

Eindrapport

S-Risk stoffenfiches – deel 1: metalen en arseen

C. Cornelis, J. Bierkens, A. Standaert

Studie uitgevoerd in opdracht van OVAM
2014/MRG/39

september 2016



VITO NV

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

INHOUD

| | |
|---|------------|
| Inhoud | I |
| Lijst van afkortingen | II |
| Lijst van wijzigingen | III |
| Inleiding | 1 |
| HOOFDSTUK 1. Stoffenfiches zware metalen | 3 |
| 1.1. Arseen | 4 |
| 1.2. Cadmium | 7 |
| 1.3. Chroom (III) | 11 |
| 1.4. Chroom (VI) | 14 |
| 1.5. Koper | 17 |
| 1.6. Anorganisch kwik | 22 |
| 1.7. Methyalkwik | 26 |
| 1.8. Elementair kwik | 28 |
| 1.9. Lood | 30 |
| 1.10. Nikkel | 34 |
| 1.11. Zink | 37 |
| Literatuurlijst | 40 |

LIJST VAN AFKORTINGEN

| | |
|------------------|--|
| ABS | absorptiefactor |
| Al | aluminiumgehalte |
| BCF | bioconcentratiefactor |
| BTEXS | benzeen, toluen, ethylbenzeen, styreen |
| BTF | biotransferfactor |
| Da | diffusiecoëfficiënt in lucht |
| Dpe | diffusiecoëfficiënt in polyethyleen |
| Dpvc | diffusiecoëfficiënt in PVC |
| Dw | diffusiecoëfficiënt in water |
| FA | factor gebruikt bij de berekening van dermale absorptie vanuit water |
| Fe | ijzergehalte |
| K _d | sorptiecoëfficiënt bodem-water |
| K _{oa} | verdelingscoëfficiënt octanol-lucht |
| K _{oc} | verdelingscoëfficiënt organische koolstof-water |
| K _{ow} | verdelingscoëfficiënt octanol-water |
| K _p | dermale permeabiliteitscoëfficiënt |
| MTBE | methyl-t-butylether |
| OVAM | Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij |
| PAK | polyaromatische koolwaterstof |
| P _{tot} | totaal fosforgehalte |
| TCL | Toelaatbare Concentratie in Lucht |
| TDI | Toelaatbare Dagelijkse Inname |
| TGD | Technical Guidance Document |
| VMM | Vlaamse MilieuMaatschappij |

LIJST VAN WIJZIGINGEN

- 17/12/2014 referentie BTF schapen voor lood gecorrigeerd
- 20/01/2016 De BCF voor de opname van arseen door spinazie werd aangepast. De BCF leidde tot een daling van de concentratie in de plant bij stijgende bodemconcentratie, wat tot inconsistenties leidde bij de iteraties van applicatie I en III van S-Risk. De impact van de wijziging op berekeningsresultaten is minimaal. Het oude BCF-model: $\log BCF = -3,36 - 1,1 \log A_{s_{tot}} + 0,99 \log P_{tot}$. Het nieuwe BCF-model: $\log BCF = -0,484 - 0,974 \log A_{s_{tot}}$.
- 17/08/2016 Het CAS-nummer van arseen werd gecorrigeerd naar 7440-38-2.
- 09/09/2016 Het CAS-nummer van zink werd gecorrigeerd naar 7440-66-6.

INLEIDING

De stoffenfiches vatten de gegevens samen zoals opgenomen in S-Risk 1.0. De stoffenfiches zijn een kopie van de stoffenfiches opgemaakt in het kader van de voorstellen voor bodemsaneringsnormen in Vlaanderen. Door het gewijzigde formularium van S-Risk in vergelijking met het tot nu toe gebruikte model Vlier-Humaan, zijn ook een aantal nieuwe parameterwaarden geïntroduceerd. Daarnaast werden een aantal supplementaire opties mogelijk, die eveneens wijzigingen in de invoergegevens tot gevolg hadden. Voor deze wijzigingen werden nieuwe gegevens opgezocht. De belangrijkste wijzigingen zijn:

- Dermale absorptie: er zijn twee nieuwe parameters (die de oude parameters vervangen), met name de fractie geabsorbeerd voor dermale opname via bodem en stof, en de dermale permeabiliteitscoëfficiënt voor dermale opname vanuit water. Deze laatste gaat samen met een parameter FA.
- Bioconcentratiefactoren plant (BCF): voor *metalen en arseen* ontbrak vaak een BCF voor hetzij maïs, hetzij gras. In de meeste gevallen werd de BCF-relatie voor gras en maïs dan gelijk gesteld. Dit is niet correct. Er is bijgevolg een nood om hiervoor aanvullende BCF-relaties op te zoeken.
- Bioconcentratiefactoren plant (BCF): voor organische verbindingen kan in S-Risk de opname ofwel berekend worden uitgaande van stof- en planteigenschappen, ofwel kunnen BCF's ingevoerd worden in eenheden van mg/kg ds in de plant per mg/m³ bodemoplossing. Voor de meeste organische verbindingen wordt de opname berekend. Voor een aantal organische verbindingen heeft de stoffenfiche waarden in eenheden van mg/kg ds in de plant per mg/kg ds in de bodem. Deze waarden kunnen niet overgenomen worden in S-Risk en voor deze stoffen werd dan gebruik gemaakt van de modelberekeningen. Dit is toegelicht in de stoffenfiche indien van toepassing.
- Biotransferfactoren dierlijke producten (BTF): S-Risk laat toe om biotransferfactoren voor dierlijke producten te specificeren naar vlees, melk, nieren, lever. Voor anorganische verbindingen werken we telkens met ingevoerde BTF-waarden. In de originele stoffenfiches stonden alleen waarden voor vlees en melk. Er werden bijkomende gegevens opgezocht in het rapport De Raeymaecker et al. (2005). Voor organische verbindingen wordt de BTF altijd berekend in het model.
- Biotransferfactoren eieren (BTF): S-Risk laat toe om transfer naar kippeneieren te berekenen. Dit is nieuw ten opzichte van Vlier-Humaan. De blootstellingsweg staat standaard niet geactiveerd. Voor de metalen werden transferfactoren naar ei opgezocht, en ingevuld in de stoffenfiche. Voor organische verbindingen werden geen biotransferfactoren opgezocht en werden de waarden gelijk gesteld aan nul. Indien deze blootstellingsweg geactiveerd wordt in S-Risk, moet de gebruiker geschikte BTF-waarden naar ei opzoeken of berekenen.
- Toxiciteitsgegevens: de toxiciteitsgegevens werden als dusdanig overgenomen uit de stoffenfiches. Waar Vlier-Humaan alleen berekeningen toeliet voor systemische effecten en ofwel carcinogene effecten ofwel niet-carcinogene effecten, kan S-Risk verschillende eindpunten simultaan doorrekenen. Dit betekent dat de toxiciteitsgegevens in de stoffenfiches soms uitgebreider zijn dan in de oorspronkelijke stoffenfiches stond.
- Achtergrondblootstelling en achtergrondconcentraties: Vlier-Humaan liet toe om slechts één waarde voor achtergrondblootstelling (weliswaar afhankelijk van bestemmingstype) via voeding in te voeren. S-Risk laat een leeftijdsafhankelijke achtergrondblootstelling via voeding toe. De leeftijdsafhankelijkheid wordt meestal standaard genomen (volgens verhoudingen gegeven in de TGD). De bestemmingsafhankelijkheid wordt berekend op

basis van ingegeven achtergrondconcentraties via voeding. S-Risk rekt ook apart de achtergrondblootstelling via drinkwater door. Achtergrondconcentraties in drinkwater werden opgezocht op basis van VMM-data.

- Normen voor levensmiddelen: voor een aantal stoffen zijn er normen voor toetsing van de berekende concentraties in levensmiddelen. Er werd nagegaan of de wetgeving nog actueel was, en waar nodig werden nieuwe waarden genomen.

De bestaande informatie, die overgenomen werd in S-Risk is gebaseerd op de stoffenfiches:


- Zware metalen: OVAM (2009c) en (OVAM, 2009d) met bijhorend rekenblad;
- BTEXS: OVAM (2009a)
- Chlooralifaten: OVAM (2004) voor 1,1,1-trichloorethaan, 1,1,2-trichloorethaan, 1,1-dichloorethaan, cis-1,2-dichlooretheen, trans-1,2-dichlooretheen, dichloormethaan, tetrachlooretheen, tetrachloormethaan, trichlooretheen; OVAM (2009b) voor 1,2-dichloorethaan, vinylchloride, trichloormethaan (chloroform)
- Chlooraromaten: OVAM (2004); OVAM (2009b) voor hexachloorbenzeen
- PAK's: OVAM (2003a) voor PAK's; OVAM (2005a) voor wijzigingen in de toetsingscriteria voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antraceen
- Cyaniden: OVAM (2004)
- Trimethylbenzenen: OVAM (2003b)
- Chloorfenolen: OVAM (2005b)
- Hexaan, heptaan, octaan: OVAM (2004)
- MTBE: OVAM (2003a)

Details van de nieuwe informatie zijn telkens terug te vinden in het rapport van de doorrekening op niveau bodemsaneringsnormen met S-Risk (Cornelis, Bierkens, and Standaert, 2013a). In de stoffenfiches is aangegeven welke informatie nieuw of gewijzigd is ten opzichte van de oorspronkelijke, hierboven vermelde stoffenfiches.

De stoffenfiches S-Risk bestaan uit 6 documenten:









- **Deel 1: stoffenfiches metalen en arseen**
- Deel 2: stoffenfiches benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen, styreen en trimethylbenzenen
- Deel 3: stoffenfiches chlooralifaten, chloorbenzenen en chloorfenolen
- Deel 4: stoffenfiches polyaromatische koolwaterstoffen
- Deel 5: stoffenfiches alkanen, MTBE en cyaniden
- Deel 6: stoffenfiches oliefracties.






HOOFDSTUK 1. STOFFENFICHES ZWARE METALEN

Indien stoffengegevens niet overgenomen zijn uit de stoffenfiches, wordt dit aangeduid met  en eventueel een toelichting. Gedetailleerde informatie voor nieuwe gegevens is opgenomen in Cornelis et al. (2013a).





