



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen

Gehalten aan lood in de bodem en moestuingewassen in het volkstuincomplex
'Aan het Meer' te Heerenveen

Alterra-rapport 2107
ISSN 1566-7197

P.F.A.M. Römken en R.P.J.J. Rietra

Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Heerenveen
Projectcode 5237997-01

Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen

Gehalten aan lood in de bodem en moestuingewassen in het volkstuincomplex
'Aan het Meer' te Heerenveen

P.F.A.M. Römken en R.P.J.J. Rietra

Alterra-rapport 2107

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010

Referaat

Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra 2010. *Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen. Gehalten aan lood in de bodem en moestuingewassen in het volkstuincomplex 'Aan het Meer' te Heerenveen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2107. 52 blz.; 9 fig.; 9 tab.;10 ref.

Locatiespecifiek onderzoek naar de invloed van verhoogde gehalten aan lood in de bodem in het Volkstuincomplex 'aan het Meer' te Heerenveen toont aan dat de gehalten in de gewassen niet leiden tot onacceptabele blootstelling. De gemeten gehalten in belangrijke groenten in moestuinen (aardappel, sla, andijvie, bonen) zijn normaal en liggen een factor 3 tot 10 lager dan de berekende waarden met C-Soil. Dit betekent dat de risico-index op basis van gemeten gehalten varieert van 0.03 tot 0.21 voor levenslange blootstelling en maximaal 0.55 voor kinderen terwijl de standaardbeoordeling leidt tot risico-indexen hoger dan 1. Op grond van de metingen blijkt dat het gebruik als moestuin daarmee geen enkel risico oplevert. Geadviseerd wordt de groenten wel goed te wassen en de pH van de bodem op een niveau rond 5.5 tot 6 te houden of te brengen door (extra) bekalking.

Trefwoorden: blootstelling bodemverontreiniging, C-soil, lood, moestuin

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2010 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2107

Wageningen, december 2010

Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting	9
1 Inleiding en achtergrond	11
2 Opzet van het onderzoek en methoden	13
2.1 Voortraject	13
2.2 Selectie van tuinen voor het onderzoek	13
2.3 Bemonstering van bodem en gewas	14
3 Resultaten van bodem- en gewasonderzoek	17
3.1 Analyseresultaten bodemonderzoek	17
3.2 Analyseresultaten gewasonderzoek	22
4 Berekening van de actuele risico's van lood in de bodem met C-Soil	29
5 Conclusies en aanbevelingen	33
Literatuur	35
Bijlage 1 Metaalgehalten in gewassen (mg kg^{-1} vers)	37
Bijlage 2 Laboratoriumrapporten van de analyseresultaten van bodem en gewas	39
Bijlage 3 Voorbeeld van de uitdraai C-Soil voor de berekening van de Risico-index voor lood	47

Voorwoord

Lood is een element dat op veel plaatsen in Nederland in verhoogde gehalten in de bodem voorkomt. Voorbeelden hiervan zijn onder meer het Veenweidegebied in Zuid-Holland en Utrecht, de uiterwaarden en oevers van Rijn, Maas, Dommel, Roer en Geul evenals veel tuinen in het stedelijk gebied.

Opname van lood via consumptie van zelf geteelde (groente)gewassen draagt sterk bij (> 80%) aan de totale blootstelling van de mens. De mate van blootstelling via inname van groente is echter vaak moeilijk modelmatig vast te stellen omdat de voorspelling van de loodgehalten in groenten onbetrouwbaar is. De huidige normen zijn daarom voor een deel gebaseerd op voorzichtige aannames. Mede daarom is de huidige risicogrens voor de functie moestuin voor lood laag (Sanscrit: 150 mg kg⁻¹; generieke maximale waarde voor de functie moestuin in het Besluit Bodemkwaliteit bedraagt zelfs 70 mg kg⁻¹). Mede door deze lage grenswaarden komen veel locaties in aanmerking voor aanvullend onderzoek. Dit locatiespecifieke onderzoek moet in die gevallen waar de loodgehalten boven de risicogrenswaarde liggen uitsluitel bieden.

In het volkstuincomplex 'aan het Meer' in Heerenveen zijn in twee voorgaande onderzoeken loodgehalten gemeten die boven deze toetswaarde liggen. Op basis van het Besluit Bodemkwaliteit en de Wet Bodembescherming is er daarom sprake van mogelijk risico als gevolg van de consumptie van groenten geteeld op het complex. Om na te gaan in hoeverre er daadwerkelijk sprake is van humane risico's is het noodzakelijk de gehalten in de moestuingewassen te meten. In dit rapport beschrijven wij de resultaten van het gewasonderzoek. Tevens is in de onderzochte tuinen ook het totale en beschikbare loodgehalte in de bodem gemeten. Op basis van de gemeten waarden in de bodem en de gewassen maken we een actuele inschatting van de risico's van de verhoogde loodgehalten in de bodem. Dit moet uitsluitel bieden of er op deze locatie werkelijk humane risico's bestaan en zo ja wat dan de gevolgen hiervan zijn voor het gebruik van de tuin.

Om privacyredenen worden de gegevens in dit rapport niet expliciet gekoppeld aan tuinnummers (en daarmee eigenaren). Uiteraard krijgen de deelnemende tuinders de gegevens van hun tuin ter beschikking. Tot slot, deze opdracht is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Heerenveen in samenwerking met de Stichting Volkstuincomplex Heerenveen. Deze laatste is als zodanig echter niet betrokken bij de opdrachtverlening.

Tenslotte een woord van dank aan de tuinders die aan het onderzoek meegewerkt hebben. Zonder deze vrijwillige medewerking was dit onderzoek niet mogelijk.

Samenvatting

De loodgehalten in de bodem van het volkstuincomplex 'aan het Meer' overschrijden de maximale waarde voor moestuin. Daarmee bestaat de kans dat de inname van lood door het telen van eigen groente de TDI (maximaal aanvaardbare dagelijkse inname) overschrijdt. Om na te gaan of de grond in het volkstuincomplex te Heerenveen geschikt is als moestuin zijn in opdracht van de gemeente Heerenveen dertien tuinen onderzocht. Daarbij zijn monsters van de grond (0-20 cm) en groenten genomen. In totaal zijn 77 gewasmonsters genomen in juni en augustus 2010 die in hoge mate representatief zijn voor de (zomer)groenten die mensen in eigen tuin kweken. De tuinen zijn zodanig gekozen dat op grond van eerder onderzoek een representatief beeld van de variatie van de loodgehalten in de bodem ontstaat.

De loodgehalten in de bodem liggen in het algemeen lager dan de eerder bepaalde gehalten ofschoon de ruimtelijke verdeling van laag naar hoog in overeenstemming met de verwachting is. Waarom de gehalten in de bodem lager liggen dan eerder bepaald, is niet duidelijk, maar zowel de totaalgehalten als ook de metingen met verdund zuur (0.43 N HNO_3) extractie laten dit beeld zien. De chemische beschikbaarheid van lood in de bodem zoals gemeten met 0.01 M CaCl_2 blijkt in hoge mate afhankelijk van de zuurgraad (pH). Bij een lage pH neemt de beschikbaarheid sterk toe. De opname door de planten wordt deels verklaard door het loodgehalte in de bodem en deels door de zuurgraad. De data laten zien dat de kans dat de loodgehalten in de plant hoog zijn, groter is bij lage pH dan bij hoge pH ofschoon de variatie in de gemeten gehalten in de plant groot is. Ook neemt het gemiddelde gehalte in de plant toe met het loodgehalte in de bodem, er is dus wel een effect van de bodemkwaliteit op de gewaskwaliteit.

De gemeten gehalten in de planten zijn echter over het algemeen laag, van de 77 monsters liggen de loodgehalten in 72 monsters (ruim) onder de huidige warenwetnorm voor lood. In vijf monsters varieert het loodgehalte tussen 0.1 en 0.14 mg kg^{-1} vers gewicht (warenwetnorm voor lood is 0.1 mg kg^{-1} voor groente excl. bladgroente waarvoor een norm van 0.3 mg kg^{-1} geldt). Belangrijker is echter dat de kwaliteit van de gewassen die veel gegeten worden (sla, andijvie, aardappel en bonen) zonder uitzondering goed is; ook in gewasmonsters uit tuinen met hogere loodgehalten.

Voor de beoordeling van de kwaliteit van de moestuin voor eigen gebruik is de warenwet echter niet doorslaggevend, maar is de risico-index (RI) berekend met C-Soil van belang. Op basis van de standaardberekeningen varieert de RI tussen 0.17 en 1.24 wat betekent dat er tuinen zijn waarbij de blootstelling aan lood onaanvaardbaar is ($\text{RI} > 1$). Op basis van metingen in de moestuingewassen blijkt echter dat de RI varieert van 0.03 tot 0.21 voor volwassen en tussen 0.07 en 0.55 voor kinderen wat betekent dat er geen actueel risico is bij gebruik van de tuin als moestuin (in geval van levenslange blootstelling).

Op basis van deze metingen zijn er geen beperkingen voor het gebruik van de tuin als moestuin. Wel geldt dat de groenten voor gebruik goed gewassen en/of geschild moeten worden. Tevens verdient het aanbeveling om de zuurgraad van de tuinen op peil te houden. In de dertien tuinen ligt de pH in vijf tuinen lager dan of gelijk aan vijf. Het verdient aanbeveling om de pH te verhogen tot 5.5 om daarmee de beschikbaarheid van lood te verlagen wat leidt tot gemiddeld lagere loodgehalten in gewassen.

1 Inleiding en achtergrond

Al in 1987 is in een oriënterend onderzoek vastgesteld dat op het terrein van het volkstuincomplex 'aan het Meer' te Heerenveen sprake is van verhoogde loodgehalten in de bovengrond (Oranjewoud, 1987). Destijds is gesteld dat de aangetroffen gehalten geen aanleiding vormen tot verdere actie (sanering) en dat de tuinen als moestuin gebruikt kunnen worden (Inspectie van de Volksgezondheid, 1987). Dit omdat de gehalten in de bodem onder de destijds gehanteerde risicogrenswaarde van 600 mg kg^{-1} lag.

In de loop der jaren is het bodembeleid echter gewijzigd en zijn de risicogrenswaarden voor lood aangescherpt. Een nieuw bodemonderzoek (Oranjewoud, 2010) bevestigde de eerder aangetroffen verhoogde waarden aan lood in de bodem.

Volgens de nu geldende risicogrenswaarde voor lood is er wel sprake van humane risico's bij gebruik van de tuin als moestuin. Het recente bodemonderzoek toont echter ook aan dat de verontreiniging zeer heterogeen is en dat de overschrijding van de risicogrenswaarde volgens Sanscrit (pm 150 mg kg^{-1}) slechts in een deel van de tuin voorkomt. De aangetroffen loodgehalten liggen tussen 50 en 500 mg kg^{-1} met een enkele meetwaarde van 700 mg kg^{-1} .

Op grond van deze nieuwe toetsing is volgens de vigerende wetgeving echter aanvullend locatiespecifiek onderzoek nodig om aan te tonen of de modelberekende risico's voor lood inderdaad voorkomen.

Uit de praktijk blijkt namelijk dat ook bij zeer hoge loodgehalten (tot 2000 mg kg^{-1}) er niet noodzakelijk een navenant hoge opname door groente plaatsvindt (Römkens et al., 2006; Römkens en Rietra, 2007). Een recente inventarisatie van meer dan 2500 gegevens van metingen aan gehalten in bodem en gewas van reguliere landbouwgronden toont aan dat de opname van lood zelfs bij gehalten van 500 mg kg^{-1} in de bodem, niet leidt tot overschrijding van gewasnormen (Römkens en Rietra, 2009).

Dat betekent dat de kans klein is dat de loodinname door tuinders, als gevolg van het eten van groente uit eigen tuin, de geldende MTR waarde¹ overschrijdt. Toch moet dat wel vastgesteld worden, want de recente screening van lood in bodem en gewas (Römkens en Rietra, 2009) toont ook aan dat het erg lastig is om generieke modellen te gebruiken om locatiespecifiek de loodgehalten in een gewas te berekenen.

In dit rapport beschrijven wij daarom het uitgevoerde onderzoek, van de selectie van de tuinen die in het onderzoek zijn meegenomen tot en met de berekening van de werkelijke risico's op basis van de gemeten gehalten in de gewassen en de bodem. In totaal zijn in dertien tuinen of groepen van naast elkaar gelegen tuinen (zie hoofdstuk 3) in totaal 77 gewasmonsters geanalyseerd. Deze zijn representatief voor de gewassen die de meeste tuinders telen en geven een goed inzicht in de inname van lood via het eten van groente uit de tuin. Naast gewasmonsters zijn ook per tuin bodemonsters (mengmonster per tuin) genomen. Dat is nodig omdat in het eerdere onderzoek weliswaar ook bodemonderzoek is gedaan, maar het is niet duidelijk uit welke tuin deze monsters precies genomen zijn. In het onderzoek uit 1987 en 2010 zijn weliswaar monsters uit goed omschreven vakken genomen, maar destijds is niet het tuinnummer opgenomen waar het monster is

¹ MTR: maximaal toelaatbaar risico

genomen. Het is namelijk van belang de gehalten in de bodem te koppelen aan de bijbehorende gehalten in het gewas. Uiteindelijk vormen de gemeten gehalten in bodem en gewas de basis voor de uitspraak ten aanzien van de risico's van de verhoogde loodgehalten in de bodem. Voor de berekening van de actuele risico's maken we gebruik van de huidige versie van C-Soil (www.risicotoolboxbodem.nl) waarbij de gehalten in de gewassen aangepast worden aan de metingen en niet de standaard berekening wordt toegepast waarbij deze gehalten juist berekend worden. De essentie van locatiespecifiek onderzoek is namelijk dat op basis van de gemeten data modeluitspraken bevestigd dan wel weerlegd kunnen worden. Op grond van de locatiespecifieke metingen en de berekening van de blootstelling volgt dan een oordeel over de geschiktheid van de tuin voor gebruik als moestuin.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de in dit onderzoek toegepaste methoden vanaf de selectie van de tuinen, het telen van de gewassen tot aan de methode om de risico-index te berekenen. In hoofdstuk 3 staan vervolgens de resultaten van het bodem- en gewasonderzoek. Hoofdstuk 4 beschrijft de berekening van de daadwerkelijke blootstelling op basis van C-Soil berekeningen. In hoofdstuk 5 tenslotte staan de conclusies en aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van de tuin als moestuin.

