

# Fact Sheet: chroom

## Indicator voor:

---

Chroom (Cr; CAS: 7440-47-3)

In urine: totaal chroom (Cr(III) en Cr(VI))

In rode bloedcellen: Cr(VI) (Lewalter et al. 1985; Lukanova et al. 1996)

Chroom is een zwaar metaal dat van nature voorkomt in het leefmilieu (WHO, 1988). Er worden drie vormen onderscheiden: elementair chroom (Cr(O)), trivalent chroom (Cr(III)) en hexavalent chroom (Cr(VI)) (EPA, 2000). Trivalent chroom is een essentieel sporenelement dat een rol speelt in het metabolisme bij de mens. In omgevingslucht liggen de natuurlijke waarden onder  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 1988). De concentraties in niet-verontreinigd water variëren van lage dan 1 tot enkele  $\mu\text{g}/\text{L}$ . In rotsen en gesteenten variëren de natuurlijke Cr-concentraties tussen 5 mg/kg en 1800 mg/kg. Chroom is in de bodem voornamelijk in elementaire en trivalente vorm aanwezig.

Bijna alle hexavalent chroom in het leefmilieu is afkomstig van menselijke activiteit zoals verbranding van fossiele brandstoffen, ferrochroomproductie, galvaniseren, leder- en houtbehandeling, kleurstoffen en afvalverbranding (WHO, 1988; EPA, 2000). Wanneer hexavalent chroom in contact komt met organisch materiaal wordt het gereduceerd tot trivalent chroom.

## Productievolume:

---

US: 2700-2900 ton/jaar (ATSDR)

## Wetgevend kader:

---

Richtlijn 2002/46/EC: Cr(III) chloride en Cr(III) sulfaat zijn opgenomen in de lijst stoffen die gebruikt mogen worden in het vervaardigen van voedsel voor bepaalde nutritionele toepassingen en in voedingssupplementen.

Verordening (EC) 1925/2006 over het toevoegen van vitaminen en mineralen en andere substanties aan voedsel.

Richtlijn 2001/15/EC over substanties die mogen toegevoegd worden voor specifieke nutritionele doeleinden aan voeding met bepaalde nutritionele toepassingen.

## Verwachte blootstellingswegen naar de mens:

---

Chroom kan voorkomen in volgende consumentenproducten: (i) hout behandeld met koperdichromaat, (ii) leder gekleurd met chroomsulfaat, (iii) kookmateriaal uit roestvrij staal (ATSDR, 2008).

De mens kan worden blootgesteld aan chroom door inademen van met chroom vervuilde lucht, vooral in de buurt van industriegebieden waar met chroom wordt gewerkt (ATSDR, 2008). De omgevingslucht in landelijke gebieden bevat in het algemeen lagere chroomconcentraties dan in steden ( $< 10 \text{ ng/m}^3$  in landelijk gebied t.o.v.  $10\text{-}30 \text{ ng/m}^3$  in stedelijk gebied). Chroom is een component van tabaksrook. Door roken kunnen de chroomconcentraties in binnenhuislucht 10 tot 400 keer hoger liggen dan in de buitenlucht. Ingeademd chroom kan verschillende jaren in de longen aanwezig blijven.

In sommige gevallen kan chroom worden aangetroffen in grondwater, drinkwater of in bodemstalen. De mens kan dan worden blootgesteld aan chroom door het drinken van of te baden in chroombevattend water (ATSDR, 2008). De meest algemene blootstellingsweg aan chroom is via de voeding (ATSDR, 2008). Lage concentraties van Cr(III) komen van nature voor in voeding zoals fruit, groenten, noten, dranken en vlees. Een kleine fractie van het chroom opgenomen via voeding of drank komt via het spijsverteringskanaal in het lichaam terecht. De absorptie van het oplosbare Cr(VI) is hoger dan de absorptie van het oplosbare Cr(III).

#### **(Hoog) blootgestelde groep:**

---

Mensen die wonen in de omgeving van stortplaatsen voor chroombevattend afval of chroomverwerkende industrie maken meer kans op verhoogde chroomblootstelling (ATSDR, 1998). De blootstelling omvat meestal een mengsel van Cr(III) en Cr(VI).

