



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Lood in bodem en gewas in volkstuintcomplexen in Leiden

Locatie-specifiek onderzoek naar de risico's van bodemverontreiniging

Alterra-rapport 2255
ISSN 1566-7197

Paul Römken en René Rietra

Lood in bodem en gewas in volkstuincomplexen
in Leiden

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Leiden
Projectcode 5238784

Lood in bodem en gewas in volkstuintuinencomplexen in Leiden

Locatie-specifiek onderzoek naar de risico's van bodemverontreiniging

Paul Römken¹ en René Rietra¹

¹ Team Bodemchemie en Natuur, Centrum Bodem, Alterra- Wageningen UR

Alterra-rapport 2255

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

Paul Römken en René Rietra, 2011. *Lood in bodem en gewas in volkstuintuinen in Leiden . Locatie-specifiek onderzoek naar de risico's van bodemverontreiniging*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2255. 366 blz.; 5 fig.; 8 tab.; 6 ref.

In Leiden komen verhoogde gehalten lood in de bodem van moestuincomplexen voor. Aan de hand van de meting van het bodemgehalte per tuin en de gehalten aan lood in gewasmonsters is vastgesteld dat er geen risico's zijn voor het gebruik van de tuinen als moestuin. Er zijn daarom geen aanvullende maatregelen nodig voor beheer of sanering.

Trefwoorden: Lood, bodem, CSOIL, moestuin, Leiden, Ons Buiten

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.

© 2011 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 2255

Wageningen, December 2011

Inhoud

Samenvatting	7
1 Aanleiding van het onderzoek en aanpak	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Aanpak van het onderzoek	10
1.2.1 Voorlichting aan tuinders over de aard en opzet van het onderzoek	10
1.2.2 Bemonsteren van bodem en gewas in juli en augustus	10
1.2.3 Monstervoorbehandeling en analyse.	12
1.2.4 Berekenen van de blootstelling aan de hand van de metingen in bodem en gewas en rapportage	12
1.2.5 Afsluitende voorlichting aan bewoners en gemeente over de invloed van de bodemkwaliteit voor risico's	13
2 Resultaten bodem- en gewasonderzoek	15
2.1 Resultaten bodemonderzoek	15
2.2 Resultaten gewasonderzoek	19
3 Berekening van de blootstelling met CSOIL	25
3.1 Achtergrond	25
3.2 Berekening van de Risico Index (RI) per tuin	25
3.3 Berekening van de RI met CSOIL via de Bioconcentratiefactor	27
4 Conclusies en aanbevelingen	29
Geraadpleegde literatuur	31
Bijlage 1 Overzicht van gewasmonsters en metaalgehalten in groente per tuin	33

Samenvatting

In Leiden zijn in verschillende moestuincomplexen in en rond de stad verhoogde gehalten aan lood in de bodem vastgesteld. Gemeten loodgehalten in de bodem overschrijden op verschillende plaatsen de huidige maximale waarde voor moestuinen voor lood (op dit moment bedraagt deze 140 mg kg^{-1}), waardoor volgens de huidige systematiek de maximaal aanvaardbare blootstelling als gevolg van het telen en eten van zelf gekweekte groente en aardappelen overschreden wordt. Om de kwaliteit van de geteelde groenten in verschillende complexen vast te stellen en op die manier een locatie-specifieke risicobeoordeling te kunnen uitvoeren is in juli en augustus 2011 in zeventien tuinen verspreid over drie moestuincomplexen veldonderzoek uitgevoerd. Daarbij zijn in totaal ongeveer 100 gewasmonsters genomen en uit elke tuin een bodemonmonster van de bovengrond (0 - 25 cm) en de ondergrond (25 - 50 cm).

De metingen in de bodem bevestigen eerder uitgevoerd inventariserend onderzoek dat er sprake is van verhoogde loodgehalten. De gemeten totaalgehalten in de bodem variëren van 59 tot 691 mg kg^{-1} , hoewel de herhaling van de locatie met dit hoge loodgehalte veel lager uitkwam (119 mg kg^{-1}). Het feit dat een herhaalde bemonstering leidt tot een andere, in dit geval veel lagere, meetwaarde hangt samen met de ook al eerder vastgestelde variatie aan de gehalten op korte afstand. Wel is het zo dat juist in de tuin met dit veronderstelde hoge gehalte aan lood veel bouwactiviteiten plaatsvonden. Gemiddeld lagen de gehalten aan lood per tuin tussen 100 en 200 mg kg^{-1} . Dit is weliswaar verhoogd, maar toch normaal voor bodems in het stedelijk gebied.

De metingen van het loodgehalte in de onderzochte gewassen zijn vrijwel allemaal laag. Uitzonderingen zijn onder meer selderij, rabarber en kruiden als basilicum en peterselie. Deze gewassen bevatten iets meer lood dan de andere onderzochte gewassen, maar de gehalten liggen nog steeds beneden de norm voor bladgroente. Bovendien geldt voor dergelijke gewassen dat de consumptie erg laag is en een hoger loodgehalte dus niet meteen leidt tot een sterke toename van de totale blootstelling. Het loodgehalte in één monster van aardappelen lag ook beduidend hoger dan die in de overige metingen van aardappelen. Of dit veroorzaakt is door aanhangende grond die in de analyse is meegenomen of dat er sprake is van een analysefout is niet duidelijk. Gemiddeld gezien liggen de gehalten aan lood in gewassen in dezelfde orde van grootte als in eerder moestuinonderzoek. De gehalten aan lood in de hier onderzochte gewassen liggen gemiddeld zelfs lager dan die in eerder uitgevoerd onderzoek naar lood in reguliere landbouwgewassen.

De beschikbaarheid van lood in de bodem zoals bepaald met een extractie met 0.01 M CaCl_2 is laag. Dit komt vooral door de lage zuurgraad (hoge pH) en de ruime hoeveelheid organische stof in de bodem. Gemiddeld is de pH 6.7 en zit er 10% organische stof in de bovengrond van de onderzochte tuinen. Extra bekalking om de pH te verhogen is daarom in deze tuinen niet nodig. Opvallend was het effect van het gebruik van grote hoeveelheden tuinturf in één van de onderzochte tuinen. Doordat een zure turf is toegepast ligt de pH waarde van die tuin ruim 1 eenheid lager dan de pH in de overige tuinen. Dit leidt overigens niet tot verhoogde risico's want het loodgehalte in dat deel van het complex is laag.

Op basis van de tuingemiddelde waarden van de gehalten aan lood in de bodem plus een tuin-specifieke waarde voor het gehalte aan lood in aardappel en bladgroente is per tuin een risico-index voor gebruik als moestuin berekend. Daaruit blijkt dat in geen enkele tuin de RI boven de 1 ligt en dit betekent dat alle tuinen geschikt zijn voor de functie moestuin. Aanvullende maatregelen zijn daarom niet noodzakelijk. Omdat uit de risico-analyse blijkt dat de grootste bijdrage aan de blootstelling afkomstig is van de inname van grond blijft het advies van kracht om alle groente en andere gewassen goed te wassen of te schillen.

1 Aanleiding van het onderzoek en aanpak

1.1 Achtergrond

In Leiden zijn verschillende moestuincomplexen die deels in de stad liggen en deels aan de rand van de stad. Bij de uitvoering van een verkennend bodemonderzoek (IDDS, 2010) is gebleken dat de gehalten aan onder meer lood in een deel van het moestuincomplex Ons Buiten I boven de maximale waarden voor gebruik als moestuin liggen (max waarde lood = 140 mg kg^{-1}). Voor lood variëren de gehalten tussen 100 en 350 mg kg^{-1} en voor zink variëren de gehalten tussen 150 en 500 mg kg^{-1} . In de andere onderzochte moestuincomplexen (Ons Buiten II, Oostvliet, Zonneveld, Cronestein, Roomburg) liggen de gemeten gehalten aan beide metalen in het algemeen iets lager en variëren tussen 50 en 200 mg kg^{-1} (lood).

Voor de beoordeling van humane risico's zijn de gehalten aan lood in de meeste gevallen het belangrijkste. De gemeten gehalten aan zink vormen in deze range ($< 500 \text{ mg kg}^{-1}$) geen enkele beperking voor het gebruik van de tuin als moestuin omdat humane risico's pas bij veel hogere gehalten ($> 1000\text{-}2000 \text{ mg kg}^{-1}$) aan de orde zijn.

Voor lood geldt dat de risico's vooral gebaseerd zijn op de inname door kinderen. Daarbij speelt zowel de opname via grond als gewas een rol. In de risicobeoordeling wordt de opname door het gewas berekend en vooral bij hogere gehalten aan lood in de bodem ($> 200 \text{ mg kg}^{-1}$) leidt dit tot hoge voorspelde gehalten in het gewas en daarmee een potentieel risico voor de gebruikers. Veldonderzoek is dan noodzakelijk om aan te tonen hoe groot de werkelijke opname van lood door de verschillende gewassen is. Recente voorbeelden van dergelijk veldonderzoek tonen daarbij aan dat de opname van lood door gewassen als sla, aardappel, andijvie en andere veel geteelde groenten dikwijls lager is dan voorspeld met het model (Römken en Rietra, 2011). Dit betekent dat op grond van metingen de noodzaak om maatregelen te nemen (saneren) of gebruik als moestuin te beperken niet meer nodig zijn.

Het doel van dit onderzoek is daarom om na te gaan:

1. Wat is de opname van lood en andere metalen bij de verhoogde gehalten in de bodem in Ons Buiten en andere complexen?
2. Wat is de werkelijke blootstelling aan de hand van de gemeten gewasgehalten (en de metingen in de bodem)?
3. Zijn er risico's voor het gebruik van de tuinen in de genoemde complexen als gevolg van de verhoogde gehalten aan metalen in de bodem?
4. Zo ja, zijn er dan maatregelen die genomen kunnen worden om er voor te zorgen dat de blootstelling van de tuinders acceptabel is?

Als bij onderdeel 3 blijkt dat de opname door verschillende gewassen niet leidt tot een onacceptabele blootstelling voor kinderen (meest gevoelige groep), dan vervalt daarmee de eventuele spoedeisendheid tot sanering en kunnen de tuinen zonder beperking gebruikt worden als moestuin.

1.2 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek in de verschillende complexen kent een aantal fasen:

1. Voorlichting aan tuinders over de aard en opzet van het onderzoek.
2. Bemonsteren van bodem en gewas in juli en augustus.
3. Analyse van de monsters door het CBLB (Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van Wageningen University).
4. Berekenen van de blootstelling aan de hand van de metingen in bodem en gewas en rapportage.
5. Afsluitende voorlichting aan bewoners en de gemeente over de resultaten en conclusies van het bodem- en gewasonderzoek in de drie moestuincomplexen

1.2.1 Voorlichting aan tuinders over de aard en opzet van het onderzoek

Onderzoek in moestuinen kan alleen plaatsvinden als de gebruikers daarmee instemmen. Mede daarom is in maart 2011 een voorlichtingsbijeenkomst georganiseerd waar de tuinders ingelicht zijn over de aard en opzet van het onderzoek. Op basis van die bijeenkomst hebben zich ongeveer 20 tuinders van verschillende complexen aangemeld. Hoewel het gebruik van de verschillende tuinen zeer divers is, telen de meeste tuinders die zich aangemeld hebben een groot aantal van de belangrijkste gewassen die nodig zijn om een juiste beoordeling te kunnen maken van de blootstelling.

Aan de hand van de aanmeldingen en de gegevens over de in het vooronderzoek gemeten gehalten in de bodem is een overzicht gemaakt voor Ons Buiten I en II. Als de resultaten van de eerste bemonstering (zie paragraaf 1.2.2) niet representatief zijn voor de eerder vastgestelde range wat betreft de loodgehalten in de bodem, dan wordt opnieuw gevraagd aan de tuinders om aanvullend onderzoek te doen in die vakken die in de eerste bemonstering niet zijn meegenomen. Uiteindelijk is het doel van het onderzoek een beeld te geven van de mogelijke variatie in bodemkwaliteit en de daarbij horende variatie in de gehalten lood in de gewassen.

1.2.2 Bemonsteren van bodem en gewas in juli en augustus

Op maandag 5 juli is de eerste bemonstering van de bodem en bijbehorende gewassen uitgevoerd. Op 30 augustus is aanvullend bodem- en gewasonderzoek verricht in vier tuinen en is in twee eerder onderzochte tuinen opnieuw bodemmateriaal verzameld om eerdere resultaten te verifiëren. In totaal zijn zeventien tuinen bemonsterd die afkomstig zijn van drie tuincomplexen:

Ons Buiten I+II	14
Zonneveld	2
Oostvliet	1

Daarnaast is een braakliggend stuk grond bemonsterd dat in gebruik is geweest als tuin, maar op dit moment niet gebruikt wordt door de mogelijke uitbreiding van fietspaden over het terrein. De reden om dit deel ook te bemonsteren, is dat hier vroeger een treinspoor liep en er dus mogelijk sprake is van sterker verontreinigde grond. Van deze locatie (nummer 15 in de tabellen in hoofdstuk 2 en verder) zijn daarom ook geen gewasmonsters genomen. Van deze plek is ook alleen de bovengrond (0-25 cm) bemonsterd.

Bij de bemonsteringen is van de bodem steeds een mengmonster van de bovengrond (0-25 cm) en van de laag van 25-50 cm genomen. Deze twee lagen zijn het belangrijkste voor de beoordeling van de kwaliteit als moestuin omdat de meeste gewassen vrijwel uitsluitend water en daarin aanwezige stoffen uit beide lagen opnemen. De kwaliteit van de diepere lagen is voor de kwaliteit van de meeste gewassen niet meer van invloed.

In bijlage 1 is te zien welke gewasmonsters daarbij per tuin genomen zijn. Mede dankzij het droge en warme voorjaar in 2011 konden op 5 juli al veel gewassen bemonsterd worden. Vrijwel alle bladgroente (sla, andijvie) maar ook aardappel en tuinbonen zijn in meerdere tuinen bemonsterd. Dit geeft voor deze groepen al een voldoende ruime dekking. In totaal zijn op 5 juli 65 gewasmonsters verzameld en op 30 augustus nog 32 gewasmonsters. Onderstaande figuren geven een beeld van de variatie in de inrichting en beheer van de tuinen. Dit varieert van uitsluitend moestuin tot een mix van bloementuin, woning en moestuin.



Figuur 1

Beelden van de tuinen tijdens de bemonstering op 5 juli. De inrichting varieert van gemengd (tuin en moestuin, linksboven) tot 100% moestuin (rechtsboven). Soms is de hoeveelheid groente beperkt (linksonder). Van elke tuin is één mengmonster van de bodem genomen (0-25 en 25-50 cm; rechtsonder).

1.2.3 **Monstervoorbehandeling en analyse.**

Na vervoer naar Wageningen zijn de grond- en gewasmonsters verder behandeld op het CBLB (Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van Wageningen University). De grondmonsters zijn na aankomst gedroogd bij 70 graden en vervolgens gezeefd (< 2 mm) voordat de monsters verder werden onderzocht.

Aan de grondmonsters worden de volgende metingen verricht:

Monsters uit de 0-25 cm laag:

- Drogen (70 graden) en zeven (2 mm)
- Koningswater-destructie, meting van gehalte aan Pb, Zn, Cd, Cu, Ni met ICP-AES
- Destructie 0.43 N HNO₃, meting van gehalte aan Pb, Zn, Cd, Cu, Ni met ICP-AES
- Extractie 0.01 M CaCl₂, meting van gehalte aan Pb, Zn, Cd, Cu, Ni met ICP-MS
- Bepaling pH/DOC in 0.01M CaCl₂
- Gloeiverlies (percentage organische stof)
- Droge stof bepaling bij 105 °C

Voor de monsters uit de ondergrond bepalen we de volgende eigenschappen:

- Drogen (70 graden) en zeven (2 mm)
- Koningswater destructie, meting van gehalte aan Pb, Zn, Cd, Cu, Ni met ICP-AES
- Gloeiverlies (percentage organische stof)
- Droge stof bepaling bij 105 °C

Alle bepalingen worden uitgevoerd conform de geldende richtlijnen van het CBLB. De verrichtingen op het CBLB zijn geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie (RvA).

De metingen van 0.43 N HNO₃ en 0.01 M CaCl₂ in de monsters uit de bovengrond zijn bedoeld om meer inzicht te krijgen in de beschikbaarheid van metalen. Alleen aan de hand van het totaalgehalte is die beschikbaarheid moeilijk vast te stellen. Daartoe is het ook nodig de zuurgraad (pH), het gehalten aan organische stof en de hoeveelheid organische stof in oplossing (DOC, dissolved organic carbon) te meten. Voor de ondergrond zijn deze aanvullende metingen in eerste instantie minder belangrijk, want de metingen zijn in eerste instantie bedoeld om vast te stellen of ook in de ondergrond nog verhoogde gehalten aan lood aanwezig zijn.

1.2.4 **Berekenen van de blootstelling aan de hand van de metingen in bodem en gewas en rapportage**

De standaardbeoordeling van de risico's van lood en andere metalen voor gebruik als moestuin gebeurt aan de hand van de berekende gehalten aan metalen in gewas en de gemeten gehalten in de bodem. Aan de hand van een geschatte totale consumptie van gewassen uit eigen tuin en een schatting van de inname van grond (onder meer door kinderen) is het mogelijk de totale inname van lood en andere metalen te berekenen (Brand et al., 2008). Deze totale inname moet lager zijn dan de wettelijk vastgestelde maximale inname (ADI, Acceptabele Dagelijkse Inname).

Als deze inname boven deze waarde ligt dan is de tuin niet geschikt als moestuin.

In deze studie gebruiken we zowel de standaardbeoordeling met CSOIL als eerste bepaling van de geschiktheid, maar ook de gemeten gehalten in de gewassen. Omdat in CSOIL de opname van lood door gewassen vaak overschat wordt, is het beter om de werkelijk gemeten gehalten aan lood in de gewassen te gebruiken voor de berekening van de blootstelling. Deze is ook maatgevend voor de werkelijke risico's omdat

het model niet in staat is voor alle afzonderlijke tuinen van Nederland de opname goed te berekenen. Als blijkt dat op basis van de gemeten gehalten aan lood in de gewassen de inname beneden de wettelijke norm blijft, dan is daarmee het gebruik van de tuin als moestuin gewaarborgd.

Recent is aan de hand van een groot aantal data over lood in de bodem en gewas een verbeterd model gemaakt voor de berekening van lood in gewassen (Römkens et al., 2011; Otte et al., 2011). Dit maakt nu nog geen deel uit van CSOIL, maar de metingen die in de verschillende tuinen gedaan zijn, gebruiken we hier wel om na te gaan in hoeverre dit nieuwe model in staat is de gehalten aan lood in gewassen beter te voorspellen dan het bestaande model.

Alle metingen van de gehalten aan lood in bodem en gewas evenals de andere bodemparameters staan ofwel in de hoofdtekst of in bijlage 1 (individuele gewassen). Daarbij rapporteren we in deze rapportage de resultaten anoniem, dat wil zeggen dat bij de resultaten geen tuinnummers komen te staan. De deelnemende tuinders krijgen wel alle resultaten van hun eigen tuin toegestuurd zodat iedereen weet wat de kwaliteit van de tuin en de geteelde groenten is.

1.2.5 Afsluitende voorlichting aan bewoners en gemeente over de invloed van de bodemkwaliteit voor risico's

Wanneer alle resultaten van de analyses aan bodem en gewas klaar zijn en de bepaling van de blootstelling is uitgevoerd, wordt op een slotbijeenkomst in Leiden toelichting gegeven voor geïnteresseerden. Om de resultaten van het onderzoek zo breed mogelijk te verspreiden worden de belangrijkste uitkomsten in de vorm van een flyer op A4 formaat samengevat.. Deze zijn voor de betreffende tuinders dan te verkrijgen. Als de resultaten daartoe aanleiding geven gaan we in deze bijeenkomst ook in op mogelijke maatregelen die men kan nemen om de inname van lood door volwassenen en kinderen te verlagen. Dergelijke maatregelen zijn uiteraard alleen aan de orde als blijkt dat de gehalten aan lood in bodem en gewas in de tuinen leiden tot een onacceptabele blootstelling.

In dit rapport zijn overigens alle verwijzingen naar specifieke tuinen vermeden. De onderzochte tuinen zijn geanoniseerd en tuinnummers vervangen door nummers. De deelnemende tuinders krijgen uiteraard wel de gegevens van hun eigen tuin. Dit rapport is zowel via de website van Alterra te verkrijgen (gratis, zie: www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/) als via de website van de gemeente Leiden.

2 Resultaten bodem- en gewasonderzoek

2.1 Resultaten bodemonderzoek

Op 4 juli en 30 augustus zijn in totaal zeventien tuinen uit verschillende complexen bemonsterd. Daarbij is steeds een monster van de 0 - 25 en 25 - 50 cm laag genomen dat bestaat uit verschillende deelmonsters per tuin (15 à 20 steken afhankelijk van de grootte van de tuin). In tabel 1 t/m 3 zijn de resultaten van de metaalgehalten en bodemeigenschappen van de onderzochte lagen in deze tuinen opgenomen.

Tabel 1

Overzicht van de gemeten totaalgehalten in de bovengrond (0 - 25 cm), pH en organische stof gehalte in de onderzochte tuinen.

Tuin	pH CaCl ₂	Org. Stof (%)	Totaal gehalte (Aqua Regia)				
			Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
1	6.5	12.3	0.92	57	15.7	178	298
2	6.5	12.5	0.78	45	15.2	139	201
3	6.5	9.5	1.10	64	18.2	201	394
4	6.7	10.7	0.9	57	17.4	176	285
5	6.6	12.9	1.04	62	15.6	167	328
6	6.9	8.8	0.83	47	14.1	180	225
7	6.5	10.9	0.68	40	18.8	123	184
8	7.1	9.7	0.38	20	8.3	155	145
8-2	6.9	10.1	0.42	21	8.8	119	138
9	6.9	10.3	0.59	46	12.4	106	154
10	6.3	11.0	0.70	52	22.6	165	168
11	6.3	9.6	1.19	98	23.9	274	343
12	5.6	22.0	0.69	42	19.0	118	170
13	7	12.3	0.66	35	14.1	671	182
13-2	6.8	12.1	0.76	40	17.3	119	228
14	6.9	13.0	0.70	52	14.1	160	243
15	6.9	7.2	0.77	33	17.2	129	167
16	6.7	9.2	0.45	40	13.1	131	132
17	6.9	4.8	0.31	15	6.7	59	84
18	6.5	7.8	0.73	28	11.6	141	201
	pH CaCl ₂	Org. Stof (%)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Minimum	5.6	4.8	0.31	15	7	59	84
Mediaan	6.7	10.5	0.72	44	15	151/140 ¹	193
Gemiddelde	6.7	10.8	0.73	45	15	188/149 ¹	214
Maximum	7.1	22.0	1.19	98	24	671/274 ¹	394

¹ Dit zijn herhaalde metingen op basis van monsters genomen in augustus.

Tabel 2

Overzicht van de gemeten reactieve (in mg kg⁻¹) en beschikbare metaalgehalten (in µg kg⁻¹) in de bovengrond (0 - 25 cm) van de onderzochte tuinen.

Tuin	Reactief gehalte (0.43 N HNO ₃)					Beschikbaar gehalte (0.01 M CaCl ₂)				
	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Cd µg kg ⁻¹	Cu µg kg ⁻¹	Ni µg kg ⁻¹	Pb µg kg ⁻¹	Zn µg kg ⁻¹
1	0.72	28.8	5.0	139	198	8	115	39	3	1397
2	0.58	25.5	4.8	110	108	7	93	39	3	687
3	0.78	36.5	5.8	166	248	9	131	52	2	1532
4	0.68	33.0	5.5	195	170	6	102	35	1	671
5	0.77	32.6	4.6	114	214	6	128	40	1	1207
6	0.62	28.6	4.2	144	113	6	92	31	3	490
7	0.46	20.8	5.6	82	91	5	86	47	1	563
8	0.28	11.5	2.1	328	90	2	43	16	3	336
8-2	0.28	11.7	2.1	79	79	2	52	17	2	386
9	0.45	29.8	4.0	109	82	4	183	43	2	277
10	0.46	28.0	6.2	112	68	11	118	88	5	996
11	0.81	57.2	6.8	242	174	23	214	108	9	3027
12	0.48	21.0	5.2	77	79	14	122	88	9	2059
13	0.48	19.0	4.2	73	96	3	55	25	1	287
13-2	0.53	20.7	4.5	78	119	4	75	31	1	462
14	0.57	29.2	4.2	125	141	3	99	32	1	396
15	0.55	20.3	4.9	94	74	5	98	50	1	253
16	0.28	20.3	3.8	95	54	2	84	32	< det.	159
17	0.20	8.4	1.3	42	32	2	41	17	< det.	114
18	0.56	16.1	3.9	113	119	8	72	39	2	940

	Reactief					Beschikbaar				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Minimum	0.20	8.4	1.3	42	32	2.0	41	16	< det.	114
Mediaan	0.54	23.3	4.5	111	102	5.5	96	39	2.0	527
Gemiddelde	0.53	25.0	4.4	126	117	6.5	100	43	2.5	812
Maximum	0.81	57.2	6.8	328	248	23.0	214	108	9.0	3027

¹ Dit zijn herhaalde metingen op basis van monsters genomen in augustus.

De loodgehalten in de monsters genomen tijdens de eerste bemonstering in juli lagen min of meer in dezelfde orde van grootte (100 - 200 mg kg⁻¹) met uitzondering van de tuinen 8 en 13. De totaalgehalten in de bovengrond van tuin 13 (671 mg kg⁻¹) lag ver boven die van de andere tuinen. Bovendien lag, in geval van tuin 13, het gehalte in de ondergrond ver beneden de hoge waarde van 671 (ondergrond: 151 mg kg⁻¹). Tenslotte week ook het gehalte bepaald met 0.43 HNO₃ ten opzichte van Aqua Regia in tuin 13 sterk af van de verhouding in de andere tuinen. In tuin 8 lag de hoeveelheid reactief lood een factor 2 boven de totale hoeveelheid bepaald met Aqua Regia. In augustus zijn daarom van beide tuinen opnieuw monsters genomen (alleen de 0 - 25 cm laag). De hoeveelheden lood in zowel Aqua Regia als HNO₃ in de tweede meting (aangeduid met 8 - 2 en 13 - 2 in de tabellen) liggen nu in dezelfde range als de andere tuinen en ook de verhoudingen tussen de hoeveelheid lood in HNO₃ en die in Aqua Regia zijn nu 'normaal', ze liggen tussen 0.6 en 0.9 (zie hieronder).

Toch tonen de eerste metingen aan dat er in de tuinen zeer lokaal best sterker verontreinigd materiaal aanwezig is. De kans dat dergelijke uitschieters echter bepalend zijn voor het gemiddelde van de tuin en daarmee de blootstelling achten we zeer klein. Wel dient voor de volledigheid vermeld te worden dat in tuin 8 sprake is van de aanwezigheid van een grote hoeveelheid bouw materiaal. Van alle bezochte tuinen is dit de tuin waarin de mogelijke verontreiniging via recent aangevoerd bouw materiaal zeker niet uit te sluiten valt.

Voor de andere onderzochte metalen geldt dat ze deels wel verhoogd zijn ten opzichte van de achtergrondwaarde, maar dat de aangetroffen maximale gehalten aan cadmium (1.2 mg kg^{-1}), koper (98 mg kg^{-1}), nikkel (24 mg kg^{-1}) en zink (394 mg kg^{-1}) geen indicatie vormen voor humane risico's. Ook de zogenaamde 'reactiviteit' uitgedrukt als de verhouding tussen het gehalte extraheerbaar met 0.43 N HNO_3 en Aqua Regia is voor de onderzochte metalen in overeenstemming met wat normaal in de Nederlandse bodem aangetroffen wordt. De mediane waarde van de reactiviteit varieert van 0.30 voor nikkel, 0.53 voor zink, 0.56 voor koper, tot 0.78 voor cadmium en lood. Hoewel de actuele beschikbaarheid zoals gemeten met CaCl_2 dus laag is, is tot 80% van de hoeveelheid cadmium en lood wel chemisch beschikbaar. Voor de overige metalen geldt dat dit slechts de helft of minder is. Een groot deel van het zink, nikkel en koper in deze bodems zit daarmee in een vorm in de grond die niet beschikbaar is voor planten of bodemorganismen en dus ook niet bijdraagt aan enig risico. Op dit moment wordt dit aspect nog niet meegenomen in de risicobeoordeling, maar het feit dat de reactiviteit van de onderzochte metalen niet afwijkt van wat in Nederland gangbaar is, toont wel aan dat er in de bodem van de tuinen in Leiden geen sprake is van een afwijkende bron van verontreiniging.

De actuele beschikbaarheid zoals gemeten met CaCl_2 is in veel gevallen goed te relateren aan de reactieve hoeveelheid metaal, organische stof en de pH. Voor de metalen cadmium, nikkel, koper en zink kan 90% van de gemeten variatie in de hoeveelheid beschikbaar metaal met deze factoren verklaard worden. De beschikbaarheid van lood is wat moeilijker te voorspellen met deze bodemeigenschappen, en de verklaarde variantie bedraagt dan ook slechts 55%. Dit is echter ook weer in overeenkomst met eerder onderzoek naar de beschikbaarheid van zware metalen in de bodem (Römkens et al., 2004). De chemie van lood is op dit moment nog steeds lastiger te begrijpen (en modeleren) dan die van de andere elementen.

De data in tabel 3 laten zien dat de gehalten in de 25 - 50 cm laag redelijk tot goed overeenkomen met die in de 0 - 25 cm laag. Vaak liggen de gehalten in de 25 - 50 cm laag gemiddeld iets hoger dan in de 0 - 25 cm laag. Een mogelijke verklaring hiervoor is het jarenlang toedienen van relatief schone mest of andere (aanvul)grond aan de bovengrond. Hierdoor kan er op termijn enige verdunning van het metaalgehalte ontstaan. In twee tuinen is sprake van een relatief grote afwijking tussen het gehalte in de ondergrond en dat in de bovengrond. In beide gevallen ligt het gehalte aan lood in de ondergrond een factor 2 of meer hoger dan in de bovengrond. Een sluitende verklaring hiervoor valt op basis van deze data niet te geven. Ook voor de andere onderzochte metalen liggen de gehalten in de ondergrond iets hoger. De mediane waarde van de verhouding tussen het gehalte in de ondergrond en de bovengrond voor de metalen Cd, Cu, Ni, Pb en Zn is respectievelijk 1.11, 1.08, 1.07, 1.20 en 1.06. Voor lood (verhouding 1.2) wordt dus de grootste afwijking tussen boven- en ondergrond gevonden.

Tabel 3

Totaalgehalte en organische stof percentage van de 25 - 50 cm laag van de onderzochte tuinen.

Tuin	Org. Stof (%)	Totaalgehalte (Aqua Regia)				
		Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
1	8.9	0.99	50	16.1	227	301
2	10.2	2.25	57	23.8	164	226
3	9.3	1.25	64	19.4	443	332
4	10.6	0.96	62	18.6	198	302
5	12.6	1.11	67	16.7	200	339
6	7.9	0.92	52	15.8	206	265
8	11.2	0.87	43	12.4	553	300
9	9.1	0.72	49	16.6	153	176
10	6.5	0.58	42	33.3	126	137
11	5.8	0.66	49	33.0	157	186
13	11	0.86	43	18.5	151	262
14	12.3	0.80	57	15.3	189	262
16	8.8	0.41	39	13.5	173	115
17	4.3	0.25	14	6.9	51	73
18	6.5	0.68	28	11.9	163	204

	Org. Stof (%)	Totaalgehalte (Aqua Regia)				
		Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
	Org. Stof	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Minimum	4.3	0.25	14	7	51	73
Median	9.1	0.86	49	17	173	262
Gemiddelde	9.0	0.89	48	18	210	232
Maximum	12.6	2.25	67	33	553	339

Samengevat laten de resultaten in tabel 1 t/m 3 zien dat:

- De totaalgehalten in de onderzochte tuinen in dezelfde orde van grootte liggen als de eerdere metingen uit het vooronderzoek. De mediane waarde van het loodgehalten in de 0 - 25 cm laag van alle tuinen in Ons Buiten is 165 mg kg⁻¹ (de tuinen uit de andere complexen zijn hier niet meegenomen) en dit komt overeen met metingen in andere onderzochte moestuincomplexen.
- De variatie in de gehalten op tuinbasis is relatief klein voor heterogeen verontreinigde complexen. Ofschoon er wel enige variatie aangetroffen is in de loodgehalten in de bovengrond is de variatie kleiner dan eerder verondersteld.
- Er bestaat een sterk verband tussen de gemeten metalen onderling, dat wil zeggen de hogere gehalten aan zink of cadmium komen overeen met hogere gehalten aan lood of koper. Dit suggereert dat het materiaal dat in de loop der tijd in de bodem is aangebracht relatief homogeen is en niet afkomstig is van verschillende partijen grond met verschillende bronnen van metalen. Dit verband is vrijwel gelijk in de 0 - 25 cm laag en de 25 - 50 cm laag wat ook weer suggereert dat het opgebrachte materiaal inderdaad relatief homogeen is.

- De mediane verhouding tussen het loodgehalte in HNO_3 en in Aqua Regia bedraagt 0.78. Dit betekent dat 78% van het lood meer of minder beschikbaar is voor chemische en biologische processen in de bodem. Deze waarde ligt dicht in de buurt bij de gehanteerde waarde van 0.74 voor de humane beschikbaarheid van lood. De waarde van 0.78 ligt ook dicht in de buurt van de waarde van 0.82 die is aangetroffen in vergelijkbare bodems in Amsterdam. In een recente studie in Heerenveen bedraagt deze ratio 0.67. Gemiddeld gezien betekent dit dat tussen de 70 en 80% van alle lood als potentieel reactief beschouwd moet worden.
- De gehalten aan organische stof in de onderzochte tuinen zijn hoog en variëren tussen 5 (een waarneming) en 14% (gemiddeld 10.8%). Ook de pH is hoog, gemiddeld 6.7 en varieert slechts in beperkte mate tussen 5.6 en 7.1. Daarbij moet aangetekend worden dat de relatief lage waarde van 5.6 gemeten is in een tuin die voor meer dan de helft is aangevuld met relatief zure tuinturf. In de andere tuinen was het gebruik van tuinturf veel minder en de op een na laagste pH waarde bedraagt dan ook 6.3. Dat betekent dat de chemische omstandigheden in de bodem zorgen voor een gemiddeld lage beschikbaarheid van de meeste metalen inclusief lood. De meting met CaCl_2 laat inderdaad zien dat de beschikbare fractie varieert van <1 tot $9 \mu\text{g kg}^{-1}$ wat overeenkomt met een concentratie in het bodemvocht van ongeveer < 0.1 tot $0.9 \mu\text{g L}^{-1}$. Dit zijn zeer lage waarden. Ter vergelijking, de beschikbaarheid in gronden met lagere pH waarden tussen 4.5 en 6.0 varieert van 2 tot $170 \mu\text{g kg}^{-1}$. De lage beschikbaarheid en de geringe variatie in de tuinen in dit rapport is deels gerelateerd aan de hoge pH en het hoge organische stof gehalte, maar verklaart ook deels de geringe variatie in de gehalten in de gewassen. Het eventueel gebruik van kalk of extra mest om de opname van metalen te verlagen heeft in deze tuinen dan ook weinig nut met uitzondering van de tuin met pH 5.6.

2.2 Resultaten gewasonderzoek

In tabel 4 is een samenvatting opgenomen van de gemeten gehalten aan lood in de gewassen waarvoor meerdere metingen zijn uitgevoerd. Daarbij zijn alle gegevens van alle tuinen per gewasgroep geclusterd. In figuur 2 en 3 staan voor cadmium en lood alle gewassen in een zgn. boxplot, waarbij de horizontale lijn binnen het blok de mediane waarde aangeeft, de boven- en onderkant van de box de 75- en 25-percentiel waarde en de uiteinden van de lijn het minimum en maximum weergeven. Voor sommige gewassen is er statistisch gezien sprake van een uitschieter (zoals bij aardappel), in dat geval staat die uitschieter als een symbool boven de lijn. Dat betekent daarmee niet dat de waarde niet klopt, maar statistische gezien valt deze buiten de range die gevormd wordt door de rest van de waarnemingen voor dat gewas. De keuze voor lood en cadmium is dat dit de belangrijkste gewassen zijn voor wat betreft blootstellingsrisico's. Het zijn ook de enige metalen (die hier gemeten zijn) waarvoor gewasnormen voor individuele gewassen bestaan.

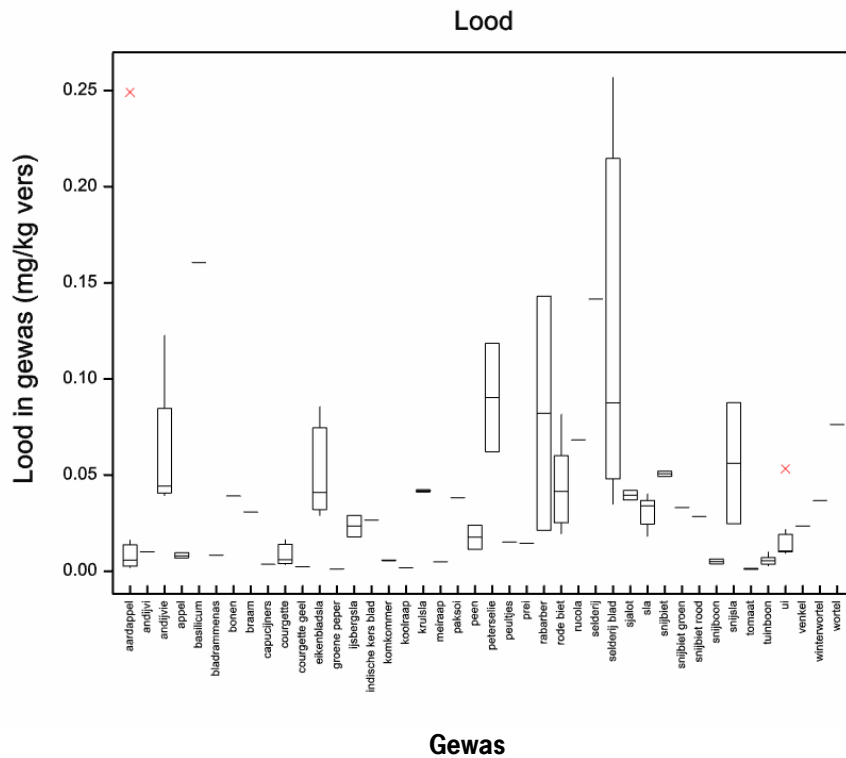
Tabel 4

Gehalten aan lood (vers in mg kg^{-1}) in de gewasgroepen waarvoor 2 of meer metingen gedaan zijn.

Verzamelgroep	Aantal	Minimum	Mediaan	Gemiddelde	Maximum
Aardappel	10	0.002	0.006	0.031	0.249
Andijvie	5	0.010	0.042	0.052	0.123
Boon	10	0.003	0.006	0.010	0.039
Courgette	4	0.002	0.005	0.007	0.017
Fruit	5	0.007	0.009	0.013	0.031
Komkommer	2	0.005	0.006	0.006	0.006
Koolraap	2	0.002	0.003	0.003	0.005
Peterselie	2	0.062	0.090	0.090	0.119
Rabarber	2	0.021	0.082	0.082	0.143
Rode biet	9	0.019	0.042	0.046	0.082
Selderij	4	0.035	0.115	0.130	0.257
Sla	15	0.018	0.036	0.041	0.088
Snijbiet	4	0.029	0.041	0.041	0.052
Tomaat	2	0.001	0.001	0.001	0.002
Ui	9	0.009	0.011	0.023	0.053
Wortel	4	0.011	0.030	0.037	0.076

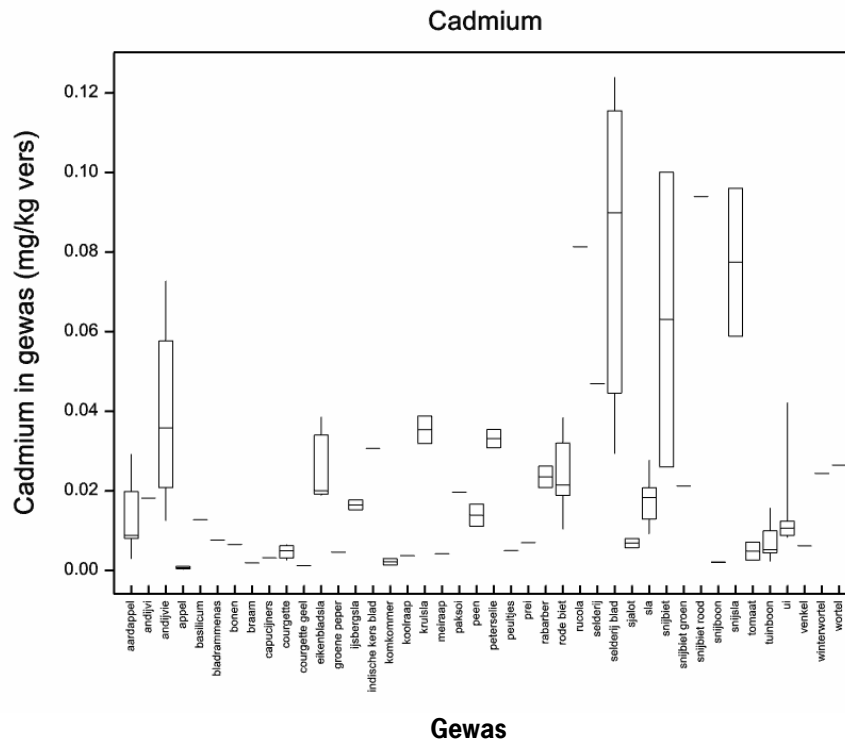
Voor lood blijkt duidelijk dat de opname door de meeste gewassen beperkt is. Voor reguliere landbouwgewassen geldt een norm van 0.1 mg kg^{-1} (vers gewicht) en 0.3 mg kg^{-1} voor bladgroente (sla, andijvie etc.). Voor een aantal gewassen ligt de maximale waarde - of soms de 75 percentiel - boven de norm van 0.1 mg kg^{-1} , maar dat zijn gewassen waarvan weinig wordt gegeten (o.a. basilicum, selderij en peterselie). Opvallend is dat vooral deze kruidachtige gewassen gemiddeld meer lood bevatten. Voor de belangrijkste gewassen als sla, andijvie, aardappel, boon etc. geldt echter dat de gemiddelde waarden en veelal ook de maximale waarde in dezelfde orde van grootte ligt als die van groente uit de reguliere teelt. Er is voor die gewassen dus geen duidelijk effect waarneembaar van de bodemverontreiniging.

Meestal liggen de gehalten in bladgewassen (sla, andijvie) iets hoger dan in knol- en bolgewassen. Er is een uitzondering en dat is de meting van een duidelijk verhoogd gehalte aan lood in een monster van aardappel. Die waarde van 0.25 mg kg^{-1} is dermate hoog en ook dermate afwijkend van alle groente uit tuinen met vergelijkbare gehalten aan lood in de bodem, dat er mogelijk sprake is van verontreiniging met grond of een analytische fout. Nogmaals, de gewasnorm voor landbouwproducten (warenwet norm) geldt niet als kwaliteitseis voor de blootstelling. Daarvoor beoordelen we de tuin op basis van de jaarlijkse inname zoals in hoofdstuk 3 aan de orde komt. Daar zal blijken dat zelfs een dergelijk afwijkend (hoog) loodgehalte niet leidt tot onacceptabele blootstelling.



Figuur 2
 Boxplot voor het gehalte aan lood in de gewassen.

De gehalten aan cadmium in de verschillende gewassen (zie figuur 3) vertonen een vergelijkbaar beeld als dat voor lood. Ook voor cadmium geldt dat de gehalten in bladgewassen iets hoger zijn dan in bol- en knolgewassen. Afwijkend van de gemiddelde waarden zijn ook hier weer de gehalten in selderij (hoger), terwijl voor cadmium de gehalte in basilicum en peterselie nu wel normaal zijn in tegenstelling tot lood. Blijkbaar accumuleert lood wat specifieker in kruidachtige gewassen dan andere metalen. Voor cadmium geldt overigens een warenwetnorm van 0.05 mg kg^{-1} en 0.2 mg kg^{-1} voor bladgroente. Dat geeft aan dat ook voor cadmium de gehalten in de geteelde producten zelfs aan de producteisen voor de commerciële teelt voldoen.



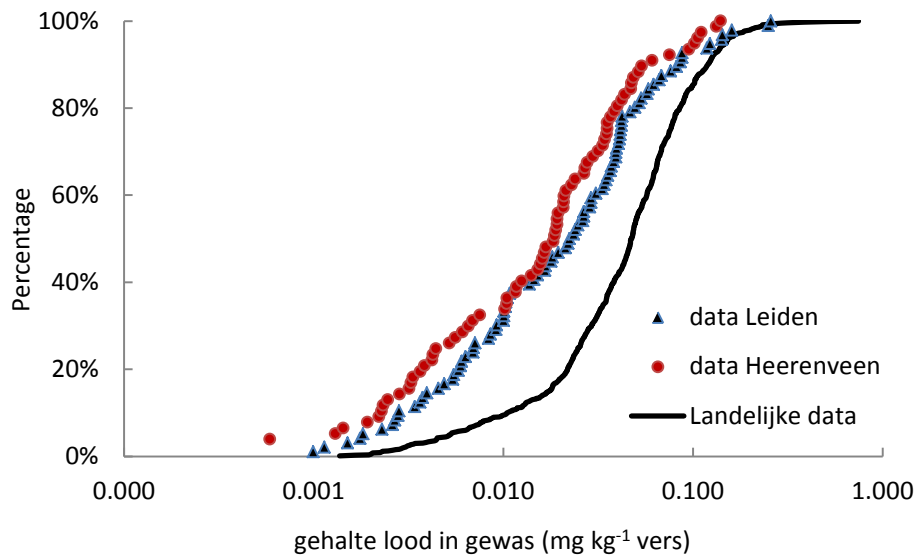
Figuur 3
 Boxplot voor het gehalte aan cadmium in de gewassen.

De variatie aan de gemeten gehalten voor lood voor die gewassen met meerdere metingen bevestigen het beeld van eerdere onderzoeken:

- De gehalten in bladgroente als andijvie en snijbiet zijn hoger dan in andere bladgroente incl. sla. Alle metingen in bladgroenten voldoen overigens in ruime mate aan de landbouwkundige norm die geldt voor producten die op de markt verkocht moeten worden (voor lood in bladgroente bedraagt de norm op dit moment 0.3 mg kg^{-1} op basis van vers gewicht).
- Voor gewassen als ui, fruit (hier: appel en braam) tuinboon, courgette, komkommer zijn de gehalten laag. Dit zijn daarmee typisch ongevoelige gewassen hoewel deze niet in alle tuinen geteeld worden.
- De gehalten in aardappel zijn in negen van de tien monsters laag, de op één na hoogste waarde bedraagt 0.017 mg kg^{-1} en het gemiddelde met uitsluiting van de extreme waarde bedraagt 0.007 mg kg^{-1} . De kans dat de hoge waarde van 0.249 mg kg^{-1} inderdaad door opname veroorzaakt wordt is zeer klein.
- Voor de meeste gewassen waarvoor meerdere metingen aanwezig zijn, is er geen of een zeer beperkt verband tussen het gehalte in de grond en dat in het gewas. Alleen voor andijvie bestaat er een redelijk tot goed verband tussen het gehalte in de grond en dat in het gewas.

In figuur 4 is een vergelijking te zien tussen de metingen in de onderzochte tuinen in Leiden en eerder uitgevoerd onderzoek in tuinen in Heerenveen (Römkens en Rietra, 2011). Uit de grafiek blijkt dat de metingen in Leiden in dezelfde orde van grootte liggen als die in Heerenveen. In deze figuur, een frequentieverdeling, staan alle afzonderlijke metingen als aparte symbolen zonder daarbij onderscheid naar gewas te maken. De uiteindelijke curve is daarmee deels afhankelijk van de onderzochte gewassen, maar dit lijkt weinig verschil te maken voor de verdeling als zodanig. De aangetroffen range aan gehalten aan lood in gewassen geteeld in moestuinen lijkt dus vergelijkbaar hoewel de gronden, de historie en de vorm waarin lood in de bodem zit uiteraard verschilt. In tabel 5 staan de bijbehorende kentallen van de verdeling. De vergelijking met de

landelijke data zoals verzameld van 1980 t/m 2010 toont aan dat de metingen in de moestuin gemiddeld zelfs lager zijn dan die in gehalten uit de reguliere landbouw. Hoewel de data van verschillende herkomst niet 1:1 te vergelijken zijn, is de landelijke database wel zo groot dat de conclusie gerechtvaardigd is dat de gehalten in de gewassen uit de moestuinen in Leiden zeker niet hoger zijn dan die van landelijk geproduceerde groenten.



Figuur 4

Verdeling van de gehalten aan lood in alle onderzochte gewasmonsters in het tuinonderzoek in Leiden (deze studie), eerder uitgevoerd onderzoek in tuinen in Heerenveen en een landelijke dataset (Otte et al., 2011).

Tabel 5

Kentallen van de gehalten aan lood in gewassen van de data in figuur 4.

		Dataset		
		Leiden	Heerenveen	Landelijk
	Aantal:	96	77	781
	minimum	0.001	< det	0.001
percentiel	5	0.002	0.001	0.005
	25	0.007	0.005	0.025
	50	0.023	0.019	0.047
	75	0.042	0.035	0.076
	95	0.128	0.104	0.150
	maximum	0.257	0.140	0.746

3 Berekening van de blootstelling met CSOIL

3.1 Achtergrond

De kwaliteit van de tuin voor gebruik als moestuin wordt niet zozeer bepaald door de gehalten in de individuele gewassen of die in de bodem, maar de totale blootstelling. Daarbij houdt men rekening met zowel consumptie van gewassen (groente, aardappelen) als inname van grond door kinderen. Uiteindelijk is de mate van risico gebaseerd op de blootstelling voor kinderen omdat deze het meest gevoelig zijn voor lood. Voor de berekening van de risico-index (RI) met CSOIL (per tuin) gebruiken we hier de gemeten gehalten in de bodem per tuin en de gemeten gehalten in knol (aardappel) en bladgroente. In tabel 6 is aangegeven welke gegevens hiervoor per tuin gebruikt zijn. In sommige gevallen zijn twee berekeningen per tuin opgenomen. Dat geldt voor die tuinen waarvoor de gehalten in de grond twijfelachtig zijn (te hoog of te laag) of er sterk afwijkende gehalten in de gewassen gemeten zijn. In twee gevallen zijn de tuinen opnieuw bemonsterd en staan beide beoordelingen in de tabel. Wanneer geen aardappel of bladgroente aanwezig was voor een tuin is een default waarde (aangegeven met 'd') gebruikt. De waarde daarvan is de op één na hoogst gemeten waarde voor aardappel (0.017 mg kg^{-1}) en de hoogste waarde voor andijvie (0.123 mg kg^{-1}). Daarmee zijn de aannamen al redelijk conservatief want het gemiddelde werkelijke gehalte in bladgroente in de onderzochte tuinen zal lager liggen. Voor het uitvoeren van een risico-analyse is dit echter gerechtvaardigd. Voor de beoordeling van de individuele tuinen zijn echter in de meeste gevallen metingen gebruikt uit de betreffende tuin, aangeduid met 'm'. In één van de tuinen is een afwijkend hoog gehalte aan lood in aardappelen gemeten. Hoewel de kans groot is dat dit niet representatief is voor het gemiddelde gehalte in aardappel, is deze waarde toch gewoon gebruikt in de risicobeoordeling voor de betreffende tuin. Om een meer reële waarde voor de blootstelling voor deze tuin te krijgen is daarnaast is een risicobeoordeling uitgevoerd met de defaultwaarde voor aardappel.

3.2 Berekening van de Risico Index (RI) per tuin

Uit de data in tabel 6 blijkt dat in geen enkele tuin de kritische waarde van 1 voor de RI wordt overschreden. Alleen in de tuin met het sterk verhoogde gehalte aan lood in de bovengrond (tuin 13, 671 mg kg^{-1}) ligt de RI vlak bij 1. De controle meting die in de tweede bemonstering is uitgevoerd resulteerde in een loodgehalte van 119 mg kg^{-1} en een corresponderende Risico index van 0.22. De gemiddelde RI van alle onderzochte tuinen bedraagt 0.34 en dit is vergelijkbaar imet de RI-waarden in andere moestuincomplexen die ook verhoogde loodgehalten hebben (Römkens en Rietra, 2011).

De data in tabel 6 tonen ook aan dat de bijdrage van inname via grond varieert van 33% tot 94% (gemiddeld 72%), terwijl de inname via gewas van 6 tot 67% varieert (gemiddeld 25%). De bijdrage van alle andere blootstellingsroutes voor lood (o.a. via stof, water etc.) is verwaarloosbaar klein ($< 0.3\%$). In het algemeen neemt de bijdrage van de grond aan de blootstelling toe met het stijgen van het loodgehalte in de bodem. Dat komt vooral omdat de gehalten in de gewassen slechts in zeer beperkte mate toenemen met hogere loodgehalten in de bodem. De relatieve bijdrage van consumptie van eigen groente is dus het grootst in de grond met de lage loodgehalten hoewel juist daar de absolute (totale) blootstelling aan lood uiteraard laag is (bijv. tuin 17).

De gevonden spreiding in de waarden van de RI komen goed overeen met die berekend of gemeten voor andere moestuinen op grond met verhoogde loodgehalten (Römken en Rietra, 2011).

Tabel 6

Overzicht van de berekende Risico index per tuin op basis van de gemeten gehalten aan lood in de bodem en groente.

Tuin	Gewas	Meting (m)	Pb gewas	Pb _{grond}	pH	OS	RI	Inname via	
		default (d)	mg kg ⁻¹ vers	CSOIL			grond	gewas	
1	Aardappel	m	0.009	178	6.5	12.3	0.29	85%	15%
	Ijsbergsla	m	0.029						
2	Rucola	m	0.068	139	6.5	12.5	0.28	68%	32%
	Aardappel	m	0.002						
3	Aardappel	m	0.007	201	6.5	9.5	0.34	81%	19%
	Andijvie	m	0.047						
4	Snijbiet	m	0.052	176	6.7	10.7	0.32	75%	24%
	Aardappel	d	0.017						
4-2	Snijbiet	m	0.052	195	6.7	10.7	0.35	77%	22%
	Aardappel	d	0.017						
5	Aardappel	m	0.003	167	6.6	12.9	0.25	90%	10%
	Ijsbergsla	m	0.018						
6	Aardappel	m	0.249	180	6.9	8.8	0.51	49%	51%
	Eikenbladsla	m	0.086						
6-2	Aardappel	m	0.017	180	6.9	8.8	0.37	67%	33%
	Eikenbladsla	m	0.086						
7	Aardappel	d	0.017	123	6.5	10.9	0.23	73%	27%
	Rode biet	m	0.040						
8	Andijvie	m	0.123	155	7.1	9.7	0.38	55%	44%
	Aardappel	d	0.017						
9	Sla	m	0.036	106	6.9	10.3	0.20	74%	25%
	Aardappel	m	0.005						
10	Selderij blad	m	0.088	165	6.3	11	0.35	64%	35%
	Aardappel	d	0.017						
11	Snijsla	m	0.088	274	6.3	9.6	0.50	75%	25%
	Aardappel	d	0.017						
12	Snijbiet groen	m	0.033	118	5.6	22	0.22	75%	25%
	Aardappel	d	0.017						
13	Aardappel	m	0.003	671	7.0	12.3	0.98	94%	6%
	Eikenbladsla	m	0.041						
13-2	Aardappel	m	0.003	119	6.8	12.1	0.22	75%	25%
	Eikenbladsla	m	0.041						
14	Aardappel	m	0.003	160	6.9	13	0.27	80%	20%
	Andijvie	m	0.039						
16	Aardappel	m	0.017	131	6.7	9.2	0.26	71%	29%
	Snijbiet	m	0.049						
17	Aardappel	m	0.014	59	6.9	4.8	0.25	33%	67%
	Andijvie	d	0.123						
18	Paksoi	m	0.038	141	6.5	7.8	0.25	76%	23%
	Aardappel	d	0.017						

3.3 Berekening van de RI met CSOIL via de Bioconcentratiefactor

De bepaling van de risico index zoals vermeld in tabel 6 is gebaseerd op de *gemeten* gewasgehalten. Uiteindelijk is dat uiteraard de meest betrouwbare methode omdat dit de werkelijke beschikbaarheid van lood voor gewassen weergeeft. De belangrijkste reden om gewasgehalten te bepalen is dat de huidige versie van CSOIL waarmee de risico's voor de mens bepaald worden, uitgaat van een zeer conservatieve methode. Dit leidde mede daarom tot strenge normen voor lood in de bodem die daarmee snel tot een mogelijk risico leiden. Om CSOIL te verbeteren zodat de opname door planten meer realistisch geschat wordt, is een verbeterde methode afgeleid van velddata om de zgn. BioConcentratieFactor (BCF) te bepalen. De BCF is de verhouding tussen het gehalte in de plant ten opzicht van dat in de bodem:

$$\text{Bioconcentratiefactor} = [\text{gehalte}_{\text{plant}}] / [\text{gehalte}_{\text{bodem}}]$$

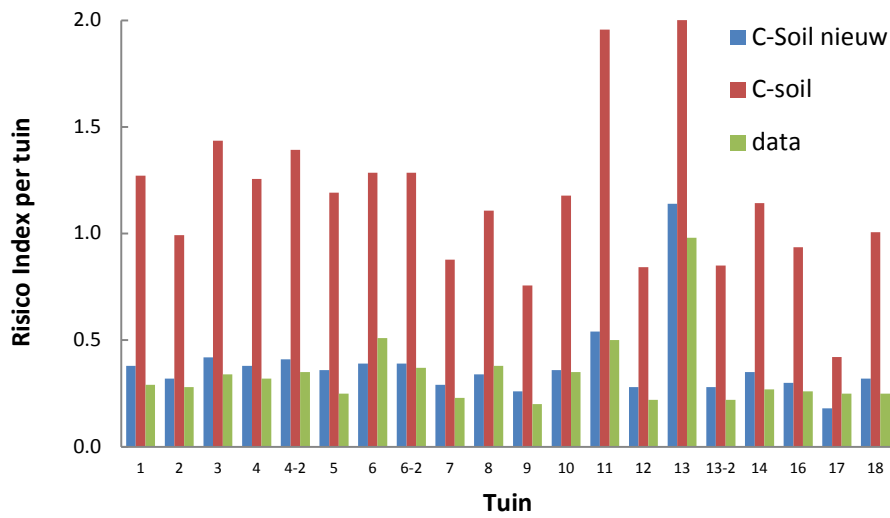
Op dit moment rekt CSOIL met een constante BCF voor bladgroente ($\text{BCF}_{\text{blad-lood}} = 0.044$) en knolgewassen ($\text{BCF}_{\text{knollood}} = 0.0017$). Daarmee is op een eenvoudige manier het gehalte in bladgroente of knolgewas te berekenen volgens:

$$\text{Lood}_{\text{bladgroente}} = \text{BCF}_{\text{blad-lood}} * [\text{gehalte}_{\text{bodem}}] * \text{ds}$$

waarbij ds het droge stof gehalte in % is.

De uitkomst is daarmee op vers gewicht basis. Uit de formule voor de berekening van het loodgehalte in planten blijkt dus al dat het berekende gehalte in de plant lineair toeneemt met het loodgehalte in de bodem. Hierdoor neemt de blootstelling dus ook sterk toe met toenemend loodgehalte in de bodem. Metingen van loodgehalten in planten uit veldonderzoek tonen echter aan dat deze zeer sterke toename van het loodgehalte in de plant in werkelijkheid niet voorkomt (Römkens en Rietra, 2011; Otte et al., 2011). Mede daarom is in 2011 een verbeterd model opgesteld waarbij de BCF- afhankelijk is van het loodgehalte van de bodem. De gehalten in de plant stijgen ook in dit model nog steeds met een toename van het loodgehalte in de bodem, maar veel minder dan voorheen is aangenomen. De vraag is of dit verbeterde model beter in staat is de Risico Index per tuin te berekenen dan de huidige versie van CSOIL. In figuur 5 staan daarom per tuin de berekende RI volgens drie methoden. Eén op basis van de bestaande CSOIL-methode, één op basis van het verbeterde model voor CSOIL en de RI op basis van de gemeten gewasgehalten zoals in tabel 6 weergegeven.

De resultaten van de berekende RI voor de onderzochte tuinen laten zien dat het nieuwe model voor de berekening van de gehalten aan lood in planten en daarmee de blootstelling voor mensen veel beter dan het oude model in staat is de echte RI te berekenen. We zien dat de berekening van de RI met het vernieuwde model vrijwel dezelfde RI oplevert dan de RI die op basis van de data is afgeleid. Voor veel tuinen ligt de berekende RI iets hoger dan die op basis van de data maar dat is daarmee een kleine veiligheidsmarge.



Figuur 5

Risico index per tuin op basis van de gewasdata (groene balk, 'data'), de huidige versie van C-SOIL (rode balk, 'C-Soil') en de herziene versie van C-SOIL (blauwe balk, 'C-Soil nieuw') die in de toekomst toegepast zal worden. Noot: RI (C-Soil) voor tuin 13 is 4.8, hiervoor is de schaal niet aangepast. Deze hoge RI is uitsluitend het gevolg van het hoge loodgehalte in de eerste meting (671 mg kg⁻¹). Bij de tweede meting bleek dat het loodgehalte veel lager was en dienovereenkomstig is de RI in dat geval veel lager.

4 Conclusies en aanbevelingen

Bij de start van het project zijn de volgende vragen geformuleerd waar dit rapport een antwoord op geeft:

1. *Wat is de opname van lood en andere metalen bij de verhoogde gehalten in de bodem in Ons Buiten en andere complexen?*

De opname van lood en andere metalen door de onderzochte gewassen komt overeen met metingen in andere moestuincomplexen in Nederland waar verhoogde gehalten aan lood in de bodem voorkomen. De gemeten gehalten in zowel bladgroente als knolgroente zijn in vrijwel alle gevallen laag tot normaal. Gewassen waarin relatief hoge loodgehalten gemeten zijn, zijn o.a. rabarber, snijbiet en kruidachtige planten als basilicum en peterselie. Van de laatstgenoemde kruiden wordt kwantitatief relatief weinig gegeten en dit draagt niet wezenlijk bij aan de totale blootstelling. Van rabarber en snijbiet is bekend dat dit gewassen zijn die meer lood opnemen. Ook voor deze gewassen geldt dat het geen groenten zijn die het hele jaar door gegeten worden en in de blootstellingsberekening dragen beide niet wezenlijk bij aan de totale inname. De metingen in Ons Buiten en de andere onderzochte complexen bevestigt dat de directe invloed van het loodgehalte in de bodem op dat in de plant gering is. Voor de meeste gewassen bestaat er nauwelijks een verband tussen het gehalte in de bodem en die in de gewassen.

2. *Wat is de werkelijke blootstelling aan de hand van de gemeten gewasgehalten (en de metingen in de bodem)*

De blootstelling aan de hand van de gemeten gehalten in de groente en bodem overschrijdt in geen enkele tuin de RI-waarde van 1. In de meeste tuinen ligt de RI onder de 0.5. Dat geeft aan dat de tuinen zonder verdere gebruiksbeperking gebruikt kunnen worden. Uiteraard gelden daarbij dezelfde uitgangspunten als voor alle andere licht tot matig verontreinigde gronden (zie punt 4). In één van de tuinen is bij de eerste meting een hoog loodgehalte bepaald. Dit leidt tot een risico-index van 0.98, dus dicht bij de maximaal acceptabele waarde. Een herhaalde bepaling van het loodgehalte viel echter zodanig veel lager uit (119 mg kg⁻¹) dat op basis van deze meting er geen risico is. Zelfs wanneer we uitgaan van een gemiddelde van beide waarden bestaat er geen onacceptabel risico. Het geeft wel dat op korte afstand de gehalten aan lood en daarmee de blootstelling sterk kunnen variëren.

3. *Zijn er risico's voor het gebruik van de tuinen in de genoemde complexen als gevolg van de verhoogde gehalten aan metalen in de bodem?*

Op basis van de berekende blootstelling is er geen sprake van onacceptabele risico's voor het gebruik van de tuin als moestuin, of anderszins (recreatie).

4. *Zo ja, zijn er dan maatregelen die genomen kunnen worden om er voor te zorgen dat de blootstelling van de tuinders acceptabel is?*

Er hoeven geen verdere maatregelen genomen te worden om de blootstelling te reduceren. Daarbij geldt hetzelfde advies als bij alle andere gronden met verhoogde gehalten, namelijk dat alle eetbare producten goed gewassen moeten worden voordat ze worden gegeten. Omdat een wezenlijk deel van de blootstelling komt door inname van grond (gemiddeld 75% van de totale inname) en slechts een veel kleiner deel via inname door groente (25%), geldt dat alle maatregelen die de inname van grond verkleinen (wassen van groente en fruit) de blootstelling duidelijk verlagen. Ook de zuurgraad en de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem zijn zodanig dat aanvullende maatregelen zoals bekalken of toedienen van mest geen effect heeft op de gehalten aan lood in de planten. Uiteraard kan het toedienen van mest of kalk geen kwaad vanuit het oogpunt van bemesting en nutriëntenvoorziening van de planten.

Geraadpleegde literatuur

Brand E., P.F. Otte, en J.P.A. Lijzen, 2008. CSOIL 2000. An exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description. RIVM rapport 711701054. RIVM – Bilthoven.

IDDS, 2010. Rapport betreffende een verkennend bodemonderzoek Volkstuinterrein Ons Buiten I te Leiden. Referentie 1002B793/GGE/rap5.1

Otte, P.F., P.F.A.M. Römkens, R.P.J.J. Rietra en J.P.A. Lijzen, 2011. Bodemverontreiniging en de opname van lood in moestuingewassen. Risico's van lood door bodemverontreiniging. RIVM Rapport 607711x/2011 (in druk). RIVM – Bilthoven

Römkens, P.F.A.M., J.E. Groenenberg, L.T.C. Bonten, W. de Vries en J. Bril, 2004. Derivation of partition relationships to calculate Cd, Cu, Ni, Pb and Zn solubility and activity in soil solution samples; Alterra rapport 305, 72 pp.

Römkens, P.F.A.M., P.F. Otte en R.P.J.J. Rietra, 2011. Verbetering risicobeoordeling van lood. Veilig groente telen bij verhoogde loodgehalten? Bodem, vol 21(3):10-11.

Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra, 2011. Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen. Alterra rapport 2107. Alterra – Wageningen UR.

