



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

**Handreiking voor de risicobeoordeling  
van arseen in de bodem voor de  
particuliere groenteteelt. GGD  
Informatieblad Medische Milieukunde**

RIVM Briefrapport 2017-0177  
F. Swartjes et al.





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

**Handreiking voor de risicobeoordeling  
van arseen in de bodem voor de  
particuliere groenteteelt. GGD  
Informatieblad Medische Milieukunde**

RIVM Briefrapport 2017-0177  
F. Swartjes et al.

## Colofon

© RIVM 2017

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2017-0177

F. Swartjes (auteur), RIVM  
P. Janssen (auteur), RIVM  
A. Dusseldorp (auteur), RIVM  
W. Hagens (auteur), RIVM

Contact:  
Centrum Gezondheid en Milieu  
cgm@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Programmacollege Gezondheid en Milieu en is gefinancierd door het ministerie van VWS in het kader van Ondersteuning GGD'en V/200112/17/TB

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

### **Handreiking voor de risicobeoordeling van arseen in de bodem voor de particuliere groenteteelt**

Arseen kan van nature in de grond en het grondwater zitten of daar door activiteiten van de mens in het verleden in terecht gekomen zijn. Wanneer mensen zelf groenten telen, kunnen zij tijdens het tuinieren ongemerkt bodemdeeltjes inslikken. Hierdoor kunnen zij arseen binnenkrijgen. Dat kan ook door de groenten te eten die zijn geteeld op met arseen verontreinigde bodem.

Op verzoek van de GGD'en heeft het RIVM een handreiking opgesteld over de beoordeling van de gezondheidsrisico's bij het eten en zelf telen van groenten op bodems die met arseen zijn verontreinigd. Die beoordeling is lastig, omdat onzeker is hoeveel arseen vanuit de bodem in de groenten terechtkomt. Daarnaast is er voor arseen geen actuele waarde voor de 'toelaatbare blootstelling' beschikbaar.

De handreiking geeft een indicatie van de waarde die op dit moment het beste als 'toelaatbare blootstelling' voor arseen kan worden gebruikt. De blootstelling aan arseen via het zelf telen en eten van groenten is hierbij hoog ingeschat omdat de opname van arseen door de groenten uit de bodem onvoorspelbaar is. De blootstelling is vervolgens vergeleken met de zogenoemde achtergrondblootstelling aan arseen. Dit is de hoeveelheid arseen waar iedereen aan wordt blootgesteld (namelijk via in de winkel gekochte levensmiddelen als rijst, granen en melk, via drinkwater en mogelijk via andere bronnen), onafhankelijk van lokale bodemverontreiniging. De blootstelling via groenten die men zelf zou kunnen telen, draagt ongeveer 10 procent bij aan de achtergrondblootstelling; de achtergrondblootstelling via andere levensmiddelen vormt het grootste deel.

Ten slotte worden handelingsperspectieven geboden om de blootstelling aan arseen te verminderen bij het moestuinieren. Dat kan bijvoorbeeld voorlichting zijn om de hoeveelheid ingeslikte gronddeeltjes te verminderen.

Kernwoorden: arseen, toelaatbare blootstelling, beoordeling gezondheidsrisico's, moestuin



## Synopsis

### **Guidance on the risk assessment of arsenic in soil for private vegetable gardening**

Arsenic is a naturally occurring substance in soil and groundwater, but it can also be present in soil and groundwater through past human activities. When people grow their own vegetables on plots contaminated with arsenic, they may unintentionally ingest soil particles whilst tending their crops and in doing so, they may ingest arsenic. This is also possible when eating vegetables that have been grown on soil contaminated with arsenic.

RIVM was requested by the municipal health services (GGDs) to advise on the assessment of the human health risks of growing vegetables in soil contaminated with arsenic. This assessment is difficult because it is uncertain how much of the arsenic in the soil accumulates in vegetables. In addition, a current guideline value for 'tolerable exposure' to arsenic is lacking.

This guidance provides an indication of a state-of-art guideline value for 'tolerable exposure' to arsenic. A conservative estimate (based on high exposure) of exposure to arsenic through vegetable consumption was made, because the assessment of the accumulation of arsenic in vegetables is unpredictable cumbersome. Subsequently, the exposure to arsenic through growing vegetables was compared to the so-called background exposure. This is the intake of arsenic by the general public through purchased foods such as rice, cereals and milk, drinking water and possibly other exposure routes, independent of local soil contamination. It was calculated that exposure through the vegetables which people are more likely to grow themselves contributes about 10% to background exposure; the remaining background exposure is predominantly from other food products.

Finally, this report offers advice on how to reduce exposure to arsenic for people who grow their own vegetables. This can be done, for example, through information on how to reduce the amount of ingested soil.

Keywords: arsenic, tolerable exposure, human health risk assessment, plant uptake





## Dankwoord

De auteurs zijn erkentelijk voor het nuttige commentaar van Christa Cornelis (Vito, Vlaanderen, België), Ingrid Links (GGD Gelderland Zuid), Rinske Keuken (GGD Kennemerland) en Nicole Nijhuis (GGD Amsterdam) op een concept-versie van deze rapportage. Ook RIVM-collega Polly Boon wordt bedankt voor haar constructief commentaar op de bepaling van de achtergrondblootstelling aan arseen. Tenslotte gaat onze hartelijke dank uit naar Paul Römkens van Alterra, voor zijn input bij het bepalen van arseengehalten in groenten in Nederland.



## Inhoudsopgave

### Samenvatting — 11

#### 1 Inleiding — 15

- 1.1 Probleemstelling — 15
- 1.2 Vragen aan het RIVM — 16
- 1.3 Werkwijze — 16
- 1.4 Arseengehalten in de Nederlandse bodem — 17
- 1.5 Mogelijkheden voor blootstelling — 17

#### 2 Toelaatbare blootstelling — 19

- 2.1 MTR, BMDL en MOE — 19
- 2.2 Basis van de huidige  $MTR_{\text{humaan}}$  anorganisch arseen — 20
- 2.3 Herbeoordeling door EFSA en JECFA — 20
- 2.4 Blootstelling via de voeding in relatie tot de BMDL — 22
- 2.5 MOE-benadering versus lineaire extrapolatie — 22
- 2.6 BMDL en  $MTR_{\text{humaan}}$  — 23
  - 2.6.1 Achtergrond — 23
  - 2.6.2 Van BMDL naar  $MTR_{\text{humaan}}$  — 23
  - 2.6.3 Gebruik maken van de MOE — 24

#### 3 Achtergrondblootstelling — 27

- 3.1 Achtergrondblootstelling — 27
  - 3.1.1 Voedselpeilingen — 27
  - 3.1.2 Kinderen — 28
  - 3.1.3 Volwassenen — 28
  - 3.1.4 Analyse — 29
  - 3.1.5 Levenslang gemiddeld — 29
- 3.2 Achtergrondconcentraties in groenten (winkel) — 30
- 3.3 Achtergrondblootstelling via drinkwater — 32

#### 4 Blootstelling aan arseen via het zelf telen van groenten — 33

- 4.1 Blootstellingsroutes en blootgestelden — 33
- 4.2 Blootstelling via groningestie — 35
- 4.3 Blootstelling via groenteconsumptie — 35
  - 4.3.1 Consumptiehoeveelheden — 35
  - 4.3.2 Concentraties in zelf te telen groenten — 36
  - 4.3.3 Concentraties in zelf te telen groenten versus groenten uit de winkel — 39

#### 5 Blootstelling via het zelf telen van groenten in perspectief — 41

- 5.1 De blootstellingen op een rij — 41
  - 5.1.1 Schatting blootstelling als volwassenen en kinderen in de tuin zijn — 41
  - 5.1.2 Schatting blootstelling als er geen kinderen aanwezig zijn in de tuin — 43

#### 6 Risicoreductie/handelingsperspectief — 47

- 6.1 Blootstelling via groningestie — 47
  - 6.1.1 Kinderen — 47
  - 6.1.2 Volwassenen — 48
- 6.2 Blootstelling via groenteconsumptie — 48

6.3 Overwegingen over een gewasonderzoek — 49

**7 Conclusies en aanbevelingen — 51**

7.1 Conclusies — 51

7.2 Aanbevelingen — 52

**Literatuur — 55**

**BIJLAGE A. LOWER, MIDDLE AND UPPER BOUND (EFSA) — 57**

**BIJLAGE B. ACHTERGRONDBLOOTSTELLINGEN AAN ARSEEN IN  
NEDERLAND EN EUROPA — 58**

## Samenvatting

Arseen komt van nature voor in de grond en het grondwater, soms in hoge concentraties. In deze 'natuurlijke' situaties hoeft volgens de Wet bodembescherming geen sanering plaats te vinden. Voor de gezondheidsrisico's maakt het niet uit of de aanwezigheid van arseen een natuurlijke oorsprong heeft of door de mens veroorzaakt is. De beoordeling van deze risico's is lastig, omdat er grote onzekerheden zijn in de relatie tussen de concentratie in de bodem en die in groenten. Daarnaast is er momenteel voor arseen geen geactualiseerde Maximaal Toelaatbaar Risico voor de mens ( $MTR_{\text{humaan}}$ ; toelaatbare blootstelling) voor de gezondheidseffecten bij de mens beschikbaar. Voor arseen zijn er internationale beoordelingen waarin uit epidemiologische gegevens *Benchmark Dose Lower confidence limit* (BMDLs) zijn afgeleid als risicomaat. Deze risicomaat dient in combinatie met een zogenaamde Margin of Exposure (MOE) te worden toegepast (zie tekstkader).

De GGD'en worden geconfronteerd met moestuinen waar arseen in de bodem zit. Zij hebben het RIVM gevraagd te verduidelijken hoe de risicoschatting van arseen bij het zelf telen van groenten het beste gedaan kan worden en om de blootstelling via zelf-geteelde groenten in het perspectief te plaatsen van andere blootstellingen.

### Begrippen

**BMDL<sub>0,5</sub>** (*Benchmark Dose Lower confidence limit<sub>0,5</sub>*) voor anorganisch arseen:

Dosis in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lichaamsgewicht per dag waarbij zich bij levenslange blootstelling een extra risico voor longkanker van 0,5% (d.w.z. van 1 op 200) kan voordoen (effect  $\leq 0,5\%$ ).

**MOE** (*Margin of Exposure*): de marge tussen de BMDL en de geschatte blootstelling.

Als de MOE groot is, is er dus weinig kans op gezondheidseffecten. De minimale MOE geeft aan vanaf welke marge er een aanvaardbaar of verwaarloosbaar gezondheidsrisico is.

### Vraagstelling

De vragen aan het RIVM over de beoordeling van gezondheidsrisico's ten gevolge van de aanwezigheid van arseen in de bodem luiden als volgt:

- A. Hoe werkt een risicobeoordeling met de BMDL en bijbehorende MOE?
- B. Is er een verkenning te maken in welke ordegrrootte de MOE redelijkerwijs zou moeten liggen voor de BMDL voor anorganisch arseen (de EFSA-methode voor MOE-berekening voor kankerverwekkende stoffen volgend)?
- C. Hoe verhoudt de bijdrage van het eten uit de moestuin zich tot andere blootstellingen?
- D. Is bekend of bepaalde groenten veel of juist weinig arseen opnemen uit de bodem?

- E. Vloeien hier handelingsperspectieven voor moestuinders uit voort?

## Resultaten

### A. Risicobeoordeling met de BMDL/MOE

Het huidige  $MTR_{\text{humaaan}}$  voor anorganisch arseen van  $1 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  (afgeleid in 2001) is gebaseerd op de Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI; toegestane wekelijkse inname uit 1989 van de JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Deze PTWI is in 2009 teruggetrokken door EFSA (European Food Safety Authority) en in 2011 ook door de JECFA zelf, na herbeoordeling van de epidemiologische gegevens. Deze beide organisaties vonden de PTWI niet veilig, en ze oordeelden dat er geen blootstellingsgrens is te bepalen waaronder geen schadelijke effecten optreden. Ten behoeve van de risicobeoordeling heeft de JECFA voor longkanker een  $BMDL_{0,5}$  afgeleid van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  (range 2-7  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ) (WHO, 2011). Deze  $BMDL_{0,5}$  is de dosis in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lichaamsgewicht per dag waarbij zich een 0,5% extra risico op longkanker kan voordoen. Deze door JECFA afgeleide  $BMDL_{0,5}$  is momenteel de best beschikbare referentiewaarde voor de risicobeoordeling, maar is niet direct te vertalen naar de gebruikelijke  $MTR_{\text{humaaan}}$ -systematiek. Voor de risicobeoordeling wordt door EFSA en JECFA aanbevolen om de MOE ten opzichte van de BMDL te berekenen; als de MOE voldoende groot is, is er geen zorg voor wat betreft mogelijke gezondheidseffecten. De organisaties geven zelf geen waarde voor hoe groot de MOE voor anorganisch arseen minimaal zou moeten zijn. De BMDLs voor anorganisch arseen afgeleid door EFSA en JECFA zijn gebaseerd op humane gegevens en hebben deels betrekking op gevoelige populaties.

### B. Ordegrootte MOE

Op basis van de beschikbare informatie heeft een expertgroep van het RIVM geconcludeerd dat de minimale MOE voor arseen tussen 10 en 50 zou kunnen liggen. Aanbevolen wordt om stappen te nemen, bij voorkeur in internationaal kader, om tot een consensuswaarde voor de minimale MOE voor arseen te komen.

### C. Blootstelling via het zelf telen van groenten in perspectief

Iedereen krijgt een achtergrondblootstelling aan arseen binnen. Onder achtergrondblootstelling wordt hier verstaan: arseen dat men binnen krijgt via groenten uit de winkel, via overige levensmiddelen uit de winkel (zoals rijst, granen, melk) en via drinkwater. De blootstelling via de totale voeding ligt volgens EFSA (2009, 2014) voor een deel van de Europese bevolking al ongewenst hoog ten opzichte van de  $BMDL_{0,5}$  (de MOE is dus ongewenst klein). Groenten die men zelf zou kunnen telen dragen hier ongeveer 10% aan bij; de achtergrondblootstelling via andere levensmiddelen domineert. De achtergrondblootstelling aan arseen via drinkwater is gering ten opzichte van die via voeding (ruim 10 maal lager).

#### **D. Gewassen die relatief veel of weinig arseen opnemen**

Op grond van beschikbare gegevens lijkt sla relatief veel arseen op te nemen. Prei en mogelijk kool (slechts twee onderzoeken) ook, maar dit is alleen terug te zien in de moestuindata (niet in reguliere landbouw). Dit zegt echter pas iets over de blootstelling aan arseen als ook het dagelijks gegeten gewicht van de groente wordt beschouwd.

#### **E. Risicoreductie/handelingsperspectief**

De hoeveelheid grondingestie kan worden verminderd door het aanbrengen van een schone bodemlaag, door verharding, door een slimme inrichting van het terrein, door voorlichting (bijvoorbeeld gericht op het frequent handen wassen of het dragen van handschoenen) en door het bieden van niet-grondgebonden alternatieve activiteiten voor kinderen.

De blootstelling via groenteconsumptie is moeilijk te verminderen. Dit komt doordat als specifieke groenten minder worden geteeld deze waarschijnlijk in de winkel worden gekocht en het onzeker is of groenten uit de winkel een lager arseengehalte hebben dan groenten geteeld op verontreinigde bodem.

#### *Aanbevelingen*

De volgende stappen zijn nodig om de risicobeoordeling van het moestuinieren op arseenhoudende grond te verbeteren:

- Het bereiken van internationale consensus voor de minimale MOE voor arseen ten opzichte van de  $BMDL_{0,5}$  van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ;
- Een betere onderbouwing van de arseengehalten in groenten uit de reguliere landbouw in Nederland en
- Een verbeterde bepaling van de blootstelling aan arseen uit de bodem (arseengehalten in groente mede in relatie tot bodemconcentraties, biobeschikbaarheid), met als doel om tot een degelijker en beter onderbouwde landelijke beoordelingsprocedure van de gezondheidsrisico's te komen.





# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Arseen komt van nature voor in de grond en het grondwater, soms in hoge concentraties. In deze 'natuurlijke' situaties hoeft volgens de Wet bodembescherming geen sanering plaats te vinden. GGD'en willen echter kunnen beoordelen of in dergelijke gevallen het telen en eten van groenten uit eigen tuin een onaanvaardbaar gezondheidsrisico met zich mee brengt. Voor de gezondheidsrisico's maakt het immers niet uit of de aanwezigheid van arseen een natuurlijke oorsprong heeft of van antropogene herkomst is (door de mens veroorzaakt). GGD Kennemerland en GGD Amsterdam hebben binnen de Academische werkplaats MMK een project uitgevoerd over de risicobeoordeling van arseen (Keuken en Nijhuis, 2015). Daaruit bleek dat deze beoordeling lastig is om twee redenen:

- 1) Er zijn grote onzekerheden in de relatie tussen de arseenconcentratie in de bodem en die in groenten.
- 2) Er is momenteel voor anorganisch arseen geen actueel Maximaal Toelaatbaar Risico voor de mens ( $MTR_{\text{humaaan}}$ ; toelaatbare blootstelling) voor de gezondheidseffecten bij de mens beschikbaar. De internationale instanties JECFA<sup>1</sup> en EFSA<sup>2</sup> hebben de oude waarde voor de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) teruggetrokken. Deze waarde lag ten grondslag aan de  $MTR_{\text{humaaan}}$ . Zij hebben daar zogenaamde Benchmark Dose Lower confidence limit-waarden (BMDL-waarden) voor in de plaats gesteld, welke in combinatie met een Margin of Exposure (MOE) beoordeling van de blootstelling mogelijk maken (zie tekstkader 1).

