

## Zwaar metaal – Cadmium

*Laatste update: 01/2020*

**Biomerkers, matrix en blootstellingstermijn die wordt gemeten:**

Invasief: bloed (recente + gecumuleerde blootstelling)

Niet-invasief: urine (cumulatieve blootstelling), haar, navelstrengbloed, placenta

**Aanbevolen doelgroepen en matrix:**

- Volwassenen: individuele urinestalen
- Bevallende moeders: individuele bloedstalen
- Adolescenten: individuele bloedstalen
- Pasgeborenen: navelstrengbloed

Cadmium werd gemeten in bloed en urine. Deze meting in urine geeft een idee over de levenslange blootstelling. Halfwaardetijd bij de mens (Nieren/urine): 10-40 jaar (ATSDR, 1999; Diamond et al., 2003; Nogue et al., 2004))

**Wat is cadmium? Wat zijn de toepassingsgebieden?**

Cadmium is een zwaar metaal dat van nature in heel lage concentraties in de aardkorst aanwezig is. Cadmium wordt vooral gebruikt voor de productie van nikkel-cadmium batterijen, en daarnaast ook in sommige takken van de metaalnijverheid (elektroplating), in pigmenten, in legeringen, in halfgeleiders, in televisiebuizen. Meststoffen geproduceerd uit fosfaatertsen zijn een belangrijke bron van milieuvervuiling.

**Verwachte blootstellingswegen naar de mens:**

De algemene bevolking is vooral blootgesteld aan cadmium via het dieet en drinkwater waarbij 5 tot 10% van de ingenomen hoeveelheid ook daadwerkelijk in het lichaam terecht komt. Schaaldieren en orgaanvlees zijn belangrijke bronnen van blootstelling. Een studie uit België toonde aan in dat in 2007-2008 60% van de inname via voeding afkomstig is van graanproducten en aardappelen (Vromman et al. 2010). Tabaksrook is een belangrijke blootstellingsweg waarbij 10 tot 50% van het geïnhaleerde cadmium wordt geabsorbeerd.

Sommige meststoffen geproduceerd op basis van fosfaat ertsen en sommige industriële processen zoals mijnbouw en het zuiveren van ertsen zijn belangrijke bronnen van milieucontaminatie.

Cadmium bioaccumuleert (raakt geconcentreerd) in algen, planten, ongewervelde dieren en in gewervelde dieren, en dan in het bijzonder in de nieren en de lever. Groenten geteeld op vervuilde bodem (onder andere op sommige plaatsen in de kempen) kunnen een belangrijke bron van blootstelling aan cadmium zijn.

## Zwaar metaal – Cadmium

Cadmium stapelt zich met de leeftijd (met het ouder worden) op in het lichaam.

Voor niet-rokers is de voeding de belangrijkste blootstellingsweg. Het Efsa Panel inzake de contaminatie van de voedselketen stelt een wekelijkse inname van 2.5 µg/kg lichaamsgewicht voor als de aanvaardbare grens voor alle consumenten. Op te merken valt dat, voor de Europese bevolking, de gemiddelde cadmium inname via de voeding wordt geschat op 2.04 µg/kg lichaamsgewicht per week. Voedingsmiddelen die in grote hoeveelheden worden genuttigd hebben de grootste impact inzake cadmium blootstelling doorheen de voeding. Granen en graanproducten (26.9%), groenten en producten op basis van groenten (16.0%) en zetmeelhoudende wortelen en knollen (13.2%) zijn verantwoordelijk voor een belangrijk percentage in de blootstelling doorheen de voeding. Meer in detail contribuieren aardappelen (13.2%), brood (11.7%), fijn gebak (5.1%), chocolade producten (4.3%), bladgroenten (3.9%) en schaaldieren (3.2%) het meest aan de blootstelling aan cadmium in de Europese bevolking (EFSA, 2012).

Putwater is een belangrijke bron van blootstelling in streken met bodemverontreiniging door cadmium. Het telen van bladgewassen zoals sla, spinazie en andijvie op vervuilde grond moet sterk worden ontraden.

