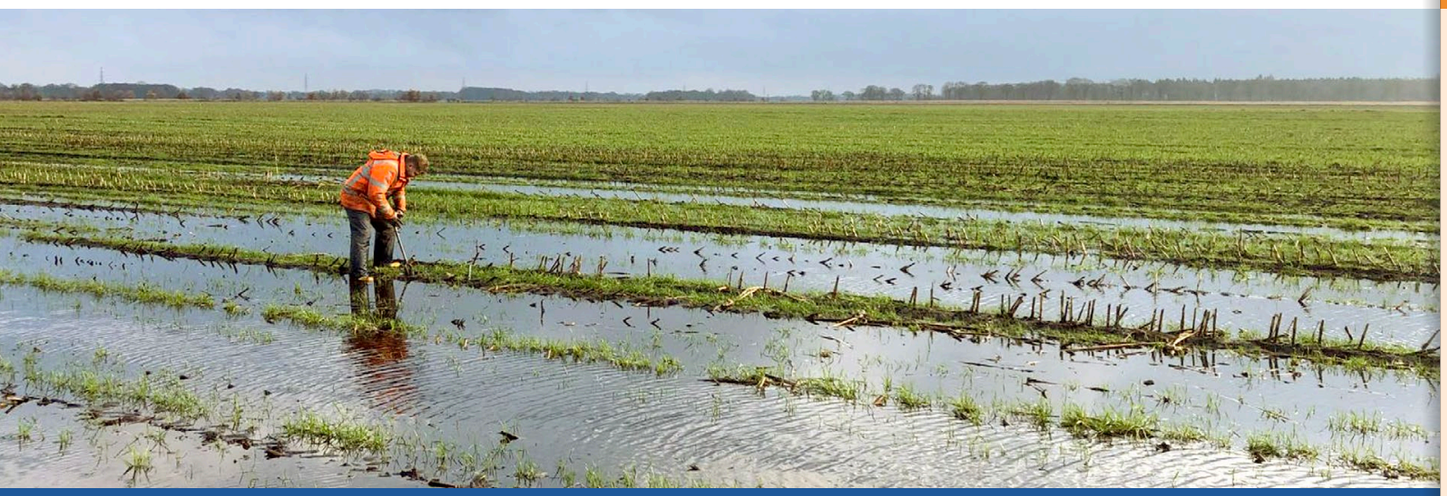
SIKB

Kennis van kwaliteit in bodem en archeologie



Protocol 4003

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

KNA Leidraad Inventariserend Veldonderzoek

Deel: Karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek (landbodems)

drs. A.J. Tol, dr. J.W.H.P. Verhagen & drs. M. Verbruggen

Versie 3.0

Deze versie is vastgesteld door het CCvD Archeologie op 19 juni 2025 en gepubliceerd op 26 maart 2026.

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

Voorwoord

Deze KNA Leidraad Karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek maakt onderdeel uit van de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA), Protocol 4003 Inventariserend Veldonderzoek (IVO), ondergebracht bij SIKB.

Archeologisch karterend booronderzoek is een methode van Inventariserend Veldonderzoek (IVO) voor het opsporen van archeologische vindplaatsen door grondboringen, en voor het vaststellen van de aardkundige en archeologische context daarvan. In grote delen van met name Holoceen-Nederland vormt karterend booronderzoek sinds de jaren negentig van de vorige eeuw het fundament van de archeologische monumentenzorg (AMZ).
Parallel aan de groei van het karterend booronderzoek ontstond behoefte aan een theoretisch referentiekader voor het kiezen van een betrouwbare en effectieve onderzoeksstrategie bij de uitvoering daarvan. In 2006 is daarom de *KNA Leidraad inventariserend veldonderzoek. Deel: karterend booronderzoek* opgesteld, die in deze behoefte voorzag. Niet door dwingende normen voor te schrijven – waardoor creativiteit en innovatie worden afgeremd – maar door het presenteren van (1) richtlijnen voor het opstellen van onderzoek en (2) enkele standaardstrategieën.

In 2012 is de leidraad geactualiseerd naar aanleiding van de resultaten van het project Prospectie Archeologie van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE), waarin het verzamelen van gegevens over de prospectiekenmerken van Steentijdsites centraal stond (Verhagen e.a., 2011). De belangrijkste aanpassing van de leidraad bestond uit een voorstel voor een nieuwe indeling van Steentijdprospectiegroepen en opsporingsstrategieën, omdat uit het RCE-onderzoek bleek dat de standaardstrategieën die in versie 1.0 van de leidraad karterend booronderzoek voor Steentijdsites zijn voorgesteld een te optimistische inschatting geven van de opsporingskans.

De leidraad die voor u ligt, betreft de tweede actualisatie (versie 3.0). Deze actualisatie omvat de volgende inhoudelijke aanpassingen:

- het uitbreiden van de standaardstrategieën met de grotere (mechanische) boordiameters (20 cm, 30 cm) die de laatste jaren voor karterend booronderzoek beschikbaar zijn gekomen;
- het uitbreiden van de standaardstrategieën met ‘proefputten’; een techniek die in de eerdere versies van de leidraad alleen in algemene termen werd behandeld;
- bij het opstellen van de standaardboorgrids is voor de bepaling van de omvang van de aardewerkvindplaatsen (zoals bij de vuursteenvindplaatsen) uitgegaan van de minimumafmetingen die horen bij de betreffende groottecategorie.[1] Hierdoor zijn de nieuwe grids intensiever dan die van de versie uit 2012, waarin de gemiddelde omvang per categorie als uitgangspunt werd genomen;
- het onderdeel ’Keuze proefsleuven of booronderzoek’ laten aansluiten op dat van de *KNA-Leidraad Inventariserend Veldonderzoek. Deel: Proefsleuvenonderzoek (IVO-P)*. In beide Leidraden bleek dit onderdeel enkele tegenstrijdigheden te bevatten.

Daarnaast is de leidraad meer gebruiksvriendelijk gemaakt door een vorm die beter aansluit bij de behoefte van de verschillende gebruikers. Dit door de leidraad te laten beginnen met praktische aanwijzingen voor het opstellen van een boorstrategie, richtlijnen voor karterend booronderzoek en een ‘doorklik-optie’ voor uitleg van begrippen in de interactieve versie. Gebruikers die ook geïnteresseerd zijn in de theoretische onderbouwing van karterend booronderzoek kunnen terecht in het tweede deel van de leidraad.

1 Uit het onderzoek van Verhagen e.a. (2011) bleek uit simulaties dat de toen geldende standaardstrategieën voor vuursteenvindplaatsen, waarin de gemiddelde omvang per categorie als uitgangspunt was genomen, onvoldoende opsporingskans opleverden (P=0,75). Daarom is toen voorgesteld om de minimumafmeting van vuursteenvindplaatsen als uitgangspunt voor de standaardstrategieën te nemen, wat in de tweede versie van de Leidraad karterend booronderzoek (2012) is verwerkt.

Met deze geactualiseerde versie beogen de opstellers van deze leidraad en het Centraal College van Deskundigen Archeologie (CCvD) van Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) een bredere toepassing van de leidraad te bereiken, waardoor de transparantie van het prospectief onderzoek – met verantwoording van gemaakte keuzes – wordt vergroot.

Dankwoord
Deze versie van de leidraad is becommentarieerd door een begeleidingscommissie met daarin E. Rensink (RCE), E. van der Klooster (KSP Archeologie en prospector uit de KNA Gebruikersgroep), M. Wijker (Centrum voor Archeologie Gemeente Amersfoort), W. Kemme (Provincie Utrecht), W. Smith (Gemeente Almere), G. Spanjaard (Gemeente Apeldoorn), W. van Zijverden (Saxion) en R. Isarin (Crevasse Advies). Zij hebben het concept nauwgezet doorgelezen en van kritische opmerkingen voorzien. Vanuit SIKB is het project begeleid door H.G. Pape-Luijten. Al deze mensen worden bedankt voor hun medewerking

KNA Leidraden en het archeologisch proces

KNA Leidraden kunnen beschouwd worden als een richtlijn voor specifieke onderdelen van het archeologisch onderzoek. KNA-Leidraden hebben betrekking op de procesmatige en inhoudelijke aspecten van die onderdelen. Het gebruik van een KNA Leidraad is niet verplicht, tenzij een dergelijke verplichting specifiek door het bevoegd gezag is opgenomen, bijvoorbeeld in een Programma van Eisen of een omgevingsvergunning. Het beleid van een bevoegd gezag heeft over het algemeen voorrang op de richtlijnen uit een KNA Leidraad. Dit betekent dat een bevoegd gezag – binnen de grenzen van beleidsvrijheid – kan besluiten een specifieke vorm van archeologisch onderzoek binnen zijn grondgebied niet toe te staan of deze op een andere wijze te laten uitvoeren dan voorgeschreven in de relevante KNA Leidraad.

Status
Het Centraal van Deskundigen (CCvD) Archeologie heeft op 19-06-2025 ingestemd met de inhoud van dit document. Vervolgens is deze door het bestuur van SIKB vastgesteld. Versie 3.0 van dit document vervangt versie 2.0 en treedt in werking op moment van publicatie. Opgenomen beeldmateriaal is informatief en niet normatief.

Eigendomsrecht
Dit document is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB), Postbus 420, 2800 AK Gouda. Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Archeologie, ondergebracht bij SIKB, beheert dit document inhoudelijk. De actuele versie van dit document staat op de website van SIKB (www.sikb.nl) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD Archeologie goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te ontlenen.
Overname van tekstdelen is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

Vrijwaring
SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die ontstaat door het toepassen van dit document.

© 2026 SIKB

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Inhoudsopgave

1. Inleiding **5**

2. Richtlijnen voor karterend boor- en proefputtenonderzoek **7**

2.1 Doel en opzet *7*
2.2 Uitgangspunten *7*
2.3 Stappenplan keuze boor-, proefputten- of proefsleuvenonderzoek *9*
2.4 Gedetailleerde verwachting: stappenplan voor het opzetten van een betrouwbare karterende boorstrategie *11*
2.5 Globale verwachting voor nederzettingen: standaardstrategie A t/m D *12*
2.6 Toelichting op tabellen 4, 6, 7 en 8 ..... *17*

3. Grondslagen karterend booronderzoek **19**

3.1 Boorprospectie en statistiek *19*
3.2 Het opsporen van archeologische sites: een rekenmodel *19*

4. Termen en definities **38**

Literatuur **41**

Overzicht van figuren en tabellen **43**

1. Inleiding

Doel van de Leidraad

De KNA Leidraad karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek is opgezet om richtlijnen te geven bij het kiezen van adequate prospectieve strategieën bij boor- en proefputtenonderzoek en om handvatten te bieden bij het maken van onderbouwde keuzes en afwegingen bij dit onderzoek. Dit door inzicht te verschaffen in de theoretische onderbouwing van karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek. Daarnaast worden praktische richtlijnen voor het opstellen van karterende strategieën gegeven en wordt een aantal standaardstrategieën voorgesteld.

De Leidraad schrijft niet bepaalde strategieën van onderzoek dwingend voor, maar laat de opsteller van een PvA of selectieadvies de vrijheid om gemotiveerd af te wijken en een op de situatie toegeschreven onderzoeksvoorstel te schrijven. Bijvoorbeeld in het geval van beperkingen (betreding, bebouwing) of als is gekozen voor de prospectie van specifieke sites. De Leidraad stelt de onderzoeker daarbij in staat om de gemaakte keuzes te onderbouwen en een inschatting te maken van de effectiviteit van het voorgestelde onderzoek.

Algemene uitgangspunten

KNA en karterend onderzoek
Het document is te beschouwen als een aanvulling op *KNA Protocol 4003 Inventariserend Veldonderzoek landbodems* en omvat een op de praktijkgerichte vertaling van RAAP-rapport 1000 (Tol e.a., 2004) en RAM 197 (Verhagen e.a., 2011). De onderzoeksmethodologie van het vooronderzoek binnen de KNA is leidend voor het document.
De leidraad beperkt zich nadrukkelijk tot de karterende vorm van het inventariserend veldonderzoek: het opsporen van archeologische sites. Het waarderen van sites blijft buiten beschouwing. Er wordt ook geen aandacht besteed aan de verkennende vorm van inventariserend veldonderzoek dat gericht is op het opstellen van een gespecificeerde archeologische verwachting. Verkennend onderzoek is wel van groot belang, omdat dit doel en richting geeft aan prospectief onderzoek: op basis van aardwetenschappelijke kennis van een gebied weten waar landschappelijk gezien de grootste kans bestaat op de aanwezigheid van (in het verleden) voor bewoning geschikte locaties.
De leidraad is gericht op de methodische aspecten van het opsporen van sites met een vondststrooiing door middel van karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek: hoeveel boringen zijn nodig om een site op te sporen? Wat is vanuit het gekozen theoretisch model de gewenste diameter van de boor, en is het gebruik van een zeef gewenst?
Het ‘beschrijven’ van boringen komt niet aan bod. Zie hiervoor de *KNA Leidraad Archeologische Standaard Boorbeschrijvingsmethode (ASB)*.

