

Arseen in bodem, wat zijn de risico's bij een moestuin en hoe communiceren we daarover?



Project in samenwerking met Vrije Universiteit Amsterdam

gefinancierd door de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid



Academische Werkplaats
MILIEU EN GEZONDHEID



Eindrapport van Kortlopend Project Academische Werkplaats Milieu & Gezondheid (AW-MMK)

Rapport van:

GGD Kennemerland
medische milieukunde, cluster milieu en hygiëne
Postbus 5514, 2000 GM Haarlem

Auteur:

R.H. Keuken (GGD Kennemerland)
N.J. Nijhuis (GGD Amsterdam)

m.m.v.: H. Schat (Vrije Universiteit), J. Verkleij (Vrije Universiteit), F. Swartjes (RIVM), E. Khodabux (provincie Noord-Holland), H. Schoot (Omgevingsdienst IJmond-gemeente Heemstede), A. Huizing (gemeente Wijdmeren), R. Stumpel (GGD Gooi en Vechtstreek), P. Römken, (Alterra Wageningen UR)

december 2015

GGD Kennemerland

Dit project is mogelijk gemaakt door:

Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid

Samenvatting

Op meerdere plaatsen in Nederland komt arseen van nature voor in bodem en grondwater, bijvoorbeeld in veengebieden en locaties met ijzeroer. Bij arseen in de bodem van natuurlijke herkomst zal niet per definitie een bodemsanering volgen. Dit betekent niet dat er onbeperkt gewassen in de moestuin kunnen worden geteeld. Bij GGD'en komen af en toe vragen van gemeenten binnen of het creëren van een moestuin op een plek met verhoogde arseenconcentraties verantwoord is vanuit gezondheidkundig perspectief. De laatste jaren is het steeds populairder geworden om zelf groenten te verbouwen en wordt deze vraag actueler. Vanuit gemeenten en GGD'en is daarom behoefte aan het ontwikkelen van standaardadviezen bij moestuinieren of plannen daarvoor op arseenhoudende bodem.

In dit project zijn twee casussen uitgewerkt waarbij ingeschat is hoeveel de extra blootstelling aan arseen kan zijn bij moestuinieren op bodem met een verhoogde arseen concentratie. Er is hierbij gekeken naar het eten van gewassen uit de moestuin in het zogenaamde scenario 'moestuinen/volkstuinen'. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat 100% van de totale hoeveelheid groenten uit eigen tuin wordt gegeten. Met uitzondering van aardappels, waarbij gerekend wordt met 50% consumptie uit eigen tuin. In het tweede scenario genaamd 'wonen met tuin' wordt uitgegaan van het eten van maximaal 10% van het totaal aan geconsumeerde groenten uit eigen tuin.

Het scenario waarbij veel van de totale hoeveelheid groenten uit de eigen moestuin worden geconsumeerd, laat de toegepaste methode in dit rapport zien dat er in bepaalde gevallen een relevante extra bijdrage van arseen kan zijn ten opzichte van de dagelijkse achtergrondblootstelling aan arseen (via voeding en drinkwater).

Een exacte berekening met betrekking tot de additionele kankerkans kan niet worden uitgevoerd, omdat enerzijds de toegepaste methode slechts een schatting is van de blootstelling aan arseen via gewassen. Anderzijds bestaat er momenteel geen concrete grens voor toelaatbare inname van arseen. Een voorlopig voorgestelde waarde waarbij gezondheidseffecten te verwachten zijn, ligt op het niveau van de dagelijkse achtergrondblootstelling aan arseen in Nederland. Bij een beperkt aandeel van het eten van groenten uit de eigen tuin (10%, scenario 'wonen met tuin') kan bij bodemconcentraties tot 50 mg/kg verwacht worden dat er geen relevante bijdrage aan de dagelijkse arseen inname is. Bij een bodemconcentratie boven de 50 mg/kg arseen of bij hoge groenteconsumptie uit eigen tuin kan in bepaalde gevallen arseen in deze gewassen een relevante bijdrage geven aan de totale hoeveelheid arseen waaraan mensen toch al worden blootgesteld via voeding en drinkwater.

Duidelijke gebruikersadviezen kunnen momenteel niet worden opgesteld. Wel zijn er algemene aanbevelingen. Zo is het vaststellen van een grens voor toelaatbare inname in Nederland noodzakelijk om een goed onderbouwde risicobeoordeling met betrekking tot arseen te kunnen doen. Het model Sanscrit in de RisicoolboxBodem blijkt op dit moment niet bruikbaar om gezondheidsrisico's van arseen bij gewasconsumptie te goed te kunnen beoordelen. Ook is nader onderzoek nodig naar het arseengehalte in gewassen in Nederland.

Inhoud

Samenvatting.....	3
Inhoud	4
1. Inleiding.....	6
1.1. Aanleiding.....	6
1.2. Probleemstelling.....	7
1.3. Vraagstelling.....	7
2. Onderzoeksopzet.....	8
2.1. Literatuur onderzoek.....	8
2.2. Verzamelen bodemgegevens van de twee deelnemende gemeenten en keuze praktijksituaties	8
2.3. Risicobeoordeling	8
2.4 Ontwikkelen communicatiestrategie en gebruikadvies	8
3. Resultaten.....	9
3.1. Literatuur onderzoek.....	9
3.1.1 Bevindingen VU	9
3.1.2 Bevindingen GGD.....	12
3.2. Verzamelen bodemgegevens gemeenten Heemstede en Wijdmeren en praktijksituaties	17
3.2.1. Gemeente Heemstede	17
3.2.2. Gemeente Wijdmeren.....	17
3.3. Risicobeoordeling	18
3.3.1. Inleiding	18
3.3.2. Methode risicobeoordeling	19
3.3.3. Risicobeoordeling casuïstiek gemeente Heemstede.....	22
3.3.4. Risicobeoordeling casuïstiek gemeente Wijdmeren	25
3.4. Gebruikadvies en ontwikkelen communicatiestrategie	27
4. Discussie en conclusie	28
5. Aanbevelingen.....	31
6. Implementatie.....	32
6.1 Kernboodschap.....	32
6.2 Stap 1: september-oktober 2015	32
6.3 Stap 2: oktober- november 2015	32

6.4 Stap 3: december 2015	32
6.5 Stap 4: december 2015	32
Bijlage 1 Informatie voor gemeenten en provincie.....	33
Bijlage 2 Informatie voor GGD'en.....	35
Bijlage 3 Methode literatuursearch.....	37
Bijlage 4 Resultaten literatuursearch GGD.....	38
Bijlage 5 Resultaten literatuursearch VU	41
Bijlage 6 Berekening P95 gewasconcentraties aan arseen	48
Bijlage 7 Grafieken Sanscrit berekeningen casus gemeenten met standaard invoergegevens.....	49
Bijlage 8 Sanscrit berekeningen met achtergrondwaarde 20 mg/kg.....	50

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Op meerdere plaatsen in Nederland komt arseen van nature voor in bodem en grondwater. Teveel aan arseen kan allereerst schadelijk zijn voor een gewas. Wanneer het om gewassen gaat bedoeld voor menselijke consumptie wordt het arseen door het lichaam opgenomen en is het hiermee een belangrijke blootstellingsroute van arseen voor de mens. Via voeding en drinkwater krijgt de mens dagelijks arseen binnen. Bij bodemverontreiniging met arseen zijn de belangrijkste blootstellingsroutes groningestie en gewasconsumptie. Een belangrijk gezondheidseffect van arseen bij chronische blootstelling is de kankerverwekkende eigenschap.¹

Bij GGD'en komen af en toe vragen van gemeenten binnen over arseen en moestuinieren. Bij overschrijding van de norm van arseen van natuurlijke herkomst geldt dat er geen sprake is van een (ernstig) geval van bodemverontreiniging zoals bedoeld in de wet bodembescherming². Bodemsanering zal dan niet volgen. Dit betekent niet dat er onbeperkt gewassen in de moestuin kunnen worden geteeld. Dit is des te actueler, omdat het de laatste jaren populairder is geworden om zelf groenten te verbouwen.

In 2000 is in opdracht van de Provincie Noord Holland een rapport geschreven over de risico's van natuurlijke arseenbelasting in Noord Holland³. Hierin werd het volgende aangegeven: 'De veterinaire inspectie en het RIVM zien in de arseengehalten van consumptiegewassen geen direct gevaar voor de volksgezondheid. Beperkingen in het grondgebruik, zoals een verbod op consumptieteelten, zijn niet nodig. Afgeraden wordt om met name andijvie te verbouwen en te consumeren op locaties waar de bodemconcentratie arseen boven de interventiewaarde uitkomt. De VU constateerde in dit rapport dat er geen verband te leggen is tussen arseengehalte in de bodem en in geteelde gewassen. Hoewel de arseenconcentratie in gewassen nauwelijks boven de norm komt, vindt de VU dat men voorzichtig moet zijn met het eten van groenten.'

Er bestaan dus onzekerheden over hoe voorzichtig men moet zijn bij het consumeren van groenten gekweekt op arseen houdende grond in geval van moestuinen en bij de woning.

De Europese Voedsel en Waren Autoriteit (EFSA) concludeerde in 2009⁴ dat (in overeenstemming met eerdere beoordelingen) anorganisch arseen bewezen kankerverwekkend is voor mensen. Er kon geen drempel worden geïdentificeerd voor het kanker veroorzakende mechanisme bij blootstelling aan arseen en de eerdere grens voor toelaatbare inname kon niet meer als veilig worden beschouwd.

Dit is aanleiding voor GGD'en om over meer informatie te willen beschikken om een goed onderbouwd advies te kunnen geven bij vragen over dit onderwerp.

¹ Arsenic and inorganic arsenic compounds, Health-based calculated occupational cancer risk values, Gezondheidsraad 2012

² Werkwijzer bodemsanering 2011, Aanpak van bodemsanering in Noord-Holland, Provincie Noord-Holland, december 2011

³ Risico's van natuurlijke arseenbelasting in Noord Holland, Provincie Noord- Holland, juli 2000

⁴ EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Journal 2009; 7(10):1351. [199 pp.].

1.2. Probleemstelling

Op dit moment zijn er geen algemene adviezen beschikbaar voor particulieren en gemeenten over moestuinieren op plaatsen waar de bodem en het grondwater arseen van natuurlijke herkomst bevat. Er is vanuit gemeenten en GGD'en behoefte aan het ontwikkelen van adviezen op basis van wetenschappelijke gegevens en een communicatiestrategie.

1.3. Vraagstelling

De vraagstelling binnen dit onderzoek wordt opgedeeld in de volgende deelvragen:

- 1 Wat zijn de risico's van het hebben van een moestuin op van nature arseenhoudende bodem?
- 2 Welke adviezen kunnen worden gegeven aan particulieren en gemeenten met betrekking tot het consumeren van gewassen op van nature arseenhoudende grond? Welke handelingsperspectieven zijn mogelijk om blootstelling aan arseen te minimaliseren?
- 3 Welke informatie kan aan de betrokken gemeenten en provincie Noord-Holland worden verstrekt over risico's en eventuele gebruiksbeperkingen?

2. Onderzoeksopzet

2.1. Literatuur onderzoek

Met behulp van literatuuronderzoek wordt in kaart gebracht wat er momenteel bekend is over:

1. Verspreiding arseen van natuurlijke herkomst in Noord-Holland (en Nederland)
2. Bodem-plantrelaties arseen in gewassen (inclusief invloed oxidatie-reductie mechanismen)
3. Gezondheidsrisico's arseen (bij gewasconsumptie)
4. Risicobeoordeling arseen in gewassen bij consumptie
5. Onderzoeken naar concentraties arseen in gewassen
6. Bodemonderzoeken gemeenten en provincie

Zie verder bijlage 3.

2.2. Verzamelen bodemgegevens van de twee deelnemende gemeenten en keuze praktijksituaties

Van twee gemeenten (Heemstede en Wijdmeren) worden de bodemgegevens over arseen opgevraagd in de bovenste 50 -100 cm onder maaiveldniveau. Er is voor gekozen om alleen arseen in bodemgegevens op te vragen bij de gemeenten en niet de grondwaterconcentraties. Plantenwortels groeien namelijk niet in het grondwater. Uiteindelijk is de bodemporieconcentratie relevanter, maar deze is meestal niet beschikbaar. De gemeente Wijdmeren heeft in het kader van dit onderzoek aangegeven in het voorjaar van 2015 extra bodemonsters op arseen te zullen onderzoeken, die gebruikt kunnen worden voor dit onderzoek. Dit proces heeft vertraging opgelopen, waardoor deze gegevens uiteindelijk niet zijn meegenomen in dit onderzoek.

In deze gemeenten worden vervolgens in overleg twee praktijksituaties gekozen voor een beoordeling, zoals in de volgende paragraaf wordt beschreven.

2.3. Risicobeoordeling

Met behulp van het model Sanscrit in de RisicotoolboxBodem (www.risicotoolboxbodem.nl) wordt bepaald of er een theoretisch risico kan bestaan door het consumeren van gewassen op arseenhoudende grond eventueel met behulp van de gegevens die op basis van het literatuuronderzoek naar voren zijn gekomen. De bijdrage van de belangrijkste blootstellingsroutes voor de mens wordt bepaald. Er wordt apart rekening gehouden met de achtergrondblootstelling, welke niet standaard wordt meegenomen in Sanscrit.

Vervolgens wordt bepaald of een gebruiksadvies nodig is.

2.4 Ontwikkelen communicatiestrategie en gebruiksadvies

Tenslotte wordt een gebruiksadvies ontwikkeld samen met een communicatiestrategie in overleg met de betrokkenen bij dit project.

3. Resultaten

3.1. Literatuur onderzoek

3.1.1 Bevindingen VU

Hier volgt een samenvatting van de belangrijkste bevindingen van het literatuur onderzoek, zie ook bijlage 5.

Voorkomen arseen van natuurlijk herkomst in Nederland

Eind jaren negentig is onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van arseen in de provincie Noord-Holland. Van Rossum vond hierbij op meerdere plaatsen in het poldergebied in het zuiden van de provincie arseen in het grondwater, soms in hoge concentraties. In de bodem zelf worden hoge arseengehalten vooral aangetroffen in het basisveen. De meest waarschijnlijke oorzaak voor hoge arseenconcentraties hier is de oxidatie van pyriet en mogelijk reductie van ijzeroxiden als gevolg van de grondwaterstands dalingen die optraden door inpoldering.⁵

In meer recente jaren is met name onderzoek gedaan naar grondwaterconcentraties arseen in Nederland. Hieruit blijkt dat in heel Nederland verhoogde arseenconcentraties in het grondwater worden gevonden. Deze worden vooral gevonden in de kustprovincies, langs de Veluwerand en de Sallandse Heuvelrug.⁶ Om de arseengehalten in kaart te brengen heeft het RIVM met een statistische techniek het Nederlandse grondwater opgedeeld in zes grondwatertypen. Volgens de auteurs liggen er twee mechanismen ten grondslag aan de natuurlijke oorzaak voor de hoge arseenconcentraties. Het ene mechanisme is gerelateerd aan het verdwijnen (oxidatie) van de pyrietmineralen uit het veen. Pyrietmineralen in het veen kunnen van nature hoge concentraties arseen bevatten, die vrijkomen als het pyriet afbreekt. Het andere mechanisme is gerelateerd aan ijzeroxidemineralen in de bodem. Ook deze kunnen van nature hoge concentraties arseen bevatten. Door (natuurlijke) processen in het grondwater lossen de ijzeroxiden langzaam op waarbij arseen vrijkomt. Beide mechanismen spelen een rol in de kustprovincies. Langs de randen van de Veluwe en de Sallandse Heuvelrug is vooral het oplossen van ijzeroxiden van belang.

In het rapport van Deltares⁷ wordt aangegeven: de natuurlijke bronnen van arseen zijn geologische formaties en arseenhoudende mineralen. In het rivierengebied worden hoge arseenconcentraties in het grondwater aangetroffen waarvan een deel waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong kent. Om voorspellingen te kunnen doen op regionale schaal zijn statistische analyses noodzakelijk om de begrenzingen van een mogelijke indeling te onderbouwen. Gebieden waar op voorhand wel van gezegd kan worden dat de kans bestaat dat hogere achtergrondconcentraties aangetroffen kunnen worden, zijn: Zeeland, het gebied ten zuiden van Amsterdam, langs het noordelijk deel van de IJssel, langs de Zuid-Hollandse kust, Limburg, een deel van Groningen en het rivierengebied.

⁵ P. van Rossum, Verspreiding van arseen in de bodem en het grondwater van de provincie Noord-Holland. Onderzoeksrapport met hypothesen over de herkomst en het mobilisatiemechanisme, VU 1996 (pag V)

⁶ Arseen in Nederlands grondwater. Oorzaak van verhoogde arseenconcentraties. Briefrapport 607300009, RIVM 2008 (pag 3).

⁷ J. Vink et al, Arseen in het lokale grondwater van Nederland en indelingen voor regionale beoordeling, Deltares 2010 (pag 23-24).

Bodem-plant relatie bij arseen in land- en tuinbouwgewassen

Verreweg het meeste onderzoek naar de bodem-plant relaties van arseen in gewassen is verricht aan rijst. In gebieden waar rijst wordt verbouwd (Zuid-oost Azië) is het irrigatiewater, grondwater en soms drinkwater met arseen vervuild tot concentraties, die toxisch voor de mens kunnen zijn (tot 200 µg/l en hoger).⁸ Omdat rijst basisvoeding is en mensen in deze gebieden voornamelijk op een rijstdieet leven, is met name gekeken naar de relatie [As] in irrigatiewater/bodem en [As] in consumptiegewas (rijst).⁹

Onderzoek naar Nederlandse gewassen heeft de VU verricht in het kader van het eerder genoemde onderzoek voor provincie Noord Holland in 2000.¹⁰ Dit is niet gepubliceerd in een wetenschappelijk artikel.

In een Zwitsers onderzoek naar zonnebloem, Engels raaigras, koolzaad en mais werd er een relatie gevonden tussen oplosbare arseenfracties en de concentratie in de plant¹¹, maar deze verschilde zeer tussen de soorten onderling en ook tussen bodemsoorten behalve voor Engels raaigras.

Belangrijkste conclusies van de VU onderzoekers over arseen in land- en tuinbouwgewassen zijn:

1. Er zijn betrekkelijk weinig (interpreteerbare) gegevens over arseen in land- en tuinbouwgewassen in de literatuur.
2. Er is in het algemeen geen duidelijke relatie tussen [As] grondwater/irrigatiewater en [As] rijstkorrel/-plant.
3. Verschillende fracties in de bodem hebben invloed op de arseen beschikbaarheid voor gewassen rijst, zoals ijzer, zwavelverbindingen, fosfaat en organische stof.
4. Redox en pH condities spelen een belangrijke rol in de chemische vorm waarin As kan voorkomen: gereduceerd Arseen (As III) , geoxideerd arseen (V) of als methylAs. Deze chemische status bepaalt mede de biobeschikbaarheid voor het gewas.
5. Er is geen eenduidige relatie tussen de arseenconcentratie in het gewas en die in de bodem, zelfs niet voor afzonderlijke soorten (bv. rijst). Dit kan een gevolg zijn van het ontbreken van een (realistische) inschatting van de plantbeschikbaarheid van het As in de bodem, maar ook van een hoge mate van soortspecificiteit wat betreft de As accumulatie-capaciteit.

Bodemomstandigheden

Alle onderzochte gewassen, behalve natte (= paddy) rijst, nemen Arseen op in de vorm van arsenaat (As[V]), omdat ze alleen op aerobe bodems kunnen groeien; natte rijst neemt As vooral op in de vorm van arseniet (As[III]), omdat het op anaerobe bodems geteeld wordt . Het valt te verwachten dat de plant/bodem-relaties voor As[V] en As[III] geheel anders zijn, ook wat betreft de gewasspecificiteit. As[V] wordt opgenomen door fosfaattransporters, As[III] vooral door kiezelzuur en glycerol transporterende aquaporines (Lsi's); de expressie van fosfaattransporters wordt vooral

⁸ Das,D.K., Sur,P. and Das,K . et al, Mobilisation of arsenic in soils and rice plants affected by organic matter and zinc application in irrigation water contaminated with arsenic, Plant, Soil and Environment 54:, (2008) 30-37

⁹ Williams, P.N., Price, A.H., Raab, A., Hossain, S.A., Feldman,J. and Meharg, A.A. (2005) Variation in arsenic speciation and concentration in paddy rice related to dietary exposure. Environ.Sc.Technol. 39: 5531-5540.

¹⁰ Risico's van natuurlijke arseenbelasting in Noord Holland, juli 2000

¹¹ Petra Angela Gulz, Arsenic Uptake of Common Crop Plants from Contaminated Soils and Interaction with Phosphate (proefschrift), Zurich 2002.

gereguleerd door de fosforbehoefte van de plant, die van kiezelzuurtransporters door de siliciumbehoefte.¹²

Bodem-plant relatie bij wilde plantensoorten

De grootste beschikbare data sets zijn die van Karimi et al.¹³ (2010, 2013), voor twee mijngebieden in Iran. In beide gebieden neemt de As concentratie in de vegetatie significant en lineair toe met de totale, de water-extraheerbare, en de uitwisselbare As concentraties in de bodem. De As concentratie in de vegetatie wordt in beide gebieden het beste voorspeld door de water-extraheerbare As concentratie in de bodem. Van de totale variantie van de As concentratie in het blad wordt hooguit een klein deel (5-15 %) verklaard door de As concentratie in de bodem. Vermoedelijk is de factor “plantensoort” kwantitatief veruit de belangrijkste component van de totale variantie (60-80%).

Een klein aantal plantensoorten (\pm 500 wereldwijd), verspreid over vele families, maar vooral binnen de Brassicaceae (= koolachtigen, kruisbloemigen), “hyperaccumuleren” zware metalen of metalloïden in hun bladeren tot concentraties die 10 tot 1000 x zo hoog zijn dan die in ‘normale’ planten.

Er is ook nog een, nogal beperkte, dataset voor wilde plantensoorten van de “hotspot” Overdiemerpolder-Zuid waar bij een onderzoek veel arseen in bodem en planten is gevonden.¹⁴ Ook hier is een significant, min of meer lineair verband tussen de As(arseen) concentratie in het blad en die in de bodem (totaal en wateroplosbaar). Het lijkt erop dat de factor ‘bodem’ hier een relatief groter deel van de totale variantie verklaart, maar een degelijke variantiecompartimentering is met deze beperkte data set niet goed mogelijk. De bodem van de hotspot bij Diemen bevat tot 1050 ppm¹⁵ totaal As. De gemiddelde concentratie in het blad (over 2 soorten) is daar \pm 10 ppm drooggewicht.

Belangrijkste conclusies over arseen in wilde planten en de vertaling naar land- en tuinbouwgewassen:

1. Bij wilde plantensoorten neemt de As concentratie in het blad significant en min of meer lineair toe met die in de bodem.
2. Van de variatie in As concentraties in blad tussen de soorten van de vegetatie van een gebied met variabele As concentraties in de bodem wordt ongetwijfeld het overgrote deel verklaard door de factor “soort”, en in mindere mate de factor “familie”, zelfs wanneer de variatie van de concentratie in de bodem extreem is bv. van 1 tot 7000 ppm. Dit betekent dat betrouwbare voorspellingen van As concentraties in planten alleen gedaan kunnen worden op grond van soort specifieke, misschien familie-specifieke plant/bodem relaties.
3. De As concentraties in planten binnen een bepaald gebied worden het beste voorspeld door de water-extraheerbare As concentratie in de bodem. De regressiehellingsen kunnen echter zeer sterk verschillen tussen gebieden. Dit suggereert dat er ook andere belangrijke

¹² Zhao et al.F.J., McGrath, S.P. and Meharg, A.A., (2010) Arsenic as a food chain contaminant: mechanisms of plant uptake and metabolism and mitigation strategies. *Ann Rev Plant Biol.* 61: 535-559.

¹³ Karimi, N., Ghaderian, S.M and Schat, H. (2013) Arsenic in soil and vegetation of a contaminated area. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10: 743-752.

Karimi, N., Ghaderian, S.M., Maroofi, H. and Schat, H. (2010) Analysis of arsenic in soil and vegetation of a contaminated area in Zarshuran, Iran. *Int. J. Phytoremediat.* 12:159-173.

¹⁴ Else Sneller, Phytochelatins as a biomarker for heavy metal toxicity in terrestrial plants, (proefschrift), VU 1999

¹⁵ Gelijk aan 1050 mg/kg

determinanten van de As opname door planten moeten zijn. M.a.w., de plant/bodem relaties voor wateroplosbaar bodem As lijken ook 'gebiedsspecifiek', misschien dus bodemtypespecifiek, of klimaatspecifiek.

4. Het is onduidelijk in hoeverre de data van Karimi van belang zouden kunnen zijn voor het voorspellen van de As concentraties in tuinbouwgewassen in gebieden met As-houdend kwelwater. De plant/bodem-relatie van Sneller¹⁶ zullen eerder representatief zal zijn dan die van Karimi et al. Het probleem met de data set van Sneller is het kleine aantal soorten, hetgeen een goede variantie-compartimentering ondoenlijk maakt.

Het is niet aannemelijk, maar ook niet helemaal uit te sluiten, dat er een As (hyper)accumulator onder de tuinbouwgewassen schuilt. Als dat zo is, zal het vermoedelijk om een koolzaadachtige gaan en betreft het een As[V]-houdende bodem. In het geval van arseenhoudend kwelwater zal het arseen echter voornamelijk aanwezig zijn als As [III]. Gegevens over arseniet opname bij consumptiegewassen in gematigde gebieden zijn in de literatuur niet aanwezig.

3.1.2 Bevindingen GGD

Voor de lijst met gevonden literatuur zie bijlage 4.

Gezondheidsrisico's arseen

In een recent rapport van de Gezondheidsraad wordt aangegeven¹⁷: arseen (As; CAS nr. 7440-38-2) is een in de natuur voorkomend, grijs, vast metalloïde. Arseenverbindingen kunnen voorkomen als drie- en vijfwaardige verbindingen. Driewaardig arseen reageert met sulfhydryl groepen in eiwitten en inactieveert verschillende enzymen. De mitochondriën in het bijzonder zijn gevoelig voor arseen. Vijfwaardig arseen kan werken als een fosfaatanaloog en mogelijk verschillende biologische processen beïnvloeden, zoals ATP-productie, botvorming en DNA-synthese (ontkoppeling van de oxidatieve fosforylering).

Acute orale inname van grote hoeveelheden arseen kan effecten veroorzaken in het maagdarmkanaal en in het cardiovasculaire- en zenuwstelsel met uiteindelijk de dood als gevolg.

Chronische blootstelling aan hoge concentraties arseen in bijvoorbeeld drinkwater kan veranderingen in pigmentatie en huidlaesies veroorzaken. Andere effecten van lange termijn blootstelling aan hogere concentraties arseen zijn: maagdarmklachten, klachten van het zenuwstelsel, hart- en vaataandoening, leververgroting, beenmergdepressie, haemolyse. De hierboven genoemde gezondheidseffecten zijn met name relevant in gebieden waar veel arseen in het drinkwater voorkomt, zoals in bepaalde gebieden in Azië.¹⁸ In Nederland zijn de gemeten concentraties arseen in drinkwater veel lager en moeten voldoen aan de drinkwaternorm.

De International Agency for Research on Cancer (IARC) beschouwt arseen en anorganische arseenverbindingen als kankerverwekkend voor de mens (classificatie categorie 1).¹⁹ Het kan huid-, blaas- en longkanker veroorzaken. Ook is er een relatie gevonden met lever-, nier- en

¹⁶ Else Sneller, Phytochelatins as a biomarker for heavy metal toxicity in terrestrial plants, (proefschrift), VU 1999

¹⁷ Arsenic and inorganic arsenic compounds, Health-based calculated occupational cancer risk values, Gezondheidsraad 2012 (pag11-13)

¹⁸ Preventing disease through healthy environments exposure to arsenic: a major public health concern, WHO 2010

¹⁹ <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>

prostaatkanker. De onderzoeken buiten de arbeidssituatie zijn uitgevoerd in gebieden met verhoogde arseenconcentraties in drinkwater in Azië. Ook wordt aangegeven, dat verschillende anorganische arseenverbindingen in het lichaam op dezelfde wijze worden omgezet, van arsenaat → arseniet → methylarsenaat → dimethylarseniet.²⁰

Arseen komt voor in als metaal of als ion, waarbij het in anorganische of organische vorm kan voorkomen. De anorganische verbindingen zoals te vinden in water zijn toxischer dan de organische zoals in zeevis.²¹ In bodem en grond worden de anorganische verbindingen vijfwaardig arsenaat (AsO_4^{3-}) of driewaardig arseniet (AsO_2^-) veel gevonden. Er wordt aangenomen dat tot meer dan 90% van het opgelost anorganisch arseen (III en V) uit het maag-darmkanaal wordt opgenomen in het lichaam.²²

Bij gebrek aan meer gegevens wordt bij opname uit gewassen een biologische beschikbaarheid van 100% aangehouden. Dat wil zeggen dat in modellen zoals Sanscrit wordt aangenomen, dat alle aanwezige arseen in gewassen wordt opgenomen door het lichaam. Dit is een worst-case benadering.

Achtergrondblootstelling en gezondheid

Arseen krijgt men voornamelijk binnen via voeding. Arseen is daarnaast aanwezig in drinkwater. In gebieden in de wereld waar veel arseen in het drinkwater aanwezig is, is dit de belangrijkste blootstellingsroute.²³ Blootstelling via de lucht is een veel minder relevante route. Sigarettenrook bevat arseen en kan mogelijk een relevante bijdrage aan de blootstelling leveren bij rokers. In Nederland is geen recent onderzoek naar de inname van arseen via voedsel gedaan. De EFSA²⁴ schat op basis van onderzoek in 17 Europese landen in 2014 dat in Europa de dagelijkse gemiddelde inname van anorganisch arseen via voedsel van kinderen varieert van 0,20 tot 1,37 $\mu\text{g}/\text{kg lg}^{25}/\text{dg}$ (95-percentiel tussen 0,36 en 2,09) en voor volwassenen een dagelijks gemiddelde van 0,09 tot 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ (95-percentiel tussen 0,14 en 0,64). Producten op basis van granen gaven de grootste bijdrage. Bij jonge kinderen gaven rijstproducten, melk en melkproducten ook een belangrijke bijdrage. En voor alle leeftijden drinkwater.

Recente rapporten rekenden eerder met een achtergrondblootstelling van arseen van 0,56 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ voor kinderen²⁶ en 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ voor volwassenen²⁷.

Toelaatbare inname, grenswaarden en referentiewaarden

Het RIVM heeft in 2001 een TDI (Toelaatbare Dagelijkse Inname) opgesteld van 1 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}^{28}$ waarbij een niet genotoxisch werkingsmechanisme werd aangenomen (met drempelwaarde). Deze grenswaarde is opgenomen in Sanscrit.

²⁰ arsenic, metals, fibres, and dusts volume 100 C A review of human carcinogens, IARC Lyon France - 2012

²¹ Arsenic and inorganic arsenic compounds, Health-based calculated occupational cancer risk values, Gezondheidsraad 2012

²² Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen voor arseen. OVAM, 2010.

²³ Arsenic Fact sheet N°372, WHO, December 2012

²⁴ Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, EFSA 2014

²⁵ lg is: lichaamsgewicht

²⁶ M. van Bruggen et al, Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor, RIVM briefrapport 2014-0063

²⁷ Esther F.A. Brandon, Paul J.C.M. Janssen & Lianne de Wit-Bos, Food Additives & Contaminants: Part A, Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, Published online: 13 Nov 2014.

²⁸ Baars et al, re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, RIVM 711701025 / 2001

Bij het opstellen van een toelaatbare grens voor chronische blootstelling is onder meer van belang of er een drempelwaarde mechanisme wordt verondersteld.

De European Food Safety Authority (EFSA), een onafhankelijk agentschap dat werkt op EU budget, stelde in 2009 dat de eerder door de JECFA²⁹ opgestelde PTWI (Voorlopige Toelaatbare Wekelijkse Inname) van 15 µg/kg lg/wk (ongeveer 2 µg/kg lg/dg) voor anorganisch arseen niet meer geschikt was op basis van nieuwe inzichten. Arseen is kankerverwekkend voor de mens zonder bekende drempelwaarde. De grens voor toelaatbare inname is in 2009 ingetrokken. Een nieuwe grenswaarde is nog niet vastgesteld. Wel werd er een referentiewaarde ofwel benchmark dose lower confidence limit (BMDL) opgesteld. Deze BMDL1 is een concentratie waarbij 1 % toename in het voorkomen van longkanker, huid- en blaaskanker en huidlaesies kan worden verwacht op basis van extrapolatie van onderzoeksgegevens waarbij mensen aan grotere hoeveelheden arseen zijn blootgesteld. Deze referentiewaarde is ligt tussen de 0.3 and 8 µg/kg lichaamsgewicht per dag. EFSA gaf aan dat de geschatte inname van anorganisch arseen via voeding voor gemiddelde en hoog niveau consumenten in de range ligt van waarden, waarvan de EFSA heeft berekend dat deze effecten op de gezondheid kunnen veroorzaken. De EFSA kan risico's voor consumenten daarom niet uitsluiten³⁰.

De Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) stelde in 2011 een referentiewaarde (benchmark dose lower confidence limit, BMDL) op voor een 0.5 % toename in het voorkomen van longkanker van 3.0 µg/kg lg/dg. Dit wordt ook wel de BMDL0,5 genoemd.³¹

Door de WHO is in 1992 een voorlopige grenswaarde voor arseen in drinkwater opgesteld van 10 µg/l. In 2003 en 2006 is deze norm opnieuw beoordeeld en niet veranderd. De inname komt omgerekend neer op 0,3 µg/kg/dg.³²

Voor kankerverwekkende stoffen, zoals arseen, is in Nederland afgesproken dat kan worden getoetst aan het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR). Het MTR is de additionele kans op één geval van kanker per 10.000 blootgestelden gedurende een heel leven. Daarnaast is er ook een afspraak gemaakt wat als Verwaarloosbaar Risico (VR) wordt beschouwd.

Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) en Verwaarloosbaar Risico (VR) niveau voor genotoxische carcinogenen

MTR: Kankerrisico van 1:10.000 bij levenslange blootstelling

VR: Kankerrisico van 1:1.000.000 bij levenslange blootstelling

De BMDL gaat uit van een ander principe. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zogenaamde benchmark modellering. Er zijn twee verschillende referentiewaarden berekend, te weten de BMDL1 en BMDL0,5. Er wordt berekend welke dosis past bij een verandering van 1% en 0,5% in meetbare gezondheidseffecten. In geval van anorganisch arseen zijn dat longkanker, huid- en blaaskanker en huidlaesies. Er wordt daarmee niet aangesloten op de in Nederland bekende risiconiveaus zoals

²⁹ Toxicological evaluation of certain food additives and contaminant (WHO food additives series 24), JECFA, WHO 1989

³⁰ EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Journal 2009; 7(10):1351. [199 pp.].

³¹ Evaluation of certain contaminants in food. WHO technical report series ; no. 959, WHO 2011

³² Contaminants in soil: updated collation of toxicological data and intake values for humans Inorganic arsenic Better Regulation Science Programme Science report: SC050021/TOX 1, Environment Agency 2009 (UK)

hierboven in het kader beschreven.

In het artikel van Brandon *et al.*³³ wordt de BMDL_{0,5} van JECFA van 3 µg/kg lg/dg als beste kwantificering van het risico van anorganisch arseen beschouwd. JECFA koos bij het opstellen van hun BMDL_{0,5} namelijk voor onderzoeken met een langere follow-up en grotere onderzoeksgroepen. Deze BMDL wordt in het artikel dan ook gebruikt voor de risicobeoordeling van de inname van anorganisch arseen via rijst en zeewier. Voor gewone consumenten is de marge van blootstelling (margin of exposure (MOE)) ten opzichte van de BMDL_{0,5} klein. Deze marge zou volgens de EFSA minstens 10.000 keer lager moeten zijn dan de BMDL om weinig relevant voor de gezondheid te zijn.³⁴

In het verleden zijn op basis van de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) maximale waarden voor arseen in de bodem vastgesteld. Deze zijn op dit moment voor wonen met tuin 430 mg/kg en voor moestuinen/volkstuinen 97 mg/kg.³⁵ Het gaat hierbij om concentraties in een standaardbodem.

Sanscrit- RisicotoolboxBodem

Het model Sanscrit is opgenomen in de online toepassing van de RisicotoolboxBodem.³⁶ Het is primair bedoeld om de spoedeisendheid van saneren van ernstige bodemverontreinigingen vast te stellen. Een handleiding is beschikbaar.³⁷ Het modelleert onder meer blootstelling voor de mens aan stoffen uit de bodem via de verschillende blootstellingsroutes en toetst voor arseen aan de TDI van 1 µg/kg lg/dg zonder bijdrage door de achtergrondblootstelling. Wat betreft arseen zijn de belangrijkste routes hand-mond contact (ingestie) en consumptie van gewassen van de bodem. De bijdrage door inhalatie van gronddeeltjes is heel klein.

In Sanscrit wordt om in te schatten hoeveel metalen een gewas uit de bodem op zal nemen gebruik gemaakt van de Bioconcentratiefactor (BCF). Deze is van belang om de blootstelling via consumptie van het gewas te berekenen. De formule is: $BCF = C_{plant} : C_{bodem}$

Voor arseen is deze relatie, zoals ook in de vorige paragraaf is aangegeven, eigenlijk niet goed te leggen en waarschijnlijk niet lineair oplopend. Sanscrit maakt overigens alleen gebruik van een opgestelde BCF voor aardappels, spinazie en wortels.

Depositie op de plant wordt zowel voor opname in de plant als voor menselijke consumptie niet meegenomen als een relevante bijdrage.³⁸

De gezondheidsraad heeft in een rapport in 2004³⁹ gewezen op de beperkingen bij modellering om risico's vanuit de bodem te bepalen. Zo zou er geen rekening worden gehouden met gevoelige groepen en is de modellering voor het eten van groenten van de bodem niet heel betrouwbaar.

³³ Esther F.A. Brandon, Paul J.C.M. Janssen & Lianne de Wit-Bos, Food Additives & Contaminants: Part A, Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, Published online: 13 Nov 2014.

³⁴ EFSA. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. The EFSA Journal (2005) 282, 1-31

³⁵ NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007, dec 2008

³⁶ <http://www.risicotoolboxbodem.nl/sanscrit>

³⁷ Het webportaal: www.risicotoolboxbodem.nl. Modelbeschrijving, RIVM Rapport 711701067/2008

³⁸ Versluijs en Otte, Accumulatie van metalen in planten, een bijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de lokatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem, RIVM 711701 024 / 2001

³⁹ Gezondheidsraad, Risico van bodemverontreiniging voor de mens: bodemonderzoek, modellen en normen, GR 2004.

Data arseen in Nederlandse gewassen

Voor dit project heeft het RIVM al haar data beschikbaar gesteld van gemeten concentraties arseen in gewassen met bijbehorende bodemconcentraties. Eerder bleek hieruit al dat er geen significante bodem-plantrelatie aanwezig is voor arseen. De hoogste arseen in bodemconcentraties was circa 50 mg/kg. Dit geeft meteen de beperking aan van deze database. Voor gewassen die geteeld worden bij hogere bodemconcentraties arseen is er geen informatie beschikbaar over het arseen gehalte in de plant.

Daarom is ook nagegaan of in de database van Alterra concentraties arseen in gewassen bij hogere arseen in bodem concentraties bekend waren. Dit bleek niet het geval. Ook in deze database was geen relatie te zien tussen arseen in bodem en gewasconcentraties.⁴⁰ Wat betreft de beschikbare gegevens over gewassen zijn er dus vooralsnog geen aanwijzingen dat bij verhoogde arseenconcentraties in de bodem hogere arseen in gewasconcentraties te verwachten zijn. Hoewel ook hier geen gegevens beschikbaar zijn van gewassen van bodems met hoge arseenconcentraties. De data van Alterra zijn onder meer gebruikt voor de onderbouwing van de LAC-2006 waarden⁴¹.

Tenslotte is nagegaan bij de VU en provincie Noord-Holland of de data (gewas- en bodemconcentraties arseen) van het onderzoek in provincie Noord-Holland uit het jaar 2000⁴² nog beschikbaar waren. Hierbij zijn namelijk onder meer gewassen uit moestuinen bij woningen bemonsterd in de gemeente Wijdemeeren. Deze gegevens waren helaas niet meer op tijd beschikbaar. De VU onderzoekers waren van mening dat het onderzoek te klein was om definitieve uitspraken te kunnen doen en adviseerden een uitgebreider onderzoek van gewassen op meer locaties en verspreid over de seizoenen.

Potproeven Harderwijk^{43 44}

Bij dit onderzoek zijn in 2005 voor vier verschillende gewassen te weten sla, kool, radijs en wortel potproeven gedaan in het kader van de aanleg van een nieuwe woonwijk waar arseen in de bodem werd gevonden. De gewassen zijn gekweekt in potten met bodemmonsters van vier locaties met verschillende concentraties arseen en barium (totaal 16 potten). Bij de beoordeling is ook rekening gehouden met de achtergrondblootstelling aan arseen. De beoordeling is onder meer gedaan met behulp van de TDI van 1 µg/kg lg/dg. Conclusie was dat er geen ontoelaatbaar risico was bij het scenario wonen met tuin (10% gewasconsumptie uit eigen tuin) bij het toekomstig gebruik als gevolg van het natuurlijke arseen en barium.

Bij de gewassen gekweekt in potten met de hoogste arseen in bodemconcentratie (422 mg/kg) werden niet de hoogste concentraties arseen in de gewassen gevonden en ook niet hoger dan het landelijk niveau.

RIVM briefrapport Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor⁴⁵

In 2014 is door het RIVM een risicobeoordeling gedaan vanwege mogelijke risico's voor spelende kinderen op het schiereiland de Zandmotor voor de kust van Ter Heijde en Den Haag. In dit rapport

⁴⁰ Mondelinge mededeling Dr. Ir. Paul Römkens, Alterra Wageningen UR.

⁴¹ P.F.A.M. Römkens et al, Onderbouwing LAC 2006 waarden en overzicht van bodem-plantrelaties ten behoeve van de risicotoolbox, Alterra Wageningen 2007

⁴² Risico's van natuurlijke arseenbelasting in Noord Holland, Provincie Noord- Holland, juli 2000

⁴³ P.F.A.M. Römkens et al, Potproef geeft uitsluitsel over opname arseen, land+water, juni 2007, nr 6/7, jaargang 47.

⁴⁴ Biobeschikbaarheid gewasopname en humane risico's natuurlijk arseen en barium Drielanden-west te Harderwijk, Witteveen+ Bos, december 2005

⁴⁵ M. van Bruggen et al, Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor, RIVM briefrapport 2014-0063

heeft men ook een beoordeling gedaan in het licht van de nieuwe inzichten in de risico's van arseen. Het zand van de Zandmotor bevatte relatief weinig arseen. Brokken ijzeroer bevatten meer arseen. Gezien de beperkte verblijfstijd en biologische beschikbaarheid van arseen was de conclusie dat kinderen hier zonder problemen kunnen spelen.

Uitvoering risicobeoordeling:

- met een realistisch blootstellingsscenario (o.a. frequentie strandbezoek, biologische beschikbaarheid in ijzeroer):
- Toetsing volgens huidige procedure: aan afgeleide toelaatbare concentratie in ijzeroer.
- Toetsing volgens recente inzichten EFSA en WHO/JECFA: marge met BMDL 0,5 en arseen inname via voedsel.

3.2. Verzamelen bodemgegevens gemeenten Heemstede en Wijdmeren en praktijksituaties

3.2.1. Gemeente Heemstede

In de gemeente Heemstede is in de loop der jaren arseen in bodem onderzocht op verschillende locaties. Deze bodemgegevens van arseenconcentraties boven de achtergrondwaarde op verschillende dieptes zijn door de gemeente beschikbaar gesteld. Het betreft gegevens vanaf de vroege jaren negentig. In 2008 verdween arseen uit het standaard bodemonderzoekspakket, maar het kan nog steeds worden meegenomen als dit op de locatie verwacht wordt. Er lijkt met name sprake te zijn van verhoogde arseenconcentraties in het gebied rond de Blekersvaart en het verlengde van deze waterweg. Dit zou ook te maken kunnen hebben met historische activiteiten. Voor de bedrijfsvoering van de wasserijen langs de vaart en nabij de voormalige Bleekvelden zijn in het verleden grote hoeveelheden grondwater opgepompt. In de bodem zijn de concentraties arseen overwegend lager dan de interventiewaarde van 55 mg/kg ds. De interventiewaarde voor arseen is overigens gebaseerd op ecologische risico's, niet op risico's voor de mens.

3.2.2. Gemeente Wijdmeren

In de gemeente Wijdmeren is men op het moment van het schrijven van dit rapport bezig met het updaten van de bodemkwaliteitskaart. Hiervoor worden onder meer aanvullende bodemonderzoeken uitgevoerd. De gemeente heeft in het kader van dit project extra bodemonsters op arseen laten nemen. Deze komen later beschikbaar dan verwacht, zodat ze niet meer meegenomen kunnen worden in dit project. Wel zijn oudere bodemgegevens van arseen (0-0,5m –mv) bekend van een specifiek gebied in de gemeente. In het gebied met arseenhoudende kwel komen geen volkstuincomplexen voor. Wel wordt er incidenteel een moestuin gehouden. In het gebied is een algemene verhoging van de arseenconcentratie in de bodem waarneembaar.

3.3. Risicobeoordeling

3.3.1. Inleiding

Op basis van het eerder beschreven literatuuronderzoek kan men concluderen, dat voor de risicobeoordeling niet zonder meer gebruik kan worden gemaakt van het model Sanscrit in de RisicotoolboxBodem. Dit heeft vooral te maken met:

Bodem-plant relatie

Er is geen algemene bodem-plant relatie gevonden voor arseen in land- en tuinbouw gewassen, zo blijkt op basis van de beschikbare literatuur en de database van het RIVM. Dit betekent dat op basis van bodemconcentraties moeilijk kan worden voorspeld hoeveel arseen in gewassen aanwezig zal zijn. In Sanscrit (Risicotoolbox) wordt echter wel aangenomen, dat de gewasconcentratie lineair stijgt met de bodemconcentratie en er een logisch verband is met de bodemconcentratie. De BCF is gebaseerd op gegevens van aardappelen, wortels en spinazie.

Men zou daarom kunnen kiezen voor een worst-case benadering aan arseen gehalte in het gewas in de modellering. Dit is ook toegepast bij de ontwikkeling van een geharmoniseerde methodiek voor beoordeling van bodemverontreiniging in de Kempen.⁴⁶ De gegevens uit de database van gewassen van arseen zijn afkomstig van gronden met bodemconcentraties aan arseen tot ca 50 mg/kg. Hierdoor ontbreekt informatie over arseen in gewassen bij hogere bodemconcentraties arseen. De bevinding van hoge concentraties arseen in planten bij hoge bodemconcentraties in de Overdiempolder-Zuid lijkt deze benadering niet te onderbouwen. Dit betreft echter een beperkt aantal wilde planten en data. Voor land- en tuinbouwgewassen die in Nederland worden verbouwd zijn dergelijke concentraties tot nu toe niet gevonden. Toch blijft het opmerkelijk dat er in natuurlijke vegetaties en bij het onderzoek van Sneller aan wilde planten een min of meer lineair verband bestaat tussen de As concentratie in het blad en de As concentratie in de bodem. De data (hoewel een zeer beperkt aantal) van het eerder genoemde potproef onderzoek uit Harderwijk duiden niet op een lineair verband tussen de concentraties arseen in de bodem en het gewas: hier bleek dat de hoogste bodemconcentratie (422 mg/kg ds) niet leidde tot de hoogste gewasconcentraties. Het was ook niet de verwachting van de onderzoeker dat bij steeds hogere concentraties arseen in de bodem de gewasconcentraties zouden toenemen.⁴⁷ Toch blijft er onzekerheid over arseenconcentraties in gewassen bij bodemconcentraties boven ca. 50 mg/kg.

Toelaatbare inname

De in het model Sanscrit gebruikte grens voor toelaatbare dagelijkse inname is verouderd. Er zijn door de EFSA twee getallen berekend die kunnen worden gebruikt. Alleen is dit nog niet goed uitgewerkt. Verder wordt in de RisicotoolboxBodem geen rekening gehouden met achtergrondblootstelling door het consumeren van voeding (en drinkwater). De inname van arseen via voeding en drinkwater is echter wel een relevante bijdrage die in dit project wordt meegenomen in de inschatting van de totale hoeveelheid arseen waaraan mensen kunnen worden blootgesteld bij wonen of tuinieren op arseenhoudende bodem.

⁴⁶ Cornelis, Swartjes, Ontwikkeling van een geharmoniseerde methodiek voor beoordeling van gezondheidsrisico's door bodemverontreiniging in de Kempenregio – Eindrapport, OVAM juni 2008

⁴⁷ Mondelinge mededeling Paul Römken

Andere onzekerheden

- In de beoordeling met behulp van de RisicotoolboxBodem wordt geen rekening gehouden met bodemtype anders dan het percentage organische stof. Deze worden ook niet vermeld bij de data met concentraties arseen in de gewassen. Bodemtype en pH kunnen echter wel een rol spelen in de beschikbaarheid van arseen, maar is moeilijk in een model te voorspellen.
- Er is aangenomen dat bij het houden van een moestuin gemiddeld 61,6% van de consumptie uit eigen moestuin bestaat uit aardappelen. Deze gegevens komen uit 1996⁴⁸ en zijn niet meer actueel.
- Bij het scenario moestuinen/volkstuinen wordt uitgegaan van 100% consumptie van bladgewassen en 50% van aardappelen (knolgewassen) van het totaal uit eigen tuin gedurende het hele jaar. Dit kan een te conservatieve benadering zijn.

Overigens wordt wel meegenomen in het scenario moestuinen/volkstuinen dat moestuinders meer groenten eten dan anderen.

Er wordt in dit rapport daarom voor gekozen om bepaalde onderdelen van het model Sanscrit te gebruiken en zoveel mogelijk aan te passen aan de huidige inzichten.

3.3.2. Methode risicobeoordeling

Over de methode van de blootstellingsschatting en risicobeoordeling bij dit project is gezien de hiervoor genoemde onzekerheden uitvoerig gediscussieerd. Een risicobeoordeling volgens de stapsgewijze aanpak (tiered approach) blijkt een relatief veilige benadering waarbij kennis uit de praktijk wordt gecombineerd met wetenschappelijke data.^{49 50} Uitgangspunt is daarbij dat gewasonderzoek de meest betrouwbare informatie geeft voor een humane risicobeoordeling. Het volgende stappenplan kan daarbij worden toegepast:

- Stap 0: Vaststellen locatie waar eetbare gewassen worden gekweekt op arseen houdende grond en waar dit mogelijk tot een negatief effect op de gezondheid kan leiden.
- Stap 1: Generieke beoordeling: bodemconcentraties worden vergeleken met conservatieve humane risicogrenswaarden bodem.
- Stap 2: Locatie specifieke aanvullende beoordeling (realistische blootstelling gewasconsumptie) met behulp van Sanscrit (RisicotoolboxBodem).
- Stap 3: Analyse van gewas gehalten arseen volgens gestandaardiseerd protocol.

⁴⁸ Swartjes et al, towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites, RIVM rapport 711701040/2007

⁴⁹ Frank A.Swartjes, Kees W.Versluijs, Piet F.Otte, A tiered approach for the human health riskassessment for consumption of vegetables from with cadmium-contaminated land in urban areas, Environmental Research 126(2013), 223–231

⁵⁰ Swartjes et al, towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites, RIVM rapport 711701040/2007

Voor dit project ziet deze stapsgewijze aanpak er dan als volgt uit:

Stap 0

Er wordt voor twee gemeenten elk één locatie geselecteerd. Als daar een moestuin mogelijk is of in een volkstuincomplex gewassen kunnen worden gekweekt wordt overgegaan naar stap 1.

Stap 1:

Bij deze stap zou getoetst moeten worden aan de conservatieve humane risicogrenswaarden voor de bodem. Dit kan in het geval van arseen niet worden gedaan vanwege het terugtrekken van de grens voor toelaatbare inname (TDI). Een nieuwe humane risicogrenswaarde in de bodem is op dit moment nog niet opgesteld. De huidige maximale waarden bodem zijn voor wonen met tuin 430 mg/kg en voor moestuinen/volkstuinen 97 mg/kg.

Een pragmatische keuze is om dan te toetsen aan de (lagere) achtergrondwaarde van 20 mg/kg ds voor standaardbodems⁵¹. Dit is het 95-percentiel gemeten in de bovengrond (0-1 m –mv) van relatief onbelaste bodems in Nederland. Deze waarde heeft geen relatie met het al dan niet bestaan van een gezondheidsrisico. Deze concentratie wordt in het kader van dit project niet aangepast naar bodemtype, omdat de gegevens hierover ontbreken. Aanpassing van een grenswaarde gebeurt in sommige gevallen omdat een lager of hoger organisch stof gehalte in een bodem invloed heeft op de opname van arseen.

Als de bodemconcentratie in de bodem boven de 20 mg/kg ds ligt wordt overgegaan naar stap 2.

Stap 2:

De bodemconcentraties arseen van de twee casussen worden in Sanscrit (RisicotoolboxBodem) ingevoerd om de bijdrage aan de blootstelling te kunnen bepalen van gewasconsumptie (en ingestie bodemdeeltjes) in een bepaalde situatie.

Dit wordt gedaan voor de volgende scenario's die in Sanscrit (kunnen) worden gebruikt:

- Wonen met tuin: 10% van de totale gewasconsumptie uit eigen tuin
- Moestuin en volkstuinen: 100% bladgroenten, 50% aardappelen (knolgewassen)

En voor één situatie:

- Kleine moestuin: 50% bladgroenten en 25% aardappelen (knolgewassen)

In Sanscrit wordt zoals eerder beschreven aangenomen dat er een lineaire relatie is tussen concentratie arseen in de bodem en in de plant. De gewasconcentratie neemt daarbij lineair toe met de bodemconcentratie, want er is gebruik gemaakt van een bioconcentratiefactor. Uitgaande van de uitkomsten van dit onderzoek en nieuwe inzichten bij het RIVM komt dit waarschijnlijk niet goed overeen met de werkelijkheid.

De volgende aanpak is gekozen om te proberen een realistischer inschatting te maken van verwachte concentraties in gewassen in plaats van het gebruik van een bioconcentratiefactor (BCF).

Het RIVM heeft alle data ter beschikking gesteld van gemeten concentraties arseen in gewassen met bijbehorende grondconcentraties arseen. Uit de database zijn de 5% hoogste gewasconcentraties arseen geselecteerd (P95) van gewassen die relevant zijn voor de moestuin. De aardappel is met 61,6% verreweg het meest geconsumeerde knolgewas uit de moestuin gebaseerd op weliswaar

⁵¹ Lamé et al, Achtergrondwaarden 2000, 2004

verouderd onderzoek uit 1996.⁵² Van aardappels neemt men aan dat mensen niet 100% van het totaal kunnen eten uit de tuin, maar 50%. Productie van aardappels voor eigen consumptie is slechts voor de helft haalbaar bij een standaard moestuin. Daarom wordt deze apart ingevoerd en heet knolgewas in Sanscrit. Van alle andere gewassen zou men wel 100% van de totale consumptie kunnen eten uit de tuin. Deze worden in Sanscrit bladgewassen genoemd, maar kunnen ook de overige groenten betreffen. De enige gegevens over bladgewassen en overige groenten, die in de RIVM database beschikbaar waren en relevant voor de moestuin, zijn spinazie, wortels, kassla, komkommer en tomaat. Onderzoek in tomaten bleek echter dermate onbetrouwbaar en de arseen concentraties zo laag, dat deze niet zijn meegenomen om een gemiddelde gewasconcentratie te berekenen. Bovendien ontbreekt informatie over de koolfamilie, een gewas met mogelijk juist een hogere arseenopname.

Voor aardappelen wordt zo de P95 concentratie arseen in het gewas aardappel 0,024 FW⁵³ en als bladgewassen het gemiddelde van de p95 voor spinazie, wortel, kassla en komkommer (0,052 FW). Zie verder ook bijlage 6.

Het uitgangspunt om een vaste conservatieve concentratie te kiezen voor arseen in gewassen is ook gebruikt in het BeNeKempen onderzoek⁵⁴.

Deze concentraties zijn vervolgens gebruikt voor de invoer in Sanscrit. Daarmee is de bodem-plant relatie in het model geen variabele meer maar een vaste worst-case concentratie. De arseen in bodem concentratie varieert nog wel zodat de door Sanscrit berekende hoeveelheid arseen door inname van bodemdeeltjes (ingestie) wel afhankelijk blijft van de arseen concentratie in de bodem.

Een beperking hierbij was dat concentraties arseen gemeten in gewassen allemaal afkomstig waren van grond met relatief lage concentraties arseen tot maximaal ca. 50 mg/kg ds. Daarom worden de berekeningen ook met de standaard invoergegevens in Sanscrit gedaan met lineair toenemende arseen in gewasconcentratie op basis van een BCF.

Bij de berekening van de totale blootstelling aan arseen wordt rekening gehouden met de achtergrondblootstelling, de bijdrage vanuit de dagelijkse voeding. In dit rapport wordt voor volwassenen de Europese hoogste dagelijkse gemiddelde achtergrondblootstelling voor volwassenen aangehouden (0,38 µg/kg lg/dg) conform het artikel van Brandon.⁵⁵ Voor kinderen worden de gegevens van de EFSA⁵⁶ specifiek voor Nederlandse kinderen gebruikt conform het rapport over de zandmotor.⁵⁷ In dit rapport kiezen we voor kinderen net als bij de volwassenen voor een conservatiever scenario door ook de hoogste dagelijkse gemiddelde blootstelling te nemen. De gemiddelde blootstelling aan arseen varieert van 0,31-0,81 µg/kg lg/dg. Voor dit rapport wordt de achtergrondblootstelling voor kinderen dan: 0,81 µg/kg lg/dg.

De berekeningen in Sanscrit kunnen voor arseen niet apart voor kinderen worden gedaan. Dit komt omdat er bij bodemverontreiniging vanuit wordt gegaan, dat men duurzaam op de grond moet

⁵² Swartjes et al, towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites, RIVM rapport 711701040/2007

⁵³ Freshweight (versgewicht)

⁵⁴ Cornelis, Swartjes, Ontwikkeling van een geharmoniseerde methodiek voor beoordeling van gezondheidsrisico's door bodemverontreiniging in de Kempenregio – Eindrapport, OVAM juni 2008

⁵⁵ Esther F.A. Brandon, Paul J.C.M. Janssen & Lianne de Wit-Bos, Food Additives & Contaminants: Part A, Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, Published online: 13 Nov 2014.

⁵⁶ Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, EFSA 2014

⁵⁷ M. van Bruggen et al, Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor, RIVM briefrapport 2014-0063

kunnen wonen, niet alleen in de kinderleeftijd. Om toch de achtergrondblootstelling voor kinderen te kunnen meenemen in de beoordeling wordt gekozen voor een gewogen achtergrondblootstelling voor volwassenen en kinderen.

De achtergrondblootstelling wordt daarmee $6/70 \times$ achtergrond blootstelling kinderen (0,81) + $64/70 \times$ achtergrondblootstelling volwassenen (0,38) en wordt: 0,42 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$.

De inhalatie van gronddeeltjes wordt buiten beschouwing gelaten omdat de bijdrage zeer klein is (minder dan 1%).

Het gezondheidsrisico wordt vervolgens beoordeeld met behulp van:

1. De TDI (toelaatbare dagelijkse inname) van 1 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ (risico-index⁵⁸), die nog wel gebruikt wordt in het beleid maar gezondheidskundig niet meer van toepassing is.
2. De marge ten opzichte van de BMDL 0,5 van 3 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$. Deze marge⁵⁹ moet minstens 10.000 zijn om gezondheidskundig weinig relevant te zijn.
3. De extra bijdrage van gewasconsumptie ten opzichte van de achtergrondblootstelling: indien deze bijdrage relevant is, is deze ongewenst. Extra blootstelling aan kankerverwekkende stoffen dient vanuit preventief oogpunt zo veel als mogelijk te worden voorkomen (ALARA principe).

In dit project wordt een extra bijdrage aan arseen als relevant omschreven als het aan het volgende criterium voldoet. Als gewasconsumptie uit eigen tuin leidt tot een toename van 50% (of meer) ten opzichte van de dagelijkse achtergrondinname aan arseen (via voeding en drinkwater), dan wordt de bijdrage als relevant beschouwd. De achtergrondblootstelling is vastgesteld op 0,42 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ (zie boven).

Als niet voldaan wordt aan één van de beoordelingscriteria wordt overgegaan naar stap 3.

Stap 3

Gewasonderzoek is de derde en laatste stap, die de beste informatie geeft over de werkelijke blootstelling. Er kan een nauwkeuriger inschatting worden gemaakt van de hoeveelheden arseen waaraan mensen zijn blootgesteld middels gewasonderzoek. Ook dan zal het lastig zijn een inschatting te maken van een eventueel gezondheidsrisico, omdat niet getoetst kan worden aan een norm. Wel kan worden bekeken hoe de extra inname van arseen zich verhoudt tot de achtergrondblootstelling.

3.3.3. Risicobeoordeling casuïstiek gemeente Heemstede

Stap 0

Gekozen wordt een locatie in Heemstede. Hier is een (kleine) moestuin mogelijk en wordt er overgegaan naar stap 1.

Stap 1

Op de locatie vindt men een bodemconcentratie in de bovenste 50 cm –mv van 87 mg/kg , één van

⁵⁸ Om de risico-index te verkrijgen wordt de geschatte arseenblootstelling gedeeld door de toelaatbare inname van 1 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$.

⁵⁹ Om de marge tot de BMDL te verkrijgen wordt de BMDL 0,5 van 3 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ gedeeld door de geschatte arseenblootstelling.

de hoogste gemiddelde concentraties per genoemd bodemonderzoek. Dit ligt boven de achtergrondwaarde van 20 mg/kg en volgt de volgende stap.

Stap 2

De gegevens worden ingevoerd in Sanscrit.

De invoerwaarden zijn: 87 mg/kg geheel geval, de scenario's moestuinen/volkstuinen en wonen met tuin, 10% gehalte organisch stof, diepte 0,01 m – mv, kruipruimte 0,75 –mv,

Bij de eerste berekening zijn de gewasconcentraties aangepast naar de P95 concentraties: aardappel 0,023 FW, bladgewassen 0,052 FW.

De andere berekening wordt gedaan met de standaard invoergegevens van Sanscrit. Hierbij wordt aangenomen dat er wel een bodem-plant relatie is voor arseen en stijgt de gewasconcentratie lineair met de bodemconcentratie.

Om de blootstelling voor een kleine moestuin te berekenen moet in het model voor de knol- en bladgewassen de standaard keuze voor fractie verontreinigd gewas worden aangepast van respectievelijk 0,5 (50%) naar 0,25 (25%) en 1 (100%) naar 0,5 (50%) voor zowel volwassenen als kinderen.

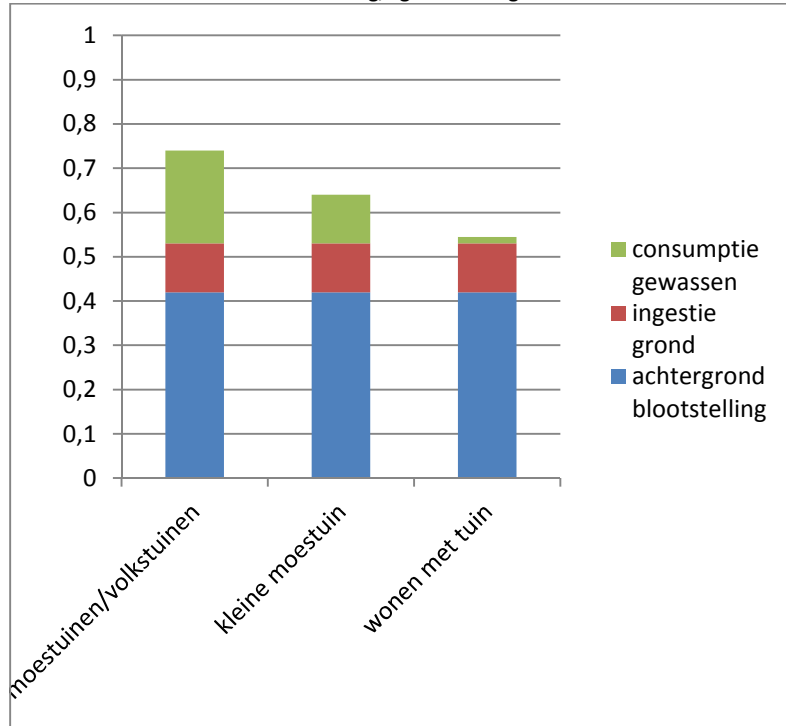
Tabel 1. Bodemconcentratie 87 mg/kg met P95 gewasconcentraties

casus met 87 mg/kg arseen in bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen µg/kg lg/dg	Ingestie grond µg/kg lg/dg	Consumptie gewassen tuin µg/kg lg/dg en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal µg/kg lg/dg	Risico-index tov TDI 1 µg/kg lg/dg	marge tov 3 µg/kg lg/dg (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuintuin	0,42	0,11	0,21 (50%)	0,74	0,74	4,1
kleine moestuin	0,42	0,11	0,11 (26%)	0,64	0,64	4,7
Wonen met tuin	0,42	0,11	0,015 (3,6%)	0,55	0,55	5,5

Tabel 2 Bodemconcentratie 87 mg/kg met standaard invoergegevens (lineair toenemende arseen in gewas concentratie)

Casus met 87 mg/kg arseen n bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen µg/kg lg/dg	Ingestie grond µg/kg lg/dg	Consumptie gewassen tuin µg/kg lg/dg en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal µg/kg lg/dg	Risico-index Tov TDI 1 µg/kg lg/dg	marge tov 3 µg/kg lg/dg (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuintuin	0,42	0,11	0,52 (124%)	1,05	1,05	2,9
Kleine moestuin	0,42	0,11	0,26 (62%)	0,79	0,79	3,8
Wonen met tuin	0,42	0,11	0,03 (7,1%)	0,56	0,56	5,4

Grafiek 1. Bodemconcentratie 87 mg/kg met P95 gewasconcentraties



Beoordeling:

1. Uit tabel 1 met P95 gewasconcentraties blijkt dat de totale inname van arseen zich in alle scenario's onder de oude TDI van 1 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ bevindt. Uit tabel 2 met de standaard invoergegevens blijkt dat er wel een overschrijding is van de TDI in het scenario moestuinen/volkstuinen, maar niet voor de kleine moestuin en wonen met tuin.

2. Uit tabel 1 en 2 blijkt, dat de marge tot de BMDL 0,5 bij het scenario wonen met tuin ruimer is dan bij moestuinen/volkstuinen, maar niet ruim genoeg. De marge tot de BMDL0,5 ligt in de scenario's tussen de 3 en 6, waar een factor 10.000 als marge wordt genomen om gezondheidskundig weinig relevant te zijn.

3. Uit tabel 1 en 2 (grafiek 1 en 2) blijkt dat de inname van arseen door gewasconsumptie uit eigen tuin ten opzichte van de achtergrondblootstelling in het scenario wonen met tuin zeer klein is (3,6-7,1%). Voor moestuinen/volkstuinen is de bijdrage duidelijk hoger (50-124%). De kleine moestuin zit hier tussenin (26-62%).

Samenvattend blijkt uit beoordeling 2 en 3 dat de bijdrage van het consumeren van gewassen in het scenario moestuinen/volkstuinen in bepaalde gevallen een relevante extra bijdrage kan geven aan de totale arseeninname door de mens. In welke mate er sprake kan zijn van een extra gezondheidsrisico is op dit moment moeilijk te beoordelen. De marge tot de BMDL0,5 is in alle scenario's klein. Voor de kleine moestuin is de extra bijdrage door gewasconsumptie kleiner. In het scenario wonen met tuin (10% van de gewasconsumptie uit de tuin) is de bijdrage zeer klein. Hierbij moet wel aangetekend worden dat bij de eerste berekening waarschijnlijk van een worst-case situatie sprake is met invoer van de P95 gewasconcentraties. Daarentegen kan worden opgemerkt dat het invoeren van een maximale gewasconcentratie, die gemeten is op bodems tot 50 mg/kg/ds, een onderschatting zou kunnen zijn indien er toch een bodem-plant relatie zou zijn.

De beoordeling met behulp van Sanscrit op basis van standaard invoergegevens, waarbij wordt gerekend met een lineair toenemende arseen in gewas concentratie, leidt zoals eerder aangegeven waarschijnlijk tot een overschatting van de concentraties arseen in gewassen bij de hogere bodemconcentraties aan arseen. Omdat hiervan geen onderzoeksgegevens zijn wordt deze wijze van berekenen wel getoond. In bijlage 7 is grafiek 2 weergegeven.

Stap 3

Gewasonderzoek zou in dit geval meer informatie kunnen geven over de blootstelling al is het gezondheidsrisico dan nog niet goed te beoordelen op dit moment.

3.3.4. Risicobeoordeling casuïstiek gemeente Wijdmeren

Stap 0

Gekozen wordt een locatie in gemeente Wijdmeren. Hier is een moestuin mogelijk is en wordt er overgegaan naar stap 1.

Stap 1

Op de locatie vindt men een bodemconcentratie van in de bovenste 50 cm –mv van 184 mg/kg. Dit ligt boven de achtergrondwaarde van 20 mg/kg en volgt de volgende stap.

Stap 2

De gegevens worden ingevoerd in Sanscrit.

De invoerwaarden zijn: 184 mg/kg geheel geval, de scenario's moestuinen/volkstuinen en wonen met tuin, 10% gehalte organisch stof, diepte 0,01 m – mv, kruipruimte 0,75 –mv,

Bij één berekening zijn de gewasconcentraties aangepast: aardappel 0,023 FW, bladgewassen 0,052 FW.

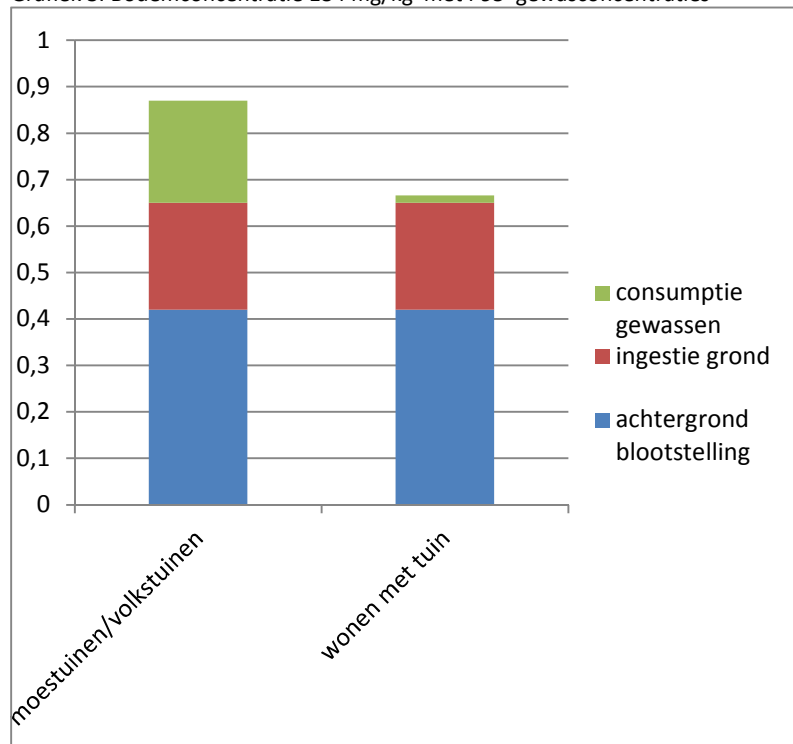
Tabel 3. Bodemconcentratie 184 mg/kg met P95 gewasconcentraties

Casus met 184 mg/kg arseen n bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen µg/kg lg/dg	Ingestie grond µg/kg lg/dg	Consumptie gewassen tuin µg/kg lg/dg en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal µg/kg lg/dg	Risico-index tov TDI 1 µg/kg lg/dg	marge tov 3 µg/kg lg/dg (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuin	0,42	0,23	0,22 (52%)	0,87	0,87	3,5
Wonen met tuin	0,42	0,23	0,016 (3,8%)	0,66	0,66	4,6

Tabel 4 Bodemconcentratie 184 mg/kg met standaard invoergegevens ((lineair toenemende arseen in gewas concentratie))

Casus met 184 mg/kg arseen in bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen µg/kg lg/dg	Ingestie grond µg/kg lg/dg	Consumptie gewassen tuin µg/kg lg/dg en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal µg/kg lg/dg	Risico-index Tov TDI 1 µg/kg lg/dg	marge tov 3 µg/kg lg/dg (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuin	0,42	0,23	1,09 (260%)	1,74	1,74	1,7
Wonen met tuin	0,42	0,23	0,07 (17%)	0,72	0,72	4,2

Grafiek 3. Bodemconcentratie 184 mg/kg met P95 gewasconcentraties



Beoordeling:

1. Uit tabel 3 met P95 gewasconcentraties blijkt dat de totale inname van arseen zich in alle scenario's onder de oude TDI van 1 µg/kg lg/dg bevindt. Uit tabel 4 met de standaard invoergegevens blijkt dat er wel een overschrijding is van de TDI in het scenario moestuinen/volkstuinen.
2. Uit tabel 3 en 4 blijkt, dat de marge tot de BMDL 0,5 bij het scenario wonen met tuin ruimer is dan bij moestuinen/volkstuinen, maar niet ruim genoeg. De marge tot de BMDL0,5 ligt in de scenario's tussen de 2 en 5, waar een factor 10.000 als marge wordt genomen om gezondheidskundig weinig relevant te zijn.
3. Uit grafiek 3 en 4 blijkt dat de inname van arseen door gewasconsumptie uit eigen tuin ten opzichte van de achtergrondblootstelling in het scenario wonen met tuin zeer klein is (3,8-17%). Voor moestuinen/volkstuinen is de bijdrage duidelijk hoger (52-260%).

Samenvattend blijkt uit beoordeling 2 en 3 dat de bijdrage van het consumeren van gewassen in het scenario moestuinen/volkstuinen in bepaalde gevallen een relevante extra bijdrage kan geven aan de totale arseeninname door de mens. In welke mate er sprake kan zijn van een extra gezondheidsrisico is op dit moment moeilijk te beoordelen. De marge tot de BMDL0,5 is in alle scenario's klein. In het scenario wonen met tuin (10% van de gewasconsumptie uit de tuin) is de bijdrage zeer klein.

Hierbij moet wel aangetekend worden dat bij de eerste berekening waarschijnlijk van een worst-case situatie sprake is met invoer van de P95 gewasconcentraties. Daarentegen kan worden opgemerkt dat het invoeren van een maximale gewasconcentratie, die gemeten is op bodems tot 50 mg/kg/ds, een onderschatting zou kunnen zijn indien er toch een bodem-plant relatie zou zijn.

De beoordeling met behulp van Sanscrit op basis van standaard invoergegevens, waarbij wordt gerekend met een lineair toenemende arseen in gewas concentratie, leidt zoals eerder aangegeven waarschijnlijk tot een overschatting van de concentraties arseen in gewassen bij de hogere bodemconcentraties aan arseen. Omdat hiervan geen onderzoeksgegevens zijn wordt deze wijze van berekenen wel getoond. In bijlage 7 is grafiek 4 weergegeven.

De beoordeling in gemeente Wijdemeren blijkt zo vrijwel hetzelfde als bij een lagere bodemconcentratie (Heemstede).

Stap 3

Gewasonderzoek zou in dit geval meer informatie kunnen geven over de blootstelling al is het gezondheidsrisico dan nog niet goed te beoordelen op dit moment.

3.4. Communicatie

Oorspronkelijk was het doel een gebruikadvies voor moestuinders in combinatie met een communicatiestrategie voor gemeenten te ontwikkelen in overleg met de betrokken bij dit project. Omdat er geen bodem-plant relatie is af te leiden, zijn er grote onzekerheden met betrekking tot concentraties arseen waaraan mensen kunnen worden blootgesteld via gewas. Daarnaast is een nauwkeurige risicobeoordeling niet mogelijk vanwege een ontbrekende grens voor toelaatbare inname aan arseen. Een exacte inschatting van de additionele kankerkans bij extra arseeninname via consumptie van moestuingewassen is daarom niet mogelijk, wat het buitengewoon lastig maakt om hierover met publiek te communiceren. Daarom is besloten geen factsheet voor publiek te ontwikkelen, maar wel voor gemeenten, provincie en GGD 'en. In de factsheets is opgenomen wat op dit moment bekend is over moestuinieren in gebieden met arseen in de bodem en wat belangrijke aandachtspunten zijn. Deze zijn te vinden in bijlage 1 en 2.

Als er meer gegevens zijn kan men de particuliere gebruikers van een moestuin waarschijnlijk wel voorzien van een onderbouwd advies over het kweken van gewassen op arseenhoudende bodem. Het is in elk geval van belang, dat mensen voldoende informatie hebben om hun keuzes op te baseren en zij hierbij ondersteund worden door gemeenten, provincie en GGD'en.

Het RIVM onderzoekt in 2016 welke aanvullende gebruikadviezen kunnen worden gegeven in Nederland.

4. Discussie en conclusie

Uit dit project blijkt, dat zowel de inschatting van blootstelling aan arseen als de beoordeling van het gezondheidsrisico met onzekerheden is omgeven. De onvoorspelbaarheid van de opname van arseen in het gewas blijft een probleem. De meest recente literatuur gaf daar niet meer duidelijkheid over. Daarnaast blijkt uit het literatuuronderzoek dat de grens voor toelaatbare inname van arseen is ingetrokken in 2009, maar niet vervangen door een bruikbare nieuwe methode om het gezondheidsrisico te beoordelen, ook niet in andere Europese landen.

Dit zorgt ervoor dat het model Sanscrit in de RisicotoolboxBodem op dit moment niet direct geschikt is om het gezondheidsrisico te beoordelen en te bepalen in welke situatie een gebruiksadvies nodig zou zijn. In dit project zijn wel bepaalde onderdelen van Sanscrit gebruikt om de blootstelling aan arseen in te schatten.

Er zijn twee voorbeeldsituaties in de betrokken gemeenten met behulp van onderdelen van het model Sanscrit doorgerekend. Bij beide blijkt dat de extra bijdrage aan de dagelijkse inname van arseen bij een beperkt aandeel van het eten van groenten uit de eigen tuin ('wonen met tuin', 10%) op arseenhoudende bodem aanzienlijk kleiner is dan uit een grotere moestuin ('moestuinen/volkstuinen', 100%). Wanneer veel van de totale hoeveelheid groenten uit de eigen moestuin wordt geconsumeerd kan de extra bijdrage in bepaalde gevallen relevant zijn. Dit geldt in mindere mate voor een kleine moestuin (50%).

Wel is bij de berekeningen waarschijnlijk een vrij conservatieve aanname gedaan voor de concentratie van arseen in de gewassen door voor de P95 in gewassen te kiezen. Daarentegen kan worden opgemerkt dat het invoeren van een maximale gewasconcentratie, die gemeten is op bodems tot 50 mg/kg/ds, een onderschatting zou kunnen zijn indien er toch een bodem-plant relatie zou zijn.

Het rekenen in Sanscrit met een vaste worst-case concentratie arseen in het gewas heeft als gevolg dat zelfs bij de (relatief lage) achtergrondwaarde aan arseen in de bodem van 20 mg/kg ds de absolute bijdrage door het gewasconsumptie even groot blijft in het scenario moestuinen/volkstuinen (zie bijlage 8). De totale blootstelling aan arseen wordt wel minder, omdat de ingestie van bodemdeeltjes afneemt met een dalende bodemconcentratie. De totale inname is 0,87, 0,74 en 0,67 $\mu\text{g}/\text{kg lg/dg}$ bij respectievelijke bodemconcentraties van 184, 87 en 20 mg/kg ds.

Gezien de onmogelijkheid om de blootstelling aan arseen modelmatig goed te voorspellen heeft verder gewasonderzoek bij het telen van gewassen in een moestuin op een bepaalde locatie al snel de voorkeur. Dit zal alleen niet altijd mogelijk zijn. Als er landelijk meer data beschikbaar komen over de relatie tussen arseenconcentratie in de bodem en die in land- en tuinbouwgewassen, dan is het vaststellen van een bodem-plant relatie wellicht wel mogelijk. In dat geval kan worden volstaan met het doen van veel minder kostbaar bodemonderzoek.

Zolang er geen bodem-plant relatie beschikbaar blijkt, ook niet soort specifiek, is een gezondheidskundig onderbouwde grens voor concentraties arseen in de bodem niet op te stellen om te voorspellen of er ongewenste hoeveelheden arseen in het gewas aanwezig kunnen zijn. De bodemconcentratie zegt nu niets over de concentratie arseen in het gewas. Dan zou men eerder gebruik kunnen maken van informatie over moestuingewassen die meer of minder arseen kunnen opnemen en de soorten die het meeste opnemen vervolgens vermijden. Of rekening houden met

bodemeigenschappen. Hierover is echter nog te weinig bekend. Het ontbreken van een nieuwe grens voor toelaatbare inname maakt dit overigens nog lastiger op dit moment.

Het type arseenverbinding in de bodem en in de gewassen is niet meegenomen, maar bepaalt de mogelijkheid tot opname in het gewas en vervolgens de schadelijkheid voor de mens. In het EFSA onderzoek uit 2014 is hiermee zoveel mogelijk rekening gehouden bij het berekenen van de blootstelling via het dagelijkse voedsel en drinkwater. In Sanscrit gebeurt dit niet.

In dit geval zou de soort arseenverbinding relevant kunnen zijn omdat arseen onder anaerobe omstandigheden (bijvoorbeeld in kwelgebieden) voornamelijk als As[III] zal voorkomen. De weinige data van (deels hoge) concentraties van Arseen in het blad van wilde planten uit het onderzoek van Sneller in de Overdiemerpolder geven aanleiding om dit nader te willen onderzoeken voor consumptiegewassen, met name in (voormalige) kwelgebieden.

Ingestie van grond (door hand-mond contact) treedt ook op bij het dagelijks verblijf in een tuin, niet alleen bij het kweken van gewassen voor consumptie. Bij blootstelling aan arseen uit de bodem is dit ook een relevante blootstellingsroute. In dit rapport is er echter voor gekozen om alleen rekening te houden met de extra bijdrage door gewasconsumptie uit eigen tuin ten opzichte van de achtergrondblootstelling. Het beperken van deze blootstellingsroute is wel mogelijk. Bijvoorbeeld door tuinieren met handschoenen aan. Dit kan mogelijk worden meegenomen bij toekomstige adviezen.

Er is geen rekening houden met mogelijke positieve effecten van moestuinieren, zoals door het eten van extra groenten en extra beweging. De afweging ten opzichte van de mogelijke nadelen door de arseeninname is nu moeilijk. Voor het fietsen in het verkeer is bijvoorbeeld in een wetenschappelijk artikel beschreven, dat de positieve effecten van fietsen ruimschoots opwegen tegen de nadelen van luchtverontreiniging.⁶⁰

Andere aspecten die niet zijn meegenomen in de beoordeling, maar wel een rol spelen:

- De orale biologische beschikbaarheid van arseen: in de berekeningen wordt aangenomen dat deze 100% is, maar deze kan ook lager zijn.
- Consumptie hoeveelheden van hedendaagse moestuingewassen: waarschijnlijk is deze sinds 1996 gewijzigd.
- Andere bodemkenmerken, die de beschikbaarheid van arseen in de bodem bepalen.

De beantwoording op de onderzoeksvragen is als volgt:

1 *Wat zijn de risico's van het hebben van een moestuin op van nature arseenhoudende bodem?*

Het consumeren van veel van de totale hoeveelheid gegeten gewassen uit de moestuin kan in bepaalde gevallen voor een relevante bijdrage zorgen aan de totale arseeninname door de mens. Een exacte berekening met betrekking tot de additionele kankerkans kan niet worden uitgevoerd, omdat enerzijds de toegepaste methode slechts een schatting is van de blootstelling aan arseen via gewassen. Anderzijds is er geen actuele grens voor toelaatbare inname voor arseen vastgesteld. Bij het scenario wonen met tuin wordt uitgegaan van het eten van maximaal 10% van alle gegeten

⁶⁰ J.J. de Hartog et al., Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks? Environ Health Perspect. 2010 Aug; 118(8): 1109–1116.

gewassen uit eigen tuin. In dit geval is er geen relevante bijdrage aan de dagelijkse arseen inname te verwachten bij bodemconcentraties tot 50 mg/kg.

2 *Welke adviezen kunnen worden gegeven aan particulieren en gemeenten met betrekking tot het consumeren van gewassen op van nature arseenhoudende grond? Welke handelingsperspectieven zijn mogelijk om blootstelling aan arseen te minimaliseren?*

Met de geconstateerde onzekerheden is het op dit moment niet te onderbouwen wanneer een gebruikadvies voor moestuinders opgesteld zou moeten worden. Een factsheet voor moestuinders kan derhalve nog niet worden opgesteld. Aan gemeenten, provincie en GGD'en kan wel alvast enige informatie worden gegeven over de kennis op dit moment. Zie ook bijlage 1 en 2.

3 *Welke informatie kan aan de betrokken gemeenten en provincie Noord-Holland worden verstrekt over risico's en eventuele gebruiksbeperkingen?*

Voor gemeenten en provincie is van belang om over informatie te beschikken die nodig is voor de beoordeling van locaties met arseen in de bodem en gewasconsumptie door particulieren. Deze informatie betreft de huidige stand van zaken op het gebied van arseen in de bodem in relatie tot gewas. Hierbij zijn nog veel lacunes in kennis aanwezig. Zie bijlage 1.

5. Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen zijn te geven:

- Internationaal en landelijk zal een grenswaarde moeten worden vastgesteld voor inname van arseen. Daarnaast moet op deze niveaus ook worden afgesproken hoe om te gaan met mogelijke risico's ten gevolge van arseeninname door groenteconsumptie uit eigen tuin.
- Sanscrit en de RisicotoolboxBodem zijn wat betreft arseen gebaseerd op verouderde kennis en een verouderde grens voor toelaatbare inname. Beide programma's moeten dus worden geactualiseerd.
- Arseen verdient aandacht in toekomstig bodembeleid. Totdat meer bekend wordt over een grenswaarde zijn hiervoor nog geen specifieke aanbevelingen te geven.
- Gewasonderzoek (het meten van concentraties arseen in het gewas) geeft een betrouwbaarder inzicht in de blootstelling, maar de beoordeling van het gezondheidsrisico is nog omgeven met onzekerheden en communicatie daarover is derhalve lastig.
- Voer onderzoek uit naar concentraties van nature voorkomend arseen in moestuingewassen in Nederland.
- Voer onderzoek uit naar de arseen bijdrage door dagelijkse voeding om de achtergrondblootstelling van mensen aan anorganisch arseen in Nederland te kunnen inschatten.
- Onderzoek welke gewassen in Nederland momenteel worden geconsumeerd uit de moestuin.

Het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) is momenteel bezig te bezien of internationaal en landelijk een grenswaarde kan worden vastgesteld voor inname van arseen en of er concreter adviezen kunnen worden opgesteld ten behoeve van moestuinen waar arseen in de bodem voorkomt.

6. Implementatie

6.1 Kernboodschap

Gericht op professionals bij gemeenten, provincie en GGD'en:

De Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid is een samenwerkingsverband tussen GGD'en en universiteiten. Het doel van het verrichten van onderzoek binnen de Academische Werkplaats is om gemeenten te adviseren op het terrein van Milieu en Gezondheid.

Resultaten van het onderzoek: Consumptie van groenten van arseenhoudende grond kan in bepaalde gevallen bijdragen aan een relevante extra arseeninname door mensen ten opzichte van de gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen. Bij het kleinschalig verbouwen van gewassen (wonen met tuin) zal deze bijdrage meestal beperkt zijn. Bij een grote moestuin kan de extra bijdrage in bepaalde gevallen wel relevant zijn. De exacte betekenis voor gezondheid is echter nog niet duidelijk, omdat er geen geldende grens voor toelaatbare inname voor arseen is vastgesteld en er weinig onderzoek is gedaan naar arseen in gewassen. Er is dus meer informatie en onderzoek nodig voordat er duidelijke adviezen aan gebruikers van een moestuin kunnen worden gegeven.

6.2 Stap 1:

- Initiëren bijeenkomst werkgroep bodem van GGD GHOR Nederland: hierna volgt een nader advies en eventueel aanpassing van de factsheets;
- Het rapport wordt ter beschikking gesteld aan het RIVM.

6.3 Stap 2:

- Aan de GGD'en in Nederland wordt de factsheet 'Informatie voor GGD'en' ter beschikking gesteld via het platform Gezondheid en Milieu, het digitale uitwisselingsplatform van het centrum gezondheid en milieu (RIVM);
- Het rapport wordt aangeboden aan het ministerie van I&M met een verzoek om een reactie op de aanbevelingen op landelijk niveau;
- Presentatie over de resultaten op een bijeenkomst van de vakgroep milieu en gezondheid (GGD-GHOR Nederland).

6.4 Stap 3:

- Nieuwsbericht op website GGD Kennemerland en op intranet bij projecten van de organisatie
- Bericht in nieuwsbrief AW-MMK en op website AW-MMK;
- De gemeenten en omgevingsdiensten in de regio's van de aan het onderzoek deelnemende GGD'en ontvangen de factsheet 'Informatie voor gemeenten en provincie';
- Provincie Noord-Holland ontvangt de factsheet 'Informatie voor gemeenten en provincie'
- Ter kennisgeving wordt een samenvatting van de bevindingen naar het bestuur van veiligheidsregio Kennemerland verzonden.

6.5 Stap 4:

- Presentatie/bespreking met beleidsadviseurs bodem van provincie Noord-Holland, deelnemende gemeenten, omgevingsdiensten.

Er wordt hierbij niet ingezet op communicatie gericht op het publiek, maar op professionals.



Bijlage 1

Informatie voor gemeenten, provincies en omgevingsdiensten

Advies bij vragen over het gebruik van een moestuin in gebieden met arseen in de bodem

Bij gemeenten komen af en toe vragen binnen over arseen en moestuinieren. Een bodemsanering vindt niet standaard plaats bij overschrijding van de interventiewaarde van arseen van natuurlijke herkomst. Maar dit betekent niet dat er onbeperkt gewassen uit de moestuin kunnen worden geconsumeerd. Dit probleem is steeds actueler, omdat het populair is om zelf groenten te verbouwen.

Arseen is van nature in Nederland vooral te vinden in de ondergrond van de kustprovincies, langs de grote rivieren en de randen van de Veluwe en in Zuid-Limburg. Arseen zit in dagelijkse voeding en drinkwater, maar mensen kunnen ook worden blootgesteld door ingestie van bodemdeeltjes of eten van gewassen uit de eigen tuin als de bodem arseen bevat.

In het kader van de academische werkplaats milieu en gezondheid is een onderzoek gedaan naar arseen en risico's van groenteconsumptie uit eigen tuin. Hierbij zijn met name lacunes in kennis in kaart gebracht. Duidelijke gebruikersadviezen kunnen nog niet worden opgesteld.

De eerder vastgestelde grens voor toelaatbare inname van arseen is teruggetrokken, omdat deze niet meer als veilig kan worden beschouwd. De geschatte inname van anorganisch arseen via de dagelijkse voeding ligt voor een gemiddelde consument al in de range van waarden, waarvan de EFSA⁶¹ heeft berekend dat deze effecten op de gezondheid kunnen veroorzaken.

De programma's Sanscrit en de RisicoolboxBodem blijken op dit moment niet bruikbaar om gezondheidsrisico's van arseen bij gewasconsumptie goed te kunnen beoordelen, onder andere vanwege het ontbreken van een nieuwe grens voor toelaatbare inname voor arseen in het model. Ook is er geen relatie gevonden tussen concentraties arseen in de bodem en in gewassen. Dit heeft tot gevolg dat het inschatten van blootstelling door gewasconsumptie uit eigen tuin volgens de huidige procedure niet betrouwbaar is. Door het meten van arseen in gewassen kan een inschatting worden gemaakt van de blootstelling via gewasconsumptie uit eigen tuin, maar door het ontbreken van een grenswaarde voor blootstelling kan hieraan geen conclusie worden gekoppeld. Bovendien kan de opname van arseen per gewas aanzienlijk verschillen.

Consumptie van groenten van arseenhoudende grond kan in bepaalde gevallen bijdragen aan een relevante extra arseeninname door mensen ten opzichte van de gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen. Bij het kleinschalig verbouwen van gewassen (wonen met tuin)

⁶¹ European Food Safety Authority

zal deze bijdrage meestal beperkt zijn. Bij een grote moestuin kan de extra bijdrage in bepaalde gevallen relevant⁶² zijn.

Belangrijke aandachtspunten:

- Sanscrit en de RisicotoolboxBodem zijn wat betreft arseen gebaseerd op verouderde kennis en een verouderde grens voor toelaatbare inname. Beide programma's moeten dus worden geactualiseerd.
- Internationaal en landelijk zal een grenswaarde moeten worden vastgesteld voor inname van arseen. Daarnaast moet op deze niveaus ook worden afgesproken hoe om te gaan met mogelijke risico's ten gevolge van arseeninname door groenteconsumptie uit eigen tuin.
- Arseen verdient aandacht in toekomstig bodembeleid. Totdat meer bekend wordt over een grenswaarde zijn hiervoor nog geen specifieke aanbevelingen te geven.
- Gewasonderzoek (het meten van concentraties arseen in het gewas) geeft een betrouwbaarder inzicht in de blootstelling, maar de beoordeling van het gezondheidsrisico is nog omgeven met onzekerheden en communicatie daarover is derhalve lastig.
- Het RIVM (Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu) is momenteel bezig te bezien of internationaal en landelijk een grenswaarde kan worden vastgesteld voor inname van arseen en of er concreter adviezen kunnen worden opgesteld ten behoeve van moestuinen waar arseen in de bodem voorkomt.
- Neem contact op met de GGD voor advies op maat en informatie over de laatste stand van zaken.

⁶² In het onderliggende rapport van de aw-MMK wordt een relevante bijdrage als volgt gedefinieerd: de inname van arseen via gewasconsumptie uit eigen tuin is relevant als deze is 50% (of meer) bedraagt ten opzichte van de dagelijkse achtergrondinname aan arseen (via voeding en drinkwater)



Bijlage 2 Informatie voor GGD'en

Advies bij vragen over het gebruik van een moestuin in gebieden met arseen in de bodem

Bij GGD'en komen af en toe vragen van gemeenten binnen over arseen en moestuinieren. Een bodemsanering vindt niet standaard plaats bij overschrijding van de interventiewaarde van arseen van natuurlijke herkomst. Maar dit betekent niet dat er onbeperkt gewassen uit de moestuin kunnen worden geconsumeerd. Dit probleem is steeds actueler, omdat het populair is om zelf groenten te verbouwen.

Arseen is van nature in Nederland vooral te vinden in de ondergrond van de kustprovincies, langs de grote rivieren en de randen van de Veluwe en in Zuid-Limburg. Arseen zit in dagelijkse voeding en drinkwater, maar mensen kunnen ook worden blootgesteld door ingestie van bodemdeeltjes of eten van gewassen uit de eigen tuin als de bodem arseen bevat.

In het kader van de academische werkplaats milieu en gezondheid is een onderzoek gedaan naar arseen en risico's van groenteconsumptie uit eigen tuin. Hierbij zijn met name lacunes in kennis in kaart gebracht. Duidelijke gebruikersadviezen kunnen nog niet worden opgesteld.

De European Food Safety Authority (EFSA) concludeerde in 2009 dat anorganisch arseen bewezen kankerverwekkend is voor mensen. Er is geen drempel vast te stellen voor het kanker veroorzakende mechanisme bij blootstelling aan arseen. De eerder vastgestelde grens voor toelaatbare inname (PTWI⁶³) is teruggetrokken, omdat deze niet meer als veilig kan worden beschouwd. Inname van arseen kan in bepaalde situaties leiden tot een verhoogde kans op huid-, blaas- en longkanker. De geschatte inname van anorganisch arseen via voeding ligt voor een gemiddelde consument al in de range van waarden, waarvan de EFSA heeft berekend dat deze effecten op de gezondheid kunnen veroorzaken.

Zowel EFSA als JECFA⁶⁴ hebben een BMDL⁶⁵ voor arseen opgesteld. Dit is echter geen nieuwe grens voor toelaatbare inname, die kan worden gebruikt in het kader van risicobeoordeling. Dit is vergelijkbaar met de situatie voor lood, waarbij ook geen nieuwe grens voor toelaatbare inname is vastgesteld. Met het verschil dat arseen van nature in bodem kan voorkomen en lood niet.

De programma's Sanscrit en de RisicoolboxBodem blijken op dit moment niet bruikbaar om gezondheidsrisico's van arseen bij gewasconsumptie goed te kunnen beoordelen, onder andere vanwege het ontbreken van een nieuwe grens voor toelaatbare inname voor arseen in het model. Ook is er geen relatie gevonden tussen concentraties arseen in de bodem en in gewassen. Dit heeft tot gevolg dat het inschatten van blootstelling door gewasconsumptie uit eigen tuin volgens de huidige procedure niet betrouwbaar is. Door het meten van arseen in gewassen kan een inschatting worden gemaakt van de blootstelling via gewasconsumptie uit eigen tuin, maar door het ontbreken

⁶³ PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake

⁶⁴ JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)

⁶⁵ BMDL: Benchmark Dose Lower limit

van een grenswaarde voor blootstelling kan hieraan geen conclusie worden gekoppeld. Bovendien kan de opname van arseen per gewas aanzienlijk verschillen.

Consumptie van groenten van arseenhoudende grond kan in bepaalde gevallen bijdragen aan een relevante extra arseeninname door mensen ten opzichte van de gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen. Bij het kleinschalig verbouwen van gewassen (wonen met tuin) zal deze bijdrage meestal beperkt zijn. Bij een grote moestuin kan de extra arseeninname in bepaalde gevallen relevant⁶⁶ zijn.

Belangrijke aandachtspunten:

- Sanscrit en de RisicotoolboxBodem zijn wat betreft arseen gebaseerd op verouderde kennis en een verouderde grens voor toelaatbare inname. Beide programma's moeten dus worden geactualiseerd.
- Internationaal en landelijk zal een grenswaarde moeten worden vastgesteld voor inname van arseen. Daarnaast moet op deze niveaus ook worden afgesproken hoe om te gaan met mogelijke risico's ten gevolge van arseeninname door groenteconsumptie uit eigen tuin.
- Arseen verdient aandacht in toekomstig bodembeleid. Totdat meer bekend wordt over een grenswaarde zijn hiervoor nog geen specifieke aanbevelingen te geven.
- Gewasonderzoek (het meten van concentraties arseen in het gewas) geeft een betrouwbaarder inzicht in de blootstelling, maar de beoordeling van het gezondheidsrisico is nog omgeven met onzekerheden en communicatie daarover is derhalve lastig.
- Het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) is momenteel bezig te bezien of internationaal en landelijk een grenswaarde kan worden vastgesteld voor inname van arseen en of er concreter adviezen kunnen worden opgesteld ten behoeve van moestuinen waar arseen in de bodem voorkomt.

Toelaatbare inname arseen		
TDI (RIVM) (verouderd)	1 µg/kg lg/dg	verouderd, want gebaseerd op PTWI van 15 µg/kg lg/week, die in 2009 door EFSA werd ingetrokken. (Met additionele veiligheidsfactor 2)
BMDL 0,5 (JECFA,2011)	3 µg/kg lg/dg (2-7 µg/kg/dg)	concentratie waarbij men een additioneel effect van 0,5% verwacht voor longkanker
BMDL 1 (EFSA, 2009)	0,3 – 8 µg/kg lg/dg	concentratie waarbij men een additioneel effect verwacht van 1% voor longkanker, huid- en blaaskanker en huidlaesies.
Drinkwatersnorm (WHO)	10 µg/l	≈ 0,3 µg/kg lg/dg
Achtergrondblootstelling	Kinderen: 0,56 µg/kg lg/dg Volwassenen: 0,09 - 0,38 µg/kg lg/dag	Gemiddelde, VCP kids Gemiddelde, EFSA 2014

Huidige bodemnormen arseen	
Interventiewaarde bodem	55 mg/kg
Maximale waarde humaan, bodemfunctie Wonen met tuin	430 mg/kg
Maximale waarde humaan, bodemfunctie Moestuinen/volkstuinen	97 mg/kg

⁶⁶ In het onderliggende rapport van de aw-MMK wordt een relevante bijdrage als volgt gedefinieerd: de inname van arseen via gewasconsumptie uit eigen tuin is relevant als deze 50% (of meer) bedraagt ten opzichte van de achtergrondinname aan arseen (via voeding en drinkwater)

Bijlage 3 Methode literatuursearch

Bronnen:

- Google
- Web of science / Pubmed
- RIVM, gezondheidsraad, EPA, WHO, etc
- Sleutelfiguren
- Eigen collectie

Criteria:

- Arseen van natuurlijke herkomst
- Voornamelijk informatie vanaf het jaar 2000
- In Nederland toegepaste gewassen in tuinen van particulieren (of wilde planten uit dezelfde plantenfamilie)
- 'Quick and dirty' search bij het vinden van veel artikelen met de search in Web of science

GGD Kennemerland:

- Search in google met de zoektermen: arseen + gewassen, arseen + moestuin, verspreiding + arseen + grondwater, humane risico's + grondwater + arseen, arsenic + health + intake, arseen + TDI (allen t/m pagina 3)
- verwijzingen in gevonden literatuur naar andere literatuur
- literatuur verstrekt door partners in dit project
- vraag per e-mail aan artsen MMK in Nederland met name over gewasonderzoek in proeftuinen in het verleden.

VU:

Search in "Web of Science" (<http://apps.webofknowledge.com>)

- Er kan nauwelijks op de Nederlandse situatie worden gezocht vanwege het ontbreken van relevante literatuur.
- vandaar een internationale search met als trefwoorden (combinaties van) arsenic, crop, plant, accumulation, concentration, soil, translocation, bioconcentration factor.

Bijlage 4 Resultaten literatuursearch GGD

VU

- P. van Rossum, Verspreiding van arseen in de bodem en het grondwater van de provincie Noord-Holland. Onderzoeksrapport met hypothesen over de herkomst en het mobilisatiemechanisme, VU 1996
- Else Sneller, Phytochelatins as a biomarker for heavy metal toxicity in terrestrial plants, (proefschrift), VU 1999

Provincie NH

- Risico's van natuurlijke arseenbelasting in Noord Holland, provincie Noord Holland, juli 2000
- Werkwijzer bodemsanering 2011, Aanpak van bodemsanering in Noord-Holland, Provincie Noord-Holland, december 2011

RIVM

- Baars et al, re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, RIVM 711701025 / 2001
- Versluijs en Otte, Accumulatie van metalen in planten, een bijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de lokatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem, RIVM 711701 024 / 2001
- Bodemgebruikswaarden voor landbouw, natuur en waterbodem. Technisch wetenschappelijke afleiding van getalswaarden. RIVM rapport 711701031/2003
- Brand et al, CSOIL 2000: an exposure model for human risk assessment of soil contamination, RIVM rapport 711701054/2007
- Swartjes et al, towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites, RIVM rapport 711701040/2007
- Arseen in Nederlands grondwater, Oorzaak verhoogde arseenconcentraties, RIVM Briefrapport 607300009/2008
- Het webportaal: www.risicotoolboxBodem.nl. Modelbeschrijving, RIVM Rapport 711701067/2008
- M. van Bruggen et al, Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor, RIVM briefrapport 2014-0063

Beleid

- Raamplan voor bodembeheer bij van nature verhoogde arseengehalten. Bouwstenen voor gebiedsgericht beleid. Project NABRON, SKB, nov 2003
- Handreiking (water)bodembeleid en -beheer arseen en nikkel voor de Gelderse gemeenten en waterschappen, Syncera De Straat B.V. 2005
- Omgaan met regionaal verhoogde concentraties van zware metalen in het grondwater in Noord-Brabant Werkgroep Zware metalen, Platform bodembeheer Brabant, 1 november 2011

- Nota Bodembeheer Gemeente Amsterdam Beleidskader voor grondverzet en bodemsanering OD NZKG, 10 december 2013

Overig:

- Advies Hoge gehalten aan van nature voorkomende stoffen, TCB 2000
- Petra Angela Gulz, Arsenic Uptake of Common Crop Plants from Contaminated Soils and Interaction with Phosphate (proefschrift) , Zurich 2002.
- P.F.A.M. Römken et al, Onderbouwing LAC 2006 waarden en overzicht van bodem-plantrelaties ten behoeve van de risicotoolbox, Alterra Wageningen 2007
- Zware metalen, Stichting kennisontwikkeling kennisoverdracht bodem (SKB), Juli 2007
- NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007, dec 2008
- J. Vink et al, Arseen in het lokale grondwater van Nederland en indelingen voor regionale beoordeling, Deltares 2010.
- H.A. Vissenberg, F.A. Swartjes, Evaluatie van de met CSOIL berekende blootstelling, middels een op Monte Carlotekniken gebaseerde gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse, 2012 (boek)

België:

- Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties. Zware metalen en arseen: stofdata. OVAM, 2009.
- Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen voor arseen. OVAM, 2010.
- VMM (2013). Zware metalen in het grondwater in Vlaanderen. Vlaamse Milieumaatschappij. Aalst.
- S-Risk stoffenfiches – deel 1: metalen en arseen. OVAM, 2013.

Gezondheid:

- Toxicological evaluation of certain food additives and contaminant (WHO food additives series 24), JECFA, WHO 1989
- Risico van bodemverontreiniging voor de mens: bodemonderzoek, modellen en normen. Gezondheidsraad, 2004.
- EFSA. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. The EFSA Journal (2005) 282, 1-31
- Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States, Directorate-General Health and Consumer Protection, 2004
- Contaminants in soil: updated collation of toxicological data and intake values for humans Inorganic arsenic Better Regulation Science Programme Science report: SC050021/TOX 1, Environment Agency 2009 (UK)
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Journal 2009; 7(10):1351. [199 pp.].
- Preventing disease through healthy environments exposure to arsenic: a major public health concern, WHO 2010

- Arsenic, metals, fibres, and dusts (volume 100 C) A review of human carcinogens, IARC Lyon France - 2012
- Evaluation of certain contaminants in food. WHO technical report series ; no. 959, WHO 2011
- Arsenic and inorganic arsenic compounds, Health-based calculated occupational cancer risk values, Gezondheidsraad 2012
- Arsenic Fact sheet N°372, WHO, December 2012
- Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, EFSA 2014

Gewasonderzoek:

- Biobeschikbaarheid gewasopname en humane risico's natuurlijk arseen en barium Drielanden-west te Harderwijk, Witteveen+ Bos, december 2005
- F.A.M. Römkens et al, Potproef geeft uitsluitsel over opname arseen, land+water, juni 2007, nr 6/7, jaargang 47.

Bijlage 5 Resultaten literatuursearch VU

Met de search in web of science werden circa 2000 artikelen gevonden.

Deze konden niet met een systematische review worden onderzocht. Uiteindelijk is een selectie van enkele honderden primaire wetenschappelijke artikelen en enkele reviews aan een nader onderzoek onderworpen en is hiermee een samenvatting van de wetenschappelijke informatie geschreven.

Op grond van het onderzoeksverleden en expertise op dit gebied van de betrokken VU wetenschappers is men er tamelijk zeker van dat er, voor zover het de primaire wetenschappelijke literatuur betreft, niets belangrijks gemist is.

J. Verkleij:

Literatuur search m.b.t. project arseen bodem-gewas

2. Bodem-plant relaties van arseen in gewassen (inclusief invloed van oxidatie-reductie mechanismen).

Verreweg het meeste onderzoek naar de bodem-plant relaties van arseen in gewassen is verricht aan rijst. In gebieden waar rijst wordt verbouwd (Z.O. Azie) is het irrigatiewater, grondwater en soms drinkwater met arseen vervuild tot concentraties, die toxiciteit kunnen veroorzaken (tot 0,20 mg /l en hoger, Das et al, 2008).

Uit deze verschillende studies zijn de volgende resultaten te destilleren;

- **Er is in het algemeen geen enkel relatie tussen [As] grondwater/irrigatiewater en [As] rijstkorrel/-plant**

Onderzoek aan paddy rijst in Korea (Sahoo et al., 2013): arseen in As-gecontamineerd grondwater (> 10µg/l) **vertoont geen** relatie met As concentraties in rijst (gemiddeld 0.13 mg/kg). Een positieve relatie is gevonden tussen As-grondwater en bodem As in Bangladesh (Rahman et al., 2010); Echter **geen enkele relatie** werd gevonden tussen [As] irrigatiewater en [As] rijstkorrel.

- **Veel belangrijker zijn de relaties ,die gevonden worden tussen [As] in bodemfracties en [As] in rijst.**

Sahoo et al. (2013) onderzochten de relatie tussen bodem [As] en Fe-oxide fracties. Onder overstromings (anaerobe) omstandigheden kan As gemakkelijk worden gemobiliseerd in de bodemoplossing en kan potentieel beschikbaar zijn voor de plant. As in rijst is significant gecorreleerd met bodem uitwisselbaar-PO₄ (r= -0.41, p<0.05) wat suggereert dat PO₄ competitie in de bodem-rhizosfeer een van de factoren kan zijn, die van invloed is op de As concentratie in rijst.

Model studie naar interactie DOC (Dissolved Organic Carbon) en arseen biobeschikbaarheid in Bangladesh paddy soil en Aman rijst (moesson seizoen) (Williams et al., 2011).

Concentraties van As in rijstkorrels kon redelijk betrouwbaar worden geschat op basis van gemeten DOC en As waarden in de bodem porie water. Studie laat duidelijk zien het belang van OM: enerzijds release van As via DOC in de oplossing, anderzijds vermindering van de As biobeschikbaarheid door sequestering van As.

Arseen mobiliteit in bodems en in rijst planten wordt beïnvloed door Organic Matter(OM) en Zn applicatie in met As gecontamineerd irrigatiewater (Das et al., 2008). Duur van de irrigatie (submergence) verhoogde de As mobilisatie en applicatie van Zn verminderde dat proces. Het gemiddelde arseen gehalte in bovengrondse delen was 7-8 mg/kg en in graankorrels 0.9-1.0 mg/kg bij een gemiddeld As bodemgehalte van 2.5-3.5 mg/kg.

Toevoeging van zwavel (als S en SO₄) aan bodems verrijkt met As (20 mg As/kg) in een rhizobox systeem laat zien dat de ijzerplaque vorming wordt vergroot in de rhizosfeer waardoor As ophoping in rijst wordt verminderd. (Hu et al., 2007).

Eenzelfde proces werd gevonden bij opname van As door *Aster tripolium* in relatie tot oxidatie processen in de rhizosfeer (Otte et al., 1991). Er vindt oxidatie plaats van As(III) tot As(V), dat minder mobiel is en adsorbeert aan de ijzerplaque en zou een belangrijk detoxificatieproces kunnen zijn voor de plant.

- **Redox en pH condities spelen een belangrijke rol in de chemische vorm waarin As kan voorkomen: gereduceerd As (III), geoxideerd As (V) of als methylAs. Deze chemische status bepaalt mede de biobeschikbaarheid.**

In een experimentele studie van Marin et al. (1993) werden rijstplanten onder verschillende redox en pH condities gekweekt in bodem suspensies en na 56 dagen geoogst. Conclusies: verlaging pH leidt tot hogere opgeloste As concentraties. Redox potentiaal <0 As aanwezig als As(III). De plant beschikbare fractie neemt toe bij oplopende As concentraties in de oplossing (verlaging pH) en met verhoogde concentraties oplosbaar As (III).

Gemiddelde concentratie bodem [As] 3.2 mg/kg. Hoogste concentratie As bij lage pH en lage redox: 107 mg/kg (wortel) en 1-2 mg/kg (spruit)

In studies naar de invloed van de chemische status en concentratie van arseen As (III), As(V), MMAA, DMAA op de groei en concentratie van As in de weefsels van twee *Spartina* soorten (*Carbonel-Barrachina et al., 1998*) en in radijs (*Carbonel-Barrachina et al., 1999*) werd het volgende gevonden: As opname en transport in planten is specifiek voor iedere *Spartina* soort! M.b.t. absorptie worden inorganische arseen verbindingen vnl. opgeslagen in de wortel, terwijl DMAA redelijk gemakkelijk wordt getransloceerd naar de spruit.

Bij radijs werden de planten behandeld met concentraties van 1,0, 2,0 en 5,0 mg As /l (niet fytotoxisch). Belasting met MMAA gaf de hoogste As ophoping in wortel en spruit. De "root skin As levels" waren dicht bij of boven de maximum drempelwaarden zoals vastgesteld voor eetbaar fruit, gewassen en groenten.

- **Studies aan wilde planten, die voorkomen op met As verrijkte mijnbodems en chemische analyses van bodemfracties om eventuele relaties tussen bodem-plant te bepalen.**

Relatie tussen As in de bodem en de daarop voorkomend vegetatie op een As-rijke goud/koper/lood/zink mijn (Rodalquilar) in ZO Spanje (Oyarzun et al., 2009).

De gemiddelde As concentratie in "tailings" is 950 mg/kg en in mijnbodems 180 mg/kg.

Hoogste concentraties As in *Lygeum spartum* en *Stipa tenacissima* (meerjarige grassen, pollen), 2,3-4,0 mg/kg en 0,9-3,4 mg/kg; in xerofiele meerjarige struikgewassen (*Launaea arborescens* en *Salsola genistoides*) 2,0-1,0 en 1,8-0,8 mg/kg en in wilde asparagus (*Asparagus horridus*) 1,2-0,5 mg/kg.

Bioaccumulatie factoren van deze soorten zijn laag (van 0,013, *L.spartum*, tot 0,003, *A.horridus*, en van planten op tailings gemiddeld lager dan op die van de mijnbodems

Analysen van verschillende bodem extractie methoden met het doel een relatie te vinden tussen arseen gehalten in bepaalde bodemfracties en [As] in de plant (Martinez-Sanchez et al., 2011).

Maximale extractie werd verkregen met de Mehra en Jackson procedure (dithioniet-citraat systeem gebufferd met Na-bicarbonaat: complexerend en reducerend) en de minst effectieve was ammonium sulfaat oplossing. De sterkste relatie tussen As in de bodem en de As gemeten in de plant biomassa, werd gevonden met de oxideerbare-organic matter extractie procedure BCR sequential extraction procedure^a.

Negatieve correlatie tussen As gehalte in de bladeren en de aanwezigheid van hematiet in de bodem (vnl Fe₂O₃) Goede correlaties tussen As gehalte in wortels en de aanwezigheid van sulfaten in de bodem (gips: R=0,493 en jarosiet: R=0,342). Gehalte As in de plant is relatief goed gecorreleerd met geoxideerde fasen in de bodem.

^a{Four different steps in the BCR method split the metals in the following fractions: water-soluble, exchangeable and linked to carbonate (E1); linked to iron and manganese oxides (E2); linked to organic fraction (E3); and residual (E4)}.

- **Mechanismen van arseen opname en transport bij planten:**

As (V).....bekend Schat, Bleeker, etc.

As (III) en methylarsenaat

Arseniet wordt getransporteerd via aquaporinen. Gemethleerde As verbindingen worden evenzo getransporteerd via glycerol transporterende kanalen, aquaporinen. Concentratie-afhankelijke influx van DMAA en MMAA in de wortels vindt plaats volgens de Michaelis-Menten kinetiek. Kinetiek van transport van DMAA en MMAA in wortels van rijst (Rahman et al., 2011).

Arseniet (H₃AsO₃) toxiciteit en opname kinetiek bij rijst (Hoffmann and Schenk, 2011)

Arseniet concentraties in ondergelopen paddy rijst bodems ligt tussen de 0.01 en 1.20 μM (0,01 en 0,15mg/l). Arseniet toxiciteits drempel ligt bij 2.4μM (0.3mg/l) met verminderde groei van 10% (EC₁₀). **Onderzoek met niet-relevante, zeer hoge As(III) concentraties.**

Onderzoek aan arseen in vegetaties:

Karimi et al., (2010) Analysis of As in soil and vegetation of a contaminated area in Zarshuran, Iran. Int.J.Phytoremediation 12,159-173

Karimi et al., (2013) Arsenic in soil and vegetation of a contaminated area. Int.J. Environ.Sci.Technol. 10,743-752.

- **Arseen gehalten in gewassen in gematigde streken:**

Naast het gelimiteerde onderzoek van de VU aan natuurlijke As belasting bij consumptiegewassen (zie rapport provincie N.Holland) en in grassen (promotieonderzoek Else Sneller) is er tot nu toe weinig specifiek onderzoek verricht.

Petra Angela Gulz Dissertatie Zurich 2002 Arsenic Uptake of Common Crop Plants from Contaminated Soils and Interaction with Phosphate

Gulz et al., (2005) Plant and Soil 272,337-347 Arsenic accumulation of common plants from contaminated soils.

Onderzoekster vindt een relatie tussen As plant en As solution op basis van haar onderzoek aan vier gewassen (Zonnebloem, Engels raaigras, Koolzaad en Mais)

$$As_{\text{plant}} = As_{\text{plant (max)}} * [(k * As_{\text{sol}}) / (1 + k * As_{\text{sol}})]$$

In both soils, soluble As concentrations, extracted with 0.1 M NaNO₃, were found to correlate better with As uptake by plants than total amounts extracted with 2 M HNO₃, individually for each soil. The relationship between soluble As concentrations in soils and As accumulation by plants in general did not only differ considerably between plant species but also between soils, except for Lolium perenne.

Similar soluble As concentrations in the two soils did not result in similar As accumulation by plant. Arsenic uptake into roots, stems and leaves of maize, English ryegrass, rape and sunflower showed a non-linear dependence on soluble soil concentrations, which was well described by a Michaelis-Menten kinetics.

Arsenic concentrations in the seeds were **not** correlated with the soluble As concentrations in soil. Results show that plant responses to P shortage and As stress can be very different between plant species and soils. Except for maize, arsenic transport from roots to shoots was significant, resulting in As concentrations in the leaves and grains **above the Swiss tolerance limits for fodder**

and food crops (4 mg As/kg and 0.2 mg As/ kg, respectively). Results suggest that beside soluble As concentrations in soil, P availability and P demand, which is plant specific, have to be taken into account to predict As uptake by common crop plants from As contaminated soils.

Achtergrondinformatie uit rapport: Arseen in het lokale grondwater van Nederland en indelingen voor regionale beoordeling Deltares, 2010 Auteurs: Jos Vink, Bas van der Grift en Charlotte Schmidt

As belasting en zuiden van Amsterdam. De meest waarschijnlijke oorzaak voor hoge arseenconcentraties is hier de oxidatie van pyriet en mogelijk reductie van ijzeroxiden als gevolg van de grondwaterstands dalingen die optraden door inpoldering. Naar dit gebied is uitvoerig onderzoek gedaan door Van Rossum (1996)

In de diepe polders van Holland, vooral in de zone tussen Amsterdam en het zuidwesten van Zuid-Holland, worden de verhoogde concentraties arseen waarschijnlijk veroorzaakt door het vrijkomen van arseen uit ijzerhydroxides in kwelzones (Vermooten en Gunnink, 2006). Ook pyrietoxidatie zal kunnen leiden tot verhoogde arseenconcentraties in Holland en het rivierengebied.

Arseen dat aanwezig is in de vaste fase van sediment wordt vooral gemobiliseerd via de reductie van ijzeroxiden of de oxidatie van pyriet. Beide processen kunnen optreden als gevolg van o.a. wisselende grondwaterstanden, grondwaterstromingen, intrusie van zout water en infiltratie van nitraat. Grootschalige beïnvloeding van het grondwater, ten gevolge van inpoldering en aanpassingen in het peilbeheer, hebben een belangrijk effect gehad op de mobilisatie van arseen. Anoxisch of anaeroob (grond)water wordt gekenmerkt door de afwezigheid van zuurstof en/of nitraat, en hoge concentraties opgelost ijzer. Als water uit een gereduceerde omgeving in contact komt met zuurstofhoudend water dan zal het opgelost ijzer minder oplosbaar worden en gaan neerslaan als slecht oplosbare ijzeroxiden en ijzerhydroxiden. Met het neerslaan van deze (hydr)oxiden wordt ook het opgeloste arseen ingevangen (aangeduid als co-precipitatie) en op deze manier onoplosbaar gemaakt en in meer of mindere mate vastgelegd. Deze vastlegging van arseen kan resulteren in een sterke concentratietoename van arseen in de vaste fase. Als de ijzer(hydr)oxiden na verloop van tijd in contact komen met water uit een reducerende omgeving dan gaan ijzer(hydr)oxiden weer in oplossing. Hierdoor komt ook het gecoprecipiteerde arseen versneld vrij, hetgeen kan leiden tot vaak hoge concentraties in oplossing.

H. Schat:

Arseen in gewassen

De belangrijke wetenschappelijke literatuur over arseen in land- en tuinbouwgewassen is uitstekend samengevat door Jos Verkleij; ik heb daar niets aan toe te voegen. De hoofdconclusies zijn (volgens mij):

- 1) Er is geen eenduidige relatie tussen de As concentratie in het gewas en die in de bodem, zelfs niet voor afzonderlijke soorten (bv. rijst).
- 2) Het kennelijke ontbreken van een duidelijke plant/bodem-relatie kan een gevolg zijn van het ontbreken van een (realistische) inschatting van de plantbeschikbaarheid van het As in de bodem, maar ook van een hoge mate van soortspecificiteit wat betreft de As accumulatie-capaciteit.
- 3) Er zijn betrekkelijk weinig (interpreteerbare) gegevens.

Mijn (aanvullend) commentaar:

Ad 1): Er is een tamelijk grote variatie, wat betreft As accumulatie-capaciteit, tussen rijstcultivars.

Ad 3): Alle onderzochte gewassen, behalve natte (= paddy) rijst, nemen As op in de vorm van arsenaat (As[V]), omdat ze alleen op aerobe bodems kunnen groeien; natte rijst neemt As vooral op in de vorm van arseniet (As[III]), omdat het op anaerobe bodems geteeld wordt. Het valt te verwachten dat de plant/bodem-relaties voor As[V] en As[III] geheel anders zijn, ook wat betreft de gewasspecificiteit. As[V] wordt opgenomen door fosfaattransporters, As[III] vooral door kiezelzuur en glycerol transporterende aquaporines (Lsi's); de expressie van fosfaattransporters wordt vooral gereguleerd door de fosforbehoefte van de plant, die van kiezelzuurtransporters door de siliciumbehoefte. In tegenstelling tot fosfor, is silicium niet voor ieder gewas essentieel: voor de meeste soorten is Si zelfs overbodig, of hooguit "beneficial", terwijl Si voor andere soorten, vooral grasachtigen, waaronder rijst, (orde Poales), in betrekkelijk grote hoeveelheden absoluut noodzakelijk is voor overleving en groei. As accumulatie in natte rijst berust op een hoge expressie van de Si transporters Lsi1 en Lsi2.