Normoverschrijding komt ook vaak voor in worteltjes en schorseneren. Bonen en erwten, aardappelen, en vooral komkommers en pompoenen nemen van nature minder gemakkelijk cadmium op en stellen dus doorgaans minder problemen.

Onderstaande tabel (uit de masterproef van Martijn Roosen, Ugent, faculteit Bioingenieurswetenschappen, academiejaar 2016-2017) geeft het gemiddelde weer van het Cd-gehalte van enkele groenten uit volkstuinten in Tienen en Kortrijk en uit supermarkten op basis van het vers gewicht (n=aantal stalen).

(bron: [https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/352/105/RUG01-002352105\\_2017\\_0001\\_AC.pdf](https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/352/105/RUG01-002352105_2017_0001_AC.pdf) )

Groente	Tienen	Kortrijk	Supermarkten
	Gem. ± stdev	Gem. ± stdev	Gem. ± stdev
	mg/kg vers gewicht	mg/kg vers gewicht	mg/kg vers gewicht
Sla (n=6)	0,017 ± 0,006	0,014 ± 0,008	0,014 ± 0,003
Peterselie (n=6)	0,019 ± 0,009	0,017 ± 0,003	0,016 ± 0,007
Prei (n=6)	0,005 ± 0,002	0,006 ± 0,003	0,007 ± 0,006
Tomaat (n=6)	0,004 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,004 ± 0,001

## Zwaar metaal – Cadmium

**Adviezen om de blootstelling aan cadmium te beperken:**

---

Niet roken is van het grootste belang. Het eten van orgaanvlees (vooral dan lever en nieren) beperken. Groenten en fruit goed wassen voor het eten of het koken. Afwisseling brengen in het eten van graanproducten.

Indien men weet heeft van cadmium vervuiling in de streek waar men woont, dan het eten van producten uit eigen tuin vermijden. Ook de blootstelling, vooral dan van kinderen, aan huisstof vermijden in een streek met cadmiumvervuiling.

**Mogelijke Gezondheidsrisico's:**

---

Cadmium en cadmiumverbindingen worden door IARC geklasseerd als kankerverwekkend voor de mens (groep 1) en draagt onder meer bij tot het risico op longkanker.

Bij de mens werden bij verhoogde cadmium concentraties in urine verstoorde nierwerking, verstoorde botvorming, verhoogde bloeddruk waargenomen.

In proefdieren werden ontwikkelingsstoornissen en geboortefwijkingen geassocieerd met verhoogde cadmium concentraties. Cadmium veroorzaakt ook effecten op het afweersysteem in proefdieren. In proefdier- en *in vitro* testen lijkt cadmium onvruchtbaarheid bij mannen te veroorzaken door beschadiging van de testes (Siu et al., 2009).

Cadmium heeft hormoonverstorende eigenschappen waardoor het een effect heeft op verschillende hormoonbalansen, o.a. geslachtshormonen en thyroid-hormonen (risico evaluaties ECB,2003; Schoeters et al, 2006; S.V.S. Rana, 2014).

Recent onderzoek toont dat, in de U.S.A., urinaire cadmium concentraties van 1 microgram cadmium per gram creatinine reeds gepaard gaan met waarneembare effecten op de nieren en met een stijging van het risico op een verlaagde calcium concentratie in de beenderen.

De belangrijkste bezorgdheden voor de gezondheid zijn wellicht de verstoring van de nierfunctie, stijgen van de bloeddruk en het gestegen risico op kanker. Algemeen wordt aanvaard dat urinaire concentraties vanaf 4 µg/g creatinine ten gevolge van levenslange blootstelling nierschade veroorzaken bij de algemene bevolking. De gehalten kunnen lager liggen bij gevoelige groepen.

