SIKB

Kennis van kwaliteit in bodembeheer

www.sikb.nl



Ontwerp-Handreiking 8102

Onderzoeksstrategie diffuus bodemlood

Bodemonderzoek voor beoordeling van risico's van lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen

Inhoud

1 Inleiding 3

2 Aanleiding en onderzoeksvraag onderzoek diffuse loodverontreiniging kinderspeelplaatsen en (moes)tuin 4

3 Conceptueel Site Model diffuse lood-verontreinigingen bebouwd gebied 5

4 Onderzoeksstrategieën 7

4.1 Uitgangspunten 7
4.2 Termen en definities 8
4.3 Vooronderzoek en onderzoekshypothese 9
4.4 Bepalen diepte monstername-traject 9
4.5 Keuze onderzoeksstrategie 10

5 Beschrijving onderzoeksstrategieën 11

5.1 Strategie: Conventioneel 11
5.1.1 Doel van het onderzoek 11
5.1.2 Vooropname 11
5.1.3 Monsternemingspatroon 11
5.1.4 Diepte van de boringen en de te bemonsteren lagen 11
5.1.5 Aantal boringen, monsters en mengmonsters 11
5.1.6 Analyses 12
5.1.7 Toetsing en risicobeoordeling 13
5.2 Strategie 'Handheld XRF' 13
5.2.1 Doel van het onderzoek 13
5.2.2 Vooropname 13
5.2.3 Monsternemingspatroon 13
5.2.4 Diepte van de boringen en de te bemonsteren lagen 13
5.2.5 Veldmetingen 14
5.2.6 Aantal boringen en monsters 14
5.2.7 Analyses 15
5.2.8 Toetsing en risicobeoordeling 15
5.3 Kenmerken van de onderzoeksstrategieën 'Conventioneel' en 'Handheld XRF' 15

6 Uitvragen bodemonderzoek 17

6.1 Kwaliteitsborging 17
6.1.1 Kennis en ervaring 17
6.1.2 Vereiste erkenningen 17
6.2 Inhoud monsternemingsplan 17
6.3 Kwaliteitseisen aan monsterconservering, monstervoorbehandeling en analyse 18
6.4 Eisen aan de rapportage 18

7 Relevante normdocumenten 19

8 Referenties 20

Bijlage 1. Factsheet prestaties handheld XRF 22

Ontwerp

1 Inleiding

Scope en inhoud van deze handreiking
SIKB Handreiking 8101 ‘Gebiedsgericht onderzoek metalen in de bodem’ geeft aanwijzingen voor het (laten) opzetten en laten uitvoeren van gebiedsgericht onderzoek naar metalen in de bodem. De voorliggende handreiking geeft een nadere invulling aan voor de specifieke onderzoeksopgave naar de blootstellingsrisico’s van diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen. Onder (moes)tuinen worden woningen met tuin, volkstuinen en moestuinen verstaan. Deze handreiking beschrijft voor deze specifieke onderzoeksopgave de uitwerking van de processtappen 2, 3, 4 en 6, zoals beschreven in hoofdstuk 2 van SIKB Handreiking 8101 (zie tabel 1).

De onderzoeksresultaten die via de hier beschreven onderzoeksstrategieën beschikbaar komen, zijn niet zonder meer te gebruiken voor andere doeleinden zoals het bepalen van de omvang van de verontreiniging, voor het toepassen van grond of voor uitvoering van saneringen. Daarvoor blijft het onderzoek conform de Circulaire bodemsanering of het Besluit bodemkwaliteit van toepassing. Het is mogelijk om de verschillende onderzoeksdoelen in één bodemonderzoek te combineren. Als dit gewenst is, kan de in deze handreiking beschreven onderzoeksstrategie voor risicobeoordeling van diffuus lood worden gecombineerd met onderzoeksstrategie(en) voor andere doeleinden.

Tabel 1. Processchema bodemonderzoek van een kinderspeelplaats of een (moes)tuin met een diffuse loodverontreiniging.

	Plaats in deze handreiking	Uitwerking voor ‘onderzoek blootstellingsrisico’s van diffuse loodverontreiniging in de bodem van kinderspeelplaatsen’ en (moes)tuinen
1. Beheren van een gebied met diffuse metalenverontreiniging		
2. Onderzoekswens of -verplichting, voortkomend uit beheer en input overige actoren		Paragraaf 2. Aanleiding en onderzoeksvraag voor het onderzoek blootstellingsrisico’s door diffuse loodverontreiniging in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen.
3.1. Opstellen onderzoeksstrategie stap 1: O.b.v. van alle relevante informatie bepalen (voorlopige) onderzoeksstrategie	Hoofdstuk 3	Paragraaf 3. Conceptueel Site Model diffuse loodverontreinigingen in bebouwd gebied
3.2. Opstellen onderzoeksstrategie stap 2: 'Reality check' onderzoeksstrategie aan de hand van toepasbare technieken	Hoofdstuk 4	Paragraaf 4 en 5. Onderzoeksstrategieën ‘conventioneel’ en ‘handheld XRF’.
4. Uitbesteden bodemonderzoek	Hoofdstuk 5	Paragraaf 6. Uitvragen bodemonderzoek.
5. Uitvoeren bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	
6. Besluitvorming n.a.v. het bodemonderzoek	Hoofdstuk 6	Paragraaf 5.1.7 en 5.2.8. Bepalen blootstellingsrisico’s op basis van de resultaten van het bodemonderzoek.
7. Maatregelen n.a.v. het bodemonderzoek		Niet uitgewerkt in deze handreiking. Het beleidskader van het bevoegd gezag is hierin leidend.

Versie

Als invulling van processtap 3, beschrijven § 4 en § 5 van deze handreiking twee onderzoeksstrategieën, waarbij één onderzoeksstrategie uitgaat van laboratoriumanalyses (AS SIKB 3000) en de andere onderzoeksstrategie uitgaat van gebruik van metingen met handheld röntgen fluorescentie spectrometrie (handheld XRF). Dit is in lijn met NTA 5755, waarin naast conventionele methoden ook elektronische technieken (waaronder handheld XRF) worden genoemd voor het uitvoeren van bodemonderzoek. Uitgangspunt bij de formulering van de onderzoeksstrategieën is dat de loodgehalten (en derhalve de risico's) in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen met beide methoden even betrouwbaar kunnen worden bepaald.

Doelgroep
Deze handreiking is primair bedoeld voor opdrachtgevers die actief zijn bij kwalitatief beheer van de bodem, zoals provincies en gemeenten. Deze handreiking ondersteunt opdrachtgevers bij het bepalen van de onderzoeksstrategie en het doen van de uitvraag voor onderzoek naar diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen en de daarop te baseren risicobeoordeling. Voor de risicobeoordeling wordt verwezen naar Sanscrit (loodmodule).

Ook uitvoerende adviesbureaus kunnen de informatie in deze handreiking gebruiken voor het opstellen van het plan van aanpak (onderzoeksstrategie) en het uitvoeren van het bodemonderzoek en het uitvoeren van de risicobeoordeling voor diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen. De handreiking geeft hiertoe - naast de onderzoeksstrategieën - ook handvatten voor het verrichten van veldwerk en analyse.

Status
Gebruik van deze handreiking is niet verplicht. Het biedt handvatten om het onderzoek naar diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen voor te bereiden en uit te voeren.

De onderzoeksstrategieën voor onderzoek naar diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen zijn gebaseerd op de nieuwste inzichten in risico's van diffuus lood voor kinderen (0 – 6 jaar) en meettechnieken. Om de implementatie in de praktijk te vergemakkelijken is deze strategie opgezet in lijn met de bestaande onderzoeksstrategieën. SIKB heeft het NEN in overweging gegeven om de beschreven onderzoeksstrategieën (na evaluatie van praktijkbevindingen) toe te voegen aan de NEN 5740.

2 Aanleiding en onderzoeksvraag onderzoek diffuse loodverontreiniging kinderspeelplaatsen en (moes)tuin

In het Convenant Bodem en Ondergrond 2016-2020 zijn afspraken gemaakt over het opstellen van beleid en het communiceren van gebruiksadviezen voor gebieden waar diffuse bodemverontreiniging leidt tot onaanvaardbare blootstellingsrisico's. Met name lood in de bovengrond van diffuus verontreinigde gebieden kan leiden tot onaanvaardbare gezondheidsrisico's voor jonge kinderen (0 – 6 jaar; vanwege hun hand-mond-gedrag)[1,2]. Lood heeft bij jonge kinderen een nadelig effect op het leervermogen en leidt tot een verlies van IQ-punten[1,2].

In wijken van steden of woonkernen in landelijk gebied met een rijke gebruikshistorie is de aanwezigheid van diffuse loodverontreiniging in de bodem een blijvend punt van aandacht. Voor overheden is het belangrijk dat eventuele risico's voor de gebruiksfuncties, die worden veroorzaakt door lood met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden ingeschat. Locaties waar jonge kinderen

Ontwerp

(0 – 6 jaar) vaak spelen, waaronder kinderspeelplaatsen en tuinen, hebben prioriteit bij het doen van bodemonderzoek, het maken van een risicobeoordeling en het nemen van maatregelen (sanering/gebruiksadviezen)[2]. Het gaat dan om kinderspeelplaatsen en tuinen waar kinderen direct in contact kunnen komen met bodemlood (niet afgedekte, onverharde terreindelen). De onderzoeksstrategieën in deze handreiking zijn ook geschikt voor onderzoek naar blootstellingsrisico's in moestuinen. Hoewel kinderen hier minder vaak spelen / in aanraking komen met grond, is ook hier ingestie van grond een belangrijke blootstellingsroute, naast in beperkte mate opname via consumptie van de gewassen uit de moestuin.

Onderzoeksvraag
De onderzoeksvraag bij bodemonderzoek naar diffuus lood op kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen is:

Wat is de blootstelling – met name voor jonge kinderen (0 – 6 jaar) - aan bodemlood op de te onderzoeken kinderspeelplaats en/of (moes)tuin?

De afgeleide onderzoeksvraag daarbij is:

Wat is de verontreinigingsgraad van de contactzone van de bodem met lood van de niet afgedekte onverharde terreindelen van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen?

3 Conceptueel Site Model diffuse lood-verontreinigingen bebouwd gebied

Het Conceptueel 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. Het werken met CSM kan het proces van onderzoek, interpretatie en visualisatie ondersteunen.

Deze paragraaf beschrijft beschikbare informatie over diffuse loodverontreinigingen in de bodems van bebouwde gebieden in Nederland in het algemeen en in het bijzonder in relatie tot de onderzoeksvraag:

Wat is de blootstelling – met name voor jonge kinderen (0 – 6 jaar) - aan bodemlood op kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen?

Deze informatie vormt als CMS het fundament voor de onderzoeksstrategieën in hoofdstuk 4 en 5 van deze handreiking. Initiatiefnemers van gebieds- of locatiegericht bodemonderzoek voor beoordeling van risico's van diffuse loodverontreinigingen kunnen de informatie in deze paragraaf gebruiken bij de opstelling van een gebieds- of locatie specifiek CMS en op basis daarvan de hier uitgewerkte onderzoeksstrategieën optimaal toesnijden op de gebieds- of locatie specifieke omstandigheden.