### *Tekstkader 1: Begrippen*

**BMDL<sub>0,5</sub>** (*Benchmark Dose Lower confidence limit<sub>0,5</sub>*) voor anorganisch arseen:

Dosis in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lichaamsgewicht per dag waarbij zich bij levenslange blootstelling een extra risico voor longkanker van 0,5% (d.w.z. van 1 op 200) kan voordoen (effect  $\leq 0,5\%$ ).

**MOE** (*Margin of Exposure*): de marge tussen de BMDL en de geschatte blootstelling.

Als de MOE groot is, is er dus weinig kans op effecten. De minimale MOE geeft aan vanaf welke marge er een aanvaardbaar of verwaarloosbaar gezondheidsrisico is.

<sup>1</sup> JECFA = Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

<sup>2</sup> EFSA = European Food Safety Authority

## 1.2 Vragen aan het RIVM

De GGD'en hebben het centrum van Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM een aantal aanvullende vragen gesteld over de risicobeoordeling van arseen in de bodem. Het doel is dat de GGD op grond van de meest recente kennis lokale vragen over het kweken van groenten op bodem met arseen beter kan beantwoorden.

De vragen aan het RIVM over de beoordeling van gezondheidsrisico's ten gevolge van de aanwezigheid van arseen in de bodem luiden als volgt:

- Hoe werkt de risicobeoordeling met de BMDL en bijbehorende 'Margins of Exposure' (MOE)?
- Is er een verkenning te maken in welke ordegrrootte de MOE redelijkerwijs zou moeten liggen voor de BMDL voor anorganisch arseen (de EFSA-methode voor MOE-berekening voor kankerverwekkende stoffen volgend).

De vragen om meer zicht te krijgen op de blootstelling (en mogelijke reductie daarvan) zijn:

- Hoe verhoudt de bijdrage van het eten uit de moestuin zich tot andere blootstellingen?
- Is bekend of bepaalde groenten veel of juist weinig arseen opnemen uit de bodem?
- Vloeien hier handelingsperspectieven voor moestuinders uit voort?

Deze vragen worden in dit briefrapport beantwoord. Dit biedt de GGD'en ondersteuning bij de beoordeling van gezondheidsrisico's in geval van het telen en eten van zelf geteelde groenten.

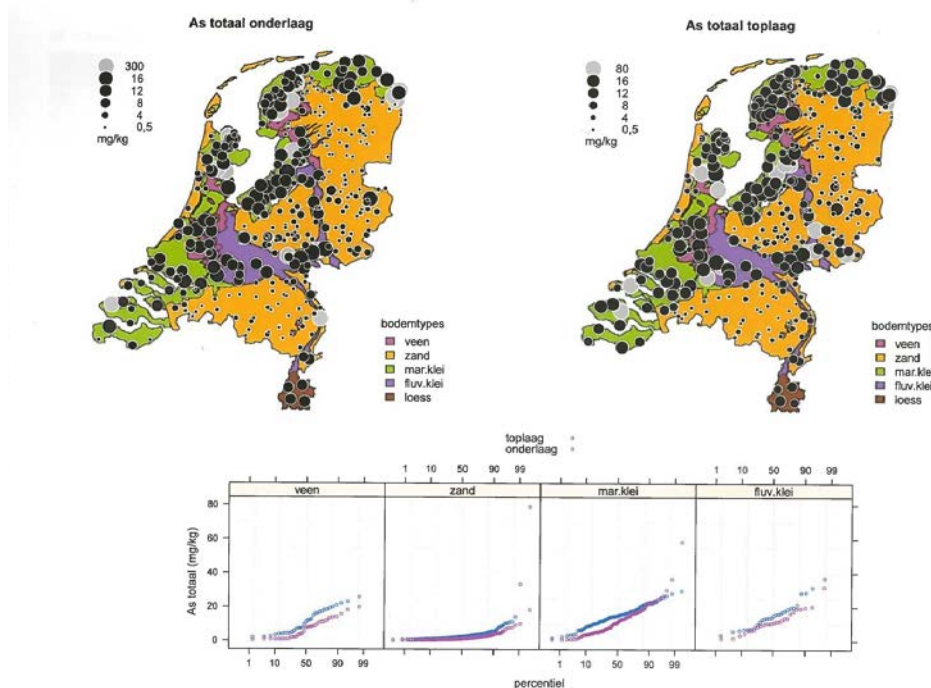
## 1.3 Werkwijze

Er is nagegaan of internationaal waarden voor een minimale MOE zijn afgeleid, of dat er door EFSA aan wordt gewerkt. Ondanks dat dit onderwerp grote internationale aandacht heeft, was dit niet het geval. Aan de hand van de richtlijnen voor de MOE zoals gepresenteerd door EFSA (2005) en rekening houdend met de beschikbare kennis over het werkingsmechanisme ('mode of action') van anorganisch arseen is vervolgens bepaald in welke range de MOE zou kunnen liggen. Daarnaast is alle informatie op een rij gezet over de blootstelling gerelateerd aan het zelf telen van groenten en de achtergrondblootstelling aan arseen. De concept-antwoorden zijn besproken met de GGD Amsterdam en GGD Kennemerland. Daarop is besloten om de informatie beschikbaar te stellen via een informatieblad. Op grond daarvan kunnen de GGD'en onderbouwde, praktische informatie en/of adviezen opstellen voor moestuinders.

## 1.4 Arseengehalten in de Nederlandse bodem

In Nederland zijn de meeste arseengehalten in natuurgebieden en landbouwgebieden lager dan 20 mg/kg<sub>DG</sub> (het 95-percentiel). Klei- en veengronden hebben hogere gehalten arseen in de bodem (95-percentiel 27 mg/kg<sub>DG</sub>, respectievelijk 23 mg/kg<sub>DG</sub>) dan zandgronden (95-percentiel 8,9 mg/kg<sub>DG</sub>) (zie Figuur 1)

In de bovenlaag van bodems boven het zogenaamde basisveen, in het zuidelijk gedeelte van Noord-Holland (ter plaatse van Amstelveen, Ankeveen, Nederhorst den Berg en Weesp), werden arseengehalten gemeten tussen 14 en 31 mg/kg<sub>DG</sub> (Provincie Noord-Holland, 2000). In kwelgebieden kunnen de arseengehalten verhoogd zijn, ten gevolge van opkwellend grondwater. In Harderwijk, bijvoorbeeld, werden in een kwelzone vier waarden gemeten van de arseengehalten in de bovengrond van 26, 77, 80 en 420 mg/kg<sub>DG</sub> (Römkens et al., 2007). In Apeldoorn werden arseengehalten in de bovengrond gemeten tot 44 mg/kg<sub>DG</sub> (Swartjes et al.; in bewerking). In beide regio's vindt kwel plaats als gevolg van de ligging aan de randen van de Veluwe.



GEOCHEMISCHE BODEMATLAS VAN NEDERLAND

Figuur 1. Arseengehalten in Nederland (Mol et al., 2012). Dit betreft metingen in 'relatief onbelaste gebieden' (natuurgebieden en landbouwterreinen), in twee bodemlagen (dieptereange van 0-20 cm en van 100-120 cm). Tevens de cumulatieve frequentieverdelingen voor vier bodemtypen.

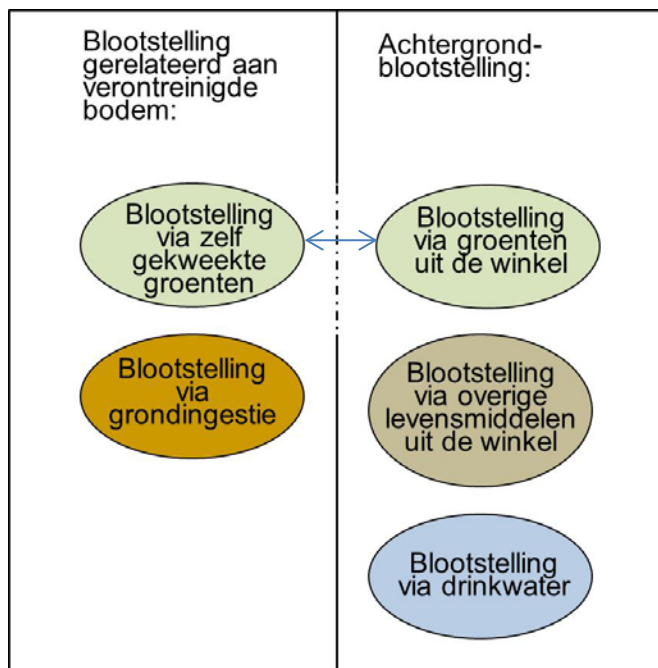
## 1.5 Mogelijkheden voor blootstelling

Indien mensen een moestuin hebben, kunnen ze blootgesteld worden aan arseen via zelfgeteelde groenten, maar iedereen krijgt via zijn voedselpakket een achtergrondblootstelling aan arseen binnen (zie

Figuur 2). Onder achtergrondblootstelling wordt verstaan blootstelling aan arseen via:

- Groenten uit de winkel,
- Overige levensmiddelen uit de winkel (voedsel dat men niet zelf teelt zoals rijst, granen, melk)
- Drinkwater

Groenten die vaak zelf worden geteeld behoren tot de volgende negen gewasgroepen: aardappelen, knolgewassen, bolgewassen, fruitgewassen, kolen, bladgewassen, peulvruchten, bonen en stengelgewassen.



Figuur 2. Blootstellingsroutes gerelateerd aan het zelf telen van groenten (linker kolom) en aan achtergrondblootstelling (rechter kolom). Als er meer groenten zelf worden gekweekt, wordt minder in de winkel gekocht, deze blootstellingen hebben dus een bepaalde verhouding (zie pijl).

## 2 Toelaatbare blootstelling

Hoofdstuk 2 samengevat:

- EFSA (2009) en JECFA (2011) hebben een herbeoordeling uitgevoerd van de beschikbare epidemiologische studies voor anorganisch arseen met uitkomsten die aangeven dat het geldende  $MTR_{\text{humaan}}$  van  $1 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  niet langer als een veilige grens beschouwd kan worden.
- Het RIVM beschouwt de  $BMDL_{0,5}$  van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  van de JECFA (2011) momenteel als het best beschikbare uitgangspunt voor de risicobeoordeling van anorganisch arseen.
- Via het gemiddelde voedselpakket krijgt een deel van de Europese bevolking al een hoeveelheid arseen binnen in de orde grootte van de  $BMDL_{0,5}$ .
- Er is op dit moment geen duidelijkheid over hoe hoog het  $MTR_{\text{humaan}}$  zou moeten zijn op basis van de  $BMDL$ -benadering, waardoor de risicobeoordeling lastig is. Over een minimale MOE, die aanwezig zou moeten zijn tussen de  $BMDL_{0,5}$  en de blootstelling, bestaat geen internationale consensus.
- Een minimale MOE voor arseen in de range van 10 tot 50 lijkt vooralsnog een redelijke keuze (gebaseerd op het oordeel van een RIVM-expertgroep). De bijbehorende toelaatbare blootstelling ( $MTR_{\text{humaan}}$ ) zou dan liggen tussen 0,06 en 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

### 2.1 MTR, BMDL en MOE

Deze paragraaf geeft de uitleg over de toelaatbare blootstelling voor anorganisch arseen puntsgewijs weer en gaat nader in op de bijbehorende begrippen  $MTR_{\text{humaan}}$ , BMDL en MOE. Per punt wordt verwezen naar de paragraaf waarin meer details zijn te vinden.

- Het geldende  $MTR_{\text{humaan}}$  voor anorganisch arseen van  $1 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  werd afgeleid in 2001. De basis was de PTWI van de JECFA uit 1989:  $15 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{week}$  ( $\approx 2 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ). De PTWI werd door JECFA afgeleid uit epidemiologische studies in gebieden waar veel arseen in het drinkwater zit, en is gebaseerd op  $100 \mu\text{g}/\text{L}$  in drinkwater als de concentratie waarbij nog lichte effecten kunnen optreden. Het  $MTR_{\text{humaan}}$  werd berekend door de JECFA-PTWI door een factor 2 te delen (deze factor werd toegepast, omdat lichte gezondheidseffecten konden optreden bij de PTWI). Zie paragraaf 2.2.
- De JECFA-PTWI is door EFSA en JECFA in respectievelijk 2009 en 2011 formeel teruggetrokken na herbeoordeling van de epidemiologische gegevens. Zij achtten de PTWI niet veilig, en oordeelden dat er geen blootstellingsniveau is te bepalen waaronder geen schadelijke effecten optreden. In de actualisatie van de beoordeling van de epidemiologische gegevens kwam longkanker als het gevoeligste effect naar voren. Voor de risicobeoordeling heeft de JECFA (WHO, 2011) een  $BMDL_{0,5}$  voor dit eindpunt afgeleid van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  (range 2 tot  $7 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ). Dit wordt momenteel als de beste beschikbare

referentiewaarde voor de risicobeoordeling beschouwd. Zie paragraaf 2.3.

- Via voeding krijgt een deel van de Europese bevolking al een hoeveelheid arseen binnen in de ordegrrootte van de  $BMDL_{0,5}$ . Zie paragraaf 2.4. Voor de risicobeoordeling bevelen EFSA (2009) en WHO (2011) aan om de MOE ten opzichte van de BMDL te berekenen. Als de MOE voldoende groot is, is er geen zorg voor wat betreft mogelijke gezondheidseffecten. Voor BMDL's op basis van humane gegevens wordt door EFSA en JECFA echter niet aangegeven hoe groot de MOE minimaal zou moeten zijn. Voor humane BMDL's dient de beoordeling per stof (*case by case*) plaats te vinden, geeft EFSA aan. Zie paragraaf 2.5 en 2.6.
- Er is geen directe vertaling te maken van de gekozen BMDL-benadering voor anorganisch arseen naar de  $MTR_{\text{humaaan}}$ -systematiek. Het aangeven van een minimale MOE ligt het meest voor de hand, maar er bestaat internationaal geen consensus over de minimale MOE voor humane BMDLs, zoals in het geval van arseen (beoordeling per stof). Omdat de BMDL voor arseen gebaseerd is op humane gegevens en de effecten deels zijn waargenomen in gevoelige populaties lijkt een minimale MOE voor arseen in de range van 10 tot 50 een redelijke keuze (zie paragraaf 2.6). De bijbehorende toelaatbare blootstelling ( $MTR_{\text{humaaan}}$ ) zou dan liggen tussen 0,06 en 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

## 2.2 Basis van de huidige $MTR_{\text{humaaan}}$ anorganisch arseen

Het bestaande orale  $MTR_{\text{humaaan}}$  voor anorganisch arseen van 1  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  is in 2001 afgeleid door het RIVM op basis van de destijds geldende (PTWI van de JECFA van 15  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{week}$  ( $\approx 2 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ )). De basis voor de PTWI waren gegevens uit epidemiologische studies uitgevoerd in gebieden met veel anorganisch arseen in het drinkwater (zoals Taiwan, Bangladesh, Chili en Argentinië). Deze studies lieten een verhoogd voorkomen zien van huideffecten, huidtumoren en van Blackfoot disease (een gangreenachtige aandoening van de benen). Daarnaast gaven de studies aanwijzingen voor een verhoogd voorkomen van long-, blaas- en nierkanker bij deze populaties. Op basis van deze gegevens werd een laagste (marginale) effectconcentratie in drinkwater geschat van 100  $\mu\text{g}/\text{L}$ . De concentratie van 100  $\mu\text{g}/\text{L}$  werd door JECFA omgerekend naar een PTWI op basis van een dagelijkse drinkwaterinname van 1,5 liter en een lichaamsgewicht van 70 kg. In de afleiding van het orale  $MTR_{\text{humaaan}}$  door het RIVM in 2001 werd conform een aanbeveling door de Gezondheidsraad de PTWI met een factor 2 verlaagd, omdat bij de PTWI al geringe effecten konden optreden.

*Organisch* arseen wordt beschouwd als weinig toxisch. Organische vormen van arseen komen voor in vis en schaal- en schelpdieren en in populaties met hoge blootstellingen worden geen schadelijke effecten waargenomen (JECFA, 1989; EFSA, 2009).

## 2.3 Herbeoordeling door EFSA en JECFA

EFSA (2009) en de JECFA (WHO, 2011) hebben de risicobeoordeling voor arseen in voeding geactualiseerd. Op basis van de beschikbare epidemiologische gegevens werden huidafwijkingen en huidkanker, longkanker en blaaskanker als kritische effecten geïdentificeerd.

Daarnaast werd geconcludeerd dat er uit de studies aanwijzingen komen voor schadelijke effecten op het zenuwstelsel, het hart- en vaatstelsel (inclusief Blackfoot disease), de ontwikkeling voor de geboorte en het glucosemetabolisme. Voor de kritische effecten hebben EFSA en JECFA kwantitatieve analyses uitgevoerd van de resultaten van afzonderlijke epidemiologische studies. De frequentie van ziektegevallen per subpopulatie werd afgezet tegen de range van arseenconcentraties in drinkwater voor de desbetreffende subpopulatie. Aldus resulteerden telkens vijf blootstellingsranges met de bijbehorende frequenties van ziektegevallen. Zoals gebruikelijk werden verschillende wiskundige modellen toegepast (gefit) op de dosis-responsdata, waaruit vervolgens het statistisch meest geschikte model geselecteerd werd. Het resultaat van deze modellering waren zogenaamde BMDL's (zie tekstkader 1).