**Hoog blootgestelde groep(en):**

---

Arbeiders in sommige takken van de metaalindustrie, in de productie van nikkel-cadmium batterijen, in sommige verf en plastic fabrieken, mijnwerkers. Ook het gebruik van meststoffen geproduceerd met gebruik van fosfaat ertsen kan leiden tot verhoogde blootstelling.

## Zwaar metaal – Cadmium

Inwoners van streken met historische bodemvervuiling, nabij non-ferro smelters of vervuild door de uitstoot van door meststoffen geproduceerd met gebruik van fosfaat ertsen.

### Gevoelige groepen:

---

Jonge kinderen

### Persistentie (halfwaardetijd in de mens):

---

Nieren/urine: 10-40 jaar (ATSDR, 1999; Diamond et al., 2003; Nogue et al., 2004))

De biologische halfwaarde-tijd is 1-3 maanden in bloed en 10-100 jaar in het hele lichaam (TDR, 1999).

### Perinatale blootstelling? (placenta/moedermelk)

---

Wordt in belangrijke mate tegengehouden door de placenta (waarden in navelstrengbloed zijn 10- 50% van deze in matернаal bloed (ECB, 2003; Butler Walker et al., 2006; Guan et al., 2010). Concentraties in moedermelk zijn meer dan 2 maal hoger dan in serum van de moeder (Rossipal et al, 2007).

### Richtwaarden voor interne blootstelling:

---

- Bloed: < 1 µg/l (Wilhelm et al., 2004)
- Bloed: 1.7 µg/L Biomonitoringsequivalent afgeleid voor de ganse populatie (Hays et al, 2008)
- Moedermelk: < 5 µg/l (Abadin et al., 1997)
- Urine: de referentiewaarden (richtwaarden) van de Duitse “Human Biomonitoring Commission” voor Cadmium in urine bij kinderen en adolescenten bedragen 0.5 µg/L (HBM1 waarde) en 2 µg/L (HBM2 waarde) (Schulz et al., 2011) Voor volwassenen bedragen deze waarden 1 µg/L (HBM1) en 4 µg/L (HBM 2 waarde) (Schultz et a, 2011)

### Wetgevend kader:

---

Europese regelgeving betreft elektronische apparatuur, speelgoed, kleurstoffen voor toevoeging aan levensmiddelen, levensmiddeladditieven, drinkwater, verf, oppervlaktewater, lozing uit afvalverbrandingsinstallaties, lucht, bodems en landbouwgrond (met annexen van regionale overheden). Ook heeft de Vlaamse overheid streefdoelen gesteld voor cadmium in de bodem en in grondwater en normen uitgevaardigd voor cadmium in voedingsmiddelen.

## Zwaar metaal – Cadmium

### Vergelijkende metingen:

Reeds gemeten waarden in Vlaanderen:

Leeftijdsgroep	Geslacht	Matrix	Waarde	Jaar
18-88	m	bloed	1,0 µg/l <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
18-88	v	bloed	0,8 µg/l <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
18-88	m	urine	0,9 µg/24h <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
18-88	v	urine	0,8 µg/24h <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
20-83	m	bloed	1,22 µg/l <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
20-83	v	bloed	1,34 µg/l <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
20-83	m	urine	1,0 µg/24h <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
20-83	v	urine	0,9 µg/24h <sup>a</sup>	1992 <sup>1</sup>
20-87	m/v	bloed	1,2 µg/l <sup>a</sup>	1994 <sup>1</sup>
20-65	m/v	bloed	0,6 µg/l <sup>a</sup>	1997 <sup>1</sup>
16-17	m/v	bloed	0,14 µg/l	1999 <sup>2</sup>
50-65	v	bloed	0,63 µg/l	1999 <sup>2</sup>
50-65	v	urine	0,79 µg/g crt	1999 <sup>2</sup>
Pasgeborenen		navelstrengbloed	0,21 µg/l	'02-'04 <sup>3</sup>
14-15	m/v	bloed	0,36 µg/l	'03-'04 <sup>3</sup>
50-65	m/v	bloed	0,42 µg/l	'04-'05 <sup>3</sup>
50-65	m/v	urine	0,62 µg/g crt	'04-'05 <sup>3</sup>
Pasgeborenen	m/v	bloed	0,073 µg/l	'08-'09 <sup>5</sup>
14-15	m/v	bloed	0,210 µg/l	'08-'09 <sup>5</sup>
moeders	v	bloed	0,312 µg/l	'08-'09 <sup>5</sup>
Volwassenen	v	urine	0,22 µg/g crt	'08-'09 <sup>5</sup>
18-80	v	urine	0,22 µg/l <sup>a</sup>	2011 <sup>4</sup>
Pasgeborenen	m/v	bloed	0,021 µg/l <sup>a</sup>	'12-'16 <sup>6</sup>
50-65	m/v	urine	0,541 µg/l <sup>a</sup> 0,40 µg/g crt	'12-'16 <sup>6</sup>
14-15	m/v	bloed	0,206 µg/l <sup>a</sup>	'12-'16 <sup>6</sup>