Ontwerp

Diffuse loodverontreinigingen in bebouwde gebieden van Nederland
De hoogste loodgehalten (oplopend tot 5.000 mg/kg) in de Nederlandse bodem zijn gemeten in dorpen en steden met een lange bewoningsgeschiedenis (bebouwd gebied)[3]. De verhoogde loodgehalten in deze bodems zijn veroorzaakt door diverse menselijke activiteiten, waaronder[3,4]

1) De productie, het gebruik, de slijtage en de stort van loodhoudende materialen (waaronder bouwmaterialen en gebruiksvoorwerpen).
2) Het legen/uitstrooien van as uit de kolenkachel op de bodem.
3) De verbranding van afval en loodhoudende brandstoffen (afval in afvalverbrandingsinstallaties, steenkool en loodhoudende benzine).
4) Kleinschalige industrie zoals de productie van loodwit (sinds circa 1860).

Uit uitgebreid onderzoek in vier Nederlandse dorpen en steden met een lange bewoningsgeschiedenis blijkt dat de voornaamste loodbronnen (circa 75 %) bestaan uit een mix van geglazuurde potscherven, scherven van geglazuurde dakpannen, resten van bouwmaterialen (loodslabben), metaalslakken, verfresten en (steen)koolassen. Deze loodbronnen zijn met name in de toplaag van de bodem terechtgekomen door de voorgenoemde activiteiten 1 en 2. Stadsafval, verontreinigd met deze loodbronnen, is ook gebruikt om elders het land op te hogen en te bemesten, waardoor de loodverontreiniging verder verspreid is. Dit type loodverontreiniging is heterogeen van aard omdat het verschillende loodhoudende deeltjes betreft (sterk variërend in diameter), die slechts her en der in de bodem voorkomen, maar in grote mate het gemeten loodgehalte bepalen[3,5,6]. Deze verontreiniging is vaak visueel waarneembaar als puindeeltjes[3,5,6].

Overige loodbronnen (circa 25 %), die in de bodem van dorpen en steden met een lange bewoningsgeschiedenis voor komen, zijn as van afvalverbrandingsinstallaties en resten van de verbranding van loodhoudende benzine (activiteit 3)[3]. Dit zijn atmosferische loodbronnen welke veelal homogener verdeeld zijn in de bodem, maar waarvan de loodgehalten sterk gerelateerd zijn aan de afstand tot wegen en afvalverbrandingsinstallaties. De loodgehalten in de bodem veroorzaakt door atmosferische depositie (activiteit 3) zijn veelal lager dan de loodgehalten veroorzaakt door bouw, verwering, renovatie en sloop van huizen die loodhoudend bouwmaterialen bevatten en de stort van steenkoolassen (activiteit 1 en 2)[3]. Deze verontreiniging is niet zichtbaar met het blote oog.

De productie van loodwit (activiteit 4) heeft ook geresulteerd in atmosferische depositie van lood in de omgeving van de fabrieken. Deze verontreiniging vertoont ook een homogenere verdeling (net als activiteit 3), wordt gekarakteriseerd door hoge loodgehalten in de toplaag van de bodem en is meestal visueel niet waarneembaar. Historisch onderzoek geeft informatie over de aanwezigheid van een voormalige loodwitfabriek in een onderzoeksgebied.

Alle bovengenoemde loodbronnen zijn in de toplaag van de bodem terechtgekomen. De diepte tot waar de loodverontreiniging voorkomt, heeft te maken met de wijze waarop het lood in de bodem terecht is gekomen. De dikte van met lood verontreinigde bodemlaag kan daardoor sterk variëren. Zo variëren de loodhoudende toemaakdekken (mengsel van stadsafval, stalmest en bagger) in de Provincie Utrecht, Noord-Holland en Zuid-Holland in dikte van 0,15 tot 0,50 m, terwijl verhoogde loodgehalten in de bodem van Graft-De Rijp (loodhoudende bouwmateriaalresten, gebruiksvoorwerpen en koolassen) voorkomen tot een diepte van 1,80 m[3,7].

Indien (veen)gaten zijn gedicht met loodhoudend (stads)afval of de bodem is bemest en/of verstevigd met loodhoudend (stads)afval kan de loodverontreiniging tot grote diepte voorkomen (bijvoorbeeld in Graft – De Rijp).

Ontwerp

Als de bodem verontreinigd is met loodhoudende bouwmaterialen en steenkoolassen (bijvoorbeeld achtertuinen woningen) en de bodem is niet vergraven dan bevindt de loodverontreiniging zich ongeveer in de bovenste 0,25 m (bijvoorbeeld in de gemeente Zaanstad). De gemeente Zaanstad heeft onderzocht in welk diepte-interval van de bodem de hoogste loodgehalten zijn gemeten[8]. Dit blijken de diepte-intervallen 0 – 0,10 m-mv en 0,10 – 0,25 m-mv te zijn. In Zaanstad zijn in het diepte-interval 0,25 – 0,50 m-mv beduidend lagere loodgehalten gemeten.

Loodverontreinigingen die veroorzaakt zijn door atmosferische depositie, waaronder benzinelood[3], komen veelal voor in de bovenste 0,1 m van de bodem (bijvoorbeeld langs wegen).

Blootstelling aan diffuus bodemlood op kinderspeelplaatsen en in (moes)tuinen
Met name jonge kinderen (tot 6 jaar) krijgen een aanzienlijke hoeveelheid bodem binnen door hun hand-mond-gedrag (aangenomen wordt 100 mg bodem per dag). Hierdoor kan lood in de bodem een risico vormen voor hun gezondheid[9]. Tijdens buitenspelen, zoals in tuinen en kinderspeelplaatsen, zullen kinderen in het bijzonder worden blootgesteld aan lood dat zich in de toplaag (bovenste 2 cm) van de bodem bevindt[9]. Volgens het RIVM is de eerste 10 cm echter representatiever voor het totale loodgehalte in de bodem, en is monstername van de bovenste 10 cm robuuster[9]. In haar richtlijn voor het bepalen van de orale biobeschikbaarheid van lood, adviseert het RIVM derhalve voor om de bovenste 10 cm te bemonsteren. Wanneer er echter aanwijzingen zijn dat vooral iets dieper (tot 50 cm) een veel hogere of andersoortige verontreiniging zit, adviseert het RIVM om de monstername hierop aan te passen. Immers, deze diepere laag kan door werkzaamheden naar boven worden gebracht[9].

Blootstelling aan diffuus bodemlood kan ook plaatsvinden door gewasopname. Het gaat dan met name om gewassen uit volkstuinen en moestuinen. Volgens het RIVM is blootstelling aan lood via grondingestie echter vele malen hoger dan via gewasopname (bij wonen met tuin circa 90% via grondingestie en 10% via gewasopname).

In de in deze handreiking beschreven onderzoeksstrategieën wordt afgeweken van de door het RIVM geadviseerde monsterdiepte van 0 – 0,1 m-mv, omdat bij normaal gebruik (leggen van graszoden, het planten van bloemen, struiken en bomen, etc.) de bodem geroerd zal zijn tot een diepte van circa 0,2 m-mv. Derhalve is de in § 4 en 5 beschreven onderzoeksstrategieën gekozen voor een standaard monsterdiepte van 0 – 0,2 m-mv. Deze standaard monsterdiepte is onder gangbare omstandigheden zowel bepalend voor blootstelling via grondingestie als voor gewasopname.

Afwijken van deze standaard monsterdiepte is wenselijk als er aanwijzingen zijn dat de loodverontreiniging (vooral) dieper zit dan 0,2 m-mv, bijvoorbeeld omdat een schonere ophooglaag aanwezig is of vanwege veelvuldige graafwerkzaamheden. Kortom, maatwerk is gewenst (zie § 4.4).

Ontwerp

4 Onderzoeksstrategieën

4.1 Uitgangspunten

Bij het bodemonderzoek, t.b.v. de risicobeoordeling, worden alleen die terreindelen onderzocht waar mensen – en met name jonge kinderen (0 – 6 jaar) - direct in contact komen met bodemlood (onafgedekte, onverharde terreindelen). De invloed van verharde terreindelen op het blootstellingsrisico wordt buiten beschouwing gelaten.

De geformuleerde onderzoeksstrategieën zijn in lijn met NTA 5755, waarbij gekozen is voor een standaard monsterdiepte van 0 - 0,2 m-mv (i.p.v. 0 - 0,5 m-mv), omdat dit de contactlaag is voor het hand-mond-gedrag van jonge kinderen, die bepalend is voor de blootstellingsrisico's van jonge kinderen (0 tot 6 jaar) die het meest gevoelig zijn voor lood (zie hoofdstuk 3). Maatwerk is echter mogelijk (zie § 4.4).

In de gepresenteerde onderzoeksstrategieën is gekozen voor een hogere monsternamedichtheid dan wordt voorgeschreven in NEN 5740, om een betrouwbaardere uitspraak te kunnen doen over het gemiddelde loodgehalte in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen uitgaande van een diffuse bodembelasting en heterogeen verdeelde loodverontreiniging.

De onderzoeksresultaten die via de hier beschreven onderzoeksstrategieën beschikbaar komen, zijn niet zonder meer te gebruiken voor andere doeleinden, zoals het bepalen van de omvang van de verontreiniging, voor het toepassen van grond of voor uitvoering van saneringen. Daarvoor blijft het onderzoek conform de Circulaire bodemsanering of het Bkk onverkort van toepassing. Het is wel mogelijk om de verschillende onderzoeksdoelen in één bodemonderzoek te combineren. Als dit gewenst is, kan de hier beschreven onderzoeksstrategie voor risicobeoordeling van diffuus lood worden gecombineerd met (elementen van) de geldende onderzoeksvereisten voor bijvoorbeeld BUS-saneringen of hergebruik van grond.

4.2 Termen en definities

Voor de toepassing van § 4 en § 5 gelden de volgende termen en definities:

Analysemonster *
Door de voorgeschreven wijze van monstervoorbehandeling verkregen hoeveelheid monstermateriaal dat volledig voor de analyse wordt gebruikt.

Diffuse bodembelasting *
In relatie tot de onderzoeksschaal, gelijkmatige belasting van de bodem over een groter gebied.

OPMERKING: Bij een diffuse bodembelasting is over het algemeen geen duidelijke verontreinigingskern aanwezig. In onderhavige handreiking betreft het alleen diffuus verontreinigde bodems met lood.

Heterogeen verdeelde verontreinigende stof *
Verontreinigende stof (lees: lood) die wordt gekenmerkt door matig tot veel variatie op schaal van de monsterneming.

Kinderspeelplaats
Locatie die door een gemeente/eigenaar als speellocatie voor kinderen – waaronder de groep 0-6 jaar – wordt aangegeven. De omvang van de door de gemeente/eigenaar aangegeven speellocatie wordt in onderhavige handreiking uitgebreid met het direct aangrenzende, onverharde maaiveld vanaf de daadwerkelijke speellocatie. Dit wordt beperkt door de aanwezigheid van i) een openbare straat en ii) een hekwerk.

Locatie *
Grondgebied dat wordt onderzocht op de aanwezigheid van verontreinigende stoffen.

Ontwerp

Mengmonster
Monster verkregen door het in het veld mengen van in het veld verkregen afzonderlijke bodemmonsters.

