

Paper and board packaging, are they sources of lead and arsenic?

Paper is light, cheap, easy to use and to discard or recycle, and quite environmentally friendly. Paper and board are highly versatile materials frequently used to package foods. Paper packaging can e.g. be made of parchment paper or have the shape of bags to package loose foods. Cardboard is commonly used for liquid and dry foods, frozen foods as well as for fast food. Corrugated board finds broad application in direct contact with food (e.g. pizza, cake and pastry boxes) as well as in secondary packaging. It is often assumed that chemical migration is unlikely because paper is mostly used to package dry foodstuffs. An unfounded assumption, however [Park et al. 2018].

Quite a lot of previous studies raised already concerns regarding the presence of toxic heavy metals when recycled paper is used in food packaging products [Castle et al. 1997; Conti 1997; Kim et al. 2008; van Putten 2011; Mertoğlu-Elmas & Çinar 2018]. The process of paper recycling involves the use of chemical additives to improve the paper's surface, colour, and printing properties. They include, in particular, metals such as lead (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), zinc (Zn) etc. [Castle et al. 1997; Ginebreda et al. 2012]. Moreover, there are good reasons to assume that virgin paper contains metals too, but in much lower concentrations [Conti & Botré 1997; Boni et al. 2004; Monte et al. 2009].

Several earlier migration studies used modified polyphenylene oxide (TENAX®) as a food simulant to evaluate the transfer of volatile chemicals — e.g. bisphenols and phthalates — from paper and paperboard to dry foodstuffs [Suciu et al. 2013 and references herein]. However, migration of heavy metals from paper or board into liquid food simulants has rarely been reported. Park et al. [2018] studied concentrations of Pb and As in food as a result of the migration from food contact paper into a liquid food simulant; in this case, diluted acetic acid.

Migration tests were performed at 25 C for 10 minutes and at 95 C for 30 minutes. The former conditions reflected room temperature use, the latter reflected a worst case [Park et al. 2018]. Typical food simulants include acetic acid (v:v 3 %) as well as ethanol solutions and olive oil. Acetic acid (3 %, and sometimes 4 %) is the proper simulant because Pb and As do not have favourable solubility in other food simulants. Concentrations of Pb and As in the food simulant were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry.

The migration of Pb from food contact paper ranged from not detected (ND) to 17.5 $\mu\text{g L}^{-1}$ at 25 C for 10 min and from 0.10 to 25.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ at 95 C for 30 min, respectively. And As concentrations ranged from ND to 0.44 $\mu\text{g L}^{-1}$ at 25 C for 10 min and from ND to 0.87 $\mu\text{g L}^{-1}$ at 95 C for 30 min. The migration

of Pb and As determined in the Park et al. [2018] study confirm that the human exposure due to migration from food contact materials (FCM) was within safe levels. This was shown by a comparison of the estimated daily intakes with the provisional tolerable weekly intakes of $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ body weight for Pb and of $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ body weight.

Good news, isn't it! Some nuance is required though, since FCM are not the only sources of heavy metals in our foods and drinks. Elevated Pb concentrations in drinking water still occur. In April 2014, for example, the postindustrial city of Flint changed its water supply from Detroit-supplied Lake Huron water to the Flint River as a temporary measure, awaiting a new pipeline to Lake Huron in 2016. The percentage of children with elevated blood lead levels increased after water source change, particularly in socioeconomically disadvantaged neighborhoods [Hanna-Attisha et al. 2016]. Humans are also exposed to this toxic arsenic primarily from air, food, and water [Taylor et al. 2017; Antoniadis et al. 2019]. Groundwater contamination by As is a serious threat to mankind all over the world. Additionally, it can enter food chain causing wide spread distribution throughout the plant and animal realms [Mandal & Suzuki 2002].

The issue of exposure to chemical elements from FCM is often linked to other sources [Bolle 2013]. Although the food source is very often predominant, it has been shown that sources, such as soils and dust, may be considerable and may contribute to additional exposures that sometimes lead to exceedances of the tolerable dose.

