



Handreiking gebiedsgericht onderzoek metalen in bodem

Versie 1.0, 13 december 2018

SIKB-handreiking 8101



Colofon

Status

Deze handreiking (versie 1.0) is op 13 december 2018 vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) te Gouda.

Eigendomsrecht

Deze handreiking is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij SIKB, beheert deze handreiking inhoudelijk. De actuele versie van deze handreiking 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 / Accreditatiecollege Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontnemen.

Vrijwaring

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

© Copyright 2018 SIKB

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

Bestelwijze

Dit document is in digitale vorm kosteloos te verkrijgen bij SIKB. Een ingebonden versie kunt u bestellen tegen kosten, op te vragen bij SIKB.

Bronnen beeldmateriaal

SIKB.

Updateservice

Door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembeheer vastgestelde mutaties in dit document zijn te verkrijgen bij SIKB. Via www.sikb.nl kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt u via www.sikb.nl ook opgeven voor de gratis digitale nieuwsbrief.

Helpdesk/gebruiksaanwijzing

Voor vragen over inhoud en toepassing van dit document kunt u terecht bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling via www.SIKB.nl.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Doel en doelgroep van de handreiking	4
1.2	Aanleiding	4
1.3	Status en reikwijdte van de handreiking	5
1.4	Plaats ten opzichte van andere documenten	5
1.5	Meerwaarde van deze handreiking ten opzichte van huidige praktijk	6
1.6	Verklaring van gebruikte termen	6
1.7	Leeswijzer	8
2	Procesbeschrijving grootschalig onderzoek naar metalen	9
3	Bepalen kaders onderzoek en onderzoeksstrategie	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Formuleren aanleiding en doel van het onderzoek	11
3.3	Benodigde informatie voor het onderzoek	12
3.3.1	Inleiding	12
3.3.2	Betrokken actoren en hun input	12
3.3.3	Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag	13
3.3.4	Overige gebiedskenmerken	15
3.3.5	Planning	16
3.4	Formuleren onderzoeksstrategie	16
3.4.1	Vertretpunt	16
3.4.2	Gebiedsindeling	17
3.4.3	Onderzoeksstrategieën	17
4	Toetsing haalbaarheid onderzoekswensen aan beschikbare technieken	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Toepasbare meettechnieken	19
4.2.1	Directe meting van metalengehalten	19
4.2.2	Meting van gidsparameters	20
4.3	Niet genoemde technieken	20
4.4	Mogelijke onderzoeksplannen met XRF	21
5	Uitvragen onderzoek	23
6	Beoordelen rapportage en besluitvorming	25
6.1	Beoordelen rapportage	25
6.2	Besluitvorming op basis van de onderzoeksresultaten	26
Bijlage 1.	Technieksheets elektronische meettechnieken: toepasbaarheid voor grootschalig onderzoek metalen in bodem	27

1 Inleiding

1.1 Doel en doelgroep van de handreiking

Het doel van deze handreiking is om overheden in de rol van gebiedsbeheerder of bevoegd gezag te ondersteunen bij het efficiënt uitbesteden en beoordelen van grootschalig onderzoek naar metalenverontreiniging in de vaste bodem. Dergelijk onderzoek heeft tot doel om te bepalen of de metalenverontreiniging leidt tot potentiële risico's voor mens en milieu en om het bodembeheer in het gebied optimaal in te richten. Aan de hand van de uitkomsten kan bepaald worden of verbetering van de bodemkwaliteit in bepaalde gebieden nodig is en of (extra) voorwaarden aan bijvoorbeeld gebruik of grondverzet nodig zijn.

Doelgroep van de handreiking zijn opdrachtgevers die actief zijn bij kwalitatief beheer van de bodem, zoals provincies en gemeenten. De handreiking ondersteunt hen als opdrachtgever van het onderzoek bij het formuleren van de vraag, het formuleren van de gewenste onderzoeksstrategie, de (pre)selectie van geschikte (combinaties van) onderzoekstechnieken, het doen van de uitvraag, het beoordelen van offertes en het beoordelen en interpreteren van de resultaten van onderzoek.

1.2 Aanleiding

De aanleiding voor het opstellen van deze handreiking voor het onderzoek naar metalen in bovengrond is de behoefte bij beheerders, eigenaren, gebruikers en bevoegde gezagen om inzicht te hebben in de kwaliteit van de bodem in diffuus verontreinigde gebieden. Bijvoorbeeld wanneer de gebiedsbeheerder inzicht wil in de aanwezigheid van lood ter plaatse van openbaar groen, speeltuinen of moestuinen. Op basis van dit inzicht kunnen risico's voor mens, dier en ecologie worden ingeschat, kan grondverzet worden gereguleerd, kunnen benodigde veiligheidsmaatregelen voor graafwerkzaamheden worden bepaald en kunnen doelstellingen voor de bodemkwaliteit worden geformuleerd.

De behoefte om de bodemkwaliteit van gebieden te kennen, wordt versterkt door de komst van de Omgevingswet en het verdwijnen van de Wet bodembescherming. Na inwerkingtreding van de Omgevingswet zal de bodem (ook) juridisch gezien een integraal onderdeel uitmaken van de fysieke leefomgeving, en zal bodembeheer steeds meer integraal en gebiedsgericht afgewogen worden. Hiervoor is gebiedsdekkende informatie over de bodem (chemisch, fysisch, biologisch) essentieel.

In wijken van steden of woonkernen in landelijk gebied met een rijke gebruikshistorie is de aanwezigheid van diffuse verontreiniging met metalen (met name lood) in de bodem een blijvend punt van aandacht. De gebruiksmogelijkheden van het gebied of de hergebruiksmogelijkheden van grond kunnen hierdoor beperkt worden. Voor overheden is het belangrijk dat eventuele risico's voor de gebruiksfuncties, die worden veroorzaakt door metalen, met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden ingeschat. Op basis daarvan kunnen zij, indien nodig, passend beleid formuleren. Daarnaast zijn er gebieden waar de kwaliteit van de bodem onvoldoende in beeld is. Vanuit beleidsmatige overwegingen kan het wenselijk zijn om het inzicht in de bodemkwaliteit van deze gebieden te vergroten.

Bij het onderzoek naar de bodemkwaliteit in diffuus verontreinigde gebieden kan het zinvol zijn om (mede) gebruik te maken van elektronische meettechnieken. Deze gaan niet, zoals bij conventioneel bodemonderzoek, uit van het nemen van grondmonsters en het uitvoeren van chemische analyses. Deze handreiking geeft aanwijzingen om bij onderzoek naar diffuse metalenverontreiniging in de bodem gebruik te maken van de mogelijkheden die elektronische meettechnieken bieden, naast conventionele technieken voor bodemonderzoek.

1.3 Status en reikwijdte van de handreiking

Status

Gebruik van deze handreiking is niet verplicht. De handreiking biedt handvatten om onderzoek voor te bereiden en onderzoeksvoorstellen te beoordelen.

Het verdient aanbeveling om afstemming te zoeken met het bevoegd gezag in het kader van de Wet bodembescherming of het Besluit Bodemkwaliteit over de opzet van het onderzoek.

Reikwijdte

Deze handreiking beperkt zich tot gebiedsgericht onderzoek naar de totaalgehalten aan metalen in de bodem ter plaatse van relatief grote gebieden of relatief veel locaties. Er zijn andere situaties denkbaar waarin elektronische meettechnieken ook toepasbaar zijn, zoals uitkeuring van saneringen, individuele kleine onderzoekslocaties of depotonderzoek. Daarbij kan deze handreiking ook worden gebruikt, echter deze handreiking is niet specifiek op dergelijk onderzoek gericht.

1.4 Plaats ten opzichte van andere documenten

Onderstaande documenten zijn relevant voor de uitvoering van onderzoek naar metalen in de bodem (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Relevante documenten en hun relatie met deze handreiking

Document	Omschrijving	Relatie met deze handreiking
NTA 5755, Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek – Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging	In deze NTA worden naast conventionele methoden ook elektronische technieken genoemd voor het uitvoeren van bodemonderzoek. Daarnaast bevat de NTA handvatten voor het Conceptual Site Model (CSM).	Deze handreiking ontleent toepasbare (elektronische) technieken aan de NTA en ontleent de handvatten voor het CSM aan deze NTA.
NEN 5740, Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek – Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond	Onderzoek in deze NEN gaat uit van bodemonderzoek met conventionele methoden.	De NEN 5740 is mede een inhoudelijke basis voor het formuleren van onderzoeksstrategieën in deze handreiking.
Richtlijn bodemkwaliteitskaarten	Geeft onder andere aanwijzingen voor begrenzen van deelgebieden en minimale eisen voor de meetdichtheid per deelgebied voor bepalen bodemkwaliteit voor een bodemkwaliteitskaart gericht op het reguleren van grondverzet.	De richtlijn bodemkwaliteitskaarten is mede een inhoudelijke basis voor het formuleren van onderzoeksstrategieën in deze handreiking.
BRL SIKB 2000 en Protocol 2001	Deze BRL en het bijbehorende protocol 2001 beschrijven hoe veldwerk uit te voeren waarbij grond wordt bemonsterd. Het gebruik van elektronische meettechnieken is hierin niet uitgewerkt.	Deze handreiking geeft aan dat grondmonsternamen en uitvoering van de XRF-metingen plaats dienen te vinden door een erkende monsternemer van een bedrijf met erkenning voor BRL 2000 volgens SIKB protocol 2001.
NEN-EN-ISO 13196, Bodem – Screening van bodem voor geselecteerde elementen met energie-dispersieve röntgenfluorescentiespectrometrie met een handgehouden of draagbaar instrument	Deze NEN specificeert de procedure voor het screenen van bodems en grondachtige materialen voor geselecteerde elementen.	Inhoudelijke documentatie over gebruik van de XRF. Wordt naar verwezen omdat deze handreiking niet deze technische specificaties/inhoud bevat.

Relatie met erkenningsregeling

Deze handreiking beschrijft de mogelijkheden voor uitvoering van gebiedsgericht bodemonderzoek naar metalen met behulp van veldmetingen met de X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometer. De veldmetingen met de XRF betreffen geen ‘werkzaamheid’ zoals omschreven in artikel 2.1 lid van de Regeling bodemkwaliteit. Daarom geldt er geen erkenningsplicht voor het verrichten van metingen met de handheld XRF in het kader van bodemonderzoek. Bevoegde gezagen mogen hun besluiten baseren op onderzoeken waarin (mede) gebruik gemaakt is van metingen met de handheld XRF. In specifieke gevallen, waarvoor in de wetgeving een onderzoeksstrategie is voorgeschreven die metingen met XRF expliciet uitsluit, kan de XRF niet worden ingezet voor het bodemonderzoek.

In veel gevallen zullen de resultaten van het onderzoek gebruikt worden in het kader van overheidsbesluitvorming. Daarvoor geldt dat het bodemonderzoek door erkende bodemintermediairs uitgevoerd moet zijn. (Rbk art. 2.1 lid 2). De erkenningen hebben betrekking op de uitvoering van veldwerkzaamheden (AS SIKB 2000 en onderliggende relevante protocollen) en chemische analyses (AS SIKB 3000).

Ook indien gekozen wordt voor een onderzoeksstrategie met gebruikmaking van XRF, worden de boringen en grondmonsternamen uitgevoerd door een geregistreerde persoon van een voor BRL 2000 erkend bedrijf conform de voorschriften in protocol 2001. De XRF-metingen worden door de geregistreerde persoon uitgevoerd, volgens de voorschriften in SIKB-handreiking 8103 ‘XRF-metingen diffuus bodemlood’.

1.5 Meerwaarde van deze handreiking ten opzichte van huidige praktijk

Deze handreiking is opgesteld ter ondersteuning van gebiedsbeheerders en bevoegde gezagen bij het uitbesteden en beoordelen van gebiedsgericht onderzoek van metalenverontreinigingen in de bodem. Deze handreiking beschrijft hoe elektronische meettechnieken daarbij inzetbaar zijn.

Deze handreiking geeft aanwijzingen voor gebiedsgericht onderzoek naar metalen in de bodem met behulp van elektronische meettechnieken met betrekking tot:

- de geschikte meettechnieken;
- de mogelijke onderzoeksstrategieën.

1.6 Verklaring van gebruikte termen

Tabel 1.2. Verklaring gebruikte termen

Term	Omschrijving
Betrouwbaarheid	De mate waarin de onderzoeksresultaten correct en representatief zijn voor het gebied waarop de resultaten betrekking hebben. De betrouwbaarheid wordt bepaald door de nauwkeurigheid van de metingen, de verificatie van het meetresultaat, de meetdichtheid en de heterogeniteit van de te meten parameter binnen het onderzoeksgebied.
Conceptual Site Model (CSM)	Denkmodel dat een beschrijving en/of visualisatie van het te onderzoeken fenomeen geeft, in relatie tot het bodemsysteem en het bodemgebruik. Het conceptuele model kan dienen als raamwerk voor het opzetten van onderzoeksactiviteiten en het identificeren van kennisleemtes.

Term	Omschrijving
	<i>Vrij naar: Handreiking voor het opstellen van een conceptueel model, Visualiseer de verontreiniging, SKB-project PT8444.</i>
Elektronische meettechnieken	Onderzoekstechniek waarmee relatief snel een (gids)parameter van de ondergrond kan worden gemeten. Deze metingen zijn relatief snel achter elkaar op meerdere plaatsen in een gebied te meten. Hierdoor kan met een dergelijke techniek relatief snel een gebied in kaart worden gebracht.
Gidsparameter	Parameter van een bodemeigenschap, niet zijnde gehalte aan metalen zelf, die kan wijzen op verhoogde gehalten aan metalen in de bodem. Met directe verificatiemetingen van het gehalte zelf kan vervolgens op verdachte plekken gecontroleerd worden of de gehalten inderdaad verhoogd zijn.
Heterogeniteit	De mate waarin de te meten (gids)parameter varieert in plaats binnen het te onderzoeken gebied.
Lokale Maximale waarde	Door bevoegd gezag Besluit Bodemkwaliteit vastgestelde maximale gehalten aan verontreinigende stoffen die aanwezig mogen zijn in grond en baggerspecie die in een specifieke bodemkwaliteitszone worden toegepast.
Meetdichtheid	Aantal meetpunten per ruimtelijke eenheid.
Meetnauwkeurigheid	De mate van overeenstemming van een gemeten waarde met zijn daadwerkelijke (ware) waarde. Hoe groter de nauwkeurigheid hoe kleiner de meetfout. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen juistheid en precisie. Als een resultaat zowel juist als precies is, wordt dit geldig of valide genoemd.
Monitoringsplan	Onderzoeksplan met hieraan toegevoegd een meetfrequentie.
Onderzoeksplan	Het geheel aan onderzoekstechnieken, plaats, locatie en aard van inzet (inclusief de wijze waarop ze elkaar aanvullen) en wijze van interpreteren om antwoord te kunnen geven op een onderzoeksvraag.
Onderzoeksstrategie	Strategische keuzes m.b.t. het uit te voeren onderzoek, op basis van de verwachte heterogeniteit van het te meten kenmerk (en, indien van toepassing, variatie in de tijd) en de gewenste betrouwbaarheid. Deze keuzes hebben invloed op het onderzoeksplan.
Onderzoeksvraag	De inhoudelijke vraag die met het onderzoek beantwoord moet worden. De onderzoeksvraag volgt uit de aanleiding en het doel van het onderzoek in combinatie met het CSM.
Toetsingskader	Kader om de onderzoeksresultaten te toetsen en er conclusies aan te verbinden zodat op basis daarvan een beslissing ten aanzien van het vervolg (zoals wijziging van beleid of uitvoeringsacties) genomen kan worden. In het geval van metalen zijn bijvoorbeeld de Circulaire Bodemsanering en het Besluit Bodemkwaliteit toetsingskaders.
Verificatiemeting	Meting met andere techniek om meetresultaat te kunnen toetsen op waarde of, in het geval van een gidsparameter, te kunnen relateren aan een andere eenheid.

1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 schetst het proces dat de opdrachtgever doorloopt bij het onderzoek naar metalen in de bodem, van aanleiding en kader tot acties die voortvloeien uit de onderzoeksresultaten. Dit hoofdstuk geeft weer hoe de verschillende stappen in het proces elkaar wederzijds beïnvloeden. Hoofdstuk 3 geeft opdrachtgevers aanwijzingen voor het verzamelen van relevante informatie en het bepalen van de onderzoeksstrategie.

Hoofdstuk 4 gaat in op beschikbare technieken, zodat de opdrachtgever na kan gaan of er voldoende aansluiting is tussen de technieken en de strategie. Op basis daarvan kan de opdrachtgever de strategie zo nodig bijstellen.

Hoofdstuk 5 geeft aanwijzingen voor het opstellen van een uitvraag (ook offerteaanvraag genoemd) voor de daadwerkelijke uitvoering van het onderzoek, inclusief te stellen eisen aan offertes en onderzoeksresultaten.

Hoofdstuk 6 gaat in op de eisen aan de rapportage en besluitvorming naar aanleiding van de onderzoeksresultaten.

2 Procesbeschrijving grootschalig onderzoek naar metalen

Dit hoofdstuk beschrijft het proces van grootschalig onderzoek naar metalen in de bodem, van de aanleiding voor het onderzoek tot het nemen van maatregelen op basis van de uitkomsten van het onderzoek.

Figuur 2.1 geeft het proces schematisch weer, en geeft aan op welke plek in deze handreiking de aanwijzingen voor de uitvoering van de diverse processtappen zijn te vinden. Hierin zijn de verschillende processtappen die de opdrachtgever doorloopt beschreven, inclusief de rol van de verschillende actoren daarin. De eerste twee processtappen betreffen de aanleiding / het grotere verhaal: het gebiedsbeheer en wie daar op welke manier bij betrokken is, bijvoorbeeld provincies en gemeenten. Anderzijds zijn er gebruikers van gebieden die invloed hebben op en mogelijk overlast ondervinden van de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem.

Deze eerste twee stappen zijn niet uitgewerkt in deze handreiking, maar hebben wel invloed op de invulling van het onderzoek. Zij worden meegenomen als input in de eerste processtap die wel in deze handreiking is opgenomen, namelijk het bepalen van de onderzoeksstrategie op basis van alle relevante informatie (processtap 3.1). Op basis van het onderzoeksdoel, de organisatorische en de technische randvoorwaarden en een Conceptual Site Model wordt een onderzoeksstrategie geformuleerd.

Voordat deze onderzoeksstrategie wordt opgenomen in de uitvraag, kan de opdrachtgever in processtap 3.2 toetsen in hoeverre zijn wensen realistisch zijn en welke technieken beschikbaar zijn om de vraag te beantwoorden. Er wordt beschreven welke technieken in aanmerking komen voor het onderzoek naar metalen, welke eigenschappen en welke voor- en nadelen de verschillende technieken hebben.

Als blijkt dat de gekozen onderzoeksstrategie niet realistisch is, wordt stap 3.1 (deels) opnieuw doorlopen. Het formuleren van de onderzoeksstrategie kan hiermee een iteratief proces (d.w.z. aangepast aan voortschrijdend inzicht op basis van de uitkomsten van voorgaande stappen). Na het (iteratief) doorlopen van stap 3 heeft de opdrachtgever een realistische onderzoeksstrategie waarmee hij een uitvraag voor het onderzoek kan doen.

De informatie die in kaart is gebracht bij het doorlopen van de processtappen 3.1 en 3.2 vormt de basis voor het opstellen van de uitvraag voor het onderzoek (processtap 4). Voor de uitvraag zijn twee situaties denkbaar:

- Er is al een onderzoeksplan op basis van reguliere technieken, de opdrachtgever wil graag vanaf nu efficiënter werken en/of betere informatie verzamelen. Het nieuwe onderzoeksplan wordt ingevuld met het bestaande plan als referentie.
- Er is nog geen onderzoeks-/monitoringsplan en de opdrachtgever wil op basis van deze handreiking een dergelijk plan (laten) opstellen voorafgaand aan het uitvoeren van onderzoek.

Het goed doorlopen van de stappen 1 t/m 4 stelt de opdrachtgever in staat om de uitvoering van het onderzoek (processtap 5) adequaat aan te sturen. De handreiking bevat daarom verder geen specifieke aanwijzingen voor processtap 5.

Na de uitvoering van het onderzoek vindt besluitvorming plaats (stap 6). De opdrachtgever formuleert indien nodig – en mogelijk in samenwerking met andere betrokken partijen – maatregelen en zet deze in gang (stap 7). Evenals als de aanleiding (stappen 1 en 2) zijn deze stappen van belang voor de inrichting van het onderzoek. Daarom zijn de beoogde besluitvorming en mogelijke vervolgacties ook betrokken in de aanwijzingen voor processtap 3.1.

Figuur 2.1. Processchema grootschalig onderzoek metalen in de bovengrond

	Plaats in deze handreiking	Rol gebiedsbeheerder/ opdrachtgever	Rol onderzoeksbureau	Rol overheid / bevoegd gezag	Rol eigenaren locaties met afdekkingen
1. Beheren van een gebied met afdekkingen		Uitvoeren beheer, nakomen afspraken met overige actoren		Eisen voor beheer (in omgevingsbeleid of Wbb-beschikking)	Mede-uitvoeren van het beheer via contracten en verplichting aanvullen afdekkingen
2. Onderzoekswens of -verplichting, voortkomend uit beheer en input overige actoren		<ul style="list-style-type: none"> • Invulling geven aan onderzoekswens • Scenario's uitwerken: welke acties volgen uit welk resultaat, inclusief verantwoordelijkheden andere actoren 		Toezicht en handhaving	
3.1. Opstellen onderzoeksstrategie stap 1: O.b.v. van alle relevante informatie bepalen (voorlopige) onderzoeksstrategie	Hoofdstuk 3	Bepalen voorlopige onderzoeksstrategie, evt. afstemmen met overige actoren	Evt. meedenken in of opstellen van onderzoeksstrategie	Meedenken met onderzoeksstrategie	Meegeven eisen/randvoorwaarden onderzoek
3.2. Opstellen onderzoeksstrategie stap 2: 'Reality check' onderzoeksstrategie aan de hand van toepasbare technieken	Hoofdstuk 4	Toetsen of gekozen onderzoeksstrategie haalbaar is bij gegeven randvoorwaarden en uitgangspunten	Evt. meedenken of uitvoeren		
4. Uitbesteden bodemonderzoek	Hoofdstuk 5	Uit (laten) voeren: <ul style="list-style-type: none"> - opstellen uitvraag - opstellen onderzoeks-/monitoringsplan - opdrachtverlening 	Opstellen offerte (evt. inclusief onderzoeksplan)	Meedenken met en goedkeuren van onderzoeksplan	
5. Uitvoeren bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	Uit (laten) voeren: <ul style="list-style-type: none"> - begeleiding onderzoek - interpretatie resultaten Beoordelen rapportage	Uitvoeren: <ul style="list-style-type: none"> - uitvoeren onderzoek - rapportage/interpretatie 	Beoordelen rapportage	Toestemming betreding terrein
6. Besluitvorming n.a.v. het bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	Nemen beslissing over beheer op basis van de onderzoeksresultaten	Evt. advies over vervolgmaatregelen in rapportage	Eventueel besluit over te voeren omgevingsbeleid en/of te nemen maatregelen	Inspraak op besluit van bevoegd gezag
7. Maatregelen n.a.v. het bodemonderzoek		(Laten) uitvoeren acties die volgen uit besluit	Eventueel uitvoeren vervolgonderzoek	Toezicht op uitvoering acties	(Toestemming voor) uitvoeren acties

 = onderdeel van deze richtlijn

3 Bepalen kaders onderzoek en onderzoeksstrategie

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk biedt handvatten voor het verzamelen van alle relevante informatie voor het onderzoek en het op basis daarvan bepalen van de onderzoeksstrategie. Zowel de verzamelde informatie als de gekozen onderzoeksstrategie vormen een onderdeel van de op te stellen uitvraag (hoofdstuk 5). Dit hoofdstuk geeft aanwijzingen aan opdrachtgevers voor het doorlopen van de volgende stappen:

- formuleren aanleiding en doel van het onderzoek (§ 3.2);
- benodigde informatie voor het onderzoek (§ 3.3);
- formuleren van de onderzoeksstrategie (§ 3.4).

3.2 Formuleren aanleiding en doel van het onderzoek

Zowel de aanleiding als het doel van het voorgenomen onderzoek zijn van belang voor de formulering van de onderzoeksvraag, de manier waarop het onderzoek uitgevoerd moet worden en voor de wijze van interpretatie en rapportage van de resultaten.

Enkele voorbeelden van aanleidingen zijn:

- formulering van beleid voor bodem in een omgevingsvisie of omgevingsplan;
- opstellen beleid voor grondverzet;
- het inschatten van risico's voor mensen, dieren en ecologie.

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de aard en (spreiding in de) mate van metalenverontreiniging in de bovengrond.

Toelichting bij aanleiding en doel

De gehalten metalen in de grond zijn een indicatie voor de aanwezigheid van risico's en/of mogelijkheden voor grondverzet.

De gehalten metalen kunnen worden getoetst aan de normering uit de Circulaire bodemsanering, eventueel gebruikmakend van Sanscrit, en aan de normering van het Besluit bodemkwaliteit of Lokale Maximale waarden van een gemeente, eventueel gebruikmakend van Risicotoolbox bodem. Voor gebieden met diffuse loodverontreiniging kunnen de humane risico's bepaald worden aan de hand van de module 'diffuus lood' van de Risicotoolbox.

Risico's van metalen in de bodem voor mens, dier en plant zijn afhankelijk van de biologische beschikbaarheid van de metalen. Deze handreiking beperkt zich tot onderzoek naar de totaalgehalten aan metalen in de bodem (beschikbaar en niet beschikbare deel). Totaal-gehalten zijn een eerste indicatie voor het inschatten van potentiële risico's. Als de totaal-gehalten dermate hoog zijn dat sprake is van potentiële risico's, kan in een vervolgonderzoek de biologische beschikbaarheid worden onderzocht. Deze werkwijze is gangbaar binnen de normering van de Circulaire bodemsanering (interventiewaarden in milligram per kilogram droge stof).

De mogelijkheden voor grondverzet zijn afhankelijk van zowel totaalgehalten van metalen in de bodem als van de uitloging van metalen uit de bodem. Binnen het Besluit bodemkwaliteit wordt in eerste instantie uitgegaan van toetsing van totaalgehalten van verontreinigende stoffen in de bodem aan de achtergrondwaarden, maximale waarden voor Wonen, maximale waarden voor Industrie en eventueel gebiedsspecifieke Lokale Maximale waarden in milligram per kilogram droge stof. Indien nodig wordt in tweede instantie de uitloging van stoffen bepaald.

Het meten van totaalgehalten, zoals beschreven in deze handreiking, is voor alle genoemde aanleidingen een goede en efficiënte eerste onderzoeksstap. Onderzoek naar de beschikbaarheid en uitloging van de in de bodem aangetoonde metalen kan indien nodig als vervolgstap plaatsvinden. Dit vervolgonderzoek valt buiten de scope van deze handreiking.

3.3 Benodigde informatie voor het onderzoek

3.3.1 Inleiding

Naast aanleiding en doel van het onderzoek is de onderzoeksstrategie mede afhankelijk van de volgende factoren:

- betrokken actoren en hun input (§ 3.3.2);
- Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag (§ 3.3.3);
- overige gebiedskenmerken (§ 3.3.4);
- planning (§ 3.3.5).

De opdrachtgever kan zelf alle benodigde informatie verzamelen en deze bij zijn offerteaanvraag verstrekken. Het is ook mogelijk (een deel van) de informatie door derden te laten inventariseren en rapporteren. Dit ligt vooral voor de hand als het gaat om het opstellen of aanvullen van het CSM.

De vragen/aandachtspunten in deze paragraaf zijn bedoeld om de lezer te ondersteunen en richting te geven in het verzamelen van informatie voorafgaand aan de voorbereiding en uitvoering van het bodemonderzoek. Zo wordt het risico op het missen van informatie geminimaliseerd. Per onderdeel zijn enkele voorbeelden benoemd.

De opsomming in onderstaande paragrafen is niet uitputtend. Afhankelijk van de context en de vragen die middels het bodemonderzoek moeten worden beantwoord, kan aanvullende informatie nodig zijn.

3.3.2 Betrokken actoren en hun input

Deze paragraaf biedt handvatten om wensen en verplichtingen vanuit de eigen organisatie en andere betrokken actoren te inventariseren. Deze kunnen medebepalend zijn voor de opzet en uitvoering van het bodemonderzoek. Het is daarom belangrijk om vroegtijdig met de betrokken actoren in gesprek te gaan om deze eisen en wensen in beeld te brengen. Deze paragraaf beschrijft voorbeelden van wensen en eisen die aan de orde kunnen zijn.

Wettelijke eisen

- Het bevoegd gezag Wbb en/of Besluit bodemkwaliteit (in de praktijk namens deze vaak een Omgevingsdienst / Regionale Uitvoeringsdienst) stelt bij de beoordeling van het onderzoeksrapport eisen aan het uitgevoerde onderzoek. Indien gekozen wordt voor een niet-conventionele onderzoeksaanpak, verdient het aanbeveling om in een vroeg stadium de aanpak af te stemmen met het bevoegd gezag. Op die manier kunnen vanuit het bevoegd gezag in een vroeg stadium randvoorwaarden worden meegegeven.
- In concrete gevallen kan er in bestaande Wbb-beschikkingen of beoordelingsbrieven zijn opgenomen dat (delen) van terreinen/gebieden nog (nader) onderzocht moeten worden. Dit moet worden betrokken in de te kiezen onderzoeksstrategie voor betreffende gebiedsdelen.
- Het is mogelijk dat naast onderzoek naar de metalenverontreiniging ook ander onderzoek is vereist, zoals archeologisch onderzoek, Onderzoek Conventionele Explosieven (OCE) of onderzoek naar de aanwezigheid van asbest. De beheerder van het gebied waarin het onderzoek gaat plaatsvinden heeft hiervoor vaak advieskaarten of kan er zelf informatie over geven. Als er sprake is van combinatie van meerdere onderzoeksvragen voor een gebied, kan het voordelig zijn om dit onderzoek gecombineerd te laten uitvoeren. In dat geval verdient het aanbeveling om de onderzoeksopzet op de gecombineerde onderzoeksdoelstellingen af te stemmen.

Toetsingskader

Stem voorafgaand aan het onderzoek met het bevoegde gezag af over het toetsingskader. Relevante vragen hierbij zijn:

- Het diepte-traject van de te nemen bodemonsters:
Indien het onderzoek gericht is op regels voor grondverzet kan bijvoorbeeld gekozen worden voor drie monsternametrajecten: 0-0,5 m-mv, 0,5-1,0 m-mv en 1,0-1,5 m-mv.
Indien het onderzoek gericht is op het inschatten van de humane risico's kan overwogen om alleen de toplaag van onverharde terreindelen te bemonsteren, bv. van 0-0,2 m-mv.

- Het kengetal (bv. het gemiddelde gehalte of de 80-percentiel-waarde) van dat gebruikt wordt voor de toetsing aan de streef- en interventiewaarden en de risicobeoordeling bij onderzoek diffuse metalenverontreinigingen:
In de module 'diffuus lood' van de Risicoolbox bodem wordt dit het 'representatief bodemgehalte' genoemd, maar is niet gespecificeerd op welk kengetal dit gebaseerd wordt.
- De bodemfractie die relevant is voor het onderzoek:
Bij kinderen vormt de blootstelling aan gronddeeltjes via hand-mond-gedrag bij met metalen verontreinigde locaties een belangrijke bijdrage aan de totale blootstelling aan metalen. Daarbij nemen kinderen vooral de fijne fractie van het bodemmateriaal in. Overwogen kan worden om onderzoek ten behoeve van de risicobeoordeling (mede) te richten op het in beeld brengen van de metalengehalten in de fijne fractie van het bodemmateriaal.
- De monstervoorbehandeling:
Afspraken over het al dan niet zeven van bodemonsters voorafgaand aan de bepaling van totaal-lood in de bodem.
- De in te zetten analyse-methode(n):
Afspraken over de inzet van conventionele laboratorium-analyses en elektronische metingen en conventionele technieken.

Eisen vanuit de gebiedsbeheerder

Ga voorafgaand aan het onderzoek na of en welke afspraken door de gebiedsbeheerder zijn gemaakt met de omgeving en wat de consequenties daarvan (kunnen) zijn voor het onderzoek.

Eisen vanuit de eigenaar/gebruiker van de te onderzoeken percelen

Inventariseer of en bij welke eigenaren/gebruikers toestemming geregeld moet worden voor:

- het betreden van het terrein;
- het uitvoeren van destructief bodemonderzoek (denk aan doorboren van bijvoorbeeld gazon of verharding);
- het delen van de verkregen kwaliteitsinformatie.

Schat ook de kans in dat de benodigde toestemmingen niet verkregen worden en zorg dat hierin het onderzoeksplan rekening mee gehouden wordt.

3.3.3 Conceptual Site Model (CSM) en onderzoeksvraag

Het Conceptual Site Model (CSM) is een geschikte methodiek om de beschikbare informatie over de metalenverontreiniging in de bovengrond, in relatie tot relevante bodemkenmerken, op een systematische manier in kaart te brengen en te presenteren (zie kader). Het werken met een CSM kan het proces van onderzoek, interpretatie en visualisatie ondersteunen.

Voor complexere onderzoeken betreft dit vaak een cyclisch proces: eerst wordt met de beschikbare informatie een CSM opgesteld en worden kennisvragen geformuleerd. Het op te stellen onderzoeksplan is gericht op het beantwoorden van de kennisvragen. Naar aanleiding van de onderzoeksresultaten wordt het CSM aangevuld en/of bijgesteld. Mogelijk zijn nog niet alle kennisvragen beantwoord of zijn er nieuwe vragen ontstaan. Hiervoor wordt dan een aanvullend onderzoeksplan opgesteld.

Een opdrachtgever kan het CSM (in eerste instantie) zelf opstellen, maar kan er ook voor kiezen het opstellen van een CSM aan een extern adviseur uit te besteden. Dit kan dezelfde adviseur zijn die het onderzoek uitvoert/begeleidt en het CSM tijdens het onderzoek bijstelt, maar het kan ook een derde partij zijn.

Conceptual Site Model (CSM)

Afhankelijk van de situatie kan het CSM een eenvoudige tot uitgebreide schematische beschrijving of visualisatie zijn van de situatie in het veld. Hierbij wordt aandacht besteed aan de verwachte verontreinigingssituatie en de factoren die hierop van invloed zijn (bron/oorzaak, factoren die van invloed zijn op wijzigingen in de situatie). Ook wordt de bodemopbouw beschreven. Niet alleen de verticale bodemopbouw, maar ook de horizontale ruimtelijke variaties en variaties die in de loop van de tijd daarin zijn ontstaan – al dan niet gecombineerd – zijn van belang.

Afhankelijk van het stadium van het traject dient het CSM als uitgangspunt voor het opstellen van een onderzoeksvraag (kennishiaten), het bepalen van de onderzoeksstrategie, als middel om resultaten te visualiseren in de rapportage of om maatregelen te ontwerpen of uit te voeren.

Nieuw verkregen inzichten (aanvullende gegevens of meetgegevens) kunnen worden gebruikt om het model te actualiseren of aan te vullen.

In een CSM voor metalen in de bovengrond kunnen de volgende aspecten aan de orde komen:

- **Oorzaak:** Beschrijf hoe de metalen in de bodem terecht zijn gekomen: vanuit (meerdere) puntbronnen als direct gevolg van menselijk handelen, of diffuus, bijvoorbeeld als gevolg van inundatie waarbij verontreinigd slib is achtergebleven. De oorzaak bepaalt grotendeels het vermoedelijke verspreidingsgebied en de heterogeniteit van de verontreiniging.
- **Bodemtype:** Beschrijf of de verontreiniging gecorreleerd is met een bepaald bodemtype, bijvoorbeeld sliblaagjes. Een sterk gelaagde bodemopbouw vraagt meer analyses of een selectievere monstersselectie. Bij een meer homogene bodemopbouw zijn analyses representatief voor een groter dieptetraject.
- **Bijmenging:** Beschrijf of de verontreiniging gecorreleerd is met een bepaalde bijmenging, bijvoorbeeld puinbijmenging, afvalbijmenging of koolresten.
- **Hoogteverschil:** Beschrijf, indien van toepassing, of hoogteverschillen in het landschap gebruikt kunnen worden als indicatie voor (deel)gebiedsafbakening (bijvoorbeeld bij wierden, depots gereijpte bagger, ophooglagen, voormalig oppervlaktewater).
- **Factoren die veranderingen in de verontreinigingssituatie kunnen veroorzaken:** Welke natuurlijke factoren zorgen voor vastlegging of juist mobilisatie en verspreiding van metalen in de bodem? Zijn er menselijke activiteiten geweest of gepland (grondverzet e.d.) waardoor de verontreiniging verplaatst kan zijn?



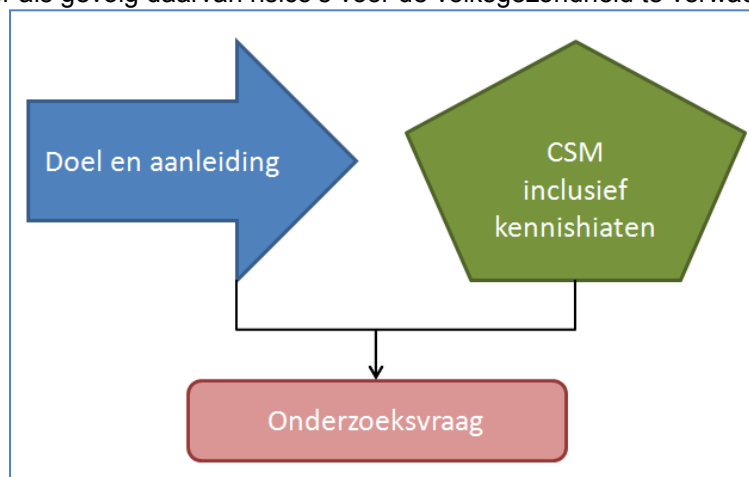
Afbeelding 3.1. Verschillende bodemtypen op één plaats (foto A. Verstappen).

- *Indien de vraagstelling verband houdt met risico's:* Beschrijf hoe en waar blootstelling aan de verontreiniging kan plaatsvinden en waarvan deze afhankelijk is. Bij verhard gebied is contact met metalenverontreiniging bij normaal gebruik niet mogelijk. Bij vragen over de huidige effecten /risico's van de verontreinigings situatie kunnen verharde delen buiten beschouwing worden gelaten. Wanneer het nodig is de kwaliteit van het gehele gebied te kennen, bijvoorbeeld met het oog op toekomstig gebruik of grondverzet, moet mogelijk ook onderzoek onder de verharding plaatsvinden. Dit heeft zowel invloed op de gebiedsafbakening als op de in te zetten veldwerktechnieken (niet-destructief of opnemen/doorboren verharding).
- *Gegevens uit eerder uitgevoerde bodemonderzoeken:* Verwerk resultaten van eventueel eerder gedaan bodemonderzoek in het CSM; bijvoorbeeld boorprofielen van uitgevoerd bodemonderzoek en beschikbare data over metalengehalten in de bovengrond.

Onderzoeksvraag

Uit het CSM blijkt welke kennishiaten/kennisbehoeften er zijn wat betreft de aanleiding en het doel van het onderzoek. Hieruit volgt de onderzoeksvraag. Voorbeelden van onderzoeksvragen zijn:

- Wat is de gemiddelde concentratie lood en zink in een gebied en levert dit extra restricties aan het gebruik van het gebied?
- Wat zijn de hoogste concentraties metalen in de bovenste halve meter in een volkstuincomplex, binnen welk deel van het complex en veroorzaken deze waarden een potentieel gezondheids- of ecologisch risico?
- Wat is de variatie in concentraties aan metalen in een gebied dat een afwijkende bodemopbouw heeft en zijn er als gevolg daarvan risico's voor de volksgezondheid te verwachten?



3.3.4 Overige gebiedskenmerken

Naast het Conceptual Site Model, is het van belang om andere gebiedskenmerken te betrekken bij de strategie voor het onderzoek te betrekken. Voorbeelden hiervan zijn:

- Aaneengesloten gebied kan in zijn geheel onderzocht worden, rekening houdend met lokaal bekende/verwachte afwijkingen. Bij van elkaar gescheiden gelegen gebiedsdelen moet onderzoek per gebiedsdeel worden uitgevoerd, waardoor in verhouding naar oppervlakte de strategie iets intensiever zal worden.
- Watergangen, bosschages, bebouwing, afrastering, verharding kunnen worden gebruikt als natuurlijke begrenzing van het onderzoeksgebied. Deze landschapselementen kunnen belemmerend zijn voor de (efficiënte) toepassing van bepaalde onderzoekstechnieken.
- De bereikbaarheid en toegankelijkheid van het gebied voor handmatig onderzoek en onderzoek met behulp van voertuigen.
- (Toekomstige) gebruiksfuncties bepalen de gevoeligheid voor risico's. Blootstelling aan lood is bijvoorbeeld het meest kritisch in (toekomstige) woongebieden (siertuin, moestuin, plaatsen waar kinderen spelen). In gebieden waar gevoelige gebruiksfuncties zijn kan het onderzoek intensiever worden opgezet dan elders.

3.3.5 Planning

Benoem planningsaspecten voor zover deze relevant kunnen zijn voor het onderzoek, bijvoorbeeld: het gebied is alleen in het najaar te betreden vanwege een specifiek seizoensgebonden gebruik van de onderzoekslocatie.

3.4 Formuleren onderzoeksstrategie

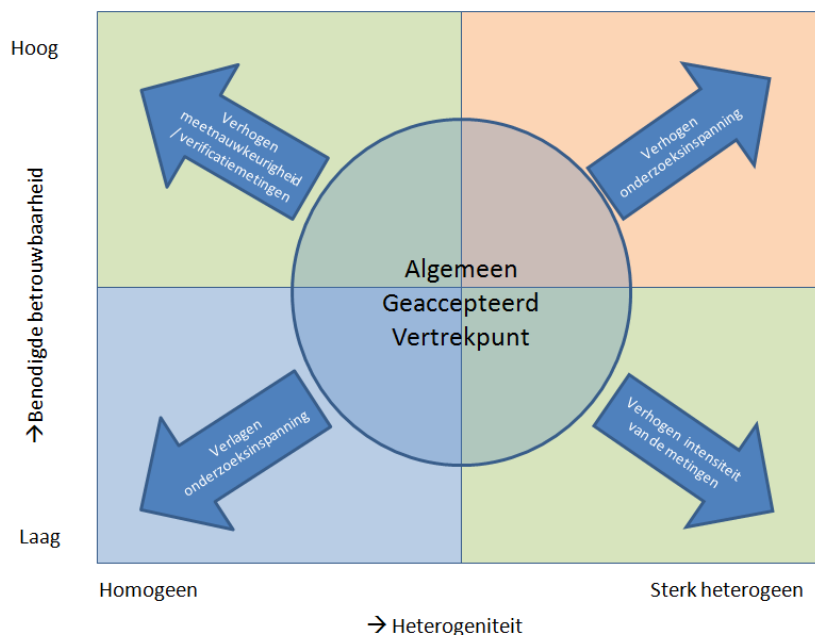
3.4.1 Vertrekpunt

Voorafgaand aan het opstellen van het onderzoeksplan wordt bepaald welke strategie gewenst is. De onderzoeksstrategie is afhankelijk van de onderzoeksvraag, de benodigde betrouwbaarheid en de verwachte of bekende heterogeniteit. Bepaal daarom zowel de benodigde betrouwbaarheid en formuleer een verwachting voor de heterogeniteit.

De benodigde betrouwbaarheid hangt af van de aanleiding en doel van het onderzoek (paragraaf 3.2) en de randvoorwaarden en eisen van betrokken actoren (paragraaf 3.3.2). Zo zal een (toekomstig) gevoelig gebruik (bijvoorbeeld volkstuincomplex) een hogere betrouwbaarheid vragen dan een minder gevoelig gebruik (bijvoorbeeld een op te hogen gebied met een voormalige bedrijfsfunctie).

De heterogeniteit wordt ingeschat aan de hand van de informatie die met de hulpvragen uit § 3.3.3 (Conceptual Site Model) is verzameld.

De relatie tussen de onderzoeksstrategie en de gewenste betrouwbaarheid en de verwachte of bekende heterogeniteit van de metalenverontreiniging is gevisualiseerd in onderstaande afbeelding (afbeelding 3.2).



Afb. 3.2: Afstemming onderzoeksstrategie op gewenste betrouwbaarheid en (verwachte of bekende) heterogeniteit.

*Verklaring van de kwadranten
blauw = relatief lage onderzoeksinspanning
groen = gemiddelde onderzoeksinspanning
oranje = relatief hoge onderzoeksinspanning*

3.4.2 Gebiedsindeling

Het te onderzoeken gebied wordt zo nodig opgedeeld in deelgebieden. De indeling in deelgebieden vindt plaats op basis van huidig of toekomstig (meer of minder gevoelig) gebruik, aanwezigheid van uiterlijke gebiedskenmerken, de ontstaans- en/of gebruiks-geschiedenis en de bodemopbouw (zie ook CSM).

Enkele voorbeelden van begrenzing van een deelgebied zijn:

- aanwijzen van een deel van het te onderzoeken gebied waar op basis van historische informatie een met metalen verontreinigde sliblaag aanwezig kan zijn;
- aanwijzen van een deel van het te onderzoeken gebied dat hoger ligt binnen het onderzoeksgebied (bijvoorbeeld ophooglaag);
- indeling op basis van toekomstig gebruik, waarbij gevoeligheid van het toekomstige gebruik de bepalende parameter is.

Na de indeling kan een onderzoeksstrategie voor de vaststelling van de kwaliteit binnen de onderscheiden deelgebieden worden geselecteerd, die aansluit bij de gewenste betrouwbaarheid en verwachte heterogeniteit binnen elk gebied.

Drie voorbeelden:

- Er wordt een nieuwe woonwijk gecreëerd, met in het midden een reeds bestaande beek met een zekere natuurwaarde. De ene helft van het gebied van de toekomstige woonwijk bestaat uit een groene bufferzone en grenst aan een voormalig bedrijventerrein. De andere helft, gescheiden door de bestaande beek, is altijd akkerland geweest. Het onderzoeksgebied is vanwege de huidige gebruiksvormen ingedeeld in een naar verwachting heterogeen verontreinigd deel en een homogeen verontreinigd deel. Het toekomstige gebruik is relatief gevoelig en de gewenste betrouwbaarheid daarom relatief hoog. De verwachte heterogeniteit varieert en daarmee varieert ook de onderzoeksstrategie binnen het gebied.
- Een voormalig bedrijventerrein wordt in de toekomst ingedeeld in een op te hogen parkeergebied en een lager gelegen recreatief gebied (water-gerelateerde recreatie). De verwachting is dat de bodem in het hele gebied heterogeen verontreinigd is met metalen. De scheiding binnen het gebied wordt gevormd door de toekomstige gebruiksfuncties. De gewenste betrouwbaarheid is bij het toekomstige parkeerterrein relatief laag en bij het recreatieve gedeelte hoog. De gewenste betrouwbaarheid varieert en daarmee ook de onderzoeksstrategie.
- Enkele woonplaatsen binnen een gemeente krijgen een grote uitbreiding van het woonoppervlak. Alle uitbreidingen vinden plaats in gebieden die in de huidige situatie bestaan uit weiland. Op basis van de bodemkwaliteitskaart van de betreffende gemeente blijkt dat in het gebied gemiddeld geen verontreinigingen te verwachten zijn, met uitzondering van onverklaarbare grote variatie in de gehalten aan zink. Voor de uitbreidingen is een onderzoeksstrategie nodig, met name gericht op zink, waar een toekomstig gevoelig gebruik wordt gekoppeld aan een heterogeen verontreinigingsbeeld.

Resumerend: bepaal aan de hand van de combinaties verwachte heterogeniteit (gebiedskenmerken) en toekomstig gebruik een eventuele gebiedsindeling en kies hierbij per gebied of delen daarvan een strategie.

3.4.3 Onderzoeksstrategieën

Tabel 3.1 beschrijft ter illustratie vier onderzoeksstrategieën, als concretisering van het principe dat is weergegeven in afbeelding 3.2.

Op basis van de verwachte heterogeniteit en de gewenste betrouwbaarheid wordt één van de vier strategieën gekozen, per gebied of deel daarvan. In hoofdstuk 4 zijn de strategieën vertaald naar voorbeelden van onderzoeksplannen en worden er mogelijke technieken en techniekcombinaties aan gekoppeld.

Tabel 3.1: Onderzoeksstrategieën

Strategie	Door gebiedsbeheerder verwachte heterogeniteit van de bodemverontreiniging (CSM)	Gewenste betrouwbaarheid van het onderzoek, gerelateerd aan de (toekomstige) functie	Aantal meetpunten per ha	Strategie komt overeen met:
HLBH	laag (HL)	hoog (BH), bij functie wonen	15	NEN 5740 strategie ONV
HLBL	laag (HL)	laag (BL), bij overige functies	4	Richtlijn bodemkwaliteitskaarten
HHBH	hoog (HH)	hoog (BH), bij functie wonen	25	NEN 5740 strategie VED-HE
KSP	hoog (HH)	Zeer hoog (BZH), bij functie kinderspeelplaats of (moes)tuin	70-200	Handreiking 8102: Onderzoeksstrategie diffuus lood kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen
HHBL	hoog (HH)	laag (BL), bij overige functies	15	NEN 5740 strategie ONV

Toelichting:

HL/HH: Heterogeniteit laag/hoog

BL/BH/BZH: Betrouwbaarheid laag/hoog/zeer hoog

4 Toetsing haalbaarheid onderzoekswensen aan beschikbare technieken

4.1 Inleiding

Na het formuleren van de kaders, de onderzoeksvraag en de onderzoeksstrategie (aan de hand van de aanwijzingen in hoofdstuk 3) kan de opdrachtgever overgaan tot het opstellen van een offerteaanvraag voor de uitvoering van het daadwerkelijke onderzoek. Alvorens hiertoe over te gaan is het raadzaam om de haalbaarheid van de geformuleerde onderzoeksstrategie te toetsen aan de daarvoor beschikbare onderzoekstechnieken.

4.2 Toepasbare meettechnieken

4.2.1 Directe meting van metalengehalten

De momenteel beschikbare kwalitatief geschikte elektronische techniek om gehalten aan metalen in grond te bepalen is de X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometer. De XRF analyseert met een nauwkeurigheid en betrouwbaarheid die voldoet aan de eisen van AS3000.¹ Bovendien is er al relatief veel praktijkervaring mee opgedaan.² Meer informatie over de XRF is opgenomen in bijlage 1. Daarnaast kan aanvullende informatie worden gevonden op www.bodemrichtlijn.nl.



De handheld XRF is ten minste bruikbaar voor alle metalen die in het 'standaardpakket grond' zijn opgenomen (NEN 5740). Het is echter van belang te weten – en indien onbekend voortijdig te toetsen – of de gewenste detectielimiet kan worden behaald. Indien nodig kan de software van de XRF hiervoor worden aangepast (zie verder bijlage 1).

Afbeelding 4.1. Toepassen XRF (foto A. Verstappen).

Voor toetsing aan normen wordt zo mogelijk gebruik gemaakt van informatie over lutum en organische stof gehalten uit eerdere bodemonderzoeken. Indien aanvullende bepalingen voor lutum en organisch stof nodig zijn, worden deze uitgevoerd door een laboratorium met accreditatie voor AS 3000).

¹ Zie voor een toelichting op de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van XRF-metingen ten opzichte van AS3000 de Bijlage A van SIKB Handreiking 8102 'Meten van lood in diffuus verontreinigde bodems van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinten met de handheld XRF'.

² Praktijkrichtlijn voor het meten van Zn, Pb, Cu en As gehalten in bodems verontreinigd met zinkassen met behulp van 'handheld' röntgen fluorescentie spectrometrie, Geoconnect, GC 05-2010, juli 2010.

De veldwerkzaamheden worden uitgevoerd door een erkende monsternemer conform BRL 2000, protocol 2001 (zie §1.4).

Verontreinigende parameters die niet met de XRF kunnen worden gemeten, zoals PAK, moeten worden bepaald via conventioneel laboratoriumonderzoek (grondmonsters; BRL 2000, protocol 2001 en laboratoriumanalyses; AS 3000) of kunnen indicatief worden ingeschat via indirect onderzoek (zie § 4.2.2).

Voordelen van de XRF ten opzichte van uitvoeren van chemische analyses in een laboratorium zijn:

- *costenefficiëntie*: hetzelfde aantal analyses als bij conventioneel onderzoek tegen minder kosten of meer informatie tegen dezelfde kosten (bijvoorbeeld geen analyse op mengmonsters van verschillende meetpunten, maar analyse van monsters per meetpunt);
- *anticiperen*: resultaten zijn direct in het veld beschikbaar. Dit geeft mogelijkheden om in het veld het onderzoeksplan bij te stellen aan de hand van de in het veld verkregen resultaten;
- *korte doorlooptijd*: verschillende onderzoeksfases kunnen direct aansluitend worden uitgevoerd. Er gaat geen tijd verloren door analysetermijnen van een laboratorium en wacht-/opstarttijd voor een volgende onderzoeksfase.

Op basis van enkele scenario's blijkt een kostenreductie van 20% tot 40% mogelijk bij inzet van XRF bij gebiedsgericht onderzoek naar metalenverontreiniging in de bodem. De mate van besparing is afhankelijk van de omvang en de mate van de aaneensluiting van het onderzoeksgebied.

4.2.2 Meting van gidsparementers

Indien de te onderzoeken metalenverontreiniging sterk gecorreleerd is met een andere bodemeigenschap of de verontreinigende parameter is niet met de XRF te meten, kunnen directe metingen van concentraties gecombineerd worden indirecte metingen; zie ook § 3.3.3 (CSM) en § 3.4.2 (gebiedsindeling).

In deze paragraaf worden drie voorbeelden genoemd. Het is aan de uitwerker van de uiteindelijke strategie om de toepasbaarheid van de techniekcombinaties concreet in te vullen. Gedetailleerde uitwerking is buiten de scope van deze handreiking gehouden.

Voorbeelden van situaties waarin meting van gidsparementers meerwaarde kan hebben zijn:

- De te onderzoeken verontreiniging is gecorreleerd aan een afwijkende bodemlaag, bijvoorbeeld een puin- of sliblaag. De ligging en dikte van de afwijkende bodemlaag kunnen met radartechnieken in kaart worden gebracht. Van de betreffende laag wordt afhankelijk van de verwachte heterogeniteit en gewenste betrouwbaarheid een aantal monsters genomen en geanalyseerd volgens conventioneel laboratoriumonderzoek of met XRF (zie paragraaf 4.2.1).
- Een te onderzoeken verontreinigende stof die niet met XRF gemeten kan worden is sterk gecorreleerd met een metaal dat wel met XRF gemeten kan worden. Het onderzoek focust zich op het meten van het betreffende metaal. Ter verificatie van de correlatie worden enkele monsters geanalyseerd volgens conventioneel laboratoriumonderzoek op beide parameters.
- De te onderzoeken verontreiniging is gecorreleerd met de maaiveldhoogte. Bijvoorbeeld omdat een hoger terreindeel een aanwijzing is voor (oud) menselijk gebruik of omdat lager gelegen gebieden een aanwijzing zijn voor dempingen. Digitale hoogtebestanden of 'remote sensing'-technieken kunnen worden gebruikt om de verschillen in maaiveldhoogte in kaart te brengen. Hiermee kan een gebiedsindeling voor het verdere onderzoek gemaakt worden (zie ook § 3.4.2).

Zie voor details over radar-/screeningstechnieken de betreffende technieksheet in bijlage 1.

4.3 Niet genoemde technieken

Buiten XRF zijn er momenteel geen technieken beschikbaar die on-site metalengehalten met voldoende nauwkeurigheid kunnen meten.

Een aanbieder kan in de toekomst een nieuwe techniek opnemen in zijn onderzoeksplan. Om te kunnen beoordelen of de aangeboden techniek inderdaad toepasbaar is, kan de opdrachtgever vragen om aanvullende informatie, bijvoorbeeld:

- literatuur waarin een vergelijkbare situatie is beschreven;
- referentieproject met een vergelijkbare situatie en een verklaring van de opdrachtgever van het betreffende project;
- validatie door branche-organisatie/collega-techniekaanbieder;
- uitvoeren van een testmeting/pilot waarmee de toepasbaarheid in de onderhavige situatie wordt aangetoond.

Als de techniek inderdaad geschikt is, kan deze indien gewenst (door opdrachtgever of techniek-aanbieder) worden voorgedragen voor opname in de volgende versie van deze handreiking.

4.4 Mogelijke onderzoeksplannen met XRF

Op basis van selectie van de in § 3.4.3 genoemde onderzoeksstrategieën kan een concreet onderzoeksplan worden uitgewerkt. In de praktijk zal dit veelal door een aanbieder worden gedaan, nadat door de opdrachtgever een gewenste strategie is aangegeven. Tabel 4.1 geeft enkele voorbeelden van uitwerkingen. De in tabel 4.1 genoemde strategieën zijn ontleend aan tabel 3.1 in § 3.4.3.

Tabel 4.1: Voorbeelden onderzoeksinspanningen

Situatie	Verwachte heterogeniteit	Gewenste betrouwbaarheid	Strategie (zie tabel 3.1)	Aantal meetpunten
buitengebied (5 ha)	laag	laag	HLBL	20
buitengebied wordt woongebied (5 ha)	laag	hoog	HLBH	75
kinderspeelplaats (tot 500 m ²)	hoog	Zeer hoog	KSP (zie Handreiking 8102)	20
jong woongebied (5 ha)	laag	hoog	HLBH	30*
oude woonkern (5 ha)	hoog	hoog	HHBH	75*
brownfield wordt woongebied (5ha)	hoog	hoog	HHBH	75
brownfield wordt park (5 ha)	hoog	laag	HHBL	60

Toelichting:

* *Minimaal drie meetpunten per perceel (naar handreiking bodemkwaliteitskaarten).*

Meetpunt: boring tot gewenste einddiepte gecombineerd met een of meerdere XRF-metingen per meetpunt, afhankelijk van heterogeniteit in de bodemopbouw.

Deze voorbeelden van onderzoeksinspanningen zijn een vertrekpunt (zie § 3.4.1 voor een toelichting), waarbij de uiteindelijke onderzoeksinspanning wordt afgestemd op de omvang van het onderzoek, de gewenste betrouwbaarheid en de verwachte heterogeniteit.

De onderzoeksstrategie wordt concreet ingevuld aan de hand van de volgende stappen:

- Neem de gebiedsindeling (één of meerdere deelgebieden) als uitgangspunt.
- Neem als tweede uitgangspunt de verwachte heterogeniteit binnen elk gebied.

- Neem als derde uitgangspunt per gebied de gewenste betrouwbaarheid op basis van toekomstig gebruik.
- Bepaal op basis van de heterogeniteit en de gewenste betrouwbaarheid het aantal meetpunten dat per (deel)gebied benodigd is.

Afbeelding 4.2 geeft een impressie van onderzoek dat wordt uitgevoerd met de XRF.



Afb. 4.2. Uitvoering onderzoek met XRF (foto A. Verstappen).

5 Uitvragen onderzoek

Dit hoofdstuk biedt handvatten voor het opstellen van een zo volledig mogelijke uitvraag. Er wordt ingegaan op de volgende onderdelen:

- aan te leveren informatie bij de uitvraag;
- eisen aan de te vragen offertes;
- bewijslast indiener offerte.

Aan te leveren informatie bij de uitvraag

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de door de opdrachtgever aan te leveren informatie bij de uitvraag. De betreffende informatie is verzameld conform de aanwijzingen in hoofdstuk 3 en mogelijk aangepast naar aanleiding van de toepassing van hoofdstuk 4.

Tabel 5.1: Door de opdrachtgever aan te leveren informatie bij de uitvraag

Onderwerp	Verwijzing/toelichting
Doel onderzoek	Zie § 3.2
Onderzoeksvraag	Zie § 3.3.3
Afbakening gebied	Zie § 3.4.2
Betrokken actoren	Zie hoofdstuk 2 en § 3.3.2
Onderzoeksstrategie	Zie § 3.4. Indien de opdrachtgever dit wenst kan de strategie al worden ingevuld tot een concrete onderzoeksinspanning (zie § 4.4 en Handreiking 8102 'Onderzoeksstrategie diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen').
Toetsingskader	Zie § 3.3.2
Conceptueel Site Model	Zie § 3.3.3
Locatievariabelen	Zie § 3.3.3 en § 3.3.4
Visualisatie/interpretatie output	Zie hieronder 'Eisen aan de aan te vragen offertes'
Gunningscriteria	Waar wordt de offerte op beoordeeld (afhankelijk van aanbestedingstraject; dit valt buiten de scope van deze handreiking)
Planning	Zie § 3.3.5

Specifieke gebiedseigenschappen of aanbestedingsvormen kunnen ertoe leiden dat de opdrachtgever aanvullende informatie moet aanleveren.

Kwaliteitsborging

De vereiste erkenningen betreffen:

- Veldwerkzaamheden: door een erkende monsternemer van een voor BRL 2000 erkend bedrijf volgens onderliggende relevante protocollen;
- Chemische analyses uitvoeren door een laboratorium met accreditatie voor AS 3000.

Het is momenteel niet mogelijk om het metingen met de X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometer onder certificaat uit te voeren. Daarom geldt er geen erkenningsplicht voor het verrichten van metingen met de handheld XRF. De XRF-metingen worden uitgevoerd door een erkende monsternemer van een voor BRL 2000 erkend bedrijf.

Eisen aan de aan te vragen offertes

De opdrachtgever kan in de offerte-aanvraag aangeven welke elementen de offerte ten minste moet bevatten (afhankelijk van de aanbestedingsvorm). Belangrijke onderdelen in de aan te vragen offertes zijn:

- beschrijving van de meettechniek of combinatie van meettechnieken die wordt ingezet inclusief onderbouwing van de keuze (zie ook hoofdstuk 4);
- indien XRF als meettechniek wordt ingezet: beschrijving van de prestatiekenmerken van het in te zetten XRF-apparaat voor de te meten metalen.
- beschrijving van de onderzoeksstrategie en de onderzoeksinspanning;
- indien van toepassing: beschrijving van de verificatiemetingen die zijn voorzien;
- beschrijving van de uitvoering van het veldwerk conform de aanwijzingen in Handreiking 8103 'Meten van lood in diffuus verontreinigde bodems van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen met de handheld XRF';
- garanties over de vertaalbaarheid van meetgegevens naar het toetsingskader;
- beschrijving van de wijze van rapportage van de resultaten van veldwerkzaamheden (bijvoorbeeld boorprofielen), metingen met elektronische technieken (bijv. XRF en radar) en laboratoriumanalyses;
- beschrijving van de wijze van presentatie van de geïnterpreteerde resultaten, bijvoorbeeld in de vorm van GIS-kaarten;
- aanlevering data in XML-format (volgens gegevensstandaard SIKB 0101);
- planning;
- kosten en verrekening.

Aandachtspunten wijze van presentatie

- Afhankelijk van de afspraken over communicatie over de onderzoeksresultaten met eigenaren/gebruikers kan het nodig zijn dat de resultaten op het niveau van een perceel beschikbaar worden gesteld, bijvoorbeeld via presentatie op een kaart.
- Afhankelijk van de aanpak worden kaarten met meetraaien/meetpunten opgeleverd waarop inzichtelijk is gemaakt waar de gidsparameter – bijvoorbeeld een verdachte bodemlaag – aanwezig is en waar welke waarden aan metalen zijn gemeten.
- De ruwe meetdata worden opgenomen in een bijlage of, als dat zo is overeengekomen, als apart digitaal bestand in het overeengekomen format aangeleverd. Een gebruikelijk format is het XML-format (volgens gegevensstandaard SIKB 0101).

6 Beoordelen rapportage en besluitvorming

6.1 Beoordelen rapportage

Inleiding

Het onderzoeksrapport bevat in eerste instantie een antwoord op de onderzoeksvraag, zoals deze in het offerteverzoek is geformuleerd. Daarnaast bevat het rapport alle informatie om te kunnen volgen hoe de opsteller tot dit antwoord gekomen is. In deze paragraaf worden de onderdelen van een bruikbare onderzoeksrapportage benoemd en toegelicht en wordt een suggestie gedaan voor hoe om te gaan met de verzamelde informatie.

Aanleiding en doel

In de rapportage worden aanleiding en doel van het onderzoek beschreven en ook het onderzochte gebied. Ook het toetsingskader wordt hier beschreven of er wordt naar verwezen.

Uitgevoerde werkzaamheden

Het onderzoeksplan wordt beschreven, inclusief eventuele afwijkingen daarop die tijdens de werkzaamheden zijn opgetreden. Uit de rapportage moet blijken waar in het gebied is gemeten, bij welk bodemgebruik, op welke diepte en in welk type bodem (boorbeschrijving conform SIKB protocol 2001 opnemen).

Beschrijving resultaten

Per meetpunt dienen de resultaten inzichtelijk te zijn op een niveau en in een eenheid die overeenkomt met de eenheid van het toetsingskader dat aansluit bij de onderzoeksvraag. Als gebruik is gemaakt van gidsparameters, moet aangegeven worden hoe deze worden vertaald naar de eenheid van het toetsingskader en wat daarvan het resultaat is.

De rapportage moet ook de resultaten van verificatiemetingen bevatten en eventuele onvolkomenheden in het onderzoek benoemen. Ook eventuele bijzonderheden die zijn waargenomen in het veld en die van belang zijn voor de interpretatie moeten worden vermeld.

Interpretatie

Bij de interpretatie worden de meetgegevens getoetst aan het toetsingskader dat van toepassing is en wordt onderbouwd wat het antwoord is op de onderzoeksvraag.

Ook moet besproken worden of de resultaten representatief zijn voor het onderzochte bodemvolume. Dit kan bijvoorbeeld de bovenste meter zijn als de onderzoeksvraag verband houdt met humane of ecologische risico's. Ook kan het gaan om een specifiek afgebakend volume als het gaat om gepland grondverzet of een bepaalde verdachte bodemlaag, die eerst in het veld is afgebakend en waarvan vervolgens de kwaliteit is bepaald.

Conclusies

De conclusies bevatten ten minste ofwel het antwoord op de onderzoeksvraag ofwel de constatering dat de onderzoeksvraag nog niet beantwoord kon worden.

Aanbevelingen

Indien de onderzoeksvraag nog niet (helemaal) beantwoord is, worden aanbevelingen gedaan voor de wijze waarop aanvullende informatie verzameld kan worden om de onderzoeksvraag alsnog (volledig) te beantwoorden (cyclisch proces zoals beschreven bij het CSM in § 3.3.3). Indien de onderzoeksvraag wel beantwoord is, worden aanbevelingen gedaan voor besluitvorming en eventuele acties.

6.2 Besluitvorming op basis van de onderzoeksresultaten

De aard van de besluiten is afhankelijk van de aanleiding van het onderzoek (is er grondverzet gepland, is inzicht gewenst in risico's, moet de gebiedskwaliteit in kaart gebracht worden voor de planning van toekomstig gebruik, etc.) en van de uitkomst van de toetsing (zijn de uitkomsten boven of beneden de norm die van toepassing is).

De onderzoeksresultaten kunnen aanleiding zijn voor een formeel besluit door het bevoegd gezag. Dit kan gaan om een beschikking ernst en spoed in het kader van de Wbb en het nemen van sanerende of beheersmaatregelen als om risico's van de metalenverontreiniging weg te nemen.

Het gebiedsgericht onderzoek kan ook resulteren in het vaststellen van een bodemkwaliteitskaart en Nota Bodembeheer voor grondverzet, het vaststellen van bodemkwaliteitsdoelstellingen, gebruiksmogelijkheden of gebruiksbependingen voor locaties of gebieden.

Er is geen erkenningsplicht voor het verrichten van metingen met de handheld XRF. Daarom is het toegestaan om XRF zonder erkenning toe te passen bij bodemonderzoeken, en kunnen bevoegde gezagen hun besluiten baseren op onderzoeken waarin (mede) gebruik gemaakt is van metingen met de handheld XRF.

Bijlage 1. Technieksheets elektronische meettechnieken: toepasbaarheid voor grootschalig onderzoek metalen in bodem

Techniek	XRF (X-Ray Fluorescence)
Uitvoering	Er zijn verschillende uitvoeringen beschikbaar. Let er bij de keuze van een apparaat op dat de prestatiekenmerken bekend zijn.
Algemene techniekbeschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Met de XRF kan in het veld het gehalte aan meerdere (zware) metalen in grond worden bepaald. De XRF maakt gebruik van röntgenstraling. Zie voor uitgebreidere informatie over de XRF www.bodemrichtlijn.nl .
Te meten parameter	Gehalte aan (zware) metalen, atoomnummer Mg (12) - U (92).
Directe of indirecte meting	Directe meting. De röntgenstraling wordt gericht op het monsteroppervlak. Elk element geeft een uniek x-ray-spectrum af. Het apparaat berekent het gehalte van de aangetroffen metalen in het monster.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Gehalte aan zware metalen.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek.
Algemene beschrijving	Het handgedragen apparaat wordt ten behoeve van de meting een korte tijd tegen een te meten monster gehouden. Binnen 30 seconden kan het gehalte aan een bepaald metaal worden afgelezen.
Dieptebereik	Afhankelijk van de gebruikte grondmonstername-apparatuur. Een willekeurig monster kan ongeacht de diepte worden gemeten.
Onderscheidend vermogen	Op basis van telstatistiek of de NEN 7777 kan de aantoonbaarheidsgrens per element worden bepaald. Deze grens is geen vaste waarde, maar is afhankelijk van de gehanteerde meettijd en de matrix van het monster. Indien ijkmonsters worden gemeten, kan worden volstaan met incidentele verificatiemetingen die met de reguliere techniek worden uitgevoerd (monstername en laboratoriumanalyse).
Toepasbaarheid	Ten minste de metalen uit het 'standaardpakket grond' zijn meetbaar met de XRF. Bepalend voor de detectiegrens is de gebruikte meettijd en de software in het apparaat. Op basis van expertise kan een inschatting van de te behalen detectiegrenzen plaatsvinden. Op basis van metingen kan worden vastgesteld welke meettijd daadwerkelijk nodig is om een bepaald element met een bepaalde nauwkeurigheid te meten en of het nodig is andere software toe te passen. XRF is niet te gebruiken onder water of bij mineraalarme veengrond. Bij natte bodem is XRF toepasbaar, mits een vochtcorrectie wordt uitgevoerd (zie ook SIKB-Handreiking 8103).



Afbeelding uitvoering XRF
(bron: SIKB PT 7432).

Techniek	Grondradar
Variant (indien van toepassing)	Verschillende antennes/frequenties. Keuze is afhankelijk van gewenst dieptebereik.
Algemene techniekbeschrijving en link naar Bodemrichtlijn	Grondradar is een techniek waarbij een beeld van de ondergrond gemaakt wordt door al rijdend een elektromagnetische golf met een radarantenne de grond in te sturen. Bij diëlektrische contrasten (zoals scheidingen van bodemlagen, objecten e.d.) zal de golf gereflecteerd worden en wordt deze geregistreerd. Door een serie metingen in een lijn over het maaiveld of op verschillende diepten in een boorgat uit te voeren wordt een radargram verkregen. Dit radargram wordt vervolgens geïnterpreteerd op de aanwezigheid van laagscheidingen, objecten e.d. www.bodemrichtlijn.nl
Te meten parameter	Reflectietijd in Nanoseconden. Deze wordt omgerekend naar diepte in meter.
Directe of indirecte meting	Direct. De metingen kunnen als dwarsprofielen, het radargram, worden weergegeven. Daarin zijn reflectoren herkenbaar. Met verificatiemetingen zijn deze direct te herleiden tot de onderzijde van de afdeklaag. Afhankelijk van de situatie zijn de reflectoren lateraal te volgen.
Uit meting af te leiden bodemeigenschap	Overgangen van lagen met verschillende diëlektrische constanten. Als deze laagovergangen voldoende abrupt zijn, leidt dit tot contrasten die in het radargram visueel herkenbaar zijn.
Ontwikkelingsfase	Beproefde techniek.
Dieptebereik	Afhankelijk van de meetvariant tot meer dan 1 m. Het vochtgehalte in de bodem (grondwaterstand, kleigehalte) kan de kwaliteit van de metingen negatief beïnvloeden.
Onderscheidend vermogen	Afhankelijk van bodemomstandigheden en heterogeniteit van de diepte van de onderzijde van de afdeklaag en aantal verificatiemetingen is de betrouwbaarheid typisch enkele centimeters.
Toepasbaarheid	Niet toepasbaar indien er begroeiing, bebouwing of objecten op of over de onderzoekslocatie aanwezig zijn. Afhankelijk van het gewenste schaalniveau van de metingen kan een keuze voor een drone (een of enkele percelen) of anders een vliegtuig (groot gebied) worden gemaakt.
Aanbeveling voor toepassing	Primaire techniek om vlakdekkende metingen uit te voeren.
Praktische punten van belang voor toepassing	Het uitvoeren van testmetingen om de toepassing en het onderscheidend vermogen van de techniek onder de lokale omstandigheden te toetsen. Het uitvoeren van ondersteunende metingen (zie andere technieksheets) en verificatiemetingen (bijvoorbeeld handboringen of handsonderingen) om de reflectoren in het radargram te ijken. Het aantal verificatiemetingen wordt proefondervindelijk vastgesteld en mede afgestemd op het gewenste onderscheidend vermogen.