BMDL's zijn doseringsniveaus die verbonden zijn aan bepaalde van tevoren geselecteerde responsniveaus (percentage van de populatie waarbij een effect optreedt)<sup>3</sup>. In de risicobeoordeling voor anorganisch arseen kozen EFSA en JECFA voor de kritische effecten responsniveaus van respectievelijk 1% (dat wil zeggen een effect bij 1:100 levenslang blootgesteld; EFSA, 2009) en 0,5% (dat wil zeggen een effect bij 1:200 levenslang blootgesteld; WHO, 2011). Deze percentages zijn gekozen, omdat ze in de uitgevoerde epidemiologische studies nog onderscheiden zouden kunnen worden. Op deze manier leidden EFSA en JECFA de BMDL's af voor de geselecteerde kritische eindpunten (zie Tabel 1). De individuele BMDL's worden gegeven als ranges, omdat de blootstelling via voedsel en drinkwater vanwege de variabiliteit in de epidemiologische studies als een range in rekening werd gebracht.

Tabel 1. BMDL's ( $\mu\text{g}/\text{kgLG}/\text{dag}$ ) voor de meest kritische effecten van anorganisch arseen

Eindpunt	EFSA, 2009: BMDL <sub>0,1</sub>	WHO, 2011 (JECFA): BMDL <sub>0,5</sub>
Longkanker	0,34-0,69	3,0 (range 2,0-7,0)
Blaaskanker	3,2-7,5	5,2-11,4
Huidlesies	0,93-5,7	JECFA acht de uitkomst onbetrouwbaar vanwege studiegebreken
Huidkanker	0,16-0,31 (geen BMDL maar stijgpunt in dosis respons-curve <sup>4</sup> , weinig betrouwbaar)	Niet gemodelleerd, omdat huidlesies niet betrouwbaar gemodelleerd konden worden door WHO-JECFA (huidlesies en huidkanker als onderling samenhangend beschouwd)

<sup>3</sup> Om rekening te houden met de statistische betrouwbaarheid wordt in de BMDL-methodiek de 95% ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval rond de dosis met het gekozen effect gebruikt in plaats van die dosis zelf ("lower limit"). De BMDL kan daarom geïnterpreteerd worden als de dosis waarbij het effect naar verwachting niet groter zal zijn dan het gekozen responsniveau (voor arseen 1 of 0,5%).

<sup>4</sup> dit is de beste schatting van de blootstelling (dosis), waarbij sprake is van een significante trend (stijging) in de dose-response-curve

De laagste BMDL's werden dus gevonden voor longkanker. Zoals EFSA en JECFA aangeven, heeft elk van de individuele epidemiologische studies specifieke sterke en zwakke punten. De uitgevoerde modellering bestaat uit dosis-responsanalyse op basis van diverse individuele epidemiologische studies en effecten. Voor longkanker en blaaskanker baseerde de EFSA zich op een analyse uit 2001 uitgevoerd door de Amerikaanse National Research Council. JECFA daarentegen voerde voor deze tumorsoorten een eigen data-analyse uit. De JECFA-analyse had voor longkanker betrekking op een grotere en langer gevolgde studiepopulatie (uit Taiwan) dan die van EFSA (Brandon et al., 2014). EFSA komt voor het gevoeligste effect van longkanker dus wat conservatiever uit (Tabel 1), maar JECFA verdient de voorkeur vanwege de grotere en meer recente database en de uitgebreidere studiepopulatie. De JECFA BMDL<sub>0,5</sub> voor longkanker van 3,0 µg/kg<sub>LG</sub>/dag (range 2,0-7,0 µg/kg<sub>LG</sub>/dag) kan daarom als de beste beschikbare referentiewaarde voor de risicobeoordeling beschouwd worden.

Op basis van de afgeleide BMDL's concludeerden EFSA en JECFA dat de PTWI van 15 µg/kg<sub>LG</sub>/week (2,1 µg/kg<sub>LG</sub>/dag) niet langer als veilig beschouwd kan worden. Met het terugtrekken van deze PTWI is ook de basis weggevallen voor het MTR<sub>humanaan</sub> van 1,0 µg/kg<sub>LG</sub>/dag dat in 2001 werd afgeleid.

Zowel EFSA als JECFA wijzen erop dat anorganisch arseen niet direct reageert met DNA. Een aantal mogelijke werkingsmechanismen zijn bekend zoals oxidatieve beschadiging, epigenetische effecten, en verstoring van DNA-reparatie. Voor elk van deze mechanismen kan een drempelwaarde voor toxiciteit worden aangenomen. Echter, vanwege het onzekere verloop van de dosisresponscurve in het lagere dosisbereik vonden EFSA en JECFA het niet geëigend om een dosis zonder schadelijke werking (PTWI) af te leiden. In plaats van een PTWI adviseren EFSA en JECFA om voor een bepaling van het mogelijke gezondheidsrisico de marge tussen de BMDL (in µg/kg<sub>LG</sub>/dag) en de blootstelling (ook in µg/kg<sub>LG</sub>/dag) te berekenen. EFSA duidt deze marge aan als de MOE). Zie tekstkader 1.

## 2.4 Blootstelling via de voeding in relatie tot de BMDL

Zowel EFSA als JECFA concluderen in hun beoordeling dat blootstelling aan anorganisch arseen via voeding al ongewenst hoog is ten opzichte van de BMDL's (de MOE voor de blootstelling aan arseen via de voeding is dus ongewenst klein). Naast voedsel dragen ook bodem en consumentenproducten bij aan de menselijke blootstelling aan arseen<sup>5</sup>.

## 2.5 MOE-benadering versus lineaire extrapolatie

Het gebruik van de MOE voor kankerverwekkende stoffen is door EFSA geïntroduceerd in 2005. In EFSA (2005) wordt voor stoffen die op basis van proefdiergegevens als genotoxische carcinogenen moeten worden beschouwd, aanbevolen om op basis van die gegevens een BMDL<sub>10</sub> af te leiden. Een responsniveau van 10% kan nog worden onderscheiden in proefdierstudies zoals uitgevoerd volgens de gangbare protocollen.

<sup>5</sup> Zie ook het recent verschenen rapport 'De inname van contaminanten bij een voedingspatroon volgens de Richtlijnen Schijf van Vijf' (Boon et al., 2017)



Indien een BMDL<sub>10</sub> op basis van proefdieronderzoek beschikbaar is, stelt EFSA (2005) dat een MOE van 10.000 of meer “van geringe zorg is vanuit volksgezondheidsoogpunt en beschouwd mag worden als een lage prioriteit voor risicomanagementactie”. Voor humane BMDL's, dat wil zeggen BMDL's afgeleid op basis van waargenomen effecten bij de mens, geeft EFSA slechts aan dat de MOE per stof (“case by case”) beoordeeld dient te worden (geen minimale MOE opgegeven).

De MOE-benadering wijkt af van de wijze waarop in Nederland in het verleden voor genotoxisch carcinogene stoffen normen zijn afgeleid. In Nederland is voor kankerverwekkende stoffen met een genotoxisch werkingsmechanisme het MTR vastgesteld op een extra kankerrisico van 1 op 10.000 per leven bij levenslange blootstelling (VROM 1988). Dit kankerrisico wordt berekend door lineaire extrapolatie uit tumorfrequenties zoals waargenomen in proefdieren of bij de mens. De MOE-benadering houdt in dat de marge wordt berekend tussen de BMDL voor een geselecteerd effectniveau (meestal 10% afgeleid uit proefdierdata) en de blootstelling. Er wordt afgezien van de extrapolatie van tumorfrequenties van 1 op 10.000, 1 op 100.000 of 1 op 1.000.000. Dit in verband met de beperkte betrouwbaarheid van dergelijke extrapolaties.

## 2.6 BMDL en MTR<sub>huumaan</sub>

### 2.6.1 *Achtergrond*

De geldende MTR<sub>huumaan</sub> voor anorganisch arseen uit 2001 is zoals boven aangegeven gebaseerd op de PTWI van de JECFA. Anorganisch arseen werd destijds beoordeeld als een stof met een drempelwaarde voor toxiciteit (geen directe genotoxische werking) en op basis van een geschat niveau zonder effect uit de humane studies werd een PTWI berekend als geschatte veilige waarde. In EFSA (2009) wordt bevestigd dat voor de mogelijke werkingsmechanismen van anorganisch arseen het bestaan van een drempel aannemelijk is. Ook de Gezondheidsraad (2012) trekt een dergelijke conclusie.<sup>6</sup> Op basis van de beschikbare gegevens kan deze mogelijke drempel echter niet vastgesteld worden, concluderen EFSA en ook JECFA. Hoe dan nu het risico te beoordelen? Een RIVM- expertgroep<sup>7</sup> heeft hiervoor een verkenning uitgevoerd. Het resultaat wordt in de volgende sub-paragrafen beschreven.

### 2.6.2 *Van BMDL naar MTR<sub>huumaan</sub>*

In het Nederlandse milieubeleid is voor genotoxisch carcinogenen het MTR<sub>huumaan</sub> gelijk gesteld aan de levenslange dosis in mg/kg<sub>LG</sub>/dag die geassocieerd is met een extra kankerrisico van 1 op miljoen per jaar (gelijk aan 1 op 10.000 per leven).

<sup>6</sup> De Gezondheidsraad (2012) concludeert dat het bewijsmateriaal een niet-stochastisch mechanisme door arseen ondersteunt en dat daarom een geen-effectniveau (NOAEL) afleidbaar zou moeten zijn met een drempelmodel. Omdat echter de beschikbare arbeidstoxicologische gegevens afleiding van een NOAEL niet toelaten kiest de Gezondheidsraad voor lineaire extrapolatie op basis van in arbeidstoxicologische studies gevonden verhoogde tumorfrequenties.

<sup>7</sup> Deze expertgroep bestond uit de volgende personen: Theo Vermeire (RIVM/Centrum Veiligheid van Stoffen en Producten), Joke Herremans (RIVM/ Centrum voor Veiligheid van Stoffen en Producten), Wim Mennes (RIVM/ Centrum voor Voeding, Zorg en Preventie), Paul Janssen (RIVM/ Centrum voor Veiligheid van Stoffen en Producten) en Gerrit Wolterink (RIVM/ Centrum voor Voeding, Zorg en Preventie).

Als voor anorganisch arseen zou worden uitgegaan van een genotoxisch werkingsmechanisme waarvoor lineaire extrapolatie geëigend is, dan zou de  $BMDL_{0,5}$  van JECFA (als beste beschikbare risicokwantificering) gedeeld kunnen worden door de factor 50 om op het  $MTR_{\text{humanaan}}$ -risiconiveau van één op tienduizend per leven uit te komen. Zoals boven aangegeven is het  $MTR_{\text{humanaan}}$  voor genotoxisch carcinogenen namelijk geassocieerd aan een extra kankerrisico van 1 op 10.000 levenslang blootgestelden terwijl de  $BMDL_{0,5}$  geassocieerd is aan een extra kankerrisico van 1 op 200 levenslang blootgestelden. Maar een dergelijke lineaire extrapolatie vanuit de  $BMDL_{0,5}$  ligt niet voor de hand als rekening wordt gehouden met het feit dat het beschikbare bewijsmateriaal wijst op een drempel in de carcinogene werking door anorganisch arseen.

### 2.6.3 *Gebruik maken van de MOE*

Toepassing van de MOE-benadering is een alternatieve werkwijze in de risicobeoordeling. Vanuit de  $BMDL_{0,5}$  zou een  $MTR_{\text{humanaan}}$  afgeleid kunnen worden door te delen door een 'minimale MOE'. Over een minimale MOE voor arseen doen de EFSA en JECFA echter geen uitspraak. Beide instanties concluderen slechts dat voor de huidige arseenblootstelling via voeding de MOE voor bepaalde groepen consumenten ongewenst klein is (zie paragraaf 2.4).

#### *Overwegingen over de grootte van een minimale MOE*

De conclusie van EFSA en JECFA is dat het verloop van de dosis-responscurve beneden de BMDLs onbekend is. Zoals gezegd wordt een drempel aannemelijk geacht maar de data laten het niet toe die mogelijke drempel te identificeren. Dus hoe de BMDLs te extrapoleren naar een  $MTR_{\text{humanaan}}$  is onduidelijk. Zoals boven aangegeven, kan de  $BMDL_{0,5}$  van  $3,0 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  zoals afgeleid door de JECFA beschouwd worden als het beste beschikbare vertrekpunt in de risicobeoordeling.

Voor de  $BMDL_{10}$  uit proefdieren beveelt EFSA (2005) voor genotoxisch carcinogenen zoals gezegd een minimale MOE aan van 10.000 (zie paragraaf 2.5). Deze MOE van 10.000 is opgebouwd uit 2 factoren van 100 die de volgende extrapolatiestappen afdekken:

1. Basale verschillen tussen proefdier en mens en tussen mensen onderling in toxicokinetiek en toxicodynamiek;
2. Het gebruik van een 10%-niveau in proefdieren ( $BMDL_{10}$ ) en daarnaast de genetische verschillen in gevoeligheid binnen de menselijke bevolking ten aanzien van het ontstaansproces van tumoren, zoals het verschil in DNA-schadeherstelcapaciteit.

Van deze factoren is slechts de intraspeciesfactor voor variatie in gevoeligheid tussen mensen onderling direct relevant voor de humane  $BMDL_{0,5}$  voor anorganisch arseen. De interspeciesfactor (dier naar mens) is niet relevant. Voor wat betreft de tweede factor van 100: de  $BMDL_{0,5}$  markeert een lager effectniveau dan de  $BMDL_{10}$  terwijl de betekenis van de subfactor voor de variatie in genetische gevoeligheid in de menselijke populatie onzeker is gezien de aannemelijke drempel in de werking van anorganisch arseen. Het is van belang om erop te wijzen dat de humane  $BMDL_{0,5}$  is gebaseerd op epidemiologische studies in populaties waarin gevoelige groepen aanwezig waren en daarom de variatie binnen de menselijke populatie al deels zal afdekken. Op basis van het

bovenstaande kwam de RIVM-expertgroep tot de conclusie dat de minimale MOE ten opzichte van de humane  $BMDL_{0,5}$  voor anorganisch arseen beperkt van omvang kan zijn, namelijk in de orde van grootte van 10.

*Concluderend; ordegrootte minimale MOE*

Rekening houdend met het bovenstaande en de informatie uit paragraaf 2.6.3 concludeerde de expertgroep dat de minimale MOE voor de  $BMDL_{0,5}$  van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  tussen 10 en 50 zou moeten liggen. Indien deze benadering wordt gevolgd resulteert dit in een toelaatbare blootstelling ( $MTR_{\text{humaaan}}$ ) tussen 0,06 en  $0,3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

*Aanbeveling*

Het wordt aanbevolen om, bij voorkeur in internationaal kader, een breed gedragen consensuswaarde voor de minimale MOE voor arseen af te leiden.



## 3 Achtergrondblootstelling

Hoofdstuk 3 samengevat:

- De (levenslang gemiddelde) achtergrondblootstelling aan anorganisch arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen in Nederland wordt geschat op 0,27  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .
- Binnen deze achtergrondblootstelling draagt de groep van groenten die in Nederland door moestuinders vaak zelf worden geteeld ongeveer 10% bij (als ze in de winkel worden gekocht).
- De (levenslang gemiddelde) achtergrondblootstelling aan arseen via drinkwater in Nederland wordt geschat op 0,02  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

### 3.1 Achtergrondblootstelling

#### 3.1.1 Voedselpeilingen

Recentelijk zijn Europese berekeningen van de dagelijkse arseenblootstelling via voeding gerapporteerd (EFSA, 2014). De achtergrondblootstelling aan arseen in dit document werd bepaald door vermenigvuldiging van de gemiddelde arseengehalten in producten in Europa en de nationale consumptie-hoeveelheden voor deze producten.

Voor het schatten van de consumptie-hoeveelheden werd in EFSA (2014) gebruik gemaakt van 28 voedselconsumptiepeilingen uit 17 Europese landen, waarvan twee uit Nederland:

- Hulshof et al. (2004) gericht op volwassenen in de leeftijd 19-30 jaar en
- VCP Kids (Ocké et al., 2008) gericht op kinderen in de leeftijd 2-6 jaar.

Er zijn weliswaar recentere consumptiegegevens voor Nederland bekend, uit 2007-2010, voor de groep 7-69 jaar (Van Rossum et al, 2011), maar het viel buiten het bereik van het huidige project om deze waarden te verwerken in nieuwe schattingen voor de achtergrondblootstelling aan arseen. Het is niet te verwachten dat dit een grote invloed heeft op de geschatte achtergrondblootstelling aan arseen.

De gemiddelde arseengehalten in producten in Europa zoals gebruikt door EFSA (2014) zijn gebaseerd op data uit 26 landen (geen Nederlandse data), gemeten in de periode 2003-2011 (meeste data 2003-2007). De gemiddelde waarde voor arseengehalten in producten wordt vooral bepaald door data uit Duitsland en in mindere mate door die uit Tsjechië en Slowakije.