Voor *koper, kwik en nikkel* zijn de plantopnamefactoren (BCF's) opgesteld voor niet-aangerijkte bodems. Voor aangerijkte bodems worden de bekomen BCF's gedeeld door een bepaalde factor. Het onderscheid tussen aangerijkt en niet-aangerijkt wordt gemaakt door de achtergrondwaarde maal 4. Deze achtergrondwaarden zijn de waarden opgenomen in de versie van Vlarebo voorafgaand aan de versie van 2008.

1.1. ARSEEN

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--|------------------------|---|---|
| CAS nr. | | 7440-38-2 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 74,9 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | $\log K_d = 1,68 + (1,26 \times \log (\% \text{klei}))^a$ | Op basis van data Smolders et al. (2000) |
| BCF | | ^{b)} | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | $1,00 \cdot 10^{-3}$ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | $3,00 \cdot 10^{-2}$ |  Wester et al. (1993) in US-EPA (2004a) |
| BTF rundsvlees | d/kg | $1,36 \cdot 10^{-3}$ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | $2,50 \cdot 10^{-3}$ |  Beresford et al. (2001) |
| BTF lever | d/kg | $4,20 \cdot 10^{-3}$ |  Crout et al. (Crout, Beresford, Dawson, Soar, and Mayes, 2004) |
| BTF nier | d/kg | $4,90 \cdot 10^{-3}$ |  Crout et al. (Crout, et al., 2004) |
| BTF melk | d/kg | $1,00 \cdot 10^{-4}$ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | $4,60 \cdot 10^{-1}$ |  zelfde waarde als BTF voeder-ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | $4,60 \cdot 10^{-1}$ |  Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | 1 A 1 | IARC (1987) US-EPA, (2002) EC (2001) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | $2 \cdot 10^{-3}$ | JECFA (1989a) |
| TCL inhalatoir ^{c)} | mg/m ³ | $1,3 \cdot 10^{-5}$ | hoogste waarde van interval voorgesteld in EC (2001); hoger dan de Europese streefwaarde voor luchtkwaliteit (6 ng/m ³) |
| TDI dermaal | mg/kg.d | $2 \cdot 10^{-3}$ | zelfde als orale waarde |
| uitmiddeling kind, jongere, volwassene | | | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | $1,30 \cdot 10^{-5}$ | hoogste waarde van interval voorgesteld in EC (2001); hoger dan de Europese streefwaarde voor luchtkwaliteit (6 ng/m ³) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 10 | WHO, (1993); VI. Reg. (2003) |











| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|
| Gewasnorm | mg/kg vg | Gras 0,8 Mais 0,56 | Belgisch Staatsblad ("Ministerieel Besluit van 12 februari 19991 betreffende de handel en het gebruik van producten die bedoeld zijn voor het voederen van dieren, en wijzigingen," 1999) en wijzigingen,  gewijzigde gehalten droge stof |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $2,58 \cdot 10^{-4}$ | Deelstra et al. (1996) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen cfr. TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,002 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,002 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,002 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,0004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,0009 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $4,80 \cdot 10^{-6}$ | VMM (2004) (gemiddeld) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $4,80 \cdot 10^{-6}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 1,5 |  VMM (2006) (gemiddeld van medianen aan kraan) |










- a) Voor de keuze van de verdelingscoëfficiënt K_d wordt verwezen naar het rapport van Smolders et al. (2000). Aangezien het echter de bedoeling was een bodem-water verdelingscoëfficiënt af te leiden die voor zowel de berekening van bodemsaneringsnormen als voor de bepaling van de uitloognormen van As geschikt is, werd afgeweken van de gerapporteerde omrekeningsformules en werd volgende relatie gebruikt:
- $$\log K_d = 1,68 + (1,26 \times \log (\% \text{klei})) \quad R^2 = 0,49$$
- Bij een standaardbodem (%klei: 10) wordt zo een K_d berekend van 871 l/kg.
- b) De keuze van geschikte BCF's is gebaseerd op Ruttens (2005). De beschikbare BCF regressiemodellen uit deze studie en de gelijkstellingsregels voor de overige groenten in het voedselpakket worden hieronder opgesomd (zie tabel). Omdat schorseneren, paprika en kolen, en maïs niet in de achtergrondinformatie bij het normvoorstel voor zware metalen opgenomen waren, zijn hier bijkomende gelijkstellingsregels gedefinieerd.

| Plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------------------------|--|---|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,003 | Versluijs en Otte (2001) |
| wortel- en knolgewassen | | |
| wortelen | $\log \text{BCF} = 0,57 - (0,66 \times \log \text{As}_{\text{tot}}) - (0,49 \times \log \text{Fe})$ | |
| schorseneren | $\log \text{BCF} = 0,57 - (0,66 \times \log \text{As}_{\text{tot}}) - (0,49 \times \log \text{Fe})$ |  gelijkstelling wortelen |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,12 | aardappel * 40 |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,0163 | gemiddelde bladgroenten/2 (bij standaardbodem) |
| prei | $\log \text{BCF} = -3,05 - (0,54 \times \log \text{As}_{\text{tot}}) + (0,73 \times \log \text{Al})$ | |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | 0,003 |  |
| komkommer | 0,003 | gelijkstelling aardappel |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | 0,003 | gelijkstelling aardappel |
| kolen | | |
| kool | 0,011 |  gelijkstelling spruitjes |
| bloemkool en broccoli | 0,003 | gelijkstelling aardappel |
| spruitjes | 0,011 | gemiddelde bladgroenten/3 (standaardbodem) |
| bladgewassen | | |
| sla | $\log \text{BCF} = -0,31 - (0,73 \times \log \text{As}_{\text{tot}})$ | |
| veldsla | 0,033 | gemiddelde bladgroenten |
| andijvie | 0,033 | gemiddelde bladgroenten |
| spinazie | $\log \text{BCF} = -0,484 - (0,974 \times \log \text{As}_{\text{tot}})$ | gewijzigd dd. 20/01/2016 |
| witlof | 0,011 | gemiddelde bladgroenten/3 |
| selder | $\log \text{BCF} = 1,08 - (0,54 \times \log \text{As}_{\text{tot}}) - (0,56 \times \log \text{Fe})$ | |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,003 | gelijkstelling aardappel |
| erwten | 0,003 | gelijkstelling aardappel |
| grassen | | |
| gras | 0,27 | Van Wezel (2003) |
| granen | | |
| maïs | 0,27 |  gelijkstelling gras |

- c) In de originele stoffenfiles wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d. Hoewel arseen in de normering beschouwd wordt als een niet-carcinogeen via orale weg en een carcinogeen met drempel via inhalatoire weg (dus verschillende eindpunten) werden in de normering de risico-indexen via de verschillende routes wel gesommeerd. Dit is overgenomen in S-Risk.


1.2. CADMIUM

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|--|---|
| CAS nr. | | 7440-43-9 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 112,4 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | $\log K_d = -0,19 + (0,46 \times \text{pH})_a$ | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | b) | Smolders (2006) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | $1,00 \cdot 10^{-3}$ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | $1,00 \cdot 10^{-3}$ |  Wester et al. (1992) in US-EPA (2004a) |
| BTF rundsvlees | d/kg | $1,36 \cdot 10^{-4}$ | De Raeymaecker et al. (2005) |
| BTF schapenvlees | d/kg | $2,20 \cdot 10^{-2}$ |  Morgan (1991) |
| BTF lever | d/kg | $5,40 \cdot 10^{-2}$ |  Crout et al. (2004) |
| BTF nier | d/kg | $5,20 \cdot 10^{-3}$ |  Crout et al. (2004) |
| BTF melk | d/kg | $1,90 \cdot 10^{-6}$ | De Raeymaecker et al. (2005) |
| BTF bodem – ei | d/kg | $6,70 \cdot 10^{-2}$ |  zelfde als voeder-ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | $6,70 \cdot 10^{-2}$ |  Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | 1 B1 2 3 | IARC (1993a, 1993b) US-EPA (1998b) EC (2001) (cadmiumchloride, -oxide en -sulfaat) EC (2001) (cadmiumsulfide) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | JECFA (1989a, 1989b, 2001, 2004) |
| TCL inhalatoir ^{c)} | mg/m ³ | $5 \cdot 10^{-6}$ | WHO (2000); EC (2001) |
| TDI dermaal | mg/kg.d | $5,5 \cdot 10^{-5}$ |  vanuit orale TDI met orale absorptiefactor van 0,05 |
| Uitmiddelingsperiode | | levenslang |  gewijzigd t.o.v. Vlier-Humaan omwille van effect na cumulatieve blootstelling ^{d)} |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | $5,00 \cdot 10^{-6}$ | EC (2001) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 3 | WHO (1993, 1996) |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------------|-------------------|--|--|
| Gewasnorm | mg/kg vg | Aardappelen 0,1 Wortelgewassen 0,1 Bolgroenten 0,05 Vruchtgroenten 0,05 Kool 0,05 Bladgroenten 0,2 Peulvruchten 0,05 Gras 0,4 Mais 0,2 | EC 1881/2006 ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) voor voeding; 2002/32/EG (2002) voor voeder (gras, maïs);  : gewijzigde gehalten droge stof voor voeder; iets uitgebreide lijst voor groenten |
| Vleesnorm | | | EC 1881/2006 ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) voor voeding |
| Rundsvlees | mg/kg vg | 0,05 | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | 0,05 |  |
| Lever | mg/kg vg | 0,5 |  |
| Nier | mg/kg vg | 1 |  |
| Melk | mg/kg vg | - |  Wel limiet in vorige regelgeving |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond volwassene | voeding mg/kg dag | $2,33 \cdot 10^{-4}$ | Deelstra et al. (1996) |
| Achtergrond kinderen | voeding mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen cfr. TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,036 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,036 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,036 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,013 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,013 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,033 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,013 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,094 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,0006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,003 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $1,60 \cdot 10^{-6}$ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $1,60 \cdot 10^{-6}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 0,25 |  VMM (2006) (gemiddeld van medianen aan kraan) |










- a) Voor Cd wordt voor de omrekening van de K_d in functie van de pH(CaCl₂, 0,01 M) volgende formule gehanteerd ($R^2 = 0,73$): $\log K_d = -0,19 + (0,46 \times \text{pH})$. Bij pH = 6 wordt zo een K_d van 372 l/kg berekend. Er is ook een omrekeningsformule afgeleid, gebaseerd op de pH(CaCl₂, 0,01 M) en de CEC ($R^2 = 0,79$):
 $\log K_d = -0,13 + (0,43 \times \text{pH}) + (0,26 \times \log \text{CEC})$.
- b) De keuze van geschikte BCF's is gebaseerd op Smolders (2006). De beschikbare BCF regressiemodellen uit deze studie en de gelijkstellingsregels voor de overige groenten in het voedselpakket worden hieronder opgesomd (zie tabel). Omdat paprika, kolen en maïs niet in de achtergrondinformatie bij het normvoorstel voor zware metalen opgenomen waren, zijn hier bijkomende gelijkstellingsregels gedefinieerd.

| Plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------------------------|---|--|
| aardappelen | | |
| aardappelen | $\text{Log BCF} = -0,5 - 0,05 \text{ pH-KCl} - 0,73 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| wortel- en knolgewassen | | |
| wortelen | $\text{Log BCF} = 0,43 - 0,12 \text{ pH-KCl} - 0,51 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| schorseneren | $\text{Log BCF} = 1,4 - 0,32 \text{ pH-KCl} - 0,58 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,271 | aardappel (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6)*4 |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,294 | prei (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6) |
| prei | $\text{Log BCF} = 1,18 - 0,25 \text{ pH-KCl} - 0,42 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | $\text{Log BCF} = -0,16 - 0,06 \text{ pH-KCl} - 0,66 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | $\frac{N}{3}$ = Smolders (2006) voor tomaten |
| komkommer | $\text{Log BCF} = -0,86 - 0,26 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | |
| kolen | | |
| kool | 0,023 | $\frac{N}{3}$ = spruitjes |
| bloemkool en broccoli | 0,068 | aardappel (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6) |
| spruitjes | 0,023 | aardappel (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6)/3 |
| bladgewassen | | |
| sla | $\text{Log BCF} = 1,06 - 0,14 \text{ pH-KCl} - 0,4 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| veldsla | 1,042 | = sla (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6) |
| andijvie | $\text{Log BCF} = 1,99 - 0,32 \text{ pH-KCl} - 0,42 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| spinazie | $\text{Log BCF} = 0,53 - 0,06 \text{ pH-KCl} - 0,37 \log \text{Cd}_{\text{bodem}}$ | Smolders (2006) |
| witlof | 0,326 | = gemiddelde waarde |

| Plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------|--|--|
| | | bladgroenten (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6)/3 |
| selder | Log BCF = 1,07 – 0,13 pH-KCl – 0,43 log Cd _{bodem} | Smolders (2006) |
| peulvruchten | | |
| bonen | Log BCF = 0,43 – 0,34 pH-KCl + 0,24 log Cd _{bodem} | Smolders (2006) |
| erwten | 0,032 | = bonen (bij achtergrondwaarde bodem*4, pH6) |
| grassen | | |
| gras | Log BCF = -0,33 – 0,08 pH-KCl – 0,78 log Cd _{bodem} | Smolders (2006) |
| granen | | |
| maïs | Log BCF = -0,33 – 0,08 pH-KCl – 0,78 log Cd _{bodem} |  = gras |

- c) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d.
- d) In de normering van Cd werd de standaardbenadering gebruikt waarbij de risico-index voor kinderen en volwassenen apart werd berekend. Door de wijziging in achtergrondblootstelling (verhoging voor kinderen) geeft dit reeds hoge risico-indexen bij achtergrondblootstelling. Daarom werd besloten om, ook rekening houdend met het toxisch werkingsmechanisme van cadmium, in S-Risk levenslang uit te middelen. Een evaluatie van de toetsingswaarde is evenwel nodig.

1.3. CHROOM (III)

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|---|---|
| CAS nr. | | 7440-47-3 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 52 | |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | $\log K_d = 2,25 + (0,28 \times \text{pH} - \text{CaCl}_2)$ | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | a) | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | $1,00 \cdot 10^{-3}$ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 |  dermaal contact = vnl. lokaal effect |
| BTF rundsvlees | d/kg | $4,48 \cdot 10^{-3}$ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | $4,48 \cdot 10^{-3}$ |  = rundsvlees |
| BTF lever | d/kg | $1,80 \cdot 10^{-3}$ |  Stevens (1992) |
| BTF nier | d/kg | $1,60 \cdot 10^{-4}$ |  Stevens (1992) |
| BTF melk | d/kg | $2,00 \cdot 10^{-4}$ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | $3,30 \cdot 10^{-2}$ |  = voeder - ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | $3,30 \cdot 10^{-2}$ |  Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | 3 D | IARC (1990a) US-EPA (1998e) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | $3 \cdot 10^{-3}$ | ATSDR (2000) |
| TCL inhalatoir ^{b)} | mg/m ³ | $1,05 \cdot 10^{-2}$ | omgerekend uit orale waarde |
| TDI dermaal | mg/kg.d | $3,9 \cdot 10^{-5}$ |  uit orale TDI met orale absorptiefactor 0,013 |
| uitmiddeling | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | $1,05 \cdot 10^{-2}$ | omgerekend uit orale waarde |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 50 | WHO (WHO, 1996); EC (1998) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | - | |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $5,10 \cdot 10^{-4}$ | Deelstra et al. (1996) |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen cfr. TGD | ☒ Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,02 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,09 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,08 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,01 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,17 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,04 | ☒ MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | 3,90.10 ⁻⁶ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | 3,90.10 ⁻⁶ | ☒ = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 1,00 | ☒ VMM (2006) |












^(a) Voor de keuze van een geschikte BCF wordt verwezen naar Ruttens (2005). Deze BCF's zijn uitgedrukt voor Cr-totaal maar worden gebruikt voor zowel Cr(III) als Cr(VI). De berekende en geschatte BCF's voor de verschillende consumptiegewassen in het voedselpakket worden weergegeven in onderstaande tabel. Omdat schorseneren en pastinaak, paprika, kolen en maïs niet in de achtergrondinformatie bij het normvoorstel voor zware metalen opgenomen waren, zijn hier bijkomende gelijkstellingsregels gedefinieerd.





| plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------------------------|------------------|--|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,019 | |
| wortel- en knolgewassen | 0,003 | ☒ = wortel |
| wortelen | 0,003 | |
| schorseneren | | |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,019 | = aardappel |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,0004 | |
| prei | 0,0004 | = ui |
| vruchtgewassen | | ☒ = tomaat |
| tomaat | 0,0015 | |
| komkommer | 0,0015 | = tomaat |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | |
| kolen | 0,019 | ☒ = aardappel |
| kool | | |
| bloemkool en broccoli | | |
| spruitjes | | |
| bladgewassen | | |
| sla | 0,004 | |
| veldsla | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| andijvie | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |

| plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------|------------------|--|
| spinazie | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| witlof | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| selder | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,003 | |
| erwten | 0,003 | = bonen |
| grassen | | |
| gras | 0,052 | |
| granen | | |
| maïs | 0,052 | \sqrt{V} = gras |



- b) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d.

1.4. CHROOM (VI)

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|
| CAS nr. | | 7440-47-3 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 52 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | 5 ^{a)} | de Groot et al. (1998) |
| BCF | | b) | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | nvt | |
| Dpvc | m ² /d | nvt | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | 2,00.10 ⁻³ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 |  dermaal contact = vnl. lokaal effect |
| BTF rundsvlees | d/kg | 7,46.10 ⁻³ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | 7,46.10 ⁻³ |  = rundsvlees |
| BTF lever | d/kg | 1,80.10 ⁻³ |  Stevens (1992) |
| BTF nier | d/kg | 1,60.10 ⁻⁴ |  Stevens (1992) |
| BTF melk | d/kg | 2,00.10 ⁻⁴ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | 3,30.10 ⁻² |  = voeder - ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | 3,30.10 ⁻² |  Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit ^{c)} | | 1 A Cr(VI)inh D Cr(VI)or | IARC (1990a) US-EPA (1998a) US-EPA (1998a) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 3.10 ⁻³ | US-EPA (1998a) |
| TCL inhalatoir ^{d)} | mg/m ³ | 1.10 ⁻² |  omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 7,5.10 ⁻⁵ |  orale TDI met orale absorptiefactor 0,025 |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Lokale effecten drempel | | | |
| TCL inhalatoir | mg/m ³ | 1.10 ⁻⁴ |  US-EPA (1998a) |
| Lokale effecten geen drempel | | | |
| Hellingsfactor oraal | (mg/kg.d) ⁻¹ | | |
| Eenheidsrisico inhalatoir | (mg/m ³) ⁻¹ | 40 | WHO (2000) |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 2,50.10 ⁻⁷ | WHO (2000) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 50 | WHO (WHO, 1996); EC (1998) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | - | |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|---|
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $5,10 \cdot 10^{-05}$ | Deelstra et al. (1996) (10 % van Cr totaal) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,002 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,009 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,008 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,017 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,004 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $1,30 \cdot 10^{-6}$ | VMM (2004); 25 % van Cr totaal = Cr(VI) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $1,30 \cdot 10^{-6}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 0 |  geen data |

- a) Hexavalent Cr is zeer mobiel. Enkel bij lage pH is er adsorptie van Cr(VI) op de bodem (K_d ca. 10-50 l/kg). Bij hoge pH adsorbeert Cr(VI) nauwelijks (K_d ca. 1 l/kg; Smolders et al. (2000)). Voor Cr(VI) wordt de K_d vastgelegd op 5 l/kg welke als voldoende conservatief wordt geacht in het pH-interval 3-8.
- b) Voor de keuze van een geschikte BCF wordt verwezen naar Ruttens (2005). Deze BCF's zijn uitgedrukt voor Cr-totaal maar worden gebruikt voor zowel Cr(III) als Cr(VI). Omdat schorseneren en pastinaak, paprika, kolen en maïs niet in de achtergrondinformatie bij het normvoorstel voor zware metalen opgenomen waren, zijn hier bijkomende gelijkstellingsregels gedefinieerd.





| Plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------------------------|------------------|---|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,019 | |
| wortel- en knolgewassen | | |
| wortelen | 0,003 |  =wortel |
| schorseneren | 0,003 | |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,019 | = aardappel |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,0004 | |
| prei | 0,0004 | = ui |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | 0,0015 |  = tomaat |
| komkommer | 0,0015 | = tomaat |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | |

| Plant | BCF of BCF-model | |
|-----------------------|------------------|--|
| kolen | 0,019 | \square = aardappel |
| kool | | |
| bloemkool en broccoli | | |
| spruitjes | | |
| bladgewassen | | |
| sla | 0,004 | |
| veldsla | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| andijvie | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| spinazie | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| witlof | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| selder | 0,04 | = gemiddelde bladgroenten uit Ruttens (2005) |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,003 | |
| erwten | 0,003 | = bonen |
| grassen | | |
| gras | 0,052 | |
| granen | | |
| maïs | 0,052 | \square = gras |

- c) In de normering wordt chroom(VI) beschouwd als een niet-carcinogeen via orale weg en een carcinogeen via inhalatoire weg. Er werd bijgevolg een orale RI berekend en een inhalatoire RI en beide werden niet opgeteld. In S-Risk hebben we bijkomend een toetsingscriterium voor inhalatoire en dermale weg aangezien het kritische effect bij de orale TDI systemisch is, daarnaast hebben we ook een waarde voor een lokaal niet-carcinogeen effect bij inademing.
- d) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d.

