

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

Laatste update: 09/2019, Toxicologisch Centrum, Universiteit Antwerpen

Biomerkers, matrix en blootstellingstermijn die wordt gemeten:

Polygebromeerde difenylethers (congeneren BDE-28, -47, -66, -99, -100, -153, -154, -183, -209) zijn vlamvertragers aanwezig in onder andere textiel, meubels, plastics en elektrische en elektronische apparatuur (tv, computer, kabels, etc).

Ze kunnen gemeten worden in serum, bloed, plasma en moedermelk.

De gemeten gehalten in serum weerspiegelen de blootstelling aan PBDEs gedurende de laatste maanden.

Wat zijn PBDEs? Wat zijn de toepassingsgebieden?

Vlamvertragers zijn chemische stoffen of mengsels van chemische stoffen die aan producten toegevoegd worden om de ontvlambaarheid te verminderen en dus de veiligheid van het product te verbeteren. Sommige vlamvertragers zijn chemisch gebonden aan het materiaal van het product, andere zijn additieven (niet-chemisch gebonden) en kunnen dus makkelijk uit het product lekken. Er zijn drie belangrijke klassen van synthetische organische vlamvertragers: chemische stoffen met broom (Br), chloor (Cl), fosfaat (P). Deze factsheet gaat specifiek over de gebromeerde difenylethers (polybrominated diphenylethers, PBDEs).

PBDEs worden wijdverspreid gebruikt in consumentenproducten en bouwmaterialen. Ze komen onder meer voor in elektrische en elektronische apparatuur (TV, computer), textiel, meubels (meer bepaald in het polyurethaan schuim), auto's en andere voertuigen, tapijten, isolatiemateriaal, vloeren,... De hoeveelheid en het type van vlamvertragers kan per product verschillen, maar concentraties zijn meestal rond de $\mu\text{g/g}$ in stof terug te vinden (Covaci. et al. 2005, de Wit et al. 2002).

Verwachte blootstellingswegen naar de mens:

De mens kan op verschillende manieren blootgesteld worden aan PBDEs: via inademing, via inname van voeding of binnenhuisstof (aangezien PBDEs uit de producten en materialen kunnen migreren tot in het milieu), en via de huid (onder meer door direct contact met producten waarin PBDEs verwerkt zitten). In het algemeen is de humane blootstelling aan PBDEs lager in Europa ten opzichte van Noord-Amerika (Hites et al. 2004).

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

Adviezen om blootstelling aan PBDEs te beperken:

- Vervang oudere producten en zorg ervoor dat nieuwe meubels/televisies/computers/... vrij zijn van PBDEs
- Regelmatig handen wassen (om ervoor te zorgen dat stof niet aan de handen of voeding blijft plakken)
- Regelmatig het huis schoonmaken met natte dweil of HEPA stofzuiger (om ervoor te zorgen dat stofdeeltjes verwijderd en niet ingenomen kunnen worden)
- Vermijd het eten van gekweekte (vette) vis (deze kunnen hogere concentraties van PBDEs bevatten)
- Vermijd het eten van vetrijke voeding

(ATSDR 2017)

Mogelijke Gezondheidsrisico's:

Blootstelling aan PBDEs kan mogelijks tot schadelijke gezondheidseffecten leiden bij de mens. Ze zijn onder meer neurotoxisch, hormoonverstorend en kankerverwekkend.

Bij proefdieren zijn de volgende gezondheidseffecten vastgesteld: gedragsveranderingen en schade aan hun voortplantingsstelsel bij blootstelling tijdens vroege ontwikkeling, lever en schildklier effecten, effecten op het immuunsysteem en huidirritatie. Bij humane studies is er ook een verband aangetoond met veranderde neuro-ontwikkeling.

Het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek (IARC) heeft PBDE geclassificeerd als een carcinogeen van groep 3 (niet classificeerbaar met betrekking tot de carcinogeniteit voor mensen) op basis van onvoldoende bewijs van carcinogeniteit bij mensen en onvoldoende of beperkt bewijs bij proefdieren.