<sup>a</sup> Belgische waarden, geometrische gemiddelde; <sup>1</sup> uit ECB (2003); <sup>2</sup> Koppen et al., 2001; <sup>3</sup> Steunpunt Milieu & Gezondheid, 2006; <sup>4</sup>Hoet et al. (2013); <sup>5</sup> FLEHS II Vrijens et al. (2014); <sup>6</sup> FLEHS III De Craemer et al., 2017

## Zwaar metaal – Cadmium

Internationale vergelijking:

Leeftijdsgroep	Geslacht	Matrix	Waarde <sup>a</sup>	Jaar	Land
Jongeren		bloed	0,76 µg/l	2000	Polen <sup>6</sup>
5,5-7,7		bloed	0,11 µg/l	2000	Duitsland <sup>5</sup>
5,5-7,7		urine	0,09 µg/l	2000	Duitsland <sup>5</sup>
Pasgeborenen		navelstrengbl	0,19 nmol/l	2000	Zweden
Moeders	v	placenta	46 nmol/kg	2000	Zweden
Pasgeborenen		navelstrengbl	0,28 µg/l	2001	Polen <sup>6</sup>
Jongeren		bloed	0,9 µg/l	2001	Slovakije <sup>6</sup>
>20	m/v	urine	0,261 µg/g crt	'01-'02	USA <sup>6</sup>
Pasgeborenen		navelstrengbl	0,13 µg/l	2002	Italië <sup>6</sup>
Jongeren		bloed	0,49 µg/l	2003	Frankrijk <sup>6</sup>
Moeders	v	moedermelk	0,43 µg/kg	<2005	Slovakije <sup>2</sup>
18-74	m/v	urine	0,29 µg/l	'06-07	Frankrijk <sup>7</sup>
6-12	m/v	bloed	0,22 µg/l	2007	Marroko <sup>8</sup>
>20	m/v	bloed	0,358 µg/l	'07-08	USA <sup>9</sup>
>20	m/v	urine	0,24 µg/g crt	'07-'08	USA <sup>9</sup>
13-15	m/v	bloed	0,26 µg/l	2008	Italië <sup>8</sup>
20-34	m/v	bloed	0,180 µg/l	<2010	Italië <sup>11</sup>
30-49	m/v	bloed	0,180 µg/l	<2010	Italië <sup>11</sup>
50-64	m/v	bloed	0,300 µg/l	<2010	Italië <sup>11</sup>
18-69	m/v	urine	0,9 µg/g crt	2013	UK <sup>10</sup>

Leeftijdsgroep	Geslacht	Matrix	Waarde <sup>a</sup>	Jaar	Land
3-14	m/v	urine	0,08 µg/l <sup>b</sup>	2009	Duitsland <sup>12</sup>
3-14	m/v	bloed	<0,12 µg/l <sup>b</sup>	2009	Duitsland <sup>12</sup>
Pasgeborenen	m/v	navelstrengbl	0,27 µg/l	2003-2004	Spanje <sup>15</sup>
Pasgeborenen	m/v	navelstrengbl	0,78 µg/l	2005-2006	Saudi Arabië <sup>16</sup>
Pasgeborenen	m/v	navelstrengbl	0,32 µg/l	2006-2007	China <sup>17</sup>
Pasgeborenen	m/v	navelstrengbl	0,7 µg/l	2003	France <sup>18</sup>
11-19	m/v	urine	0,0.055µg/L	2015-2016	USA <sup>19</sup>