On top of other sources of metal contaminations there are plenty of organic chemicals migrating from the packaging materials. Highly complex mixtures are ending up in our foods and drinks. Granted, it is very appropriate to monitor the metal contents in our food. But when it comes to mapping out a plan to combat the growing disease numbers caused by chemical pollutants, contaminant cocktails are still not receiving due attention. This myopic approach fails to take stock of the strong scientific evidence.

References:

- Antoniadis et al. [2019]. Soil and maize contamination by trace elements and associated health risk assessment in the industrial area of Volos, Greece, *Environment International* 124, 79 – 88
- Bolle [2013]. *L'impact des matériaux utilisés au contact alimentaire sur l'ingestion d'éléments chimiques dans l'alimentation humaine*, PhD thesis, ULB, pp. 467
- Boni et al. [2004]. Environmental quality of primary paper sludge, *Journal of Hazardous Materials* 108, 1–2, 125 - 128
- Castle et al. [1997]. Migration studies from paper and board food packaging materials. 1. Compositional analysis, *Food Additives and Contaminants* 14, 1, 35 – 44
- Cecil et al. [2008]. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure, *PLoS Med* 5(5): e112
- Conti [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper boards: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Research International* 30, 5, 343 – 348

Conti & Botré [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Control* 8, 3, 131 - 136

Ginebreda et al. [2012]. Global riskbased management of chemical additives 1. Production, usage and environmental occurrence, in Bilitewski et al. (eds.) *Handbook of environmental chemistry: additives in the paper industry*, Springer-Verlag, 11 – 34

Hanna-Attisha et al. [2016]. Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response, *American Journal of Public Health* 106, 283 – 290

Kim et al. [2008]. Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children, *Food Research International* 41, 411 – 418

Mandal & Suzuki [2002]. Arsenic round the world: a review, *Talanta* 58, 201 – 235

Mertoglu-Elmas & Çinar [2018]. Toxic Metals in Paper and Paperboard Food Packagings, *Bioresources* 13, 4, 7560 – 7580

Monte et al. [2009]. Waste management from pulp and paper production in the European Union, *Waste management* 29, 1, 293 - 308

Park et al. [2018]. Migration of lead and arsenic from food contact paper into a food simulant and assessment of their consumer exposure safety, *Food Additives & Contaminants: Part A* 35, 12, 2493 - 2501

Suciu et al. [2013]. Recycled paper–paperboard for food contact materials: contaminants suspected and migration into foods and food simulant, *Food chemistry* 141, 4, 4146 – 4151

Taylor et al. [2017]. Human exposure to organic arsenic species from seafood, *Science of the Total Environment* 580, 266 - 282

Van Putten [2011]. *Heavy metals in packaging - A literature survey*, RIVM Report 609021114/2011, pp. 19

Papieren en kartonnen verpakkingen, bronnen van lood en arseen?

Papier is licht, goedkoop, gemakkelijk te gebruiken en te verwijderen of te recycleren, en vrij milieuvriendelijk. Papier en karton zijn veelzijdige materialen die men vaak gebruikt om voedsel te verpakken. Papieren verpakkingen kunnen b.v. gemaakt zijn van perkamentpapier, ze kunnen ook de vorm van zakken hebben om losse voeding in te verpakken. Karton wordt meestal gebruikt voor vloeibare en droge voeding, diepvries voeding en fast food. Vouwkarton wordt veel gebruikt in direct contact met droge voeding (b.v. pizza-, cake- en patisseriesdozen), golfkarton ten slotte wordt meestal ingezet voor secundaire verpakkingen. Vroeger nam men aan dat er zich geen chemische migratie voordoet, omdat papier meestal wordt gebruikt als verpakking van droge voedingswaren. Een onterechte veronderstelling, evenwel [Park et al. 2018].