Bijlage 1

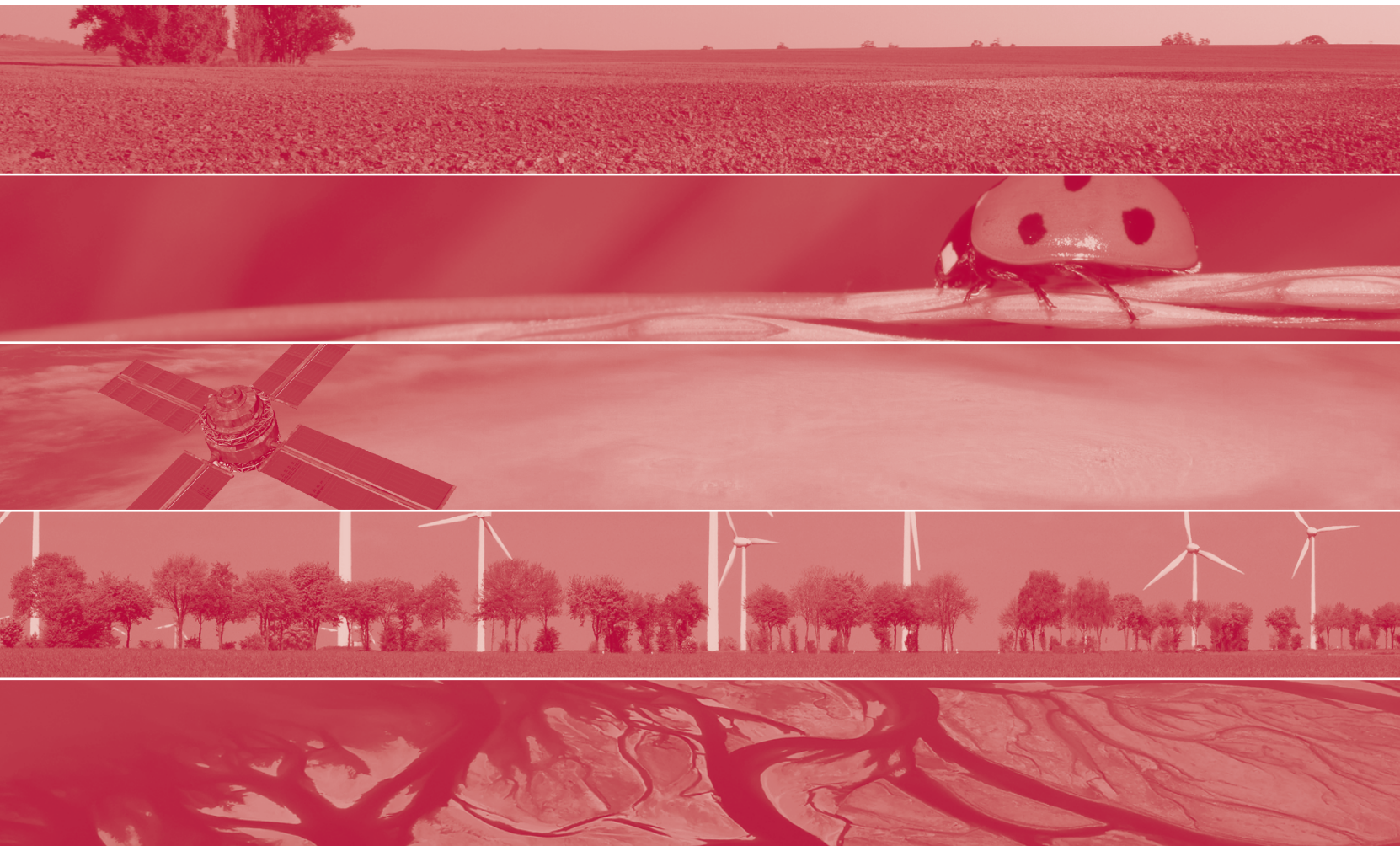
Overzicht van gewasmonsters en metaalgehaltes in groente per tuin

	Gewas	Metaalgehalte op droge stof basis					Droge stof %
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	
		[µg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	
1	Aardappel	120	5.34	282	35	20.19	24%
1	IJsbergsla	568	15.89	1250	933	103.10	3%
1	Ui	64.4	2.28	232	69.2	24.30	16%
2	Rucola	919	11.10	1121	772	138.01	9%
2	Aardappel	49.3	5.18	478	10.4	16.63	17%
2	Tuinboon	23.1	19.27	3855	47.2	86.51	22%
2	Rode biet	280	9.24	397	423	70.28	14%
3	Aardappel	41.4	6.44	221	36.5	14.00	19%
3	Eikenbladsla	157	3.35	377	228	63.97	13%
3	Rode biet	153	7.69	293	584	104.70	14%
3	Krulsla	596	16.32	656	771	83.51	5%
3	Andijvie	1000	12.09	1296	640	204.58	7%
4	Krulsla	724	12.12	608	791	75.51	5%
4	Komkommer	71.3	4.83	879	132	43.80	4%
4	Snijbiet	1001	9.42	267	521	233.73	10%
4	Courgette	81.3	13.80	456	98	95.68	6%
4	Wortel	235	5.46	496	678	49.77	11%
4	Braam	13	7	260	213	11	14.5%
4	Bladrammenas	104	3	141	114	28	7.3%
4	Winterwortel	234	4	449	353	31	10.4%
4	Snijboon	14.7	4	293	44.8	27	14.1%
5	Aardappel	85.7	4.50	109	12.2	17.90	23%
5	Rabarber	330	3.41	201	1803	38.82	8%
5	IJsbergsla	383	11.49	765	449	81.05	4%
5	Rode biet	178	5.61	95	145	63.78	13%
5	Ui	42.7	2.45	494	53.9	18.87	19%
5	Venkel	107	9.86	535	409	61.47	6%
5	Bonen	35	3	362	212	40	18.5%
5	Appel	8.06	3	208	46.4	2	14.9%
5	Peterselie	304	8	551	613	64	10.1%

		Metaalgehalte op droge stof basis					
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Droge stof
Gewas		[µg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	%
6	Aardappel	107	6.85	802	1090	26.10	23%
6	Ui	62	3.38	501	256	23.46	21%
6	Sla	469	10.92	526	684	57.48	6%
6	Selderij	318	9.61	1080	960	95.79	15%
6	Basilicum	82.2	10.13	370	1036	78.03	15%
6	Courgette	86.4	10.46	505	218	89.68	8%
6	Sjalot	40.3	3.10	297	187	20.74	20%
6	Courgette	51.5	7	358	69.9	38	4.9%
6	Appel	3.13	3	111	61.9	2	16.3%
6	Eikenbladsla	705	10	611	1566	55	5.5%
6	Selderij blad	883	8	417	1831	96	14.0%
7	Prei	41.1	3	377	85.5	14	17.0%
7	Rode biet	327	6	189	389	54	10.2%
8	Ui	79.1	2.64	226	162	52.91	14%
8	Tomaat	109	6.51	125	23.3	20.15	6%
8	Sla	190	8.47	612	549	76.61	5%
8	Andijvie	313	7.44	768	1321	84.55	9%
8	Andijvie	288	22	687	970	76	4.3%
9	Sla	321	22.94	1925	620	81.41	6%
9	Rode biet	155	9.05	413	534	65.74	12%
9	Aardappel	56	10.19	274	28.4	20.00	16%
9	Kapucijners	10.7	11.45	570	12.4	72.04	29%
9	Tuinboon	68.4	15.82	933	23.5	88.37	23%
9	Koolraap	64.1	3.36	459	31.7	33.41	6%
9	Selderij blad	312	15	703	370	75	9.4%
9	Rode biet	225	9	154	283	64	9.3%
9	Peterselie	326	14	616	1091	65	10.9%
10	Druiven ¹	-	-	-	-	-	18.6%
10	Selderij blad	946	8	513	922	78	9.5%
11	Snijsla	1520	20	916	1388	155	6.3%
11	Ui	322	4	439	78.3	58	13.1%
11	Appel	5.36	2	176	61	3	15.0%
11	Snijsla	1222	17	1099	513	103	4.8%
12	Snijbiet groen	366	11	1617	572	69	5.8%
12	Snijbiet rood	1018	9	403	309	265	9.2%
12	Rabarber	403	3	978	412	50	5.2%
13	Aardappel	13.3	3.71	98	12.1	7.08	22%
13	Peen	163	2.41	594	112	18.03	10%
13	Tuinboon	29.7	19.10	942	10.3	77.32	27%
13	Eikenbladsla	295	10.77	436	641	65.90	6%

¹ Het gedroogde monster was ongeschikt voor analyse door het hoge suikergehalte.

		Metaalgehalte op droge stof basis					
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Droge stof
	Gewas	[µg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	%
14	Tuinboon	36.5	10.54	693	27.7	80.98	14%
14	Sla	299	8.00	302	556	57.72	6%
14	Peultjes	32.3	5.68	410	98	53.06	15%
14	Rode biet	209	5.03	1145	275	25.34	15%
14	Ui	55.7	2.51	182	62.2	24.95	15%
14	Aardappel	45.4	4.87	159	10.4	20.76	25%
14	Andijvie	623	8.75	447	576	80.55	7%
14	Snijboon	21.3	2	289	40.2	29	9.3%
14	Appel	1.66	1	78.6	43.9	3	15.8%
14	Indische kers blad	263	6	283	228	99	11.6%
14	Courgette geel	23.9	7	193	45.9	42	5.0%
14	Groene peper	69.3	3	91.1	17.3	23	6.6%
14	Tomaat	44	3	109	17	14	5.8%
16	Aardappel	32.2	6.31	882	61.9	23.95	27%
16	Snijbiet	301	11.58	758	571	94.69	9%
16	Rode biet	183	11.38	709	231	57.87	10%
16	Sjalot	44.5	5.29	651	329	27.30	13%
17	Aardappel	46.4	3.84	172	87.6	16.36	16%
17	Tuinboon	8.78	8.41	776	22.6	53.96	27%
17	Rode biet	67.6	5.43	264	374	26.49	15%
17	Ui	58.1	3.03	1167	55.3	23.02	18%
17	Peen	93.7	3.46	873	203	14.25	12%
18	Sla	299	8.04	1048	385	67.44	5%
18	Paksoi	282	5.34	425	548	57.60	7%
18	Meiraap	50	3.14	332	58.4	29.94	8%
18	Andijvie	253	5.31	625	140	51.88	7%
18	Komkommer	27.7	5.16	530	121	41.30	5%



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