Bronnen: EFSA 2011; <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1449&tid=183>

Hoog blootgestelde groep(en):

Algemene bevolking, consumenten, baby's die borstvoeding krijgen

Persistentie (halfwaardetijd in de mens):

Hoe meer broom-atomen, hoe korter de halfwaardetijd

Halfwaardetijd in arbeiders

- Penta-BDE: maanden tot jaren (ECB, 2000)
- Octa-BDE: 37-91 dagen (Thuresson, 2005)

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

- Deca-BDE: 11-18 dagen (Thuresson, 2005)

Perinatale blootstelling? (Placenta/moedermelk)

Kunnen door de placentabarrière, komt voor in de moederkoek en is aanwezig in moedermelk.

Richtwaarden voor interne blootstelling:

Richtlijn (biomonitoring equivalent) voor BDE99: 520 ng/g vet (Krishnan et al. 2011; gebaseerd op Referentie dosis van U.S. EPA 2008)

Voor de andere PBDEs zijn geen biomonitoring equivalenten beschikbaar, wel berekende EFSA een *body burden*-waarde voor BDE47 (232 µg/kg lg), BDE99 (9 µg/kg lg), en BDE153 (62 µg/kg lg)

Bronnen: EFSA 2011; Krishnan et al. 2011

Wetgevend kader:

Omwille van hun persistentie, toxiciteit en bioaccumulerend vermogen zijn PBDEs toegevoegd aan de Stockholm Conventie voor Persistente Organische Polluenten. Deca-BDE (ook wel BDE-209) werd meest recentelijk toegevoegd in 2017. Door deze regelgeving zijn PBDEs zowel in Europa als internationaal beperkt in gebruik.

Richtlijn 2003/11/EG: weert gebruik van penta- en octa-BDE in alle verbruiksgoederen vanaf 15 augustus 2004

Richtlijn 2002/95/EG: aanwezigheid van alle PBDE's verboden in elektronische apparatuur vanaf 1 juli 2006, met uitzondering van deca-BDE. Er is regelgeving voor de beperking van het gebruik en de productie van deca-BDE.

Classificatie:

- Penta-BDE: R64: schadelijk voor baby's die borstvoeding krijgen
R48/21/22: gevaarlijk voor de gezondheid bij langdurige blootstelling via huid of oraal
- Octa-BDE: Reproductief toxicant Categorie 2 R61: kan schade veroorzaken aan ongeboren kind
Reproductief toxicant Categorie 3 R62: mogelijke risico op verminderde vruchtbaarheid

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

Vergelijkende metingen:

Reeds gemeten waarden in Vlaanderen/België:

Reeds gemeten waarden in Vlaanderen:

Leeftijdsgroep	geslacht	matrix		waarde	jaar
ng	ng	serum	PBDE 28	0.1	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 47	1.2	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 99	0.4	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 100	0.4	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 153	1.7	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 183	0.2	'99-'04 ^a
ng	ng	serum	PBDE 209	13.8	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 28	0.05	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 47	1.2	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 99	0.4	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 100	0.1	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 153	0.6	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 183	0.1	'99-'04 ^a
pasgeborenen		navelstrengserum	PBDE 209	21.3	'99-'04 ^a
26-28	v	moedermelk	som	2.9	'00-'01 ^b
18-30	v	moedermelk	som	2.0	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 15	0.03	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 17	<0.0019	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 28	0.065	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 47	0.893	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 66	<0.0045	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 71	<0.0038	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 75	<0.0048	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 77	<0.028	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 85	0.017	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 99	0.224	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 100	0.212	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 119	<0.0024	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 138	<0.0017	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 153	0.492	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 154	0.021	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 183	0.051	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 190	<0.0048	2006 ^c
18-30	v	moedermelk	PBDE 209	na	2006 ^c

^a Covaci & Voorspoels, 2005, ^b Kotz, 2006, ^c Nationale Cel Leefmilieu en Gezondheid, 2007

Jongeren (14-15) STP M&G 2

BDE472,47 ng/L; 0,56 ng/g vet

BDE153 2,27 ng/L; 0,52 ng/g vet

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

Internationale vergelijking:

Internationale vergelijking:

leeftijdsgroep	geslacht	matrix	waarde	jaar	land
moeders	v	moedermelk	1.7 ng/g vet ²	1992	Duitsland ^a
moeders	v	moedermelk	1.6 ng/g vet ²	'94-'98	Finland ^a
moeders	v	moedermelk	3.2 ng/g vet ²	'96-'99	Zweden ^b
moeders	v	moedermelk	3.3 ng/g vet ²	1998	Nederland ^a
26-28	v	moedermelk	2.9 ng/g vet ¹	'00-'01	België ^c
21-40	v	moedermelk	1.6-2.8 ng/g vet ³	'00-'01	Italië ^d
28-38	v	moedermelk	2.1 ng/g vet ⁶	'00-'01	Zweden ^e
moeders	v	moedermelk	2.9 ng/g vet ²	'00-'01	Zweden ^b
moeders	v	moedermelk	1.6 ng/g vet ²	2001	Noorwegen ^a
25-35	v	moedermelk	2.4 ng/g vet ⁴	2002	Spanje ^f
24-34	v	moedermelk	6.6 ng/g vet ⁵	'01-'03	UK ^g
moeders	v	moedermelk	2.5 ng/g vet ⁷	2006	Polen ^h

¹ som congenere 28, 47, 100, 99, 154 en 153

² som x aantal congenere, gaande van 4 tot 11

³ som congenere 17, 28, 47, 66, 85, 99, 100, 138, 153, 154, 183

⁴ som 15 congenere

⁵ som congenere 17, 28, 32, 35, 37, 47, 49, 71, 75, 85, 99, 100, 119, 153, 154

⁶ som congenere 17, 28, 47, 66, 85, 99, 100, 153, 154, 183

⁷ som congenere 28, 47, 99, 100, 153, 183

^a Ryan, 2004, ^b Lind et al., 2003, ^c Pirard et al., 2003, ^d Ingelido et al., 2004, ^e Guvenius et al., 2003, ^f Schuhmacher et al., 2004, ^g Kalantzi et al., 2004, ^h Jaraczewska et al., 2006

Canada (2007-2009):

PBDE47:

- leeftijdsgroep 20-39: 10.33 µg/kg vet
- leeftijdsgroep 40-59: 9.95 µg/kg vet
- leeftijdsgroep 60-79: 9.70 µg/kg vet
- totaal: 10.04 µg/kg vet

Meer lezen over gebromeerde vlamvertragers:

<https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2017/04/Scoping-document-on-flame-retardants.pdf>

EFSA:

<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/brominated-flame-retardants>

Kemi:

<https://www.kemi.se/en/prio-start/chemicals-in-practical-use/substance-groups/brominated-flame-retardants>

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

Referenties

ATSDR 2017 <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp207-c1-b.pdf>

Covaci, A. & S. Voorspoels (2005) Optimization of the determination of polybrominated diphenyl ethers in human serum using solid-phase extraction and gas chromatography-electron capture negative ionisation mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 827: 216-223.

Covaci A, Gerecke AC, Law RJ, Voorspoels S, Kohler M, Heeb NV, Leslie H, Allchin CR, De Boer J. (2006) Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: a review. *Environ Sci Technol*. Jun 15;40(12):3679-88

de Wit, C.A. (2002) An overview of brominated flame retardants in the environment *Chemosphere*, Volume 46, Issue 5, February 2002, Pages 583-624

EFSA 2011: Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food

European Chemicals bureau Risk-Assessment Report Vol.05, August 2000 on: diphenyl ether, pentabromo derivative, CAS#: 32534-81-9, EINECS#: 251-084-2. Publication: EUR 19730 EN.

European Chemicals Bureau Risk-Assessment Report Vol.17, 2002 on: bis(pentabromophenyl) ether [decabromodiphenyl ether], CAS#: 1163-19-5, EINECS#: 214-604-9. Publication: EUR 20402 EN http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/penta_bdpereport015.pdf

European chemicals bureau Risk-Assessment Report Vol.16, 2003 on: diphenyl ether, octabromo derivative CAS#: 32536-52-0, EINECS#: 251-087-9. Publication: EUR 20403 EN

Guvenius, D.M., Aronsson, A., Ekman-Ordeberg, G., Bergman, A. & K. Norén (2003) Human prenatal and postnatal exposure to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, polychlorobiphenols and pentachlorophenol. *Environmental Health Perspectives* 111(9): 1235- 1241.