In studies over acute inhalatie LC50 en orale en dermale LD50 blijkt dat vrouwelijke dieren gevoeliger zijn aan de dodelijke effecten van Cr(VI). Het is niet geweten of ook bij de mens vrouwen gevoeliger zijn aan de toxische effecten van chroom dan mannen (ATSDR, 2008).

#### **Verwachte gezondheidseffecten:**

---

Cr(VI) is meer toxisch dan Cr(III), deels omwille van de gefaciliteerde opname van Cr(VI) door de cellen en de vorming van vrije radicalen bij de reductie van Cr(VI) naar Cr(III) (ATSDR, 2008).

##### *Respiratoire effecten*

De meeste gezondheidsproblemen van Cr(VI) en Cr(III) situeren zich rond het ademhalingsstelsel: neusirritaties, ademhalingsproblemen, astma, hoest (ATSDR, 2008).

##### *Immunologische effecten*

Blootstelling aan chroom (VI en III) via ademhaling of via dermaal contact kan ook aanleiding geven tot allergieën die zich uiten in ademhalingsmoeilijkheden en huiduitslag (ATSDR, 2008).

##### *Gastrointestinale effecten*

Na orale inname van Cr(VI) werden bij proefdieren effecten vastgesteld op de maag, darmen en bloed (bloedarmoede) (ATSDR, 2008). Gastrointestinale effecten werden ook waargenomen bij de mens na acute blootstelling aan lethale of bijna-lethale dosissen of langdurige chronische blootstelling aan Cr(VI).

##### *Reproductieve effecten*

Proefdieren blootgesteld aan Cr(VI) vertoonden schade aan het mannelijke reproductiestelsel (ATSDR, 2008). Enkel studies tonen bij de mens een verband aan tussen blootstelling aan

Cr(VI) en reproductieve effecten zoals morfologische afwijkingen van spermacellen, afname van het aantal spermacellen, complicaties tijdens de zwangerschap en geboorte. De reproductieve effecten van Cr(III) zijn nog onduidelijk.

#### *Ontwikkelingseffecten*

Prenatale blootstelling aan hoge concentraties veroorzaakte bij proefdieren miskramen, laag geboortegewicht en afwijkingen in de ontwikkeling van het skelet en de reproductieve organen (ATSDR, 2008).

#### *Genotoxische effecten*

Studies naar beroepsblootstelling toonden een verband aan tussen de blootstelling aan Cr(VI) en het voorkomen van DNA-schade (ATSDR, 2008). Dit werd ondersteund door *in vivo* studies bij dieren en *in vitro* studies met humane cellijnen, zoogdiercellen, gistcellen en bacteriën.

#### *Kanker*

Het International Agency for Research on Cancer (IARC, 1997) klasseert Cr(VI) als kankerverwekkend voor de mens (groep 1). Bij beroepsblootstelling aan Cr(VI) werd bij arbeiders longkanker vastgesteld (ATSDR, 2008). Ook werd maagkanker waargenomen bij personen die werden blootgesteld aan Cr(VI) via het drinkwater. IARC klasseert elementair chroom (Cr(0)) en Cr(III) in groep 3 (niet-klasseerbaar wat betreft kankerverwekkende eigenschappen bij de mens).

Er zijn geen studies bekend die het effect van chroom bij kinderen onderzochten (ATSDR, 2008).

#### **Laagste niveau waarbij schadelijke effecten waargenomen werden:**

---

Voor de chroomcomponenten werden Minimal Risk Levels (MRL's) opgemaakt (ATSDR, 2008). Dit is het niveau waaraan de mens kan worden blootgesteld waarbij geen risico op niet-kanker gezondheidseffecten verondersteld wordt.

#### **Cr(VI)**

Wegens gebrek aan relevante gegevens kon geen **acute** inhalatie-MRL voor Cr(VI) worden opgesteld (ATSDR, 2008).