De data die worden gebruikt voor de bepaling van arseengehalten in producten zijn metingen ofwel van anorganisch arseen of van totaal arseen, die werden omgerekend naar anorganisch arseen. Een zwakke plek in de bepaling van het arseengehalte in producten is de wijze waarop om wordt gegaan met de vele nul-metingen (arseen in

producten beneden LOQ en/of LOD<sup>8</sup>). Bovendien is de vraag hoe groot de spreiding over Europa is in arseengehalten in groenten en in hoeverre deze waarden representatief zijn voor Nederland. Dit blijft echter buiten het bereik van deze studie.

In EFSA (2014) wordt de achtergrondblootstelling aan arseen op verschillende wijzen weergegeven:

- als *lower bound*, *middle bound* en *upper bound* van de gemiddelden (zie Bijlage A voor uitleg).
- als *lower bound*, *middle bound* en *upper bound* van de 95-percentielen
- voor verschillende sub-groepen binnen de hoofdgroepen 'volwassenen' en 'kinderen':
  - zuigelingen (*infants*): < 1 jaar;
  - peuters (*toddlers*): 1 – 3 jaar;
  - overige kinderen (*other children*): 3 – 10 jaar;
  - adolescenten (*adolescents*): 10 – 18 jaar;
  - volwassenen (*adults*): 18 - 65 jaar;
  - ouderen (*elderly*): 65 - 75 jaar;
  - bejaarden (*very elderly*): > 75 jaar.

In Bijlage B zijn de diverse waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen weergegeven en uitgerekend, op basis van EFSA (2014). In deze paragraaf worden de meest relevante waarden voor de achtergrondblootstelling geresumeerd.

### 3.1.2 Kinderen

Voor de bepaling van de achtergrondblootstelling aan arseen van zuigelingen en peuters via in de winkel gekochte levensmiddelen werden in EFSA (2014) elf databestanden beschouwd. VCP Kids is één van de vier grotere datasets van voedselconsumptie (>300 waarnemingen, ten opzichte van de overige zeven met minder dan 100 waarnemingen). De gemiddelde achtergrondblootstelling van arseen gebaseerd op VCP Kids is 0,56 (peuters; 2 jaar) tot 0,68 µg/kg<sub>LG</sub>/dag (overige kinderen; 3-6 jaar)<sup>9</sup>. Dit is daarmee iets hoger dan de periode-gewogen waarde van de achtergrondblootstelling aan arseen van de gemiddelden van jonge kinderen en peuters uit de 11 databestanden samen, van 0,56 µg/kg<sub>LG</sub> per dag<sup>9</sup> (EFSA, 2014; Appendix A1). Bij de periode-gewogen waarde van de achtergrondblootstelling aan arseen is rekening gehouden met het aantal jaren waarin een bepaalde levensfase duurt en de bijbehorende achtergrondblootstelling plaatsvindt.

### 3.1.3 Volwassenen

Voor de bepaling van de achtergrondblootstelling aan arseen van volwassenen via in de winkel gekochte levensmiddelen werden in EFSA (2014) 15 databestanden van voedselconsumptie beschouwd. Hiervan is Hulshof et al. (2004) één van de minder grote databestanden (één van de vier met minder dan duizend waarnemingen, terwijl er verder 10 databestanden zijn met tussen de duizend en drieduizend waarnemingen en één databestand met ruim tienduizend waarnemingen). De gemiddelde achtergrondblootstelling van arseen

<sup>8</sup> LOQ = Limit of quantification; LOD = Limit of Detection

gebaseerd op de consumptiehoeveelheden uit Hulshof et al. (2004) is 0,25 µg/kg<sub>LG</sub>/dag (19-39 jaar). Dit is iets hoger dan de periode-gewogen waarde van de achtergrondblootstelling aan arseen van de gemiddelden uit de 15 databestanden, van 0,23 µg/kg<sub>LG</sub>/dag<sup>9</sup> (EFSA, 2014; Appendix A4).

### 3.1.4

#### Analyse

In Tabel 2 zijn de relevante waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen samengevat. De vraag is wat voor de Nederlandse situatie de meest representatieve waarde is. De waarden gebaseerd op de beide Nederlandse studies over consumptiehoeveelheden hebben ten dele (alleen wat betreft de consumptiehoeveelheden, niet wat betreft de arseengehalten) een directe relatie met Nederland. Het betreft echter maar twee datasets, die niet helemaal de gewenste leeftijdsgroepen afdekken. De combinatie uit alle databestanden uit EFSA (2014) is gebaseerd op veel meer gegevens voor consumptiehoeveelheden, maar zijn niet direct van toepassing op de Nederlandse situatie. Omdat de gemiddelde waarden uit de beide Nederlandse databestanden echter niet veel verschillen van de mediane waarden uit alle databestanden (zie Tabel 2) is keuze voor één van beide uitgangspunten van minder belang.

Tabel 2. Overzicht relevante waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen

	<b>betekenis</b>	<b>Kind</b>	<b>Volwassene</b>
Gebaseerd op Nederlandse consumptiehoeveelheden	Gemiddeld	(0,56 <sup>*1</sup> - 0,68 <sup>*2</sup> ) 0,62 <sup>*3</sup> (2-6 jaar)	0,25 (19-30 jaar)
Europees (EFSA, 2014)	Gemiddeld	0,56 (1-10 jaar)	0,23 (10-85 jaar)
Gebaseerd op Nederlandse consumptiehoeveelheden	95-percentiel	0,89 <sup>*1</sup> - 1,03 <sup>*2</sup> (2-6 jaar)	0,41 (19-30 jaar)
Europees (EFSA, 2014)	95-percentiel	1,00 (1-10 jaar)	0,39 (10-85 jaar)

\*1Kinderen van 2 jaar

\*2Kinderen van 3 – 6 jaar

\*3Gemiddelde van \*1 en \*2

### 3.1.5

#### Levenslang gemiddeld

In Tabel 3 is een periode-gewogen waarde voor de achtergrondblootstelling aan arseen berekend via in de winkel gekochte levensmiddelen op basis van de gegevens uit EFSA (2014; tabel 24), die als representatief voor de levenslang-gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen kan worden beschouwd. Hieruit volgt een waarde van 0,27 µg/kg<sub>LG</sub>/dag<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Uitgaande van de 'tussenwaarde', oftewel de MB (*middle bound*)-waarde, zie Bijlage A voor uitleg

Tabel 3. Periode-gewogen achtergrondblootstelling aan arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen, op basis van de gegevens uit EFSA (2014; tabel 24); representatief voor de levenslang-gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen

	Periode (jaar)	Achtergrondblootstelling ( $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ )
zuigelingen	1	0,68*
peuters	2	0,68
Overige kinderen	7	0,51
adole	8	0,29
volw	47	0,23
ouderen	10	0,20
hoogbejaarden	10	0,20
SOM	85	
Periode-gewogen gemiddelde achtergrondblootstelling		0,27

\*Niet gegeven, maar gelijk verondersteld aan die van peuters

De totale achtergrondblootstelling aan arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen berekend door EFSA (2014) is bepaald op grond van 115 productgroepen, waaronder acht gewasgroepen die veel zelf worden geteeld (zie paragraaf 1.5) en één gewasgroep waarvan aardappelen (eveneens veel zelf geteeld) onderdeel uitmaakt. De blootstelling via groenteconsumptie van deze negen gewasgroepen die veel zelf worden geteeld dient separaat te worden beschouwd. Aangezien er in totaal 115 productgroepen werden beschouwd, wordt daarom voor de bepaling van de achtergrondblootstelling aan arseen uit overige levensmiddelen gecorrigeerd met een factor  $106/115$ . Hierbij is er om praktische redenen vanuit gegaan dat de negen gewasgroepen een gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen hebben binnen de 115 productgroepen (oftewel: gelijk gewicht toegekend per productgroep).

- Hieruit volgt een levenslang-gemiddelde achtergrondblootstelling uit *overige levensmiddelen* van  $106/115 \times 0,27 = 0,24$   $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

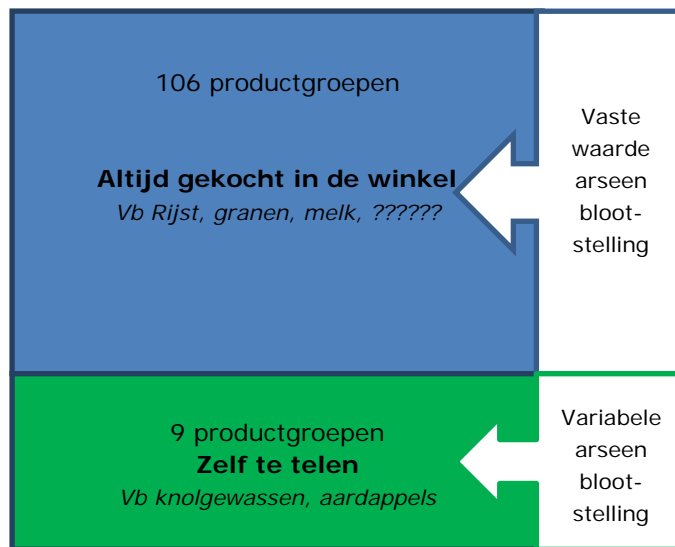
NB: Het groentepakket dat vaak zelf geteeld wordt, levert bij aankoop van deze groenten in de winkel dus een geschatte gemiddelde levenslange blootstelling aan arseen op van  $0,03$   $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

### 3.2 Achtergrondconcentraties in groenten (winkel)

In paragraaf 3.1 is geschat wat de bijdrage van gewasgroepen die vaak zelf worden geteeld is aan de *levenslange gemiddelde achtergrondblootstelling* aan arseen bij aankoop van deze groenten in de winkel.

Ten bate van de berekeningen van blootstelling in hoofdstuk 4, is deze paragraaf (3.2) gericht op de concentratie van arseen in groenten uit de winkel, die men eventueel ook zelf zou kunnen telen. De reden om deze apart te beschouwen is dat de achtergrondblootstelling aan arseen via veel levensmiddelen constant is, maar de blootstelling via de consumptie van deze groenten kan afhangen van het feit of men deze groenten (ten dele) zelf teelt of koopt in de winkel (zie Figuur 3).





Figuur 3. Achtergrondblootstelling aan arseen via 115 productgroepen, onderverdeeld naar wel of niet zelf te telen groenten.

#### Aardappels

Er wordt verschil gemaakt tussen aardappels en overige groenten, omdat de bijdrage die zelf geteeld is voor deze twee groepen niet altijd gelijk is. Voor aardappel is de arseen-achtergrondconcentratie  $4,4 \mu\text{g}$  per kg versgewicht (VG) (EFSA, 2014, tabel 6)<sup>9</sup>.

#### Overige zelf te telen groenten

In Tabel 4 zijn de achtergrondconcentraties aan arseen weergegeven voor de overige groepen groenten (EFSA, 2014) die in het kader van de Wet bodembescherming worden beschouwd (Swartjes et al., 2007). Hierbij is er van uit gegaan dat men van elke groente binnen een gewasgroep evenveel eet. De waarden zijn als volgt tot stand gekomen:

- Knolgewassen: de gemiddelde waarde van de 10 gewassen in de groep 'Root vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Bolgewassen: de waarde gegeven voor de groep 'Bulb vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Fruitgewassen: de gemiddelde waarde van de 13 gewassen in de groep 'Fruiting vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Kolen: de waarde gegeven voor de groep 'Brassica vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Bladgewassen: de gemiddelde waarde van de 12 gewassen in de groep 'Leaf vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Peulvruchten: de waarde gegeven voor de groep 'Legumes vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5);
- Bonen: de waarde gegeven voor de groep 'Beans' (EFSA, 2014; tabel 7);
- Stengelgewassen: de gemiddelde waarde van de 7 gewassen in de groep 'Stem vegetables' (EFSA, 2014; tabel 5).

Wel is een verschil gemaakt tussen de bijdrage van de verschillende gewasgroepen, omdat hier grote verschillen tussen de consumptiehoeveelheden bestaan. Door de fractie te beschouwen op basis van de hoeveelheid die per gewasgroep geconsumeerd wordt ten opzichte van de totale consumptiehoeveelheid (eveneens weergegeven

in Swartjes et al., 2007) volgt een gewasgroep-gewogen arseen-achtergrondconcentratie voor 'overige zelf te telen groenten' van 8,2  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{VG}}$  (zie Tabel 4)<sup>10</sup>.

Tabel 4. Gemiddelde arseen-achtergrondconcentratie van de 'tussenwaarden', per gewasgroep (EFSA, 2014; tabel 5 en tabel 7) en fractie per gewasgroep die geconsumeerd wordt ten opzichte van de totale groenteconsumptie-hoeveelheid (Swartjes et al., 2007)

Gewasgroep	Gemiddelde concentratie ( $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{VG}}$ )	Fractie van de totale groenteconsumptie
Knolgewassen	11	0,13
Bolgewassen	8,3	0,20
Fruitgewassen	8,9	0,13
Kolen	5,6	0,20
Bladgewassen	14	0,11
Peulvruchten	5,8	0,18
Bonen	4,4	0,03
Stengelgewassen	7,7	0,01
<b>Gewogen waarde</b>	<b>8,2</b>	-

### 3.3 Achtergrondblootstelling via drinkwater

De achtergrondconcentratie arseen in drinkwater in Europa is 1,6  $\mu\text{g}/\text{L}$  (EFSA, 2014; tabel 18, gebaseerd op 'tussenwaarden'<sup>9</sup>). Omdat de drinkwaterconcentratie sterk afhankelijk is van de arseenconcentraties en de condities in de ondergrond is het zinvoller hiervoor een waarde specifiek voor Nederland te hanteren. Uit de REWAB (REGistratie opgaven van WAterleidingBedrijven)-database volgen gemiddelde concentraties van 0,42; 0,68 en 0,93  $\mu\text{g}/\text{L}$  als voor de waarden onder de detectielimiet de waarde 0, de helft van de detectielimiet, respectievelijk de detectielimiet gehanteerd wordt. Het gaat in totaal om 242 waarnemingen in 2015, verdeeld over Nederland. Er werden zes data gemeten boven de 2  $\mu\text{g}/\text{L}$ , met als hoogste waarde 5,4  $\mu\text{g}/\text{L}$ , alle in Noord-Brabant of Zuid-Holland. In deze studie wordt de 'tussenwaarde' van 0,68  $\mu\text{g}/\text{L}$  gehanteerd (standaard deviatie = 0,88), als representatieve waarde voor de achtergrondblootstelling aan arseen via drinkwater. Uitgaande van een dagelijkse consumptie van 1 liter (kind), respectievelijk 2 liter (volwassene), betekent dat een achtergrondblootstelling via drinkwater van 0,022  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

<sup>10</sup> Zou uitgegaan zijn van de relatief hoge achtergrondconcentratie-waarden (gebaseerd op 'higher bound' waarnemingen) zoals gerapporteerd in EFSA (2014) dan volgt een gewasgroep-gewogen achtergrondconcentratie arseen voor 'overige groenten' van 11  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{VG}}$ .

## 4 Blootstelling aan arseen via het zelf telen van groenten

### Hoofdstuk 4 samengevat:

- De laatste jaren heeft een aantal onderzoeken laten zien dat er geen relatie is te leggen tussen de arseengehalten in bodem en in de daarop geteelde groente; de opname in groente is niet te voorspellen.
- Voor de risicoberekeningen wordt daarom het 95 percentiel van gevonden arseenconcentraties in groente gebruikt, als hoge, maar niet onrealistische schatting.
- Voor groningestie kan wel worden aangenomen dat de inname van arseen toeneemt met toenemende concentratie in de bodem.
- Er is geen systematisch verschil tussen de gemiddelde arseengehalten in groenten in moestuinen in Nederland versus die in de reguliere landbouw in Nederland of Europa (en dus in de winkel).
- Op grond van beschikbare gegevens lijken sla en prei relatief veel arseen op te nemen. Kool ook, maar dit is alleen terug te zien in de moestuindata (niet in reguliere landbouw). Dit zegt echter pas iets over de blootstelling aan arseen als ook het dagelijks gegeten gewicht van de betreffende groente wordt beschouwd.

### 4.1 Blootstellingsroutes en blootgestelden

De blootstelling gerelateerd aan het zelf telen van groenten is de optelsom van blootstelling via groningestie door het werken in de tuin en die via groenteconsumptie (voor details, zie tekstkader 2). In analogie met het blootstellingsmodel CSOIL wordt aangenomen dat voor arseen de overige blootstellingsroutes, vooral blootstelling via inhalatie van bodemdeeltjes en blootstelling via dermale opname, bij elkaar opgeteld niet meer dan 1% van de totale blootstelling bedragen. Bierkens et al. (2010) concludeerden weliswaar dat de bijdrage van de blootstelling aan arseen via inhalatie (met name via inhalatie van bodemdeeltjes) beduidend was, met name voor het bodemgebruik 'industriegebied'. Sinds 2010 is er echter veel nieuwe informatie beschikbaar gekomen over de blootstelling en de gezondheidseffecten van arseen. Het belang van inhalatoire blootstelling is veel minder groot dan dat van orale blootstelling, blijkt op basis van de hernieuwde herziening van de Vlaamse bodemsaneringsnormen voor arseen, welke momenteel plaatsvindt (Ch. Cornelis, Vito; mondelinge mededeling).