Arseen in mijnvegetaties in Iran

Er zijn slechts enkele databestanden gepubliceerd die het mogelijk maken om min of meer representatieve plant/bodem relaties vast te stellen voor de As concentraties van wilde plantensoorten in natuurlijke vegetaties. De grootste beschikbare data sets zijn die van Karimi et al. (2010, 2013), voor twee mijngebieden in Iran. De As concentratie werd gemeten in de rhizosfeer, in de bladeren en, voor zover mogelijk, de wortels van ruim 200 wilde soorten, behorende tot vele tientallen families. De totale As concentratie in de rhizosfeer varieerde van 1 – 7500 ppm in Zarshuran en van 1 -1200 ppm in Dashkasan. De belangrijkste conclusies zijn:

- 1) In beide gebieden neemt de As concentratie in de vegetatie significant en lineair toe met de totale, de water-extraheerbare, en de uitwisselbare As concentraties in de bodem.
- 2) De As concentratie in de vegetatie wordt in beide gebieden het beste voorspeld door de water-extraheerbare As concentratie in de bodem.
- 3) In Zarshuran werden twee As "hyperaccumulerende soorten* aangetroffen", nl. *Isatis capadocica* en *Hesperis persica*, in Dashkasan geen enkele.
- 4) Regressie van de As concentratie in het blad ($y = \text{ppm drooggewicht}$) op de water-oplosbare As concentratie in de rhizosfeer ($x = \text{ppm drooggewicht}$) levert de volgende relaties: $y = 181x + 10$ voor Zarshuran (*I. capadocica* en *H. persica* niet meegerekend) en $y = 30x + 7$ voor Dashkasan.
- 5) Van de totale variantie van de As concentratie in het blad wordt hooguit een klein deel (5-15 %) verklaard door de As concentratie in de bodem. Vermoedelijk is de factor "plantensoort" kwantitatief veruit de belangrijkste component van de totale variantie (60-80%**).

* Een klein aantal plantensoorten (± 500 wereldwijd), verspreid over vele families, maar vooral binnen de Brassicaceae (= koolachtigen, kruisbloemigen), "hyperaccumuleren" zware metalen of metalloïden in hun bladeren tot concentraties die 10 tot 1000 x zo hoog zijn dan die in 'normale' planten; deze planten zijn verder gekenmerkt door een zeer hoge "spruit/wortel metaalconcentratie-ratio" (> 1 ; normaliter ± 0.2). Voor As hyperaccumulatie geldt een drempelwaarde van 1000 ppm As in het blad. *I. tinctoria* (tot 1200 ppm) en *H. persica* (tot 3000 ppm), beiden van de koolfamilie, zijn de enige tot nu bekende As hyperaccumulatoren onder de zaadplanten.

** Deze variantiecompartimentering berust op een voorlopige "visuele" schatting mijnerzijds. Ik heb onlangs een precieze compartimentering uitgevoerd, m.b.v. 2-way ANOVA, voor een vergelijkbare dataset voor antimoon (Sb), en die was, qua variantiepatronen opvallend gelijkvormig met die van

Karimi. Als het nodig is kan ik alsnog de data van Karimi aan een 2-way ANOVA onderwerpen, maar de uitkomsten zullen ongetwijfeld binnen de grenzen van mijn schattingen liggen. Dit betekent dat de As concentratie in een plant veel sterker afhangt van de soort plant (en de familie) dan van de As concentratie in de bodem.

Arseen in wilde plantensoorten in Diemen

Er is ook nog een, nogal beperkte, data set voor wilde plantensoorten van de “hotspot” Overdiempolder-Zuid (proefschrift Sneller, 1999). Ik heb deze data vergeleken met die van Karimi. Conclusies:

- 1) Er is, ook in de Overdiempolder een significant, min of meer lineair verband tussen de As concentratie in het blad en die in de bodem (totaal en wateroplosbaar). De relatie tussen de As concentratie in het blad en de wateroplosbare As concentratie in de bodem wordt beschreven door: $y = 45x + 1$, dus qua helling intermediair tussen die voor Zarshuran en die voor Dashkasan (zie boven).
- 2) Het lijkt erop dat de factor ‘bodem’ hier een relatief groter deel van de totale variantie verklaart, maar een degelijke variantiecompartimentering is met deze beperkte data set niet goed mogelijk.

Conclusies en discussiepunten

(1) Bij wilde plantensoorten neemt de As concentratie in het blad significant en min of meer lineair toe met die in de bodem.

(2) Van de variatie in foliaire As concentraties tussen de soorten van de vegetatie van een gebied met variabele As concentraties in de bodem wordt ongetwijfeld het overgrote deel verklaard door de factor “soort”, en in mindere mate de factor “familie”, zelf wanneer de variatie van de concentratie in de bodem extreem is bv. van 1 tot 7000 ppm. Dit betekent dat betrouwbare voorspellingen van As concentraties in planten alleen gedaan kunnen worden op grond van soortspecifieke, misschien familiespecifieke plant/bodem relaties.

(3) De As concentraties in planten binnen een bepaald gebied worden het beste voorspeld door de water-extraherbare As concentratie in de bodem. De regressiehellingen kunnen echter zeer sterk verschillen tussen gebieden. Dit suggereert dat er ook andere belangrijke determinanten van de As opname door planten moeten zijn. M.a.w., de plant/bodem relaties voor wateroplosbaar bodem As lijken ook ‘gebiedsspecifiek’, misschien dus bodemtypespecifiek, of klimaatspecifiek.

(4) Het is onduidelijk in hoeverre de data van Karimi van belang zouden kunnen zijn voor het voorspellen van de As concentraties in tuinbouwgewassen in gebieden met As-houdend kwelwater. Ik vermoed, gezien de zeer hoge As concentratie van *Holcus lanatus*, een gras, in de Overdiempolder, dat As aldaar vooral opgenomen wordt als arseniet (As[III]), terwijl het As in de Iraanse gebieden ongetwijfeld uitsluitend als arsenaat (As[V]) opgenomen wordt (dit laatste wordt ‘bewezen’ door het feit dat de grassen in die gebieden steevast tot de minst As accumulerende soorten behoren). Opvallend is ook dat *Brassica rapa* in de data van Sneller veruit de laagste As concentraties vertoont, terwijl de Brassicaceae in de data van Karimi steevast tot de betere As accumulatoren behoren (ook dit wijst op As[III] in Diemen versus As[V] in Iran). Aangezien alle ‘As hotspots’ in NW-Nederland veroorzaakt worden door kwel van As-houdend diep grondwater (is dat

zo?), verwacht ik dat voor Nederland de plant/bodem-relatie van Sneller eerder representatief zal zijn dan die van Karimi cs. Het probleem met de data set van Sneller zit 'm in het kleine aantal soorten, hetgeen een goede variantie-compartmentering ondoenlijk maakt.

(5) Er zijn weinig data voor As accumulatie in tuinbouwgewassen, maar ik verwacht dat er in het algemeen geen consistent verschil in gemiddelde zal zijn met wilde planten.

(6) De bodem van de hotspot bij Diemen bevat tot 1050 ppm totaal As. De gemiddelde concentratie in het blad (over 2 soorten) is daar ± 10 ppm! Dat is ± 2.5 en 50x (!!) zo hoog als de maximaal toelaatbare concentraties in veevoer en menselijk voedsel in Zwitserland (zie boven; rapport Jos Verkleij). Is dat niet alarmerend?

(7) Het is niet aannemelijk, maar ook niet helemaal uit te sluiten, dat er een As hyperaccumulator onder de tuinbouwgewassen schuilt. Als dat zo is, dan zal het als het om een As[V]-houdende bodem gaat, vermoedelijk om een koolachtige gaan. Als het om een (vooral) As[III]-houdende bodem gaat, dan lijkt *Brassica rapa* juist bijzonder weinig As te accumuleren (Sneller, 1999). As[III]-hyperaccumulerende soorten zijn mij niet bekend, maar er is ook nooit specifiek door iemand naar gezocht. (Overigens, een aardig voorbeeld van een hyperaccumulerend tuinbouwgewas is *Brassica rapa* var. *broccoli*; dat hyperaccumuleert thallium; eet nooit broccoli van thallium-houdende bodem!).

Bijlage 6 Berekening P95 gewasconcentraties aan arseen

groente	P95 mg/kg DW	P95 mg/kg FW	Invoer sanscrit		
Aardappel (RIVM)	0,135	0,023	0,023		
Spinazie (RIVM)	0,26	0,022	0,052 ⁶⁷		
Wortel (RIVM)	0,621	0,075			
Kassla (Alterra)	0,88	0,04			
Komkommer (Alterra)	1,76	0,069			
Tomaat	0,025	0,0015			

De concentraties arseen in gewassen worden meestal vermeld in drooggewicht.

Voor een omrekening naar versgewicht om in te kunnen voeren in Sanscrit gelden deze formules:

Gehalte drooggewicht = FACTOR x gehalte versgewicht

FACTOR = 100/ (100-vochtgehalte gewas)

Per gewas is de factor anders. Het vochtgehalte per gewas staat in tabel 6.1 in het RIVM rapport van Swartjes et al uit 2007.⁶⁸

Zo ziet de omrekening van drooggewicht naar versgewicht er als volgt uit:

Factoren

Aardappel: 6 0,135 mg/kg DW : 6 = 0,023 mg/kg FW

Spinazie: 11,9 0,26 mg/kg DW : 11,9 = 0,022 mg/kg FW

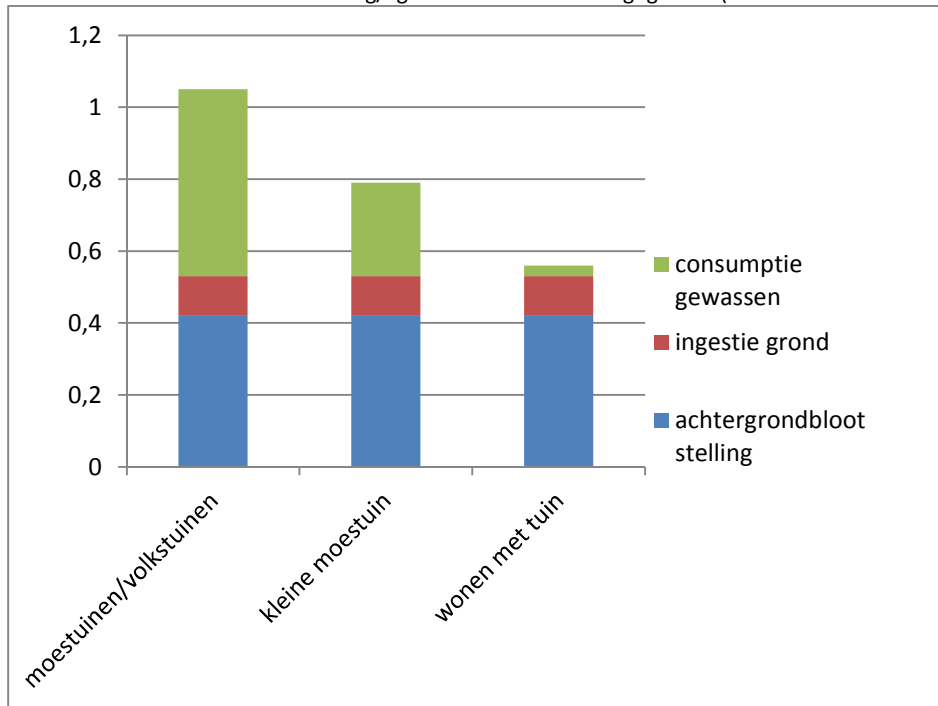
Wortelen: 8,2 0,621 mg/kg DW : 8,2 = 0,075 mg/kg FW

⁶⁷ Er wordt hierbij uitgegaan van een normale verdeling van de meetwaarden.

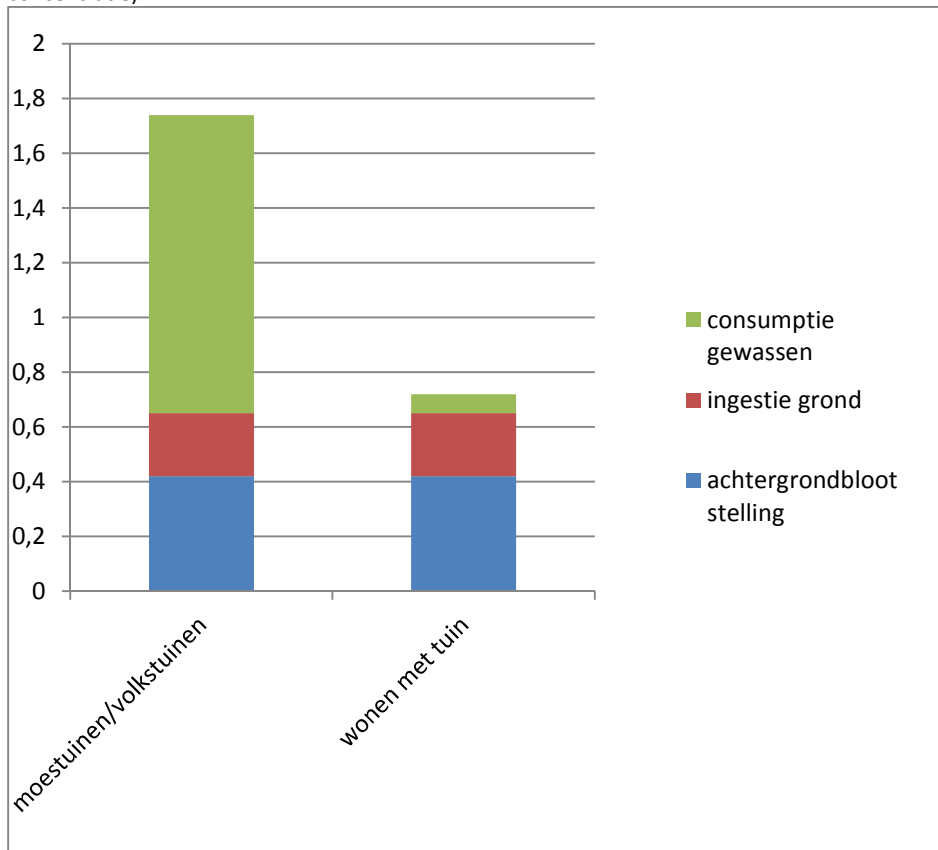
⁶⁸ Swartjes et al, towards a protocol for the assessment of site-specific human health risks for consumption of vegetables from contaminated sites, RIVM rapport 711701040/2007

Bijlage 7 Grafieken Sanscrit berekeningen casus gemeenten met standaard invoergegevens

Grafiek 2 Bodemconcentratie 87 mg/kg met standaard invoergegevens (lineair toenemende arseen in gewas concentratie)



Grafiek 4 Bodemconcentratie 184 mg/kg met standaard invoergegevens (lineair toenemende arseen in gewas concentratie)

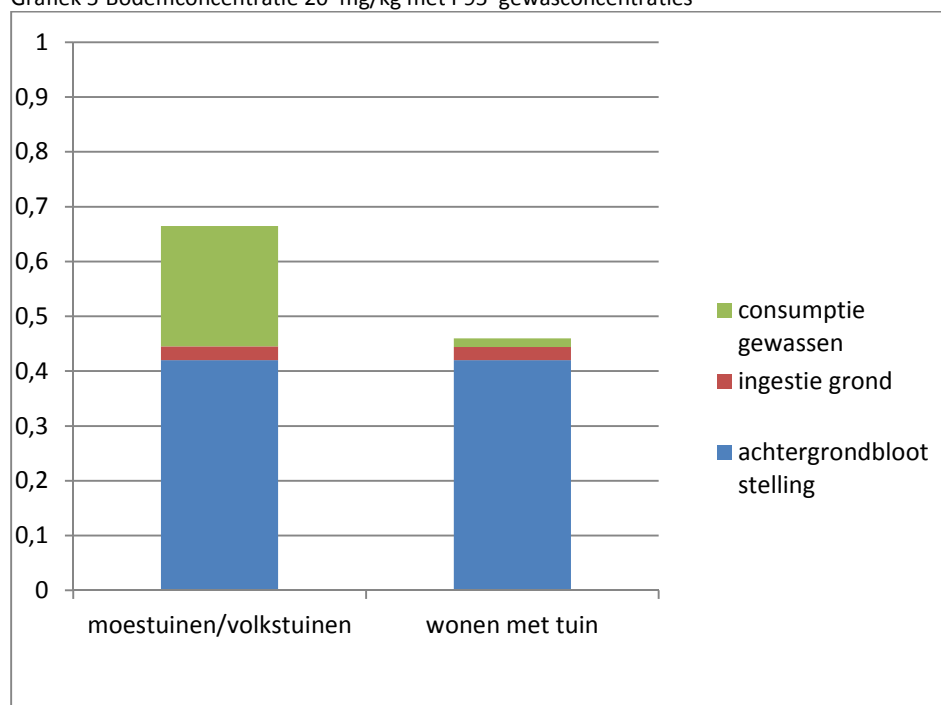


Bijlage 8 Sanscrit berekeningen met achtergrondwaarde 20 mg/kg

Tabel 5 Bodemconcentratie 20 mg/kg met P95 gewasconcentraties

Scenario met 20 mg/kg arseen n bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg	Ingestie grond $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg	Consumptie gewassen tuin $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg	Risico-index tov TDI $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg	marge tov 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dg (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuin	0,42	0,025	0,22 (52%)	0,67	0,67	4,5
Wonen met tuin	0,42	0,025	0,016 (3,8%)	0,46	0,46	6,5

Grafiek 5 Bodemconcentratie 20 mg/kg met P95 gewasconcentraties



Tabel 6 Bodemconcentratie 20 mg/kg met standaard invoergegevens (lineair toenemende arseen in gewas concentratie)

Scenario met 20mg/kg arseen in bodem	Achtergrond blootstelling volwassenen/kinderen $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$	Ingestie grond $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$	Consumptie gewassen tuin $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ en bijdrage tov achtergrondblootstelling in procenten	Totaal $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$	Risico-index Tov TDI $1 \mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$	marge tov $3 \mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dg}$ (BMDL 0,5)
Moestuin volkstuin	0,42	0,03	0,12 (29%)	0,75	0,57	5,3
Wonen met tuin	0,42	0,03	0,008 (1,9%)	0,46	0,46	6,5

Grafiek 6 Bodemconcentratie 20 mg/kg met standaard invoergegevens (lineair toenemende arseen in gewas concentratie)