## Zwaar metaal – Cadmium

11-19 yrs	m/v	Urine	0.052 µg/ g creatinine	2015-2016	USA
11-19 yrs	m/v	Bloed	0,133µg/L	2015-2016	USA
3-79 jaar	m/v	Bloed	0.31 (µg/L)	2014-2015	Canada
18-65 jaar	m/v	Urine	0.28 µg/l	2016	<a href="#">Spain</a>

<sup>a</sup>Geometrisch gemiddelde tenzij anders aangegeven; <sup>b</sup>mediaan

<sup>1</sup> uit ECB (2003); <sup>2</sup> Ursinyova & Masanova (2005); <sup>3</sup> Hallén et al., 1995; <sup>4</sup> Dabeka et al., 1986; <sup>5</sup> Wilhelm et al., 2005; <sup>6</sup> uit M&G; <sup>7</sup>Fréry et al. (2011), <sup>8</sup>Laamech et al (2014); <sup>9</sup>CDC (2012); <sup>10</sup>Bevan et al., 2013; <sup>11</sup>De Felip et al., (2014); <sup>12</sup>(Schulz et al., 2009); <sup>13</sup> CDC, 2015; <sup>14</sup>Butler Walker et al., 2006; <sup>15</sup>García-Esquinas et al., 2013; <sup>16</sup>Al-Saleh et al., 2011; <sup>17</sup>Wang et al., 2008; <sup>18</sup>Abdelouahab et al., 2010; <sup>19</sup> USA National Health and Nutrition Examination Survey, [Health Canada](#).

Interessant is dat volwassena die deelnamen aan de National Health and Nutrition Examination Survey (USA) in de periode 1999-2004 31 % minder cadmium in de urine hadden dan deze die deelnamen aan meetcampagne 1988-94 (Ruiz-Hernandez et al., 2017).

Volgens het “Scoping Document” van het Europese project HBM4EU bedraagt de urinaire cadmium excretie in Europese of Noord-Amerikaanse volwassena gemiddeld 0.5-1.0 µg Cd/day met bloedconcentraties van 0.5-1.0 µgCd/L voor niet-rokers

(voor rokers zijn de waarden ongeveer het dubbele). Onder de landen die deelnamen aan de DEMOCOPHES studie, waren de cadmium concentraties duidelijk het hoogst in Polen (met een geometrisch gemiddelde 0.42 µg/g creatinine en een P90 van 1.29 µg/g creatinine in rokende vrouwen, en respectievelijk 0.36 µg/g creatinine en een P90 of 0.83 µg/g creatinine in niet-rokende vrouwen). De belangrijkste reden voor deze hoge waarden zou kunnen berusten in het gebruik door Poolse landbouwers van meststoffen met een hoog cadmiumgehalte (Berglund et al., 2014).

**Korte samenvatting:** in Vlaanderen is de inwendige blootstelling aan cadmium eerder hoger dan in de meeste andere westerse landen, maar is aanzienlijk gedaald sinds de jaren 1990.