*Tekstkader 2: Blootstelling in geval van zelf telen van groenten*

Bij het eten uit eigen moestuin kunnen stoffen uit de bodem op twee manieren tot blootstelling leiden: door het eten van de groenten en door groningestie. Groningestie bij kinderen kan in alle situaties gebeuren waarbij contact met grond is. Bij volwassenen speelt groningestie voornamelijk tijdens tuinwerkzaamheden. Bij een risicobeoordeling van een moestuin wordt deze route dus meegenomen.

Oftewel:

Zelf groenten telen →

Blootstelling via groenteconsumptie

Blootstelling via groningestie

Indien voor sommige moestuinen echter kan worden aangenomen dat er niet of nauwelijks kinderen komen, kan de blootstelling van kinderen via groningestie buiten beschouwing blijven. Kinderen kunnen in dat geval wel blootstelling via groenteconsumptie ondergaan, omdat niet uit te sluiten is dat kinderen dezelfde zelf gekweekte groenten eten.

De blootstelling via groningestie neemt lineair toe met het arseengehalte in de bodem. Voor de blootstelling via groenteconsumptie zijn er twee mogelijkheden: via zelf geteelde groenten of via groenten uit de winkel (bijvoorbeeld de supermarkt).

- Voor de blootstelling via consumptie van groenten uit de winkel gelden de 'standaard consumptiehoeveelheden' uit voedselconsumptiepeilingen en de 'achtergrondconcentraties' aan arseen in groenten.
- Voor de blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten gelden iets hogere consumptiehoeveelheden (omdat mensen die zelf groenten telen meer groenten eten) en de locatie-afhankelijke concentraties in groenten.

Voor de bijdrage van consumptie van zelf geteelde groenten worden in de Wet bodembescherming vier varianten toegepast (Dirven et al., 2007) (zie Tabel 5).

1. 'Wonen zonder tuin': geen enkele bijdrage van zelf geteelde groenten.
2. 'Wonen met tuin': 10% bijdrage van zelf geteelde groenten, voor tuinen die niet bedoeld zijn voor het telen van groenten, maar wel de mogelijkheid bieden.
3. 'Kleine moestuin': 25% bijdrage zelf geteelde aardappelen / 50% bijdrage overige zelf geteelde groenten, voor tuinen die bedoeld zijn voor het telen van groenten, maar een beperkte omvang hebben.
4. 'Moestuin': 50% bijdrage zelf geteelde aardappelen / 100% bijdrage overige zelf geteelde groenten, voor tuinen die bedoeld zijn voor het telen van groenten en geen beperkte omvang hebben.

In deze studie wordt er van uit gegaan dat het resterende gedeelte van de groenten, dus de hoeveelheid die niet zelf wordt geteeld, uit de winkel komt. De bijdrage hiervan is eveneens in Tabel 5 opgenomen.

Tabel 5. De vier varianten voor de bijdrage van de consumptie van zelf geteelde groenten en de betreffende bodemgebruiken, aangevuld met de bijdrage uit de achtergrondblootstelling

Variant:	1.	2.	3.	4.
	<b>Wonen zonder tuin, Industrie (incl. bedrijfsterreinen), Recreatie, Natuur, Plaatsen waar kinderen spelen</b>	<b>Wonen met tuin</b>	<b>Kleine moestuin</b>	<b>Moestuin</b>
Bijdrage via consumptie van <b>zelf geteelde groenten</b>	0%	10%	25%/50%*	50%/100%*
Bijdrage via consumptie van <b>groenten uit de winkel</b> (achtergrondblootstelling)	100%	90%	75%/50%	50%/0%

\*Er is een verschil tussen de bijdrage van aardappelen (percentage voor /), en de bijdrage van overige groenten (percentage achter /), zie ook de uitleg in de tekst

## 4.2 Blootstelling via grondingestie

In analogie met de berekening van de maximale waarden (Dirven-Van Breemen et al., 2007) zijn voor de bodemgebruiken 'Kleine moestuin' en 'Moestuin' dezelfde waarden voor de hoeveelheid grondingestie gebruikt als voor het zogenaamde standaard scenario. Deze waarden zijn afgeleid uit zeven (kinderen; jaargemiddeld 100 mg/dag) en twee (volwassenen; jaargemiddeld 50 mg/dag) *tracer studies*. De waarden zijn echter niet specifiek afgeleid voor mensen die veel tuinieren. Er wordt aangenomen dat de lagere contactfrequentie van tuinders ten opzichte van het standaard scenario (niet het gehele jaar door maar alleen gedurende de voorjaars- en zomermaanden) compenseert voor de hogere contact-intensiteit met grond tijdens het tuinieren. Deze aanname is echter niet door onderzoek onderbouwd.

De biobeschikbaarheid is als 100% verondersteld, oftewel aangenomen wordt dat al het arseen dat via grond (en via groenten) het lichaam in gaat, wordt opgenomen in het lichaam (worst case).

## 4.3 Blootstelling via groenteconsumptie

### 4.3.1 Consumptiehoeveelheden

De gemiddelde hoeveelheden groenten die Nederlanders dagelijks eten staan in Tabel 6 (alle Nederlanders) en Tabel 7 (moestuinhouders).

Tabel 6. Gemiddelde consumptiehoeveelheden (gram versgewicht ( $g_{VG}$ )/ dag) voor aardappelen en overige groenten in Nederland (Voedingscentrum, 1998)

Groep	Leeftijd	Aardappelen	Overige groenten
Baby's en kleuters ('kinderen')	0-6 jaar	59,5	58,3
Oudere kinderen en volwassenen ('volwassenen')	7-70 jaar	122	139

Tabel 7. De (berekening van) de gemiddelde consumptiehoeveelheden ( $g_{VG}$ / dag) voor aardappelen en overige groenten in Nederland voor moestuinhouders

Groep	Leeftijd	Aardappelen*	Overige groenten*
Baby's en kleuters ('kinderen')	0-6 jaar	$59,5 \times 1,1 = 66$	$58,3 \times 1,2 = 70$
Oudere kinderen en volwassenen ('volwassenen')	7-70 jaar	$122 \times 1,1 = 134$	$139 \times 1,7 = 236$

\*De vermenigvuldigingsfactoren geven de factor aan die moestuinhouders meer consumeren dan de gemiddelde bevolking (Swartjes et al., 2007)

#### 4.3.2 Concentraties in zelf te telen groenten

In CSOIL wordt voor arseen met een vaste BCF (BioConcentratieFactor) gewerkt, dat wil zeggen dat er een constante verhouding tussen de hoeveelheid arseen in groenten ten opzichte van die in bodem verondersteld wordt. De laatste jaren is echter een aantal onderzoeken uitgevoerd waarin aangetoond werd dat er geen systematische relatie tussen de arseengehalten in bodem en groente bestaat. Dit betekent dat de BCF-berekening met zijn lineaire verband tussen de arseenconcentratie in bodem en groente niet realistisch is. Er kan sprake zijn van een onderschatting van de arseenconcentratie in groenten bij lage bodemconcentraties en van een overschatting bij hoge bodemconcentraties.

In Cornelis en Swartjes (2008) en in Keuken en Nijhuis (2015) werd daarom van een constant arseengehalte in groenten uitgegaan. Dit gehalte werd bepaald als een hoog gehalte, dat slechts zelden in een groente zal worden overtroffen (*worst-case*). In Keuken en Nijhuis (2015) werden hiervoor de P95-waarden uit de RIVM- en Alterra-datasets afgeleid, zoals weergegeven in Tabel 8, in zowel droog- als versgewicht. Dus een arseengehalte in groenten dat slechts in 5% van de gevallen overschreden zal worden. Het nadeel van de constante hoge arseengehalten in groenten is dat dit gehalte in veel gevallen (95% van de gevallen) hoger is dan het werkelijke arseengehalte in groenten (maar niet onrealistisch hoog).

Tabel 8. P95-waarde uit de RIVM- en Alterra-datasets als constant arseengehalte in groenten, dat slechts zelden in een groente zal worden overtroffen (Keuken en Nijhuis, 2015)

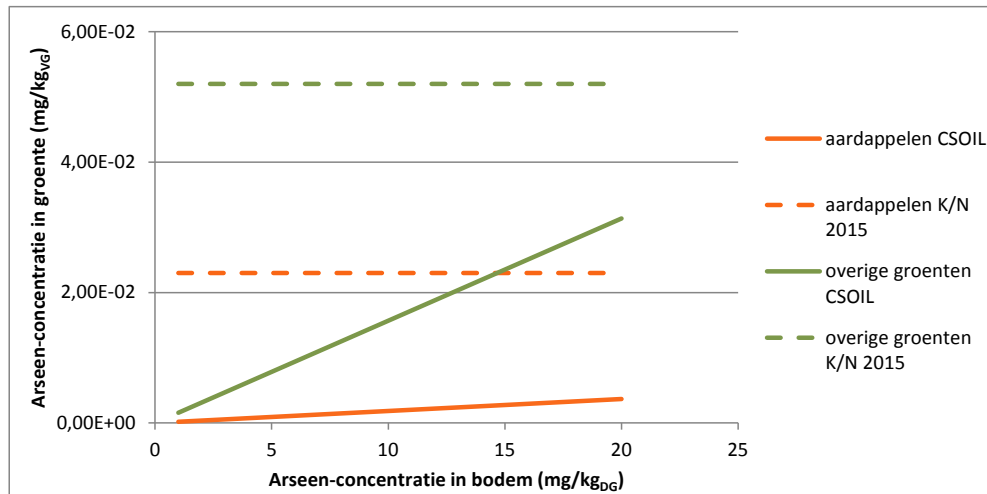
Groente	P95 (mg/kg <sub>DG</sub> )	P95 (mg/kg <sub>VG</sub> )	Gehanteerde waarde (mg/kg <sub>VG</sub> )
Aardappel (RIVM)	0,135	0,023	0,023
Spinazie (RIVM)	0,26	0,022	0,052
Wortel (RIVM)	0,621	0,075	
Kassla (Alterra)	0,88	0,04	
Komkommer (Alterra)	1,76	0,069	

*Vergelijking constante BCF (als in CSOIL) en een constant arseengehalte in groenten (worst case)*

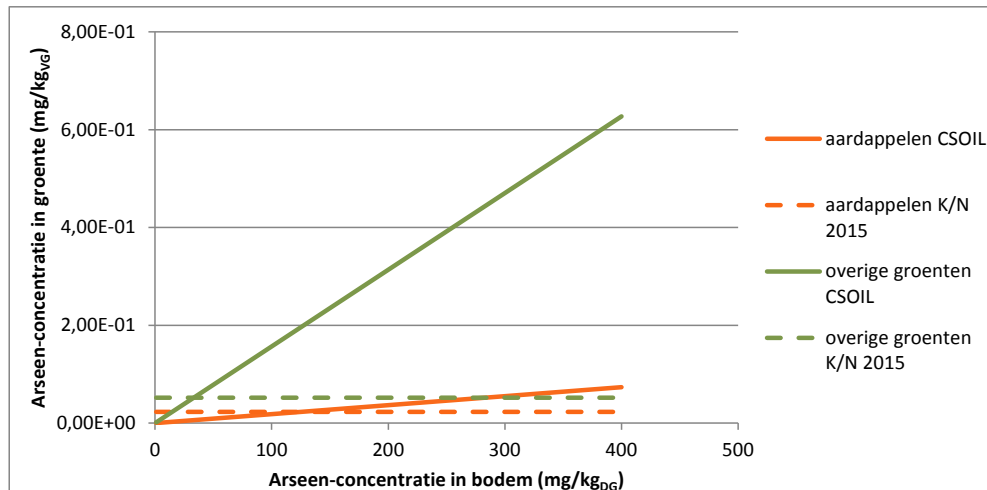
In onderstaande figuren zijn de berekende arseengehalten in groenten met beide methoden weergegeven. In Figuur 4 is dit gedaan voor de meest voorkomende range van de arseenconcentratie in bodem (in relatief onbelaste gebieden; zie Figuur 1). In Figuur 5 zijn de berekende arseengehalten in groenten met beide methoden weergegeven voor de hogere range van arseenconcentratie in bodem, waar mogelijk belasting plaatsgevonden heeft in de vorm van antropogene bodemverontreiniging en/of kwel. Dat wil zeggen de range van arseengehalten in bodem vanaf het 95-percentiel voor onbelaste bodems tot aan een arseengehalte in bodem dat maar zelden overtroffen wordt. Uit de figuren zijn de volgende conclusies te trekken:

- In bodems van relatief onbelaste gebieden (arseengehalten tussen 0 en 20 mg/kg<sub>DG</sub>) liggen de arseenconcentraties in overige groenten (dat wil zeggen alle groenten, met uitzondering van aardappelen) berekend met de beide methoden in dezelfde orde grootte. De met de BCF-berekende arseenconcentraties zoals berekend in CSOIL zijn weliswaar lager, maar dat is te verwachten, omdat het constante arseengehalte een hoge waarde (95-percentiel) representeert. Voor aardappelen zijn de berekende arseenconcentraties op basis van de BCF (CSOIL) beduidend lager dan de constant veronderstelde concentratie.
- In de arseenconcentratierange in bodem voor mogelijk belaste gebieden (tussen 20 en 400 mg/kg<sub>DG</sub>) wordt de arseenconcentratie in aardappel en vooral overige groenten op basis van een BCF als hoog berekend (kortom, CSOIL overschat in het algemeen de concentratie in het groente). Boven een arseenconcentratie in bodem van 40 mg/kg<sub>DG</sub> is de berekende arseenconcentraties in overige groenten onrealistisch hoog (>95-percentiel van gemeten waarden). Voor aardappelen geldt dit vanaf een arseenconcentratie in bodem vanaf 120 mg/kg<sub>DG</sub>.

Opgemerkt moet worden dat de arseengehalten in de bodem waarop het constante arseengehalte in groenten bepaald is in de range tot 43 mg/kg<sub>DG</sub> ligt en er voor wat betreft de constante arseenconcentratie in groenten in Figuur 5 dus sprake is van extrapolatie buiten die range. De validiteit van deze extrapolatie is niet nader onderzocht. Uit Römken et al., 2007 is echter wel een aanwijzing te ontleen dat het arseengehalte in groenten niet toeneemt bij arseengehalten in de bodem tot 420 mg/kg<sub>DG</sub>.



Figuur 4. Arseengehalten in groenten volgens beide methoden (op basis van een constante BCF zoals in CSOIL en een constante waarde in groenten, zoals beschreven in Keuken en Nijhuis, 2015; (K/N in figuur), voor onbelaste gebieden)



Figuur 5. Arseengehalten in groenten volgens beide methoden (op basis van een constante BCF zoals in CSOIL en een constante waarde in groenten, zoals beschreven in Keuken en Nijhuis, 2015; (K/N in figuur)), voor mogelijk belaste gebieden

Op basis van de BCF nemen zowel de blootstelling via groenteconsumptie als de blootstelling via groningestie (en dus de totale blootstelling) lineair toe met de bodemconcentratie. In geval van het hanteren van een vast arseengehalte in groenten neemt alleen de blootstelling via groningestie lineair toe met de bodemconcentratie en blijft de blootstelling via groenteconsumptie gelijk (en de totale blootstelling neemt dus minder dan lineair toe met de bodemconcentratie).

Vanwege de onrealistische berekende concentratie in groenten bij hogere concentraties in geval van het hanteren van een BCF, zeker voor de overige groenten, wordt in deze studie de vaste concentratie in groenten gehanteerd in analogie met Keuken en Nijhuis (2015).



- ➔ Dit betekent dat in veel gevallen (lees: in gronden met lage tot normale gehalten aan arseen in de bodem) de gemiddelde arseenconcentratie in groenten wordt overschat. Deze schatting is echter ook weer niet onrealistisch hoog, omdat ze gebaseerd is op metingen.

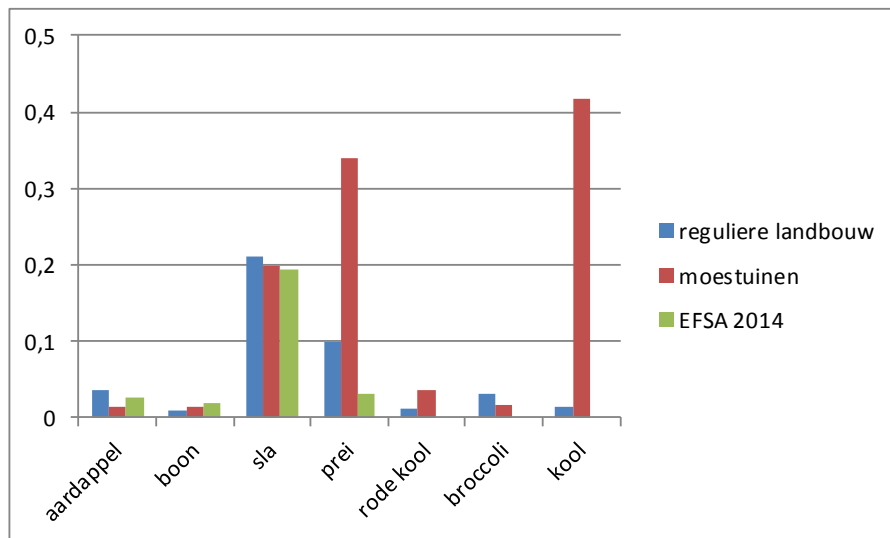
#### 4.3.3

##### *Concentraties in zelf te telen groenten versus groenten uit de winkel*

Het is van belang inzicht te hebben in de verschillen tussen arseengehalten in zelf gekweekte groenten en die in groenten die in de winkel zijn gekocht. Dit geeft immers aan wat de additionele blootstelling aan arseen is via groenteconsumptie, indien deze groenten zelf worden gekweekt. In Tabel 9 is daarom een overzicht gegeven van gemiddelde arseengehalten in groenten (mg/kg<sub>DG</sub>), geteeld in de reguliere landbouw in Nederland en die in Nederlandse moestuinen. De arseengehalten in groenten zijn visueel weergegeven in Figuur 6; uit reguliere landbouw in Nederland en moestuinen in Nederland (voor aardappelen, boon, sla, prei, rode kool, broccoli, rode kool) en uit EFSA 2014 (alleen aardappelen, boon, sla, prei). Arseengehalten uit reguliere landbouw in Nederland kunnen worden beschouwd als de arseengehalten in groenten die in Nederland in de winkel worden gekocht. De arseengehalten uit EFSA (2014) kunnen eveneens worden beschouwd als de arseengehalten in groenten die in de winkel worden gekocht, maar dan geldend voor Europa en niet specifiek voor Nederland.