Landelijke sites, historische kernen en zichtbare sites
Daarnaast is de leidraad gefocust op het opsporen van ‘landelijke’ sites. De prospectie van historische kernen heeft een geheel eigen problematiek die niet te vergelijken is met die van ‘landelijke’ sites. Zichtbare sites (zoals aan het maaiveld zichtbare grafheuvels en schansen) worden eveneens buiten beschouwing gelaten. Bij het opsporen van dergelijke sites speelt booronderzoek nauwelijks een rol.[2]

[2] *Om vast te stellen of een potentiële grafheuvel (ronde verhoging in het landschap) daadwerkelijk een grafheuvel is, kan booronderzoek wel een zinvolle onderzoeksmethode zijn.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Onderbouwing van keuzes
Tijdens het proces van archeologisch vooronderzoek moeten (net als bij andere wetenschappelijke onderzoeken) keuzes worden gemaakt: over wel of geen onderzoek, de te hanteren methode en techniek (boren, graven of andere methoden) en de onderzoeksstrategie (aantal proefsleuven, proefputten of boringen per ha). Bij al deze keuzes zijn er meerdere belanghebbenden die uiteenlopende en vaak strijdige belangen hebben. Allereerst zijn dat de initiatiefnemer dan wel opdrachtgever, en de bevoegde overheid die overleggen over de te maken keuzen, waarna uiteindelijk de bevoegde overheid de besluiten neemt. Daarnaast speelt de archeoloog een rol in dit proces als adviseur voor de opdrachtgever of voor de bevoegde overheid.
De uitkomst van bovengenoemde keuzes – die niet alleen gebaseerd zijn op vakinhoudelijke en beleidsmatige argumenten maar ook op kosten/batenafwegingen – zijn van invloed op de betrouwbaarheid en dus het resultaat van prospectief onderzoek. Om dit resultaat goed te kunnen beoordelen is het van belang deze keuzes zorgvuldig te onderbouwen. Daarom gelden de volgende algemene kwaliteitseisen voor prospectief onderzoek:

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

Deze leidraad is mede hiervoor bedoeld.

Termen methode, techniek, strategie, vindplaats en site
Tijdens de uitvoering van het project Best Practices Prospectie van de RCE[3] bleek uit een Quick scan van archeologische standaardrapporten dat de termen methode, techniek, strategie, vindplaats en site op zeer verschillende wijzen (door elkaar heen) worden gebruikt, met als gevolg dat vaak niet duidelijk is wat eronder wordt verstaan. Daarom zijn in het kader van dit project deze termen strak gedefinieerd om verwarring te voorkomen.[4] In de leidraad nemen we deze definities over (zie hoofdstuk 4).

Opzet en werkwijze

De *Leidraad IVO Karterend Booronderzoek* en proefputtenonderzoek bestaat uit verschillende onderdelen:

Hoofdstuk 2
In dit deel worden richtlijnen gegeven voor het opzetten van een karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek. Als de prospectiekenmerken van een *verwachte* site voldoende zijn te beargumenteren, kan met behulp van deze richtlijnen een betrouwbare boormethode opgesteld worden. Hoofdstuk 2 is zo opgesteld dat het zonder de inhoudelijke onderbouwing uit de andere delen van de leidraad kan worden gebruikt. Zie voor deze onderbouwing (bijvoorbeeld de trefkans-, vindkans- en opsporingskansmodellen) de hoofdstukken 3 en 4.

Hoofdstuk 3
Beknopt en eenvoudig overzicht van de statistische basis van archeologisch booronderzoek (trefkans, vindkans, opsporingskans).

Hoofdstuk 4
Toelichting op enkele centrale begrippen.

[3] *Het project Best Practices Prospectie heeft geresulteerd in het Digitaal informatiesysteem Prospectie op Maat (https://pom.cultureelerfgoed.nl/search).*
[4] *RCE, 2016.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

2. Richtlijnen voor karterend boor- en proefputtenonderzoek

2.1 Doel en opzet

Het KNA Protocol 4003 Inventariserend Veldonderzoek landbodems verplicht verschillende documenten waarin het noodzakelijk kan zijn de strategie uit te werken voor een inventariserend veldonderzoek, met toe te passen methode(n) en techniek(en), en met een inhoudelijke onderbouwing. Dit betreft het advies in het Bureauonderzoek (bij een advies tot vervolgonderzoek in de vorm van een IVO), het Plan van Aanpak (PvA) bij IVO-Overig (booronderzoek, geofysisch onderzoek en oppervlaktekartering) en het Programma van Eisen (PvE) bij IVO-proefsleuven en bij proefputten.

De Leidraad karterend booronderzoek en proefputtenonderzoek geeft richtlijnen aan de hand waarvan de opzet en onderbouwing kan worden bepaald voor een booronderzoek en proefputtenonderzoek in het advies van een bureauonderzoek, het PvA en het PvE.

In dit hoofdstuk staan enkele stappenplannen als hulpmiddel om te komen tot een goed en onderbouwd boor- of proefputtenonderzoek. Hierbij hoort allereerst de afweging of booronderzoek een geëigende methode is (§2.3, stappen 1 en 2, tabel 1). Als booronderzoek niet als goede karterende methode wordt gezien, dan worden daar ook algemene suggesties gedaan voor onderzoeksmethoden die wellicht beter (effectiever of efficiënter) zij. Blijkt booronderzoek wel geschikt als karterende methode, dan worden drie adequate strategieën voorgesteld (stap 3). Dit kan 'maatwerk' (§2.4) zijn of één van de standaardstrategieën (§2.5). Paragraaf 2.6 geeft een toelichting op de tabellen met standaardstrategieën.

2.2 Uitgangspunten

Bij het opstellen van de stappenplannen en de standaardstrategieën is een aantal uitgangspunten gehanteerd en zijn aannamen gedaan. Die worden hieronder kort toegelicht.

Boor-, proefputten-, proefsleuvenonderzoek, oppervlaktekartering en geofysisch onderzoek
Booronderzoek, proefputtenonderzoek en proefsleuvenonderzoek zijn op dit moment de enige prospectietechnieken die breed worden ingezet in Nederland. 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. Sites met een grondsporenniveau en een (zeer) lage vondstdichtheid zijn vaak het meest efficiënt op te sporen aan de hand van de grondsporen; proefsleuvenonderzoek (met een graafmachine) is dan de geëigende techniek.

Proefputtenonderzoek is een geëigende methode als sites zonder sporen en met een (zeer) lage vondsdichtheid of als sites met een zeer beperkte omvang opgespoord moeten worden. Proefputtenonderzoek valt in het *KNA Protocol 4003 Inventariserend Veldonderzoek landbodems* onder het onderdeel IVO-P (proefsleuvenonderzoek), maar wordt hier in de Leidraad karterend booronderzoek besproken. De principes voor het opstellen van een optimale strategie voor proefputtenonderzoek zijn gelijk aan die voor booronderzoek. In de standaardstrategieën wordt uitgegaan van proefputten van 0,5 x 0,5 m en 1 x 1 m.

Oppervlaktekarteren en geofysisch onderzoek zijn alleen in specifieke omstandigheden toepasbaar. Geofysisch onderzoek is toepasbaar als archeologische resten met een voldoende geofysisch meetcontrast verwacht worden (bijvoorbeeld muurwerk, grachten). Zie hiervoor ook de *KNA Leidraad Geofysisch Onderzoek*. Een oppervlaktekartering kan worden ingezet als (plaatselijk) sprake is van het aanploegen van vondstlagen of de aanwezigheid van molshopen en geschoonde sloten.

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Een goede boorstrategie
Voor het bepalen van een adequate (=effectieve) boorstrategie (en adequaat/effectief proefputtenonderzoek) wordt gebruik gemaakt van het volgende principe: de opsporingskans (P) van een site wordt bepaald door de trefkans (T: de kans dat een boring in een site wordt gezet) en de vindkans (V: de kans dat met een 'rake' boring een archeologische indicator wordt opgeboord die in de boorkern wordt herkend). De trefkans is afhankelijk van de omvang en vorm van de site en het gehanteerd boorgrid. De vindkans is afhankelijk van de dichtheid en fragmentatiegraad van het vondstmateriaal op een site en van de gehanteerde boordiameter en waarnemingstechniek. Omvang en vorm van een site en dichtheid en fragmentatiegraad van vondsten zijn de prospectiekenmerken van een site.
In de Leidraad wordt bij de standaardstrategieën als norm uitgegaan van een opsporingskans van 0,75 als een vondststrooiing wordt verwacht, en 0,9 als 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 (zie §3.2.4 subparagraaf *Het kiezen van de vereiste opsporingskans*).

Aanvullende boringen/proefputten
Het kan zinvol zijn in de karterende boor- of proefputtenstrategie de mogelijkheid op te nemen aanvullende karterende boringen of proefputten uit te voeren (in combinatie met 3 of 4 mm zeven of verbrokkelen/versnijden) naast de vooraf vastgestelde systematische strategie (d.w.z. een op maat gesneden strategie van §2.4 of een van de standaardstrategieën uit §2.5 en §2.6). Deze aanvullende boringen of proefputten dienen als een waarnemingsgestuurd onderzoek, bijvoorbeeld om te bezien of een boring met een indicator een losse waarneming betreft of een vermoedelijke site.
Geadviseerd wordt om altijd een percentage van het totaal aantal systematisch uit te voeren boringen/proefputten te reserveren voor optionele gerichte waarnemingen. Als richtlijn geldt dat 5 tot 20% van het totaal aantal uit te voeren boringen/proefputten volstaat. Een en ander hangt af van de verwachte prospectiegroep en het gehanteerde boor/proefputtengrid. Bij een kleine, relatief vondstarme site en een relatief ruim boor/proefputtengrid is het zinvol om een hoger percentage te hanteren (bijvoorbeeld 20%), terwijl bij grote vondstrijke sites en een relatief dicht grid de noodzaak voor extra boringen beperkt zal zijn en een lager percentage (zoals 5%) voldoende is.
Voor alle duidelijkheid: deze aanvullende inspanning heeft als doel eventueel aanwezige sites te karteren. Het is echter mogelijk dat het hierna – voor een waardering conform de KNA – nodig is om alsnog extra informatie te verzamelen door aanvullend onderzoek.

Holoceen
Het kan voorkomen dat proefsleuven in Holocene gebieden zo diep moeten worden aangelegd, dat de uitvoering ervan om technische en/of economische redenen niet haalbaar is, waardoor er gekozen wordt voor alternatieve methoden zoals booronderzoek. Er is met deze belangenafweging geen rekening gehouden. Deze afweging moet in overleg met het bevoegd gezag worden gemaakt.

Praktische aspecten
Bij de uitvoering van boor- en proefputtenonderzoek spelen ook praktische aspecten een rol. Denk bijvoorbeeld aan veiligheids- en Arbowetgeving bij de keuze tussen handmatig en mechanisch boren. Het zetten van diepe boringen, boringen onder de grondwaterspiegel of het gebruik van grote diameters die handmatig kan bijvoorbeeld een te zware fysieke belasting geven, waardoor de inzet van mechanische boormachines noodzakelijk is. In de Leidraad is met dergelijke zaken bij het opstellen van de standaardstrategieën rekening gehouden door per strategie varianten aan te bieden met kleine boordiameters (handmatig boren) en grote diameters (mechanisch boren).

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

2.3 Stappenplan keuze boor-, proefputten- of proefsleuvenonderzoek

Om te bepalen of boor-, proefputten of proefsleuvenonderzoek een geschikte methode is en welke strategie gevolgd kan worden, kan onderstaand stappenplan gebruikt worden.[5]

Als er verschillende typen sites of sites uit verschillende perioden worden verwacht, dan moeten de volgende stappen voor ieder sitetype afzonderlijk doorlopen worden. Of er kan gekozen worden de prospectie te beperken tot één of enkele typen. Deze keuze moet in het Plan van Aanpak (PvA) worden onderbouwd. Het is raadzaam om voorafgaand aan het veldonderzoek – in overleg met de opdrachtgever – het PvA ter beoordeling voor te leggen aan het bevoegd gezag.

Stap 1

Verzamel uit het voorafgaande bureauonderzoek en (eventueel) verkennend booronderzoek de prospectiekenmerken van de verwachte archeologische sites. Het betreft dan de volgende (verwachte) kenmerken:

- (minimale) omvang;
- vorm;
- conservering en diepteligging;
- aan-/afwezigheid archeologische laag of vondststrooiing, aard van de vondsten, vondstdichtheid, grootteverdeling[6];
- aanwezigheid sporenniveau en sporendichtheid[7].

Als voorafgaand geen vooronderzoek heeft plaatsgevonden of deze kenmerken niet (genoeg) gespecificeerd zijn, dan kan gekozen worden om deze alsnog in te schatten (bijvoorbeeld door gebruik te maken van de prospectiekenmerken van de verschillende prospectiegroepen; zie §2.5). Onderbouw deze nader gespecificeerde verwachting in het Plan van aanpak.

Vondstdichtheid	Met grondsporen	Zonder grondsporen
Geen of zeer laag (< 40 per m²)	Proefsleuven	Proefputten/boren
Laag (40-80 per m²)	Proefsleuven	Boren
Matighoog (80-160 per m²)	Boren	Boren
Hoog (>160 per m²)/ archeologische laag	Boren	Boren

***Tabel 1**. Beslissingsmatrix proefsleuvenonderzoek versus booronderzoek. Als een combinatie van verschillende typen sites verwacht wordt, dan kan gekozen worden voor een combinatie van opsporingstechnieken.*

[5] *Oppervlaktekarteren en geofysisch onderzoek zijn als prospectiemethode alleen in specifieke omstandigheden toepasbaar (zie §2.2).*
[6] *Op dit moment bestaat er een beperkt inzicht in de dichtheid aan en grootteverdeling van vondsten van veel complextypen. Dit geldt met name voor aardewerksites, voor vuursteensites is dit inzicht beter. Daarom is het nodig dat in de toekomst op systematische wijze informatie over vondstdichtheden en grootteverdelingen wordt verzameld bij opgravingen.*
[7] *Voor de keuze van een boorstrategie is de sporendichtheid niet relevant, maar voor andere methoden (zoals proefsleuvenonderzoek) mogelijk wel. Om een goede keuze tussen methoden te kunnen maken is het daarom relevant dat dit ook gespecificeerd wordt.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Stap 2
Bepaal of boor- of proefputtenonderzoek in aanmerking komt als karteringsmethode (zie ook tabel 1).