Er bestaan nogal wat studies die ongerustheid creëren met betrekking tot de aanwezigheid van toxische zware metalen wanneer er gerecycleerd papier wordt gebruikt als verpakkingsmateriaal voor voeding [Castle et al. 1997; Conti 1997; Kim et al. 2008; van Putten 2011; Mertoğlu-Elmas & Çinar 2018]. Tijdens het recyclageproces worden er chemische additieven gebruikt om het oppervlak, de kleur en de printeigenschappen van het papier te verbeteren. Het gaat meer bepaald over de metalen lood (Pb), arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), zink (Zn), enz. [Castle et al. 1997; Ginebreda et al. 2012]. Overigens zijn er goede redenen om aan te nemen dat virgin papier evenzeer metalen bevat, maar in veel lagere concentraties [Conti & Botré 1997; Boni et al. 2004; Monte et al. 2009].

Verschillende vroegere studies betreffende de migratie maakten gebruik van gemodificeerd polyfenyleenoxide (TENAX®) als voedingssimulant om de transfer van vluchtige componenten — zoals bisfenolen en ftalaten — vanuit papier en karton naar de voeding in te schatten [Suciu et al. 2013 en referenties hierin]. Maar over de migratie van zware metalen uit papier en karton is weinig gepubliceerd. Park et al. [2018] bestudeerden de concentraties van Pb en As ten gevolge van de migratie uit papier en karton naar een vloeibare voedingssimulant, in casu verdund azijnzuur.

Migratietesten werden uitgevoerd bij 25 C gedurende 10 minuten en bij 95 C gedurende 30 minuten.

De eerste testcondities stemmen overeen met gebruik aan kamertemperatuur, de tweede weerspiegelen een worst case. De typische voedingssimulanten zijn azijnzuur (v:v 3 %), verschillende ethanoloplossingen en ook olijfolie. Azijnzuur (3 %, en soms 4 %) is de aangewezen simulant omdat Pb en As geen goede oplosbaarheid vertonen in andere voedingssimulanten. De gehalten aan Pb en As werden bepaald met behulp van een inductief gekoppeld plasma en massaspectrometrie.

De migratie van Pb uit papier voor voedselcontact varieerde respectievelijk van niet detecteerbaar (ND) en $17.5 \mu\text{g L}^{-1}$ bij 25 C gedurende 10 minuten en van 0.10 tot $25.6 \mu\text{g L}^{-1}$ bij 95 C gedurende 30

minuten. De As concentraties anderzijds varieerden van ND tot $0.44 \mu\text{g L}^{-1}$ bij 25 C gedurende 10 minuten en van ND tot $0.87 \mu\text{g L}^{-1}$ bij 95 C gedurende 30 minuten. De migratie van Pb en As zoals bepaald in de Park et al. [2018] studie bevestigt dat de menselijke blootstelling door migratie uit materialen voor voedselcontact (FCM) geen gevaar stelt. Dit bleek uit de vergelijking van de geschatte dagelijkse opnames met de voorlopige toegestane wekelijkse innames van $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ lichaamsgewicht voor Pb en van $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ lichaamsgewicht voor As.

Goed nieuws is dat! Maar er is toch enige nuance vereist, want FCM zijn niet de enige bron van zware metalen in onze voeding en dranken. Hoge gehalten aan Pb in drinkbaar water komen nog steeds voor. In april 2014, bij voorbeeld, veranderde de postindustriële stad Flint zijn waterbevoorrading door water van het Huronmeer in Detroit tijdelijk te vervangen door water van de rivier Flint. Dit in afwachting van een nieuwe pijplijn naar het Huronmeer in 2016. Het percentage kinderen met hoge loodwaarden in het bloed steeg na deze omschakeling en dit vooral in de sociaaleconomisch achtergestelde buurten [Hanna-Attisha et al. 2016]. De mens is ook blootgesteld aan toxische vormen van As uit de lucht, de voeding en het water [Taylor et al. 2017; Antoniadis et al. 2019]. Verontreiniging van het grondwater door As is overal ter wereld een ernstige bedreiging voor de mensheid. Overigens kan het in de voedingsketen terechtkomen en zo een wijdverspreide verdeling in de planten- en dierenwereld veroorzaken [Mandal & Suzuki 2002].

De kwestie van blootstelling aan chemische elementen van FCM is vaak gekoppeld aan andere bronnen [Bolle 2013]. Hoewel de voedselbron zeer vaak overheerst, is aangetoond dat bronnen, zoals bodems en stof, aanzienlijk kunnen zijn en kunnen bijdragen aan extra blootstellingen, die soms leiden tot overschrijdingen van de aanvaardbare dosis.