*Tabel 9. Overzicht van gemiddelde arseengehalten in groenten (mg/kg<sub>DG</sub>), geteeld in de reguliere landbouw en in moestuinen (bron: niet gepubliceerde data Alterra/RIVM).*

	<b>Reguliere landbouw in Nederland</b>	<b>Moestuinen in Nederland</b>
Aardappel	0,01 – 0,06	0,013
Boon	0,009	0,013
Sla	0,17- 0,25	0,20
Prei	0,10	0,34
Rode kool	0,011	0,037
Broccoli	0,032	0,017
Kool	0,012 – 0,015	0,42



Figuur 6. Arseengehalten in groenten (mg/kgDG) in de reguliere landbouw in Nederland, in moestuinen in Nederland en zoals gerapporteerd in EFSA (2014).

Uit Tabel 9 en Figuur 6 is het volgende te concluderen:

- *Moestuinen versus reguliere landbouw (NL)*: Er is geen duidelijke trend voor de gemiddelde arseengehalten in groenten in moestuinen in Nederland versus die in de reguliere landbouw in Nederland. De gemiddelde arseengehalten in prei, rode kool en zeker kool zijn beduidend hoger in Nederlandse moestuinen. Voor aardappel en in mindere mate broccoli zijn de gemiddelde arseengehalten weer veel hoger in de reguliere landbouw in Nederland. Voor boon en sla zijn de gemiddelde arseengehalten ongeveer gelijk in moestuinen in Nederland en de reguliere landbouw in Nederland.
- *Moestuinen versus reguliere landbouw (Europa)*: Er is geen duidelijke trend voor de gemiddelde arseengehalten in groenten in Nederlandse moestuinen versus die in de reguliere landbouw in Europa. De gemiddelde arseengehalten in prei zijn beduidend hoger in Nederlandse moestuinen. Voor aardappel is het gemiddelde arseengehalten weer beduidend hoger in de reguliere landbouw in Europa. Voor boon en sla zijn de gemiddelde arseengehalten ongeveer gelijk in moestuinen en in de reguliere landbouw in Europa.
- *Groenten in de winkel (NL versus Europa)*: De arseengehalten in groenten die in de winkel worden gekocht uit de twee bronnen, namelijk reguliere landbouw in Nederland en die in Europa, zijn van gelijke orde grootte. Alleen de arseengehalten in prei zijn beduidend hoger in de reguliere landbouw in Nederland.

Hieruit is te concluderen dat er geen bewijs of aanwijzing is dat er een systematisch verschil bestaat tussen arseengehalten in zelf gekweekte groenten en die in groenten die in de winkel worden gekocht.

#### Aanbeveling

Omdat de dataset beperkt is, wordt aanbevolen de arseengehalten in groenten uit de reguliere landbouw beter te onderbouwen.

## 5 Blootstelling via het zelf telen van groenten in perspectief

### Hoofdstuk 5 samengevat

- De toename van blootstelling aan arseen door groningestie is evenredig met de toename van de concentratie arseen in de grond.
- Het verloop van de blootstelling via groenteconsumptie zelf is niet goed te voorspellen wegens het ontbreken van een systematisch verband tussen concentratie in de bodem en in het groente. Daarom wordt met een vaste waarde gerekend, waar in de praktijk 95% van de gehalten in groenten onder zit.
- Grofweg komt de blootstelling door het zelf telen van groenten in dezelfde ordegrootte als de achtergrondblootstelling bij arseenconcentraties in de bodem van 220 mg/kg<sub>DS</sub> (wonen met tuin), 140 mg/kg<sub>DS</sub> (kleine moestuin) en 50 mg/kg<sub>DS</sub> (moestuin). Indien er van uit wordt gegaan dat er geen kinderen aanwezig zijn in de moestuin, is dat 410 mg/kg<sub>DS</sub> (wonen met tuin), 270 mg/kg<sub>DS</sub> (kleine moestuin) en 90 mg/kg<sub>DS</sub> (moestuin).

### 5.1 De blootstellingen op een rij

In dit hoofdstuk worden de bijdragen van de verschillende blootstellingsroutes op een rij gezet. Het doel is om de bijdrage van de blootstelling aan arseen gerelateerd aan het zelf telen van groenten ten opzichte van de achtergrondblootstelling aan arseen in beeld te brengen. En in geval deze bijdrage van belang is, te bekijken welke maatregelen (wel/niet eten uit eigen tuin, voorkomen van groningestie) zinvol zijn (namelijk: als deze route veel bijdraagt aan de blootstelling) om de blootstelling te verlagen. Hierbij geldt het volgende:

- De blootstelling via groningestie hangt af van het arseengehalte in de bodem.
- De blootstelling via zelf geteelde groenten hangt af van het bodemgebruik, maar (als de procedure zoals in Keuken en Nijhuis (2015) wordt gevolgd) niet van het arseengehalte in de bodem.
- De achtergrondblootstelling via groenten die men zelf kan telen, maar in de winkel koopt, hangt af van het bodemgebruik (meer zelf geteelde groenten bij het bodemgebruik 'Moestuin' betekent minder groenten uit de winkel).
- De achtergrondblootstelling via drinkwater en overige levensmiddelen is onafhankelijk van bodemgebruik en het arseengehalte in de bodem.

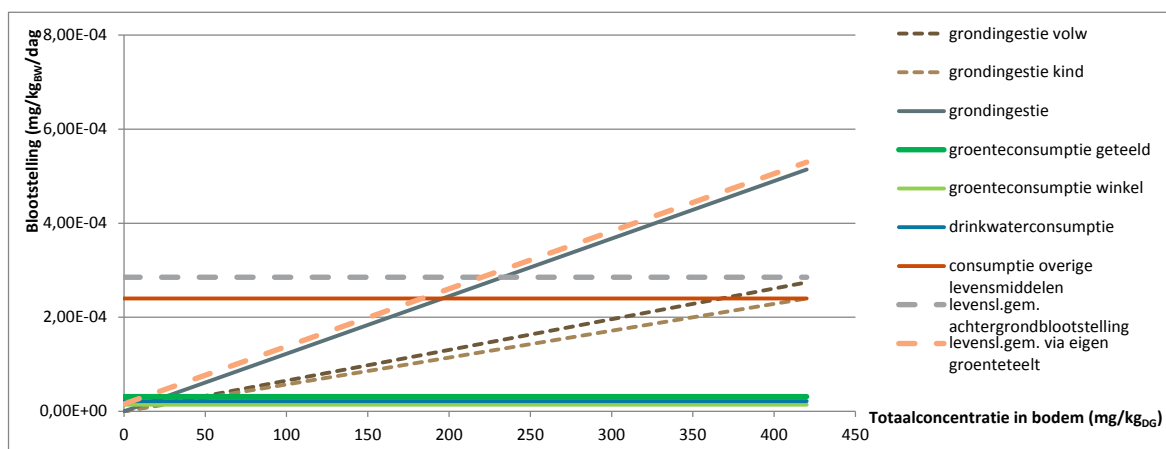
#### 5.1.1 *Schatting blootstelling als volwassenen en kinderen in de tuin zijn*

In Figuur 7 t/m 9 zijn alle relevante blootstellingen voor de drie bodemgebruiken grafisch weergegeven. Het gaat hier om de gemiddelde blootstelling, behalve voor de blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten. Deze laatste is gebaseerd op het 95-percentiel van gemeten arseengehalten in groenten en dus relatief hoog geschat. Zoals eerder aangegeven is de reden hiervoor dat de concentratie in groenten erg moeilijk is te voorspellen op grond van het arseengehalte in de

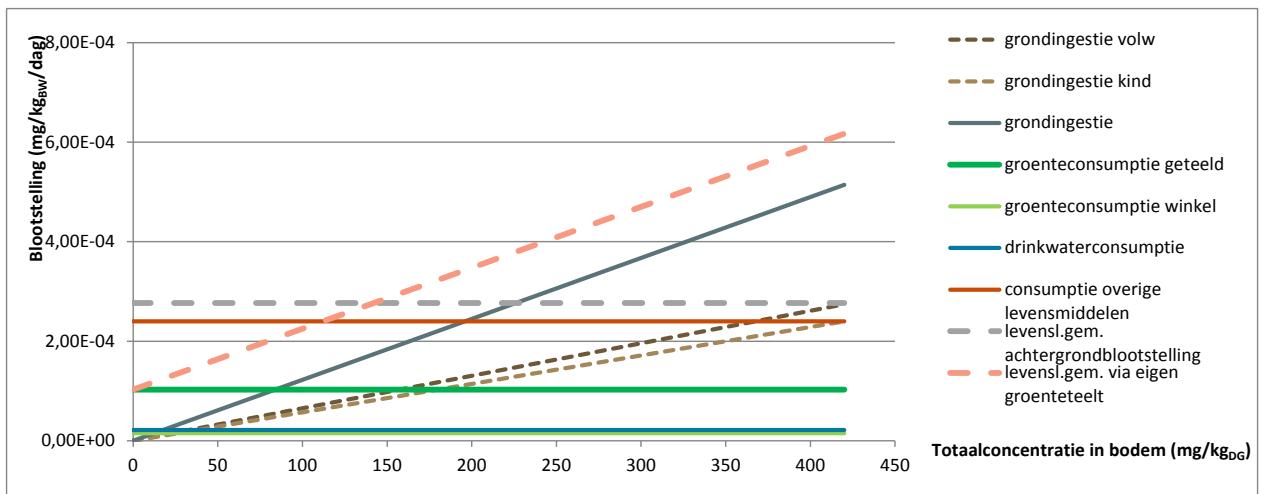
bodem. Daarom wordt een hoge waarde aangehouden, die vrijwel nooit in groenten wordt overschreden. Voor de blootstelling via groningestie is een verschil gemaakt tussen blootstelling van kinderen en die van volwassenen. De reden hiervoor is dat volwassenen aangepast gedrag kunnen vertonen of handschoenen kunnen dragen tijdens het tuinieren, waarmee de blootstelling via groningestie (sterk) gereduceerd wordt. De blootstelling via groningestie van kinderen is moeilijker te beheersen, omdat het lastig te voorkomen is dat kleine kinderen in de aanwezigheid van open grond bodemdeeltjes binnen krijgen. Indien er niet of nauwelijks kinderen tijdens de tuinwerkzaamheden aanwezig zijn, is deze blootstelling uiteraard nihil. De blootstelling van kinderen en volwassenen is uitgedrukt als levenslang-gemiddelde blootstelling, door vermenigvuldiging van de kinderblootstelling met een factor 6/70, en de volwassenblootstelling met een factor 64/70. De reden hiervoor is dat het criterium voor de beoordeling van de blootstelling eveneens op levenslange basis is, of tenminste voor de periode waarover zich een tumor kan ontwikkelen.

### Tekstkader 3: Informatie uit Figuur 7 t/m 9

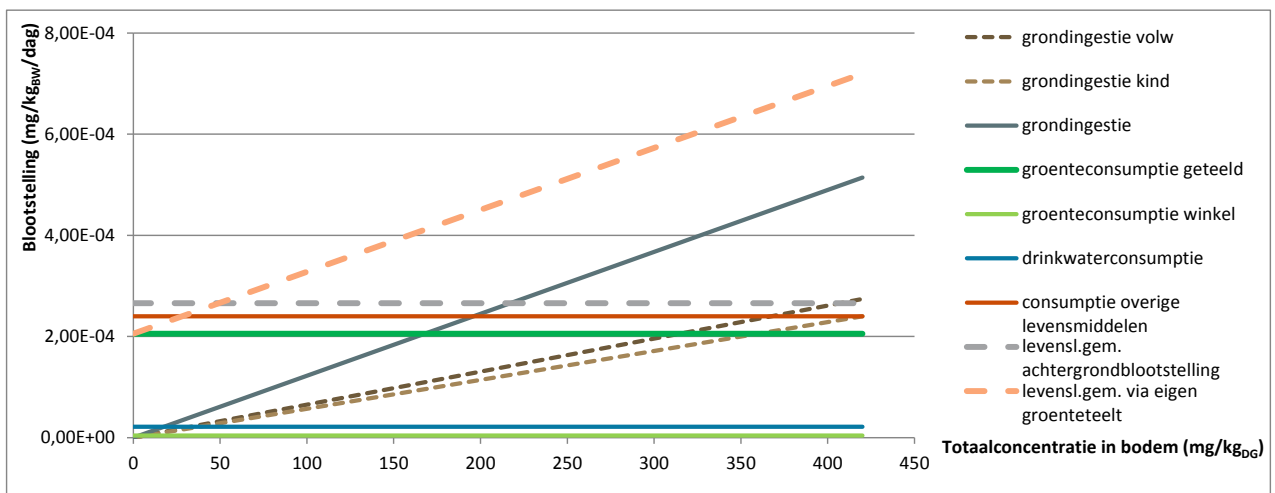
Uit de figuren kan de mogelijke (hoog geschatte) blootstelling via zelfgekweekte groenten worden vergeleken met de achtergrondblootstelling. Op basis van deze vergelijking kan worden nagegaan of er in een extreem geval, waarbij de accumulatie van arseen in groenten hoog is, de blootstelling door het zelf telen van groenten veel bijdraagt aan de achtergrondblootstelling. Als dit niet het geval is, is verdere analyse niet nodig. Als dit wel het geval is kan worden nagegaan welke blootstellingroute het meeste bijdraagt: blootstelling via groningestie (levenslang-gemiddeld, of als er geen kinderen op de locatie komen: alleen van volwassene) of via groenteconsumptie. Als de blootstelling via groenteconsumptie dominant is, kunnen de arseengehalten in groenten worden gemeten. Als de blootstelling via groningestie dominant is, kan een passend handelingsperspectief worden gekozen. Dit is nader uitgewerkt in hoofdstuk 6



Figuur 7. Blootstellingen ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik 'Wonen met tuin'. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (donkergroene lijn) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (zowel kinderen als volwassenen aanwezig).



Figuur 8. Blootstellingen ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik 'Kleine moestuin'. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (donkergroene lijn) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten. (zowel kinderen als volwassenen aanwezig).



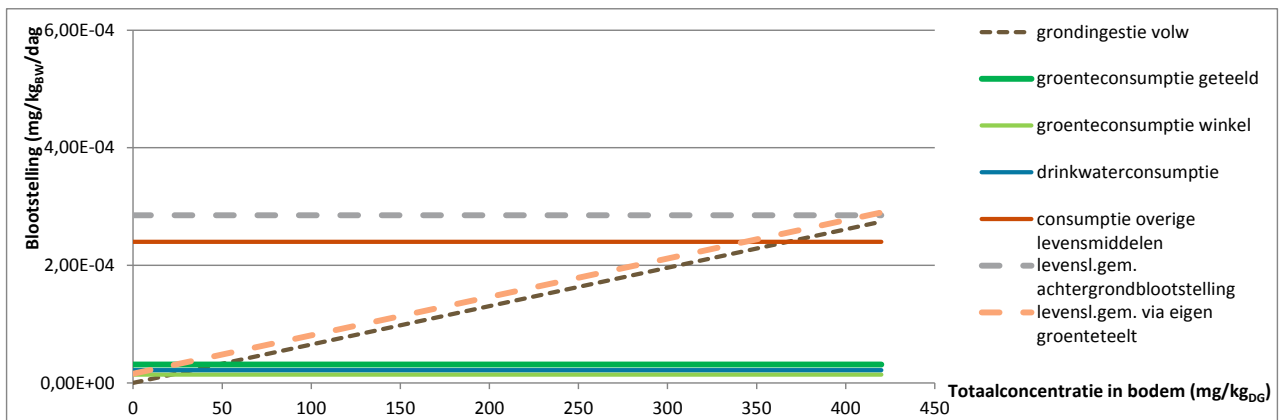
Figuur 9. Blootstellingen ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik 'Moestuin'. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (donkergroene lijn in bold) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (zowel kinderen als volwassenen aanwezig).

### 5.1.2

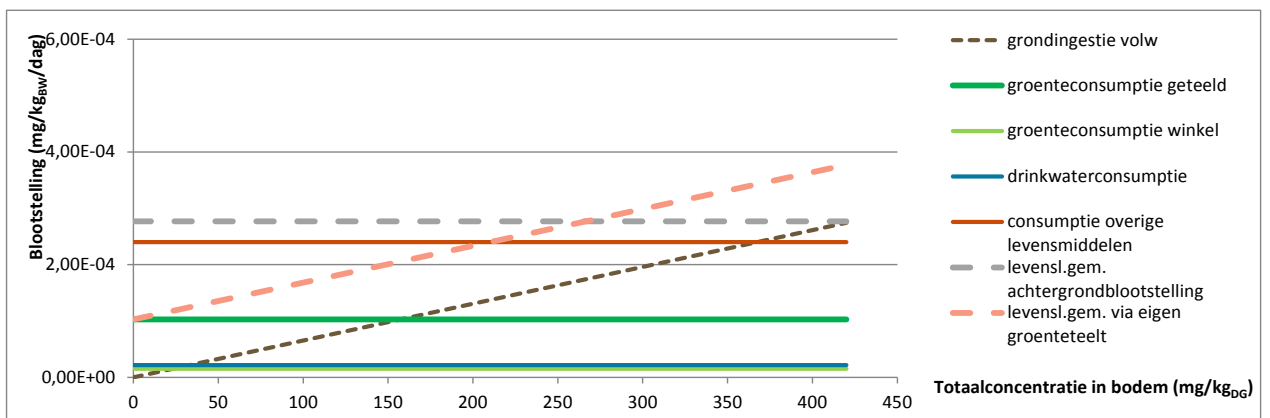
#### Schatting blootstelling als er geen kinderen aanwezig zijn in de tuin

Over de positie van kinderen in de beoordeling heeft al veel discussie plaatsgevonden, omdat er geen eenduidig standpunt over bestaat. De aanwezigheid en dus de blootstelling van kinderen via groningestie is sterk afhankelijk van het type tuin. Een 'gewone tuin' bij een huis zal relatief veel door kinderen worden betreden. In traditionele moestuinen, zonder recreatie-huisjes, zijn kinderen minder vaak aanwezig. Bovendien is er weinig bekend over het hand-mond gedrag en dus de hoeveelheid groningestie van kinderen in moestuinen. Om de bovengenoemde redenen moet de blootstelling via groningestie van kinderen als indicatief worden beschouwd.

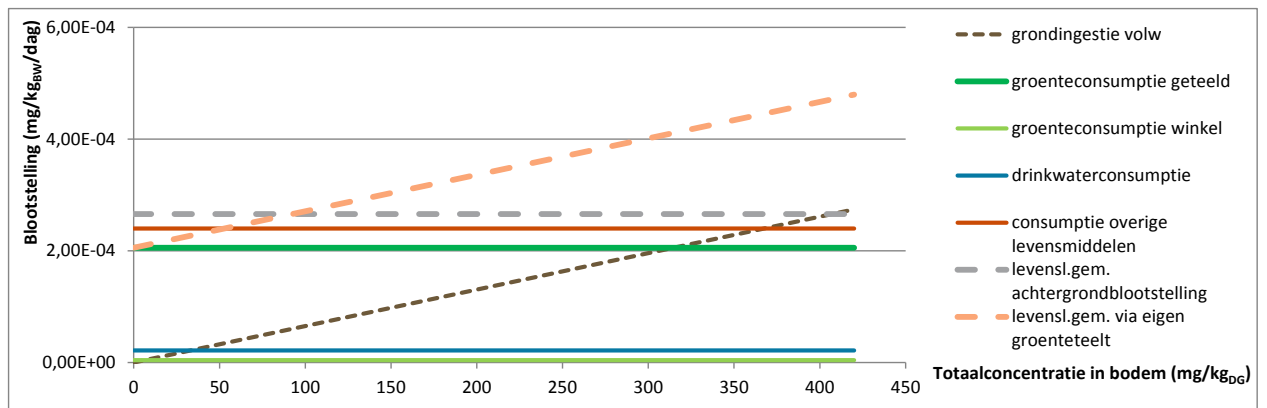
In Figuur 10 t/m 12 zijn de resultaten weergegeven voor het geval er geen kinderen in de (moes)tuin aanwezig zijn. In dat geval ondergaan kinderen geen blootstelling via groningestie. Blootstelling via groenteconsumptie van kinderen is wel in beschouwing genomen, omdat in veel gevallen er wel kinderen zullen zijn die, ondanks dat ze niet in de (moes)tuin aanwezig zijn, toch groenten uit de moestuin te eten krijgen. Een dergelijk geval kan redelijkerwijs worden verondersteld in sommige moestuinen, maar is minder waarschijnlijk voor het bodemgebruik 'Wonen met tuin'.



Figuur 10. Blootstellingen (mg/kg<sub>LG</sub>/dag; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik **'Wonen met tuin'**. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (groene lijn in bold) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (alleen volwassenen in de tuin aanwezig).



Figuur 11. Blootstellingen (mg/kg<sub>LG</sub>/dag; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik **'Kleine moestuin'**. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (groene lijn in bold) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (alleen volwassenen in de moestuin aanwezig).



Figuur 12. Blootstellingen ( $\text{mg}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ ; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik 'Moestuin'.

De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (groene lijn in bold) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (alleen volwassenen in de moestuin aanwezig).





## 6 Risicoreductie/handelingperspectief

Hoofdstuk 6 samengevat:

- Als de bodem veel arseen bevat, kan het verminderen van grondingestie helpen de blootstelling te reduceren. Dat kan door een slimme terreininrichting, voorlichting (bewustmaking), het wassen van handen en groenten en eventueel het dragen van handschoenen.
- Het is onzeker of groenten in de winkel lagere arseengehalten bevatten dan die uit een moestuin, daarom is het niet aan te raden om het moestuinieren op te geven zonder bijvoorbeeld een gewasonderzoek, waarbij de arseengehalten in groenten worden gemeten.

### 6.1 Blootstelling via grondingestie

De blootstelling via grondingestie kan praktisch gezien alleen worden verminderd door de hoeveelheid grond die mensen binnen krijgen te verminderen. De orale biobeschikbaarheid in het lichaam kan weliswaar worden verminderd door gelijktijdig met grondingestie voedsel in te nemen, maar dit biedt weinig handelingperspectief. Bovendien is dit effect voor arseen veel minder groot dan bijvoorbeeld voor lood.

#### 6.1.1 *Kinderen*

In de meeste gevallen is het moeilijk grondingestie door kinderen volledig te vermijden, zeker in geval van jonge kinderen. Voor inname van grond door kinderen op plaatsen waar gespeeld kan worden is de meest effectieve maatregel het aanbrengen van schone grond als toplaag. De hoeveelheid grondingestie kan ook worden verminderd door een slimme inrichting van het terrein, voorlichting (bewustmaking) en het bieden van niet-grondgebonden alternatieve activiteiten.

Voorbeelden van een slimme terreininrichting zijn:

- Het aanbrengen van verharding of kunststof-tegels;
- Het aanleggen van een dichtgroeïend gewas (bijvoorbeeld gras);
- Het kweken van 'lastig benaderbare planten', bijvoorbeeld gewassen met stekels, bloemperken (rozen) of brandnetels.

Het aanbrengen van verharding is een van de meest effectieve maatregelen. Verharding van bodem gaat echter tegen het beleid van de overheid in om grond zo veel mogelijk open te houden ten behoeve van het infiltreren van hemelwater. Als van deze maatregelen gebruik wordt gemaakt, moet er een balans tussen de diverse voor en tegens worden gemaakt. Omdat in moestuinen het grootschalig aanleggen van grasvelden, het kweken van 'lastig benaderbare planten' of verharderen meestal geen optie is, biedt dit geen of slechts een zeer beperkt handelingperspectief om grondinname van spelende kinderen te voorkomen of te verminderen.

Een vergaande doch effectieve maatregel is het inrichten van een centrale speelplaats met verharding, kunststof-tegels of schone

opgebrachte grond. Dit zou in wijken plaats kunnen vinden waar verhoogde arseengehalten in de bodem worden aangetroffen, maar ook in op moestuincomplexen.

Voorlichting kan zich richten op het bewust maken van de wat oudere kinderen en het daardoor verminderen van hand-mond contact. De hoeveelheid grondingestie wordt ook verminderd door het regelmatig wassen van de handen, zeker voordat er voedsel wordt aangeraakt (meeneem-boterhammen, koekjes, etc.).

#### 6.1.2 *Volwassenen*

Voor volwassenen speelt blootstelling via grondingestie vooral een rol tijdens tuinwerkzaamheden. Hierbij kan de hoeveelheid grondingestie, net als voor kinderen, worden verminderd door het regelmatig wassen van de handen, zeker voordat er voedsel wordt aangeraakt. Een verdergaande maatregel is het dragen van handschoenen tijdens tuinwerkzaamheden.

Een andere maatregel is gericht op het type groenten dat wordt geteeld. Het contact met grond is namelijk minder in geval van het telen van gewassen die verder vanaf de bodem groeien, zoals fruitbomen, struiken en bijvoorbeeld bonen. In extreme gevallen kan dit worden gecombineerd met bedekking van de grond met grassen, afdekking van boomspiegels (grond rondom de boom) met een laagje grind, zodat water kan infiltreren, maar de contactmogelijkheden met grond praktisch tot nul zijn teruggebracht.

## 6.2 **Blootstelling via groenteconsumptie**

Zoals uit dit rapport blijkt, is de concentratie arseen in groenten niet goed te voorspellen, ook niet in moestuinen met een hoog gehalte arseen in de bodem. Daarbij bevatten ook groenten uit de winkel arseen. Het is daarom niet nodig het zelf telen van groenten te verminderen, voordat – bij twijfel - een eventueel gewasonderzoek (zie paragraaf 6.3) uitwijst dat er echt veel arseen in de groenten wordt opgenomen. Het is in ieder geval raadzaam om de groenten goed te wassen, zeker in geval van grondgebonden groenten, zoals wortel, radijs, pastinaak, ook in het geval dat er niet met chemische middelen bespoten is (biologische teelt). Onafhankelijk van de opname in de groente via de wortel kunnen aanhechtende bodemdeeltjes arseen bevatten.

Voor contaminanten als cadmium en lood is aangetoond dat de opname sterk verschilt per groente. Dat maakt dat het vermijden van het telen van specifieke groenten die meer dan gemiddeld metalen opnemen een effectieve maatregel kan zijn. Overigens dient bij het identificeren van te vermijden groenten de hoeveelheid die van diverse groenten geconsumeerd wordt op gewichtsbasis mede in beschouwing genomen te worden. Voor arseen zijn de verschillen in opname tussen de verschillende groenten echter minder duidelijk. Sla en prei lijken meer arseen op te nemen (zie Figuur 6), maar dit is op relatief weinig data gebaseerd. Bovendien is het onzeker of de hoeveelheid groente die niet wordt geteeld in de moestuin maar in de winkel wordt gekocht, lagere arseengehalten zal bevatten (zie paragraaf 4.3.3). Prei en kolen geteeld

in moestuinen lijken meer arseen te bevatten dan groenten in de winkel (zie Figuur 6), maar omdat dit voor andere groenten juist omgekeerd is, kan dit toeval zijn. Resumerend kan worden geconcludeerd dat met de huidige kennis er daarom geen groenten te benoemen zijn die niet of minder zouden moeten worden geteeld in moestuinen om de blootstelling aan arseen te verminderen.

### 6.3 Overwegingen over een gewasonderzoek

Er zijn twee criteria om te beoordelen of bemonstering van groenten zinvol kan zijn om meer duidelijkheid te krijgen over een specifieke locatie waar veel arseen in de bodem zit.

- A. De MOE tussen de berekende blootstelling en de BMDL van 3  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  op basis van berekening met CSOIL is klein (dat wil zeggen minder dan 10 - 50).  
*en/of*
- B. De hoogte van de blootstelling door moestuinieren ten opzichte van de achtergrondblootstelling wordt hoog ingeschat (hoog is hierbij geen eenduidige grens). Als dit zo is, dan kan gekeken worden of de blootstelling via groentconsumptie een substantiële bijdrage levert aan de totale blootstelling via het telen van groenten. Bijvoorbeeld: als de blootstelling via groentconsumptie minstens zo hoog is als die via groningestie (zie Figuur 7 t/m Figuur 12).

Bij gewasbemonstering zou de aandacht gericht kunnen worden op aardappelen (worden veel gegeten), sla (wordt veel in moestuinen geteeld en heeft als snelgroeiend gewas voor veel metalen een hoge opname), kolen en prei (mogelijk een hoge opname van specifiek arseen). In dat geval kan een nieuwe CSOIL-berekening worden uitgevoerd, waarin het arseen-gehalte in aardappelen vervangen wordt door het gemeten gehalte in aardappelen en het arseengehalte in 'overige groenten' vervangen wordt door een consumptiegemiddelde-gewogen arseengehalte van sla, kool en prei.



## 7 Conclusies en aanbevelingen

Elk hoofdstuk van dit rapport noemt aan het begin de belangrijkste conclusies. In 7.1. staan deze allemaal op een rij. Vervolgens worden de aanbevelingen gegeven in paragraaf 7.2.

### 7.1 Conclusies

#### *Risicobeoordeling met de BMDL en de MOE (Hoofdstuk 2)*

- EFSA (2009) en JECFA (2011) hebben een herbeoordeling uitgevoerd van de beschikbare epidemiologische studies voor anorganisch arseen met uitkomsten die aangeven dat het geldende  $MTR_{\text{humaaan}}$  van  $1 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  niet langer als een veilige grens beschouwd kan worden.
- Het RIVM beschouwt de  $BMDL_{0,5}$  van  $3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$  van de JECFA (2011) momenteel als het best beschikbare uitgangspunt voor de risicobeoordeling van anorganisch arseen.
- Via het gemiddelde voedselpakket krijgt een deel van de Europese bevolking al een hoeveelheid anorganisch arseen binnen in de orde grootte van de  $BMDL_{0,5}$ .
- Er is op dit moment geen duidelijkheid over hoe hoog het  $MTR_{\text{humaaan}}$  zou moeten zijn op basis van de BMDL-benadering, waardoor de risicobeoordeling lastig is. Over een minimale MOE, die aanwezig zou moeten zijn tussen de  $BMDL_{0,5}$  en de blootstelling, bestaat geen internationale consensus.
- Een minimale MOE voor arseen in de range van 10 tot 50 lijkt vooralsnog de beste keuze (gebaseerd op het oordeel van een RIVM-expertgroep). De bijbehorende toelaatbare blootstelling ( $MTR_{\text{humaaan}}$ ) zou dan liggen tussen 0,06 en  $0,3 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

#### *Achtergrondblootstelling en bijdrage zelf te telen groenten (Hoofdstuk 3)*

- De (levenslang gemiddelde) achtergrondblootstelling aan anorganisch arseen via in de winkel gekochte levensmiddelen in Nederland wordt geschat op  $0,27 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .
- Binnen deze achtergrondblootstelling draagt de groep van groenten die in Nederland door moestuinders vaak zelf worden geteeld ongeveer 10% bij (als ze in de winkel worden gekocht).
- De (levenslang gemiddelde) achtergrondblootstelling aan arseen via drinkwater in Nederland wordt geschat op  $0,02 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

#### *Arseengehalten in bodem en groenten, verschil tussen moestuin en winkel (hoofdstuk 4)*

- De laatste jaren heeft een aantal onderzoeken laten zien dat er geen relatie is te leggen tussen de arseengehalten in bodem en daarop geteelde groente; de opname in gewas is niet te voorspellen.
- Voor de risicoberekeningen wordt daarom het 95 percentiel van gevonden arseen concentraties in gewas gebruikt, als hoge, maar niet onrealistische schatting.
- Voor grondingestie kan wel worden aangenomen dat de inname van arseen toeneemt met toenemende concentratie in de bodem.

- Er is geen systematisch verschil tussen de gemiddelde arseengehalten in groenten in moestuinen in Nederland versus die in de reguliere landbouw in Nederland of Europa (en dus in de winkel).
- Op grond van beschikbare gegevens lijken sla en prei relatief veel arseen op te nemen. Kool ook, maar dit is alleen terug te zien in de moestuindata (niet in reguliere landbouw). Dit zegt pas iets over de blootstelling als ook het dagelijks gegeten gewicht van het gewas wordt beschouwd.

*Arseenblootstelling: gewas telen t.o.v. achtergrond (hoofdstuk 5)*

- De toename van blootstelling aan arseen door groningestie is evenredig met de toename van de concentratie arseen in de grond.
- Het verloop van de blootstelling via gewasconsumptie zelf is niet goed te voorspellen wegens het ontbreken van een systematisch verband tussen concentratie in de bodem en in het gewas. Daarom wordt met een vaste waarde gerekend, waar in de praktijk 95% van de gehalten in groenten onder zit.
- Grofweg komt de blootstelling door het zelf telen van groenten in dezelfde orde grootte als de achtergrondblootstelling bij arseenconcentraties in de bodem van 220 mg/kg<sub>DS</sub> (wonen met tuin), 140 mg/kg<sub>DS</sub> (kleine moestuin) en 50 mg/kg<sub>DS</sub> (moestuin). Indien er van uit wordt gegaan dat er geen kinderen aanwezig zijn in de moestuin, is dat 410 mg/kg<sub>DS</sub> (wonen met tuin), 270 mg/kg<sub>DS</sub> (kleine moestuin) en 90 mg/kg<sub>DS</sub> (moestuin).

*Risicoreductie/handelingsperspectieven (hoofdstuk 6)*

- Als de bodem veel arseen bevat, kan het verminderen van groningestie helpen de blootstelling te reduceren. Dat kan door een slimme terreininrichting, voorlichting (bewustmaking), het wassen van handen en groenten en eventueel het dragen van handschoenen.
- Het is onzeker of groenten in de winkel lagere arseengehalten bevatten dan die uit een moestuin, daarom is het niet aan te raden om het moestuinieren op te geven zonder bijvoorbeeld een gewasonderzoek, waarbij de arseengehalten in groenten worden gemeten.