(Moes)tuin
Locaties die vallen onder de noemer ‘wonen met tuin’, ‘volkstuinen’ en ‘moestuinen’.

Onbedekte en onverharde bodem
Oppervlakte niet bedekt of verhard met bestrating (tegels, klinkers, etc.), asfalt, beton en/of kunstgras.

OPMERKING: * betekent: de definitie is afkomstig uit NEN 5740.

4.3 Vooronderzoek en onderzoekshypothese

De beschreven onderzoeksstrategieën zijn ontworpen voor locaties waarvan beschikbare informatie (over gebruik, de bodemkwaliteitskaart en - indien beschikbaar – de resultaten van locatiegericht bodemonderzoek) aanleiding is om de gezondheidsrisico’s van de diffuse loodverontreiniging in de bodem meer gedetailleerd in kaart te brengen.

In de beschreven onderzoeksstrategieën is de onderzoekshypothese voor alle te onderzoeken kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen hetzelfde. Er wordt uitgegaan van een verdachte locatie, diffuse bodembelasting en heterogeen verdeelde loodverontreiniging op schaal van monsterneming. Dit komt overeen met de definitie VED-HE zoals genoemd in NEN 5740.

Deze onderzoekshypothese volgt uit de bodemkwaliteitskaart en/of resultaten van eerder uitgevoerd bodemonderzoek, eventueel in combinatie met informatie over het historisch gebruik, van de te onderzoeken kinderspeelplaats of (moes)tuin.

In tegenstelling tot NEN 5740 hoeft het onderzoek om deze reden niet voorafgegaan te worden door een vooronderzoek conform NEN 5725. NEN 5740 schrijft voor dat op basis van de resultaten van het vooronderzoek, de onderzoekshypothese dient te worden bepaald.

4.4 Bepalen diepte monstername-traject

Bij de keuze van de monsterdiepte zijn de volgende aspecten van belang:

1) Tot welke diepte komt de loodverontreiniging in de bodem voor en wat is hierbij de verticale variatie in loodgehalten? Dit is de historische bodemverontreiniging.
2) Wat is de bodemlaag waaraan mensen – en met name kinderen (0 – 6 jaar) - worden blootgesteld? Het betreft dan met name de bodemlaag die relevant is voor grondingestie, en in mindere mate de laag die relevant is voor gewasopname.
3) Wat zijn de te verwachten werkzaamheden op de onderzoekslocatie (kinderspeelplaats of (moes)tuin) die de loodgehalten in de toplaag (0 – 20 m-mv) kunnen beïnvloeden en daarmee ook van invloed kunnen zijn op de blootstellingrisico’s?

Het loodgehalte in de onbedekte en onverharde bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen in het diepte-interval van 0 – 0,2 m-mv bepaalt in grote mate de actuele blootstellingsrisico’s, zie hoofdstuk 3. De bodemsamenstelling is echter niet statisch. Door, onder andere,

Ontwerp

graafwerkzaamheden kan lood dat dieper in de bodem zit naar boven komen. Hierdoor kan de bodemsamenstelling van de bovenste 0,2 m sterk veranderen (en hiermee de blootstellingsrisico's).

Dit is vooral relevant voor de risicobeoordeling als er aanwijzingen zijn of als is aangetoond (bv. met een quick scan m.b.v. XRF-metingen bij de start van het veldwerk), dat in de bodemlaag van 0,2 - 0,5 m-mv gelijke of veel hogere loodgehalten voorkomen dan in de bodemlaag van 0 – 0,2 m-mv. Bij de keuze van de monsterdiepte kan met dergelijke specifieke omstandigheden rekening worden gehouden. Er kan dan worden gekozen voor een passend groter dieptetraject of voor twee of meer dieptetrajecten (0 - 0,2 m-mv en dieper dan 0,2 m-mv). Op basis hiervan kunnen dan zowel de actuele blootstellingsrisico's (0 – 0,2 m-mv) als de toekomstige potentiële blootstellingsrisico's (bij grondwerkzaamheden) worden bepaald.

OPMERKING: In de onderzoeksstrategieën in deze handreiking wordt een ander monstername diepte-interval gehanteerd en een hogere monsternamedichtheid dan in de onderzoekstrategie VED-HE zoals beschreven in NEN 5740. Dit is wenselijk om met een hogere betrouwbaarheid de blootstellingsrisico's van lood – met name voor jonge kinderen (0 – 6 jaar) - vast te kunnen stellen.

4.5 Keuze onderzoeksstrategie

Hoofdstuk 5 beschrijft twee onderzoeksstrategieën voor diffuus bodemlood op kinderspeelplaatsen en in (moes)tuinen:

Optie 1: Onderzoeksstrategie 'conventioneel' (§ 5.1)
Optie 2: Onderzoeksstrategie 'handheld XRF' (§ 5.2)

Beide onderzoeksstrategieën leveren eenzelfde betrouwbaar onderzoeksresultaat op. In principe kunnen beide onderzoeksstrategieën worden toegepast en, indien gewenst, gecombineerd.

Echter, handheld XRF metingen zijn gevoelig voor vocht in bodemmonsters. Bij toenemende vochtgehaltes, nemen de gemeten loodgehalten af. EPA (1998) heeft een richtlijn opgesteld voor het gebruik van de handheld XRF voor bodemonderzoek. Hierin wordt vermeld dat bij een vochtpercentage > 20% de handheld XRF niet meer gebruikt kan worden in het veld (de monsters moeten dan eerst worden gedroogd). NEN-EN-ISO (2015) raadt aan om bodemmonsters met een vochtgehalte > 10% eerst te drogen alvorens te analyseren met een handgehouden of draagbare XRF. Omdat alle vochtgehaltes > 0 % effect (onderschatting) hebben op het met de handheld XRF gemeten loodgehalte (zie bijlage 1), is in onderhavige handreiking de grenswaarde van het vochtgehalte vastgelegd op 0 %. Als het vochtgehalte > 0 % is dan kan de onderzoeksstrategie 'handheld XRF' alleen gebruikt worden als 1) de bodemmonsters eerst worden gedroogd of 2) een vochtcorrectie wordt toegepast (opmerking 1).

OPMERKING 1: Indien het vochtgehalte van het bodemmonster bekend is, dan kan dit worden gebruikt om het met de handheld XRF gemeten loodgehalte te corrigeren. Dit is een zogenaamde vochtcorrectie (voor meer inhoudelijke informatie zie bijlage 1 en SIKB Handreiking 8103). Vochtgehaltes kunnen in het veld, onder andere, gemeten worden met een vochtsensor.

Ontwerp

5 Beschrijving onderzoeksstrategieën

5.1 Strategie: Conventioneel

In de onderzoeksstrategie 'conventioneel' worden bodemmonsters genomen welke vervolgens ter analyse naar een geaccrediteerd laboratorium worden gestuurd. De kenmerken van deze strategie ten opzichte van de strategie 'Handheld XRF' zijn beschreven in § 5.3.

5.1.1 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de verontreinigingsgraad van de contactzone van de bodem met lood van de niet afgedekte onverharde terreindelen van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen. Voor het vaststellen van de bloostellingsrisico's – met name voor jonge kinderen (0 - 6 jaar) wordt verwezen naar Sanscrit (loodmodule).

5.1.2 Vooropname

Om te kunnen bepalen hoeveel m^2 onverhard en onbedekt oppervlak aanwezig is op de onderzoekslocatie (kinderspeelplaats of (moes)tuin), dient een vooropname gemaakt te worden en/of recente luchtfoto's bestudeerd te worden van de onderzoekslocatie. Het aantal m^2 onverhard en onbedekt oppervlak bepaalt hoeveel boringen gezet gaan worden en hoeveel mengmonsters gemaakt dienen te worden (zie § 5.1.5).

5.1.3 Monsternemingspatroon

De boringen worden gelijkmatig verdeeld over de onverharde en onbedekte delen van de onderzoekslocatie. De kinderspeelplaats of (moes)tuin wordt hierbij beschouwd als 1 locatie.

5.1.4 Diepte van de boringen en de te bemonsteren lagen

De boringen worden standaard uitgevoerd voor het diepte interval 0 -0 0,2 m-mv. Afwijken van deze standaard monsterdiepte is wenselijk als er aanwijzingen zijn dat de loodverontreiniging (vooral) dieper zit dan 0,2 m-mv of indien vermenging door veelvuldige graafwerkzaamheden in de toekomst aannemelijk is, zie hoofdstuk 3 en § 4.4.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen. Ongeacht de bodemopbouw wordt het vooraf vastgestelde dieptetraject van onverharde en onbedekte bodem bemonsterd. Het volume van het monster dient circa 0,3 l te zijn (volume van AS3000 laboratorium monsterpot).

5.1.5 Aantal boringen, monsters en mengmonsters

In tabel 1 zijn de minimum aantallen te verrichten boringen en te analyseren (meng)monsters als functie van het onverharde en onbedekte oppervlak van de locatie gegeven. Per 500 m^2 onverhard en onbedekte bodem worden 20 grondmonsters genomen. Handboringen voor het nemen van de grondmonsters dienen te worden uitgevoerd volgens de werkwijze beschreven in SIKB protocol 2001. Boorsystemen die volgens SIKB protocol 2001 mogen worden toegepast zijn, onder andere, Edelmanboren, Van der Horstboren, Riversideboren en gutsen. Alle genomen grondmonsters dienen meegenomen te worden in de analyses. De grondmonsters mogen individueel geanalyseerd worden en/of als mengmonsters, waarbij geldt dat ten hoogste 4 grondmonsters mogen worden gemengd tot een mengmonster (conform NEN 5740 VED-HE). Dit resulteert in de analyse van minimaal 5 (meng)monsters.

Ontwerp

Tabel 1. Onderzoeksstrategie 'conventioneel': Voorbeelden van monsternamestrategieën van het aantal te verrichten boringen en te analyseren (meng)monsters.

Oppervlakte: Onverharde en onbedekte bodem per locatie (m^2)[#1]	**Boringen (grondmonsters)[#2, #3]**	**Aantal te analyseren (meng)monsters (minimaal)**
≤ 500	20	5
≤ 1000	40	10
≤ 2000	80	20
2000 + n x 500	80 + n x 20	20 + n x 5

#1 n = gehele getallen

#2 De monsternamedichtheid is minimaal 1 monster (boring) per 25 m^2.

#3 Het minimum aantal boringen van 20 per onderzoekslocatie (kinderspeelplaats) is gebaseerd op het statistisch onderbouwde onderzoek van de gemeente Rotterdam[10-13]. Uit dit onderzoek blijkt dat bij 20 monsterpunten per locatie in de heterogeen met metalen verontreinigde gebieden in Rotterdam, de uitkomst van het onderzoek een betrouwbare inschatting geeft van het gemiddelde loodgehalte in de bodem van de locatie.

OPMERKING 1: Het monstermateriaal van de individuele boringen dient in het veld handmatig gemengd te worden, zodat (zo goed mogelijk) een homogene kleur en textuur wordt verkregen. De handmatig gemengde grondmonsters dienen overgebracht te worden in (laboratorium)monsterpotten van circa 0,3 l en verstuurd te worden naar een geaccrediteerd laboratorium.