Hamers T, Kamstra JH, Sonneveld E, Murk AJ, Kester MH, Andersson PL, Legler J, Brouwer A. (2006) In vitro profiling of the endocrine-disrupting potency of brominated flame retardants *Toxicol Sci*. Jul;92(1):157-73

Hites, R. A. (2004). Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta-analysis of concentrations. *Environmental science & technology*, 38(4), 945-956.

Ingelido, A.M., Di Domenico, A., Ballard, T., De Felip, E., Dellatte, E., Ferri, F., Fulgenzi, A.R., Herrmann, T., Iacovella, N., Miniero, R., Papke, O. & M.G. Porpora (2004) Levels of polybrominated diphenyl ethers in milk from Italian women living in Rome and Venice. *Organohalogen Compounds*, 66: 2722-2727.

Jaraczewska, K., Lulek, J., Covaci, A., Voorspoels, S., Kaluba-Skotarczak, A., Drews, K. & P. Schepens (2006) Distribution of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides and polybrominated diphenyl ethers in human umbilical cord serum, maternal serum and milk from Wielkopolska region, Poland. *Science of the Total Environment*, 372 (1): 20-31.

Polygebromeerde difenylethers (PBDEs)

- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 930
EVALUATION OF CERTAIN FOOD CONTAMINANTS, A Sixty-fourth report of the Joint
FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_930_eng.pdf
- Kalantzi, O.I., Martin, F.L., Thomas, G.O., Alcock, R.E., Tang, H.R., Drury, S.C., Carmichael, P.L., Nicholson, J.K. & K.C. Jones (2004) Different levels of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and chlorinated compounds in breast milk from two U.K. regions. *Environmental Health Perspectives*, 112(10): 1085-1091.
- Krishnan, K., Adamou, T., Aylward, L. L., Hays, S. M., Kirman, C. R., & Nong, A. (2011). Biomonitoring Equivalents for 2, 2', 4, 4', 5-pentabromodiphenylether (PBDE-99). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 60(2), 165-171.
- Law, R., Allchin, C., de Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & C. de Wit, (2006) Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment *Chemosphere*, Volume 64, Issue 2, June 2006, Pages 187-208
- Lind, Y., Darnerud, P.O., Atuma, S., Aune, M., Becker, W., Bjerselius, R., Cnattingius, S. & A. Glynn (2003) polybrominated diphenyl ethers in breast milk from Uppsala County, Sweden. *Environmental Research*, 93(2): 186-194.
- Nationale Cel Leefmilieu en Gezondheid (2007) POP's in moedermelk: Belgische resultaten anno 2006. VITO-rapport: 2007/TOX/R/019.
- Pirard, C., De Pauw, E. & J.-F. Focant (2003) Levels of selected PBDEs and PCBs in Belgian human milk, *Organohalogen Compounds* 61: 263-266.
- Ryan, J.J. (2004) Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in human milk; occurrence worldwide. BFR 2004, Proceedings of the thirds international workshop on brominated flame retardants.
- Schuhmacher, M., Kiviranta, H., Vartiainen, T. & L.L. Domingo (2004) Concentrations of polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in breast milk of women from Catalonia, Spain. *Organohalogen Compounds* 66: 2560-2566.
- Sjödin, A., Patterson, D.G. & Å. Bergman (2003) A review on human exposure to brominated flame retardants—particularly polybrominated diphenyl ethers, *Environment International*, Volume 29(6): 829-839
- Thuresson, K., Höglund, P., Hagmar, L., Sjödin, A., Bergman, A. & K. Jakobsson (2005) Apparent Half-Lives of Hepta- to Decabrominated Diphenyl Ethers in Human Serum as Determined in Occupationally Exposed Workers. *Env Health Perspectives* 8350