Voor **intermediaire** blootstelling (15 - 364 dagen) aan Cr(VI) aerosolen en nevel werd een inhalatie-MRL van  $5 \times 10^6$  mg Cr(VI)/m<sup>3</sup> vastgelegd (ATSDR, 2008). Voor dit type blootstelling waren de respiratoire effecten de meest gevoelige gezondheidseffecten. De MRL is gebaseerd op de LOAEL van 0.002 mg Cr(VI)/m<sup>3</sup> (Lindberg en Hedenstierna (1983)), vermenigvuldigd met 8 uur/24 uur en 5 dagen/7 dagen wat een aangepaste LOAEL (LOAEL<sub>ADJ</sub>) geeft van 0.0005 mg Cr(VI)/m<sup>3</sup> (ATSDR, 2008). Deze werd vermenigvuldigd met een onzekerheidsfactor 100 (10 voor humane variatie en 10 omdat de LOAEL werd gebruikt).

Voor **intermediaire** blootstelling (15 - 364 dagen) aan Cr(VI) op partikels werd een inhalatie-MRL van **0.0003 mg Cr(VI)/m<sup>3</sup>** vastgelegd (ATSDR, 2008). Deze MRL is gebaseerd op de benchmark concentratie analyse (BMCL: 95% onderste limiet van de concentratie overeenstemmend met 10% relatieve verandering in het eindpunt vergeleken met de controle) die Malsch et al. (1994) uitvoerde op de gegevens van Glaser et al. (1990). Het eindpunt is hier longgewicht en concentratie eiwitten in de broncheoalveolaire lavagevloeistof bij ratten. De

laagste BMCL van 0.016 mg Cr(VI)/m<sup>3</sup> werd omgerekend naar een humane equivalent concentratie (BMCL<sub>HEC</sub>) van 0.010 mg Cr(VI)/m<sup>3</sup> (EPA, 1994). Deze waarde werd gedeeld door een onzekerheidsfactor 30 (3 voor omrekening van dieren naar de mens, 10 voor humane variabiliteit) (ATSDR, 2008).

Voor **chronische** blootstelling (≥ 365 dagen) aan Cr(VI) aerosolen en nevel werd een inhalatie-MRL van **5 × 10<sup>6</sup> mg Cr(VI)/m<sup>3</sup>** vastgelegd (ATSDR, 2008). Deze MRL voor chronische blootstelling werd op dezelfde wijze berekend als de MRL voor intermediaire blootstelling. Door gebrek aan geschikte gegevens werd geen inhalatie-MRL voor chronische blootstelling aan Cr(VI) op partikels vastgelegd.

De beschikbare studies van **acute** blootstelling via orale inname van Cr(VI) zijn niet geschikt om een acute MRL voor orale inname vast te leggen.

Er werd een orale MRL vastgelegd van **0.005 mg Cr(VI)/kg/dag** voor **intermediaire** blootstelling aan Cr(VI) (ATSDR, 2008). Hematologische effecten in ratten (NTP, 2008) werden beschouwd als meest gevoelige effect voor intermediaire orale blootstelling aan Cr(VI). De MRL werd berekend door de gemiddelde BMDL voor hematologische effecten te delen door een onzekerheidsfactor 100 (10 voor extrapolatie van dieren naar mensen en 10 voor menselijke variatie) (ATSDR, 2008).

Er werd een orale MRL vastgelegd van **0.001 mg Cr(VI)/kg/dag** voor **chronische** blootstelling aan Cr(VI) (ATSDR, 2008). Op basis van de laagste BMDL-waarde van 0.09 mg/kg/dag werd diffuse epitheel hyperplasia van de duodenum in muizen geselecteerd als startpunt voor de berekening van de MRL. De BMDL-waarde werd gedeeld door een onzekerheidsfactor 100 (10 voor extrapolatie van dieren naar mensen en 10 voor humane variatie).

### **Cr(III)**

De beschikbare gegevens van **acute** blootstellingsstudies zijn niet geschikt om een blootstellings-respons relatie voor respiratoire effecten vast te leggen. Daarom werd geen acute inhalatie MRL voor Cr(III) opgesteld (ATSDR, 2008).