In de volgende situaties is booronderzoek een geschikte methode:
Bij sites die zich kenmerken door een archeologische laag of een vondststrooiing met een voldoende hoge dichtheid. Sites met een (zeer) lage vondstdichtheid maar zonder een grondsporenniveau kunnen het best opgespoord worden door booronderzoek of het (handmatig of machinaal) graven van proefputten (en het zeven van de uitgegraven grond).[8]

Booronderzoek is een minder geschikte of minder efficiënte methode:
- bij sites met grondsporen en zonder tot (zeer) lage vondststrooiing. Dergelijke sites zijn veelal succesvoller op te sporen aan de hand van grondsporen (booronderzoek is ongeschikt of minder efficiënt dan andere methoden);[9]
- als een kartering met booronderzoek met grote waarschijnlijkheid resulteert in een daaropvolgend waarderend proefsleuvenonderzoek. Dit bijvoorbeeld als het aannemelijk is dat een site (met grondsporen en al dan niet een vondststrooiing) doorloopt in een naastgelegen terrein. In dat geval kan soms beter meteen voor proefsleuvenonderzoek worden gekozen, waardoor het totale onderzoek efficiënter kan worden uitgevoerd;
- bij sites met specifieke kenmerken waardoor geofysisch onderzoek of oppervlaktekarteren geschiktere prospectiemethoden zijn (zie § 2.2 *Booronderzoek, proefsleuven, oppervlaktekartering en geofysisch onderzoek)*.[10]

Het is natuurlijk mogelijk dat (delen van) een gebied met een combinatie van prospectiemethoden onderzocht worden, bijvoorbeeld booronderzoek om vuursteensites op te sporen en proefsleuven voor vondstarme sites uit latere perioden, of booronderzoek in combinatie met een oppervlaktekartering (bij een aangeploegde vondstlaag).

Stel dat proefsleuvenonderzoek of geofysisch onderzoek als combinatiemethode of alternatief geschikt is, zie dan ook de *KNA Leidraad Proefsleuvenonderzoek* en *KNA Leidraad Geofysisch Onderzoek*. Voor oppervlaktekartering is nog geen KNA-Leidraad beschikbaar. In de KNA is wel een specificatie aanwezig van de keuzes die bij een oppervlaktekartering gemaakt moeten worden.

Stap 3
Als boor- of proefputtenonderzoek een geschikte karterende methode blijkt, dan kan aan de hand van het detailniveau van de te toetsen archeologische verwachting gekozen worden (tabel 2) uit een ‘maatwerk-aanpak’ (§2.4) of één van de standaardstrategieën (§2.5).

[8] *Verhagen e.a., 2011.*
[9] *Tol e.a., 2004: 67-68.*
[10] *Vanwege de specifieke kenmerken zijn deze sites niet als beslisfactor opgenomen in tabel 1. Deze sites moeten er tijdens stap 2 ‘uitgefilterd’ worden.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Beslistabel strategie		
	De te verwachten site of sites worden gekarakteriseerd door alleen een vondststrooiing (zonder grondsporen) en/of grondsporen en een vondststrooiing met een (matig)hoge dichtheid/ archeologische laag en/of een ligging dieper dan 2 m.	
1	Zijn de verwachte prospectiekenmerken in detail bekend?	JA: Een 'maatwerk-boorstrategie' kan worden toegepast: zie §2.4.
		NEE:2
2	De verwachte prospectiekenmerken zijn globaal bekend.	JA: Bepaal een standaard boorstrategie aan de hand van de globale prospectiegroepen. Zie §2.5.

Tabel 2: *Beslistabel om te bepalen of maatwerk- dan wel standaardboorstrategieën geschikt zijn.*

2.4 Gedetailleerde verwachting: stappenplan voor het opzetten van een betrouwbare karterende boorstrategie

Met het statistisch kader in §3.2 kan een effectieve boorstrategie worden bepaald. In een ideale situatie – als de prospectiekenmerken van een op te sporen sitetype in detail bekend zijn – kan een op maat gesneden onderzoeksstrategie worden ontworpen (zie onderstaand stappenplan). Vaak gaat dit op bij grafvelden, lineaire sites (bijvoorbeeld wegen en gegraven waterlopen) en sites als puntelementen (zoals scheepswrakken, zoutovens en aardewerkovens).

Stap 1 Verzamel prospectiekenmerken
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

Stap 2 Bepaal vereiste opsporingskans
Kies de vereiste opsporingskans (in overleg met de bevoegde overheid en initiatiefnemer). Ga hierbij als norm uit van een opsporingskans van minimaal 0,75 (vondststrooiing) of minimaal 0,9 (archeologische laag). De keuze voor de norm moet beargumenteerd worden in het Plan van Aanpak of Programma van Eisen. Zie §3.2.4 subparagraaf *Het kiezen van de vereiste opsporingskans*.

Stap 3 Bepaal geschikte gridvorm
Voor lijnvormige sites met een min of meer bekende oriëntatie geldt dat zij het meest efficiënt op te sporen zijn met behulp van parallelle raaien:
- enkele boorraaien loodrecht op de veronderstelde oriëntatie;
- de afstand tussen de boringen op de raaien moet zijn afgestemd op de verwachte breedte van het op te sporen object.

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

De overige sites zijn in vrijwel alle gevallen het meest efficiënt op te sporen met een driehoeksgrid (zie §3.2.2):

- Een gelijkzijdig driehoeksgrid waarbij de boorpunten zijn uitgezet met landmeetkundige instrumenten heeft de voorkeur.
- In uitzonderlijke gevallen (bijvoorbeeld als landmeetkundige instrumenten geen bereik hebben), is een met meetlinten uitgezet gelijkbenig driehoeksgrid een alternatief.
- Hou rekening met het grenseffect.

Stap 4 Bepaal waarnemingstechniek, afstand tussen boringen en boordiameter

Voor sites met een archeologische laag (vindkans = 1) geldt het volgende: de trefkans is gelijk aan de gekozen opsporingskans: (volgens stap 2 dus minimaal 0,9):

- Bepaal de afstand tussen de boorpunten zodat voldaan wordt aan de benodigde trefkans (formule 1 en tabel 7).

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: Zeven over een kleine maaswijdte heeft de voorkeur. In specifieke gevallen kan het rendabeler zijn (bijvoorbeeld bij zware grondsoorten) 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/proefputten (zie tabel 8).
- Bepaal op basis van de verwachte vindkans het minimum aantal benodigde boringen (*n;* zie tabel 11). Rond de uitkomst af naar boven op gehele getallen (zie paragraaf 2.6).
- Indien door de aanwezigheid van zware grond (klei, zavel of löss) de optimale waarnemingstechniek (zeven) vervangen moet 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 12). NB: De miskans-discussie (zie §3.2.2) wordt hier buiten beschouwing gelaten.

2.5 Globale verwachting voor nederzettingen: standaardstrategie A t/m D

Bij veel sites is sprake van slechts een globaal inzicht in de verwachte prospectiekenmerken; meestal betreft dit nederzettingen. Om in dat geval toch richtlijnen voor onderzoek te kunnen geven onderscheiden we (op basis van deze globale prospectiekenmerken) een aantal prospectiegroepen:

- nederzettingen met een strooiing van overwegend aardewerk;
- nederzettingen met een strooiing van overwegend vuursteen;
- nederzettingen met een archeologische laag.[11]

Nederzettingen die zich kenmerken door een voldoende dichtheid aan vondsten of een archeologische laag kunnen met succes door boringen opgespoord worden (zie tabel 1 en §2.3). In paragrafen 2.5.1 tot en met 2.5.3 adviseren we voor elke prospectiegroep welke standaard strategie gevolgd kan worden.
Hierbij geldt het volgende:
Een prospectiestrategie wordt voldoende betrouwbaar geacht bij een opsporingskans van 0,75 of meer (met vondststrooiing) respectievelijk 0,9 of meer (met archeologische laag) (zie §3.2.4 subparagraaf *Het kiezen van de vereiste opsporingskans*);

- Een gelijkzijdig driehoeksgrid is in vrijwel alle gevallen de meest efficiënte gridvorm (hoogste trefkans).

[11] *Tol e.a., 2004: 63 e.v.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

- Hoe groter de diameter van de boor, des te groter de vindkans. Bij de standaardstrategieën worden de volgende boordiameters/proefputafmetingen gehanteerd:
    - boringen: 10 cm, 12 cm, 15 cm, 20 cm en 30 cm;
    - proefputten (0,5x0,5 m en 1,0x1,0 m).

2.5.1 Nederzettingen met een strooiing van overwegend vuursteen

Nederzettingen met in ieder geval een strooiing van vuursteen; grondsporen zijn over het algemeen zeldzaam. Het vondstenspectrum kan ook andere vondstcategorieën omvatten, zoals aardewerk, natuursteen en verbrande organische resten (bot, visschubben, hout, vruchten en zaden). Doordat deze vondstcategorieën in de praktijk veelal macroscopisch worden geanalyseerd, zijn ze getalsmatig doorgaans van ondergeschikt belang. Daarnaast zijn enkele van deze categorieën als indicator niet eenduidig te interpreteren.[12]

Klasse	Vondstdichtheid
Matig-hoog	80-160 per m²
Laag	40-80 per m²
Zeer laag	< 40 per m²

Klasse	Omvang
Groot	>1.000 m²
Middelgroot	200-1.000 m²
Klein	50-200 m²
Zeer klein	< 50 m²

Tabel 3. *Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend vuursteen: overzicht van de prospectiekenmerken omvang en vondstdichtheden in discrete klassen. Uit Verhagen e.a. (2011).*

Nederzettingen met overwegend vuursteen komen hoofdzakelijk voor in pleistocene afzettingen die langere tijd aan het oppervlak hebben gelegen, waardoor de organische component uit deze sites is verdwenen. De datering is grofweg Steentijd-Bronstijd.[13] In tabel 3 is de variatie in omvang en vondstdichtheid zoals deze onder vuursteensites voorkomt, weergegeven in discrete klassen. Deze tabel is gebaseerd op de studies van Tol e.a. (2004) en Verhagen e.a. (2011) waarin de prospectiekenmerken van in totaal zestien Steentijdsites zijn geïnventariseerd. De studie van Verhagen e.a. (2011) geeft de indruk dat een groot deel van de vuursteensites (zonder grondsporen en archeologische laag) zich kenmerkt door een lage of zeer lage vondstdichtheid en een kleine of zeer kleine omvang. Een minderheid van vuursteensites is middelgroot tot groot en heeft een matig-hoge vondstdichtheid.
Vuursteen-sites met een (zeer) kleine omvang en een matig-hoge vondstdichtheid en met een grote omvang en een zeer lage vondstdichtheid komen volgens Verhagen e.a. (2011) in het Nederlandse bodemarchief niet of nauwelijks voor.
Vuursteensites met een lage of matig-hoge vondstdichtheid kunnen door middel van booronderzoek/proefputten op een effectieve wijze worden opgespoord. In tabellen 5 en 6 zijn hiervoor – afhankelijk van omvang – de standaardstrategieën A1-A9 gegeven. In tabel 5 is ‘n.v.t.’ opgenomen voor vuursteen-sites die niet of nauwelijks voorkomen.

[12] *Indicatoren als houtskool, verkoolde vruchten of steen kunnen samenhangen met menselijke activiteiten maar ook een natuurlijke oorsprong hebben. Dergelijke indicatoren kunnen niet individueel worden ‘beoordeeld’ maar moeten worden bezien in relatie tot de geogenetische eigenschappen van de laag waaruit zij afkomstig zijn en/of in relatie tot andere aangetroffen (mogelijke) indicatoren.*
[13] *Bij vuursteenrijke nederzettingen in holocene afzettingen zijn door een relatief snelle ‘vernatting’ of afdekking de organische resten veelal bewaard gebleven waardoor sprake is van een archeologische laag. Regelmatig zijn ook grondsporen aanwezig. Deze verschijningsvorm van vuursteen-sites valt in de categorie Nederzettingen met een archeologische laag (zie §2.5.3).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

2.5.2 Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk

Deze categorie betreft nederzettingen met zowel een vondststrooiing als een grondsporenniveau. Binnen het vondstenspectrum domineert het aardewerk, onder nattere omstandigheden kan ook een (onverkoolde) organische component aanwezig zijn. Deze sites zijn vrijwel uitsluitend bekend uit gebieden met droge omstandigheden waardoor de (onverkoolde) organische component is verdwenen. Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk komen voor vanaf globaal het Midden-Neolithicum (vroege landbouwsamenlevingen). Doorgaans bestaan ze uit een of meer huisplaatsen (zie tabel 4).
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 (oude akkerlanden met plaggendekken 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 door erosie aanzienlijk kan zijn afgenomen.[14] Hoewel slechts weinig betrouwbare vondstgegevens bekend zijn, variëren de vondstdichtheden van aardewerk-sites vermoedelijk van zeer laag tot matig-hoog (tabel 4). De indruk bestaat dat met name aardewerk-sites onder plaggendekken een (zeer) lage vondstdichtheid hebben, hoewel lokaal ook sites met een hogere vondstdichtheid voor kunnen komen.[15] Dit benadrukt het belang van verkennend booronderzoek bij de keuze van de karterende prospectiemethode: op deze wijze kan bepaald worden waar onder plaggendekken de oorspronkelijke bodem nog dermate intact is dat karterend booronderzoek zinvol is voor het opsporen van aardewerksites.
Aardewerk-sites met een zeer lage en lage vondstdichtheid zijn met booronderzoek niet goed of minder efficiënt op te sporen; proefsleuvenonderzoek (met een graafmachine) is dan de geëigende methode. Zeer intensief booronderzoek voor dergelijke aardewerksites is minder relevant omdat deze sites ook grondsporen hebben, en daardoor dus veel eenvoudiger met behulp van proefsleuven op te sporen zijn.