OPMERKING 2: Met een (steek)guts kan het meest nauwkeurig 0 – 0,2 m-mv worden bemonsterd.

OPMERKING 3: Mogelijk kunnen verschillende plaatsen onderscheiden worden op de onderzoekslocatie waar veelvuldig contact met de bodem waarschijnlijk is, zoals een zandbak, kale plekken bij de speeltoestellen, een trapveldje of een groenstrook. Aanbevolen wordt om in ieder geval op deze plaatsen een meetpunt te plaatsen.

OPMERKING 4: Zandbakzand dient ook bemonsterd en geanalyseerd te worden, ook al betreft het gecertificeerd ('schoon') zand. Het uiteindelijke doel van bodemonderzoek naar diffuus lood op kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen is het bepalen van de (gemiddelde) blootstellingsrisico's en niet het in het kaart brengen van een bodemverontreiniging. Zandbakzand draagt ook in mindere of meerdere mate bij aan de (gemiddelde) blootstellingsrisico's.

OPMERKING 5: Bij zeer kleinschalige onderzoekslocaties kan gemotiveerd worden afgeweken van het voorgestelde aantal boringen, monsters en mengmonsters.

5.1.6 Analyses

De (meng)monsters worden voorbehandeld en geanalyseerd op lood conform NEN-EN 16179 en AS SIKB 3000. De (meng)monsters worden gezeefd over 2 mm. De fractie < 2 mm wordt geanalyseerd op lood. De lutum- en organisch stofgehalten hoeven niet te worden bepaald (indien het resultaat alleen bedoeld is om de blootstellingsrisico's van lood te bepalen).

Ontwerp

5.1.7 Toetsing en risicobeoordeling

De toetsing en risicobeoordeling valt buiten de scope van onderhavige handreiking. Voor de risicobeoordeling wordt verwezen naar Sanscrit (loodmodule). Er dient te worden getoetst aan de analyseresultaten van het geaccrediteerde laboratorium (loodgehalten van de (meng)monsters).

5.2 Strategie 'Handheld XRF'

In diverse onderzoeken zijn de prestatiekenmerken van de handheld XRF bepaald[14-18]. Uit deze onderzoeken blijkt dat prestatiekenmerken van de handheld XRF voldoen aan de prestatie-eisen die door SIKB worden gesteld aan de analyse van lood door een geaccrediteerd laboratorium (AS SIKB 3000). Tevens is in deze onderzoeken de gelijkwaardigheid van de handheld XRF meetresultaten met conventionele laboratoriumanalyses onderzocht middels lineaire regressie analyse[14-18]. In al deze onderzoeken komt naar voren dat de loodgehalten bepaald met de handheld XRF – indien juist gekalibreerd – 1) gelijkwaardig zijn aan de loodgehalten bepaald volgens de conventionele laboratoriumanalyses of 2) net niet gelijkwaardig zijn doordat heterogeen verdeelde puindeeltjes en/of veldvochtigheid resulteert in een kleine onderschatting van het loodgehalte bepaald met de handheld XRF.

Hef effect van vocht op de handheld XRF metingen is in onderhavige handreiking ondervangen door te stellen dat de handheld XRF alleen mag worden ingezet als 1) de bodemmonsters (in het veld) eerst worden gedroogd of 2) een vochtcorrectie wordt toegepast, zie § 4.5 en 5.2.5.
Het effect van de aanwezigheid van heterogeen verdeelde puindeeltjes is ondervangen door elk monster (boring/steek) handmatig te mengen en minimaal 2 maal (duplo) te analyseren op lood.

In Bijlage 1 is een factsheet opgenomen waarin de prestatiekenmerken van de handheld XRF t.o.v. laboratoriumanalyses zijn beschreven. Tevens zijn storende invloeden nader toegelicht (met name vochteffect) en is de meerwaarde van de handheld XRF beschreven. De kenmerken van de strategie 'Handheld XRF' ten opzichte van de strategie 'Conventioneel' zijn beschreven in § 5.3.

5.2.1 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de verontreinigingsgraad van de contactzone van de bodem met lood van de niet afgedekte onverharde terreindelen van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen. Voor het vaststellen van de bloostellingsrisico's – met name voor jonge kinderen (0 - 6 jaar) wordt verwezen naar Sanscrit (loodmodule).

5.2.2 Vooropname

Om te kunnen bepalen hoeveel m^2 onverhard en onbedekt oppervlak aanwezig is op de onderzoekslocatie (kinderspeelplaats of (moes)tuin), dient een vooropname gemaakt te worden en/of recente luchtfoto's bestudeerd te worden van de onderzoekslocatie. Het aantal m^2 onverhard en onbedekt oppervlak bepaalt hoeveel boringen gezet gaan worden en hoeveel mengmonsters gemaakt dienen te worden (zie § 5.2.6).

5.2.3 Monsternemingspatroon

De boringen worden gelijkmatig verdeeld over de onverharde en onbedekte delen van de onderzoekslocatie. De kinderspeelplaats of (moes)tuin wordt hierbij beschouwd als 1 locatie.
Met de handheld XRF wordt elke boring (monster) separaat geanalyseerd (zie § 5.2.6).

5.2.4 Diepte van de boringen en de te bemonsteren lagen

De boringen worden standaard uitgevoerd voor het diepte interval 0 -0 0,2 m-mv. Afwijken van deze standaard monsterdiepte is wenselijk als er aanwijzingen zijn dat de loodverontreiniging (vooral)

Ontwerp

dieper zit dan 0,2 m-mv of indien vermenging door veelvuldige graafwerkzaamheden in de toekomst aannemelijk is, zie hoofdstuk 3 en § 4.4.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen. Ongeacht de bodemopbouw wordt het vooraf vastgestelde dieptetraject van onverharde en onbedekte bodem bemonsterd. Het volume van het monster dient circa 0,3 l te zijn (volume van AS3000 laboratorium monsterpot).

OPMERKING: Met de handheld XRF is het mogelijk om meerdere diepte-intervallen ter plekke te analyseren, om vast te stellen in welke mate de loodverontreiniging aanwezig is in de bodem. Op basis van de handheld XRF meetresultaten van verschillende diepte-intervallen kan onderbouwd worden afgeweken van het standaard diepte-interval van 0 – 0,2 m-mv. Er kan bijvoorbeeld besloten worden om zowel het diepte-interval 0 – 0,2 m-mv als diepere dieptevallen (> 0,2 m-mv) te meten met de handheld XRF.

5.2.5 Veldmetingen

De onderzoeksstrategie 'handheld XRF' mag alleen worden toegepast als 1) de bodemmonsters (in het veld) eerst worden gedroogd of 2) een vochtcorrectie wordt toegepast, zie § 4.5. In SIKB Handreiking 8103 is beschreven hoe een vochtcorrectie kan worden opgesteld en uitgevoerd. Ten behoeve van de vochtcorrectie kan het vochtgehalte in het veld worden bepaald met een vochtsensor. Meet het vochtgehalte van de bodem (standaard 0 – 0,2 m-mv) waarvan een monster genomen gaat worden (in-situ), of van het bodemmonster zelf (ex-situ), conform de (gebruiks)voorschriften van de vochtsensor. Gebruik het gemeten bodemvochtgehalte om de vochtcorrectie uit te voeren.

5.2.6 Aantal boringen en monsters

In tabel 4 zijn de minimum aantallen te verrichten boringen en te analyseren monsters als functie van het onverharde en onbedekte oppervlak van de locatie gegeven. Per 500 m^2 onverhard en onbedekte bodem worden 20 grondmonsters genomen. Handboringen voor het nemen van de grondmonsters dienen te worden uitgevoerd volgens de werkwijze beschreven in SIKB protocol 2001. Boorsystemen die volgens SIKB protocol 2001 mogen worden toegepast zijn, onder andere, Edelmanboren, Van der Horstboren, Riversideboren en gutsen. Alle genomen grondmonsters dienen meegenomen te worden in de analyses. Alle grondmonsters worden minimaal in duplo geanalyseerd met de handheld XRF. Er worden geen mengmonsters gemaakt/geanalyseerd.

Tabel 4. Onderzoeksstrategie 'handheld XRF': Voorbeelden van monsternamestrategieën van het aantal te verrichten boringen en analyses.

Oppervlakte: Onverharde en onbedekte bodem per locatie (m^2)[#1]	**Boringen (grondmonsters)[#2, #3]**	**Metingen (minimaal)**
≤ 500	20	40
≤ 1000	40	80
≤ [5.1, 2, b]	80	160
[5.1, 2, b] + n x 500	80 + n x 20	160 + n x 40

#1 n = gehele getallen

#2 De monsternamedichtheid is minimaal 1 monster (boring) per 25 m^2.

#3 Het minimum aantal boringen van 20 per onderzoekslocatie (kinderspeelplaats) is gebaseerd op het statistisch onderbouwde onderzoek van de gemeente [5.1, 2, e] dam[10-13]. Uit dit onderzoek blijkt dat bij 20

monsterpunten per locatie in de heterogeen met metalen verontreinigde gebieden in [5.1, 2, e] dam, de uitkomst van het onderzoek een betrouwbare inschatting geeft van het gemiddelde loodgehalte in de bodem van de locatie.

OPMERKING 1: Alle individuele monsters dienen handmatig gemengd te worden, zodat (zo goed mogelijk) een homogene kleur en textuur wordt verkregen, voordat ze worden geanalyseerd met de handheld XRF. Indien een monster moeilijk te mengen is, omdat het bijvoorbeeld bestaat uit zowel zand als klei, is het ook toegestaan om de niet mengbare bodemdelen (bijvoorbeeld zand en klei) afzonderlijk te meten met de handheld XRF.

OPMERKING 2: Mogelijk kunnen verschillende plaatsen onderscheiden worden op de onderzoekslocatie waar veelvuldig contact met de bodem waarschijnlijk is, zoals een zandbak, kale plekken bij de speeltoestellen, een trapveldje of een groenstrook. Aanbevolen wordt om in ieder geval op deze plaatsen een meetpunt te plaatsen.

OPMERKING 3: Zandbakzand dient ook bemonsterd en bemeten te worden, ook al betreft het gecertificeerd (‘schoon’) zand. Het uiteindelijke doel van bodemonderzoek naar diffuus lood op kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen is het bepalen van de (gemiddelde) blootstellingsrisico’s en niet het in het kaart brengen van een bodemverontreiniging. Zandbakzand draagt ook in mindere of meerdere mate bij aan de (gemiddelde) bloostellingsrisico’s.

OPMERKING 4: Bij zeer kleinschalige onderzoekslocaties kan gemotiveerd worden afgeweken van het voorgestelde aantal boringen en handheld XRF metingen.

5.2.7 Analyses

De bodemmonsters dienen te worden voorbehandeld (handmatig mengen en handmatig verwijderen grove delen) en minimaal in duplo te worden geanalyseerd op lood conform SIKB Handreiking 8103.

5.2.8 Toetsing en risicobeoordeling

De toetsing en risicobeoordeling valt buiten de scope van onderhavige handreiking. Voor de risicobeoordeling wordt verwezen naar Sanscrit (loodmodule). Er dient te worden getoetst aan de meetresultaten van de handheld XRF (loodgehalten van de grondmonsters).