Voor **intermediaire** blootstelling (15 - 364 dagen) aan **onoplosbaar** Cr(III) op partikels werd een inhalatie MRL van **0.005 mg Cr(III)/m<sup>3</sup>** vastgelegd (ATSDR, 2008). Deze MRL is gebaseerd op de LOAEL van 3 mg Cr(III)/m<sup>3</sup> voor hypertrofie van de mediastinale knoop en longontsteking bij ratten. Deze LOAEL werd omgerekend naar humane equivalente concentraties, nl. LOAEL<sub>HEC</sub> van 0.43 mg Cr(III)/m<sup>3</sup>. Deze waarde werd gedeeld door een onzekerheidsfactor 90 (3 voor het gebruik van een minimale LOAEL, 3 voor extrapolatie van dieren naar mensen en 10 voor humane variatie).

Voor **intermediaire** blootstelling (15 - 364 dagen) aan **oplosbaar** Cr(III) op partikels werd een inhalatie MRL van **0.0001 mg Cr(III)/m<sup>3</sup>** vastgelegd (ATSDR, 2008). Deze MRL is gebaseerd op de LOAEL<sub>HEC</sub> van 0.04 mg Cr(III)/m<sup>3</sup> voor schade aan larynx en neus bij ratten. Deze LOAEL<sub>HEC</sub> werd gedeeld door een onzekerheidsfactor 300 (10 voor het gebruik van de LOAEL, 3 voor farmacodynamische variabiliteit tussen dieren en mensen en 10 voor humane variabiliteit).

Omdat **chronische** blootstelling aan Cr(III) samengaat met chronische blootstelling aan Cr(VI) zijn er onvoldoende gegevens om een chronische inhalatie MRL voor Cr(III) op te stellen (ATSDR, 2008).

Er werden geen **orale** MRL's voor acute, intermediaire en chronische blootstelling aan Cr(III) opgemaakt wegens gebrek aan geschikte studies (ATSDR, 2008).

Volgens het EFSA Panel (2008) tonen recente reviews en evaluaties van Cr(III) aan (Eastmond et al., 2008; Levina & Lay, 2008) dat de resultaten over de genotoxiciteit van Cr(III) tegenstrijdig zijn. Volgens het Panel moet de veiligheid van Cr(III) opnieuw geëvalueerd worden.

#### **Geschatte externe blootstelling:**

---

Chroomgehalten in omgevingslucht ( $<0.01-0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Fishbein 1984; Pellegrin & Booker, 2000) en kraanwater ( $<1 \mu\text{g}/\text{L}$ ) (Pellegrin & Booker, 2000) werden gebruikt om de dagelijkse inname van chroom via inhalatie ( $<0.2-0.6 \mu\text{g}$ ) en kraanwater ( $<4 \mu\text{g}$ ) te schatten (ATSDR, 2008). Deze schattingen zijn gebaseerd op het inademen van  $20\text{m}^3$  lucht/dag en een drinkwaterconsumptie van 2 L/dag.

De dagelijkse chroominname via voeding (dieet met 25-43% vet) werd voor de Amerikaanse bevolking geschat tussen 25 en  $224 \mu\text{g}$  met een gemiddelde van  $76 \mu\text{g}$  (Kumpumainen et al., 1979). In de Verenigde Staten werden hoge concentraties chroom aangetroffen in zeevruchten ( $120-470 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), vlees en vis ( $110-230 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), granen ( $40-220 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), vers fruit ( $90-190 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) en verse groenten ( $30-149 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) (SCF, 2003).

Een Total Diet Study (TDS) in het Verenigd Koninkrijk wees uit dat de hoogste concentraties van chroom voorkomen in vleesproducten ( $230 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), olie en vetten ( $170 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), brood ( $150 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), noten en granen ( $140 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), vis en suiker ( $130 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) (EVM, 2002). Volgens de 1997 TDS van het Verenigd Koninkrijk bedraagt de gemiddelde chroomblootstelling  $100 \mu\text{g}/\text{dag}$ . De Franse TDS van 2001 gaf een gemiddelde blootstelling aan van  $77 \mu\text{g}/\text{dag}$  voor volwassenen ( $> 15$  jaar) en  $68 \mu\text{g}/\text{dag}$  voor kinderen (3-14 jaar) (Leblanc, 2004). Bij dieetstudies in Duitsland, Zweden en Spanje varieerde de gemiddelde chroomopname tussen 61 en  $160 \mu\text{g}/\text{dag}$  (SCF, 2003).