2 Opzet van het onderzoek en methoden

2.1 Voortraject

Het vóórkomen van verhoogde loodgehalten in de bodem op de locatie 'aan het Meer' is bij de Stichting die het terrein in eigendom heeft, bekend. Eerder uitgevoerd onderzoek toonde aan dat de loodgehalten variëren van minder dan 50 mg kg⁻¹ tot meer dan 700 mg kg⁻¹. Het eerder uitgevoerde onderzoek beperkte zich tot bodemonderzoek en het is daarom niet duidelijk in welke mate lood ook in de gewassen in verhoogde gehalten aanwezig is. Het gewasonderzoek vergt uiteraard meer afstemming met de gebruikers van de tuin omdat in dat geval monsters van de in de tuinen aanwezige groenten genomen moeten worden. Om aan de gebruikers van de tuinen van het complex duidelijk te maken wat de bedoeling en opzet van het onderzoek is, is op 22 april 2010 een voorlichtingsavond georganiseerd in het nabij gelegen AOC te Heerenveen. Tijdens deze bijeenkomst is door de betrokken wethouder, de bodemspecialist van de gemeente Heerenveen en de uitvoerder van het onderzoek (Alterra) een toelichting gegeven over de stand van zaken en de aanpak van het onderzoek. Tijdens deze avond waren ongeveer 50 tuinders aanwezig en uiteindelijk hebben zich ongeveer vijftien tuinders vrijwillig aangemeld voor deelname aan het onderzoek. Op basis van de beschikbare projectmiddelen is hieruit een selectie van tien tuinders gemaakt voor het uitvoeren van het onderzoek. Deze selectie gebeurde op grond van eerder gedaan onderzoek en spreiding over de tuin.

2.2 Selectie van tuinen voor het onderzoek

Het doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in de loodgehalten in de bodem én in het gewas. Daarom is het bij de selectie van de tuinen die in het onderzoek meedoen belangrijk te kijken naar de verdeling van de aanmeldingen over het terrein. Op basis van het voorgaande onderzoek is immers bekend waar de loodgehalten laag dan wel hoog zijn. Uiteindelijk is niet het doel om een uitspraak te doen voor de deelnemende tuinders, maar een generieke uitspraak te doen over de geschiktheid van het hele terrein als moestuin. Daarom is uiteindelijk een selectie gemaakt die zoveel mogelijk de hele range aan loodgehalten in de bodem weer spiegelt, van laag tot hoog. In eerste instantie zijn daarbij op basis van de bestaande tuinen tien tuinen gekozen. Uiteindelijk zijn ter plekke tijdens de eerste bemonstering dertien tuinen bemonsterd voor wat betreft bodem. Dit betreft de tuinnummers 4-5, 25, 52, 66, 80-83, 94-95, 112, 130-132, 147-148, 186-188, 166-167, 159-161 en 170. In sommige gevallen bezitten tuineigenaren meerdere vakken (elk vak is p.m. 5 x 20 meter) terwijl anderen slechts één-vak in gebruik hebben. In figuur 1 staat een overzichtskaart van de hele tuin evenals de ligging van de geselecteerde tuinen. In eerste instantie waren tien tuinen geselecteerd, ter plekke zijn dertien tuinen bemonsterd.



Figuur 1

Overzicht van het Volkstuincomplex 'aan het Meer' en de geselecteerde tuinen (in groen) voor het onderzoek naar de loodgehalten in de bodem en groente

Na de selectie van deze tuinen is aan elk van de tuinders gevraagd een lijst aan te leveren met daarop de groenten die in 2010 geteeld worden. Uit de inventarisatie blijkt dat de meest gangbare gewassen (sla, andijvie, tomaat, aardappel) die belangrijk zijn voor de berekening van de inname van lood via gewassen in veel tuinen geteeld worden.

2.3 Bemonstering van bodem en gewas

Op basis van de aangeleverde informatie over de groenten die in de tuin geteeld worden is op 23 juni de bemonstering van de bodem uitgevoerd. Die dag zijn bodemonsters genomen van alle tuinen waarbij steeds 20 stekken van de 0-20 cm laag genomen zijn met een guts. De individuele stekken zijn vervolgens gemengd tot een mengmonster voor de analyse. In totaal is per tuin ongeveer 2 kilo grond bemonsterd. Daarbij volgen we wat betreft de keuze van de gewassen, de bemonsteringsdiepte en analysemethoden de aanbevelingen die door RIVM gedaan zijn voor de bemonstering van moestuinen (Swartjes et al., 2007).

De gewasbemonstering is op 23 juni en 17 augustus uitgevoerd. Daarbij zijn steeds alleen die groenten geoogst die volgroeid waren en dus door de tuinders ook op of rond die tijd geoogst zouden worden. Met uitzondering van tuin 170 waar geen gewas aanwezig was op 23 juni, zijn in alle tuinen gewasmonsters genomen. Op 17 augustus is de tweede bemonstering uitgevoerd waarbij vooral die gewassen bemonsterd zijn die in juni nog niet oogstbaar waren. Dat betreft voornamelijk aardappel en bonen. In tabel 1 staat een totaaloverzicht van de bemonsterde gewassen.

De gewasmonsters zijn bewaard in (open) plastic zakken tijdens het vervoer naar Wageningen en zijn vervolgens opgeslagen in de koelcel bij 2 graden voor verdere verwerking. De grondmonsters zijn in grondmonsterzakken (BLGG) bewaard en eveneens bij 2 graden opgeslagen voor verdere verwerking.

Tabel 1*Overzicht van gewassen die zijn bemonsterd*

Gewas	Aantal monsters	Gewas	Aantal monsters
Aardappel	8	Sla (incl. ijsbergsla)	15
Andijvie	6	Snijbiet	4
Broccoli	1	Snijbonen	5
Courgette	3	Sperzieboon	9
Komkommer	1	Spinazie	1
Prei	2	Spitskool	1
Rabarber	7	Tuinboon	1
Radijs	4	Ui (incl. sjalot)	3
Rode biet	2	Wortel (incl. peen)	4

Op 24 juni en 18 augustus zijn de gewasmonsters gewassen en verwerkt (o.a. schillen van aardappels) indien nodig. In tabel 2 staat hoe elk gewas is voorbehandeld en welk deel van het gewas is gebruikt voor de analyse. Doel is deze voorbehandeling zoveel mogelijk te laten lijken op de manier zoals tuineigenaren hun groente behandelen. Daarom is onder andere ook gewoon kraanwater gebruikt voor het wassen van de groenten evenals normaal keukengereedschap voor het schillen van bepaalde groenten (o.a. aardappel en wortel).

Tabel 2*Overzicht van de behandeling van het gewas voor het drogen*

Gewas	Behandeling van het gewas voor het drogen
Aardappel	wassen (normaal) en schillen
Andijvie	Buitenbladeren verwijderen, wassen
Broccoli	Wassen (dikke steel verwijderen)
Courgette	Wassen en verwijderen van uiteinde aan beide kanten
Komkommer	Wassen (normaal) en schillen
Peen/wortel	Wassen (normaal) en schillen
Rabarber	Wassen
Radijs	Alleen knol, wassen
Rode biet	Alleen knol, wassen, schillen
Rucola	Wassen
(Ijsberg)Sla	Buitenbladeren verwijderen, wassen
Snijbiet	Wassen
Sperzieboon	Wassen, verwijderen van top
Snijboon	Wassen, verwijderen van top
Spinazie	Wassen, bloeistengels verwijderen
Tuinboon	Alleen de boon
Spitskool	Alleen kool deel, wassen
Ui/sjalot	Alleen knol, buitenvel verwijderen

Na het wassen en, indien relevant, schillen of verwijderen van buitenbladeren, zijn de monsters gedroogd bij 40 graden gedurende 48 uur. Na het drogen zijn alle gewasmonsters tot poeder gemalen. De gehalten aan metalen in de gewasmonsters zijn bepaald na extractie van 0.5 gram gedroogd gemalen materiaal met geconcentreerd $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ (Aqua Regia) volgens de standaardprotocollen van het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van Wageningen University. Na deze extractie zijn de gehalten aan metalen (Ba, Cd, Cu, Zn en Pb) gemeten met behulp van ICP-MS. In eerste instantie richten we ons in deze rapportage op Pb.

De grondmonsters zijn aan de lucht gedroogd gedurende 72 uur. Vervolgens is het vochtgehalte bepaald na droging bij 40 graden. De gedroogde grond is vervolgens gezeefd over 2 mm om alle grove delen te verwijderen. Daarbij viel op dat in sommige monsters resten van afval (puin) aanwezig zijn. Daar waar deze delen kleiner zijn dan 2 mm zijn ze in het uiteindelijke monster voor analyse meegenomen. Aan de gedroogde, gezeefde grond zijn de volgende bepalingen verricht:

1. totaal metaalgehalte na extractie met geconcentreerd $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ (Aqua Regia)
2. reactief metaalgehalte na extractie met 0.43 M HNO_3
3. beschikbaar metaalgehalte na extractie met 0.01 M CaCl_2
4. pH van de bodem in het 0.01 M CaCl_2 extract
5. organische stof gehalte (gloeiverlies na verhitting tot 550 graden)
6. gehalte aan opgelost organisch koolstof in 0.01 M CaCl_2 extract
7. vochtgehalte
8. textuur ($\% < 2 \mu\text{m}$; deze analyse is verricht op het Bedrijfslaboratorium Grond en Gewas (BLGG) te Oosterbeek)

De reden om meerdere extracties aan de bodem (totaal, reactief, beschikbaar) te verrichten, is om te zien of het lood in de bodem, dat grotendeels via afval in de bodem gekomen is, ook beschikbaar is voor plant-opname. Een totaal analyse met sterk zuur is namelijk niet noodzakelijk ook gelijk aan de hoeveelheid lood die potentieel beschikbaar is voor planten of voor uitspoeling. Daarvoor is de meting met verdund zuur (0.43 M HNO_3), die een maat is voor de totale hoeveelheid lood die mogelijk door planten opgenomen kan worden. Deze hoeveelheid is uiteraard voor een groot deel vastgelegd aan de organische stof-fractie in de bodem en daarom meten we ook de actuele beschikbare hoeveelheid aan lood middels de extractie met 0.01 M CaCl_2 . De hoeveelheid lood die daarin gemeten wordt is een maat voor de hoeveelheid lood die op dat moment werkelijk opneembaar is (of daar in ieder geval aan gerelateerd is).

3 Resultaten van bodem- en gewasonderzoek

3.1 Analyseresultaten bodemonderzoek

In tabel 3 tot en met 6 staan de resultaten van het bodemonderzoek aan de dertien grondmonsters die op 23 juni genomen zijn. Om redenen van privacy zijn hierbij niet de tuinnummers weergegeven. Het gaat in deze rapportage immers niet om het identificeren van risico's van individuele tuinen, maar om het weergeven van de range die in het volkstuincomplex 'aan het Meer' gevonden is. Voor de volledigheid zijn hier ook de gemeten gehalten aan andere elementen (Cd, Zn, Cu en Ba) weergegeven. Deze zullen in de analyse verder niet aan bod komen tenzij de gehalten daartoe aanleiding geven. Tevens staan onderaan de tabel de huidige maximale waarden voor de functie moestuin waarbij alleen de humane risicogrens is weergegeven (niet de ecologische risicogrens die o.a. voor zink lager is (VROM, 2008)).

Tabel 3

Overzicht van totaal metaalgehalten (Aqua Regia, in mg kg⁻¹) in de dertien monsters (0-20 cm)

Nummer	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
A	25	0.15	16	37	60
B	63	0.40	83	971 ¹ /238-250	110
C	43	0.29	27	119	75
D	21	0.13	12	37	39
E	16	0.11	11	42	26
F	89	0.46	34	124	98
G	48	0.38	27	126	78
H	41	0.42	33	163	69
I	61	0.39	30	143	83
J	49	0.29	25	98	71
K	48	0.50	38	189	70
L	48	0.45	37	169	73
M	47	0.47	39	262	59
Maximale waarde moestuin Humaan	600	1.2	790	70/150 ²	1800

¹ de eerste meting gaf een waarde van 971 mg kg⁻¹, maar de meting met 0.43 N HNO₃ (zie tabel 4) gaf reden tot twijfel aan deze waarde. Een tweede bemonstering in duplo van deze tuin gaf waarden van resp. 238 mg kg⁻¹ en 250 mg kg⁻¹. Deze laatste waarden komen veel beter overeen met de meting in 0.43 N HNO₃ en zijn daarom bij de berekening van de risico-index gehanteerd.