## Zwaar metaal – Cadmium

### Referenties

- Abdelouahab, N., Huel, G., Suvorov, A., Foliguet, B., Goua, V., Debotte, G., ... Takser, L. (2010). Monoamine oxidase activity in placenta in relation to manganese, cadmium, lead, and mercury at delivery. *Neurotoxicology and Teratology*, 32(2), 256–261.
- Abadin, H.G., Hibbs, B.F. & H.R. Pohl (1997) Breast-feeding exposure of infants to cadmium, lead and mercury: a public health viewpoint. *Toxicol. Ind. Health* 13(4): 495-517.
- Al-Saleh, I., Shinwari, N., Mashhour, A., Mohamed, G. E. D., & Rabah, A. (2011). Heavy metals (lead, cadmium and mercury) in maternal, cord blood and placenta of healthy women. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(2), 79–101.
- ATSDR. (2012). TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CHROMIUM. U.S. Department of Health and Human Services, Georgia.
- Bevan, R., Jones, K., Cocker, J., Assem, F. L., & Levy, L. S. Reference ranges for key biomarkers of chemical exposure within the UK population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(2), 170–4 (2013)
- Bierkens, J., B. De Raeymaecker, C. Cornelis, R. Hooghe, G. Schoeters, S. Verbeiren (2006) Voorstel voor herziening bodemsaneringsnormen cadmium. Eindrapport. Vitorapport
- Buchet, J.P., Lauwerys, R., Vandevoorde, A., Pycke, J.M. (1983). Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: a duplicate meal study. *Food Chem. Toxicol.*, 21(1): 19-24.
- Butler Walker, J., Houseman, J., Seddon, L., McMullen, E., Tofflemire, K., Mills, C., ... Van Oostdam, J.. Maternal and umbilical cord blood levels of mercury, lead, cadmium, and essential trace elements in Arctic Canada. *Environmental Research*, 100(3), 295–318 (2006)
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta (2012).
- Centers for Disease control and Prevention (CDC). (2015). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, updated tables 2015.
- Dabeka, R.W., Karpinski, K.F., McKenzie, A.D. & C.D. Bajdik (1986) Survey of lead, cadmium and fluoride in human milk and correlation of levels with environmental and food factors. *Food Chem. Toxicol.* 24(9): 913-921.
- De Craemer Sam, Kim Croes , Nicolas van Larebeke , Stefaan De Henauf , Greet Schoeters , Eva Govarts d,Ilse Loots , TimNawrot , Vera Nelen, Elly Den Hond , Liesbeth Bruckers , Yue Gao,Willy Baeyens. 2017. Metals, hormones and sexual maturation in Flemish adolescents in three cross-sectional studies (2002–2015) *Environment International* 102 (2017) 190–199
- De Felip, E., Bianchi, F., Bove, C., Cori, L., D'Argenzio, A., D'Orsi, G., ... di Domenico, A. (2014). Priority persistent contaminants in people dwelling in critical areas of Campania Region, Italy (SEBIOREC biomonitoring study). *The Science of the Total Environment*, 487, 420–35.



## Zwaar metaal – Cadmium

- Deelstra, H., Massart, D.L., Van Peteghem, C. (1996). Een actiegericht food monitoring programma. Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden, Impuls Programma: Gezondheidsrisico i.v.m. voeding (1990-1995).
- DG Health and Consumer Protection (2004) Assessment of dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States. Reports on tasks for scientific cooperation Task 3,2,11.
- European Chemicals Bureau (2003) Risk assessment cadmium. Final Draft July 2003. EC (1997). European Commission. Food, Science and Techniques. Reports on tasks for scientific cooperation. Report of experts participating in Task 3,2,4. Dietary exposure to cadmium. Report EUR 17527 EN.
- ECHA (European Chemicals Agency) (2013). Support document for identification of cadmium as a substance of very high concern because of its cmr1 properties and because of its adverse effects on kidney and bone tissues after prolonged exposure, which cause probable serious effects to human health which give rise to an equivalent level of concern to those of cmr and pbt/vpnb substances.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2009). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. The EFSA Journal, 980, 1–139.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. EFSA Journal 2011;9(2):1975
- EFSA (European Food Safety Authority) (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. EFSA Journal 2012;10(1):2551.
- N. Frery, A. Saoudi, R. Garnier, A. Zeghnoun, G. Falq. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice (2011).
- Garcia-Esquinas, E., Perez-Gomez, B., Fernandez-Navarro, P., Fernandez, M. A., de Paz, C., Perez-Meixeira, A. M., ... Aragones, N. (2013). Lead, mercury and cadmium in umbilical cord blood and its association with parental epidemiological variables and birth factors. BMC Public Health, 13(SEPTEMBER), 841.
- Guan, H., Piao, F.-Y., Li, X.-W., Li, Q.-J., Xu, L., & Yokoyama, K. Maternal and fetal exposure to four carcinogenic environmental metals. Biomedical and Environmental Sciences : BES, 23(6), 458–65 (2010)
- Hallen, I.P., Jorhem, L., Lagerkvist, B.J. & A. Oskarsson (1995) Lead and cadmium levels in human milk and blood. Sci. Total Environ. 166: 149-155.
- Hoet, P., C. Jacquerye, G. Deumer, D. Lison, V. Haufroid. Reference value and upper reference limits for 26 trace elements in the urine of adults living in Belgium. Clin Chem Lab Med, 51, pp. 839–849 (2013)
- JECFA (2004) Cadmium. WHO food additives series 52.  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je22.htm>
- JECFA (2013) Cadmium. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JEFCA)