1.5. KOPER

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|--|---|
| CAS nr. | | 7440-50-8 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 63,5 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | $\log K_d = 1,34 + [0,85 \times \log(0,58 \times \%OM)] + [0,24 \times \text{pH}]^a$ | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | ^{b)} | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | - | |
| Dpvc | m ² /d | - | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | $1,00 \cdot 10^{-3}$ | US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 | |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 | geen waarden voor bodem en stof; lage absorptie voor koper (European Copper Institute, 2007) |
| BTF rundsvlees | d/kg | ^{c)} | OVAM (2009d) |
| BTF schapenvlees | d/kg | $7,30 \cdot 10^{-3}$ | Sheppard et al. (2010) |
| BTF lever | d/kg | $2,00 \cdot 10^{-1}$ | op basis van Engle et al. (2000) |
| BTF nier | d/kg | $2,00 \cdot 10^{-1}$ | op basis van Engle et al. (2000) |
| BTF melk | d/kg | (c) | OVAM (2009d) |
| BTF bodem – ei | d/kg | $4,40 \cdot 10^{-1}$ | = BTF voeder – ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | $4,40 \cdot 10^{-1}$ | Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | 3 | IARC (1977, 1987) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | $1,6 \cdot 10^{-1}$ | WHO (1993, 1998a) |
| TCL inhalatoir ^{d)} | mg/m ³ | $5,6 \cdot 10^{-1}$ | omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | $1,3 \cdot 10^{-1}$ | uit orale TDI met orale absorptiefactor = 0,8 |
| uitmiddeling | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | $5,60 \cdot 10^{-1}$ | omgerekend uit orale TDI |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 2000 | WHO (1993) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | Gras 6,0 Mais 4,2 | EC ("Verordening (EG) nr 1334/2003 van de Commissie van 25 juli 2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders," 2003), :gewijzigd vochtgehalte |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|---|
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $2,00 \cdot 10^{-2}$ | Deelstra et al. (1996) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 1 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 1 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 1 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,85 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,85 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,76 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,85 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 1,3 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 50 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,05 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,08 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,62 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $1,60 \cdot 10^{-5}$ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $1,60 \cdot 10^{-5}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | $2,00 \cdot 10^2$ |  VMM (2006) |

a) Voor Cu wordt voor de omrekening van de K_d in functie van de pH(CaCl₂, 0,01 M) en het koolstofgehalte (%OC) volgende formule gehanteerd ($R^2 = 0,81$; Smolders et al., 2000): $\log K_d = 1,34 + [0,85 \times \log(\%OC)] + [0,24 \times \text{pH}]$. Indien %OC wordt uitgedrukt als functie van %OM verkrijgt men volgende relatie:

$$\log K_d = 1,34 + [0,85 \times \log(0,58 \times \%OM)] + [0,24 \times \text{pH-CaCl}_2].$$

Bij een standaardbodem (pH = 6, %OM = 2 en %OC = 1,16) wordt zo een K_d van 684 l/kg berekend.

b) Voor de keuze van een geschikte BCF wordt verwezen naar de rapportage van Ruttens (2005). Voor selder waren er in de studie van Ruttens (2005) voldoende gegevens beschikbaar om een BCF-model¹ op te stellen.

Voor de overige gewassen werden de data uit de internationale literatuur gebruikt aangevuld met BCF voor gewassen uit de Vlaamse dataset (zie tabel). Omdat schorseneren en pastinaak, paprika, kolen en maïs niet in de achtergrondinformatie bij het normvoorstel voor zware metalen opgenomen waren, zijn hier bijkomende gelijkstellingsregels gedefinieerd.

Omdat de BCF's uit de literatuur werden afgeleid op basis van gegevens voor niet-aangerijkte gronden, vormen ze mogelijk een overschatting voor de BCF voor aangerijkte gronden. Daarom werd, in onderling overleg UHasselt/VITO, afgesproken de BCF te behouden in het concentratiegebied < 4x Vlarebo achtergrondwaarde (achtergrondwaarde = 17 mg/kg ds) en

¹ Opgesteld voor een pH range van 3,7 tot 7,1 en Cu-concentraties in de bodem van 2 tot 155 mg/kg ds.

voor metaal concentraties > 4x Vlarebo achtergrondwaarde de gewogen BCF te delen door een metaalspecifieke correctiefactor.

Concreet voor koper betekent dit dat de gerapporteerde BCF voor wortelgewassen (Ruttens, 2005) gedeeld worden door een factor 3,14 en door een factor 3 voor andere groenten voor Cu-gehalten in de bodem > 4x achtergrondwaarde.

| plant | BCF of BCF-model (bodemconcentratie < 4*streefwaarde) | |
|--|--|--|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,32 | Ruttens (2005) |
| wortel- en knolgewassen | | |
| wortelen | 0,28 | \sqrt{N} = wortel |
| schorseneren | | |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 2,24 | = aardappelen * 7 |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,24 | Ruttens (2005) |
| prei | 0,24 | = ui |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | 0,37 | \sqrt{N} = tomaat |
| komkommer | 0,37 | Ruttens (2005) |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | = tomaat |
| kolen | | |
| kool | 0,17 | \sqrt{N} = bloemkool |
| bloemkool en broccoli | | |
| broccoli | 0,17 | Ruttens (2005) |
| spruitjes | 0,17 | = bloemkool |
| bladgewassen | | |
| sla | 0,35 | Ruttens (2005) |
| veldsla | 0,30 | = gemiddelde bovengrondse groenten Ruttens (2005) |
| andijvie | 0,30 | = gemiddelde bovengrondse groenten Ruttens (2005) |
| spinazie | 0,30 | = gemiddelde bovengrondse groenten Ruttens (2005) |
| witlof | 0,30 | = gemiddelde bovengrondse groenten Ruttens (2005) |
| selder | $\log \text{BCF}_{\text{selder}} = 0,794 - (0,88 \times \log \text{Cu}) - (0,04 \times \text{pH-KCl})$ | Ruttens (2005) |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,33 | Ruttens (2005) |
| erwten | 0,33 | = bonen |
| grassen | | |
| gras | 0,19 | Van Wezel (2003) |
| granen | | |
| maïs | 0,19 | \sqrt{N} = gras |

- c) Bij de normering en in het rekenblad voor metalen (OVAM, 2009d) werd voor koper een formule gebruikt om de concentratie in vlees en melk te berekenen voor runderen, dit uitgaande van de inname en de absorptie. Hierdoor kon rekening gehouden worden met de homeostatische processen in dieren. Voor rundsvlees en melk werden de formules overgenomen (geprogrammeerd) in S-Risk.











$$C_{\text{vlees}} = 2,4 * [\text{totale inname rund} / (\text{orale absorptie rund} * 11)] ^{0,0767}$$





$$C_{\text{melk}} = 0,12 * [\text{totale inname rund} / (\text{orale absorptie rund} * 11)] ^{0,0767}$$

De orale absorptie is gelijk gesteld aan 0,03.

- ^{d)} In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d

1.6. ANORGANISCH KWIK

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|----------------------------|---|
| CAS nr. | | 7439-97-6 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 271,5 (HgCl ₂) | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | 6,6.10 ⁴ | EC (2001) |
| Dampdruk | Pa | 0 bij 20°C | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 bij 20°C | |
| Kd | dm ³ /kg | 5706 ^{a)} | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | ^{b)} | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | 1,00.10 ⁻³ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 4,00.10 ⁻¹ |  Skowronski et al. (2000) |
| BTF rundsvlees | d/kg | 1,30.10 ⁻⁴ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | 3,00.10 ⁻² |  Morgan (1991) |
| BTF lever | d/kg | 7,80.10 ⁻³ |  Crout et al. (2004) |
| BTF nier | d/kg | 6,40.10 ⁻² |  Crout et al. (2004) |
| BTF melk | d/kg | 1,90.10 ⁻⁵ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | 0 |  geen data |
| BTF voeder - ei | d/kg | 0 |  geen data |
| Carcinogeniteit | | 3 C | IARC (1993a) US-EPA (1997a) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 3.10 ⁻⁴ | US-EPA (1997a) |
| TCL inhalatoir ^{c)} | mg/m ³ | 1.10 ⁻³ | omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 1,2.10 ⁻⁴ |  omgerekend uit orale TDI met absorptiefactor 0,4 |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 1,05.10 ⁻³ | omgerekend uit orale TDI |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 1 | WHO (1993), EC (1998), Vlaamse Regering (2003) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | Gras 0,04 Mais 0,028 | op basis van Belgisch Staatsblad ("Ministerieel Besluit van 12 februari 1991 betreffende de handel en het gebruik van producten die bedoeld zijn voor het voederen van dieren, en wijzigingen," 1999);  : gewijzigd droge stof gehalte; geen limieten meer voorgroenten door gewijzigde wetgeving (EG 1881/2006) |
| Vleesnorm | | | |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|---|
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $4,30 \cdot 10^{-5}$ | MAFF (1999) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,0006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,0006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,0004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,0006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,0004 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,0013 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $2,24 \cdot 10^{-6}$ | VMM (2001) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $2,24 \cdot 10^{-6}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | $1,00 \cdot 10^{-1}$ |  VMM (2006) |

a) Als K_d werd 5706 l/kg gekozen. Dit is de mediaan van 4 observaties. Er kon geen relatie worden afgeleid voor de Vlaamse bodem wegens de beperkte dataset.

b) De BCF gebruikt in de berekeningen werden bepaald door Ruttens (2005). De BCF's voor gewassen waarvan geen gegevens beschikbaar zijn uit de studie van Ruttens (2005) werden geschat op basis van expertoordeel (UHasselt) en een beperkte vergelijking met beschikbare literatuurgegevens waarin de metaalopname voor verschillende consumptiegewassen werd bestudeerd (Fytianos, Katsianis, Triantafyllou, and Zachariadis, 2001; Van Wezel, et al., 2003; Versluijs, et al., 2001).