² voor de toetsing in sanscrit geldt een waarde van 150 mg kg⁻¹, de maximale waarde moestuin is 70 mg kg⁻¹

Tabel 4

Overzicht van reactieve metaalgehalten (0.43 M HNO₃) in de dertien monsters (0-20 cm)

Lab	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
Eenheid:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
A	20	0.18	7.2	28	45
B	40	0.37	36.9	123	67
C	29	0.30	11.7	85	47
D	14	0.14	5.0	26	25
E	12	0.12	4.7	31	20
F	37	0.43	13.4	83	59
G	37	0.39	11.9	80	51
H	32	0.44	13.3	100	40
I	48	0.42	13.0	89	51
J	34	0.31	9.1	71	51
K	34	0.50	14.0	121	40
L	36	0.45	15.6	117	43
M	35	0.46	14.0	132	37

Tabel 5

Overzicht van beschikbare metaalgehalten (0.01 M CaCl₂) in de dertien monsters (0-20 cm). Noot: de eenheid is anders dan in de voorgaande tabellen

Lab	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
Eenheid	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]
A	220	6	41	3	1545
B	3594	32	189	135	7984
C	1803	14	60	46	3093
D	295	2	31	2	334
E	507	14	41	29	2760
F	1949	20	83	53	3746
G	665	9	73	18	1230
H	1353	13	76	31	1431
I	1166	9	76	13	1220
J	946	5	49	20	1075
K	2408	28	91	118	3003
L	1381	13	88	41	1662
M	2766	29	87	171	3180

Tabel 6*Overzicht van algemene bodemeigenschappen*

Monster- nummer	pH	DOC	Organische stof	Lutum	Vocht (20-40°C)
	0.01 M CaCl ₂	mg C L ⁻¹	%	% < 2 µm	% t.o.v. veldvochtig
A	5.6	10	10	2	20
B	4.6	23	22	5	30
C	5.2	19	16	4	33
D	6.1	9	8	1	22
E	4.7	11	6	<1	20
F	5	23	20	5	32
G	5.5	18	16	4	27
H	5.2	22	21	4	30
I	5.3	17	14	4	25
J	5.4	22	25	2	36
K	4.7	35	27	4	38
L	5.2	24	22	5	28
M	4.6	38	29	3	43

De gemeten gehalten in tabel 3 aan lood in de bodem in de individuele monsters komen overeen met eerder gerapporteerde waarden (Oranjewoud, 2010). In de hier genomen monsters varieert het loodgehalte in eerste instantie tussen 37 en 971 mg kg⁻¹. Deze laatste waarde ligt duidelijk hoger dan eerder gerapporteerde waarden en is bovendien afkomstig uit een vak waar eerdere metingen (Oranjewoud, 2010) duidelijk lager waren. Zoals in de voetnoot bij tabel 3 is aangegeven, wijzen de herhaalde metingen aan monsters uit dezelfde tuin erop dat de waarde van 250 mg kg⁻¹ correcter is. Zonder op de waarden van de individuele monsters in te gaan blijkt dat de huidige metingen in de vakken met duidelijk verhoogde loodgehalten iets lager liggen dan de metingen in het eerdere onderzoek van Oranjewoud (2010).

Wel is het zo dat in de vakken met de sterkere verontreiniging meerdere tuinen bemonsterd zijn. De kans dat deze allemaal net buiten het sterker verontreinigde deel lagen, is daarmee gering. De meest waarschijnlijke reden voor het verschil is dat in het hier beschreven onderzoek mengmonsters genomen zijn van hele tuinen die in omvang variëren van 5 x 20 tot 20 x 20 m. Hierdoor neemt de kans op het voorkomen van extremen af omdat er binnen een tuin een zodanige variatie voor kan komen dat het gehalte in een mengmonster vrijwel nooit extreem hoog of laag kan zijn. De hoge waarden in het onderzoek van Oranjewoud in 2010 betreft puntwaarnemingen. De gehalten in de mengmonsters van de betreffende vakken (6 en 8 in de rapportage van Oranjewoud) liggen wel in dezelfde orde van grootte als de metingen in het onderhavige onderzoek.

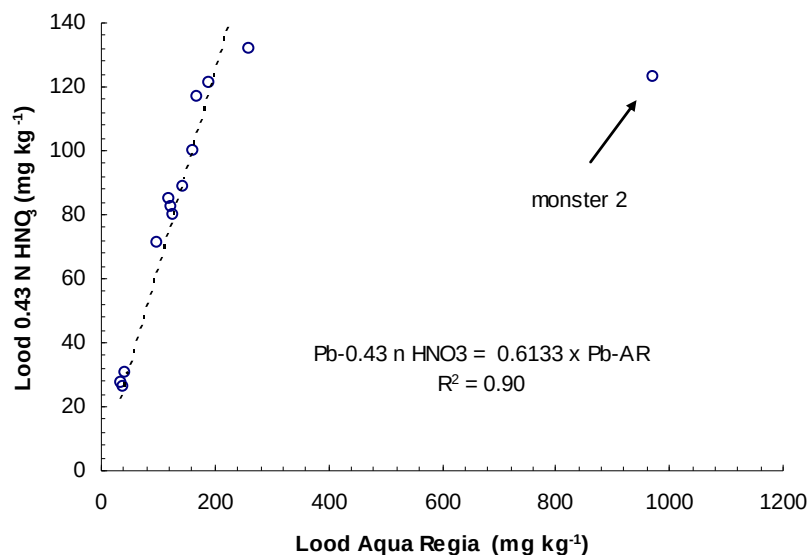
De metingen die nu zijn uitgevoerd bevestigen daarmee het eerdere beeld dat de verontreiniging op het complex sterk heterogeen is. Door de gekozen aanpak in de hier beschreven studie waarbij tuinen uit het hele complex zijn bemonsterd en waarbij zowel de schone als de meest verontreinigde plekken zijn bemonsterd, menen wij dat de resultaten in dit rapport een representatief beeld geven van het hele complex. De kans dat er tuinen zijn die (gemiddeld) een veel hoger loodgehalte hebben dan de waarden die hier gerapporteerd zijn, achten wij klein.

Ofschoon er dus mogelijk kleine plekken in een tuin bestaan waar lokaal de loodgehalten hoger zijn dan de gemiddelde gehalten van de hele tuin, is het toch beter om bij de beoordeling van de werkelijke risico's de gemiddelde gehalte *per tuin* te gebruiken. Het merendeel van de groenten (en daarmee de inname van lood) komt namelijk niet van die kleine plek met verhoogde gehalten. Bovendien telen de meeste tuinders de

groenten steeds op wisselende plekken. De kans dat jaar na jaar gewassen die relatief veel lood opnemen op de meest verontreinigde plek in een tuin geteeld worden is daarmee zo goed als nul.

Om na te gaan in welke mate het lood in de bodem beschikbaar is, zijn aanvullend de 0.43 M HNO_3 (zie tabel 4) en 0.01 M CaCl_2 (zie tabel 5) metingen verricht. In figuur 2 is het verband tussen de totaalmeting (Aqua Regia) en verdund zuur te zien. Daaruit blijkt dat voor de meeste monsters de potentiële beschikbaarheid ongeveer 50 tot 77% (gemiddeld 66%) van de totaalgehalten bedraagt met uitzondering van monster 2. Dit betreft het monster met het hoge gemeten totaalgehalte van 972 mg kg^{-1} . De meting met 0.43 M HNO_3 bedraagt echter maar 123 mg kg^{-1} waardoor het percentage potentieel beschikbaar 12% is. Een van de mogelijke oorzaken van deze sterke afwijking is dat er in het monster een deel van het lood in een niet beschikbare vorm aanwezig is. Dit kan afkomstig zijn van afval dat wel gemeten wordt bij de totaalextractie met Aqua Regia maar niet met de meting met 0.43 M HNO_3 .

De gemiddelde verhouding van 66% (0.43 M HNO_3 /Aqua Regia) komt vrijwel exact overeen met resultaten van eerder onderzoek waarin dezelfde gemiddelde verhouding voor lood tussen de extractie met verdund zuur en de totaalmeting is gevonden (Römkens et al., 2004). Dat betekent dat het lood dat in deze bodems aanwezig is zich niet anders gedraagt dan lood in de gemiddelde bodem in Nederland.



Figuur 2

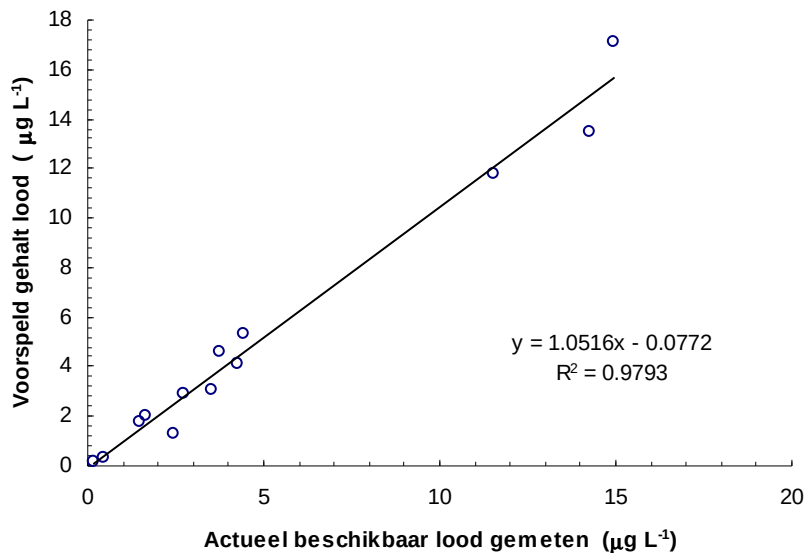
Relatie tussen totaalgehalte (Aqua Regia) en potentieel beschikbaar gehalte aan lood (0.43 N HNO_3) voor de verschillende monsters. De regressie-vergelijking is gebaseerd op 12 punten (zonder monster 2)

Maatgevend voor de risico's is echter de actuele beschikbare fractie, gemeten met 0.01 M CaCl_2 . Ofschoon de totaalgehalten in de monsters uit de tuinen zeer verschillend zijn en ook de gemeten gehalten aan organische stof en de zuurgraad uiteen lopen, blijkt dat de beschikbaarheid van lood zoals gemeten met 0.01 M CaCl_2 in alle tuinen hetzelfde is wanneer we rekening houden met de zuurgraad en de potentieel beschikbare loodgehalten. Op basis van regressieanalyse blijkt dat 96% van de variatie in de actuele beschikbaarheid van lood te verklaren is uit verschillen in de pH en het gehalte aan lood gemeten met 0.43 M HNO_3 . Opvallend daarbij is ook dat de invloed van de pH daarbij nog sterker is dan die van het gehalte aan lood in de bodem. Dat wil zeggen dat verschillen in pH meer bepalend zijn voor de actuele beschikbaarheid van lood dan het gehalte aan lood in de bodem zelf. Verschillen in organische stof en opgelost organisch stof zijn voor de

verklaring van de beschikbaarheid van lood in deze monsters minder van belang. Op basis van de zuurgraad en het potentieel beschikbare gehalte aan lood kunnen we de actuele beschikbaarheid van lood goed schatten volgens relatie 1:

$$^{10}\log[\text{Pb-CaCl}_2] = 3.0 - 0.85 \cdot \text{pH}_{\text{CaCl}_2} + 0.97 \cdot ^{10}\log[\text{Pb-0.43 HNO}_3] \quad [1]$$

Op basis van vergelijking 1 kunnen alle waarnemingen van de beschikbare loodgehalten goed voorspeld worden zo blijkt uit figuur 3.



Figuur 3

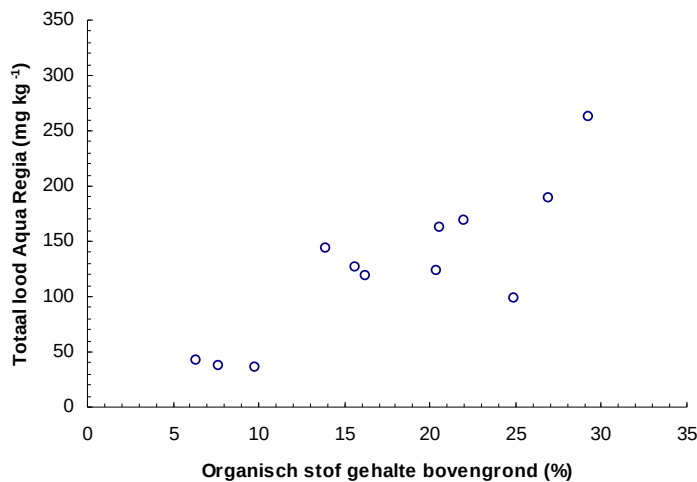
Gemeten versus voorspelde gehalten aan beschikbaar lood (0.01 M CaCl₂) in de dertien monsters op basis van pH en het reactieve gehalte aan lood (0.43 N HNO₃)

Het feit dat het gehalte aan beschikbaar lood in alle monsters op dezelfde manier gecontroleerd wordt door pH en de fractie extraheerbaar met 0.43 M HNO₃ geeft aan dat de hoge waarde gemeten met Aqua Regia inderdaad niet maatgevend is voor de beschikbaarheid van lood in de bodem en daarmee ook niet bijdraagt aan een mogelijk risico.