Aardewerk-sites met een matig-hoge vondstdichtheid zijn wel succesvol met boringen op te sporen (tabel 5). Voor het met handmatige boringen opsporen van deze sites: kies op basis van de verwachte omvang uit een van de standaardstrategieën C1-C9 (tabel 6).

Klasse	Vondstdichtheid
Matig-hoog	80-160 per m²
Laag	40-80 per m²
Zeer laag	< 40 per m²

Klasse	Omvang
Geïsoleerde huisplaats	> 500 m²
Geclusterde huisplaatsen	> 1.200 m²

Tabel 4. *Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk: overzicht van de prospectiekenmerken omvang en vondstdichtheden in discrete klassen.*

2.5.3 Nederzettingen met een archeologische laag

Een dergelijke laag ontstaat wanneer door betreding (tijdens bewoning) artefacten, bot en houtskool vermengd worden met het substraat. Onder of (in het geval van afvaldumps) nabij de archeologische laag is het grondsporenniveau meestal goed bewaard gebleven. Het betreft extractiekampen, residentiële nederzettingen of één of meer huisplaatsen uit de Steentijd tot en met de Middeleeuwen. Bij de meeste nederzettingen ligt de archeologische laag als een deken over het sporenniveau.

[14] *Groenewoudt, 1994: 143.*
[15] *Aardewerk-sites met een matig hoge vondstdichtheid zijn in gebieden met plaggendekken zeldzaam (de enkele voorbeelden komen hoofdzakelijk uit het oostelijke zandgebied en centrale zandgebied, minder vaak uit het zuidelijke zandgebied (Tol e.a., 2004).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Een archeologische laag is op grond van zijn genese onlosmakelijk verbonden met de onderliggende of aangrenzende grondsporen: samen vormen zij een archeologische site. Daarmee onderscheidt een archeologische laag zich van een akkerlaag die later op een nederzettingsterrein is aangelegd; deze akkerlaag bestaat uit verploegde resten van de site en heeft vaak een (veel) jongere ouderdom. Vaak is ook de vondstdichtheid in een akkerlaag lager door desintegratie van vondstmateriaal.
Sites met een archeologische laag komen vooral voor in (niet-erosief) afgedekte holocene of pleistocene afzettingen. 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. In holocene en pleistocene afzettingen die aan het oppervlak liggen en waarvan de top verploegd is en opgenomen in een akkerlaag, 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 5 worden standaardstrategieën gepresenteerd voor het tijdvak Steentijd-Bronstijd (met vuursteen: strategie C1 t/m C4) en het tijdvak Bronstijd- Middeleeuwen (met aardewerk: strategie D1).

Sommige afgedekte steentijd sites, zoals op oeverwallen in Flevoland (bijvoorbeeld het Swifterbant- en Eemstroomgebied), kenmerken zich door een donkergekleurde archeologische laag van houtskool, bot, stenen artefacten en eventueel ook aardewerk. Aangeploegde steentijdsites zijn eventueel met een gedetailleerde oppervlaktekartering in kaart te brengen.

	Vondstdichtheid per m²			
	zeer laag (< 40)	**laag (40-80)**	**matig-hoog (> 80)**	
Steentijd-Bronstijd	met overwegend vuursteen			Archeologische laag
zeer kleine variant (< 50 m²)	A1	A2	n.v.t.	C1
kleine variant (50-200 m²)	A3	A4	n.v.t.	C2
middelgrote variant (200-1000 m²)	A5	A6	A7	C3
grote variant (> 1000 m²)	n.v.t.	A8	A9	C4
Vanaf midden-Neolithicum	met overwegend aardewerk			Archeologische laag
Geïsoleerde huisplaats >500 m²	Proefsleuven	Proefsleuven	B1	D1
Geclusterde huisplaatsen (>1200 m²)	Proefsleuven	Proefsleuven	B2	D2

***Tabel 5**. Overzicht van standaardstrategieën per prospectiegroep. Voor toelichting op de tabel zie §2.5 en §2.6.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

M	Boorgrid	Boordiameter (minimaal)	Waarnemingstechniek
A1	2,9 x 3,4 m	proefputten	3 mm zeef
A2	2,1 x 2,4 m	20 cm	3 mm zeef
A3	6,6 x 7,6 m	proefputten	3 mm zeef
A4	4,7 x 5,4 m 4,7 x 5,4 m 3,3 x 3,8 m 2,9 x 3,4 m	20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
A5	13,2 x 15,2 m 9,3 x 10,7 m 6,6 x 7,6 m 5,9 x 6,8 m 4,7 x 5,4 m	Proefputten 20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
A6	13,2 x 15,2 m 9,3 x 10,7 m 9,3 x 10,7 m 6,6 x 7,6 m 5,9 x 6,8 m	30 cm 20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
A7	13,2 x 15,2 m 13,2 x 15,2 m 9,3 x 10,7 m 7,6 x 8,8 m	20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
A8	29,4 x 34 m 20,8 x 24 m 20,8 x 24 m 14,7 x 17 m 13,2 x 15,2 m	30 cm 20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
A9	29,4 x 34 m 29,4 x 34 m 20,8 x 24 m 17 x 19,6 m	20 cm 15 cm 12 cm 10 cm	3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef 3 mm zeef
B1	20,8 x 24 m 14,7 x 17 m 12 x 13,9 m 14,7 x 17 m 10,4 x 12 m 9,3 x 10,7 m	15 cm 12 cm 10 cm 20 cm 12 cm 10 cm	4 mm zeef 4 mm zeef 4 mm zeef brokkelen/snijden brokkelen/snijden brokkelen/snijden
B2	32,2 x 37,2 m 22,8 x 26,3 m 18,6 x 21,5 m 22,8 x 26,3 m 16,1 x 18,6 m 14,4 x 16,6 m	15 cm 12 cm 10 cm 20 cm 12 cm 10 cm	4 mm zeef 4 mm zeef 4 mm zeef brokkelen/snijden brokkelen/snijden brokkelen/snijden
C1	3,1 x 3,6 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes
C2	6,9 x 8 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes
C3	13,9 x 16 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes
C4	31 x 35,8 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes
D1	21,9 x 25,3 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

D2	34 x 39,2 m	7 cm Edelman en 3 cm guts, of aqualock	Boormes

***Tabel 6**. Overzicht van de kenmerken van de standaard boorstrategieën. Voor toelichting op de tabel zie §2.6.*

2.6 Toelichting op tabellen 4, 6, 7 en 8

Bij het bepalen van de standaardboorstrategieën is gebruik gemaakt van het stappenplan uit §2.4. 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 3). Daar staat tegenover dat het risico op toevalsvondsten later in het traject zal afnemen. Vanwege het effect van de verminderde meeropbrengst wordt een opsporingskans van respectievelijk 0,75 (vondststrooiing) en 0,9 (archeologische laag) als voldoende betrouwbare ondergrens beschouwd.

Vindkans (2a)
Bij het berekenen van de vindkans voor sites met een vondststrooiing is voor de verschillende vondstdichtheidscategorieën uitgegaan van de volgende waarde voor d (vondstdichtheid per m²):

- Zeer laag (< 40 per m²): 25
- Laag (40-80 per m²): 40
- Matig-hoog (>80 per m²): 80

Minimaal aantal boringen (formule 4)
Voor sites met een vindkans <1 (sites met een vondststrooiing) is het minimale aantal boringen dat nodig is om deze op te sporen berekend aan de hand van formule 4. De uitkomst van deze berekening is vervolgens naar boven afgerond. Aangezien een boring een discrete eenheid is, zijn fracties van boringen (bijvoorbeeld 3,1) niet uitvoerbaar. Wanneer de formule bijvoorbeeld een uitkomst geeft van n = 3,1, n = 3,9 of n = 6,02, zijn respectievelijk minimaal 4, 4 en 7 boringen vereist om de beoogde opsporingskans te realiseren.

Boorgrid
In principe worden sites het efficiëntst opgespoord met een gelijkzijdig driehoeksgrid. In de vorige versies van de Leidraad, toen bij het overgrote deel van prospectieonderzoek het boorgrid nog steeds met meetlinten werd uitgezet, is bij de standaardboorstrategieën gewerkt met een gelijkbenig boorgrid en maten van hele meters. Omdat boorgrids inmiddels hoofdzakelijk met GPS worden uitgezet, worden in deze versie bij de standaardstrategieën gelijkzijdige driehoeksgrids gehanteerd. Voor de corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids met hele maten zie tabel 7.
Bij het berekenen van het boorgrid is voor de omvang van de sites uitgegaan van de ondergrens van de betreffende groottecategorie.[16] Bij de categorie <50 m² is uitgegaan van een omvang van 10 m².

Waarnemingstechniek
De vondststrooiing bestaat meestal uit sterk gefragmenteerd materiaal. Vuursteensites (zonder grondsporen en archeologische laag) zijn bij booronderzoek/proefputten alleen door het zeven van de verzamelde grond effectief op te sporen. Hierbij is een zeefmaaswijdte van 3 mm aangehouden.[17]

---

[16] In de 2012-versie van de KNA-Leidraad waren de boorgrids van de standaardstrategieën voor vuursteensites gebaseerd op de minimale vindplaatsgrootte en die van de aardewerksites en sites met een archeologische laag op de gemiddelde vindplaatsgrootte. In onderhavige geactualiseerde versie is ook voor de berekening van de boorgrids van de aardewerksites en sites met een archeologische laag de minimale vindplaatsgrootte als uitgangspunt genomen, in lijn met de benadering voor vuursteensites. Hierdoor zijn deze intensiever dan de boorgrids in de KNA-Leidraad 2012.
[17] 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. Verder is het de vraag of alle artefacten met een dergelijke geringe omvang wel herkend worden, en is zeven op 1 mm niet in alle bodemtypen uitvoerbaar (Tol e.a., 2004: 75-76; Bats, 2007; Verhagen e.a., 2011: 29-30).

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Voor het verkrijgen van een voldoende hoge waarnemingskans bij het opsporen van vindplaatsen met een strooiing van overwegend aardewerk (zonder archeologische laag) door middel van karterend booronderzoek, volstaat zeven over een zeef met een 4 mm maaswijdte. Het zeven over een kleinere maaswijdte heeft voor (handgevormd) aardewerk een zeer gering effect op het verhogen van de waarnemingskans (zie §3.2.3), en draagt daarom nauwelijks bij aan een effectievere prospectie.
In situaties waarin zeven vanwege zware grond arbeidsintensief is (bij klei, zavel of löss), kan bij aardewerk-sites gekozen worden voor een alternatieve methode met als waarnemingstechniek snijden/verbrokkelen waarbij het aantal boringen is verdubbeld. Bij sites met een vondststrooiing van aardewerk zijn daarom steeds twee opties weergegeven: hoge waarnemingskans (zeven) en lage waarnemingskans (snijden/brokkelen).
NB. Bij het opsporen van vuursteensites (zonder grondsporen en zonder archeologische laag) zijn snijden en verbrokkelen echter geen geschikte waarnemingstechnieken. Vuursteensites kenmerken zich veelal door een (zeer) lage vondstdichtheid en een hoge fragmentatiegraad waardoor zeven de meest geschikte optie is (Verhagen e.a., 2011).

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

3. Grondslagen 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 boorstrategie (zie kader). Door de strategie af te stemmen op de prospectiekenmerken van een site kan een statistisch betrouwbare boorprospectie worden bereikt: een boorstrategie 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)

Boorstrategie:
- 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)

3.2 Het opsporen van archeologische sites: een rekenmodel

3.2.1 Inleiding

De theoretische grondslag voor het opzetten van archeologische prospectie is al in de jaren 80 van de 20e eeuw uitgebreid besproken in vooral Amerikaanse literatuur. Oorspronkelijk zijn deze grondslagen opgesteld voor *shovel-test pit sampling* (*shovel-test* pits zijn proefputten met een omvang van maximaal 1x1 m), maar de principes zijn ook toepasbaar op boorprospectie. In verschillende publicaties over de statistische aspecten van prospectief onderzoek wordt de terminologie van Krakker e.a. (1983) gebruikt.[18] 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' proefput of boring worden aangetroffen.
Door middel van een rekenmodel kunnen de effecten van verschillende boorstrategieën 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 willekeurige (*random*) vondstverspreiding binnen de site. De 'archeologische werkelijkheid' is vanzelfsprekend veel gecompliceerder. Zo beslaat

[18] *Een goed overzicht van de discussie en de relevante publicaties is te vinden in Zeidler (1995), Orton (2000) en Banning (2002). In Nederland is voor het eerst in het proefschrift van Groenewoudt (1994) aandacht aan het onderwerp besteed, en daarna door Tol e.a. (2004), Verhagen en Borsboom (2009) en Verhagen e.a. (2011). Buiten Nederland is er verder weinig aandacht voor het onderwerp geweest, met uitzondering van de studie in Australië door Way en Tabbrett (2018).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

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 (zie Verhagen e.a., 2011).