Omdat de BCF's uit de literatuur echter werden afgeleid op basis van gegevens voor niet-aangerijkte gronden, vormen ze mogelijk een overschatting voor de BCF voor aangerijkte gronden. Daarom werd, in onderling overleg UHasselt/VITO, afgesproken de BCF te behouden in het concentratiegebied $< 4x$ Vlarebo achtergrondwaarde (achtergrondwaarde = 0,55 mg/kg ds) en voor metaal concentraties $> 4x$ Vlarebo streefwaarde de gewogen BCF te delen door een metaalspecifieke correctiefactor.

Concreet voor Hg betekent dit dat de gerapporteerde BCF voor wortelgewassen (Ruttens, 2005) gedeeld werden door een factor 3,14 en door een factor 2,7 voor de overige groenten voor Hg gehalten in de bodem $> 4x$ achtergrondwaarde.













Voor schorseneren is er geen waarde en wordt een groepsBCF voor wortelgewassen gedefinieerd gelijk aan die van wortel. Voor de overige vruchtgroenten wordt een groepsBCF gedefinieerd gelijk aan deze van tomaat, voor koolgewassen wordt een groepsBCF gedefinieerd gelijk aan de waarde voor kolen.

| Plant | BCF of BCF-model (bodemconcentratie < 4*streefwaarde) | |
|---------------------------------------|---|---|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,25 | Ruttens (2005) |
| wortel- en knolgewassen | | |
| wortelen | 0,29 | ☒ |
| schorseneren | 0,29 | Ruttens (2005) |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,25 | = aardappel |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| prei | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | 0,072 | ☒ |
| komkommer | 0,072 | Ruttens (2005) |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | 0,31 | Ruttens (2005) |
| kolen | | |
| kool | 0,025 | ☒ |
| bloemkool en broccoli | 0,025 | =1/10 aardappel |
| spruitjes | 0,025 | = 1/10 aardappel |
| bladgewassen | | |
| sla | 0,39 | Ruttens (2005) |
| veldsla | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| andijvie | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| spinazie | 1,62 | Ruttens (2005), Fytianos (2001), Versluijs (2001) |
| witlof | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| selder | 0,60 | gemiddelde groenten Ruttens (2005) |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,077 | Ruttens (2005) |
| erwten | 0,077 | = bonen |
| grassen | | |
| gras | 0,12 | Van Wezel (2003) |
| granen | | |
| maïs | 0,12 | ☒ = gras |

- c) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d

1.7. METHYLKWIK











Hoewel methylkwik een organische verbinding is, werd deze in S-Risk als anorganisch ingevoerd. Anders was het niet mogelijk om de bioconcentratiefactoren naar plant in te voeren. Deze wijze van invoer van de gegevens heeft geen impact op de resultaten, omdat het in S-Risk mogelijk is rekening te houden met vluchtigheid van anorganische verbindingen.

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|---|--|
| CAS nr. | | 22967-92-6 | |
| Type | | anorganisch |  als invoer in S-Risk |
| Dissociërend | | Neen | |
| Molmassa | g/mol | 251,1 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | 5,50.10 ³ bij 25°C | EC (2001) |
| Dampdruk | Pa | 1,76 bij 25°C | EC (2001) |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0,0803 bij 25°C | EC (2001) |
| log Kow | g/g | 0,39794 | |
| log Koc | dm ³ /kg | - | |
| Kd | dm ³ /kg | log K _d = -0,3368 + log % OM |  herrekend uit Koc 79,4 l/kg (UK-EA, 2009) |
| BCF | | | zelfde waarden als anorganisch kwik |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | 7,44.10 ⁻¹ |  UK-EA (2009) |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | 7,44.10 ⁻⁵ |  UK-EA (2009) |
| Kp | [cm/h] | 1,00.10 ⁻³ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 4,00.10 ⁻¹ |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF rundsvlees | d/kg | 1,30.10 ⁻⁴ | zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF schapenvlees | d/kg | 3,00.10 ⁻² |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF lever | d/kg | 7,80.10 ⁻³ |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF nier | d/kg | 6,40.10 ⁻² |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF melk | d/kg | 1,90.10 ⁻⁵ | zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF bodem – ei | d/kg | 0 |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF voeder - ei | d/kg | 0 |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| Carcinogeniteit | | 2B C | IARC (1993a) US-EPA (1995) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 1.10 ⁻⁴ | US-EPA (2001), EC (2001) |
| TCL inhalatoir ^{a)} | mg/m ³ | 3,5.10 ⁻⁴ | omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 1.10 ⁻⁴ | = TDI oraal |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|---|
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 3,5.10 ⁻⁴ | omgerekend uit orale TDI ^{b)} |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 1 | WHO (1993), EC (1998), Vlaamse Regering (2003) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | Gras 0,04 Mais 0,028 | zelfde als anorganisch kwik |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | 3,79.10 ⁻⁵ | DG Health and Consumer Protection (2004) inname via vis en visproducten |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD | omgerekend uit orale TDI ^{b)} Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | 0 | |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | 0 | |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 0 | |

- a) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d
- b) In de originele stoffenfiche staat een foutieve limiet in lucht van 3,5.10 mg/m³, de correcte waarde wordt bekomen door omrekening vanuit de orale TDI.

1.8. ELEMENTAIR KWIK

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|------------------------------|---|
| CAS nr. | | 7439-97-6 | |
| Type | | anorganisch | |
| Dissociërend | | neen | |
| Molmassa | g/mol | 200,6 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | 4,94E ⁻² bij 20°C | EC (2001) |
| Dampdruk | Pa | 0,18 bij 20°C | EC (2001) |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 729 bij 20°C | EC (2001) |
| log Kow | g/g | 0,623249 | |
| log Koc | dm ³ /kg | - | |
| Kd | dm ³ /kg | 5706 ^{a)} | Smolders et al. (2000) |
| Log Koa | g/g | - | |
| BCF | | | zelfde als anorganisch kwik |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | - | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | 0,548 |  UK-EA (2009) |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | 0,000173 |  UK-EA (2009) |
| Kp | [cm/h] | 1.10 ⁻³ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 |  Dermale absorptie beperkt |
| BTF rundsvlees | d/kg | 1,3.10 ⁻⁴ | zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF schapenvlees | d/kg | 3,0.10 ⁻² |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF lever | d/kg | 7,80.10 ⁻³ |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF nier | d/kg | 6,40.10 ⁻² |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF melk | d/kg | 1,90.10 ⁻⁵ | zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF bodem – ei | d/kg | 0 |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| BTF voeder - ei | d/kg | 0 |  zelfde waarde als anorganisch kwik |
| Carcinogeniteit | | 3 D | IARC (1993a) US-EPA (1997b) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 1.10 ⁻¹ | omgerekend uit de inhalatoire waarde, orale absorptie = 0,01 %, inhalatoire absorptie = 69 % |
| TCL inhalatoir ^{b)} | mg/m ³ | 5.10 ⁻⁵ | EC (2001) |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 1.10 ⁻⁵ | omgerekend uit inhalatoire waarde, inhalatoire absorptie = 69 % |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 5.10 ⁻⁵ | EC (2001) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 1 | WHO (1993), EC (1998), Vlaamse Regering (2003) |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------------|-------------------|--------|------|
| Gewasnorm | mg/kg vg | | |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Lever | mg/kg vg | 0 | |
| Nier | mg/kg vg | 0 | |
| Melk | mg/kg vg | 0 | |
| Boter | mg/kg vg | 0 | |
| Ei | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | 0 | |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | 0 | |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0 | |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | 0 | |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | 0 | |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 0 | |

- b) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d

1.9. LOOD

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|---|---|
| CAS nr. | | 7439-92-1 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 207,2 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | a) | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | b) | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | 1,00.10 ⁻⁴ | US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 | |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 | op basis van gegevens in Boreiko en Battersby (2008) |
| BTF rundsvlees | d/kg | 6,70.10 ⁻⁵ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | 8,91.10 ⁻² | hoogste waarde uit Van der Veen en Vreman (1986) |
| BTF lever | d/kg | 3,40.10 ⁻³ | Stevens (1992) |
| BTF nier | d/kg | 9,00.10 ⁻³ | Stevens (1992) |
| BTF melk | d/kg | 4,90.10 ⁻⁵ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | 8,00.10 ⁻² | gebaseerd op Waegeneers et al. (2009) |
| BTF voeder - ei | d/kg | 1,00.10 ⁻¹ | gebaseerd op Waegeneers et al. (2009) |
| Carcinogeniteit | | 2A (Pb en anorg. Pb-verb.) 3 (Org. Pb-verb.) B2 | IARC (2004) US-EPA (1997c) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 3,6.10 ⁻³ | JECFA (1993, 2000), WHO (1993, 1996) |
| TCL inhalatoir ^{c)} | mg/m ³ | 1,26.10 ⁻² | omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 5,4.10 ⁻⁴ | omgerekend uit orale TDI (orale absorptiefactor 0,15) |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 5,00.10 ⁻⁴ | WHO (2000) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 10 | WHO (1993, 1996) |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|-----------|---|---|
| Gewasnorm | mg/kg vg | Aardappelen 0,1 Wortelgewassen 0,1 Bolgroenten 0,1 Vruchtgroenten 0,1 Kool 0,3 Bladgroenten 0,3 Peulvruchten 0,2 Gras 12 Mais 0,2 | EC ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) voor voeding (limiet granen ingevoerd voor maïs), licht gewijzigde lijst; waarde groenvoeder op basis van Belgisch Staatsblad ("Ministerieel Besluit van 12 februari 1991 betreffende de handel en het gebruik van producten die bedoeld zijn voor het voederen van dieren, en wijzigingen," 1999) alleen gebruikt voor gras, niet voor maïs; gewijzigd droge stofgehalte voor voeder |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | 0,1 | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | 0,1 | |
| Lever | mg/kg vg | 0,5 | EC ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) |
| Nier | mg/kg vg | 0,5 | EC ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) |
| Melk | mg/kg vg | 0,02 | |
| Boter | mg/kg vg | 0,1 | EC ("Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen," 2006) |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $3,70 \cdot 10^{-4}$ (31 - < 51 jr;) | Deelstra et al. (1996) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | $1,33 \cdot 10^{-3}$ (1 - < 3 jr) | verhouding t.o.v. 3-6 jr uit EFSA (2010) |
| | | $1,13 \cdot 10^{-3}$ (3 - < 6 jr) | verschillende studies (OVAM, 2010) |
| | | $8,73 \cdot 10^{-4}$ (6 - < 10 jr) | verhouding t.o.v. 3-6 jr uit EFSA (2010) |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|
| | | $6,40 \cdot 10^{-4}$ (10 - < 15 jr) | verhouding t.o.v. 3-6 jr uit EFSA (2010) |
| | | $3,92 \cdot 10^{-4}$ (15 - < 21 jr) | verhoudingen t.o.v. 31-51 jr volgens Cornelis et al. (2013b) |
| | | $3,66 \cdot 10^{-4}$ (21 - < 31 jr) | verhoudingen t.o.v. 31-51 jr volgens Cornelis et al. (2013b) |
| | | $3,66 \cdot 10^{-4}$ (\geq 51 jr) | verhoudingen t.o.v. 31-51 jr volgens Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,015 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,015 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,61 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,015 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,006 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,09 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,001 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,003 | MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $4,40 \cdot 10^{-5}$ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $4,40 \cdot 10^{-5}$ | =binnenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 2,5 | VMM (2006) |

a) Voor de keuze van de verdelingscoëfficiënt K_d wordt verwezen naar het rapport van Smolders et al. (2000). Voor de omrekening van de K_d in functie van de bodemkenmerken zijn volgende formules gedefinieerd:

- pH \leq 5,5: $\log K_d = 1,76 + (0,4 \times \text{pH})$ $R^2 = 0,92$

- pH > 5,5:

$\log(\text{Pb}_{\text{tot}}) < 3,4 - (0,08 \times \text{pH})$:

$\log K_d = 1,76 + (0,4 \times \text{pH})$ $R^2 = 0,92$

$\log(\text{Pb}_{\text{tot}}) > 3,4 - (0,08 \times \text{pH})$:

$\log K_d = -1,64 + (0,48 \times \text{pH}) + \log(\text{Pb}_{\text{tot}})$ theoretisch

waarbij de pH bepaald is m.b.v. CaCl_2 (0,01 M).











b) Voor de keuze van een bioconcentratiefactor wordt verwezen naar de rapportage van Ruttens (2005). Voor een aantal gewassen zijn modellen beschikbaar in deze studie. Voor schorseneren, bolgewassen, vruchtgewassen en kolen zijn in deze studie geen aparte waarden beschikbaar. Voor schorseneren wordt een groepsBCF gelijk aan de relatie voor wortelen gedefinieerd. Voor bolgewassen wordt een groepsBCF genomen, evenals voor vruchtgewassen. De groepsBCF voor kolen is de waarde voor spruiten. De BCF voor gras werd gelijk gesteld aan de gemiddelde waarde uit Versluijs en Otte (2001).





| Plant | BCF of BCF-model | Bron |
|--------------------------------|---|----------------|
| aardappelen | | |
| aardappelen | $\text{Log BCF} = -1,09 - 0,84 \log \text{Pb}_{\text{bodem}}$ | Ruttens (2005) |
| wortel- en knolgewassen | | |
| | | = wortelen |
| wortelen | $\text{Log BCF} = 0,36 - 0,23 \text{pH} - 0,61 \log \text{Pbbodem}$ | Ruttens (2005) |

| Plant | BCF of BCF-model | |
|---------------------------------------|--|---|
| schorseneren | | |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,012 | = mediane waarde aardappel*4 bij standaardbodem |
| bolgewassen | 0,00475 | \bar{N} = waarde bladgroenten/2 bij standaardbodem |
| bolgewassen (zoals ui) | | |
| prei | | |
| vruchtgewassen | 0,003 | \bar{N} = mediane waarde aardappel bij standaardbodem |
| tomaat | | |
| komkommer | | |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | |
| kolen | 0,00317 | \bar{N} |
| kool | | |
| bloemkool en broccoli | 0,003 | mediane waarde aardappel bij standaardbodem |
| spruitjes | 0,0032 | =waarde bladgroenten / 3 |
| bladgewassen | | |
| sla | $\text{Log Pb}_{\text{plant}} = -0,9 + 0,68 \log \text{Pb}_{\text{bodem}}$ | Ruttens (2005) |
| veldsla | 0,0095 | = waarde bladgroenten |
| andijvie | 0,0095 | = waarde bladgroenten |
| spinazie | 0,0095 | = waarde bladgroenten |
| witlof | 0,0032 | = waarde bladgroenten / 3 |
| selder | $\text{Log Pb}_{\text{plant}} = -1,23 + 0,84 \log \text{Pb}_{\text{bodem}}$ | Ruttens (2005) |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,006 | = mediane waarde aardappelen * 2 bij standaardbodem |
| erwten | 0,003 | = mediane waarde aardappel bij standaardbodem |
| grassen | | |
| gras | 0,04439 | \bar{N} = gemiddelde Versluijs en Otte (2001) |
| granen | | |
| maïs | $\log \text{Pb}_{\text{plant}} = -1,63 + 1,16 \log \text{Pb}_{\text{bodem}}$ | Ruttens (2005) |

- c) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d

1.10. NIKKEL


| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------------------|--|--|
| CAS nr. | | 8049-31-8 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 58,7 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | a) | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | b) | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | 2,00.10 ⁻⁴ |  US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 |  |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 |  lage dermale absorptie vanuit bodem verondersteld |
| BTF rundsvlees | d/kg | 6,80.10 ⁻⁴ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF schapenvlees | d/kg | 6,80.10 ⁻⁴ |  = rundsvlees |
| BTF lever | d/kg | 3,00.10 ⁻⁴ |  Stevens (1992) |
| BTF nier | d/kg | 8,10.10 ⁻⁴ |  Stevens (1992) |
| BTF melk | d/kg | 2,70.10 ⁻⁵ | De Raeymaecker et al. (2006) |
| BTF bodem – ei | d/kg | 2,70.10 ⁻¹ |  = BTF voeder-ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | 2,70.10 ⁻¹ |  Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | 1 (Ni-verb.) | IARC (1990b, 1999) |
| | | 2B (Ni(0)) | IARC (1990b, 1999) |
| | | A (Ni-raffinagestof en Ni-sub sulfide) | US-EPA (1997e, 1997f) |
| | | B2 (Ni-carbonyl) | US-EPA (1997d) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 2.10 ⁻² | US-EPA (1998d) |
| TCL inhalatoir ^{c)} | mg/m ³ | 2,0.10 ⁻⁵ | EC (2004) |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 1.10 ⁻⁴ |  omgerekend uit orale TDI met orale absorptiefactor 0,05 |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Lokale effecten geen drempel | | |  ^{d)} |
| Eenheidsrisico ^{e)} | (mg/m ³) ⁻¹ | 3,8.10 ⁻¹ | WHO (2000) |
| inhalatoir | | | |
| uitmiddeldingsduur | | levenslang | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 2,00.10 ⁻⁵ | EC (2004) |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 20 | WHO (1998b) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | | |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|---|
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $1,90 \cdot 10^{-3}$ | MAFF (1999) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 0,062 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 0,062 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 0,062 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 0,078 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 0,078 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 0,088 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 0,078 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 0,12 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 0,0016 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 0,005 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,04 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 0,017 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $6,20 \cdot 10^{-6}$ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $6,20 \cdot 10^{-6}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | 2,5 |  VMM, 2006 |

a) Voor Ni wordt voor de omrekening van de K_d in functie van de pH(CaCl₂, 0,01 M) volgende omrekeningsformule gebruikt ($R^2 = 0,71$): $\log K_d = 1,31 + (0,25 \times \text{pH})$. Bij een standaardbodem wordt een K_d van 646 l/kg berekend.

b) De BCF's voor nikkel zijn gebaseerd op expertenoordeel (UHasselt/VITO) en een beperkte vergelijking met beschikbare literatuurgegevens waarin de metaalopname voor verschillende consumptiegewassen werd bestudeerd. Omdat de BCF's uit de literatuur werden afgeleid op basis van gegevens voor niet-aangerijkte gronden, vormen ze mogelijk een overschatting voor de BCF voor aangerijkte gronden. Daarom werd, in onderling overleg UHasselt/VITO, afgesproken de originele BCF afgeleid in Ruttens (2005) te behouden in het concentratiegebied $< 4x$ Vlarebo achtergrondwaarde (achtergrondwaarde = 9 mg/kg ds) voor het desbetreffende metaal en voor metaalconcentraties $> 4x$ achtergrondwaarde de oorspronkelijke BCF te delen met een metaalspecifieke correctiefactor. De wijze waarop de gewogen BCF en de correctiefactoren werden bepaald, wordt beschreven in een additioneel hoofdstuk toegevoegd aan Ruttens (2005). Concreet voor Ni betekent dit dat de gerapporteerde BCF voor wortelgewassen (Ruttens, 2005) gedeeld werden door een factor 3,14 en door een factor 1,7 voor overige groenten.

Omdat in de gegevens waarden ontbraken werd voor schorseneren een groepsBCF gedefinieerd gelijk aan de waarde voor wortelen. Vruchtgewassen anders dan tomaat en komkommer krijgen een groepsBCF gelijk aan deze van tomaat. Voor kolen wordt een groepsBCF gedefinieerd.





| Plant | BCF of BCF-model (bodemconcentratie $<$ $4 \cdot$ achtergrondwaarde) | |
|--------------------------------|--|---|
| aardappelen | | |
| aardappelen | 0,051 | Ruttens (2005) |
| wortel- en knolgewassen | 0,026 |  = waarde wortelen |

| Plant | BCF of BCF-model (bodemconcentratie < 4*achtergrondwaarde) | |
|---------------------------------------|--|----------------------|
| wortelen | 0,026 | Ruttens (2005) |
| schorseneren | | |
| andere wortelgewassen (zoals radijs) | 0,051 | = waarde aardappelen |
| bolgewassen | | |
| bolgewassen (zoals ui) | 0,038 | Ruttens (2005) |
| prei | 0,038 | = uien |
| vruchtgewassen | | |
| tomaat | 0,025 | ☒ = tomaat |
| komkommer | 0,105 | Ruttens (2005) |
| andere vruchtgewassen (zoals paprika) | | |
| kolen | | |
| kool | 0,041 | ☒ = bloemkool |
| bloemkool en broccoli | 0,041 | Ruttens (2005) |
| spruitjes | | |
| bladgewassen | | |
| sla | 0,081 | Ruttens (2005) |
| veldsla | 0,081 | = sla |
| andijvie | 0,081 | = sla |
| spinazie | 0,081 | = sla |
| witlof | 0,081 | = sla |
| selder | 0,081 | = sla |
| peulvruchten | | |
| bonen | 0,14 | Ruttens (2005) |
| erwten | 0,14 | = bonen |
| grassen | | |
| gras | 0,098 | Ruttens (2005) |
| granen | | |
| maïs | 0,098 | ☒ = gras |

- c) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d.
- d) In de normering werd nikkel beschouwd als een niet-carcinogeen. In S-Risk nemen we ook de waarde voor lokale carcinogene effecten via inademing mee. Dit heeft normaal gezien geen impact op de risicobeoordeling aangezien de niet-carcinogene effecten kritisch zijn.
- e) In de originele stoffenfiches staan de toetsingswaarden voor carcinogene effecten zonder drempel vermeld als de levenslange dosis bij 1/10⁵ extra kankergevallen. S-Risk maakt gebruik van hellingsfactoren en eenheidsrisico's. De omrekening is als volgt: hellingsfactor ((mg/kg.d)⁻¹) = 1.10⁻⁵/(dosis bij 1.10⁻⁵ (mg/kg.d)). Voor inademing geldt nog een vooafgaande omrekening van mg/kg.d naar mg/m³ door vermenigvuldiging met 70 kg (lichaamsgewicht) en deling door 20 m³/d (ademvolume).