De algemene bodemeigenschappen tonen aan dat de gronden in veel gevallen hoge gehalten aan organische stof hebben (tot 30%), maar dat sommige ook lagere gehalten tussen 5 en 10% bevatten. De verschillen in organische stof hebben meerdere oorzaken:

- De mate van grondbewerking (en dan vooral het diepspitten). De ondergrond van het terrein is veen, en door het diepspitten kan daarmee organische stof rijk-materiaal in de bovengrond komen.
- Verschil in beheer van de tuin waarbij sommige tuinders meer organisch materiaal (compost, mest) gebruiken dan andere. De verschillen die hierdoor kunnen ontstaan zijn echter klein.
- Natuurlijke variatie van het organische stof gehalte.
- De variatie als gevolg van het aanvoeren van (organisch) stadsafval in het verleden (>100 jaar). Het opbrengen van afval (historisch) heeft mogelijk ook bijgedragen tot hogere gehalten aan organisch materiaal in de grond. Dat het aanvoeren van organisch materiaal (stadsafval) heeft geleid tot hogere loodgehalten in de bodem wordt ook bevestigd door de correlatie tussen het organische stof gehalte in de bovengrond en het loodgehalte zoals te zien is in figuur 4. Het feit dat deze relatie tussen het organische stof gehalte en het loodgehalte bestaat, geeft aan dat deze laatste factor (aanvoer van organisch huishoudelijk stadsafval)

waarschijnlijk de belangrijkste reden is voor de verschillen tussen de tuinen wat betreft organische stof gehalte (de gehalten aan lood in het veen onder de tuin zijn nl laag en daarmee zou er geen relatie tussen organische stof en lood aangetroffen kunnen worden).



Figuur 4

Relatie tussen het organische stof gehalte in de bovengrond en het totaalgehalte aan lood (zonder monster 2)

3.2 Analyseresultaten gewasonderzoek

In totaal zijn 77 gewasmonsters uit de tuinen bemonsterd en geanalyseerd. In tabel 7 staan de resultaten van de gewasanalyses gegroepeerd per gewas voor lood. De gehalten voor de overige elementen (barium, koper, zink en cadmium) staan in bijlage 1. Bij de verdere bespreking beperken we ons tot lood omdat dit voor deze tuinen het enig relevante element is. Voor de andere metalen kan kort gesteld worden dat de gehalten geen aanleiding geven tot verder onderzoek. Zo liggen voor cadmium alle gemeten gehalten ruim onder de daarvoor gestelde kwaliteitsnorm en geven de gehalten in de bodem ook geen aanleiding voor verdere bespreking.

Bij de beoordeling van de kwaliteit van de tuin maken we gebruik van de norm gebaseerd op de maximale blootstelling voor mensen door het eten van groente zoals die toegepast wordt bij de beoordeling van de kwaliteit van grond voor gebruik als moestuin in het kader van de wet Bodembescherming

De warenwetnorm die geldt voor de kwaliteit van gewassen zoals een landbouwer die teelt (voor de verkoop in de winkel) zijn in deze niet maatgevend. Uiteraard geeft een gehalte aan lood dat boven de warenwet ligt wel aan dat er sprake is van verhoogde gehalten. De warenwetnormen zijn zo gekozen dat bij levenslange inname van producten uit de winkel er geen risico voor verhoogde inname van stoffen bestaat. Het feit dat een enkel monster uit dit onderzoek rond of boven de warenwet ligt betekent daarmee dus niet dat de blootstelling van de tuinder meteen te hoog is, want de totale inname bestaat uit veel meer groenten. Om aan te geven dat de kwaliteit van vrijwel alle groenten echter zonder meer goed is, vergelijken we de hier gemeten gehalten toch met de warenwet. Dit is dus meer ter illustratie dan dat deze warenwetnormen een toetsing vormen van de kwaliteit van de tuinen.

De beoordeling op grond van de totale blootstelling is daarmee de enige maatgevende, want deze beoordeling geeft aan hoeveel lood een tuinder via het eten van groente uit de tuin binnenkrijgt. Voor deze hoeveelheid bestaat namelijk een maximum (maximale dagelijkse inname) en die is afhankelijk van de gehalten in de grond

én die in het gewas. Bij de standaardbeoordeling gebruikt men daarvoor de standaard modelberekening die uitgaat van een (on)zekere relatie tussen bodem en gewaskwaliteit. Omdat in deze studie de gehalten in de gewassen gemeten zijn, gebruiken we deze om de werkelijke blootstelling te bepalen. Wel maken we een vergelijking tussen de standaardberekening en de aangepaste berekening op basis van de gemeten gehalten om te zien in hoeverre de standaardberekening overeenkomt, of juist verschilt, van de berekening op basis van metingen.

Hierna komen eerst de gemeten gehalten per gewas aan de orde gevolgd door de relatie tussen de bodemkwaliteit (=lodgehalte) en de gewaskwaliteit. We kijken naar alle resultaten in één keer en verwijzen daarbij niet naar specifieke tuinen. Tenslotte maken we per tuin een beoordeling van de risico's met behulp van het model C-Soil dat hiervoor standaard toegepast wordt. Deze beoordeling is per tuin, maar daarbij geven we niet expliciet aan om welke tuin het gaat. Uiteraard wordt deze informatie wel aan de tuinders zelf verstrekt in een aparte rapportage per tuin.

3.2.1 Gemeten lodgegehalten in de verschillende gewassen

Van de meest belangrijke gewassen zoals sla, aardappel, andijvie en bonen konden uit veel tuinen monsters genomen worden. Voor andere gewassen geldt dat het aantal monsters per gewas klein is, zo is er maar één monster voor de gewassen broccoli, komkommer, spinazie, spitskool en tuinboon.

Tabel 7

Overzicht van de gemeten gehalten in de gewassen (in mg kg⁻¹ vers gewicht)

Gewas	aantal	Lood in gewas (mg kg ⁻¹ vers gewicht)			Warenwetnorm (mg kg ⁻¹ vers gewicht)
		minimum	gemiddeld	maximum	
Aardappel	8	< bd	0.005	0.018	0.1
Andijvie	6	0.016	0.029	0.047	0.3
Broccoli	1	0.004	0.004	0.004	0.1
Courgette	3	0.001	0.006	0.012	0.1
Komkommer	1	0.003	0.003	0.003	0.1
Prei	2	0.035	0.039	0.044	0.1
Rabarber	7	0.035	0.056	0.133	0.1
Radijs	4	0.010	0.047	0.140	0.1
Rode biet	2	0.047	0.077	0.106	0.1
Sla	15	0.001	0.024	0.061	0.3
Snijbiet	4	0.013	0.041	0.102	0.3
Snijbonen	5	0.003	0.004	0.005	0.1
Sperzieboon	9	0.002	0.013	0.032	0.1
Spinazie	1	0.023	0.023	0.023	0.3
Spitskool	1	0.002	0.002	0.002	0.1
Tuinboon	1	< bd	< bd ²⁾	< bd ²⁾	0.1
Ui	3	0.015	0.017	0.021	0.1
Wortel	4	0.017	0.075	0.111	0.1

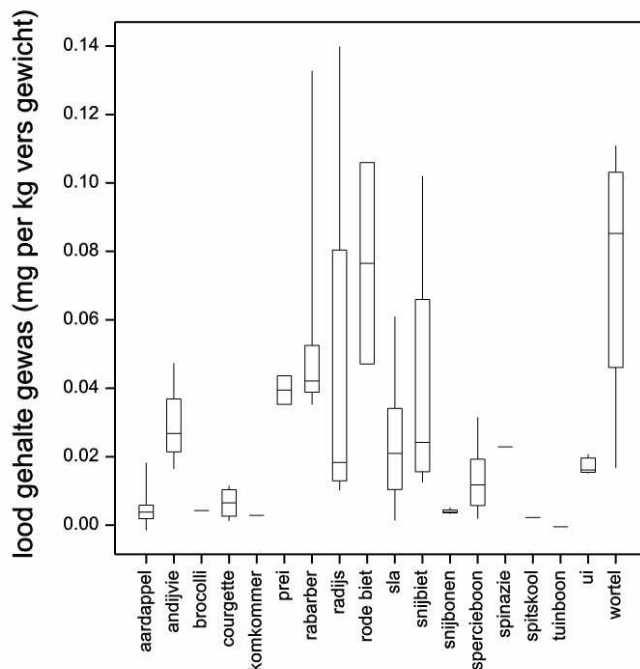
¹ scheefgedrukt geeft aan dat deze waarde boven de warenwetnorm ligt

² bd = lager dan detectiegrens

De belangrijkste conclusies, die uit de gehalten in de gewassen getrokken kunnen worden, zijn:

1. De gehalten in de meeste gewassen zijn laag tot zeer laag. Zo liggen de loodgehalten in aardappel (gemiddeld) rond de 0.005 mg kg^{-1} wat erg laag is wanneer we dat vergelijken met bijvoorbeeld de warenwetnorm van 0.1 mg kg^{-1} . Ofschoon deze norm voor moestuinen niet direct relevant is, geeft het wel aan dat de kwaliteit van aardappels wat betreft lood, ruimschoots aan de eis voldoet die voor te verkopen producten geldt.
2. Er bestaan grote verschillen tussen gewassen (zie ook figuur 5). Zoals gezegd zijn de loodgehalten in aardappel heel laag, maar zien we voor een gewas als rabarber en rode biet dat de loodgehalten beduidend hoger liggen. Gemiddeld liggen de gehalten echter ook nog steeds onder de warenwetnorm, maar voor enkele individuele monsters geldt dat deze boven de warenwetnorm liggen. Dat betekent daarmee niet dat de grond niet als moestuin voldoet maar dat de opname van lood wel hoger is dan wat in Nederland gangbaar is.
3. Voor de meeste echt belangrijke consumptiegewassen (sla, aardappel en bonen), waarvoor geldt dat deze veel gegeten worden door de tuinders, liggen de loodgehalten in alle monsters ruim onder de warenwetnorm. Dit geeft aan dat deze groenten zonder enige beperking in de tuinen geteeld en gegeten kunnen worden.

In dit onderzoek zijn de gewassen steeds op een 'huishoudelijke' manier voorbereid, dat wil zeggen zo veel mogelijk op dezelfde manier als tuinders dat thuis ook zouden doen. Dat betekent dat de groente gewassen is met kraanwater en er geen speciaal gereedschap is gebruikt bij de verdere bewerking (gewoon schilmes bijvoorbeeld). Wel zijn de groenten steeds zorgvuldig gewassen en/of geschild om te voorkomen dat er grond aan de groenten kleefte.



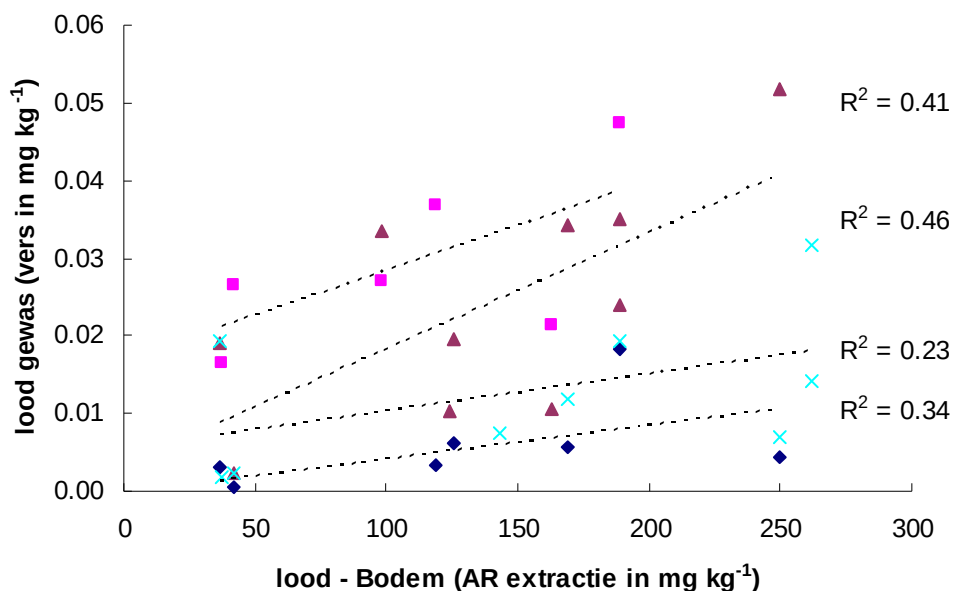
Figuur 5

Boxplot van loodgehalten in de diverse gewassen. De horizontale streep is de mediane waarde (50%) van de metingen per gewassen (of de meting indien er maar één monster is), de boven- en onderkant van de rechthoek komen overeen met de 25 en 75 percentiel-waarde terwijl het uiteinde van de lijn het minimum en maximum is.

3.2.2 Relatie tussen de bodemkwaliteit en de gewaskwaliteit

Eén van de vragen die beantwoord moeten worden, is in hoeverre het gehalte aan lood in de bodem het gehalte in de plant beïnvloedt. Met andere woorden, neemt het gehalte in de plant toe als er meer lood in de bodem zit of niet. Bij de standaardbeoordeling van de bodemkwaliteit wordt er op voorhand van uitgegaan dat er een sterke relatie bestaat tussen het gehalte in de grond en dat in de plant, maar die relatie staat ter discussie (Römkens en Rietra, 2009). De relatie tussen bodem en gewas kunnen we uiteraard alleen vaststellen aan de hand van die gewassen waarvoor er meerdere tuinen bemonsterd zijn. Hier doen we dit aan de hand van de data voor aardappel, sla, andijvie en sperziebonen waarvoor een voldoende aantal monsters aanwezig is.

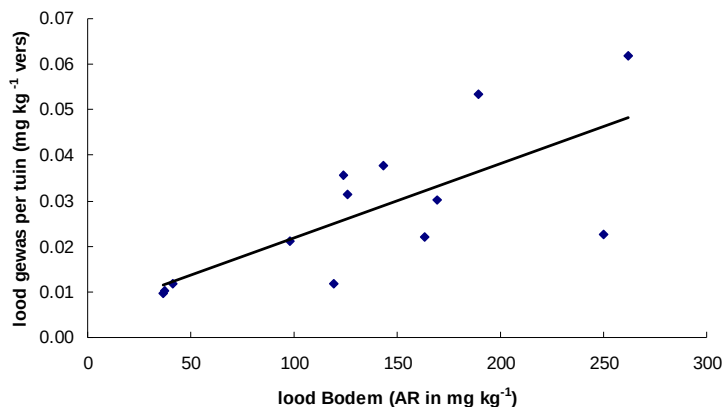
In figuur 6 staat de relatie tussen het gehalte aan lood in de bodem en die in het gewas. Uit de figuur blijkt dat er inderdaad een relatie bestaat ofschoon die niet erg sterk is. De variatie in de gehalten in het gewas kunnen maar zeer ten dele verklaard worden door het gehalte in de grond, maar toch blijkt dat met een toenemend loodgehalte in de bodem het (gemiddelde) gehalte in de gewassen toeneemt.