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). 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.

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

Formule 1.

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

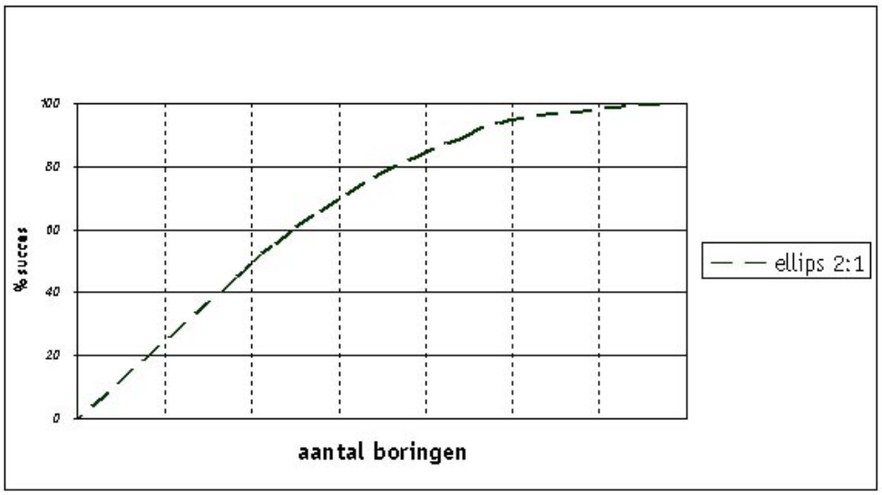
Waarbij:

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)

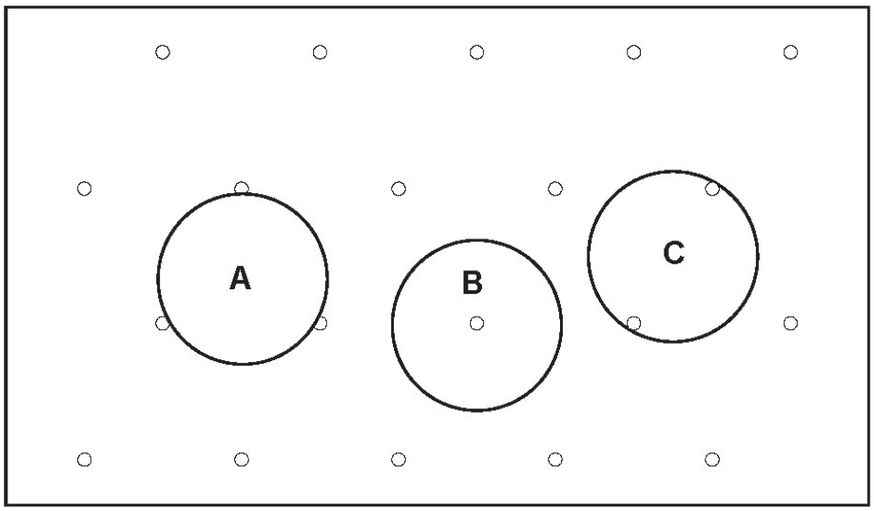
Hierbij wordt er dus expliciet van uit gegaan dat het treffen van de site ook automatisch leidt tot opsporing, wat niet altijd het geval is (zie verder §3.2.3 en § 3.2.4 voor de discussie over de vindkans en opsporingskans).
Formule 1 geeft *niet* de kans dat een site wel of niet wordt geraakt door een 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 site – T gelijk is aan de trefkans. In alle andere gevallen moet de trefkans op een andere wijze 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.

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen



Figuur 1. *Het aantal boringen dat in een cirkelvormige 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).*

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://vsp.pnnl.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

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

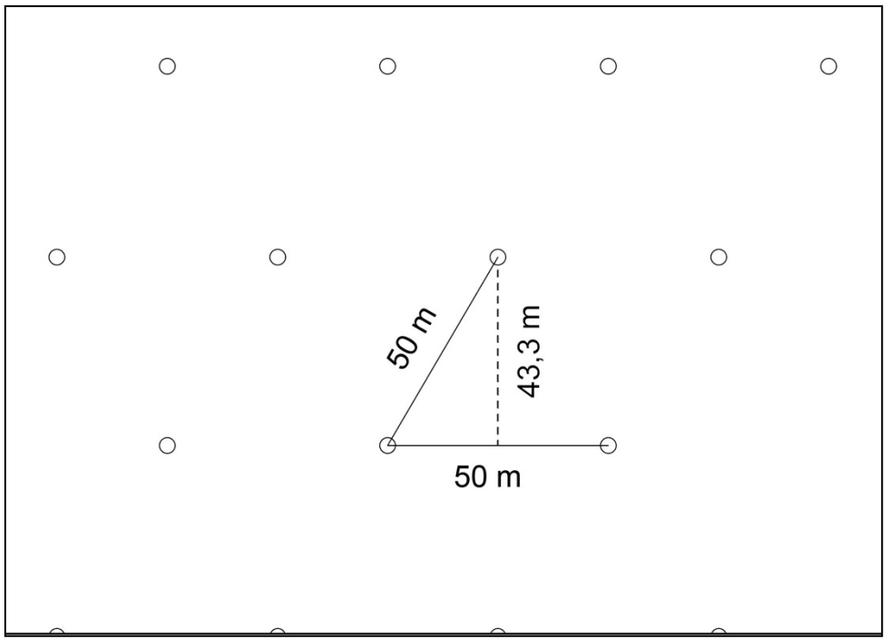
boringen. Daarboven moeten verhoudingsgewijs steeds meer boringen gezet worden om een afname van de miskans te realiseren. Om 100% zekerheid te hebben dat een site niet meer gemist kan worden, moet T verhoogd worden: bij cirkelvormige sites tot T=1,21 en bij elliptische sites (verhouding korte/lange 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 moet worden om de site op te sporen.

Driehoeksgrid

Het is gebleken dat in vrijwel alle gevallen het gebruik van een gelijkzijdig driehoeksgrid de meest efficiënte gridvorm is, omdat het met eenzelfde aantal boringen de hoogste trefkans garandeert. Bij een gelijkzijdig driehoeksgrid kunnen tussen de boorpunten driehoeken wordt getekend, die aan alle zijden even lang zijn. Dit betekent dat:

- de boorpunten op de raaien verspringen ten opzichten van de naastgelegen raaien met een afstand die gelijk is aan de halve boorpuntsafstand;
- de afstand tussen de raaien gelijk is aan $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ (=0,866) maal de boorpuntsafstand op de raaien.

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 als bij het uitzetten gebruik wordt gemaakt van landmeetkundige instrumenten (*Total Station* of *GPS*). Als een boorgrid met de hand wordt uitgezet, is een gelijkzijdig driehoeksgrid niet werkbaar; in dat geval moet gewerkt worden met een gelijkbenig driehoeksgrid.[19] Het gelijkzijdig driehoeksgrid 43,3 x 50 m wordt dan het gelijkbenig driehoeksgrid 40 x 50 m.
In tabel 7 zijn voor een aantal gelijkzijdige driehoeksgridconfiguraties de corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids gegeven. Ook is per grid voor verschillende trefkansen de minimaal te treffen cirkelvormige site-oppervlakte aangegeven.



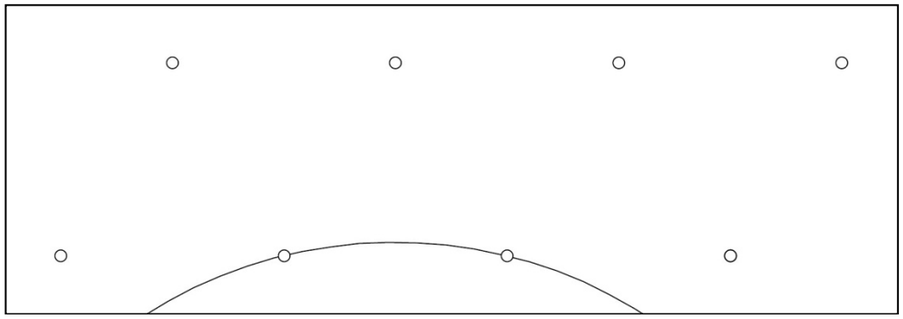
Figuur 3. *Een gelijkzijdig driehoeksgrid met een afstand tussen de boringen van 50 m*

[19] Een gelijkbenig driehoeksgrid is met behulp van de stelling van Pythagoras eenvoudig met meetlinten uit te zetten in het veld.

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Parallelle 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 (parallelle) 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.



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

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.

Gelijkzijdig driehoeksgrid		**Gelijkbenig driehoeksgrid**		**Minimale omvang van de opgespoorde sites (A in m²)**		
s	i	S	i	T=0,5	T=0,75	T=0,9
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 7. *Gelijkzijdige driehoeksgrids en corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids, met (voor verschillende trefkansen) de minimale omvang van de opgespoorde sites bij gebruikmaking van een gelijkzijdig grid. Voor een gelijkbenig grid is de trefkansformule (Formule 1) ook van toepassing, maar dit leidt tot een iets andere uitkomst.*
s = afstand tussen de boorraaien; I = afstand tussen de boorpunten op de raai.

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

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 als volgt berekend worden:

$$V = 1 - p(0)$$

Formule 2.

waarbij:
V = vindkans
p(0) = de kans dat er géén enkele vondst wordt gedaan.

Door 1 te verminderen met deze kans verkrijg je de kans dat er wél ten minste één vondst wordt gedaan.

Er zijn verschillende methodes om p(0) te berekenen. Deze methodes hangen samen met de aard van de spreiding van het vondstmateriaal.

De meest gebruikte methode veronderstelt dat de spreiding van het vondstmateriaal willekeurig (*random*) is. De vindkans kan in dat geval worden berekend aan de hand van formule 2a (zie Stone, 1981; Krakker e.a., 1983), waarbij p(0) bepaald wordt met behulp van een Poissonverdeling:

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

Formule 2a.

waarbij:
e = de basis van natuurlijke logaritmen (≈ 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).[20] 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.

Effect van clustering
Zoals gezegd gaat formule 2a uit van een willekeurige spreiding van vondsten binnen een site. Deze aanname blijkt in de praktijk echter niet correct, vondstmateriaal is vrijwel altijd geclusterd, en de dichtheid in het centrum van een site is vaak hoger dan die in de periferie. Verhagen e.a. (2011) hebben het effect van clustering onderzocht door simulaties van verschillende boorstrategieën op een selectie van opgegraven Steentijdsites. Zij tonen aan dat clustering van vondsten de vindkans duidelijk vermindert, in de orde van 0 tot 12,5% voor de onderzochte sites. Het effect van clustering op de vindkans is echter niet met behulp van een eenvoudige formule te kwantificeren, ook omdat de mate van clustering per site sterk kan variëren. Formule 2a moet daarom in de praktijk worden gezien als een model dat alleen bruikbaar is voor het bepalen van de vindkans van de minimale vondstdichtheid in plaats van het gemiddelde over een site.

[20] *De monsteroppervlakte van een boorgat is eenvoudig te berekenen met behulp van de formule πr^2, waarbij $\pi \approx 3{,}1416$ en r = de straal van de boor (straal is de helft van de diameter).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Smith en Hogestijn (2013) hebben laten zien dat de vindkans van vuursteenclusters beter berekend kan worden met behulp van een negatief binomiale verdeling. Deze verdeling kent twee parameters: (1) de gemiddelde vondstdichtheid, en (2) de mate van clustering (zie ook Verhagen e.a., 2011). Indien ook informatie over de mate van clustering beschikbaar is, dan kan dus beter met deze methode worden gewerkt.

De mate van clustering wordt uitgedrukt met de zogenaamde k-parameter. Hoe lager deze k-parameter, des te sterker is de mate van clustering. Bij hoge k-waarden (>2, dus weinig clustering) zal de negatief binomiale verdeling de Poissonverdeling benaderen.

De k-parameter wordt als volgt berekend:

$$k = \frac{\bar{x}^2}{s2 - \bar{x}}$$

Formule 2b.

Waarbij:

k = de mate van clustering;
$\bar{x}$ = de gemiddelde vondstdichtheid (in aantal artefacten per oppervlakte-eenheid);
s^2 = de variantie van de vondstdichtheid.