1.11. ZINK

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------|--|
| CAS nr. | | 7440-66-6 | |
| Type | | anorganisch | |
| Molmassa | g/mol | 65,4 | Geometrisch gemiddelde |
| Oplosbaarheid | mg/l | - | |
| Dampdruk | Pa | 0 | |
| Henry-coëfficiënt | Pa m ³ /mol | 0 | |
| Kd | dm ³ /kg | a) | Smolders et al. (2000) |
| BCF | | b) | Ruttens (2005) |
| Dpe | m ² /d | 0 | |
| Dpvc | m ² /d | 0 | |
| Diffusiecoëfficiënt lucht (Da) | m ² /d | berekend | |
| Diffusiecoëfficiënt water (Dw) | m ² /d | berekend | |
| Kp | [cm/h] | 6,00.10 ⁻⁴ | US-EPA (2004b) |
| FA | - | 1 | |
| ABS dermaal bodem/stof | - | 0 | Bierkens et al. (2006) |
| BTF rundsvlees | d/kg | c) | |
| BTF schapenvlees | d/kg | 1,20.10 ⁻¹ | Sheppard et al. (2010) |
| BTF lever | d/kg | 1,20.10 ⁻¹ | Sheppard et al. (2010) |
| BTF nier | d/kg | 1,20.10 ⁻¹ | Sheppard et al. (2010) |
| BTF melk | d/kg | (c) | |
| BTF bodem – ei | d/kg | 1,10 | = BTF voeder-ei |
| BTF voeder - ei | d/kg | 1,10 | Sheppard et al. (2010) |
| Carcinogeniteit | | D | US-EPA (1998c) |
| Systemische effecten drempel | | | |
| TDI oraal | mg/kg.d | 5.10 ⁻¹ | Baars et al. (2001), EC (1993) |
| TCL inhalatoir ^{d)} | mg/m ³ | 1,75 | omgerekend uit orale TDI |
| TDI dermaal | mg/kg.d | 1,5.10 ⁻¹ | berekend uit orale TDI met orale absorptiefactor 0,3 |
| uitmiddeldingsduur | | kind, jongere, volwassene | |
| Limiet in lucht | mg/m ³ | 1,75 | = TCL inhalatoir |
| Limiet in drinkwater | mg/m ³ | 5000 | B. VI. Reg. (1989) |
| Gewasnorm | mg/kg vg | Gras 60 Mais 42 | afgeleid uit lijst in uitvoering van EC ("Verordening (EG) Nr 1831/2003 van het Europees Parlement en de Raad van 22 september 2003 betreffende toevoegingsmiddelen voor diervoeding," 2003) |
| Vleesnorm | | | |
| Rundsvlees | mg/kg vg | - | |
| Schapenvlees | mg/kg vg | - | |
| Lever | mg/kg vg | - | |
| Nier | mg/kg vg | - | |
| Melk | mg/kg vg | - | |
| Boter | mg/kg vg | - | |
| Ei | mg/kg vg | - | |

| Parameter | Eenheid | Waarde | Bron |
|-----------------------------------|-------------------|---|--|
| Achtergrond voeding volwassene | mg/kg dag | $1,57 \cdot 10^{-1}$ | Deelstra et al. (1996) en Hendrix et al. (1998) |
| Achtergrond voeding kinderen | mg/kg.dag | relatief t.o.v. volwassenen volgens TGD |  Cornelis et al. (2013b) |
| Achtergrond aardappel | mg/kg vg | 3,3 | MAFF (1999) |
| Achtergrond wortelgewassen | mg/kg vg | 3,3 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bolgroenten (ui, ...) | mg/kg vg | 3,3 | MAFF (1999) |
| Achtergrond vruchtgroenten | mg/kg vg | 2,4 | MAFF (1999) |
| Achtergrond kool | mg/kg vg | 2,4 | MAFF (1999) |
| Achtergrond bladgroenten | mg/kg vg | 3,9 | MAFF (1999) |
| Achtergrond peulvruchten | mg/kg vg | 2,4 | MAFF (1999) |
| Achtergrond rundsvlees | mg/kg vg | 52 | MAFF (1999) |
| Achtergrond orgaanvlees | mg/kg vg | 52 | MAFF (1999) |
| Achtergrond melk | mg/kg vg | 3,9 | MAFF (1999) |
| Achtergrond boter | mg/kg vg | 0,5 | MAFF (1999) |
| Achtergrond eieren | mg/kg vg | 13 |  MAFF (1999) |
| Achtergrond buitenlucht | mg/m ³ | $4,87 \cdot 10^{-5}$ | VMM (2004) |
| Achtergrond binnenlucht | mg/m ³ | $4,87 \cdot 10^{-5}$ |  = buitenlucht |
| Achtergrond drinkwater | mg/m ³ | $2,17 \cdot 10^2$ |  VMM (2006) |

a) Voor Zn wordt voor de omrekening van de K_d in functie van de pH (CaCl_2 , 0,01 M) volgende formule gehanteerd ($R^2 = 0,75$): $\log K_d = -1,09 + (0,61 \times \text{pH})$. Bij pH = 6 wordt zo een K_d van 372 l/kg berekend.

b) Voor de keuze van een geschikte bioconcentratiefactor (BCF) wordt verwezen naar de rapportage terzake van Ruttens (2005). Hieronder zijn de belangrijkste gegevens samengevat. De BCF's zijn voor zover mogelijk bepaald a.h.v. Vlaamse data en worden op basis van de aanrijingsgraad in de bodem arbitrair ingedeeld in drie categorieën:

- Zn-gehalte in de bodem <60 mg/kg ds (achtergrondwaarde):
 - o Aardappelen: 0,58;
 - o Andere wortelgewassen: 0,85;
 - o Selder: regressiemodel (zie onder)
 - o Spinazie: 4,29
 - o Andere bladgroenten: 3,55
 - o Andere bovengrondse groenten: 0,5
- Zn-gehalte in de bodem 60- 360 mg/kg ds:
 - o Aardappel: 0,11
 - o Andere wortelgewassen: 0,61
 - o Selder: regressiemodel (zie onder)
 - o Spinazie: 1,5
 - o Andere bladgroenten: 0,82
 - o Andere bovengrondse groenten: 0,32
- Zn-gehalte in bodem >360 mg/kg ds
 - o Aardappel: 0,055
 - o wortel: 0,14
 - o radijs: 0,46
 - o Andere wortelgewassen: 0,30
 - o Selder: regressiemodel (zie onder)
 - o Spinazie: 0,77
 - o Sla: 0,38

- Andere bladgroenten:0,41
- Bonen: 0,13
- Komkommer: 0,18
- Andere bovengrondse groeten: 0,16

Voor selder waren in de studie van Ruttens (2005) voldoende gegevens beschikbaar om een regressiemodel voor het ganse concentratiebereik te berekenen:

$$\log \text{BCF}_{\text{selder}} = 2,34 - (0,48 \times \log \text{Zn}) - (0,22 \times \text{pH})$$

De BCF voor grassen is de waarde uit Van Wezel et al. (2003).

☒ Voor een aantal groenten zijn via de normering geen BCF's beschikbaar. Voor schorseneren werd een groepsBCF voor wortelgewassen gedefinieerd. Voor vruchtgewassen wordt een groepsBCF gelijk aan de BCF van tomaat gebruikt. Bolgewassen worden als groep geëvalueerd. Kolen worden eveneens als groep geëvalueerd.

De BCF voor maïs werd gelijk gesteld aan deze voor grassen.

- c) Bij de normering en in het rekenblad voor metalen (OVAM, 2009d) werd voor zink een formule gebruikt om de concentratie in vlees en melk te berekenen voor runderen, dit uitgaande van de inname en de absorptie. Hierdoor kon rekening gehouden worden met de homeostatische processen in dieren. Voor rundsvlees en melk werden de formules overgenomen (geprogrammeerd) in S-Risk.

$$C_{\text{vlees}} = 21,28 * [\text{totale inname rund} / (\text{orale absorptie rund} * 11)] ^ 0,1621$$

$$C_{\text{melk}} = 2,66 * [\text{totale inname rund} / (\text{orale absorptie rund} * 11)] ^ 0,1621$$

De orale absorptie is gelijk gesteld aan 0,2.

- d) In de originele stoffenfiches wordt de toetsingswaarde voor inademing uitgedrukt in mg/kg.d. S-Risk gebruikt een toetsingswaarde in mg/m³. De omrekening gebeurt door vermenigvuldiging van de waarde in mg/kg.d met een lichaamsgewicht van 70 kg en deling door een ademvolume van 20 m³/d.