#### **Richtwaarden voor externe blootstelling:**

---

USEPA (1984) legde Estimated Adequate and Safe Intake (AESI) gehalten vast voor chroom bij kinderen: (i) tussen 0 en 0.5 jaar:  $0.01-0.04 \text{ mg}/\text{dag}$ , (ii) tussen 0.5 en 1 jaar:  $0.02-0.06 \text{ mg}/\text{dag}$ , (iii) tussen 1 en 3 jaar:  $0.02-0.08 \text{ mg}/\text{dag}$ , (iv) tussen 4 en 6 jaar:  $0.03-0.12 \text{ mg}/\text{dag}$ , (v) tussen 7 en 10 jaar:  $0.05-0.20 \text{ mg}/\text{dag}$ , (vi) 11 jaar en ouder:  $0.05-0.20 \text{ mg}/\text{dag}$ . Voor volwassenen bedroeg deze waarde  $0.05-0.2 \text{ mg}/\text{dag}$ .

De Aanvaardbare Dagelijkse Inname (ADI) waarde voor Cr(VI) is  $0.175 \text{ mg}/\text{dag}/\text{persoon}$  en voor Cr(III)  $125 \text{ mg}/\text{dag}/\text{persoon}$  (USEPA, 1984).

Het IOM (2001) van NAS stelde adequate inname-waarden vast voor volgende leeftijdsgroepen: (i) 0-6 maanden:  $0.2 \mu\text{g}/\text{dag}$ , (ii) 7-12 maanden:  $5.5 \mu\text{g}/\text{dag}$ , (iii) 1-3 jaar:  $11 \mu\text{g}/\text{dag}$ , (iv) 4-8 jaar:  $15 \mu\text{g}/\text{dag}$ , (v) jongens tussen 9-13 jaar:  $25 \mu\text{g}/\text{dag}$ , (vi) meisjes tussen 9-

13 jaar: 21  $\mu\text{g}/\text{dag}$ , (vii) jongens tussen 14-18 jaar: 35  $\mu\text{g}/\text{dag}$ , meisjes tussen 14-18 jaar: 24  $\mu\text{g}/\text{dag}$ .

Het UK Committee on Medical Aspects of Food Policy berekende een theoretisch noodzakelijke chroomdosis voor volwassenen van 23  $\mu\text{g}/\text{dag}$  en besloot dat een veilige chroominname voor volwassenen boven 25  $\mu\text{g}$  ligt en voor kinderen en adolescenten respectievelijk rond 0.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lichaamsgewicht/dag en 1.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lichaamsgewicht/dag (COMA, 1991). De voedingscentra van Duitsland (DGE), Oostenrijk (ÖGE) en Zwitserland (SGE) stelden samen een adequate dagelijkse inname op van 30-100  $\mu\text{g}/\text{dag}$  voor volwassenen (D-A-CH, 2000).

SCF (2003) en IOM (2001) waren niet in staat een Tolerable Upper Intake Level vast te stellen voor chroom wegens onvoldoende gegevens uit dierlijke en humane studies. Hoewel EVM ook besloot niet over voldoende informatie te beschikken, verondersteld EVM (2003) dat een totale dagelijkse inname van 0.15 mg Cr(III)/kg lichaamsgewicht/dag niet zal leiden tot gezondheidseffecten.

#### **Veiligheidsmarge t.o.v. lichaamsbelasting geassocieerd met LOAEL:**

##### EPA

In drinkwater MCLG (maximum contaminant level goal): 0.1 mg/L

In drinkwater MCL (maximum contaminant level): 0.1 mg/L

RfD (orale referentie dosis): 0.0048 mg/kg/dag (NOAEL: 2.41)

#### **Richtwaarden voor interne blootstelling:**

Endogene chroomconcentraties werden reeds geschat op 0,01-0,17  $\mu\text{g}/\text{l}$  in serum (ATSDR, Sunderman et al. 1989), 0,24-1,8  $\mu\text{g}/\text{l}$  in urine (ATSDR, Iyengar and Woittiez 1988) en 0,234 mg/kg in haar (ATSDR, Takagi et al. 1986).

