

## Inzet van röntgen fluorescentie (XRF) voor on-site meten van zware metaalgehalten in de bodem

### Gecontroleerde trefwoorden

Zware metalen, Röntgenstraling, Meetapparatuur, in-situ

### Vrije trefwoorden

XRF, Röntgen Fluorescentie, on-site

### Inleiding

Tijdens het project is aangetoond dat zware metalen in het veld kunnen worden gemeten met behulp van een 'handheld' XRF (HXRF).

Tijdens het project is de nauwkeurigheid en zekerheid aangetoond voor de toepasbaarheid van de 'handheld' XRF bij bodemsaneringen en nadere bodemonderzoeken. Hiertoe is een monsternamen en meetprotocol opgesteld.

Daarnaast is de 'handheld' XRF gevalideerd voor de metalen Pb, Zn, Cu, As, Cd, Ni, Cr, Hg, Se, V, Sb en Fe in de diverse bodemtypen zoals die in Nederland voorkomen (zand, veen, klei met variërende humus- en lutumgehalten en variërende elementgehalten).

### Beschrijving

De 'handheld' XRF is een handzaam apparaat waarmee binnen 1 minuut gehalten aan zware metalen in grond worden gemeten in mg/kg. De 'handheld' XRF is bruikbaar voor de metalen Pb, Zn, Cu, As, Cd, Ni, Cr, Hg, Se, V, Sb, Ba, Mo, Sn, en Co in de diverse bodemtypen zoals die in Nederland voorkomen.

In onderstaande foto wordt een voorbeeld van een 'handheld' XRF weergegeven, inclusief een beeld van wat er wordt afgelezen.



Foto 1: meten met de 'handheld' XRF

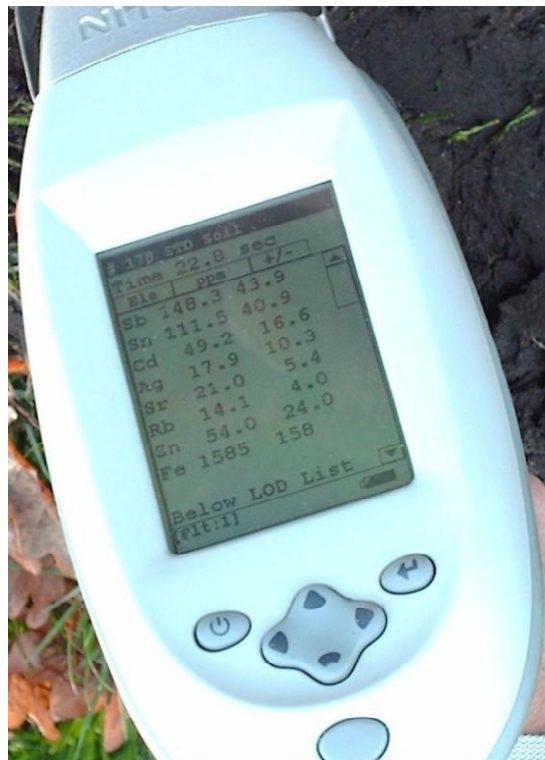


Foto 2: leesvenster 'handheld' XRF in ppm

## Toepassingsgebied

De 'handheld' XRF is toepasbaar in alle fasen van het bodemonderzoek. De meerwaarde is waarschijnlijk het kleinst bij oriënterend bodemonderzoek (verontreinigingen kunnen worden gemist) en het grootst bij nader bodemonderzoek en bodemsaneringen (gericht onderzoek).

De 'handheld' XRF heeft zowel een financiële, inhoudelijke als logistieke meerwaarde. Met de 'handheld' XRF kan bodemonderzoek goedkoper worden uitgevoerd (financieel), kunnen voor minder of gelijke kosten meer bodemanalyses worden verricht (inhoudelijk) en door de directe beschikbaarheid van de meetgegevens zijn minder veldwerkgangen noodzakelijk om het bodemonderzoek en de saneringen uit te voeren (logistiek).

De 'handheld' XRF wordt al veel toegepast in de provincie Noord-Brabant en Limburg. De grootste opdrachtgever is Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)

Uit onderzoek is gebleken dat de 'handheld' XRF o.a. ook ingezet kan worden bij:

- bodemonderzoek in stedelijke ophooglagen (o.a. Pb),
- bodemonderzoek naar arseenhoudend veen en ijzerhydroxides (o.a. Fe, As, S),
- bodems verontreinigd met boorvloeistoffen (o.a. Ba),
- bodems verontreinigd met afval van een loodwit en vitrioolfabriek (o.a. Pb, Zn, Fe, Ba, Cu, S, As),
- waterbodemonderzoek, waarbij een volumetrische vochtsensor in het veld wordt ingezet om de vochtcorrectie uit te voeren,
- archeologisch onderzoek naar oude graven (botresten: P, Ca) en waardevolle voorwerpen (o.a. Au, Ag, Cu, Pb),
- de analyse van bodems verontreinigd met meststoffen (o.a. P, Ca, K) en
- de analyse van diervoeders (o.a. P, K, Mn, Zn, Ca, Fe, S).

## Randvoorwaarden

Voor een juiste toepassing van de 'handheld' XRF in het veld is de belangrijkste fase van het proces de monsternamen en de voorbehandeling van het grondmonster in het veld. Een te analyseren grondmonster dient tot een homogeen geheel te worden gemengd (ca. 1 – 2 minuten intensief met de hand mengen).

Vocht- en/of humusgehalte heeft een storende invloed op de Zn, Cu en Ba bepalingen met de 'handheld' XRF. De storing neemt toe bij toenemende vochtgehalten (>20%) en toenemende humusgehalten (>10%). Het vocht- en Pb gehalte heeft een storende invloed op de As bepaling met de 'handheld' XRF. De meetpieken van Pb en As liggen dicht bij elkaar waardoor hoge Pb gehalten de As bepaling kunnen storen. Indien het vochtgehalte en het Pb gehalte bekend zijn, kan voor de storing (in theorie) worden gecorrigeerd. Nader onderzoek naar de storende invloeden is noodzakelijk.

## Operationaliteit

### *Aantoonbaarheidsgrenzen*

De aantoonbaarheidsgrenzen van de 'handheld' XRF zijn laag genoeg voor de volgende toetsingsdoeleinden (uitgaande van bodems met minimaal 2% humus en 2% lutum):

- Zn, Pb en Ba gehalten kunnen worden getoetst aan de achtergrondwaarde en interventiewaarde.
- Cr, Cu, As, Se, Mo, Sn, Hg en V gehalten kunnen worden getoetst aan de interventiewaarde

De aantoonbaarheidsgrenzen van Ni, Sb, Co en Cd zijn te hoog voor toetsingsdoeleinden. Als de 'handheld XRF' wordt uitgerust met de nieuwe detector (SDD) dan zijn de aantoonbaarheidsgrenzen een factor 2 tot 3 lager. Dan kunnen de Cu, As, Ni en Cr gehalten ook worden getoetst aan de achtergrondwaarde en de Sb en Ni gehalten aan de interventiewaarde.

### *Juistheid*

De juistheid van Zn, Pb, Cu, As, Se, Mo en Sn voldoet aan de SIKB eisen (85-115%). De juistheid van Ni, Cd en Sb ligt tussen de 80-120% en van Ba, Cr en V tussen de 75-125%. Dit voldoet niet aan de SIKB eis, maar is zeer acceptabel voor bodemonderzoek, waarbij de uiteindelijke validatie in een geaccrediteerd laboratorium plaatsvindt. De juistheid van Hg en Co kon niet worden bepaald door het ontbreken van voldoende (betrouwbare) meetgegevens.

### *Precisie*

De precisie van Zn en Ba (en Pb bijna) voldoet aan de SIKB eis. De precisie van de overige elementen is hoger dan de eis. Uit diverse onderzoeken blijkt echter dat de geaccrediteerde laboratoria de geëiste precisie op praktijkmonsters (zinkassen en ophooglaagmateriaal) ook niet halen. Op praktijkmonsters komt de precisie van de 'handheld' XRF overeen met de precisie van het geaccrediteerde laboratorium.

### *Gelijkwaardigheid*

De Zn en Cu gehalten (en Pb bijna) - bepaald met de 'handheld' XRF – zijn gelijkwaardig aan de gehalten bepaald door het geaccrediteerde laboratorium. De Cr, Ni, As, Sn, Sb en Ba gehalten zijn niet gelijkwaardig. De afwijking voor Sn, Sb en Ba is veroorzaakt door een fout in de interne kalibratie van de 'handheld' XRF (nader onderzoek noodzakelijk). De afwijking van As is veroorzaakt door de hoge Pb gehalten in de monsters (piekoverlap). De afwijking van Cr en Ni wordt veroorzaakt doordat Cr en Ni slecht oplossen in koningswater, waardoor de Cr en Ni gehalten gemeten met de 'handheld' XRF hoger zijn dan de lab resultaten. De gelijkwaardigheid van Mo, Se, V, Cd, Co en Hg kon niet worden bepaald door het ontbreken van voldoende (betrouwbare) meetgegevens.

### *Kosten*

Met de 'handheld' XRF kan circa 70-80% worden bespaard op analysekosten en 40% op nader bodemonderzoek en milieukundige begeleiding van de saneringen (onderzoek in de Kempen).

De 'handheld' XRF heeft zowel een financiële, logistieke als inhoudelijke meerwaarde. De financiële meerwaarde is berekend aan de hand van een kosten- en batenanalyse (GeoConnect, 2006, 2007-b). In tabel 1 is een kosten- en batenanalyse weergegeven. Uit deze kosten- en batenanalyse blijkt dat een 'handheld' XRF analyse voor circa 7 Euro per monster uitgevoerd kan worden (uitgaande van circa 30000 analyses in 5 jaar).

Tabel 1. Berekening van de kostprijs van een meting van tenminste Zn, Pb, Cu en As gehalte met een 'handheld' XRF (onderzoek "De Kempen").

Onderdeel / aspect	Kostprijs (Euro)	Levensduur (jaar)	Kosten in 5 jaar tijd (Euro)
HXRF	35000	5	35000
Restwaarde			0
Basis voor restwaarde			35000
Geschat gebruik in jaren			5
Rentepercentage			3.5%
Annuïteitfactor (5 jaar tegen 3.5%)			0.221
Afschrijving- en rentekosten			7752
Personeelskosten <sup>#1</sup>			60000
Controle XRF metingen in geaccrediteerd laboratorium <sup>#2</sup>			120000
Totaal			222752
N analyses in 5 jaar <sup>#3</sup>			30000
Kostprijs			7

<sup>#1</sup> 2,5 minuut per monster; 30 monsters per dag; 200 dagen per jaar; 5 jaar lang; uurloon veldwerker 60 Euro per uur.

<sup>#2</sup> 1 op 10 metingen met 'handheld' XRF valideren in geaccrediteerd laboratorium (a 40 Euro per monster)

<sup>#3</sup> 30 analyses per dag, 200 dagen per jaar, 5 jaar lang

De 'handheld' XRF kan tegenwoordig ook bij diverse marktpartijen worden gehuurd waardoor geen hoge investeringskosten gemaakt hoeven te worden.

Leverancier

Consortium:

GeoConnect (Drs. Nikolaj Walraven)

ALcontrol Laboratories (Ir. Jaap-Willem Hutter)

BKK Bodemadvies bv (ing. Marc Bessems)

Actief Bodembeheer de Kempen (ing. Satish Kalloe)

Provincie Limburg, afdeling Milieu en Duurzame Ontwikkeling (Paul Franssen)

Provincie Zuid Holland (Dr. Dirk van der Eijk)

Penvoerder: BKK Bodemadvies bv

Contactpersoon: M.L.W.J. Bessems

Adres: Postbus 55, 5768 ZH Meijel

Telefoon : 077 – 466 11 41

Fax: 077 – 466 29 04

E-mail: [m.bessems@bkk-bodem.nl](mailto:m.bessems@bkk-bodem.nl)

Referenties

GeoConnect (2008): Praktijkrichtlijn voor het meten van Zn, Pb, Cu en As gehalten in bodems verontreinigd met zinkassen met behulp van 'handheld' röntgen fluorescentie spectrometrie. GeoConnect rapport GC 02-2008.

ABdK (2009): Protocol bodemonderzoek zivest / zinkassen met behulp van 'handheld' röntgen fluorescentie spectrometrie

ABdK (2009): Protocol milieukundige begeleiding bodemsanering met inzet van 'handheld' röntgen fluorescentie spectrometrie