## 7.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt:

- Om stappen te nemen, bij voorkeur in internationaal kader, om tot een consensuswaarde voor de minimale MOE voor arseen te komen ten opzichte van de BMDL<sub>0,5</sub> van 3 µg/kg<sub>LG</sub>/dag.
- De arseengehalten in groenten uit de reguliere landbouw in Nederland beter te onderbouwen, om een beter vergelijk met gemeten arseengehalte in groenten in moestuinen en die in groenten gekocht in de winkel mogelijk te maken.
- De bepaling van de blootstelling aan arseen uit de bodem nader te onderzoeken, met als doel om tot een degelijker en beter onderbouwde landelijke beoordelingsprocedure van de gezondheidsrisico's te komen. Hierbij zou nader gekeken moeten worden naar de arseengehalten in groenten, mede in relatie tot

de arseengehalten in de bodem, de orale biobeschikbaarheid in het lichaam en het aandeel anorganisch arseen in grond dat mensen binnen krijgen.

- In een moestuin waar vragen zijn over hoge concentraties arseen in de bodem, kan de GGD wijzen op handelingsperspectieven om de blootstelling via hand-mond contact te reduceren en/of overwegen of het zinvol is om gewasonderzoek uit te laten voeren.





## Literatuur

Bierkens, J., B. De Raeymaecker, C. Cornelis, G. Schoeters, R. Hooghe, S. Verbeiren, A. Ruttens, J. Vangronsveld, E. Smolders, I. Schoeters, K. Van Geert, G. Van Gestel, D. Geysen, D. Dedecker, K. Van De Wiele, 2010. Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen voor arseen. Wettelijk depotnummer D/2010/5024/19, Februari 2010.

Boon P.E., van Donkersgoed G., Wolterink G., Brants H., Drijvers J., Zeilmaker M.J. De inname van contaminanten bij een voedingspatroon volgens de Richtlijnen Schijf van Vijf. RIVM rapport 2017-0124.

Brandon, Esther F.A., Paul J.C.M. Janssen, Lianne de Wit-Bos, 2014. Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment, Food Additives & Contaminants: Part A, 31:12, 1993-2003, DOI: 10.1080/19440049.2014.974687

Cornelis, C. en F.A. Swartjes., 2008. Ontwikkeling van een geharmoniseerde methodiek voor beoordeling van gezondheidsrisico's door bodemverontreiniging in de Kempenregio. Eindrapport. OVAM-rapport D/2008/5024/120, OVAM, Mechelen, België.

Dirven-Van Breemen, E.M., J.P.A. Lijzen, P.F. Otte, P.L.A. van Vlaardingen, J. Spijker, E.M.J. Verbruggen, F.A. Swartjes, J.E. Groenenberg, M. Rutgers, 2007. Landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid. RIVM rapport 711701053, RIVM, Bilthoven

EFSA (2005) 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 (Request No EFSA-Q-2004-020) (ADOPTED ON 18 OCTOBER 2005). The EFSA Journal (2005) 282, 1-31

EFSA, 2009. Scientific Opinion on Arsenic in Food. The EFSA Journal 7:199. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.

EFSA (2014) Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. EFSA Journal 2014;12(3):3597

Health Council of the Netherlands, 2012. Arsenic and inorganic arsenic compounds. Health-based calculated occupational cancer risk values. Dutch Expert Committee on Occupational Safety (DECOS); a Committee of the Health Council of The Netherlands No. 2012/32, The Hague, December 11, 2012

Hulshof, K.F.A.M., M.C. Ocké, C.T.M. van Rossum, E.J.M. Buurma-Rethans, H.A.M. Brants HAM, J.J.M.M. Drijvers, D. ter Doest, 2004. Resultaten van de Voedselconsumptiepeiling 2003. RIVM-rapport 350030002/2004, RIVM, Bilthoven.

JECFA, 1989. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Contaminants. WHO Food Additives Series 24. Geneva: World Health Organization.

Keuken en Nijhuis, 2015. 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. GGD Kennemerland medische milieukunde, cluster milieu en hygiëne, Postbus 5514, 2000 GM Haarlem.

Mol, G., J. Spijker, P. van Gaans, P. Römken (Eds.), 2012. Geochemische atlas van Nederland. Alterra, RIVM en Deltares. Wageningen Academic Publishers, Nederland, 2012.

Ocké, M.C., C.T.M. van Rossum, H.P. Franse, E.M. Buurma, E.J. de Boer, H.A.M. Brants, E.M. Niekerk, J.D. van der Laan, J.J.M.M. Drijvers, Z. Ghameshlou, 2008. Dutch National Food Consumption Survey Young Children 2005/2006. RIVM-rapport 350070001, RIVM, Bilthoven

Provincie Noord-Holland, 2000. Risico's van de natuurlijke arseenbelasting in Noord-Holland. Rapport Afdeling Onderzoek, Haarlem, juli 2000.

Römken, P., J.J. Quist, M.F.X. Veul, 2007. Potproef geeft uitsluitel over opname arseen. Land + Water 6/7 (juni 2007): 28-29.

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

WHO, 2011. Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives. Evaluation of certain contaminants in food. WHO (World Health Organization) Technical Reports Series, 959.

## BIJLAGE A. LOWER, MIDDLE AND UPPER BOUND (EFSA)

In EFSA (2014) werden drie waarden voor de achtergrondconcentraties bepaald, die verschillen in het omgaan met 'nul-metingen' (waarden onder de detectielimiet): een relatief lage en relatief hoge waarde en een 'tussenwaarde':

- Relatief lage waarde: LB (*lower bound*): waarnemingen beneden LOD<sup>1</sup> en LOQ<sup>1</sup> zijn op 0,0 µg/L gesteld.
- 'Tussenwaarde': MB (*middle bound*): waarnemingen <LOD: zijn gelijk gesteld aan LOD/2; waarnemingen <LOQ: zijn gelijk gesteld aan LOQ/2
- Relatief hoge waarde: UB (*upper bound*): waarnemingen <LOD: zijn gelijk gesteld aan LOD; waarnemingen <LOQ: zijn gelijk gesteld aan LOQ.

Omdat er veel nulmetingen zijn, is het verschil tussen LB en UB groot: gemiddeld een factor 2 tot 3.

Daarnaast werden vaak gemiddelde waarden en 90-percentielen gegeven.

## BIJLAGE B. ACHTERGRONDBLOOTSTELLINGEN AAN ARSEEN IN NEDERLAND EN EUROPA

### Leeftijdsgroepen

IN CSOIL worden de volgende groepen onderscheiden:

- Kinderen: 0 – 6 jaar;
- Volwassenen: 6 - 70 jaar.

In EFSA (2014) worden de volgende leeftijdsgroepen onderscheiden:

- zuigeling (*infants*): < 1 jaar;
- peuter (*toddler*): 1 – 3 jaar;
- overige kinderen (*other children*): 3 – 10 jaar;
- adolescenten (*adolescents*): 10 – 18 jaar;
- volwassen (*adults*): 18 - 65 jaar;
- ouderen (*elderly*): 65 - 75 jaar;
- bejaarden (*very elderly*): > 75 jaar.

### Achtergrondblootstelling

De onderstaande waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen zijn ontleend aan het Europese overzicht van achtergrondwaarden (EFSA, 2014). Deze maakten voor de achtergrondblootstelling aan arseen voor Nederland gebruik van oudere voedselconsumptiedata. Er zijn meer recente consumptiegegevens voor Nederland bekend, uit 2007-2010, voor de groep 7-69 jaar (Van Rossum et al, 2011), maar het viel buiten de scope van dit project om deze waarden in herziene waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen te verwerken. Het is niet te verwachten dat dit een grote invloed heeft op de achtergrondblootstelling aan arseen.

Alle waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen in deze bijlage zijn gegeven in  $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ .

#### *Kinderen, Nederland*

Gemiddelden voor peuters (2 jaar): 0,37; 0,68; 1,00<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A1). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Ocké et al., 2008. De waarde van 0,68. Als representatieve waarde voor de gemiddelde blootstelling van een peuter aan arseen kan 0,68 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

95-Percentielen voor peuters (2 jaar): 0,61; 1,03; 1,48<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A1). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Ocké et al., 2008. Als representatieve waarde voor het 95-percentiel van de blootstelling van een peuter aan arseen kan 1,03 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

<sup>11</sup> Respectievelijk: lower bound, middle bound, upper bound, zie Bijlage A.

<sup>12</sup> Onder 'tussenwaarden' worden de Middle Bound-waarden verstaan. Voor deze waarden voor de achtergrondblootstelling is voor de metingen waarbij geen arseen in een product werd aangetroffen de waarde 'de helft van de detectielimiet' aangehouden

Gemiddelden voor overige kinderen (3-6 jaar): 0,31; 0,56; 0,81<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A2). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Ocké et al., 2008. Als representatieve waarde voor de gemiddelde blootstelling van 'overige kinderen' aan arseen kan 0,56 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

95-Perctielen voor overige kinderen (3-6 jaar): 0,53; 0,89; 1,28<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A2). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Ocké et al., 2008. Als representatieve waarde voor het 95-percentiel van de blootstelling van 'overige kinderen' aan arseen kan 0,89 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

Achtergrondwaarde in Keuken en Nijhuis, 2016: 0,81 (hoogste waarde (*upper bound*) van de gemiddelden waarden voor de achtergrondblootstelling aan arseen voor overige kinderen (3-6 jaar) uit EFSA (2014).

#### *Kinderen, Europa*

Er worden 4 groepen kinderen onderscheiden in EFSA (2014):

- zuigelingen (*infants*): <1 jaar;
- peuters (*toddlers*): 1-3 jaar;
- overige kinderen (*other children*): 3-10 jaar;
- adolescenten (*adolescents*): 10-18 jaar.

De groep 'kinderen' in CSOIL is gedefinieerd tussen 0 en 6 jaar. Dit komt overeen met de zuigelingen, peuters en een gedeelte van 'overige kinderen' in EFSA (2014). Om aan te sluiten bij CSOIL wordt hier de groep 'overige kinderen' tot de kinderen gerekend, alhoewel een gedeelte binnen deze groep in de leeftijd 6-10 jaar valt. De groep adolescenten valt buiten de kinderen, zoals gedefinieerd in CSOIL. Voor zuigelingen zijn geen betrouwbare percentielwaarden af te leiden. De achtergrondblootstelling aan arseen voor peuters is representatief geacht voor zuigelingen. Resumerend worden de groepen zuigelingen, peuters en 'overige kinderen' (leeftijd 1 jaar – 10 jaar) beschouwd als het meest representatief voor de groep kinderen in CSOIL (0 - 6 jaar).

De gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen voor kinderen (zuigelingen, peuters en 'overige kinderen' (leeftijd 1 jaar – 10 jaar) varieert tussen 0,2-1,3 (EFSA, 2014; tabel 24; (de laagste waarde uit de range voor de relatief lage waarden<sup>13</sup> en de hoogste waarde voor de relatief hoge waarden<sup>14</sup>). Als representatieve waarde voor de gemiddelde blootstelling van een kind aan arseen kan de periode-gewogen mediane waarde van de tussenwaarden<sup>15</sup> (*middle bound*) worden beschouwd. Hieruit volgt een waarde van 0,56 (zie tabel hieronder).

<sup>13</sup> Onder 'relatief lage waarden' worden de Lower Bound-waarden verstaan. Voor deze waarden voor de achtergrondblootstelling is voor de metingen waarbij geen arseen in een product werd aangetroffen de waarde 0 aangehouden

<sup>14</sup> Onder 'relatief hoge waarden' worden de Higher Bound-waarden verstaan. Voor deze waarden voor de achtergrondblootstelling is voor de metingen waarbij geen arseen in een product werd aangetroffen de waarde 'detectielimiet' aangehouden

<sup>15</sup> Onder 'tussenwaarden' worden de Middle Bound-waarden verstaan. Voor deze waarden voor de achtergrondblootstelling is voor de metingen waarbij geen arseen in een product werd aangetroffen de waarde 'de helft van de detectielimiet' aangehouden

	Periode (jaar)	Achtergrondblootstelling ( $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ )
zuigelingen	1	0,68
peuters	2	0,68
Overige kinderen	7	0,51
<i>SOM</i>	<i>10</i>	
Periode-gewogen gemiddelde achtergrondblootstelling		0,56

\*

\*Niet gegeven, maar gelijk verondersteld aan die van peuters

Het 95-percentiel van de gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen voor kinderen (peuters en 'overige kinderen'; leeftijd 1 jaar – 10 jaar) varieert tussen 0,36-2,09 (EFSA, 2014; tabel 24; (de laagste waarde uit de range voor de relatief lage waarden<sup>13</sup> en de hoogste waarde voor de relatief hoge waarden<sup>14</sup>. Als representatieve waarde voor het 95-percentiel van de blootstelling van een kind aan arseen kan de periode-gewogen mediane waarde van de tussenwaarden<sup>15</sup> worden beschouwd. Hieruit volgt een waarde van 1,00 (zie tabel hieronder).

	Periode (jaar)	Achtergrondblootstelling ( $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ )
zuigelingen	1	1,38
peuters	2	1,38
Overige kinderen	7	0,83
<i>SOM</i>	<i>10</i>	
		1,00

\*

\*Niet gegeven, maar gelijk verondersteld aan die van peuters

#### *Volwassenen, Nederland*

Gemiddelden voor de leeftijdsgroep 19-30 jaar: 0,14; 0,25; 0,36<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A4). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Hulshof et al., 2004. Als representatieve waarde voor de gemiddelde blootstelling van een volwassene aan arseen kan 0,25 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

95-Percentielen voor de leeftijdsgroep 19-30 jaar: 0,24; 0,41; 0,59<sup>11</sup> (EFSA, 2014; Appendix A4). De consumptiehoeveelheden zijn ontleend aan Hulshof et al., 2004. Als representatieve waarde voor het 95-percentiel van de blootstelling van volwassenen aan arseen kan 0,41 (de tussenwaarde<sup>12</sup>) worden beschouwd.

Achtergrondwaarde in Keuken en Nijhuis, 2016: 0,38.

#### *Volwassenen, Europa*

Er worden drie groepen volwassenen onderscheiden in EFSA (2014):

- volwassenen (*adults*): 18 - 65 jaar;
- ouderen (*elderly*): 65 - 75 jaar;
- bejaarden (*very elderly*): >75.

De groep 'volwassenen' in CSOIL is gedefinieerd tussen 6 en 70 jaar. Dit komt overeen met de groep volwassenen en een gedeelte van de groep ouderen in EFSA (2014). Omdat CSOIL in principe op levenslang-gemiddelde blootstelling gericht is, worden ouderen en bejaarden (met

als periode 10 jaar) in deze studie meegerekend. Om aan te sluiten bij de leeftijdsgroep in CSOIL wordt hier tevens de groep adolescenten (10 - 18 jaar) meegerekend. In dat geval wordt de groep 'volwassenen' in CSOIL (6 - 70 jaar) gepresenteerd door de leeftijdsgroep uit EFSA (2014) van 10-85 jaar.

De achtergrondblootstelling aan arseen voor volwassenen (10 - 85 jaar) varieert tussen 0,09-0,87 (EFSA, 2014; tabel 24) (de laagste waarde uit de range voor de relatief lage waarden<sup>13</sup> en de hoogste waarde uit de range voor de relatief hoge waarden<sup>14</sup>). Als representatieve waarde voor de gemiddelde blootstelling van een volwassene aan arseen kan de periode-gewogen mediane waarde van de tussenwaarden<sup>15</sup> worden beschouwd. Hieruit volgt een waarde van 0,23 (zie tabel hieronder).

	<b>Periode (jaar)</b>	<b>Achtergrondblootstelling (<math>\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}</math>)</b>
adolecenten	8	0,29
volwassen	47	0,23
ouderen	10	0,2
bejaarden	10	0,2
<i>SOM</i>	75	
Periode-gewogen gemiddelde achtergrondblootstelling		0,23

Het 95-percentiel van de gemiddelde achtergrondblootstelling aan arseen voor volwassenen (10-85 jaar) varieert tussen 0,36-2,09 (EFSA, 2014; tabel 24; (de laagste waarde uit de range voor de relatief lage waarden<sup>13</sup> en de hoogste waarde voor de relatief hoge waarden<sup>14</sup>). Als representatieve waarde voor het 95-percentiel van de blootstelling van een volwassene aan arseen kan de periode-gewogen mediane waarde van de tussenwaarden<sup>15</sup> worden beschouwd. Hieruit volgt een waarde van 0,39 (zie tabel hieronder).

	<b>Periode (jaar)</b>	<b>Achtergrondblootstelling (<math>\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}</math>)</b>
adolecenten	8	0,51
volwassen	47	0,39
ouderen	10	0,31
bejaarden	10	0,35
<i>SOM</i>	75	
Periode-gewogen gemiddelde achtergrondblootstelling		0,39

#### *Literatuur*

Rossum, Caroline T.M. van, Heidi P. Fransen, Janneke Verkaik-Kloosterman, Elly J.M. Buurma-Rethans, Marga C. Ocké (2011). Consumption survey. Diet of children and adults aged 7 to 69 years. RIVM-rapport 350050006/2011, RIVM, Bilthoven

**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*