Een verhoging van de chroomconcentratie in bloedplasma en urine weerspiegelt enkel de recente blootstelling aan chroom. Meting van chroom in de rode bloedcellen weerspiegelt de blootstelling aan Cr(VI).

Voor blootstelling op de werkvloer werden gezondheidkundige richtwaarden vastgesteld: de Deutsche Forschungsgemeinschaft Exposure Equivalent (DFG-EKA) bedraagt 12-40  $\mu\text{g}/\text{l}$  en de Finse Occupational Exposure Limit (F-OEL) bedraagt 5,2-31  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Deze waarden weerspiegelen concentraties waaraan personen dagelijks blootgesteld kunnen worden op de werkvloer, zonder dat er schadelijke gezondheidseffecten optreden.

#### **Persistentie (halfwaardetijd in de mens):**

Op basis van een één-compartiment kinetisch model werd de biologische halfwaardetijd in humane urine van Cr(III) uit lignosulfonaatstof geschat op 4-10 uren, wat dezelfde grootteorde is als de halfwaardetijd van Cr(VI)-componenten (Kiilunen et al., 1983).

Ook volgens Kerger et al. (1997) bedraagt de halfwaardetijd van Cr(III) in urine 10-40 uren. De halfwaardetijd van Cr(VI) in plasma zou 36 uren bedragen (Paustenbach et al., 1996).

De halfwaardetijd van geïnjecteerd Cr(VI) in bloed is ongeveer 25-35 dagen (Dever et al., 1989) en in erythrocyten bedraagt de halfwaardetijd 120 dagen (Korallus 1986a, 1986b).

---

**Perinatale blootstelling (placenta/moedermelk):**

---

Geabsorbeerd chroom kan doorheen de placenta het ongeboren kind bereiken en via borstvoeding aan de baby worden doorgegeven (Casey & Hambidge, 1984; ATSDR, 2008).

---

**Matrix:**

---

Bloed, urine, haar en nagels (ATSDR, 1998; WHO, 1988, ATSDR, 2008). Meestal wordt totaal chroom gemeten omdat het moeilijk is een onderscheid te maken tussen Cr(III) en Cr(VI) (ATSDR, 1998).

Geabsorbeerd chroom wordt in het lichaam verspreid over bijna alle organen. De hoogste concentraties komen voor in de lever, de nieren en de beenderen. In het lichaam wordt Cr(VI) omgezet tot Cr(III) via de tussenvormen Cr(V) en Cr(IV) (ATSDR, 2008). Cr(VI) dat wordt opgenomen door de rode bloedcellen vormt stabiele complexen met hemoglobine en andere intracellulaire proteïnen. Het grootste deel van het opgenomen chroom wordt binnen de week via de urine uitgescheiden, een kleine fractie kan enkele jaren in de cellen achterblijven.

Chroomconcentraties in plasma en urine weerspiegelen relatief recente blootstelling (1-2 dagen). Lage blootstelling van intermediaire duur, zoals bij blootstelling via bodem, stof en drinkwater, kan mogelijk niet worden waargenomen met metingen in urine (ATSDR, 2008). Het is dan eerder waarschijnlijk dat metingen in urine continue blootstelling aan hogere gehalten of dagelijkse inademing van Cr(VI) detecteren. Paustenbach et al. (1997) stellen dat de chroominname meer dan 2 µg/dag moet bedragen om te kunnen onderscheiden van de achtergrondwaarden.

---

**Detectielimiet:**

---

LOD = 0,061 µg/L

---

**Aanbevolen doelgroep en matrix:**

---

Volwassenen individuele urinestalen  
Adolescenten individuele urinestalen

## Vergelijkende metingen

Reeds gemeten waarden in Vlaanderen:

Leeftijdsgroep	geslacht	matrix	waarde	jaar
----------------	----------	--------	--------	------

Internationale vergelijking:

Algemene bevolking					
leeftijdsgroep	geslacht	matrix	waarde	jaar	Land
Volwassenen	beide	serum	0.006 $\mu\text{g/L}$ (0.01-0.17 $\mu\text{g/L}$ ) <sup>a</sup>	1989	USA
volwassenen	beide	urine	0.4 $\mu\text{g/L}$ (0.24-1.8 $\mu\text{g/L}$ ) <sup>b</sup>	1988	55 landen
volwassenen	beide	serum	0.19 $\mu\text{g/L}$ (0.12-2.1 $\mu\text{g/L}$ ) <sup>b</sup>	1988	55 landen
volwassenen	beide	moedermelk	1.4 $\mu\text{g/L}$ (0.4-5.1 $\mu\text{g/L}$ ) <sup>b</sup>	1988	55 landen
volwassenen	beide	haar	460 $\mu\text{g/kg}$ (60-4100 $\mu\text{g/kg}$ ) <sup>b</sup>	1988	55 landen
volwassenen	beide	long	201 $\mu\text{g/kg}$ vers gew. (28- 898 $\mu\text{g/kg}$ vers gew.) <sup>c</sup>	1987	Noorwegen
volwassenen	vrouwen	moedermelk	0.3 $\mu\text{g/L}$ (0.06-1.56 $\mu\text{g/L}$ ) <sup>d</sup>	1984	USA
volwassenen	beide	haar	0.234 $\text{mg/kg}$ <sup>e</sup>	1986	Japan
volwassenen	beide	nagels	0.52 $\text{mg/kg}$ <sup>f</sup>	1988	Japan
6-10 jaar	beide	urine	0.07-0.76 $\mu\text{g/g}$ cr† <sup>g</sup>	2000	Rome
16-70 jaar	beide	urine	0.13 $\mu\text{g/L}$ (0.04-0.96) <sup>h</sup>	1998	UK
16-70 jaar	beide	bloed	0.19 $\mu\text{g/L}$ (0.1-0.6) <sup>h</sup>	1998	UK

a Sunderman et al. 1989

b Iyengar and Woittiez 1988

c Raithel et al. 1987

d Casey and Hambidge 1984

e Takagi et al. 1986

f Takagi et al. 1988

g Alimonti et al. 2000

h White and Sabbioni 1998

## Referenties

---

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) - 2008 - Draft toxicological profile for chromium.

Alessandro Alimonti, Francesco Petrucci, Michael Krachler, Beatrice Bocca and Sergio Caroli (2000) Reference values for chromium, nickel and vanadium in urine of youngsters from the urban area of Rome. *J. Environ. Monit.* 2: 351-354

Casey CE, Hambidge KM. 1984. Chromium in human milk from American mothers. *Br J Nutr* 52:73-77.

COMA (Committee on Medical Aspects of Food Policy), 1991. Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values, Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy. HMSO, London.

D-A-CH Referenzwerte, 2000. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerischer Vereinigung für Ernährung: Referenzwerte für Nährstoffzufuhr, Umschau/Braus Verlag.

Dever M, Hausler DW, Smith JE. 1989. Comparison between radioactive isotope chromium-51 and stable isotope chromium-50 labels for the determination of red blood cell survival. *J Anal Atom Spectrom* 4:361-363.

EFSA (2008) Scientific Opinion of the Panel in Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) on a request from the Commission on a mixture of chromium di- and tri-nicotinate as a source of chromium. *The EFSA Journal*, 887: 1-24.

EPA. 1994. Methods for derivation of inhalation reference concentrations and application of inhalation dosimetry. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Environmental Criteria and Assessment Office. EPA600/8-90/066F

EPA 2000 Chromium compounds. Hazard summary.

EVM (Expert Group on Vitamins and Minerals), 2002. Review of chromium. Paper for discussion prepared by the UK Department of Health and MAFF, EVM/99/26, revised August 2002, London.

<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/reviewofchrome.pdf#page=1>

EVM (Expert Group on Vitamins and Minerals), 2003. Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals.

Fishbein L. 1984. Overview of analysis of carcinogenic and/or mutagenic metals in biological and environmental samples: I. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium and selenium. *Int J Environ Anal Chem* 17:113-170.

Glaser U, Hochrainer D, Steinhoff D. 1990. Investigation of irritating properties of inhaled CrVI with possible influence on its carcinogenic action. *Environ Hyg* 2:235-245.