Bovenop de andere bronnen van zware metalen zijn er een heleboel organische componenten die vrijkomen uit de verpakkingsmaterialen. Het zijn heel complexe mengsels die uiteindelijk in onze voeding en dranken terechtkomen. Toegegeven, het is nuttig de metaalconcentraties van onze voeding op te volgen. Maar wanneer het erop aankomt een plan op te stellen ter bestrijding van de groeiende ziekteaantallen veroorzaakt door chemische verontreinigende stoffen, dan krijgen de cocktails van contaminanten nog steeds onvoldoende aandacht. Deze kortzichtige benadering slaagt er helemaal niet in om rekening te houden met de overtuigende wetenschappelijke feiten.

Bibliografie

Antoniadis et al. [2019]. Soil and maize contamination by trace elements and associated health risk assessment in the industrial area of Volos, Greece, *Environment International* 124, 79 – 88

Bolle [2013]. *L'impact des matériaux utilisés au contact alimentaire sur l'ingestion d'éléments chimiques dans l'alimentation humaine*, PhD thesis, ULB, pp. 467

Boni et al. [2004]. Environmental quality of primary paper sludge, *Journal of Hazardous Materials* 108, 1–2, 125 - 128

- Castle et al. [1997]. Migration studies from paper and board food packaging materials. 1. Compositional analysis, *Food Additives and Contaminants* 14, 1, 35 – 44
- Cecil et al. [2008]. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure, *PLoS Med* 5(5): e112
- Conti [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper boards: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Research International* 30, 5, 343 – 348
- Conti & Botré [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Control* 8, 3, 131 - 136
- Ginebreda et al. [2012]. Global riskbased management of chemical additives 1. Production, usage and environmental occurrence, in Bilitewski et al. (eds.) *Handbook of environmental chemistry: additives in the paper industry*, Springer-Verlag, 11 – 34
- Hanna-Attisha et al. [2016]. Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response, *American Journal of Public Health* 106, 283 – 290
- Kim et al. [2008]. Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children, *Food Research International* 41, 411 – 418
- Mandal & Suzuki [2002]. Arsenic round the world: a review, *Talanta* 58, 201 – 235
- Mertoglu-Elmas & Çınar [2018]. Toxic Metals in Paper and Paperboard Food Packagings, *Bioresources* 13, 4, 7560 – 7580
- Monte et al. [2009]. Waste management from pulp and paper production in the European Union, *Waste management* 29, 1, 293 - 308
- Park et al. [2018]. Migration of lead and arsenic from food contact paper into a food simulant and assessment of their consumer exposure safety, *Food Additives & Contaminants: Part A* 35, 12, 2493 - 2501
- Suciu et al. [2013]. Recycled paper–paperboard for food contact materials: contaminants suspected and migration into foods and food simulant, *Food chemistry* 141, 4, 4146 – 4151
- Taylor et al. [2017]. Human exposure to organic arsenic species from seafood, *Science of the Total Environment* 580, 266 - 282
- Van Putten [2011]. *Heavy metals in packaging - A literature survey*, RIVM Report 609021114/2011, pp. 19

Les emballages en papier et carton, sources de plomb et d'arsenic ?

Le papier est léger, peu coûteux, facile à utiliser, à jeter ou à recycler, et très écologique. Le papier et le carton sont des matériaux très polyvalents, fréquemment utilisés pour emballer les aliments. Les emballages en papier peuvent p.ex. être fait de papier parchemin ou avoir la forme de sacs pour emballer des aliments en vrac. Le carton est couramment utilisé pour les aliments liquides et secs, les aliments surgelés et les fast-foods. Le carton ondulé trouve de nombreuses applications en contact direct avec les aliments (p.ex. les boîtes à pizza, à gâteaux et à pâtisseries) et également comme emballage secondaire. On suppose souvent que la migration chimique est peu probable car le papier est principalement utilisé pour emballer des aliments secs. Une hypothèse non fondée, cependant [Park et al. 2018].