Figuur 6

Relatie tussen het totaalgehalte aan lood in de bodem en de gehalten in de plant voor sla (▲) andijvie (■), sperzieboon (X) en aardappel (◇)

Ofschoon de relatie tussen het loodgehalte in de bodem en dat in de plant niet sterk is, betekent het wel dat bij de berekening van de blootstelling het belangrijk is een model te gebruiken dat rekening houdt met deze relatie. Ook wanneer we het gemiddelde gehalte in alle geoogste groenten per tuin berekenen, blijkt dat met het toenemen van het loodgehalte in de bodem het gemiddelde gehalte (in alle gewassen per tuin) toeneemt. Dit staat weergegeven in figuur 7 waarbij elk symbool dus representatief is voor één tuin.



Figuur 7

Toename van het gemiddelde loodgehalte in alle groenten per tuin als functie van het loodgehalte in de bodem

Uiteraard is dit zeer indicatief, want het aantal en soort monsters per tuin verschilt zoals is te zien in tabel 8, waar de gemiddelde waarden van alle groenten per tuin (en de spreiding daarin) te zien zijn.

Tabel 8.

Variatie in het gemiddelde gehalte aan lood in gewas en bodem per tuin

Fictief tuin nummer	# ¹	Lood in gewas (mg kg ⁻¹ vers)			Lood in bodem (mg kg ⁻¹ droge stof)		
		Minimum	Gemiddeld	Maximum	Aqua	0.43 N	0.01 M
					Regia	HNO ₃	CaCl ₂
A	6	< det ²	0.01	0.019	37	28	0.003
B	5	0.004	0.023	0.052	250 ³	123	0.135
C	4	0.002	0.012	0.037	119	85	0.046
D	3	0.002	0.01	0.016	37	26	0.002
E	8	0.001	0.012	0.035	42	31	0.029
F	6	0.004	0.036	0.075	124	83	0.053
G	7	0.002	0.031	0.095	126	80	0.018
H	9	0.001	0.022	0.061	163	100	0.031
I	3	0.004	0.038	0.102	143	89	0.013
J	8	< det.	0.021	0.040	98	71	0.020
K	8	0.018	0.053	0.133	189	121	0.118
L	7	0.003	0.03	0.111	169	117	0.041
M	3	0.014	0.062	0.140	262	132	0.171

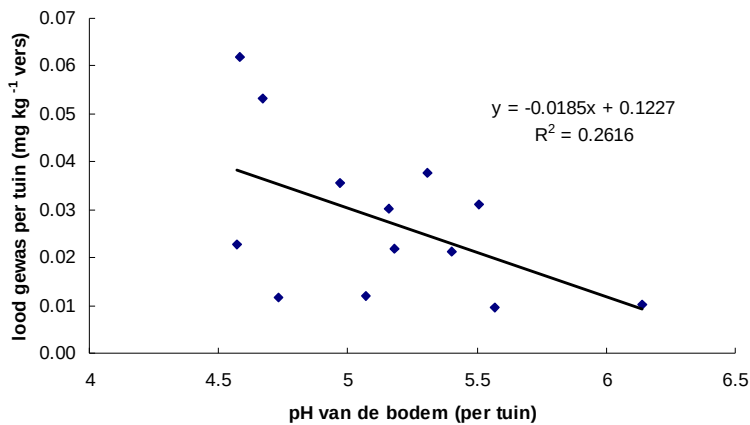
¹ aantal gewasmonsters per tuin

² beneden de detectiegrens

³ gecorrigeerde waarde is gebruikt

Ook voor de zuurgraad geldt dat de gemiddelde loodgehalten in de plant toenemen bij een lage pH. Al eerder is getoond dat de chemische beschikbaarheid sterk afhankelijk is van de pH en het is dus niet vreemd dat bij een lagere pH de opname van lood toeneemt. De relatie tussen pH en het gemiddelde gehalte in de plant per tuin is, net zoals voor het loodgehalte, weliswaar significant maar niet zeer sterk ($R^2 = 0.26$) zoals te zien is in figuur 8.

Het feit dat de gemiddelde loodgehalten in de gewassen per tuin afnemen met een toename van de pH laat wel zien dat het op peil houden van de zuurgraad in de tuinen een doeltreffend middel is om de inname van lood te verlagen. De hoogste gemiddelde loodgehalten in gewassen worden aangetroffen in de tuinen met de laagste pH waarden (van 4.5 tot 4.7). Het verdient daarom aanbeveling om de pH van de tuin op een waarde van 5.5 te houden om op die manier de opname van lood door planten verder te verlagen.



Figuur 8

Relatie tussen de pH waarde van de bodem per tuin en het gemiddelde loodgehalte in de gewasmonsters per tuin

Uit de gegevens in figuur 6 en tabel 8 blijkt dus dat er wel een verband bestaat tussen het gehalte aan lood in de bodem, de pH en de loodgehalten in het gewas. Het voorspellen van de gewasgehalten aan de hand van de hier gemeten bodemeigenschappen blijkt echter erg onbetrouwbaar. Hoe de precieze relatie tussen lood in de bodem en die in het gewas is, is daarom modelmatig niet af te leiden aan de hand van de verzamelde gegevens. Dit is echter niet vreemd want dit wordt in vrijwel alle gevallen aangetoond. Een generiek model om de gehalten van lood in de plant te voorspellen is nog niet beschikbaar.

Toch kunnen we nu aan de hand van de gewasgegevens wel een betere risicobeoordeling maken met C-Soil door nu rekening te houden met de gemeten gehalten in de plant in plaats van gebruik te maken van de modelberekeningen. Dit komt in hoofdstuk 4 aan de orde.

4 Berekening van de actuele risico's van lood in de bodem met C-Soil

Met behulp van C-Soil kan aan de hand van bodemeigenschappen (organische stof, klei en pH) in combinatie met het gehalte aan metalen in de bodem berekend worden wat de totale blootstelling is. Daarbij maken we onderscheid tussen inname van grond, inname via planten, water en lucht (Brand et al., 2007). Uiteindelijk berekent C-Soil de zgn. risico-index die het quotiënt is van de berekende inname en de maximaal aanvaardbare inname. Een risico-index van 1 betekent dus dat in dat geval de inname van lood via gewas, grond en lucht gelijk is aan de maximaal aanvaardbare waarde. Getallen hoger dan 1 zijn daarom aanleiding voor verder onderzoek. Tevens is in de tabel aangegeven in welke mate de consumptie van gewas en de inname van grond bijdraagt aan de totale inname. Voor alle dertien onderzochte tuinen is hier de risico-index berekend voor twee scenario's:

1. Aan de hand van de standaard modelberekeningen die alleen rekening houden met het loodgehalte in de bodem en de bodemeigenschappen. De gehalten in de plant worden dan berekend en daaruit volgt dan de totale blootstelling.
2. Met behulp van de gemeten gehalten in de verschillende gewassen (vooral aardappel en bladgroente) wordt de werkelijke inname via consumptie berekend, ook nu rekening houdend met het loodgehalte in de bodem, de bodemeigenschappen.

Daarbij gaan we hier uit van levenslange blootstelling voor volwassenen en kinderen op basis van het landgebruik 'volks- en moestuin' zoals van toepassing in C-Soil.

In tabel 9 staan voor de dertien, fictief genummerde, tuinen de gemeten gehalten in bladgroente en aardappel, het loodgehalte in de bodem en de daaruit berekende risico-indexen voor beide scenario's.

Uit de data in tabel 9 blijkt dat:

1. de gemeten gehalten in bladgroente en knolgewassen veel lager zijn dan de berekende waarden in C-Soil. Voor bladgroente liggen de gehalten gemiddeld een factor 5 tot 10 lager dan de berekende waarden terwijl die in aardappel een factor 3 tot 6 lager liggen dan de berekende waarden;
2. de lagere gemeten gehalten in groenten ertoe leiden dat de werkelijke risico-index ook veel lager is dan de berekende waarde met C-Soil. De hoogste risico-index op basis van de gemeten gehalten in de plant bedraagt 0.21 wat aangeeft dat alle tuinen die in dit onderzoek meegedaan hebben zonder meer geschikt zijn als moestuin en dat consumptie van groenten uit eigen tuin niet leidt tot onacceptabele blootstelling aan lood;
3. Op basis van de hier gemeten gehalten afgeleid kan worden dat ook bij hogere loodgehalten, bijvoorbeeld de gehalten die in een eerder onderzoek zijn gevonden, geen sprake is van onacceptabel blootstelling.

Tabel 9

Overzicht van de berekende risico-index voor lood aan de hand van gemeten gewasgehalten en met de standaardmodel berekening (C-SOIL) voor levenslange blootstelling (volwassenen en kinderen) én voor kinderen van 0 – 6 jaar.

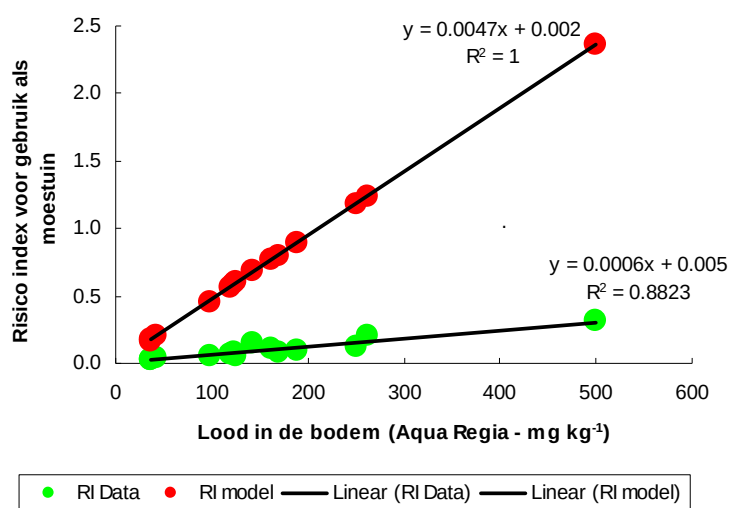
Tuin-	Pb bodem (AR)	Lood in gewassen (mg kg ⁻¹ vers)				Risico-index C-soil			
		Bladgroente		Knol		Volwassenen en kinderen levenslang		Kinderen 0 – 6 jaar	
		data	model	data	model	data	model	data	model
A	37	0.019	0.160	0.002	0.011	0.03	0.17	0.08	0.26
B	250	0.052	1.080	0.004	0.071	0.12	1.18	0.41	1.78
C	119	0.037	0.510	0.003	0.034	0.07	0.56	0.21	0.85
D	37	0.016	0.160	0.002	0.011	0.03	0.18	0.07	0.26
E	42	0.027	0.180	0.001	0.012	0.04	0.20	0.09	0.30
F	124	0.028	0.535	0.075	0.006	0.08	0.59	0.21	0.88
G	126	0.019	0.543	0.006	0.036	0.05	0.60	0.20	0.90
H	163	0.061	0.703	0.016	0.046	0.11	0.77	0.31	1.16
I	143	0.102	0.617	0.018	0.041	0.15	0.68	0.34	1.02
J	98	0.033	0.423	0.005	0.028	0.06	0.46	0.18	0.70
K	189	0.047	0.815	0.018	0.054	0.10	0.89	0.33	1.35
L	169	0.034	0.729	0.006	0.048	0.08	0.80	0.28	1.21
M	262	0.140	1.130	0.018	0.074	0.21	1.24	0.55	1.87

Noot: in deze berekening is zowel uitgegaan van levenslange blootstelling voor volwassen en kinderen als specifiek voor kinderen van 0-6 jaar. Bij de beoordeling van de bodemkwaliteit voor lood blijkt dat kinderen de meest gevoelige groep zijn. Wanneer we de beoordeling specifiek voor kinderen van 0 tot 6 jaar uitvoeren (aparte optie in C-Soil) blijkt dat ook in dat geval de risico-index op basis van de gemeten gewasgehalten altijd ruim beneden de 1.0 blijft. Zo bedraagt de berekende RI voor kinderen voor tuin M (met het hoogst gemeten loodgehalte van 262 mg kg⁻¹) 0.55 wat ruim beneden de acceptabele waarde ligt. Daarbij geldt bovendien dat de toegepaste waarde van 0.14 in bladgroente een worst case is want dit is feitelijk gemeten in snijbiet en de werkelijke waarde in bladgroente ligt waarschijnlijk lager.

Hoewel deze laatste stelling niet direct onderbouwd kan worden met metingen in de tuinen uit Heerenveen, kunnen we aan de hand van recente data van andere moestuinen aantonen dat de relatie tussen het gehalte in de bodem en de berekende risico-index op basis van gemeten gehalten ook bij hogere loodgehalten in de bodem van toepassing is. In een recent, niet gepubliceerd, onderzoek is bij een loodgehalte in de bodem van 500 mg kg⁻¹ een gehalte in de sla van 0.18 mg kg⁻¹ gemeten en in aardappel 0.012 mg kg⁻¹. Dit leidt tot een berekende risico-index van 0.31. Wanneer we de gegevens van Heerenveen gebruiken om de risico-index van deze locatie te voorspellen dan berekenen we een risico-index van 0.30. Dit geeft aan dat de relatie tussen het gehalte in de grond en die in de plant zoals aangetroffen in Heerenveen overeenkomt met deze locatie in Amsterdam.