5.3 Kenmerken van de onderzoeksstrategieën ‘Conventioneel’ en ‘Handheld XRF’

In tabel 5 zijn de voornaamste kenmerken van de bepaling van de loodgehalten in een geaccrediteerd laboratorium en met de handheld XRF (in het veld) weergegeven.

Tabel 5. Kenmerken conventionele laboratoriumanalyses en handheld XRF metingen.

Kenmerken	**conventionele laboratoriumanalyses**	**handheld XRF metingen**
Data dichtheid	Datadichtheid is relatief laag (minimaal 5 (meng)monster uit 20 boringen/steken)	Datadichtheid is relatief hoog (elk monster in duplo gemeten)
Kosten	Kosten zijn relatief hoog Oplopend indien meerdere analyses verricht moeten worden (bij meerdere mengmonsters)	Kosten zijn relatief laag Met name wanneer veel metingen per dag gedaan kunnen worden

Ontwerp

Kenmerken	conventionele laboratoriumanalyses	handheld XRF metingen
Kwaliteitscontrole	Kwaliteitscontrole door geaccrediteerde laboratoria (volgens vastgestelde richtlijnen)	Kwaliteitscontrole door veldwerker Dit wordt geborgd door te meten volgens SIKB Handreiking 8103
Doorlooptijd	Relatief lang: de analysegegevens zijn niet direct beschikbaar	Relatief kort: de meetresultaten (loodgehalten) zijn direct beschikbaar)
Gevoeligheden	Uitgebreide monstervoorbehandeling (drogen, malen, mengen)	Beperkte monstervoorbehandeling (alleen handmatig mengen) Hiervoor wordt gecompenseerd door: - een vochtcorrectie uit te voeren (of monsters te drogen) - veel metingen te verrichten (elk monster in duplo gemeten)
Maatwerk	Maatwerk niet of pas achteraf mogelijk (als analysegegevens bekend zijn)	Maatwerk ter plekke mogelijk
Data interpretatie	Relatief weinig informatie over de meetonzekerheid (beperkt aantal analyseresultaten)	Veel informatie over de meetonzekerheid (veel meetresultaten)

De voordelen van conventionele laboratoriumanalyses, t.o.v. handheld XRF metingen, zijn de uitgebreide monstervoorbehandeling voorafgaand aan de analyse en de (vastgelegde) kwaliteitscontrole door het geaccrediteerde laboratorium. Het nadeel van conventionele laboratoriumanalyses is het feit dat de analyseresultaten niet direct beschikbaar zijn. Hierdoor kan in het veld niet direct de onderzoeksstrategie worden bijgesteld.

De voordelen van de handheld XRF metingen, t.o.v. conventionele laboratoriumanalyses, zijn de hoge datadichtheid, hoogwaardige advies, relatief lage kosten en maatwerk ter plekke. Tevens kan op basis van de handheld XRF metingen de betrouwbaarheid van de risicobeoordeling onderbouwd worden (op basis van spreiding loodgehalten om het berekende gemiddelde; beoordeling heterogeniteit van de onderzoekslocatie). De nadelen van de handheld XRF zijn de storing van bodemvocht op het meetresultaat (hiervoor kan gecorrigeerd worden) en het feit dat de kwaliteitscontrole bij het adviesbureau ligt (veldwerker) en niet bij een geaccrediteerd laboratorium.

Ontwerp

6 Uitvragen bodemonderzoek

Deze paragraaf geeft handvatten voor het opstellen van een zo volledig mogelijke uitvraag. Er wordt ingegaan op de volgende onderdelen:

- Kwaliteitsborging (§ 6.1);
- Inhoud monsternemingsplan (§ 6.2);
- Kwaliteitseisen aan monsterconservering, monstervoorbehandeling en analyse (§ 6.3);
- Eisen aan de rapportage (§ 6.4).

6.1 Kwaliteitsborging

6.1.1 Kennis en ervaring

De bodemintermediairs die gebruik maken van de handheld XRF dienen bij voorkeur te beschikken over aantoonbare ervaring of instructie aangaande de inzet van de handheld XRF bij bodemonderzoek.

6.1.2 Vereiste erkenningen

Indien de resultaten van het onderzoek gebruikt worden in het kader van overheidsbesluitvorming, dienen opdrachtgevers voor de toepassing van de beschreven onderzoeksstrategieën gebruik te maken van erkende bodemintermediairs. De erkenningen hebben betrekking op de uitvoering van veldwerkzaamheden (AS SIKB 5.1, 2, b en onderliggende relevante protocollen) en chemische analyses (AS SIKB 3000).

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. 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.

6.2 Inhoud monsternemingsplan

Op basis van de door de opdrachtgever gekozen onderzoeksstrategie – conventioneel of handheld XRF – stelt het adviesbureau een monsternemingsplan op. In het monsternemingsplan worden ten minste de volgende aspecten behandeld (grotendeels conform NEN 5740):

- Locatie-informatie (adres, ligging, opdrachtgever, terreineigenaar, gebruikers).
- De naam en het adres van de organisatie en de namen van de personen die het veldwerk uitvoeren.
- Onderzoekshypothese (zie § 5.1).
- Aantallen boringen per deelgebied en bijbehorende dieptes (standaard 0-20 cm-mv).
- Boorlocaties aangegeven op tekening voorzien van schaalbalk, legenda en noordpijl.
- Wijze van monsterneming (type boor: bijvoorbeeld 5.1, 2, e of guts).
- Kabel- en leidinginformatie.
- Veiligheidsaspecten.

Ontwerp

OPMERKING: (Meng)monsters dienen in het veld handmatig gemengd te worden voordat ze ter analyse naar het geaccrediteerd laboratorium worden verstuurd.

6.3 Kwaliteitseisen aan monsterconservering, monstervoorbehandeling en analyse

De kwaliteitseisen voor monsterconservering, monstervoorbehandeling en analyse zijn beschreven in diverse normen. Voor de monsteroverdracht moet, met betrekking tot de monsterconservering, voldaan worden aan de proceseisen die voor de opdrachtgever gelden, zoals vastgelegd in BRL SIKB[5.1, 2, b] en AS SIKB[5.1, 2, b] De voorgeschreven conserveringen zijn vermeld in NEN-ISO 18512. De monstervoorbehandeling volgens de strategie 'Conventioneel' is beschreven in NEN-EN 16179 en voor de strategie 'handheld XRF' in SIKB Handreiking 8103

De eisen ten aanzien van de laboratoriumanalyse van lood zijn respectievelijk beschreven in AS SIKB 3000. De eisen voor de metingen met de handheld XRF zijn beschreven in SIKB Handreiking 8103.

6.4 Eisen aan de rapportage

In het rapport wordt tenminste het volgende vermeld (eisen grotendeels ontleend aan NEN 5740):

a) De aanleiding en doelstelling van het onderzoek.
b) Een verwijzing naar eventueel eerder uitgevoerde relevante onderzoeken op de locatie.
c) De gekozen onderzoeksstrategie (conventioneel of handheld XRF).
d) Eventuele belemmerende randvoorwaarden tijdens de uitvoering van het onderzoek, bijvoorbeeld ontoegankelijkheid van bepaalde delen van de onderzoekslocatie en overige afwijkingen van het monsternameplan.
e) De opzet en uitvoering van het onderzoek, daarbij voor de gebruikte technieken verwijzend naar de toegepaste normen.
f) De resultaten van het onderzoek die tenminste bevatten:
    - De naam en het adres van de organisatie en de namen van de personen die het veldwerk hebben uitgevoerd.
    - De data waarop monsterneming, monstervoorbehandeling en analyse zijn uitgevoerd.
    - Een verwijzing naar de gebruikte normdocumenten en methoden in een onderbouwing van eventuele afwijkingen hiervan, indien deze het resultaat kunnen beïnvloeden.
    - Resultaten van boringen in de vorm van boorbeschrijvingen volgens BRL[5.1, 2, b]
    - Zintuiglijke waarnemingen tijdens uitvoering van het veldwerk (volgens NEN 5706).
    - Volledige beschrijving van het aantal, de plaatst, diepte (standaard 0-20 cm-mv) en samenstelling van de bodemmonsters en mengmonsters.
    - Resultaten van de veldmetingen (bodemvocht).
    - Overzichtskaarten (van zowel de plaats van de onderzoekslocatie als de locatie zelf met daarop aangegeven de ligging van de boorlocaties) die zijn voorzien van schaalbalk, legenda en noordpijl. Tevens dienen de onverharde en onbedekte terreindelen duidelijk aangegeven te zijn.
    - Vermelding van de detectiegrenzen van de gebruikte analysemethode.
    - Resultaten van de laboratoriumanalyses of handheld XRF metingen.
g) Conclusies op basis van het uitgevoerde onderzoek en aanbevelingen voor de invulling van het eventuele vervolgtraject.

Ontwerp

h) Indien de opdracht ook de uitvoering van de risicobeoordeling omvat: omschrijving van de wijze waarop de onderzoeksresultaten zijn gebruikt voor de risicobeoordeling, en de uitkomsten daarvan conform § 5.1.7 / § 5.2.8.

i) Alle punten waarbij is afgeweken van hetgeen in de gekozen onderzoeksstrategie is aangegeven, inclusief de bijbehorende motivering.

j) Al hetgeen voor, tijdens, of na het onderzoek is geconstateerd dat voor de interpretatie van de resultaten van belang kan zijn.

Indien met de opdrachtgever is overeengekomen dat de gegevens van het bodemonderzoek digitaal worden aangeleverd, moet dit gebeuren volgens de standaard SIKB0101 Bodembeheer.

OPMERKING: Indien de onderzoeksstrategie 'handheld XRF' is toegepast gelden aanvullende rapportage-eisen. Deze zijn beschreven in SIKB Handreiking 8103.

7 Relevante normdocumenten

AS SIKB 5.1, 2, b versie 2.8, 2014 *Accreditatieschema. Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek.*

Protocol SIKB 2001: versie 3.2, 2013 *Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen.*

AS SIKB 3000: versie 7, 2016 *Accreditatieschema. Laboratoriumanalyses voor grond-, waterbodem- en grondwateronderzoek.*

BRL SIKB 5.1, 2, b versie 5, 2013 *Beoordelingsrichtlijn. Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek.*

EPA 1998 *Field portable X-ray fluorescence spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment.* Method 6200.

NEN 5706: 2003 *Richtlijnen voor de beschrijving van zintuiglijke waarnemingen tijdens de uitvoering van milieukundig bodemonderzoek.*

NEN 5740+A1: 2016 *Bodem – Landbodem – Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek – Onderzoek naar de milieu hygiënische kwaliteit van bodem en grond.*

NEN-EN-ISO 13196: 2015 *Bodem – Screening van bodem voor geselecteerde elementen met energie-dispersieve röntgenfluorescentiespectrometrie met een handgehouden of draagbaar instrument.*

NEN-EN-ISO 14688-1+A1+C11: 2016 *Geotechnisch onderzoek en beproeving – Identificatie en classificatie van grond – Deel 1: Identificatie en beschrijving.*

NEN-EN 16179: 2012 *Slib, behandeld bioafval en bodem – Richtlijn voor monstervoorbehandeling.*

NEN-ISO 18512: 2007 *Bodem – Richtlijn voor* 5.1, 2, e *en korte termijnopslag van bodemmonsters.*

Ontwerp

NTA 5755: 2010 *Bodem – Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek – Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging.*

SIKB0101: 2017 *Bodembeheer.*

8 Referenties

[1] 5.1, 2, e P., 5.1, 2, e M.I., Lijzen, J.P.A., 5.1, 2, e C.W. en 5.1, 2, e 5.1, 2, e (2015). Diffuse loodverontreiniging in de bodem. Advies voor een gemeenschappelijk beleidskader. RIVM rapport 2015-0204.