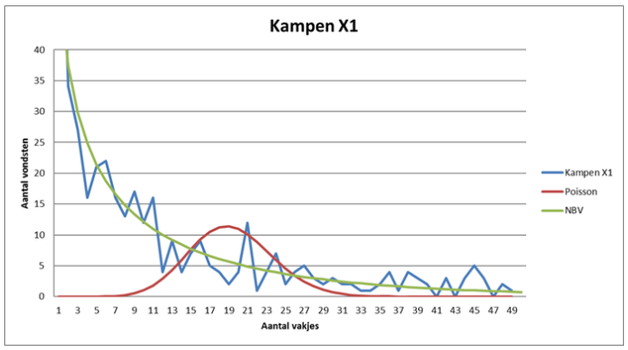
De formule voor het berekenen van de vindkans is vervolgens (Kintigh, 1988):

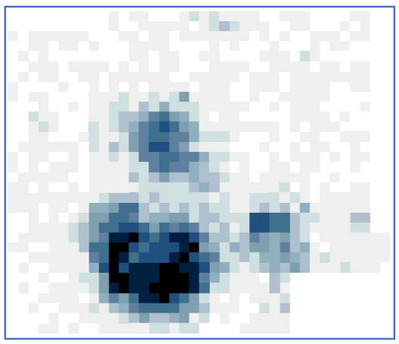
$$V = 1 - \left[\frac{k}{k + \lambda}\right]^k$$

Formule 2c.

Waarbij:

V = vindkans;
k = de mate van clustering;
λ = het verwachte aantal vondsten per testeenheid.





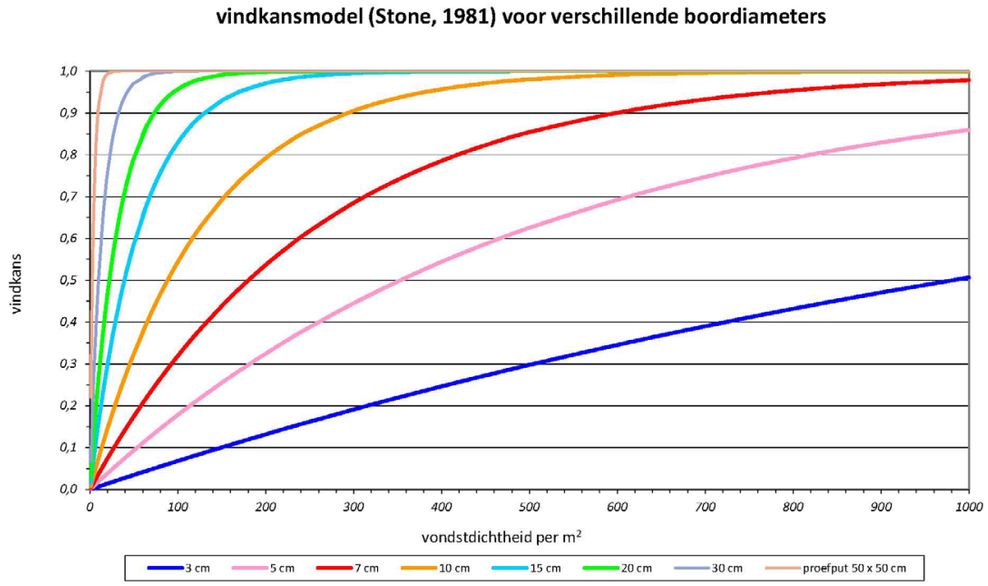
Figuur 5. *Vergelijking aantal vuursteen per opgravingsvak voor Kampen X1 (blauw; Geerts e.a., 2019) en de Poissonverdeling (rood) en de negatief binomiale verdeling (groen).*

Schaalafhankelijkheid
Bij het berekenen van de gemiddelde vondstdichtheid en de mate van clustering moet altijd rekening worden gehouden met zogenaamde schaalafhankelijkheid. De geselecteerde oppervlakte van een

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

site (A) bijvoorbeeld beïnvloedt direct de resultaten: een ruimere afbakening van een site of vondstcluster zal resulteren in een lagere gemiddelde vondstdichtheid, terwijl een kleinere afbakening de dichtheid toenemen. Op eenzelfde wijze fluctueert de mate van clustering. Deze schaalafhankelijkheid moet worden erkend als een methodologische kanttekening die inherent is aan het definiëren van de prospectiekenmerken van sites.

Vondstdichtheid en oppervlakte testeenheid
Een eerste inschatting van het succes van boorprospectie kan worden gemaakt aan de hand van figuur 6 en tabel 8 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. Daarbij geldt dat vanaf 12 cm (klei en zavel) en 15 cm (zand) om ergonomische redenen moet worden overgegaan op een mechanische boorwijze. De hierbij gehanteerde boordiameters bedragen maximaal 20 cm en 30 cm. Grotere, rendabel in te zetten boordiameters zijn er momenteel niet. 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 er, zoals eerder aangetekend, 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.
Een andere manier om de oppervlakte van de testeenheid te vergoten is door het gebruik van proefputten (minimaal 0,5 x 0,5 m).



Figuur 6. *Vindkans en vondstdichtheid tegen elkaar uitgezet voor verschillende boordiameters (volgens formule 2a).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

3.2.4 Waarnemingskans

Tijdens prospectief booronderzoek wordt een boorkolom onderzocht op de aan- of afwezigheid 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. 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).

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

	3 cm	5 cm	6 cm	7 cm	10 cm	12 cm	14 cm	15 cm	20 cm	30 cm	proefput 50 x 50 cm
1	0,00071	0,00196	0,00282	0,00384	0,00782	0,01125	0,01528	0,01752	0,03093	0,06825	0,22120
2	0,00141	0,00392	0,00564	0,00767	0,01559	0,02237	0,03032	0,03473	0,06090	0,13183	0,39347
3	0,00212	0,00587	0,00845	0,01148	0,02329	0,03336	0,04513	0,05163	0,08994	0,19108	0,52763
4	0,00282	0,00782	0,01125	0,01528	0,03093	0,04423	0,05972	0,06825	0,11809	0,24629	0,63212
5	0,00353	0,00977	0,01404	0,01906	0,03851	0,05498	0,07408	0,08457	0,14536	0,29772	0,71350
6	0,00423	0,01171	0,01682	0,02283	0,04603	0,06561	0,08823	0,10060	0,17180	0,34565	0,77687
7	0,00494	0,01365	0,01960	0,02658	0,05349	0,07612	0,10215	0,11636	0,19741	0,39031	0,82623
8	0,00564	0,01559	0,02237	0,03032	0,06090	0,08651	0,11587	0,13183	0,22223	0,43192	0,86466
9	0,00634	0,01752	0,02513	0,03404	0,06825	0,09678	0,12938	0,14704	0,24629	0,47069	0,89460
10	0,00704	0,01944	0,02788	0,03775	0,07553	0,10694	0,14267	0,16198	0,26960	0,50681	0,91792
15	0,01055	0,02902	0,04152	0,05609	0,11113	0,15604	0,20619	0,23285	0,37577	0,65364	0,97648
16	0,01125	0,03093	0,04423	0,05972	0,11809	0,16553	0,21831	0,24629	0,39508	0,67728	0,98168
18	0,01264	0,03473	0,04962	0,06693	0,13183	0,18419	0,24201	0,27246	0,43192	0,71983	0,98889
20	0,01404	0,03851	0,05498	0,07408	0,14536	0,20244	0,26499	0,29772	0,46651	0,75676	0,99326
25	0,01752	0,04790	0,06825	0,09173	0,17828	0,24629	0,31944	0,35711	0,54406	0,82918	0,99807
30	0,02098	0,05720	0,08133	0,10904	0,20992	0,28773	0,36986	0,41148	0,61034	0,88004	0,99945
32	0,02237	0,06090	0,08651	0,11587	0,22223	0,30366	0,38897	0,43192	0,63407	0,89585	0,99966
35	0,02444	0,06641	0,09422	0,12602	0,24034	0,32689	0,41654	0,46125	0,66698	0,91575	0,99984
40	0,02788	0,07553	0,10694	0,14267	0,26960	0,36389	0,45977	0,50681	0,71539	0,94084	0,99995
45	0,03131	0,08457	0,11947	0,15901	0,29772	0,39887	0,49979	0,54852	0,75676	0,95845	0,99999
48	0,03336	0,08994	0,12691	0,16867	0,31408	0,41892	0,52236	0,57183	0,77864	0,96639	0,99999
50	0,03473	0,09351	0,13183	0,17504	0,32477	0,43192	0,53684	0,58670	0,79212	0,97082	1,00000
65	0,04491	0,11982	0,16788	0,22132	0,39981	0,52056	0,63234	0,68293	0,87024	0,98989	1,00000
60	0,04152	0,11113	0,15604	0,20619	0,37577	0,49267	0,60292	0,65364	0,84816	0,98561	1,00000
70	0,04828	0,12842	0,17956	0,23616	0,42292	0,54692	0,65958	0,70975	0,88910	0,99290	1,00000
80	0,05498	0,14536	0,20244	0,26499	0,46651	0,59537	0,70815	0,75676	0,91900	0,99650	1,00000
90	0,06164	0,16198	0,22467	0,29274	0,50681	0,63864	0,74979	0,79616	0,94084	0,99827	1,00000
100	0,06825	0,17828	0,24629	0,31944	0,54406	0,67728	0,78549	0,82918	0,95679	0,99915	1,00000
110	0,07481	0,19425	0,26730	0,34514	0,57850	0,71179	0,81609	0,85685	0,96844	0,99958	1,00000
125	0,08457	0,21764	0,29772	0,38187	0,62534	0,75676	0,85401	0,89018	0,98030	0,99985	1,00000
150	0,10060	0,25511	0,34565	0,43857	0,69214	0,81667	0,90065	0,92940	0,99102	0,99998	1,00000
155	0,10377	0,26239	0,35484	0,44927	0,70399	0,82675	0,90801	0,93537	0,99232	0,99998	1,00000
167	0,11134	0,27957	0,37636	0,47412	0,73062	0,84874	0,92352	0,94772	0,99473	0,99999	1,00000
175	0,11636	0,29080	0,39031	0,49007	0,74702	0,86182	0,93238	0,95461	0,99590	1,00000	1,00000
200	0,13183	0,32477	0,43192	0,53684	0,79212	0,89585	0,95398	0,97082	0,99813	1,00000	1,00000
225	0,14704	0,35711	0,47069	0,57933	0,82918	0,92150	0,96868	0,98124	0,99915	1,00000	1,00000
250	0,16198	0,38791	0,50681	0,61792	0,85963	0,94084	0,97869	0,98794	0,99961	1,00000	1,00000
300	0,19108	0,44515	0,57183	0,68480	0,90522	0,96639	0,99013	0,99502	0,99992	1,00000	1,00000
350	0,21917	0,49703	0,62828	0,73997	0,93600	0,98091	0,99543	0,99794	0,99998	1,00000	1,00000
400	0,24629	0,54406	0,67728	0,78549	0,95679	0,98915	0,99788	0,99915	1,00000	1,00000	1,00000
450	0,27246	0,58670	0,71983	0,82303	0,97082	0,99384	0,99902	0,99965	1,00000	1,00000	1,00000
500	0,29772	0,62534	0,75676	0,85401	0,98030	0,99650	0,99955	0,99985	1,00000	1,00000	1,00000
600	0,34565	0,69214	0,81667	0,90065	0,99102	0,99887	0,99990	0,99998	1,00000	1,00000	1,00000
700	0,39031	0,74702	0,86182	0,93238	0,99590	0,99964	0,99998	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
800	0,43192	0,79212	0,89585	0,95398	0,99813	0,99988	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
900	0,47069	0,82918	0,92150	0,96868	0,99915	0,99996	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
1000	0,50681	0,85963	0,94084	0,97869	0,99961	0,99999	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Tabel 8. *Vindkans voor verschillende combinaties van vondstdichtheid (in aantal vondsten per m²) en boordiameter (in cm's) volgens formule 2. De waarnemingskans is hierbij buiten beschouwing gelaten.*

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

Waarnemingskans bij verschillende typen indicatoren
Voor *fosfaat, houtskool* en een *archeologische laag* geldt een waarnemingskans van 100% als gebruik wordt gemaakt van de methode van het 'snijden' van het opgeboorde sediment met behulp van een boormes en het visueel inspecteren van het snijvlak:

- *Archeologische laag*. In hoofdstuk 3 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 die 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 is het karteren van het 'zichtbare' fosfaat nog steeds dominant binnen de prospectiearcheologie in Nederland. Inmiddels zijn er echter fosfaattesten en totaalanalyses op de markt waarmee ook het 'onzichtbaar' fosfaat (en bij totaalanalyses ook andere elementen die ook inzicht geeft in 'onnatuurlijke' aanrijking) op een relatief eenvoudige wijze is op te sporen.

- *Houtskool*. Uit de praktijk is bekend dat indien een boorkern met behulp van een boormes wordt onderzocht, zelfs bijzonder kleine partikels houtskool door het 'uitsmeren' als zwarte vegen herkenbaar zijn. Houtskool op zichzelf is niet meer dan een mogelijk-antropogeen object: het kan een aanwijzing zijn voor een site in de nabijheid, maar ook van natuurlijke oorsprong zijn. Om die reden kan het zinvol zijn om 'op het oog' houtskoolrijke lagen te bemonsteren en dit monster te zeven met een zeef met een 1 mm maaswijdte. Hierdoor kunnen ook verkoolde cultuurgewassen of cultuurbegeleiders in beeld komen, die wel een evident antropogene oorsprong hebben.

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 met betrekking tot de categorieën aardewerk, vuursteen en natuursteen de volgende algemene conclusies worden geformuleerd (Groenewoudt, 1994; Kok, 1993; Deeben, 1995 en 1996):

- Het verbrokkelen van sediment en snijden van sediment met boormes is een weinig nauwkeurige waarnemingsmethode. Waarschijnlijk wordt met deze methode hooguit 50% van de artefacten en mogelijk-antropogene objecten waargenomen die daadwerkelijk in de boorkern aanwezig zijn.

- 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 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 (zeer)lage vondstdichtheid en een hoge fragmentatiegraad kan gekozen worden voor het zeven van opgeboorde grond met een kleine maaswijdte om tot een voldoende waarnemingskans te komen (75% of meer).

- De toepassing van fijnmazige zeven (1-2 mm) is arbeidsintensiever dan iets grover zeven (3-5 mm) (Tol e.a., 2004: 76-77). Als de vondstdichtheid hoog is, kan het efficiënter zijn te kiezen voor het gebruik van een 3- of 4-mm-zeef. Bij nederzettingen met een vondststrooiing

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

van aardewerk en een hoge vondstdichtheid en een lage fragmentatiegraad volstaan in de regel het ‘verbrokkelen van het sediment’ en ‘snijden met boormes’ (zie tabel 10). Voor het opsporen van steentijdsites is verbrokkelen nooit een geschikte methode vanwege de hoge fragmentatiegraad van het vuursteen, waardoor de waarneming richting 0 gaat (zie onder).

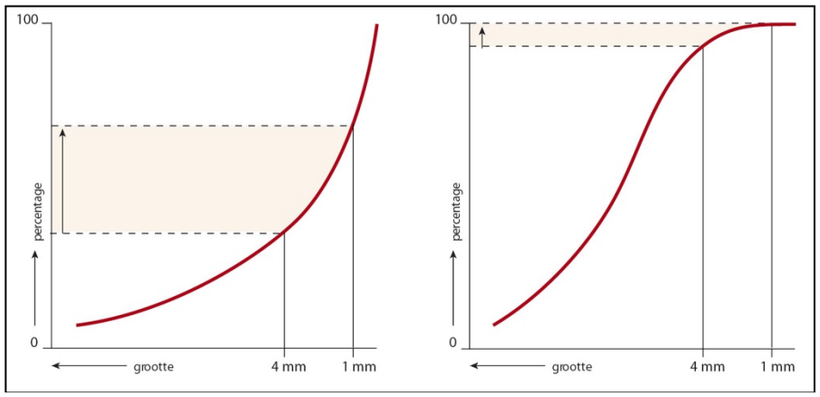
- Bij zware sedimenten (klei, zavel, löss) is zeven vaak een relatief arbeidsintensieve optie. Bij het opsporen van nederzettingen met een strooiing van overwegend aardewerk (zonder archeologische laag) kan het efficiënter zijn om de eenvoudige waarnemingsmethoden (snijden, verbrokkelen) toe te passen en de lage waarnemingskans van deze methoden te compenseren door minimaal de oppervlakte van de testeenheid te verdubbelen (grotere boordiameter/meer boringen). Bij het opsporen van vuursteensites (zonder archeologische laag) moet echter altijd gezeefd worden. Vuursteensites kenmerken zich veelal door een (zeer) lage vondstdichtheid en een hoge fragmentatiegraad (Verhagen e.a., 2011). Snijden en verbrokkelen zijn in dat geval onvoldoende betrouwbare waarnemingsmethoden.

- 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 7). De waarnemingskans van vuursteen zal bij een toenemende waarnemingsintensiteit meer dan evenredig stijgen. Dit wordt bevestigd door de resultaten van het onderzoek door Verhagen e.a. (2011). Dit pleit voor het hanteren van kleine maaswijdtes bij de prospectie van vuursteensites. Voorgesteld wordt om hierbij 3 mm als kleinste zeefmaaswijdte aan te houden. Het gebruik van een maaswijdte van 1 mm zorgt weliswaar voor een grotere vondstdichtheid van de op te sporen sites, maar heeft als nadeel dat de macroscopische herkenbaarheid van de artefacten sterk afneemt. Ook is in het niet in alle bodemtypen mogelijk om op 1 mm te zeven (Verhagen e.a., 2011).

- Bij sites waar handgevormd aardewerk overheerst, lijkt sprake te zijn van een afgeplatte curve: de allerkleinste fragmentatieklassen lijken verhoudingsgewijs van minder belang (figuur 7). 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 bepaalde bodems volledig desintegreert.[21] Een andere mogelijkheid is dat de kleinste fractie niet meer als aardewerk herkenbaar is. Dit leidt tot de conclusie dat bij handgevormd aardewerk alleen verbrokkelen/snijden (bij vindplaatsen met een hoge vondstdichtheid) en zeven met een maaswijdte van 4 mm (bij vindplaatsen met een lage vondstdichtheid) relevante waarnemingstechnieken zijn.

[21] *Het gaat om klei en siltrijke gronden waar dicht aan het oppervlak gelegen, klein aardewerk desintegreert door churning, een mechanisch degradatieproces als gevolg van zwel en krimp (mond. med. W. van Zijverden).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen



Figuur 7. *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 (bijvoorbeeld 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).*

Aard vondst	Waarnemingskans
Artefacten	
Aardewerk, bewerkt vuursteen, puin, glas, verbrand bot, bewerkt natuursteen, (aangepunt) hout, etc.	afhankelijk van waarnemingstechniek, fragmentatiegraad en vondstdichtheid
Mogelijk-antropogene objecten	
Onverbrand bot, (onbewerkt) natuursteen	afhankelijk van waarnemingstechniek, fragmentatiegraad en vondstdichtheid
Houtskool	100%
Fosfaat (zichtbaar)	100%
Archeologische laag	100%

Tabel 9. *Overzicht van artefacten en andere archeologische variabelen, en de factoren die van invloed zijn op hun waarnemingskans.*

Vondstdichtheid:	Laag	Hoog
Fragmentatiegraad		
Laag	Zeven met grote maaswijdte	Verbrokkelen/boormes
Hoog	Zeven met kleine maaswijdte	Zeven met grote maaswijdte

Tabel 10. *Gefragmenteerd vondstmateriaal: optimale waarnemingstechniek voor verschillende combinaties van vondstdichtheden en fragmentatiegraden.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

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 3 of 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 prospectie-archeologie op kleinere schaal aangewend:

- bodemmicromorfologisch onderzoek
- fosfaatanalyse
- XRF-analyse
- Macroresten-onderzoek
- microscopisch onderzoek naar hout, isotopen, mollusken, diatomeeën, ostracoden, foraminiferen, arthropoden, chironomiden, coleoptera

3.2.5 Opsporingskans

Voor het bepalen van de opsporingskans van een site moet onderscheid worden gemaakt tussen het opsporen van sites met een vindkans van 1, en sites met een vindkans kleiner dan 1.[22]
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 afhankelijk van het aantal boringen dat naar verwachting in een site wordt gezet en de vindkans (zie formule 3).

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

Formule 3.

Waarbij:
P = opsporingskans
n = aantal boringen (in de site)
x = aantal succesvolle boringen met een vondst, waarbij x in dit geval dus 0 moet zijn
V = vindkans

[22] *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*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

In het speciale geval waarbij x=0, dus dat alle boringen leeg zijn, kan de formule vereenvoudigd worden tot (Smith, 2013):

$$P = 1 - p(0)^n$$

Formule 3a.

Merk op dat *n* in dit geval verwijst naar het aantal rake boringen in een site, en *n* dus gelijkgesteld kan worden aan trefkans T. In dat geval mag de formule ook geschreven worden als:

$$P = 1 - p(0)^T$$

Formule 3b.

Voor het berekenen van *p*(0) mogen de rekenmethodes van formule 2a en 2c gebruikt worden, afhankelijk van de aard van de spreiding van het vondstmateriaal.

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 proefput) 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 (bijvoorbeeld het gebruik van een fijnmaziger zeef). Het vergroten van de boordiameter en het verkleinen van de maaswijdte kan echter niet onbeperkt doorgaan. Zo is de maximale boordiameters van de rendabele machines 20 cm of 30 cm is, en is het voor het opsporen van artefacten middels zeven niet zinvol om maaswijdtes kleiner dan 1 mm te hanteren. In dat geval kan ook hier door het verhogen van het aantal boringen of de inzet van proefputten een verbetering van de opsporingskans worden gerealiseerd.

Proefputten
Uit tabel 8 is duidelijk dat voor sites met zeer lage vondstdichtheden (15 - 40 artefacten per m^2) bij het gebruik van grote diameters (20 cm en 30 cm) de vindkans nog redelijk is, maar bij vondstdichtheden van < 15 artefacten per m² ook deze boordiameters niet meer voldoen. In dergelijke gevallen is een verdere vergroting van het monstervolume – en dus een vergroting van de vindkans – ook te bereiken door het graven van proefputten (in combinatie met het zeven van de uitgegraven grond over een 3-mm-zeef). Deze zullen in de praktijk een omvang van minimaal 50x50 cm hebben, waardoor het monsteroppervlak vergroot wordt van 314 cm² (20–cm-boor) of 707 cm^2 (30-cm-boor) naar 2.500 cm^2, ofwel bijna achtmaal zo groot respectievelijk 3,5 maal zo groot. Bij een dergelijk monsteroppervlak is ook bij zeer lage vondstdichtheden (10 - 40 artefacten per m2) de vindkans vrijwel gelijk aan 1. In dat geval is de opsporingskans van archeologische sites gelijk te stellen aan de trefkans, en speelt alleen nog de verwachte omvang van de site een rol bij het bepalen van de juiste opsporingsstrategie. De onderlinge afstand tussen de proefputten is dan bepalend voor de opsporingskans (zie hieronder).[23]
Proefputten worden handmatig of machinaal, dan wel door middel van een combinatie van beide onderzocht. De keuze tussen deze technieken is afhankelijk van de diepteligging en de te zeven laag of lagen.

[23] *Conform de KNA valt het graven van proefputten onder het graven van proefsleuven (zie KNA 4.1, protocol 4003 op pag. 6, §1.3 en processtap 2.2 van §3.3 Deelproces 2: Uitvoeren veldwerk IVO-P). Voor de uitvoering van proefputten g daarom altijd de KNA eisen in het protocol 4003 van toepassing.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Het kiezen van de vereiste opsporingskans
Voordat een karterende boormethode kan worden opgesteld, moet – in overleg met de bevoegde overheid en de initiatiefnemer – eerst de vereiste opsporingskans worden vastgesteld. Hierbij moet gestreefd worden naar een 100% opsporingskans, maar kan op grond van proportionaliteits- en subsidiariteitsbeginsel een lagere opsporingskans door het bevoegd gezag acceptabel gevonden worden. Bij de trefkans en dus ook de opsporingskans is namelijk 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 opsporingskans moeten de meeste extra kosten gemaakt worden, waarbij in sommige gevallen de vraag gesteld kan worden of deze extra kosten nog opwegen tegen de te verwachten opsporingswinst.
In deze Leidraad wordt voorgesteld om als ondergrens 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 efficiënte 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 prospectie-kenmerken 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 proefputten dient dezelfde formule te worden gehanteerd.

	Vindkans	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95
Opsporingskans	0.5	4	2	2	1	1	1	1	1	1
	0.6	5	3	2	2	1	1	1	1	1
	0.7	6	4	3	2	2	1	1	1	1
	0.75	7	4	3	2	2	2	1	1	1
	0.8	8	5	4	3	2	2	1	1	1
	0.9	11	7	5	4	3	2	2	1	1
	0.95	14	9	6	5	4	3	2	2	1

Tabel 11. *Het benodigde aantal boringen (in de site) op basis van de verwachte vindkans en de gewenste opsporingskans.*

Voor sites met een vindkans < 1 geldt formule 4 (Smith, 2013):

$$n = \frac{\log(1-P)}{\log(1-V)}$$

Formule 4.

Waarbij:
n = het aantal benodigde boringen in de site;
P = opsporingskans;
V = vindkans.

Met formule 4 kan aan de hand van de verwachte vindkans (*V*) en de vereiste opsporingskans (*P*) het benodigde aantal boringen bepaald worden. De waarde van *n* geeft dan het minimaal benodigde aantal boringen.

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Uit formule 4 blijkt bijvoorbeeld dat met een vindkans van 0,2 en een opsporingskans van 0,75 minimaal 7 boringen nodig zijn om de site op te sporen. Bij een vindkans van 0,5 zijn dit er 2 en bij een vindkans van 0,8 logischerwijze maar 1 (zie tabel 12).

Dit minimumaantal (*n*) moet vervolgens worden vertaald naar een boorgrid dat de benodigde trefkans garandeert. Hiervoor kan formule 5 worden gebruikt:

$$i = \sqrt{\frac{2A}{\sqrt{3} * n}}$$

Formule 5.

Waarbij *A* de verwachte omvang van de site is, *n* het minimale aantal boringen dat nodig is voor de vereiste opsporingskans, en i de boorpuntafstand binnen een gelijkzijdig boorgrid.

Voorbeeld: De verwachte vondstdichtheid is 22 vondsten per m² en de verwachte omvang van de op te sporen site is 2.150 m². Bij gebruik van een 15 cm boor wordt een vindkans van 0,3 bereikt. Uit formule 4 blijkt dat gemiddeld 3,9 boringen nodig zijn om een opsporingskans van 0,75 te realiseren. Uit formule 5 blijkt vervolgens dat hiervoor een gelijkzijdig driehoeksgrid kan worden toegepast met een boorpuntafstand van circa 10 m.