In figuur 9 staat het verband tussen het gehalte aan lood in de bodem en de berekende en gemeten (in groen) risico-index voor alle tuinen incl. de moestuin uit Amsterdam. Daaruit blijkt duidelijk het grote verschil in de risico-index wanneer we modelberekeningen vergelijken met data. Tevens laat het datapunt uit Amsterdam (bij een loodgehalte van 500 mg kg⁻¹) zien dat het in het verlengde ligt van de relatie die in de tuinen in Heerenveen is afgeleid. Hieruit concluderen we dat het reëel is te veronderstellen dat ook in tuinen waar hogere loodgehalten aanwezig zouden zijn (die nu niet in de studie meegenomen zijn) deze niet leiden tot onaanvaardbare risico's.

In bijlage 3 staan de uitdraaien voor tuin M als voorbeeld voor de gehanteerde methode en versie van C-Soil.



Figuur 9

Relatie tussen het gehalte aan lood in de bodem en de berekende risico-index op basis van gewasmetingen (RI data in groen) en de standaardberekening (RI model in rood), beide op basis van levenslange blootstelling voor volwassenen en kinderen

De eindconclusie voor het gebruik van de tuinen in 'aan het Meer' luidt op grond van deze metingen dat de loodgehalten in de bodem geen beperking vormen voor het gebruik van de tuin als moestuin.

5 Conclusies en aanbevelingen

- De loodgehalten in de bodem in de tuinen 'aan het Meer' variëren van 37 tot 262 mg kg⁻¹ en liggen daarmee lager dan eerder gemeten waarden (tot 700 mg kg⁻¹). Er is daarbij getracht die zones waar de hogere gehalten zijn gemeten in het onderzoek mee te nemen. De reden voor dit verschil is niet duidelijk, maar kan gerelateerd zijn aan het verschil tussen mengmonsters uit de hele tuin (zoals toegepast in dit onderzoek) en de gehalten in puntmetingen (zoals gerapporteerd door Oranjewoud). De kans dat de tuinen met gemiddeld veel hogere loodgehalten in de bodem in het hier beschreven onderzoek niet zijn meegenomen, is echter zeer klein. Door de gekozen aanpak, waarbij tuinen met lage en hoge gehalten zijn bemonsterd, zijn de resultaten representatief voor het hele complex.
- Het totaalgehalte aan lood is gecorreleerd aan het gehalte aan organische stof in de bovengrond. Dit zou gerelateerd kunnen zijn aan het opbrengen van oud stadsvuil dat ook deels uit organisch materiaal bestaat.
- De verhouding tussen totaal lood (aqua regia) en potentieel beschikbaar lood (0.43 N HNO₃) bedraagt 0.66 en komt overeen met de waarden gevonden in de rest van Nederland. Dat geeft aan dat lood in deze bodem zich niet anders gedraagt dan elders en beschouwd kan worden als deel van de bodem (en dus niet als meer of minder beschikbaar afval zoals in toemaakdekken wel wordt gevonden).
- De beschikbaarheid van lood zoals gemeten met CaCl₂ is goed te verklaren aan de hand van de zuurgraad en het loodgehalte in de bodem. Bij pH-waarden lager dan 5.5 stijgt de beschikbaarheid van lood daardoor sterk.
- De kwaliteit van de belangrijkste gewassen (die een groot deel van de consumptie uitmaken) is goed en voldoet aan de warenwetnorm die voor de reguliere landbouw geldt. Deze is echter niet maatgevend voor de beoordeling van moestuinen, maar wel een indicatie voor de algemene kwaliteit van producten.
- In vijf monsters (radijs, rabarber, wortel, snijbiet en rode biet (elk één monster) ligt het loodgehalte net boven de warenwetnorm. Dit betreft in alle gevallen monsters uit tuinen met verhoogde loodgehalten (loodbodem > 150 mg kg⁻¹). Dit betekent niet dat deze producten ongeschikt zijn voor consumptie omdat het risico van lood bepaald wordt door het hele pakket aan producten uit een tuin. De warenwetnorm is voor de beoordeling van risico's niet maatgevend maar geeft alleen aan dat er sprake is van verhoogde loodgehalten in een gewas. Dat betekent niet dat het eten van een dergelijk gewas een risico inhoudt.
- De berekening van de risico-index (RI) voor lood die aangeeft hoe de inname van lood door het eten van groente zich verhoudt tot de maximaal aanvaardbare inname, laat zien dat op grond van de werkelijke metingen van lood in bladgroente en knolgewas (aardappel) de kwaliteit van de tuinen voldoende is. De berekende risico-index varieert van 0.03 tot 0.21 wat betekent dat de inname van lood via gewassen laag is en niet leidt tot onaanvaardbare risico's.
- De standaardberekening van de RI met C-Soil waarbij op basis van het loodgehalte in de bodem een gewasgehalte berekend wordt ligt veel hoger dan die op basis van metingen en varieert van 0.17 tot 1.24. De metingen in deze studie tonen aan dat deze berekening te conservatief is.
- Het onderzoek dat hier is uitgevoerd beperkt zich tot 'zomergroente', dus groente zoals boerenkool, winterprei en dergelijke zijn hier niet meegenomen. Op basis van het algemene beeld van de kwaliteit van vrijwel alle groenten lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat de opname van lood door wintergroente leidt tot een hogere blootstelling.
- Voor het hele complex geldt dat op grond van dit onderzoek er geen risico's zijn voor gebruik van de tuinen als moestuin voor volwassenen en kinderen.

Aanbevelingen

- Ofschoon de loodgehalten in de gewassen laag zijn, blijft het advies om alle producten uit de tuin goed te wassen en te schillen. Dat geldt vooral voor die tuinen waarvan bekend is dat ze in het deel van het complex liggen met verhoogde loodgehalten in de bodem. Ook in dit onderzoek zijn alle gewasmonsters goed gewassen al is daarbij geen speciale methode gebruikt, maar standaardwerkwijzen die ook een tuinder kan hanteren (gewoon water om te wassen, gewoon keukengerei om te schillen en snijden).
- De pH in een aantal tuinen is laag (< 5) en het advies is om deze op peil te brengen naar 5.5 a 6.0 met kalk. Voor de niet-onderzochte tuinen geldt dat het meten van de pH met algemeen verkrijgbare testjes (onder andere met behulp van eenvoudige pH-papiertjes) een methode is om snel na te gaan of er bekalking nodig is of niet.

Literatuur

Brand, E, P.F. Otte en J.P.A. Lijzen, 2007. *CSOIL 2000, an exposure model to calculate soil risks. A model description*. RIVM rapport 711701054. RIVM, Bilthoven.

Inspectie van de Volksgezondheid, 1987. *Loodverontreiniging volkstuinencomplex 't Meer*. Staatstoezicht op de Volksgezondheid, kenmerk 10D7021/JD/nl, Groningen.

Oranjewoud, 1987. *Onderzoek bodemkwaliteit volkstuinencomplex 't Meer en Thialf*. Oranjewoud, dossier no. 89-03212, Heerenveen.

Oranjewoud, 2010. *Verkennd bodemonderzoek volkstuincomplex aan 't Meer te Heerenveen*. Dossier no. 16546-203924, revisie 00, februari 2010.

Römkens, P.F.A.M., J. E. Groenenberg, J. Bril en W. de Vries, 2004. *Derivation of partition equations to calculate heavy metal speciation and solubility in soils*. ALTERRA report no. 305

Römkens, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra en P.F. Otte, 2006. *Resultaten inventariserend onderzoek bodem en gewas in de moestuin te den Bommel, gemeente Oostflakkee*. Alterra rapport 1352, Alterra, Wageningen UR, Nederland.

Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra, 2007. *Invloed van bodemverontreiniging op de gehalten aan zware metalen en PAK in gewassen uit moestuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaart (Gemeente Hardenberg)*. Alterra rapport 1415, Alterra, Wageningen UR, Nederland.

Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra, 2009. *Opname van lood door landbouw- en moestuingewassen: data en modelconcepten*. Intern Alterra rapport, december 2009, 75 p.

Swartjes F.A., E.M. Dirven-van Breemen, P.F. Otte, P. van Beelen, M.G.J. Rikken, J. Tuinstra. J. Spijker en J.P.A. Lijzen, 2007. *Towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites*. RIVM rapport 711701040, Bilthoven, Nederland

VROM, 2008. *NOBO: Normstelling en Bodemkwaliteitsbeoordeling. Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.

Bijlage 1 Metaalgehalten in gewassen (mg kg⁻¹ vers)

Tuin	Gewas	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
A	Spercieboon	0.096	0.003	0.413	0.019	3.3
A	Sla	0.183	0.019	0.285	0.019	4.0
A	Peen	0.047	0.009	0.203	0.017	2.2
A	IJsbergsla	0.000	0.004	0.167	0.001	2.6
A	Aardappel	< det	0.011	0.838	< det	2.8
A	Aardappel	< det	0.012	0.552	0.003	3.3
B	Spercieboon	0.819	0.004	0.429	0.007	4.3
B	Sla	0.707	0.041	0.388	0.052	6.1
B	Rababer	0.424	0.023	0.183	0.038	6.1
B	Courgette	0.162	0.002	0.576	0.012	4.4
B	Aardappel	< det	0.031	0.865	0.004	3.4
C	Spitskool	0.367	0.003	0.274	0.002	4.2
C	Snijboon	0.171	0.002	0.323	0.005	2.5
C	Andijvie	0.220	0.057	0.361	0.037	8.8
C	Aardappel	< det	0.016	0.770	0.003	4.5
D	Spercieboon	0.059	0.002	0.434	0.002	4.0
D	Snijbiet	0.199	0.009	0.386	0.013	2.7
D	Andijvie	0.081	0.013	0.316	0.016	2.0
E	Ui	0.243	0.042	0.193	0.015	9.1
E	Spercieboon	0.179	0.002	0.550	0.002	3.6
E	Sla	0.026	0.008	0.154	0.002	3.0
E	Rabarber	0.131	0.010	0.296	0.035	2.6
E	Courgette	0.062	0.002	0.388	0.007	2.3
E	Broccoli	0.118	0.007	0.490	0.004	8.9
E	Andijvie	0.119	0.024	0.217	0.027	6.4
E	Aardappel	< det	0.017	0.837	0.001	3.6
F	Wortel	1.136	0.031	0.365	0.075	4.6
F	Snijboon	0.227	0.001	0.326	0.004	2.1
F	Sla	0.156	0.017	0.215	0.010	2.1
F	Rucola	1.950	0.031	0.425	0.028	8.0
F	Rode biet	1.288	0.046	0.763	0.047	15.5
F	Rabarber	0.439	0.026	0.224	0.049	5.4
G	Wortel	0.845	0.031	0.500	0.095	4.2
G	Sla	0.235	0.022	0.233	0.019	2.8
G	Sjalot	0.381	0.012	0.246	0.021	2.8
G	Radijs	0.102	0.004	0.129	0.021	1.6
G	Rabarber	0.571	0.016	0.159	0.054	3.3
G	IJsbergsla	0.081	0.005	0.160	0.002	2.0
G	Aardappel	< det	0.030	0.775	0.006	5.5

Tuin	Gewas	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
H	Spinazie	0.465	0.055	0.402	0.023	8.3
H	Snijboon	0.151	0.001	0.413	0.004	4.0
H	Snijbiet	0.846	0.040	0.464	0.019	7.8
H	Sla	0.075	0.010	0.195	0.010	2.0
H	Radijs	0.179	0.004	0.151	0.016	1.9
H	Rabarber	0.308	0.012	0.271	0.042	2.6
H	IJsbergsla	0.159	0.019	0.286	0.061	3.3
H	Courgette	0.054	0.002	0.493	0.001	3.2
H	Andijvie	0.176	0.039	0.291	0.021	4.5
I	Snijbonen	0.186	0.004	0.613	0.004	5.7
I	Snijbiet	0.628	0.018	0.400	0.102	3.8
I	Bonen	0.101	0.004	0.539	0.008	5.0
J	Tuinboon	< det	0.006	2.525	< det	11.1
J	Snijboon	0.237	0.002	0.282	0.003	2.4
J	Sla	0.226	0.017	0.192	0.033	1.8
J	Radijs	0.189	0.002	0.041	0.010	1.2
J	Rabarber	0.281	0.009	0.233	0.040	2.3
J	Prei	0.751	0.012	0.291	0.035	2.9
J	IJsbergsla	0.152	0.012	0.211	0.021	2.5
J	Andijvie	0.265	0.030	0.241	0.027	4.3
K	Sla	0.357	0.035	0.330	0.035	3.5
K	Sla	0.305	0.035	0.285	0.024	2.9
K	Rode biet	0.419	0.032	0.554	0.106	7.7
K	Rabarber	0.380	0.014	0.226	0.133	1.9
K	Prei	1.022	0.017	0.661	0.044	4.5
K	Bonen	0.336	0.002	0.457	0.019	2.8
K	Andijvie	0.305	0.078	0.362	0.047	8.4
K	Aardappel	< det	0.055	1.476	0.018	4.6
L	Wortel	1.002	0.096	0.362	0.111	3.7
L	Ui	0.265	0.014	0.318	0.016	3.7
L	Suikerbiet blad	0.768	0.034	0.686	0.030	9.3
L	Sla	0.330	0.044	0.375	0.034	4.2
L	Komkommer	0.028	0.001	0.176	0.003	1.2
L	Bonen	0.334	0.003	0.613	0.012	5.3
L	Aardappel	0.142	0.010	0.831	0.006	3.4
M	Zwarte boon	0.453	0.003	0.592	0.032	3.7
M	Radijs	0.653	0.015	0.158	0.140	4.4
M	Boterboon	0.304	0.002	0.328	0.014	3.3