[2] GGD-projectgroep bodem. Lood in bodem en gezondheid. Aanvullend advies met informatie voor GGD-adviseurs gezondheid en milieu 29-01-2016.

[3] 5.1, 2, e N. (2014). Lead in rural and urban soils and sediments in The Netherlands: background, pollution, sources and mobility. PhD thesis.

[4] TNO (2001). Herkomstbepaling van antropogeen lood in de Utrechtse bodem. Een haalbaarheidsonderzoek. TNO-rapport NITG 01-029B.

[5] 5.1, 2, e W.I., 5.1, 2, e N., Minekus, M., Havenaar, R., Lijzen, J.P.A. and 5.1, 2, e A.G. (2009). Relative oral bioavailability of lead from Dutch made grounds. RIVM report 711701086/2009.

[6] GeoConnect (2007). Karakterisatie van lood in toemaakdekken in de Provincie Zuid-Holland. GeoConnect rapport GC 04-2007.

[7] 5.1, 2, e A.T.C. en De Poorte, J. (1999). Risico's van bodemverontreiniging in toemaakdek in de gemeente De 5.1, 2, e Venen. Deel 1: Risico's voor de volksgezondheid en de landbouw. IBN-rapport 454, ISSN: 0928-6888.

[8] Koning, R., 5.1, 2, e F. en 5.1, 2, e B. (2017). Possibilities of handheld XRF application in remediation projects for diffuse lead contamination in Zaanstad. Internship report – Tauw.

[9] 5.1, 2, e W.I., Sips, A.J.A.M., Lijzen, J.P.A. en 5.1, 2, e A.G. (2007). Richtlijn: bepalen van de orale biobeschikbaarheid van lood in de bodem. RIVM rapport 711701060/2007.

[10] Statistische ondersteuning diffuse loodverontreiniging, Statistische analyse en beantwoording kennisvragen; Witteveen+ 5.1, 2, e 7 december 2016.

[11] Statistische ondersteuning diffuse loodverontreiniging, Rapportage praktijktoets; Witteveen+ 5.1, 2, e 18 mei 2017.

[12] 5.1, 2, e P. en 5.1, 2, e M. (2017). Het karteren van R 5.1, 2, e dams diffuse loodverontreiniging onder een strengere norm. Onderzoek ontwikkelen on the run. Bodem 6, 14-16.

[13] Lackin, J., Meijer-Verschuur, I., 5.1, 2, e P. en de Niet, A. (2017). Met geavanceerde statistiek meer halen uit bestaande bodeminformatie. R 5.1, 2, e damse onderzoeksmethode voor diffuus lood doorgelicht. Bodem 6, 17-19.

[14] GeoConnect (2006). Proefproject: Onderzoek naar de mogelijkheid om Zn gehaltes te meten met behulp van Röntgen Fluorescentie in met Zn verontreinigde bodems in De Kempen. GeoConnect rapport GC 02-2006, 72 pp.

[15] GeoConnect (2007). De inzet van Röntgen Fluorescentie om on-site Zn, Pb, Cu en As gehaltes te meten in bodemmonsters verontreinigd met zinkassen. Een vergelijkingsonderzoek. GeoConnect rapport GC 09-2007, 92 pp.

[16] SKB (2009). Demo-X: Inzet van röntgen fluorescentie voor het on-site meten van zware metaalgehaltes in de bodem. SKB project PT7432.

Ontwerp

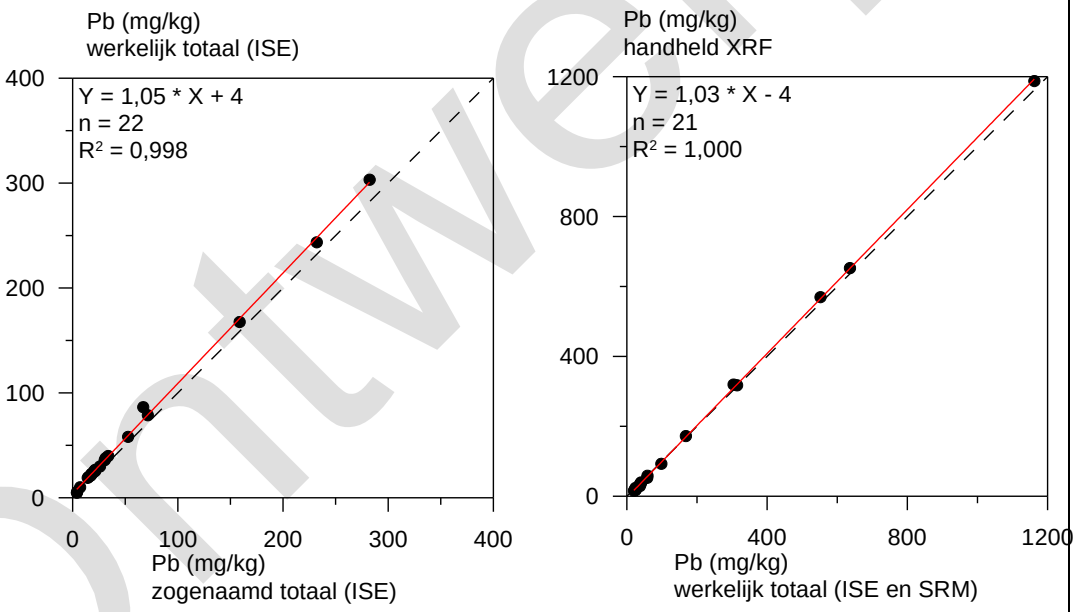
[17] Van Egmond, F.M., 5.1, 2, e N. en Koomans, R.L. (2010). Validatie onderzoek XRF metingen bodemonderzoek spoedlocaties. Medusa rapport 2010-P-279 validatie onderzoek.
[18] GeoConnect (2010). Validatie handheld XRF metingen bodemonderzoek 'Oude Lepelfabriek' Grote Baan 5 te 3950 Reppel (Bocholt) in België. GeoConnect rapport GC 08-2010, 44 pp.

Ontwerp

Bijlage 1. Factsheet prestaties handheld XRF

Deze bijlage geeft een overzicht van de prestatiekenmerken van de handheld XRF (voor de bepaling van lood in bodems) t.o.v. laboratoriumanalyses. Tevens zijn storende invloeden nader toegelicht (met name vochteffect) en is de meerwaarde van bodemonderzoek met de handheld XRF t.o.v. conventioneel bodemonderzoek beschreven.

Fact	Toelichting
Werkelijk totaal loodgehalte	Met de handheld XRF worden de loodgehalten als werkelijke totalen gemeten en met de conventionele laboratoriumanalyses (conform AS SIKB 3000 en NEN 16179) als zogenaamde totalen. De handheld XRF meet al het lood dat voor het meetvenster ligt en het laboratorium meet alleen het lood dat oplost in koningswater. In figuur 1 zijn de loodwaarden van standaard referentiematerialen (SRM) en van rondzendmateriaal met consensuswaarden (ISE), gemeten met een techniek op basis van werkelijke totalen, uitgezet tegen a) een techniek op basis van zogenaamde totalen en b) de waarden gemeten met een handheld XRF.



Figuur 1. 5.1, 2, e Zogenaamd loodgehalte (conventioneel) versus werkelijk loodgehalte (o.a. handheld XRF) in rondzendmateriaal met consensuswaarden (ISE; bodemmonsters).
Rechts: Werkelijke loodgehalten in rondzendmateriaal met consensuswaarden (ISE; bodemmonsters) en standaard referentiematerialen (bodem- en sedimentmonsters) versus gemeten loodgehalten met handheld XRF (ongepubliceerd GeoConnect onderzoek).

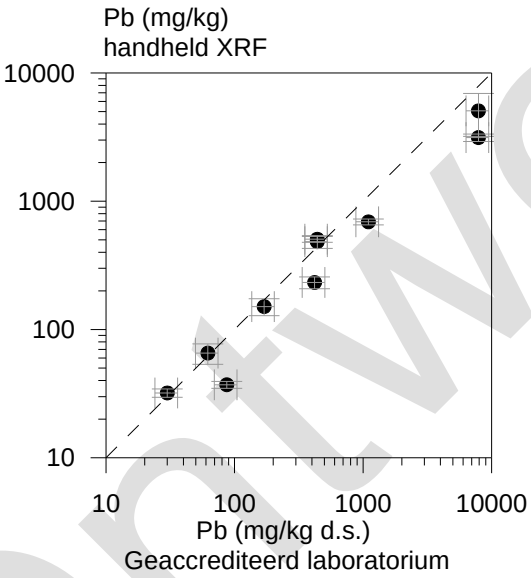
In figuur 1 5.1, 2, e is te zien dat de werkelijke totalen voor Pb gemiddeld hoger zijn dan de zogenaamde totalen, namelijk 5% relatief. Met de handheld XRF (werkelijk totaal) worden dus hogere loodgehalten (gemiddeld 5% relatief) gemeten dan door de laboratoria (zogenaamde totalen; in koningswater). Hierbij wordt opgemerkt dat de monsters (ISE rondzendmateriaal) gezeefd, gedroogd en verkleind zijn en gemeten

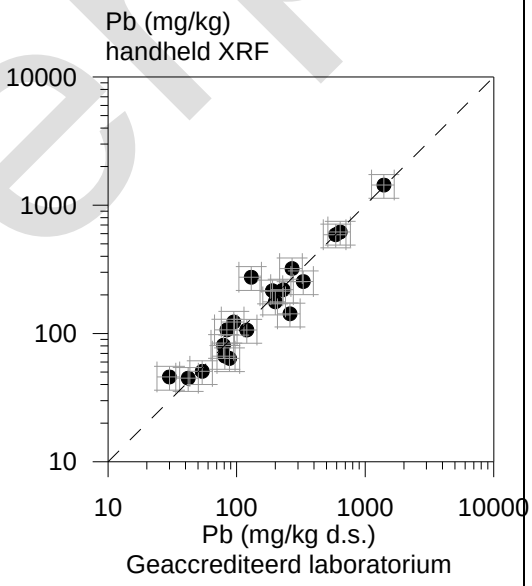
Ontwerp

Fact	Toelichting
	onder laboratoriumcondities. In figuur 1 (rechts) is te zien dat de loodgehalten gemeten in rondzendmateriaal met consensuswaarden (ISE) en standaard referentiematerialen (NIST, GSS en GSD) met een handheld XRF goed overeenkomen met de gecertificeerde waarden van de loodgehalten (op basis van werkelijke totalen). In het lage gebied is er sprake van een kleine onderschatting (gemiddeld 4 mg/kg) en in het hoge gebied van een kleine overschatting (gemiddeld 3% relatief). Hierbij wordt opgemerkt dat de monsters (rondzendmateriaal en standaard referentiematerialen) gezeefd, gedroogd en verkleind zijn, maar gemeten in het veld.
Prestatie-kenmerk: rapportage-grens	AS SIKB 3000 hanteert als prestatie-eis voor de bepaling van lood in grond een rapportagegrens (RG_{geslim}) van 10 mg/kg. Hierbij geldt dat RG ≥ AG_{Rw}. De aantoonbaarheidsgrens (AG) van een handheld XRF is afhankelijk van de matrix van een grondmonster en de (ingestelde) meettijd van een handheld XRF. Uit diverse validatiestudies met de handheld XRF (type Niton XL3t/meettijd 60s en type XL3t Goldd/meettijd 30s of 60s) is gebleken dat met de handheld XRF aan deze eis kan worden voldaan (REF 1-4). De AG_{Rw} varieerde in deze studies tussen 3 en 9 mg/kg en is gebaseerd op de analyse van tientallen praktijkmonsters, over verschillende dagen door verschillende personen.
Prestatie-kenmerk: juistheid	AS SIKB 3000 hanteert als prestatie-eis voor de bepaling van lood in grond een juistheid op basis van terugvinding (TV_{geslim}) van 80 – 110 % of een bias (d_{geslim}) van < 15 %. Uit diverse validatiestudies met de handheld XRF (type Niton XL3t/meettijd 60s en type XL3t Goldd/meettijd 30s of 60s) is gebleken dat met de handheld XRF aan deze eis kan worden voldaan (REF 1-4). In deze onderzoeken is Tv_{geslim} bepaald en niet d_{geslim}. Het betreft namelijk onderzoeken die zijn uitgevoerd voor het uitkomen van de herziene NEN 7777 en de herziene AS SIKB 3000. In de 'oude ' normen was alleen de terugvinding (Tv) als maat voor de nauwkeurigheid opgenomen. In de handheld XRF validatiestudies varieerde de terugvinding (Tv) van 91 – 103 %. Dit is gebaseerd op de analyse van diverse gecertificeerde referentiematerialen en representatief rondzendmateriaal met een consensuswaarde, over verschillende dagen door verschillende personen.
Prestatie-kenmerk: (instrument) reproduceer-baarheid	AS SIKB 3000 hanteert als prestatie-eis voor de bepaling van lood in grond een reproduceerbaarheid op basis van de reproduceerbaarheidsstandaarddeviatie uit duplobepalingen ($VC_{Rw,geslim}$) van < 10 %. Uit diverse validatiestudies met de handheld XRF (type Niton XL3t/meettijd 60s en type XL3t Goldd/meettijd 30s of 60s) is gebleken dat met de handheld XRF aan deze eis kan worden voldaan (REF 1-4). Het betreft de instrument reproduceerbaarheid, waarbij monsterheterogeniteit buiten beschouwing is gelaten. $VC_{Rw,geslim}$ varieerde in deze studies tussen 4 en 7 % en is gebaseerd op de analyse van tientallen praktijkmonsters (duplo's), over verschillende dagen door verschillende personen.
Prestatie-kenmerken: (veld) reproduceer-baarheid	In diverse validatiestudies met de handheld XRF (type Niton XL3t/meettijd 60s en type XL3t Goldd/meettijd 30s of 60s) is ook de veld reporduceerbaarheid bepaald (REF 1-4). Dit is gedefinieerd als de reproduceerbaarheidsstandaarddeviatie uit duplobepalingen inclusief monsterheterogeniteit. De monsterheterogeniteit is meegenomen door praktijkmonsters in duplo op 2 verschillende monsteroppervlakken te bepalen. De reproduceerbaarheid, inclusief monsterheterogeniteit, varieerde tussen 12 en 21 % en is

Ontwerp

Fact	Toelichting
	gebaseerd op de analyse van tientallen praktijkmonsters (duplo's), over verschillende dagen door verschillende personen. Er is geen prestatie-eis opgenomen in AS SIKB 3000 voor de reproduceerbaarheidsstandaarddeviatie uit duplobepalingen inclusief monsterheterogeniteit (veld reproduceerbaarheid).
Gelijkwaardigheid; handheld XRF vs. conventionele laboratorium-analyses	In diverse onderzoeken is de gelijkwaardigheid van de handheld XRF meetresultaten met conventionele laboratoriumanalyses (conform AS SIKB 3000 en NEN 16179) onderzocht middels lineaire regressie analyse (o.a., REF 1-4). In deze onderzoeken komt naar voren dat de loodgehalten bepaald met de handheld XRF – indien 5.1, 2, e gekalibreerd – 1) gelijkwaardig zijn aan de loodgehalten bepaald volgens de conventionele laboratoriumanalyses of 2) net niet gelijkwaardig zijn doordat heterogeen verdeelde puindeeltjes en/of veldvochtigheid resulteert in een kleine onderschatting van het loodgehalte bepaald met de handheld XRF. Ter illustratie zijn in figuur 2 en 3 de resultaten van twee onderzoeken weergegeven.



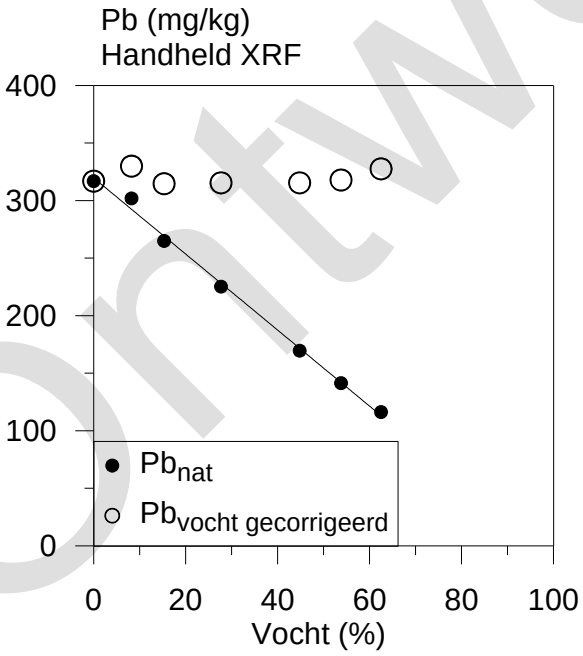


Figuur 2. Pb gehalten bepaald in het geaccrediteerde laboratorium versus Pb gehalten bepaald met de handheld XRF op praktijkmonsters (Bodemonderzoek provincie Groningen; REF 2).
Figuur 3. Pb gehalten bepaald in het geaccrediteerde laboratorium versus Pb gehalten bepaald met de handheld XRF op praktijkmonsters (Bodemonderzoek Reppel, België; REF 3).

Hef effect van vocht op de handheld XRF metingen is in de 'Onderzoeksstrategie diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen' (SIKB Handreiking 8102) ondervangen door te stellen dat de handheld XRF alleen mag worden ingezet als de bodemmonsters (in het veld) eerst worden gedroogd of als een vochtcorrectie wordt toegepast (voor meer informatie zie SIKB Handreiking 8103).

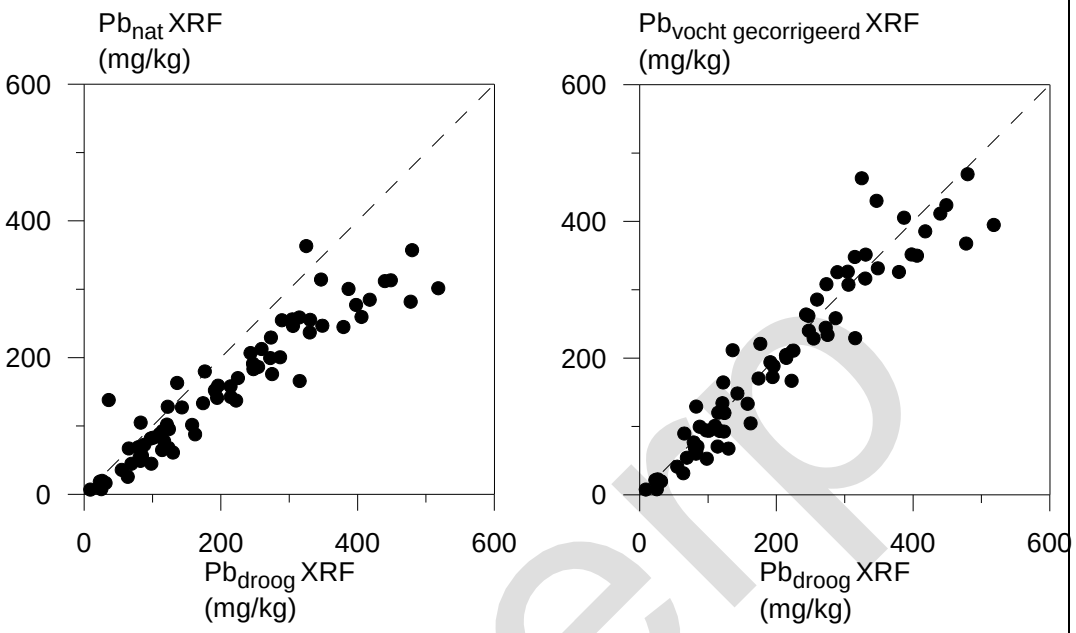
Het effect van de aanwezigheid van heterogeen verdeelde loodhoudende deeltjes is in de 'Onderzoeksstrategie diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en

Ontwerp

Fact	Toelichting
	(moes)tuinen' (SIKB Handreiking 8102) ondervangen door elk monster (boring/steek) handmatig te mengen en minimaal 2 maal (duplo) te analyseren op lood.
Storende invloeden: vochteffect en monster-heterogeniteit	Het grote verschil tussen conventionele laboratoriumanalyses (conform AS SIKB 3000 en NEN 16179) en handheld XRF metingen in het veld is het verschil in monstervoorbehandeling. Laboratoria drogen, zeven, verkleinen (malen) en homogeniseren de bodemmonsters (circa 140 5.1, 2, e alvorens een deelmonster (> 2 5.1, 2, e te destrueren met koningswater. De enige monstervoorbehandeling die in het veld plaatsvindt alvorens een handheld XRF meting uit te voeren, is grove delen handmatig verwijderen en handmatig mengen tot visueel een uniforme kleur samenstelling wordt verkregen. Dit betekent dat de bodemmonsters (veld)vochtig kunnen zijn en dat er loodhoudende deeltjes in de monsters heterogeen verdeeld aanwezig kunnen zijn. Het effect hiervan is veelal een onderschatting van het loodgehalte gemeten met de handheld XRF. **Vochteffect** In figuur 4 en 5 is het effect van het vochtgehalte op de analyse van Pb in bodems met een handheld XRF weergegeven (voor deze handheld XRF geldt dat per 1 % vochttoename het met de handheld XRF gemeten loodgehalte met circa 1 % (relatief) daalt).  **Figuur 4.** Het loodgehalte in rondzendmateriaal ISE 989 waaraan water is toegevoegd (•) gemeten met een handheld XRF en het loodgehalte na vochtcorrectie (○). In figuur 4 is te zien dat het loodgehalte, gemeten met de handheld XRF, in ISE 989 lineair afneemt met een toenemend vochtgehalte (•). Hiervoor kan goed gecorrigeerd worden als het vochtgehalte bekend is (○).

Ontwerp

Fact	Toelichting



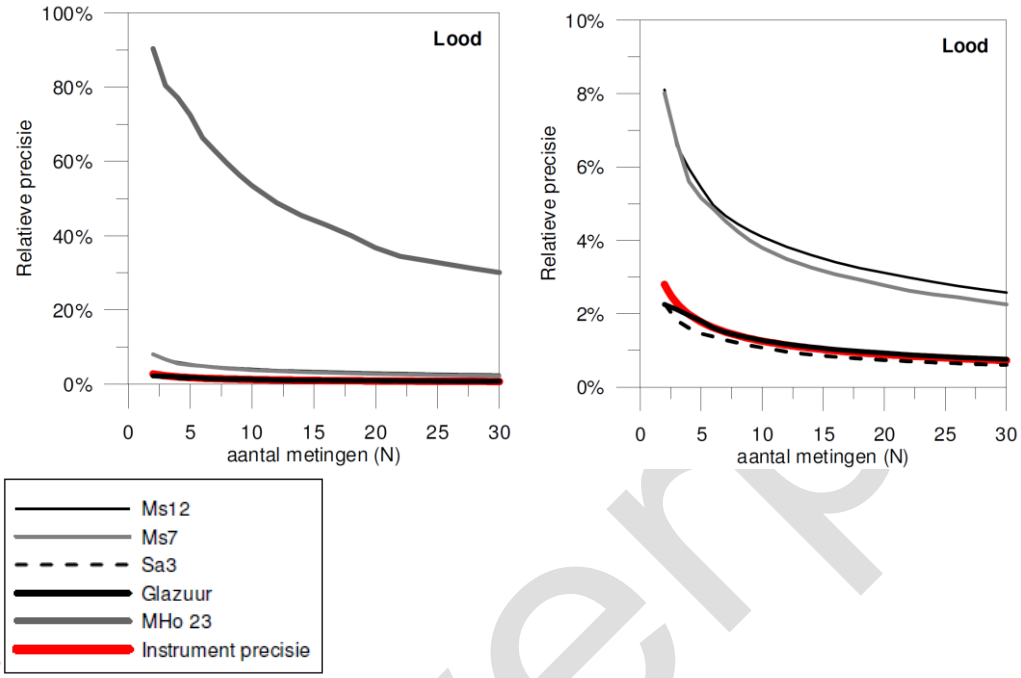
Figuur 5. Het loodgehalte in gedroogde bodemmonsters gemeten met een handheld XRF versus a) het loodgehalte in veldvochtige monsters [5.1, 2, e] en b) de berekende vocht gecorrigeerde loodgehalten (rechts) (REF 2: ongepubliceerde data).

In figuur 5 [5.1, 2, e] is te zien dat het loodgehalte, gemeten met de handheld XRF, in veldvochtige monsters lager is dan in gedroogde monsters. In figuur 4 (rechts) is te zien dat hiervoor gecorrigeerd kan worden als het vochtgehalte bekend is. De waargenomen spreiding in figuur 5 [5.1, 2, e] wordt met name veroorzaakt door monsterheterogeniteit. Het opstellen en uitvoeren van een vochtcorrectie is in detail beschreven in SIKB Handreiking 8103.

Monsterheterogeniteit

In bodems die diffuus verontreinigd zijn met lood, zijn de loodhoudende (puin)deeltjes meestal heterogeen verspreid. Tevens zijn het soms deeltjes die maar aan één kant lood bevatten (geglazuurde scherven van [5.1, 2, e]n en dakpannen). Met de handheld XRF bestaat de mogelijkheid dat een deeltje gemist wordt met meten of dat aan de ongeglazuurde kant wordt gemeten. Dit kan resulteren in een onderschatting van het loodgehalte. Van Egmond et al. (2010) hebben onderzocht wat de spreiding in loodgehalten in diffuus verontreinigde bodemmonsters is door herhaaldelijk (n=30) hetzelfde monster te analyseren. In figuur 6 zijn de resultaten weergegeven.

Ontwerp

Fact	Toelichting
	 **Figuur 6.** Relatieve precisie van het gemiddelde loodgehalte als functie van n metingen van een monster (REF 2). Figuur rechts is hetzelfde als figuur [5.1, 2, e] maar dan zonder monster MHo 23. De lijnen in zwart en grijstinten zijn individuele bodemmonsters (Ms12, Ms7, Sa3 en MHo 23) en een glazuurmonster (Glazuur). De rode lijn is de instrument precisie (exclusief monsterheterogeniteit). In figuur 6 is te zien dat de relatieve precisie voor de Pb meting bij herhaalde metingen van hetzelfde monster (op willekeurig monsteroppervlak) afneemt bij een toenemend aantal metingen (zowel bij handheld XRF-metingen als bij laboratoriummetingen). Dit duidt op een heterogene verdeling van lood in de bodem. Op basis van bovenstaande gegevens wordt geconcludeerd dat het aan te bevelen is om meerdere handheld XRF metingen per bodemmonster te verrichten. In de 'Onderzoeksstrategie diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen' is gekozen om bodemmonsters ten minste in duplo te analyseren (SIKB Handreiking 8102).
Meerwaarde handheld XRF	De handheld XRF heeft zowel een financiële, logistieke als inhoudelijke meerwaarde bij bodemonderzoek. **Financiële meerwaarde** Adviesbureaus brengen de inzet van een handheld XRF op verschillende manieren in rekening. De meest gangbare manieren zijn het verhogen van het tarief van een veldwerker of een dagtarief in rekening te brengen voor de inzet van de handheld XRF ((huur)tarieven van een handheld XRF variëren ongeveer tussen 100 en 200 Euro per dag). Uitgaande van een meettijd van 30 seconden per meting kunnen > 100 metingen per dag worden verricht. Het verrichten van de metingen brengt wel extra tijd met zich mee. De kostprijs voor een handheld XRF meting, afhankelijk van de mate van inzet van de XRF (aantal analyses), is enkele Euro's per monster. De kostprijs voor de analyse van lood in een geaccrediteerd laboratorium is enkele tientallen Euro's per monster. De

Ontwerp

Fact	Toelichting
	handheld XRF heeft met name een financiële meerwaarde voor onderzoekslocaties waar conform de conventionele strategie meerdere mengmonsters worden genomen en geanalyseerd. Indien de mengmonsters ook nog individueel (uitgesplitst) gemeten moeten worden, neemt de financiële meerwaarde van de handheld XRF sterk toe. **Inhoudelijke meerwaarde** Met de handheld XRF worden meer bodemmetingen verricht dan met conventioneel bodemonderzoek (SIKB Handreiking 8102). Dit resulteert in een hogere datadichtheid en een betere risico-inschatting van bodems verontreinigd met diffuus lood op kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen. Doordat meerdere metingen verricht kunnen worden met de handheld XRF, wordt inzicht verkregen in de mate van spreiding om het berekende gemiddelde loodgehalte ('kans' dat risicowaarde wordt overschreden). (Bovendien kunnen voor dezelfde kosten diverse elementen tegelijk worden gemeten. Dit resulteert in extra informatie over de bodemverontreiniging.) **Logistieke meerwaarde** De handheld XRF heeft ook logistiek gezien een meerwaarde. Met de handheld XRF zijn bij het onderzoek niet meer meerdere veldwerkgangen noodzakelijk. Omdat de resultaten direct bekend zijn, kan het onderzoek in 1 veldwerkgang worden afgerond. Dit vermindert de belasting voor de locatie-eigenaren/beheerders/gebruikers.
Analyse-monster: handheld XRF vs. conventionele laboratorium-analyses	Conform AS SIKB 3000 en NEN 16179 halen laboratoria op representatieve wijze circa 140 5.1, 2, e bodem uit de aangeleverde monsterpot, of monster 5.1, 2, e n indien een mengmonster samengesteld dient te worden. Deze hoeveelheid wordt gedroogd, gezeefd, verkleind (malen) en gehomogeniseerd. Meer dan 2 5.1, 2, e van dit voorbehandelde monster wordt vervolgens gedestrueerd met koningswater. Kortom, > 2 5.1, 2, e voorbehandeld monstermateriaal wordt uiteindelijk geanalyseerd op lood. Met de handheld XRF wordt en klein deel van een bodemmonster gemeten. Op basis van, i. formules in referentie 5 en 6, ii. uitgaande van de inzet van een handheld XRF met een meetvenster van 12 mm en 50 kV buisspanning voor de Pb meting iii. en een gemiddelde bodemdichtheid van 1,07 g/cm^3 (bodem 10% OS), is berekend dat met de handheld XRF per meting circa 0,6 5.1, 2, e bodem wordt doorgemeten. Door elk bodemmonster in duplo te analyseren (op verschillend monsteroppervlak) wordt circa 1,2 5.1, 2, e van elk bodemmonster gemeten. In de onderzoeksstrategie 'Conventioneel' voor de bepaling van diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen (SIKB Handreiking 8102) wordt aanbevolen om per 500 m^2 onbedekt en onverhard oppervlak (minimaal) 5 mengmonsters samen te stellen uit 20 steken/boringen. Conform AS SIKB 3000 en NEN 16179 wordt van dit mengmonster circa 140 5.1, 2, e in behandeling genomen en wordt meer dan 2 5.1, 2, e gedestrueerd / geanalyseerd. Dit komt neer op de analyse van (minimaal) 10 5.1, 2, e (5 mengmonsters x meer dan 2 5.1, 2, e per mengmonster).

Ontwerp

Fact	Toelichting
	In de onderzoeksstrategie 'handheld XRF' voor de bepaling van diffuus lood in de bodem van kinderspeelplaatsen en (moes)tuinen (SIKB Handreiking 8102) wordt aanbevolen om per 500 m^2 onbedekt en onverhard oppervlak 20 bodemmonsters te nemen welke allen in duplo met de handheld XRF worden gemeten. Dit komt neer op de analyse van circa 24 5.1, 2, e bodemmateriaal. Hierbij wordt opgemerkt dat de enige monstervoorbehandeling die in het veld plaatsvindt alvorens een handheld XRF meting uit te voeren, het handmatig verwijderen van de grove delen en het handmatig mengen van de bodemmonsters is.

Referenties

[1] SKB (2009). Demo-X: Inzet van röntgen fluorescentie voor het on-site meten van zware metaalgehaltes in de bodem. SKB project PT7432.

[2] Van Egmond, F.M., 5.1, 2, e N. en Koomans, R.L. (2010). Validatie onderzoek XRF metingen bodemonderzoek spoedlocaties. Medusa rapport 2010-P-279 validatie onderzoek.

[3] GeoConnect (2010). Validatie handheld XRF metingen bodemonderzoek 'Oude Lepelfabriek' Grote Baan 5 te 3950 Reppel (Bocholt) in België. GeoConnect rapport GC 08-2010, 44 pp.

[4] GeoConnect (2011). Validatie handheld XRF metingen bodemonderzoek Bekaert terrein te Zwevegem in België. GeoConnect rapport GC 01-2011, 48 pp.

[5] http://www.xrf.guru/styled-12/page40/index.html

[6] https://physics.nist.gov/PhysRefData/FFast/html/form.html

Ontwerp