LITERATUURLIJST

- ATSDR. (2000). Toxicological profile for chromium.
- B. Vl. Ex. (1989). Besluit van de Vlaamse Executieve van 15 maart 1989 houdende vaststelling van een technische reglementering inzake drinkwater.
- Baars, A. J., Theelen, R. M. C., Janssen, P. J. C. M., Hesse, J. M., van Apeldoorn, M. E., Meijerink, M. C. M., Verdam, L., & Zeilmaker, M. J. (2001). Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels.
- Beresford, N. A., Crout, N. M. J., & Mayes, R. W. (2001). The transfer of arsenic to sheep tissues. *Journal of Agricultural Science*, 136, 331-344.
- Bierkens, J., De Raeymaecker, B., Cornelis, C., Nouwen, J., Provoost, J., Hooghe, R., & Verbeiren, S. (2006). Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen voor zink.
- Boreiko, C., & Battersby, R. (2008). Voluntary risk assessment report on lead and some inorganic lead compounds - human health section. final draft.
- Cornelis, C., Bierkens, J., & Standaert, A. (2013a). Doorrekening van bodemsaneringsnormen met S-Risk - verkennende oefening.
- Cornelis, C., Standaert, A., & Willems, H. (2013b). S-Risk - Technical guidance document.
- Crout, N. M. J., Beresford, N. A., Dawson, J. M., Soar, J., & Mayes, R. W. (2004). The transfer of As-73, Cd-109 and Hg-203 to the milk and tissues of dairy cattle. *Journal of Agricultural Science*, 142, 203-212.
- de Groot, A. C., Peijnenburg, W. J. G. M., van den Hoop, M. A. G. T., Ritsema, R., & van Veen, R. P. M. (1998). Heavy metals in Dutch soils: an experimental and theoretical study on equilibrium partitioning.
- De Raeymaecker, B., Cornelis, C., & Seuntjens, P. (2005). Transfer van zware metalen naar vee.
- De Raeymaecker, B., Cornelis, C., & Seuntjens, P. (2006). Transfer van zware metalen en arseen naar vee.
- Deelstra, H., Massart, D. L., & Van Peteghem, C. (1996). Een actiegericht food monitoring programma. Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden.
- DG Health and Consumer Protection. (2004). Assessment of dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States.
- EC. (1993). Zinc - Food and energy intakes for the European Union.
- EC. (2001). Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds.
- EC. (2002). Richtlijn 2002/32/EC van het Europees Parlement en de Raad van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding. (2002/32/EC).
- EC. (2004). Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 december 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on lead in food - EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*, 8(4), 1570.
- EG. (1998). Richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. (98/83/EG).
- Engle, T. E., Spears, J. W., Armstrong, T. A., Wright, C. L., & Odle, J. (2000). Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and

- cholesterol metabolism in growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 78(4), 1053-1059.
- European Copper Institute. (2007). European Union Risk Assessment Report: Copper, copper II sulphate pentahydrate, copper(I)oxide, copper(II)oxide, dicopper chloride trihydroxide. Voluntary risk assessment report.
- Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P., & Zachariadis, G. (2001). Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 67, 423-430.
- Hendrix, P., Van Cauwenbergh, R., Robberecht, H., & Deelstra, H. (1998). Daily dietary zinc intake in Belgium measured using duplicate portion sampling. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A*(206), 222-227.
- IARC. (1977). Copper 8-hydroxyquinoline. *Vol. 15, CAS No.:13483-18-6*.
- IARC. (1987). Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monograph volume 1-42. *Suppl. 7*.
- IARC. (1990a). Chromium, Nickel and Welding.
- IARC. (1990b). Nickel and nickel compounds. 49.
- IARC. (1993a). Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry.
- IARC. (1993b). Cadmium and cadmium compounds.
- IARC. (1999). Surgical implants and other foreign bodies. 74.
- IARC. (2004). Inorganic and organic lead compounds. 87.
- JECFA. (1989a). Evaluation of certain food additives and contaminants. *Technical Report Series No 776*.
- JECFA. (1989b). Toxicological evaluation of certain food additives and food contaminants.
- JECFA. (1993). Evaluation of certain food additives and contaminants.
- JECFA. (2000). Safety evaluation of certain food additives and contaminants, 53rd meeting.
- JECFA. (2001). Safety evaluation of certain food additives and contaminants: fifty-fifth meeting of the Joint WHO/FAO Expert Committee on Food Additives. *Toxicological Monographs*.
- JECFA. (2004). Cadmium.
- MAFF. (1999). Total diet study – aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc.
- Ministerieel Besluit van 12 februari 19991 betreffende de handel en het gebruik van producten die bedoeld zijn voor het voederen van dieren, en wijzigingen. (1999).
- Morgan, J. E. (1991). The metabolism of toxic metals by domestic animals - lead, cadmium, mercury and arsenic.
- OVAM. (2003a). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - polyaromatische koolwaterstoffen en MTBE.
- OVAM. (2003b). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - trimethylbenzenen.
- OVAM. (2004). Basisinformatie voor risico-evaluaties / Deel 4 - SN - Stofdata normering. *Achtergronddocumenten bodemsanering*, 1-78.
- OVAM. (2005a). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - aangepaste toetsingscriteria voor historische bodemverontreiniging met benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)antraceen.
- OVAM. (2005b). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - chloorfenolen: voorstel van normering en stofdata.

- OVAM. (2009a). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - BTEXS stofdata.
- OVAM. (2009b). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - carcinogene gechloreerde koolwaterstoffen (1,2-DCA, VC, CHL en HCB): stofdata.
- OVAM. (2009c). Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties - zware metalen en arseen: stofdata.
- OVAM. (2009d). Rekenmodule voor de opname van zware metalen in planten en transfer naar de voedselketen.
- OVAM. (2010). Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen voor lood.
- Ruttens, A. (2005). Herziening bodemsaneringsnorm voor zware metalen. Partim B. Invulling van biobeschikbaarheid in functie van bodemeigenschappen in humaan toxicologisch onderbouwde bodemsaneringsnormen.
- Sheppard, S. C., Long, J. M., & Sanipelli, B. (2010). Verification of radionuclide transfer factors to domestic-animal food products, using indigenous elements and with emphasis on iodine. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101(11), 895-901.
- Skowronski, G. A. (2000). In vitro penetration of soil-aged mercury through pig skin. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A*, 61(3), 189-200.
- Smolders, E. (2006). BCF Cd - tussentijds Excel document in kader van teeltadvies BeNeKempen dd 28/03/2006.
- Smolders, E., Degryse, F., De Brouwere, K., Van den Brande, K., Cornelis, C., & Seuntjens, P. (2000). Bepaling van veldgemeten verdelingsfactoren van zware metalen bij bodemverontreiniging in Vlaanderen.
- Stevens, J. B. (1992). Disposition of toxic metals in the agricultural food chain. 2. Steady-state bovine tissue biotransfer factors. *Environmental Science and Technology*, 26, 1915-1921.
- UK-EA. (2009). Supplementary information for the derivation of SGV for mercury.
- US-EPA. (1995). Methylmercury (MeHg).
- US-EPA. (1997a). Integrated Risk Information System - Mercuric chloride.
- US-EPA. (1997b). Integrated Risk Information System - Mercury, elemental.
- US-EPA. (1997c). IRIS-summary on lead and compounds (inorganic).
- US-EPA. (1997d). IRIS - Nickel carbonyl.
- US-EPA. (1997e). IRIS - Nickel refinery dust.
- US-EPA. (1997f). IRIS - Nickel subsulfide.
- US-EPA. (1998a). Chromium(VI).
- US-EPA. (1998b). Integrated Risk Information System. Cadmium, inorganic.
- US-EPA. (1998c). Integrated Risk Information System. Zinc and compounds (CAS N° 7440-66-6).
- US-EPA. (1998d). Nickel soluble salts.
- US-EPA. (1998e). Toxicological review of trivalent chromium (CAS N° 16065-83-1) - in support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS).
- US-EPA. (2001). Water Quality Criterion for the protection of human health: methylmercury.
- US-EPA. (2002). IRIS-summary on arsenic, inorganic (CASNR 7440-38-2).
- US-EPA. (2004a). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment).

- US-EPA. (2004b). Screening tables and reference values for the water pathway. In *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: human health evaluation manual - Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment*, (pp. B-1-B-21): US-EPA.
- van der Veen, N., & Vreman, K. (1986). Transfer of cadmium, lead, mercury and arsenic from feed into various organs and tissues of fattening lambs. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, 34, 145-153.
- Van Wezel, A., de Vries, W., & Beek, M. (2003). *Bodemgebruikswaarden voor landbouw, natuur en waterbodem. Technisch wetenschappelijke afleiding van getalswaarden*.
- Verordening 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. (2006). (Verordening (EC) 1881/2006).
- Verordening (EG) nr 1334/2003 van de Commissie van 25 juli 2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders. (2003). (EC/1334/2003).
- Verordening (EG) Nr 1831/2003 van het Europees Parlement en de Raad van 22 september 2003 betreffende toevoegingsmiddelen voor diervoeding. (2003). (EC/1831/2003).
- Versluijs, C. W., & Otte, P. F. M. (2001). *Accumulatie van metalen in planten. Een bijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem*.
- Vlaamse Regering. (2003). Besluit van de Vlaamse Regering van 13/12/2002 van de Vlaamse Regering houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water, bestemd voor menselijke consumptie.
- VMM. (2001). Milieu- en natuurrapport Vlaanderen: thema's. *MIRA-T 2001*.
- VMM. (2004). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest, Jaarverslag immissiemeetnetten, kalenderjaar 2003 en Meteorologisch jaar 2003-2004.
- VMM. (2006). Deel3: Drinkwaterkwaliteit in detail bekeken. *Kwaliteit van het drinkwater*.
- Waegeneers, N., De Steur, H., De Temmerman, L., Van Steenwinkel, S., & Viaene, J. (2009). Transfer of soil contaminants to home-produced eggs from Belgium: levels, contamination sources and health risks. *Science of The Total Environment*, 407(15), 4438-4446.
- Wester, R., Maibach, H. I., Sedik, L., Melendres, J., DeZio, S., & Wade, M. (1992). In-vitro percutaneous absorption of Cadmium from water and soil into human skin. *Fundamental and Applied Toxicology*, 19, 1-5.
- Wester, R. C., Maibach, H. I., Sedik, L., Melendres, J., & Wade, M. (1993). In-vivo and in-vitro percutaneous absorption and skin decontamination of arsenic from water and soil. *Fundamental and Applied Toxicology*, 20, 336-340.
- WHO. (1993). Guidelines for drinking-water quality.
- WHO. (1996). Guidelines for drinking-water quality, 2nd Ed. Vol. 2, Health criteria and other supporting information.
- WHO. (1998a). Guidelines for drinking-water quality, 2nd Ed. Addendum to Vol. 2, Health criteria and other supporting information.
- WHO. (1998b). Nickel in drinking-water.
- WHO. (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd Ed., 91.