Bijlage 2 Laboratoriumrapporten van de analyseresultaten van bodem en gewas

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen, telefoon 0317-482660

Opdracht: S10-091
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 24-06-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op luchtdroog materiaal.

destructie
HNO₃-HCL
(aqua regia)

extractie
0,01M CaCl₂

ICP-MS

Lab	Monster	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn	Ba
code	nr.	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]
	aantoonbaarheidsgrens	1.7	0.05	0.6	0.3	18	40
1	ROM- 1	24.7	0.15	15.7	36.7	60	220
2	ROM- 2	62.5	0.40	82.5	971	110	3594
3	ROM- 3	42.5	0.29	26.6	119	75	1803
4	ROM- 4	20.5	0.13	12.1	37.1	39	295
5	ROM- 5	15.7	0.11	10.8	41.5	26	507
6	ROM- 6	89.3	0.46	33.6	124	98	1949
7	ROM- 7	47.5	0.38	27.2	126	78	665
8	ROM- 8	41.2	0.42	32.9	163	69	1353
9	ROM- 9	61.2	0.39	30.1	143	83	1166
10	ROM- 10	49.1	0.29	25.0	98	71	946
11	ROM- 11	48.3	0.50	37.7	189	70	2408
12	ROM- 12	47.5	0.45	37.1	169	73	1381
13	ROM- 13	46.9	0.47	38.8	262	59	2766



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen, telefoon 0317-482660

Opdracht: S10-091
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 24-06-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op luchtdroog materiaal.

		extractie 0,01M CaCl ₂				pH-meter	SFA-TOC
		ICP-MS					
Lab	Monster	Cd	Cu	Pb	Zn	pH	C
code	nr.	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]		[mg/kg]
	aantoonbaarheidsgrens	3	400	20	300		3
1	ROM- 1	6	41	3	1545	5.57	97
2	ROM- 2	32	189	135	7984	4.57	227
3	ROM- 3	14	60	46	3093	5.07	187
4	ROM- 4	2	31	2	334	6.14	85
5	ROM- 5	14	41	29	2760	4.73	108
6	ROM- 6	20	83	53	3746	4.97	230
7	ROM- 7	9	73	18	1230	5.51	182
8	ROM- 8	13	76	31	1431	5.18	216
9	ROM- 9	9	76	13	1220	5.31	165
10	ROM- 10	5	49	20	1075	5.40	223
11	ROM- 11	28	91	118	3003	4.67	352
12	ROM- 12	13	88	41	1662	5.16	242
13	ROM- 13	29	87	171	3180	4.58	382

S10-091.xls; dd: 2-8-2010

Bijlage 2 van 3

Paraaf labmanager



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen, telefoon 0317-482660

Opdracht: S10-091
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 24-06-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op luchtdroog materiaal.

		extractie 0,43M HNO ₃					gloeiverlies	vochtbepaling (VEP)
		ICP-MS					moffeloven	droogstoof
Lab	Monster	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn	organische stof (105- 550°C)	vocht (20 40°C)
code	nr.	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[% o.b.v. veldvochtig]
	aantoonbaarheidsgrens		0.003	0.08	0.03		0.3	0.3
1	ROM- 1	20.0	0.175	7.17	27.5	45.1	9.8	20.4
2	ROM- 2	40.3	0.374	36.9	123	66.7	21.7	30.3
3	ROM- 3	28.7	0.297	11.7	84.9	46.8	16.2	32.5
4	ROM- 4	13.5	0.142	4.99	26.0	24.9	7.7	22.1
5	ROM- 5	12.1	0.119	4.70	30.9	19.8	6.4	19.7
6	ROM- 6	37.4	0.428	13.4	82.5	59.2	20.4	31.5
7	ROM- 7	37.0	0.386	11.9	79.9	50.9	15.6	26.7
8	ROM- 8	31.6	0.435	13.3	100	40.1	20.6	29.7
9	ROM- 9	47.9	0.415	13.0	88.7	51.2	13.9	25.4
10	ROM- 10	33.6	0.313	9.11	71.1	51.2	24.9	36.3
11	ROM- 11	34.3	0.496	14.0	121	39.9	26.9	38.3
12	ROM- 12	36.0	0.449	15.6	117	43.3	22.0	28.4
13	ROM- 13	34.5	0.463	14.0	132	36.7	29.3	42.7

S10-091.xls; dd: 2-8-2010

Bijlage 3 van 3

Paraaf labmanager



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Droevendaalsesteeg 4, 6708 PB Wageningen, telefoon 0317-482660

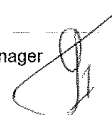
Opdracht: P10-096
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 24-06-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op 70 °C gedroogd materiaal.

Lab	Monster-	destructie HNO ₃ -HF- H ₂ O ₂			vochtbepaling (VEP)		
		ICP-MS			droogstoof		
nr.	omschrijving	Ba [µg/kg]	Cd [µg/kg]	Cu [µg/kg]	Pb [µg/kg]	Zn [µg/kg]	vocht (20-70°C) [% op basis van vers]
aantoonbaarheidsgrens							
1	1 peen	697	128	3027	251	32245	93.3
2	2 sla	3510	363	5475	365	76846	94.8
3	3 ijsbergsla	3.45	108	5055	43.5	77752	96.7
4	4 aardappel	-421.02	52.2	2370	13.7	14289	76.7
5	5 rabarber	6632	362	2862	601	95030	93.6
6	6 sla	13091	754	7188	958	113751	94.6
7	7 brocolli	1075	62.9	4454	38.7	80806	89.0
8	8 sla	567	175	3344	49.7	65718	95.4
9	9 andijvie	1975	395	3612	444	106247	94.0
10	10 ui	2382	409	1896	149	89572	89.8
11	11 rabarber	2187	167	4933	589	43898	94.0
12	12 rode biet	10387	369	6154	380	125079	87.6
13	13 rabarber	5932	347	3031	658	73427	92.6
14	14 sla	3545	386	4875	237	48255	95.6
15	15 rucola	30953	486	6743	441	126320	93.7
16	16 sla	4607	422	4560	382	54041	94.9
17	17 ijsbergsla	2020	132	3991	61.6	50411	96.0
18	18 rabarber	10977	299	3061	1034	64385	94.8
19	19 radijs	2912	113	3687	596	45555	96.5
20	20 sla	4347	318	3692	644	34637	94.8
21	21 ijsbergsla	2818	218	3904	388	46253	94.6
22	22 andijvie	5403	622	4913	550	88343	95.1
23	23 rabarber	3962	125	3286	563	32608	92.9
24	24 radijs	11096	98.9	2396	600	68902	98.3
25	25 spitskool	5316	45.1	3964	32.1	60208	93.1
26	26 snijbiet	9966	286	6348	1621	61015	93.7
27	27 rabarber	3955	152	3468	540	32907	92.2
28	28 sla	2280	310	5915	317	60947	96.7
29	29 ijsbergsla	2794	333	5011	1070	57710	94.3
30	30 spinazie	8611	1012	7453	424	153789	94.6
31	31 snijbiet	14102	670	7738	311	129552	94.0
32	32 radijs (129)	3730	86.1	3154	328	39834	95.2
33	33 andijvie	3513	773	5812	429	90076	95.0
34	34 sla	5417	722	6153	563	68657	93.9
35	35 aardappel	814	56.7	4777	32.1	19429	82.6

P10-096.xls; dd: 25-8-2010

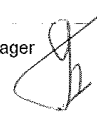
Bijlage 1 van 2

Paraaf labmanager



Opdracht: P10-096
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 24-06-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op 70 °C gedroogd materiaal.

Lab	Monster-	destructie HNO ₃ -HF- H ₂ O ₂ ICP-MS					vochtbepaling (VEP)
		Ba	Cd	Cu	Pb	Zn	droogstoof
nr.	omschrijving	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	vocht (20-70°C) [% op basis van vers]
	aantoonbaarheidsgrens						
36	36 suikerbiet blad	8732	381	7801	338	106076	91.2
37	37 ui	1741	91.6	2093	106	24345	84.8
38	38 komkommer	838	44.5	5320	86.1	36726	96.7
39	39 sla	6785	783	6333	533	65027	95.5
40	40 rodebiet	3918	296	5173	990	72233	89.3
41	41 andijvie	6639	1685	7864	1031	181848	95.4
42	42 rabarber	5434	199	3234	1898	27556	93.0
43	43 sla (lollo rosso)	7132	690	6596	701	69486	95.0
44	44 sjalot	3624	110	2342	198	26560	89.5
45	45 snijbiet	3620	172	7026	228	49397	94.5
46	46 andijvie	4238	1090	6942	709	168999	94.8



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Droevendaalsesteeg 4, 6708 PB Wageningen, telefoon 0317-482660

Opdracht: P10-135
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 18-08-2010
Project: 5237997-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op 70 °C gedroogd materiaal.

Lab	Monster- omschrijving	destructie HNO ₃ -HF- H ₂ O ₂	Cd [µg/kg]	Cu [µg/kg]	Pb [µg/kg]	Zn [µg/kg]	vochtbepaling (VEP)
		ICP-MS					droogstoof
nr.		[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	vocht (20-70°C) [% op basis van vers]
	aantoonbaarheidsgrens						
1	2-1	1025	33.4	4393	205	34616	90.6
2	2-2	-695.07	43.0	3327	-5.63	11163	74.8
3	2-3	9204	39.5	4815	77.4	48789	91.1
4	2-4	-272.66	134	3763	19.2	14788	77.0
5	2-5	3595	43.2	12811	258	97954	95.5
6	2-6	2113	21.1	3990	64.1	30875	91.9
7	2-7	-652.33	57.6	2760	11.7	16063	72.1
8	2-8	2017	337	7907	412	50630	96.0
9	2-9	766	32.0	5640	25.0	51981	92.3
10	2-10	-662.61	83.8	4084	2.87	17592	79.5
11	2-11	1408	39.6	8821	149	52345	95.6
12	2-12	2290	27.6	7050	29.9	45878	92.2
13	2-13	11838	325	3797	785	47539	90.4
14	2-14	3196	16.7	4595	59.4	30003	92.9
15	2-15	-103.25	128	3299	26.0	23338	76.5
16	2-16	7976	295	4713	898	39884	89.4
17	2-17	1782	13.7	4856	43.0	46750	91.5
18	2-18	1204	52.6	10952	29.0	72151	95.5
19	2-19	806	35.7	4310	60.3	39760	87.5
20	2-20	1281	28.8	4231	26.5	39526	85.5
21	2-21	3156	26.0	3758	44.6	32299	92.5
22	2-22	-151.07	37.6	16393	-3.07	72071	84.6
23	2-23	9271	147	3598	436	35421	91.9
24	2-24	-270.55	216	5834	72.6	18271	74.7
25	2-25	11613	197	7513	496	51393	91.2
26	2-26	4103	30.2	5570	235	34723	91.8
27	2-27	9724	932	3515	1078	35864	89.7
28	2-28	2257	17.9	4144	79.6	35493	85.2
29	2-29	11067	247	2685	2372	73852	94.1
30	2-30	4343	28.1	4682	201	47033	93.0
31	2-31	6560	40.2	8573	458	53288	93.1

P10-135.xls; dd: 9-9-2010

Bijlage 1 van 1

Paraaf labmanager

[Handwritten signature]

WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen, telefoon 0317-482660

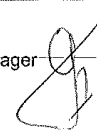
Opdracht: S10-114
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 17-08-2010
Project: 5237561-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op luchtdroog materiaal.