Voorbeeld: De verwachte vondstdichtheid is 22 vondsten per m² en de verwachte omvang van de op te sporen site is 2.000 m². Bij gebruik van een 15 cm boor wordt een vindkans van 0,322111 bereikt. Uit formule 4 blijkt dat gemiddeld 3,6 boringen nodig zijn om een opsporingskans van 0,75 te realiseren. Het minimale aantal benodigde boringen komt daarmee uit op 4 (zie paragraaf 2.6). Uit formule 5 blijkt vervolgens dat hiervoor een gelijkzijdig driehoeksgrid kan worden toegepast met een boorpuntafstand van circa 24 m.

In tabel 12 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).*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

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 kanttekening moet geplaatst worden bij oppervlaktekartering. Hoewel beperkt toepasbaar, kan deze techniek een bijzonder waardevolle aanvulling zijn op een boor- of proefsleuvenonderzoek. Als verwacht mag worden 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 vondststrooiing zonder grondsporen (bijvoorbeeld vuursteen-sites), dan is booronderzoek een geschikte methode bij een lage en matighoge vondstdichtheid of een archeologische laag c.q. hoge vondstdichtheid. Als sprake is van een zeer lage vondstdichtheid (< 40 vondsten/m²), dan levert booronderzoek een dusdanig lage opsporingskans op, dat dit geen betrouwbare prospectiemethode is. Sites met een zeer lage vondstdichtheid maar zonder een grondsporenniveau kunnen het best opgespoord worden door het (handmatig) graven van proefputten (en het zeven over 3 mm van de uitgegraven grond; Verhagen e.a., 2011).

Sites met een vondststrooiing en een grondsporenniveau zijn met booronderzoek op te sporen als sprake is van een matighoge vondstdichtheid of bij een archeologische laag of hoge vondstdichtheid. Sites met een grondsporenniveau en een zeer lage en lage vondstdichtheid (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 (zeer) lage vondstdichtheden en een grondsporenniveau succesvoller in het opsporen van sites dan booronderzoek, vaak met gelijkblijvende of zelfs lagere kosten (Tol e.a., 2004: 67-68).

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

Vondstdichtheid	Met grondsporen	Zonder grondsporen
Zeer laag (<40 per m²)	Proefsleuven	Proefputten
Laag (40-80 per m²)	Proefsleuven	Boren
Matighoog (80-160 per m²)	Boren	Boren
Archeologische laag/ Hoog (>160 per m²)	Boren	Boren

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Aantal boringen in site (*n*)	1		2		3		4		5		6		7	
Oppervlakte site (A) in m^2	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
1,000	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
1,250	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
1,500	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
2,000	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
3,000	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
5,000	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
8,000	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
10,000	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

Aantal boringen in site (*n*)	8		9		10		11		12		13		14		15	
Oppervlakte site (A)	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
1,000	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
1,250	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
1,500	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
2,000	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
3,000	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
5,000	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
8,000	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
10,000	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 12. 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.

4. Termen en definities

In dit hoofdstuk 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.
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	Een vindplaats van waarvan de locatie, aard (complextype), datering en omvang van het complextype is bepaald.[24]
Archeologische vindplaats	Een plaats waar archeologische resten (fysieke resten van menselijke activiteiten) in de vorm van vondsten en/of sporen in een aardkundige context zijn aangetroffen.[25]
Trefkans	De kans dat in een site wordt geboord (een 'rake' boring).
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 bezien 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 erop wijzen dat de mens er de hand in heeft gehad. Zo kan een associatie van houtskool en visschubben 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.

[24] *Overgenomen uit RCE, 2016.*
[25] *Overgenomen uit RCE, 2016.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

KNA en prospectief onderzoek	In de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) zijn ten aanzien van archeologische prospectie twee processen (protocollen) onderscheiden: Protocol 4002 Bureauonderzoek en Protocol 4003 Inventariserend veldonderzoek (IVO–proefsleuven en IVO-overig). Bij laatstgenoemd protocol is verder sprake van een driedeling: een verkennende, karterende en waarderende vorm van het inventariserend veldonderzoek. Het doel van het bureauonderzoek is het vaststellen van de archeologische verwachting voor een onderzoeksgebied: welke sites worden verwacht en wat zijn hun prospectiekenmerken? Deze verwachting kan verder worden aangescherpt met de verkennende fase van het inventariserend veldonderzoek (IVO). Tijdens de karterende vorm van het IVO wordt de verwachting vervolgens getoetst: zijn de te verwachten sites ook daadwerkelijk aanwezig, en zo ja wat is de waarde van de sites? Of met een voldoende betrouwbaarheid antwoord kan worden gegeven op de vraag of de te verwachte sites aanwezig zijn, is afhankelijk van de gekozen onderzoeksmethode: booronderzoek (zonder en met zeeftechniek), proefsleuvenonderzoek, oppervlaktekartering en geofysisch onderzoek.
Methode	Wijze van handelen om archeologische resten (vondsten en sporen) in het veld op te sporen en te onderzoeken en de aardkundige context van deze resten vast te stellen. Dit kan met destructieve methoden (zoals opgraven en boren) of non-destructieve methoden (zoals oppervlaktekartering en geofysisch onderzoek).[26] Snijden/verbrokkelen van boorkernen en zeefonderzoek zijn methoden van het verzamelen van vondsten.[27]
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.
Proefsleuf	Een proefsleuf is een machinaal gegraven sleuf met als doel de aanwezigheid, de aard en conditie van archeologische resten vast te stellen. De omvang daarvan is minimaal 1 x 2 m. In deze Leidraad is geen onderscheid gemaakt tussen proefsleuven of zoeksleuven.
Proefput	Een proefput is een handmatig of machinaal gegraven put met als doel de aanwezigheid, de aard en conditie van archeologische resten vast te stellen (karterende en waarderende fase). Dit gebeurt door de bodemlagen te zeven op archeologisch vondstmateriaal en het bodemprofiel in detail in kaart te brengen. De met dit doel gegraven proefputten vallen binnen de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie onder het protocol proefsleuven (IVO-p). De omvang van proefputten is beperkt en varieert van 50 x 50 cm tot hooguit 1 bij 2 meter. Een put kan ook gegraven worden om enkel het bodemprofiel te documenteren. Een dergelijke profielput valt onder het protocol IVO-overig en is een aanvulling op verkennend en/of karterend onderzoek.

[26] *Bij non-destructief inventariserend veldonderzoek worden het bodemprofiel en hierin aanwezige archeologische resten niet verstoord tijdens de toepassing van een bepaalde methode. Indien het bodemprofiel wel wordt verstoord, bijv. tijdens het zetten van een boring of het graven van een proefsleuf, dan is sprake van destructief veldonderzoek.*
[27] *Aangepast overgenomen uit RCE, 2016.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Strategie	De wijze waarop een archeologische techniek in het veld wordt toegepast in de zin van de ligging, oriëntatie en omvang van de onderzoekseenheden, zoals opgravingsputten, proefsleuven, boorpunten/boordiameter en transecten, en de methode en techniek van verzamelen van vondsten (brokkelen/versnijden vs. zeven met 1, 2 mm etc. zeef).[28]
Techniek	Nadere specificatie van de methode om archeologische resten (vondsten en sporen) in het veld op te sporen en te onderzoeken en de aardkundige context van deze resten vast te stellen. Voorbeelden zijn techniek van opgraven (handmatig of machinaal; proefsleuven, proefputten, transecten of vakken), techniek van boren (handmatig of machinaal; type boor (guts- of edelmanboor) en diameter van boorkop), techniek van zeefonderzoek (droog en nat zeven en 1, 2, 3 en 4 mm etc. maaswijdte van zeef) en techniek van geofysisch onderzoek (elektrisch weerstandsonderzoek, elektromagnetisch, grondradar enz.).[29]
Vindkans	De kans dat de aanwezige archeologische resten ook daadwerkelijk in de 'rake' boring worden aangetroffen.
Vondststrooiing	Een vondststrooiing is een verzameling van (fragmenten van) artefacten in een ruimtelijk beperkte omgeving, en meestal aanwezig in een lithologisch onderscheiden eenheid (laag). Er wordt vooralsnog van uitgegaan dat een vondststrooiing bij proefsleuvenonderzoek zonder aanvullende werkzaamheden, analyses of hulpmiddelen te detecteren is in het veld. De aanwezigheid van bijvoorbeeld alleen microdebitage valt daarmee dus buiten deze definitie van vondststrooiing.
Waarnemingskans	De kans dat de in een proefsleuf of boring aanwezige archeologische sporen of artefacten ook daadwerkelijk worden waargenomen.

[28] *Aangepast overgenomen uit RCE, 2016.*
[29] *Aangepast overgenomen uit RCE, 2016.*

1 Inleiding
2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek
3 Grondslagen karterend booronderzoek
4 Termen en definities
Literatuur
Overzicht van figuren en tabellen

Literatuur

Banning, E.B., 2002. *Archaeological survey*. Kluwer Academic/Plenum, New York (US).

Bats, M., 2007. The Flemish Wetlands: an archaeological survey of the valley of the river Scheldt. In J. Barber, C. Clark, M. Cressey, A. Crone, A. Hale, J. Henderson, R. Housley, R. Sands & A. Sheridan (eds.); Archaeology from the Wetlands: recent perspectives. Proceedings of the 11th WARP Conference, Edinburgh 2005 (WARP Occasional Paper, 18).

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.

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.

Krakker, 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.

Geerts, R.C.A., A. Müller, M.J.L.Th. Niekus en F.J. Vermue, 2019. Mesolithische kampen onder de oever van het Reevediep. Een archeologische opgraving van vindplaats 9 in het tracé van de hoogwatergeul in het Reevediep te Kampen. *ADC Monografie 26*, Amersfoort.

Orton, C., 2000. Sampling in archaeology. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.

RCE, 2016. Programma Kenniskaart Archeologie. Project: Best Practices Prospectie. Digitaal informatiesysteem Prospectie op Maat - werkwijze en verantwoording.

Smith, W., 2013. Een integrale formule voor prospectief booronderzoek. *Archeologische Rapporten Almere 97*.

Smith, W. & W.J.H. Hogestijn, 2013**.** De invloed van variaties in vondstdichtheden op de Vindkans van vuursteenvindplaatsen. Poissonverdeling versus de negatief binomiale verdeling. *Archeologische Rapporten Almere 92*.

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.

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

Verhagen, P. & A. Borsboom, 2009.The design of effective and efficient trial trenching strategies for discovering archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 36: 1807-1816.

Verhagen, J.W.H.P., E. Rensink, M. Bats & Ph. Crombé, 2011. Optimale strategieën voor het opsporen van Steentijdvindplaatsen. Een statistisch perspectief. *Rapportage Archeologische Monumentenzorg 197.* Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.

Way, A.M. & A. Tabrett, 2018. Dig It, Design It: A new simulation tool for the design of optimal subsurface testing programs. *Journal of Archaeological Science: Reports* 21: 158-165.

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.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-D103-PURL-gpo112756/pdf/GOVPUB-D103-PURL-gpo112756.pdf

1 Inleiding

2 Richtlijnen voor karterend boor- en proefputten-onderzoek

3 Grondslagen karterend booronderzoek

4 Termen en definities

Literatuur

Overzicht van figuren en tabellen

Overzicht van figuren en tabellen

Figuur 1. Het aantal boringen dat in een cirkelvormige 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. Vergelijking aantal vuursteen per opgravingsvak voor Kampen X1 (blauw; Geerts e.a., 2019) en de Poissonverdeling (rood) en de negatief binomiale verdeling (groen).
Figuur 6. Vindkans en vondstdichtheid tegen elkaar uitgezet voor verschillende boordiameters (volgens formule 2a).
Figuur 7. 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. Beslissingsmatrix proefsleuvenonderzoek vs. booronderzoek. Als een combinatie van verschillende typen sites verwacht worden kan gekozen worden voor een combinatie van opsporingstechnieken.
Tabel 2: Beslistabel voor het bepalen of maatwerk- dan wel standaardboorstrategieën geschikt zijn.
Tabel 3. Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend vuursteen: overzicht van de prospectiekenmerken omvang en vondstdichtheden in discrete klassen. Uit Verhagen e.a. (2011).
Tabel 4. Nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk: overzicht van de prospectiekenmerken omvang en vondstdichtheden in discrete klassen.
Tabel 5. Overzicht van standaardstrategieën per prospectiegroep. Voor toelichting op de tabel zie §2.5 en §2.6.
Tabel 6. Overzicht van de kenmerken van de standaard boorstrategieën. Voor toelichting op de tabel zie §2.6.
Tabel 7. Gelijkzijdige driehoeksgrids en corresponderende gelijkbenige driehoeksgrids, met (voor verschillende trefkansen) de minimale omvang van de opgespoorde sites bij gebruikmaking van een gelijkzijdig grid. Voor een gelijkbenig grid is de trefkansformule (Formule 1) ook van toepassing maar leidt tot een iets andere uitkomst.
s = afstand tussen de boorraaien;
l = afstand tussen de boorpunten op de raai.
Tabel 8. Vindkans voor verschillende combinaties van vondstdichtheid (in aantal vondsten per m²) en boordiameter (in cm's) volgens formule 2. De waarnemingskans is hierbij buiten beschouwing gelaten.
Tabel 9. Overzicht van artefacten en andere archeologische variabelen, en de factoren die van invloed zijn op hun waarnemingskans.
Tabel 10. Gefragmenteerd vondstmateriaal: optimale waarnemingstechniek voor verschillende combinaties van vondstdichtheden en fragmentatiegraden.
Tabel 11. Het benodigde aantal boringen (in de site) op basis van de verwachte vindkans en de gewenste opsporingskans.
Tabel 12. 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.