IOM. 2001. Chromium. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc (2000). A Report of the Panel on Micronutrients, subcommittees on upper reference levels of nutrients and of interpretation and uses of dietary reference intakes, and the standing committee on the scientific evaluation of dietary reference intakes. Washington, DC: Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. National Academy Press, 197-223.

IARC (1997) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 49: Chromium, Nickel and Welding. Summary of data reported and evaluation.

Iyengar V, Woittiez J. 1988. Trace elements in human clinical specimens: Evaluation of literature data to identify reference values. *Clin Chem* 34(3):474-481.

Kerger BD, Finley BL, Corbett GE, et al. 1997. Ingestion of chromium(VI) in drinking water by human volunteers: Absorption, distribution, and excretion of single and repeated doses. *J Toxicol Environ Health* 50:67-95.

Kiilunen M, Kivisto H, Ala-Laurila P, et al. 1983. Exceptional pharmacokinetics of trivalent chromium during occupational exposure to chromium lignosulfonate dust. *Scand J Work Environ Health* 9:265-271.

Korallus U. 1986a. Biological activity of chromium(VI) - against chromium(III) compounds: New aspects of biological monitoring. In: Serrone DM, ed. *Chromium symposium 1986: An update*. Pittsburgh, PA: Industrial Health Foundation Inc., 210-230.

Korallus U. 1986b. Chromium compounds: Occupational health, toxicological and biological monitoring aspects. *Toxicol Environ Chem* 12:47-59.

Kumpulainen JT, Wolf WR, Veillon C, et al. 1979. Determination of chromium in selected United States diets. *J Agric Food Chem* 27(3):490-494.

Leblanc JC, 2004: The first French Total Diet Study - Mycotoxins, minerals and trace elements. INRA and Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, Paris.

Lindberg E, Hedenstierna G. 1983. Chrome plating: Symptoms, findings in the upper airways, and effects on lung function. *Arch Environ Health* 38:367-374.

Malsch PA, Proctor DM, Finley BL. 1994. Estimation of chromium inhalation reference concentration using the benchmark dose method: A case study. *Regul Toxicol Pharmacol* 20:58-82.

NTP. 2008a. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of sodium dichromate dihydrate (CAS No. 7789-12-0) in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking water studies). Washington, DC: National Toxicology Program. NTP TR 546. [http://ntp.niehs.nih.gov/files/546\\_web\\_FINAL.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/files/546_web_FINAL.pdf). August 13, 2008.

Paustenbach DJ, Hays SM, Brien BA, et al. 1996. Observation of steady state in blood and urine following human ingestion of hexavalent chromium in drinking water. *J Toxicol Environ Health* 49:453-461.

Paustenbach DJ, Panko JM, Fredrick MM, et al. 1997. Urinary chromium as a biological marker of environmental exposure: What are the limitations? *Regul Toxicol Pharmacol* 26:S23-S34.

Pellerin C, Booker SM. 2000. Reflections on hexavalent chrom. Health hazards of an industrial heavyweight. *Environ Health Perspect* 108(9):A403-A407.

Raithel HJ, Ebner G, Schaller KH. 1987. Problems in establishing norm values for nickel and chromium concentrations in human pulmonary tissue. *Am J Ind Med* 12:55-70.

SCF, (Scientific Committee on Food), 2003. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Trivalent Chromium.

Sunderman FW, Hopfer SM, Swift T, et al. 1989. Cobalt, chromium, and nickel concentrations in body fluids of patients with porous-coated knee or hip prostheses. *J Orthop Res* 7:307-315.

Takagi Y, Matsuda S, Imai S, et al. 1986. Trace elements in human hair: An international comparison. *Bull Environ Contam Toxicol* 36:793-800.

Takagi Y, Matsuda S, Imai S, et al. 1988. Survey of trace elements in human nails: An international comparison. *Bull Environ Contam Toxicol* 41:683-689.

USEPA; (1984) Health Assessment Document: Chromium p.6-2 EPA 600/8-83-014F

White MA, Sabbioni E (1998) Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population. *The science of the total environment* 216: 253-270.

WHO 1988 International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 61. Chromium.