## Zwaar metaal – Cadmium

- KB (2002) Koninklijk Besluit van 11 maart 2002 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van chemische agentia op het werk. (B.S. 14,3,2002, Ed. 2; erratum: B.S. 26,6,2002, Ed. 2)
- Keml (2011) Kadmiumhalten maste minska–for folkhalsans skull. Rapport Nr 1/11. Bilaga 3. Health effects of cadmium in Sweden.
- Koppen G, Covaci A, Van Cleuvenbergen R, Schepens P, Winneke G, Nelen V., Schoeters Greet. (2001) Comparison of CALUX-TEQ values with PCB and PCDD/F measurements in human serum of the Flanders Environmental and Health Study (FLEHS), *Toxicology Letters* 123, 59-67.
- Laamech, J., Bernard, A., Dumont, X., Benazzouz, B., & Lyoussi, B.. Blood lead, cadmium and mercury among children from urban, industrial and rural areas of Fez Boulemane Region (Morocco): relevant factors and early renal effects. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(4), 641–59 (2014)
- Lauwerys, R.R. & P. Hoet (2001) *Industrial Chemical Exposure: guidelines for biological monitoring*. Third edition. Lewis Publishers, Washington D.C
- T. NAWROT<sup>1</sup>, H.A. ROELS<sup>1</sup>, L. THIJSS<sup>1</sup>, J. VANGRONSVELD<sup>1</sup>, T. RICHART<sup>1</sup>, E. VAN HECKE<sup>1</sup>, J.A. STAESSEN<sup>1,2</sup>: Longkankerrisico en blootstelling aan cadmium via het milieu: antwoord op de kritiek met toetsing van de causaliteit. *Tijdschr. voor Geneeskunde*, 63, nr. 2-3, 2007
- Nogue, S., Sanz-Gallen, P., Torras, A. & F. Boluda (2004) Chronic overexposure to cadmium fumes associated with IgA mesangial glomerulonephritis. *Occupational Medicine* 54: 265-267.
- Nordberg A.F. and M. Nordberg, in *Biological Monitoring of Toxic Metals*, ed. T. W.Clarkson, L. Friberg, G. F. Nordberg and P. R. Sager, Plenum Press, New York, 1988, p.161.
- Pirard, C., Koppen, G., De Cremer, K., Van Overmeire, I., Govarts, E., Dewolf, M.-C., ... Charlier, C.. Hair mercury and urinary cadmium levels in Belgian children and their mothers within the framework of the COPHES/DEMOCOPHES projects. *The Science of the Total Environment*, 472, 730–40 (2014)
- Rossipal, E., Krachler, M., Li, F., & Micetic-Turk, D. Investigation of the transport of trace elements across barriers in humans: studies of placental and mammary transfer. *Acta Paediatrica*, 89(10), 1190–1195 (2007)
- A. Ruiz-Hernandez, A. Navas-Acien, R. Pastor-Barriuso, C. M. Crainiceanu, J. Redon, E. Guallar, and M. Tellez-Plaza. Declining exposures to lead and cadmium contribute to explaining the reduction of cardiovascular mortality in the US population, 1988-2004. *Int.J.Epidemiol.* 46 (6):1903-1912, 2017.
- Schoeters G, Elly Den Hond, Moniek Zuurbier, Rima Naginiene, Peter Van Den Hazel, Nikos Stilianakis, Roberto Ronchetti , Janna Koppe , Cadmium and children: exposure and health effects, *Acta Paediatrica. Supplement, Volume 95, Issue 453, 50-54* (2006)
- Schulz, C., Angerer, J., Ewers, U., Heudorf, U., & Wilhelm, M. (2009). Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German environmental survey on children 2003-2006 (GerES IV). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(6), 637–47.

## Zwaar metaal – Cadmium

- Schulz, C., Wilhelm, M., Heudorf, U., Kolossa-Gehring, M., & Human Biomonitoring Commission of the German Federal Environment Agency. (2011). Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215(1), 26–35.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.06.007>
- Steunpunt Milieu en Gezondheid (2006) Vlaams Humaan Biomonitoringprogramma, Milieu en Gezondheid 2002-2006.
- Rana, S. V. S. Perspectives in endocrine toxicity of heavy metals--a review. *Biological Trace Element Research*, 160(1), 1–14 (2014)
- TDR Ryan RP, Terry CE, Leffingwell SS (eds). *Toxicology Desk Reference: The Toxic Exposure and Medical Monitoring Index*, 5th Ed. Washington DC: Taylor & Francis, 1999.
- Ursinyova, M. & V. Masanova (2005) Cadmium, lead and mercury in human milk from Slovakia. *Food Addit. Contam.* 22(6): 579-589.
- Van Cauwenbergh, R., Bosscher, D., Robberecht, H., Deelstra, H. (2000). Daily dietary cadmium intake in Belgium using duplicate portion sampling. *Eur. Food Res. Technol.*, 212: 13-16.
- Vlaamse regering (2002) Besluit van de Vlaamse regering van 13 december 2002 houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie (BS,28.I,2003).
- Vrijens Jan; Martine Leermakers; Michel Stalpaert; Greet Schoeters; Elly Den Hond; Liesbeth Bruckers; Ann Colles; Vera Nelen; Els Van Den Mieroop; Nicolas Van Larebeke; Ilse Loots; Willy Baeyens 2014. Trace metal concentrations measured in blood and urine of adolescents in Flanders, Belgium: reference population and case studies Genk-Zuid and Menen. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* ISSN 1438-4639 - 217:4-5(2014), p. 515-527.
- Vromman, V., Waegeneers, N., Cornelis, C., De Boosere, I., Van Holderbeke, M., Vinkx, C., ... Pussemier, L. (2010). Dietary cadmium intake by the Belgian adult population. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27(12), 1665–1673.  
<https://doi.org/10.1080/19440049.2010.525752>
- Wang, P., Tian, Y., Shi, R., Zou, X., Gao, Y., Wang, M., ... Yan, C. (2008). [Study on maternal-fetal status of Pb, As, Cd, Mn and Zn elements and the influence factors]. *Zhonghua yu fang yi xue za zhi* [Chinese journal of preventive medicine], 42(10), 722–6
- WHO (2006) Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joined FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 930, World Health Organisation, Geneva.
- Wilhelm, M., Eberwein, G., Holzer, J., Begerow, J., Sugiri, D., Gladtko, D. & U. Ranft (2005) Human biomonitoring of cadmium and lead exposure of child-mother pairs from Germany living in the vicinity of industrial sources (hot spot study NRW). *J. Trace Elem. Med. Biol.* 19(1): 83-90.
- WIV (Wetenschappelijk instituut volksgezondheid) (2004) Nationale voedselconsumptiepeiling.  
<https://www.wiv-isp.be/epidemie/epiNL/index5.htm>