Lab	Monster	CEC ongebufferd	destructie HNO ₃ -HCL (aqua regia)				
		ICP-AES Varian	ICP-MS				
		CEC	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
code	nr.	[cmol(+)/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
	aantoonbaarheidsgrens	3	1.7	0.05	0.6	0.3	18
1	1 - limed	27	-	-	-	-	-
2	2 - limed	11	-	-	-	-	-
3	3 - limed	32	-	-	-	-	-
4	4 - limed	34	-	-	-	-	-
5	5 - limed	35	-	-	-	-	-
6	1 - non	22	57.9	0.38	78.8	168	103
7	2 - non	7	14.7	0.10	8.8	31.1	22
8	3 - non	26	47.3	0.43	31.1	126	84
9	4 - non	25	44.3	0.51	35.6	238	66
10	5 - non	25	43.6	0.49	35.5	190	57

S10-114.xls; dd: 14-10-2010

Bijlage 1 van 3

Paraaf labmanager



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
CHEMISCH BIOLOGISCH LABORATORIUM BODEM
Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen, telefoon 0317-482660

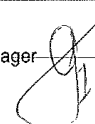
Opdracht: S10-114
Opdrachtgever: dr.ir. P.F.A.M. Römken
Instelling: Alterra, Centrum Bodem
Ontvangstdatum: 17-08-2010
Project: 5237561-01
Matrix: ...
E-mail: paul.romkens@wur.nl
Opmerkingen: - Analyseresultaten gebaseerd op luchtdroog materiaal.

		destructie HNO3-HCL (aqua regia)						extractie ammoniumox alaat - oxaalzuur ICP-AES Varian
		ICP-MS						
Lab	Monster	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn	Al	Fe
code	nr.	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
	aantoonbaarheidsgrens	1.7	0.05	0.6	0.3	18	15	20
1	1 - limed	-	-	-	-	-	-	-
2	2 - limed	-	-	-	-	-	-	-
3	3 - limed	-	-	-	-	-	-	-
4	4 - limed	-	-	-	-	-	-	-
5	5 - limed	-	-	-	-	-	-	-
6	1 - non	62.2	0.42	83.7	178	108	1637	3669
7	2 - non	16.6	0.11	8.3	29.2	22	724	852
8	3 - non	46.8	0.46	32.1	132	90	1532	3417
9	4 - non	43.7	0.50	37.5	250	63	1713	3844
10	5 - non	49.2	0.50	37.0	195	60	1790	4153

S10-114.xls; - dd: 14-10-2010

Bijlage 2 van 3

Paraaf labmanager



Bijlage 3 Voorbeeld van de uitdraai C-Soil voor de berekening van de Risico-index voor lood

Op de volgende pagina's staan de voorbeeldberekeningen van de Risico-index met C-Soil

De volgende voorbeelden zijn berekend voor tuin M (loodgehalte bodem = 262 mg kg^{-1}):

1. beoordeling voor levenslang gemiddeld met berekende gewasgehalten (RI = 1.24)
2. beoordeling voor levenslang gemiddeld met gemeten gewasgehalten (RI = 0.21)
3. beoordeling voor kind met berekende gewasgehalten (RI = 1.87)
4. beoordeling voor kind met gemeten gewasgehalten (RI = 0.55)

naam gebruiker	datum versie	10 november 2010
CSOIL		1.0
D:\userdata_backup\projecten\EXTERN_5237568_Lood_RIVM_2009\CSoil_model\CSoil_1.0_beta_version_16-03-2009.xls		
Het Meer - Heerenveen		
Tuin M		
volk- moestuין		
levenslange gemiddeld		

LOCATIE SPECIEKE GEGEVENS		beschrijving	meetwaarde
	utum gehalte		3,00 [%]
	organisch stofgehalte		29,30 [%]
	pH		4,58 [-]
	boukdichtheid droge grond		1,20 [kg/m ³]
	volumen vaste fractie in bodem		0,50 [-]
	volumen water fractie in bodem		0,30 [-]
	volumen lichte fractie in bodem		0,20 [-]
	diepte verontreiniging t.o.v. maaiveld		1,25 [m]
	diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld		0,50 [m]
	hoogte kruipruimte		0,50 [m]
	ventilatievoud kruipruimte		1,10 [1/h]
	oijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)		0,10 fractie
	noevelheid grond deeltjes in lucht (binnen)		7,00E-02 [mg·m ⁻³]
	noevelheid grond deeltjes in lucht (buiten)		5,25E-02 [mg·m ⁻³]

SPRC HUMAN RISK INDICES IN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES									
contaminant	Exposure route	Exposure factor	100% route	MPP	TCL	Carcinogenicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity
	Exposure route	Exposure factor	100% route	MPP	TCL	Carcinogenicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity
	Exposure route	Exposure factor	100% route	MPP	TCL	Carcinogenicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity	Chronic toxicity
lead	2.67E-02	nvt.	1.24	3.60E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+00

GEMIDDELDE DAGELIJKSE BLOOTSTELLING VAN KIND, VOLW. EN LEVENSLANG (KIND PLUS VOLW.)				
verdrinking	kind + F (0-10)	volwassen (10-70 jaar)	overlevings (70 jaar)	
	broedingsstatie	mpkg (g/dag)	mpkg (g/dag)	mpkg (g/dag)
	2,62E+02	6,79E-03	4,25E-03	4,46E-03

[illegible]

naam gebruiker	Ronkens	datum	10 november 2010
model	CSOIL	versie	1.0
bestandsnaam	D:\userdata backup\projecten\EXTERN 5237568 Lood RVM 2009\CSoil model\CSoil 1.0 beta version 16-05-2009.xls		
naam locatie	Het Meer - Heerenveen		
monsternummer	Tuin M		
bestrijdingsmiddel	volk, moestuin		
opmerkingen	Berekening met gemeten gewasgehalten, worst case met C-blad = 0.14 en C-knol = 0.018		
resistor	levenslang gemiddeld		

LOCATIE SPECIEFIEKE GEGEVENS

beschrijving	waarde	eenheid
lutum gehalte	3.00	[%]
organisch stofgehalte	29.30	[%]
pH	4.58	[-]
bulkdichtheid droge grond	1.20	[kg/m ³]
volume vaste fractie in bodem	0.50	[-]
volume water fractie in bodem	0.30	[-]
volume lucht fractie in bodem	0.20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v maaiveld	1.25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0.50	[m]
hoogte kruipruimte	0.50	[m]
ventilatievoud kruipruimte	1.10	[1/h]
bijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)	0.10	fraction
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	7.00E-02	[mg.m-3]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)	5.25E-02	[mg.m-3]

SRC HUMAAN, RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

contaminant	bodemgehalte	discogegens bodem	toelichting	VPE	C binnenlucht	inhalatiegehalte C plant- en dierproducten	inhalatiegehalte C planten
	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/m ³]	[mg/kg op]	[mg/kg op]
lead	2.62E+02	n.v.t.	n.v.t.	3.60E-03	0.00E+00	1.80E-02	1.40E-01

GEMIDDELD DE DAGELIJKSE BLOOTSTELLING VAN KIND, VOLW. EN LEVENSLANG (KIND PLUS VOLW.)

contaminant	bodemgehalte	discogegens bodem	toelichting	VPE	C binnenlucht	inhalatiegehalte C plant- en dierproducten	inhalatiegehalte C planten
	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/kg op]	[mg/m ³]	[mg/kg op]	[mg/kg op]
lead	2.62E+02	1.99E-03	6.58E-04	7.72E-04			

BIJDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE BLOOTSTELLING

contaminant	ingedragte grond	dermatiek opname	dermatiek opname	inhalatie grond	inhalatie binnenlucht	inhalatie buitenlucht	consumptie gewas	consumptie dier	consumptie planten
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
lead	30.7%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	68.9%	0.0%	0.0%

naam gebruiker	Romkens	datum	10 november 2010
bestandsnaam	CSOIL	versie	1.0
naam locatie	D:\userdata_backup\projecten\EXTERN 5237568 Lood RVM 2009\CSoil model\CSoil 1.0_beta version 18-03-2009.xls		
aanpak	Het Meer - Heerenveen		
aanpaknummer	Tuin M		
bestaande uit	volk, moestuin		
opmerkingen	standaardberekening met berekende gewasgehalten		
locatie	kind		

LOCATIE SPECIEKE GEGEVENS

locatie	waarde	eenheid
lutum gehalte	3.00	[%]
organisch stofgehalte	29.30	[%]
pH	4.58	[-]
bulkdichtheid droge grond	1.20	[kg/m3]
volumie vaste fractie in bodem	0.50	[-]
volumie water fractie in bodem	0.30	[-]
volumie lucht fractie in bodem	0.20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v. maaiveld	1.25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0.50	[m]
hoogte kruipruimte	1.10	[m]
ventilatievoud kruipruimte	0.10	fraction
bijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)	7.00E-02	[mg.m-3]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	5.25E-02	[mg.m-3]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)		

SRC HUMAAN, RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

contaminant	bodemgeloop	fluctuerend bodem	toeslagetrouw	WFR	TCL	C binnenlucht	inhalatie C	inhalatie C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C
lead	2.62E+02	nvt	1.87	3.60E-03	0.00E+00	0.00E+00	7.44E-02	1.13E+00			

GEMIDDELD DE DAGELIJKSE BLOOTSTELLING VAN KIND, VOLW. EN LEVENSLANG (KIND PLUS VOLW.)

contaminant	bodemgeloop	fluctuerend bodem	toeslagetrouw	WFR	TCL	C binnenlucht	inhalatie C	inhalatie C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C
lead	2.62E+02	6.73E-03	nvt	nvt							

BLDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE BLOOTSTELLING

contaminant	bodemgeloop	fluctuerend bodem	toeslagetrouw	WFR	TCL	C binnenlucht	inhalatie C	inhalatie C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C	inhalatie C metten C metten C
lead	19.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	80.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

soort gebruiker	Ronkens	datum versie	10 november 2010
model	CSOIL		1.0
bestandsnaam	D:\userdata_backup\projecten\EXTERN 5237568 Lood RNM 2009\CSOIL model\CSOIL 1.0 beta version_16-03-2009.xls		
plaats locatie	Het Meer - Heerenveen		
individueel met	Tuin M		
bodemgebruik	volk, moestuin		
opmerkingen	Berekening met gemeten gewasgehalten, worst case met C-blad = 0.14 en C-knol = 0.018		
doelgroep	kind		

LOCATIE SPECIEKE GEGEVENS

parameter	waarde	eenheid
lutum gehalte	3.00	[%]
organisch stofgehalte	29.30	[%]
pH	4.58	[-]
buisdichtheid droge grond	1.20	[kg/m ³]
volumie vaste fractie in bodem	0.50	[-]
volumie water fractie in bodem	0.30	[-]
volumie lucht fractie in bodem	0.20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v. maaiveld	1.25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0.50	[m]
hoogte kruipruimte	1.10	[m]
ventilatievoud kruipruimte	0.10	[1/h]
bijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)	7.00E-02	fraction
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	5.25E-02	[mg.m-3]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)		

SRC HUMAAN RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

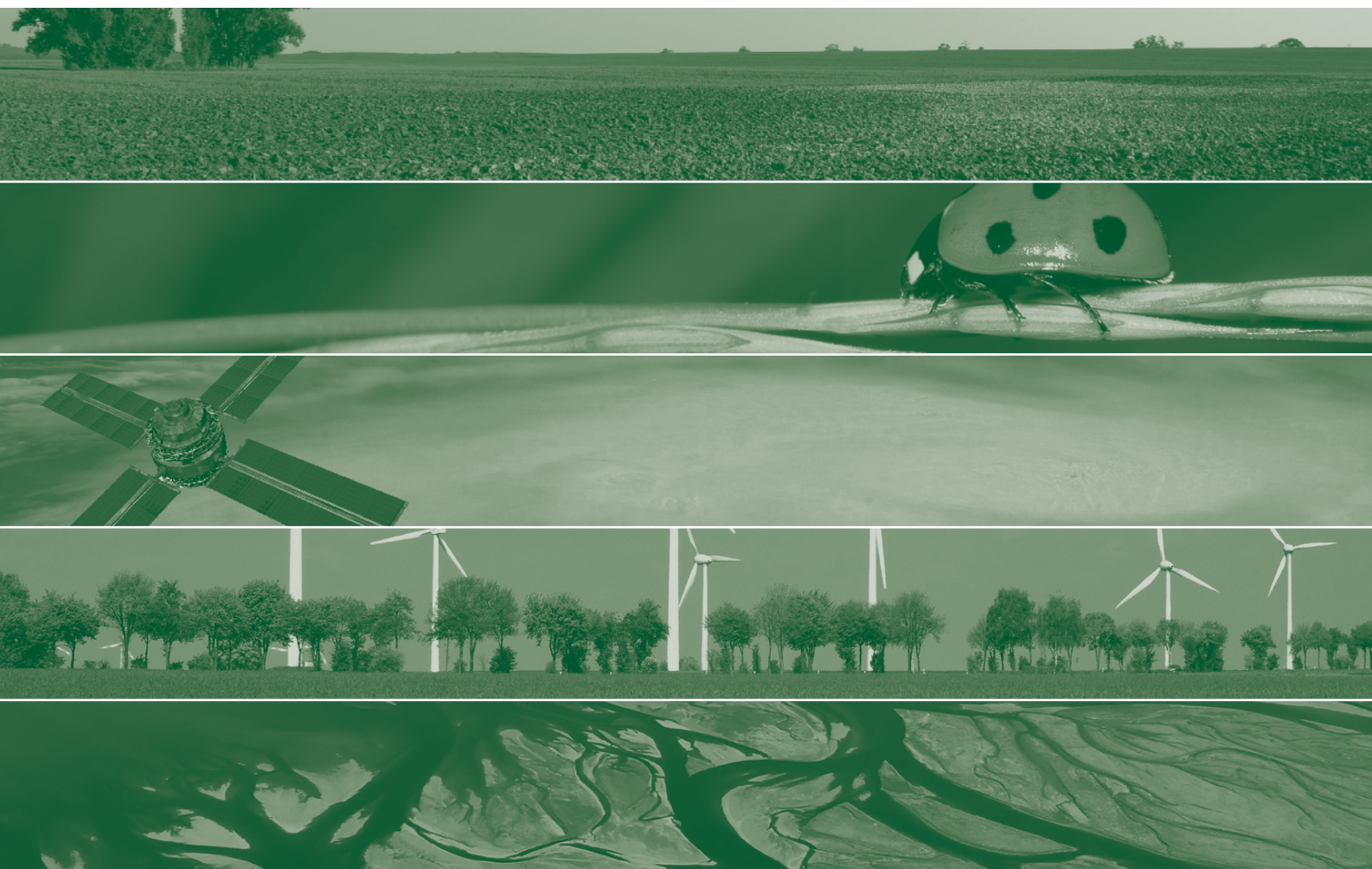
contaminant	bodemgehalte	afzinkende bodem	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
lead	2.62E+02	n.v.t.	0.55	3.80E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-02	1.40E-01		

GEMIDDELTE DAGELIJKSE BLOOTSTELLING VAN KIND, VOLW. EN LEVENSLANG (KIND PLUS VOLW.)

contaminant	bodemgehalte	afzinkende bodem	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
lead	2.62E+02	1.99E-03	n.v.t.	n.v.t.						

BIJDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE BLOOTSTELLING

contaminant	bodemgehalte	afzinkende bodem	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie	inhalatie	ingestie
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
lead	65.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	34.8%	0.0%	0.0%	0.0%



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl