans (verwachte vondstdichtheid en gehanteerde boordiameter; zie tabel 2) kan het benodigde aantal boringen bepaald worden voor het verkrijgen van de vereiste opsporingskans. De waarde van  $n$  geeft dan het minimaal benodigde aantal boringen.

Bij een vindkans van 0,2 zijn er bijvoorbeeld minimaal 7 boringen in de site nodig om een opsporingskans van 0,75 te realiseren, bij een vindkans van 0,5 zijn dit er 2 en bij een vindkans van 0,8 logischerwijze maar 1 (zie tabel 5).

Dit minimumaantal moet vervolgens worden vertaald naar een boorgrid dat de benodigde trefkans garandeert. Dit kan gedaan worden door uit te gaan van de verwachte omvang van de site, en eerst het grid te bepalen dat een trefkans van 1 garandeert. Dit grid wordt vervolgens verdicht met de factor die uit de eerdere berekening is gekomen. Als minimaal 3 boringen in de site nodig zijn, moet de boorpuntsafstand worden gedeeld door  $\sqrt{3}$ , voor minimaal 8 boringen met  $\sqrt{8}$ .

Voorbeeld: De verwachte vondstdichtheid is 22 vondsten per  $m^2$  en de verwachte omvang van de op te sporen site is  $2150 m^2$ . Bij gebruik van een 15 cm boor wordt een vindkans van 0,3 bereikt. Dit betekent dat minimaal 3 "rake" boringen(= $n$ ) nodig zijn om een vindkans van 0,75 te realiseren (zie tabel 5) . Om een trefkans van 1 te realiseren is een boorgrid van  $43,3 \times 50 m$  nodig. Het benodigde boorgrid voor een opsporingskans van 0,75 kan vervolgens worden berekend door het  $43,3 \times 50 m$  grid te delen door  $\sqrt{n}$ ; in dit geval dus  $\sqrt{3}$ . Uit deze berekening volgt dat een  $25 \times 28,9 m$  grid en een 15 cm Edelman nodig is om met een kans van 0,75 een site van  $2150 m^2$  en 22 vondsten  $m^2$  op te sporen.

In tabel 6 is bovengenoemde berekening (d.w.z. het benodigde gelijkzijdige driehoeksgrid voor het opsporen met een kans van 0,75) uitgevoerd voor verschillende combinaties van site-omvang (A) en minimaal benodigde boringen ( $n$ ).

	<i>vindkans</i>	<i>0.2</i>	<i>0.3</i>	<i>0.4</i>	<i>0.5</i>	<i>0.6</i>	<i>0.7</i>	<i>0.8</i>	<i>0.9</i>	<i>0.95</i>
<b>Opsporingskans</b>	<b>0.5</b>	4	2	2	1	1	1	1	1	1
	<b>0.6</b>	5	3	2	2	1	1	1	1	1
	<b>0.7</b>	6	4	3	2	2	1	1	1	1
	<b>0.75</b>	7	4	3	2	2	2	1	1	1
	<b>0.8</b>	8	5	4	3	2	2	1	1	1
	<b>0.9</b>	11	7	5	4	3	2	2	1	1
	<b>0.95</b>	14	9	6	5	4	3	2	2	1

**Tabel 5.** Het benodigde aantal boringen (in de site) op basis van de verwachte vindkans en de gewenste opsporingskans.

### Graven of boren

Booronderzoek en proefsleuvenonderzoek zijn op dit moment de enige prospectietechnieken die breed inzetbaar en relatief goedkoop zijn. Andere prospectietechnieken zijn alleen in specifieke omstandigheden toepasbaar. Een kantekening dient geplaatst te worden bij de oppervlaktekartering. Hoewel beperkt toepasbaar, kan deze techniek een bijzonder waardevolle aanvulling zijn op een boor- of proefsleuvenonderzoek. Als in het veld blijkt dat (plaatselijk) sprake is van het aanploegen van vondstlagen of de aanwezigheid van molshopen en geschoonde sloten, dan is het raadzaam om boor- of proefsleuvenonderzoek te combineren met een oppervlaktekartering.

Booronderzoek is een geschikte prospectietechniek voor het opsporen van sites die zich kenmerken door een archeologische laag of een vondststrooiing met een voldoende hoge dichtheid (zie tabel).

Indien een op te sporen site zich kenmerkt door een lage vondstdichtheid (< 40 vondsten/m<sup>2</sup>) is booronderzoek minder geschikt. Sites met een lage vondstdichtheid en een grondsporenniveau, zoals grafvelden, zijn het efficiëntst op te sporen aan de hand van de grondsporen. Proefsleuvenonderzoek (met een graafmachine) is dan de geëigende techniek. Proefsleuven zijn bij lage vondstdichtheden en een grondsporenniveau succesvoller in het opsporen van sites dan booronderzoek, veelal bij gelijkblijvende of zelfs lagere kosten (Tol e.a., 2004: 67-68).

Sites met een lage vondstdichtheid maar zonder een grondsporenniveau kunnen het best opgespoord worden door het (handmatig) graven van testputten.

Bij diepgelegen sites is echter alleen booronderzoek een geschikte methode; diepe proefsleuven zijn dermate kostbaar dat zij geen bruikbaar alternatief vormen.

<i>Vondstdichtheid</i>	<i>Met grondsporen</i>	<i>Zonder grondsporen</i>
<b>Laag (&lt;40 vondsten/m<sup>2</sup>)</b>	Proefsleuven	Testputten
<b>Middel-hoog (40-125/m<sup>2</sup>)</b>	Boren	Boren
<b>Hoog (&gt; 125/m<sup>2</sup>)</b>	Boren	Boren
<b>Archeologische laag</b>	Boren	Boren

Leidraad inventariserend veldonderzoek;  
Deel: karterend booronderzoek

<i>Aantal boringen in site (n)</i>	1		2		3		4		5		6		7			
<b>Oppervlakte site (A) in m<sup>2</sup></b>	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l		
50	6,58	7,60	4,65	5,37	3,80	4,39	3,29	3,80	2,94	3,40	2,69	3,10	2,49	2,87		
100	9,31	10,75	6,58	7,60	5,37	6,20	4,65	5,37	4,16	4,81	3,80	4,39	3,52	4,06		
200	13,16	15,20	9,31	10,75	7,60	8,77	6,58	7,60	5,89	6,80	5,37	6,20	4,97	5,74		
300	16,12	18,61	11,40	13,16	9,31	10,75	8,06	9,31	7,21	8,32	6,58	7,60	6,09	7,03		
500	20,81	24,03	14,71	16,99	12,01	13,87	10,40	12,01	9,31	10,75	8,50	9,81	7,87	9,08		
750	25,49	29,43	18,02	20,81	14,71	16,99	12,74	14,71	11,40	13,16	10,40	12,01	9,63	11,12		
1000	29,43	33,98	20,81	24,03	16,99	19,62	14,71	16,99	13,16	15,20	12,01	13,87	11,12	12,84		
1250	32,90	37,99	23,27	26,86	19,00	21,93	16,45	19,00	14,71	16,99	13,43	15,51	12,44	14,36		
1500	36,04	41,62	25,49	29,43	20,81	24,03	18,02	20,81	16,12	18,61	14,71	16,99	13,62	15,73		
2000	41,62	48,06	29,43	33,98	24,03	27,75	20,81	24,03	18,61	21,49	16,99	19,62	15,73	18,16		
3000	50,97	58,86	36,04	41,62	29,43	33,98	25,49	29,43	22,80	26,32	20,81	24,03	19,27	22,25		
5000	65,80	75,98	46,53	53,73	37,99	43,87	32,90	37,99	29,43	33,98	26,86	31,02	24,87	28,72		
8000	83,24	96,11	58,86	67,96	48,06	55,49	41,62	48,06	37,22	42,98	33,98	39,24	31,46	36,33		
10000	93,06	107,46	65,80	75,98	53,73	62,04	46,53	53,73	41,62	48,06	37,99	43,87	35,17	40,61		
<i>Aantal boringen in site (n)</i>	8		9		10		11		12		13		14		15	
<b>Oppervlakte site (A)</b>	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l	s	l
50	2,33	2,69	2,19	2,53	2,08	2,40	1,98	2,29	1,90	2,19	1,83	2,11	1,76	2,03	1,70	1,96
100	3,29	3,80	3,10	3,58	2,94	3,40	2,81	3,24	2,69	3,10	2,58	2,98	2,49	2,87	2,40	2,77
200	4,65	5,37	4,39	5,07	4,16	4,81	3,97	4,58	3,80	4,39	3,65	4,21	3,52	4,06	3,40	3,92
300	5,70	6,58	5,37	6,20	5,10	5,89	4,86	5,61	4,65	5,37	4,47	5,16	4,31	4,97	4,16	4,81
500	7,36	8,50	6,94	8,01	6,58	7,60	6,27	7,24	6,01	6,94	5,77	6,66	5,56	6,42	5,37	6,20
750	9,01	10,40	8,50	9,81	8,06	9,31	7,68	8,87	7,36	8,50	7,07	8,16	6,81	7,87	6,58	7,60
1000	10,40	12,01	9,81	11,33	9,31	10,75	8,87	10,25	8,50	9,81	8,16	9,42	7,87	9,08	7,60	8,77
1250	11,63	13,43	10,97	12,66	10,40	12,01	9,92	11,45	9,50	10,97	9,13	10,54	8,79	10,15	8,50	9,81
1500	12,74	14,71	12,01	13,87	11,40	13,16	10,87	12,55	10,40	12,01	10,00	11,54	9,63	11,12	9,31	10,75
2000	14,71	16,99	13,87	16,02	13,16	15,20	12,55	14,49	12,01	13,87	11,54	13,33	11,12	12,84	10,75	12,41
3000	18,02	20,81	16,99	19,62	16,12	18,61	15,37	17,75	14,71	16,99	14,14	16,32	13,62	15,73	13,16	15,20
5000	23,27	26,86	21,93	25,33	20,81	24,03	19,84	22,91	19,00	21,93	18,25	21,07	17,59	20,31	16,99	19,62
8000	29,43	33,98	27,75	32,04	26,32	30,39	25,10	28,98	24,03	27,75	23,09	26,66	22,25	25,69	21,49	24,82
10000	32,90	37,99	31,02	35,82	29,43	33,98	28,06	32,40	26,86	31,02	25,81	29,80	24,87	28,72	24,03	27,75

**Tabel 6.** Gelijkzijdige driehoeksgrids voor verschillende combinaties van A en n bij een opsporingkans van 0,75. s = afstand tussen de boorraaien; i = afstand tussen de boorpunten op de raai.



## **4 Het bepalen van de onderzoeksmethode bij karterend booronderzoek**

### **4.1 Inleiding**

Het archeologisch vooronderzoek bestaat uit twee processen: het bureauonderzoek en het inventariserend veldonderzoek (KNA: Protocollen Bureauonderzoek, Inventariserend Veldonderzoek Proefsleuven en Inventariserend Veldonderzoek Overig).

Het doel van het bureauonderzoek is het vaststellen van de archeologische verwachting voor een onderzoeksgebied: welke sites worden verwacht en wat zijn hun prospectiekenmerken?

Tijdens de karterende fase van het inventariserend veldonderzoek wordt deze verwachting vervolgens getoetst: zijn de te verwachten sites ook daadwerkelijk aanwezig?

Of met een voldoende betrouwbaarheid antwoord kan worden gegeven op deze vraag is afhankelijk van de gekozen onderzoeksmethode. Voor een goede onderbouwing van de keuze voor een geschikte onderzoeksmethode is met name het detailniveau van de archeologische verwachting van belang. Er doen zich in de praktijk drie mogelijkheden voor, elk met een eigen onderzoeksstrategie:

- 1) Het complextype van de te verwachte sites en de prospectiekenmerken ervan zijn in detail bekend. Vaak gaat dit op bij grafvelden, lineaire sites (bijv. wegen en gegraven waterlopen) en sites als puntelementen (bijv. scheepswrakken, zoutovens en aardewerkovens). Dit is de ideale situatie: Er kan een op maat gesneden onderzoeksmethode worden ontworpen (zie § 4.2: 'stappenplan').
- 2) Bij nederzettingen is vaak sprake van slechts een globaal inzicht in de verwachte prospectiekenmerken. Op basis van overeenkomsten in deze globale prospectiekenmerken is een aantal prospectiegroepen van nederzettingen onderscheiden, die deels goed met booronderzoek zijn op te sporen (zie § 4.3 en tabel 8: standaardmethoden A-D).
- 3) Het opstellen van een specifieke verwachting is niet mogelijk (brede verwachting). Bijvoorbeeld bij een klein gebied waarover geen informatie beschikbaar is. Hiervoor is de zogenaamde 'Brede zoekoptie' beschikbaar (zie § 4.4 en tabel 8: standaardmethode E)

## 4.2 Gedetailleerde verwachting: stappenplan voor het opzetten van een betrouwbare karterende boormethode

1. Geef aan naar welke site-type gezocht gaat worden en wat de prospectiekenmerken ervan zijn:
  - Omvang (minimaal)
  - Conservering
  - Diepteligging
  - Vondstdichtheid (aan-/afwezigheid archeologische laag)
  - Samenstelling vondstmateriaal
  - Grootteverdeling van het vondstmateriaal

2. Bepaal op basis van de te verwachte vondstdichtheid, diepteligging en conserveringsgraad of booronderzoek in aanmerking komt als prospectiemethode (zie tekstvak 3).

Kies de vereiste opsporingskans (op basis van het proportionaliteitsbeginsel, en in overleg met de bevoegde overheid en initiatiefnemer). Voorgesteld wordt om als norm uit te gaan van een opsporingskans van 0,75 (vondststrooiing) of 0,9 (archeologische laag). Dit levert op een kosteneffectieve manier voldoende inzicht op in de aan- of afwezigheid van sites in een gebied. Afwijkingen van deze norm worden bij voorkeur beargumenteerd in het Programma van Eisen.

3. Voor lijnvormige sites met een min of meer bekende oriëntatie geldt dat zij het efficiëntst zijn op te sporen met behulp van parallelle raaien:
  - enkele boorraaien loodrecht op de veronderstelde oriëntatie.
  - De afstand tussen de boringen op de raaien dient afgestemd te zijn op de verwachte breedte van het op te sporen object.
4. De overige sites zijn in vrijwel alle gevallen het efficiëntst op te sporen met een driehoeksgrid:
  - Gelijkzijdig driehoeksgrid: boorpunten uitzetten met landmeetkundige instrumenten
  - Gelijkbenig driehoeksgrid: boorpunten uitzetten met meetlinten.
  - Houd rekening met het grenseffect (zie § 3.2.2)
5. Voor sites met een archeologische laag (vindkans = 1) geldt het volgende: de trefkans is gelijk aan de gekozen opsporingskans: (volgens stap c dus 0,75)
  - Bepaal de afstand tussen de boorpunten zodat voldaan wordt aan de benodigde trefkans (formule 1 en tabel 1).

6. Voor sites met een vondststrooiing geldt het volgende:
- Bepaal aan de hand van de vondstdichtheid, en samenstelling en fragmentatiegraad van het vondstmateriaal de optimale waarnemingstechniek (zie § 3.2.3).  
NB. Het zeven van zware grond (klei, zavel of löss) is bewerkelijk en daardoor relatief duur. Soms kan het rendabeler zijn om een minder intensieve waarnemingstechniek te hanteren (snijden, verbrokkelen) in combinatie met het verhogen van het aantal boringen (zie hieronder).
  - Bepaal de vindkans aan de hand van de verwachte vondstdichtheid in combinatie met de te hanteren boordiameter (zie tabel 2).
  - Bepaal op basis van de verwachte vindkans het minimum aantal benodigde boringen ( $n$ ; zie tabel 5).
  - Indien door de aanwezigheid van zware grond (klei, zavel of löss) de optimale waarnemingstechniek (zeven) vervangen dient te worden door een minder intensieve techniek (snijden/verbrokkelen): Verdubbel het benodigde aantal boringen ter compensatie van de lage waarnemingskans.
  - Bepaal aan de hand van de verwachte omvang van de site het grid dat een trefkans van 1 garandeert. Dit grid wordt vervolgens verdicht met de factor die uit de eerdere berekening is gekomen ( $\sqrt{n}$  of – bij lage waarnemingskans –  $\sqrt{2n}$ ; zie tabel 6). NB. De miskans-discussie wordt hier buiten beschouwing gelaten.

### **4.3 Globale verwachting voor nederzettingen: standaardmethode A t/m D**

Nederzettingen die zich kenmerken door een voldoende dichtheid aan vondsten of een archeologische laag kunnen met succes door boringen opgespoord worden (zie tekstvak 3). Als de verwachte prospectiekenmerken van een site voldoende zijn te beargumenteren, kan met behulp van het stappenplan uit paragraaf 4.2 een betrouwbare boormethode opgezet worden. Vaak ontbreekt het echter aan voldoende exacte informatie om het stappenplan te gebruiken. Daarom wordt in dit hoofdstuk een aantal standaardmethoden gepresenteerd voor het prospecteren met de boor van nederzettingen.

Binnen het zeer divers samengestelde Nederlandse bodemarchief zijn op basis van overeenkomsten in site-type, vorm, en dichtheid en samenstelling van artefacten 3 prospectiegroepen van nederzettingen te onderscheiden (zie Tol, 2004: 63 ev.).

- *nederzettingen met een strooiing van overwegend aardewerk*
- *nederzettingen met een strooiing van overwegend vuursteen*
- *nederzettingen met een archeologische laag*

## **Nederzettingen: prospectiegroepen en prospectief boren**

### *Nederzettingen met een strooiing van overwegend vuursteen*

Nederzettingen met veelal niet meer dan een strooiing van vuursteen; grondsporen zijn over het algemeen zeldzaam. Het vondstenspectrum kan ook andere categorieën omvatten, zoals aardewerk, natuursteen en verbrande organische resten (bot, visschubben, hout, vruchten en zaden), maar getalsmatig zijn deze van ondergeschikt belang.

Nederzettingen met overwegend vuursteen komen hoofdzakelijk voor in pleistoceen Nederland, datering grofweg Steentijd-Bronstijd. Het vondstmateriaal is sterk gefragmenteerd; de vondstdichtheid (fractie  $\geq 3$  mm) varieert van laag tot matig-hoog (tabel 7). Indien een lage vondstdichtheid wordt verwacht, is prospectie door het (handmatig) graven van testputten een geschikte methode. Is er naar verwachting sprake van een matig-hoge vondstdichtheid, dan kan – afhankelijk van lithologische context en omvang – gekozen worden uit een van de standaardmethoden A1-A6 (tabel 8).

### *Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk*

Nederzettingen met zowel een vondststrooiing als een grondsporenniveau. Binnen het vondstenspectrum domineert het aardewerk. Deze sites zijn vrijwel uitsluitend bekend uit gebieden met droge omstandigheden waardoor de (onverkoelde) organische component is verdwenen. Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk komen voor vanaf globaal de Bronstijd. Doorgaans bestaan ze uit een of meer boerderijen. Nederzettingen met een aardewerkstrooiing komen zowel in holoceen als pleistoceen Nederland voor: veengebieden, duinengebied, kreek- en stroomruggen in het zuidwestelijke en noordelijke mariene gebied en het centrale rivierengebied, in door veen afgedekt dekzand, onder oude akkerlanden (essen en löss-akkers), jonge heide-ontginningen en in natuurgebieden.

Vaak is de vondstlaag (deels) opgenomen in de bovengelegen akkerlaag of bouwvoor, waardoor de hoeveelheid vondstmateriaal aanzienlijk kan zijn afgenomen (Groenewoudt, 1994: 143). Hoewel slechts weinig betrouwbare vondstgegevens bekend zijn, variëren de vondstdichtheden van aardewerk-sites vermoedelijk van laag tot matig-hoog (tabel 7). Aardewerk-sites met een lage vondstdichtheid zijn met booronderzoek niet goed op te sporen; proefsleuvenonderzoek (met een graafmachine) is dan de geëigende techniek. De indruk bestaat dat met name aardewerk-sites onder essen een lage vondstdichtheid hebben; in deze gebieden is karterend booronderzoek dus minder zinvol.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Aardewerk-sites met een matig hoge vondstdichtheid zijn in essengebieden zeldzaam (de enkele voorbeelden komen hoofdzakelijk in het oostelijke zandgebied en centrale rivierengebied, minder vaak in het zuidelijke zandgebied).

Aardewerk-sites met een matig-hoge vondstdichtheid zijn wel succesvol met boringen op te sporen. Voor het opsporen van deze sites: kies op basis van lithologische context en de verwachte omvang uit een van de standaardmethoden C1-C6 (tabel 8).

*Nederzettingen met een archeologische laag*

In holoceen Nederland komen sites voor met een zogenaamde archeologische laag. Een dergelijke laag ontstaat wanneer door betreding (tijdens bewoning) artefacten, bot en houtskool vermengd worden met het substraat. Onder de archeologische laag is het grondsporenniveau meestal goed bewaard gebleven. Het betreft extractiekampen, residentiële nederzettingen of één of meer huisplaatsen (dorp) uit de Steentijd tot en met de Middeleeuwen. Bij de meeste nederzettingen ligt de archeologische laag als een deken over het sporenniveau. Soms bevinden archeologische lagen zich in de periferie van een nederzetting, zoals het geval is bij Steentijd-bewoning op rivierduinen, strandwallen of bij restgeulen naast nederzettingen. Op de pleistocene zandgronden zijn nederzettingen met een archeologische laag uitzonderlijk.

Een archeologische laag is goed op te sporen wanneer gebruik wordt gemaakt van een boormes en een guts (vindkans 100%). In tabel 8 worden voor twee standaardmethoden gepresenteerd, voor het tijdvak Steentijd-Bronstijd (met vuursteen: methoden B1 en B2) en het tijdvak Bronstijd- Middeleeuwen (met aardewerk: methoden D1-D2).

prospectiegroep	Vondstdichtheid		
	Laag	Matig-hoog	Archeologische laag
Nederzettingen archeologische laag	n.v.t.	n.v.t.	boren
Nederzettingen vuursteen	proefputten	Boren	n.v.t.
Nederzettingen aardewerk	proefsleuven	Boren	n.v.t.

**Tabel 7.** Overzicht van de dominante vondstdichtheden per nederzetting-prospectiegroep.

Booronderzoek is een geschikte prospectiemethode bij een archeologische laag en een vondstdichtheid vanaf matig-hoog. Bij een lage vondstdichtheid zijn proefsleuven of testputten geschikte prospectiemethoden.

Type/datering	M	Lithologische context	boorgrid	Diameter	Waarnemings-techniek	M	boorgrid	diameter	Waarnemings-techniek
<i>Steentijd</i>		<i>strooiing van overwegend vuursteen</i>					<i>Archeologische laag</i>		
Middelgrote variant: - Basisederzetting - Huisplaats Omvang: 200-1000 m <sup>2</sup> (600 m <sup>2</sup> )	A1	Zand	20 x 25 m	15 cm	3 mm zeef	B1	20 x 25 m	3 cm guts	Snijden met boormes
	A2	Klei /Loss	17 x 20 m	12 cm	3 mm zeef				
	A3	Klei/loss	13 x 15 m	12 cm	Brokkelen/snijden				
Grote variant: - Groot basiskamp - Aggregatiederzetting - Meerdere huisplaatsen Omvang: >2000 m <sup>2</sup>	A4	Zand	40 x 50 m	15 cm	3 mm zeef	B2	40 x 50 m	3 cm guts	Snijden met boormes
	A5	Klei/Loss	30 x 35 m	12 cm	3 mm zeef				
	A6	Klei/loss	20 x 25 m	12 cm	Brokkelen/snijden				
<i>Bronstijd-Middeleeuwen</i>		<i>strooiing van overwegend aardewerk</i>					<i>Archeologische laag</i>		
Huisplaats(en) Omvang: 500-2000 m <sup>2</sup> (1200 m <sup>2</sup> )	C1	Zand	30 x 35 m	15 cm	4 mm zeef	D2	30 x 35 m	3 cm guts	Snijden met boormes
	C2	Klei/Loss	20 x 25 m	12 cm	4 mm zeef				
	C3	Klei/loss	17 x 20 m	12 cm	Brokkelen/snijden				
Dorp Omvang:>8000 m <sup>2</sup>	C4	Zand	80 x 90 m	15 cm	4 mm zeef	D2	80 x 90 m	3 cm guts	Snijden met boormes
	C5	Klei/Loss	60 x 70 m	12 cm	4 mm zeef				
	C6	Klei/loss	40 x 50 m	12 cm	Brokkelen/snijden				
<i>Brede zoekoptie</i>	E1	Zand	20 x 25m	15cm	4 mm zeef				
	E2	Klei/Loss	13 x 15 m	12 cm	Brokkelen/snijden				

**Tabel 8.** Overzicht van standaardmethoden voor kleine gebieden met een brede verwachting en voor het opsporen van nederzettingen met een archeologische laag en een vondststrooiing van aardewerk of vuursteen (matig-hoge vondstdichtheid, gemiddeld 80 vondsten/m<sup>2</sup>). Bij het berekenen van het boorgrid is uitgegaan van de tussen haakjes geplaatste waarden. Bij zware grondsoorten (klei/löss) zijn steeds twee opties weergegeven: hoge waarnemingskans (zeven) en lage waarnemingskans (snijden/brokkelen).

## **Toelichting op tabel 8**

Bij het bepalen van de standaardboormethoden is gebruik gemaakt van het stappenplan uit § 4.2. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

### ***Opsporingskans***

Het spreekt voor zich dat hoe hoger deze kans gesteld wordt, hoe hoger de onderzoeksinspanning en dus de kosten zullen zijn (zie hoofdstuk 2). Daar staat tegenover dat het risico op toevalsvondsten later in het project zal afnemen. Vanwege het effect van de verminderde meeropbrengst is het niet opportuun om een opsporingskans te eisen die met 100% zekerheid de opsporing van een bepaalde site in een gebied garandeert. Hier is gekozen voor een opsporingskans van respectievelijk 0,75 (matig-hoge vondstdichtheid) en ruim 0,9 (archeologische laag).

### ***Boorgrid***

Omdat bij het overgrote deel van prospectieonderzoek het boorgrid nog steeds met meetlinten wordt uitgezet, wordt in de standaardboormethoden gewerkt met een gelijkbenig boorgrid. Voor de corresponderende gelijkzijdige driehoeksgrids wordt verwezen naar tabel 1.

### ***Boordiameter***

Bij het bepalen van de benodigde boordiameter (aan de hand van formule 2) is voor de vondstdichtheidsklasse 'matig-hoog' uitgegaan van de gemiddelde waarde van 80 vondsten/m<sup>2</sup>. Het gebruik van grote boordiameters is dan vereist. Er worden twee varianten gegeven: 15 cm (maximale diameter voor zand) en 12 cm (maximale diameter voor zware gronden als klei, zavel etc.).<sup>11</sup>

### ***Waarnemingstechniek***

De vondststrooiing bestaat meestal uit sterk gefragmenteerd materiaal. Aangezien bij sites met een vondststrooiing meestal sprake is van een matig hoge vondstdichtheid is voor het verkrijgen van een voldoende vindkans het zeven met kleine maaswijdten een vereiste. Bij aardewerk-sites is gekozen voor een maaswijdte van 4 mm (zie § 3.2.3) en bij vuursteen-sites voor een maaswijdte van 3 mm.<sup>12</sup> In situaties waarin zeven vanwege zware grond niet rendabel is (bij klei, zavel of löss), wordt een alternatieve methode voorgesteld met als waarnemingstechniek snijden/verbrokken waarbij het aantal boringen is verdubbeld.

---

<sup>11</sup> De bij mechanische boorsystemen veel gehanteerde diameters, 7 cm en 14,5 cm (effectief 12 cm), worden niet apart behandeld.

<sup>12</sup> Hoewel door het hanteren van de 1 of 2 mm zeef de waarnemingskans in veel gevallen hoger zal uitvallen, is het de vraag of een dergelijke intensieve waarnemingstechniek wel kosteneffectief is (Tol e.a., 2004: 75-76).

### ***Omvang***

In de omvang van nederzettingen bestaat een enorme variatie. Een extractiekamp uit de Steentijd is vele malen kleiner dan een nederzetting uit de Romeinse tijd. Bij het beschrijven van de variatie in omvang van nederzettingen zijn formaatklassen gehanteerd (o.m. op basis van Groenewoudt, 1994: 110-112). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen enerzijds nederzettingen uit de Steentijd – Midden Bronstijd en anderzijds sites uit de Late Bronstijd – Middeleeuwen. Bij het berekenen van het boorgrid is uitgegaan van de tussen haakjes geplaatste gemiddelde omvang.

### **4.4 Kleine gebieden met een brede verwachting: standaardmethode E**

Kleine gebieden waarvoor geen gespecificeerde verwachting valt op te stellen (bijvoorbeeld kleine plangebieden waarvan - door schaal-onnauwkeurigheid van het gehanteerde kaartmateriaal - onduidelijk is in welke archeo-landschappelijke eenheid ze liggen), dienen door middel van een “brede zoekoptie” onderzocht te worden. Het betreft standaardmethode E, waarbij afhankelijk van de lithologische context gekozen dient te worden tussen E1 (zand) en E2 (klei/löss) (zie tabel 8).

Deze standaardmethode is een relatief goedkope methode met een acceptabele opsporingskans voor een breed scala aan vondstrijke site-typen. De methode levert minimaal 75% opsporingskans voor:

- Nederzettingen met een archeologische laag met een omvang vanaf 375 m<sup>2</sup> of meer (diameter 22 m).
- Nederzettingen met een matig-hoge en hoge vondstdichtheid (aardewerk en vuursteen) en een omvang vanaf 500 m<sup>2</sup> of meer (diameter 25 m).



## Literatuur

- Champion, T., S.J. Shennan & P. Cuming**, 1995. *Planning for the past, volume 3. Decision-making and field methods in archaeological evaluations.* University of Southampton/English Heritage, Southampton.
- Banning, E.B.**, 2002. *Archaeological survey.* Kluwer Academic/Plenum, New York (US).
- Deeben, J.**, 1995. De laatpaleolithische en mesolithische sites bij Geldrop (N. Br.), Deel 2. *Archeologie* 6: 3-52.
- Deeben, J.**, 1999. The Known and the Unknown: the Relation between Archaeological Surface Samples and the Original Palaeolithic and Mesolithic Assemblages. *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 43: 9-32.
- Drew, L.J.**, 1979. Pattern Drilling Exploration: Optimum Pattern Typen and Hole Spacings When Searching for Elliptical Shaped Targets. *Mathematical Geology* 11: 223-254.
- Gilbert, R.O.**, 1987. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring.* Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Groenewoudt, B.J.**, 1994. Prospectie, waardering en selectie van archeologische vindplaatsen: een beleidsgerichte verkenning van middelen en mogelijkheden. *NAR* 17. ROB, Amersfoort.
- Hey, G. & M. Lacey**, 2001. *Evaluation of Archaeological Decision-making Processes and Sampling Strategies.* Kent County Council/Oxford Archaeological Unit, Oxford.
- Kok, R.S.**, 1993. *Van boring naar site: site definitie op grond van boorgegevens en een toepassing op de boorverkenning Linden, gemeente Beers (Noord-Brabant).* Scriptie archeologie Rijksuniversiteit Leiden, Leiden.
- Kraker, J.J., M.J. Shott & P.D. Welch**, 1983. Design and evaluation of shovel-test sampling in regional archaeological survey. *Journal of Field Archaeology* 10: 469-480.
- Orton, C.**, 2000a. A Bayesian approach to a problem of archaeological site evaluation. In K. Lockyear, T.J.T. Sly & V. Mihailescu-Birliba (eds.); CAA96. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. *BAR International Series* 845. Archaeopress, Oxford.
- Orton, C.**, 2000b. *Sampling in archaeology.* Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stone, G.D.**, 1981. On artifact density and shovel probes. *Current Anthropology* 22: 182-183.

- Tol, A.J., P. Verhagen, A. Borsboom & M. Verbruggen, 2004.** Prospectief boren: een studie naar de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van booronderzoek in de prospectiearcheologie. *RAAP-rapport 1000*. RAAP Archeologisch Adviesbureau, Amsterdam.
- Zeidler, J.A., 1995.** Archaeological Inventory Survey Standards and Cost-estimation Guidelines for the Department of Defense. *USACERL Special Report 96/40*. US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, Champaign.  
<https://www.denix.osd.mil/denix/Public/ES-Programs/Conservation/Legacy/AISS/usacerl1.html>

## Overzicht van figuren en tabellen

- Figuur 1.** Het aantal boringen dat in een circelvormige site kan vallen, is afhankelijk van de positie van de site in het boorgrid.
- Figuur 2.** Het verband tussen de toename van het succes en de toename van het aantal boringen voor elliptische sites. Succes is op basis van de miskans (*consumer's risk*; volgens VSP 1.0). Toename aantal boringen is op basis van de trefkans (T) zoals berekend met de formule van Drew (1979).
- Figuur 3.** Een gelijkzijdig driehoeksgrid met een afstand tussen de boringen van 50 m.
- Figuur 4.** Illustratie van het grenseffect bij transecten.
- Figuur 5.** Vindkans en vondstdichtheid tegen elkaar uitgezet voor verschillende boordiameters.
- Figuur 6.** Schematische weergave van de fragmentatiecurve van sites met overwegend vuursteen (links) en sites met overwegend aardewerk (rechts) en het verband tussen de waarnemingstechniek en de waarnemingskans. Bij een toename van de waarnemingsintensiteit (bijv. van een zeef met een maaswijdte van 4 mm naar een zeef met een maaswijdte van 1 mm) neemt de waarnemingskans van vuursteen meer dan evenredig toe en die van aardewerk slechts in beperkte mate (naar Groenewoudt, 1994: fig 69).
- Tabel 1.** Gelijkzijdige driehoeksgrids en corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids, met (voor verschillende trefkansen) de minimale omvang van de opgespoorde sites.  $s$  = afstand tussen de boorraaien;  $i$  = afstand tussen de boorpunten op de raai.
- Tabel 2.** Vindkans voor verschillende combinaties van vondstdichtheid (in aantal vondsten per m<sup>2</sup>) en boordiameter (in cm's). Waarnemingskans is hierbij buiten beschouwing gelaten.
- Tabel 3.** Overzicht van artefacten en andere archeologische variabelen, en de factoren die van invloed zijn op hun waarnemingskans.

- Tabel 4.** Gefragmenteerd vondstmateriaal: optimale waarnemingstechniek voor verschillende combinaties van vondstdichtheden en fragmentatiegraden.
- Tabel 5.** Het benodigde aantal boringen (in de site) op basis van de verwachte vindkans en de gewenste opsporingskans.
- Tabel 6.** Gelijkzijdige driehoeksgrids voor verschillende combinaties van  $A$  en  $n$  bij een opsporingskans van 0,75.  $s$  = afstand tussen de boorraaien;  $i$  = afstand tussen de boorpunten op de raai.