De nombreuses études antérieures ont déjà suscité des inquiétudes concernant la présence de métaux lourds toxiques quand le papier recyclé est utilisé dans des produits d'emballage alimentaire [Castle et al. 1997 ; Conti 1997 ; Kim et al. 2008 ; van Putten 2011 ; Mertoğlu-Elmas & Çinar 2018]. Le processus de recyclage du papier implique l'utilisation d'additifs chimiques pour améliorer la surface, la couleur et les propriétés d'impression du papier. Ils comprennent notamment des métaux tels que le plomb (Pb), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le zinc (Zn), etc. [Castle et al. 1997 ; Ginebreda et al. 2012]. En outre, il y a de bonnes raisons de penser que le papier vierge contient également des métaux, mais à des concentrations beaucoup plus faibles [Conti & Botré 1997 ; Boni et al. 2004 ; Monte et al. 2009].

Plusieurs études de migration antérieures utilisaient du polyphénylène oxyde modifié (TENAX®) comme simulant alimentaire pour évaluer le transfert de produits chimiques volatils — comme les bisphénols et phtalates — du papier et du carton aux aliments secs [Suciu et al. 2013 et références ci-incluses]. Cependant, la migration de métaux lourds du papier ou du carton dans des simulants alimentaires liquides a rarement été publiée. Park et al. [2018] ont étudié les concentrations de Pb et d'As dans les aliments à la suite de la migration du papier en contact avec les aliments dans un simulant liquide et plus particulièrement l'acide acétique dilué.

Les tests de migration ont été effectués à 25 C pendant 10 minutes et à 95 C pendant 30 minutes.

Les premières conditions reflétaient l'utilisation à température ambiante, les dernières reflétaient le pire des cas [Park et al. 2018]. Les simulants alimentaires typiques comprennent l'acide acétique (v:v 3 %) ainsi que les solutions d'éthanol et l'huile d'olive. L'acide acétique (3 %, et parfois 4 %) est le bon simulant, car le Pb et l'As n'ont pas une solubilité favorable dans les autres simulants alimentaires. Les concentrations de Pb et d'As dans le simulant alimentaire ont été déterminées par la spectrométrie de masse par plasma à couplage inductif.

La migration de Pb du papier en contact alimentaire variait de non détectable (ND) à $17,5 \mu\text{g L}^{-1}$ à 25 C pendant 10 minutes et de $0,10$ à $25,6 \mu\text{g L}^{-1}$ à 95 C pendant 30 minutes, respectivement. Et les concentrations d'As variaient de ND à $0,44 \mu\text{g L}^{-1}$ à 25 C pendant 10 minutes et de ND à $0,87 \mu\text{g L}^{-1}$ à 95 C pendant 30 minutes. Les valeurs de migration de Pb et As déterminée dans l'étude de Park et al. [2018] confirment que l'exposition humaine due à la migration à partir de matériaux en contact alimentaire (food contact materials, FCM) se situait à des niveaux sans danger. Cela a été démontré en comparant l'apport journalier estimé avec la dose hebdomadaire tolérable temporaire de $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ de poids corporel pour le Pb et de $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ de poids corporel pour l'As.

Bonnes nouvelles, n'est-ce pas !

Il convient toutefois d'avoir certaines nuances, car les FCM ne sont pas les seules sources de métaux lourds dans nos aliments et nos boissons. Des concentrations élevées de Pb dans l'eau potable sont souvent observées. Par exemple, dans l'attente d'un nouveau pipeline pour le lac Huron en 2016, la ville postindustrielle de Flint a temporairement remplacé l'alimentation en eau du lac Huron, alimentée par Détroit, par l'eau de la rivière Flint. Après le changement des sources d'eau le pourcentage d'enfants présentant des niveaux sanguins élevés de plomb a augmenté, et plus particulièrement dans les quartiers défavorisés sur le plan socioéconomique [Hanna-Attisha et al. 2016]. Les humains sont également exposés à l'arsenic toxique principalement par l'air, les aliments et l'eau [Taylor et al. 2017; Antoniadis et al. 2019]. La contamination des eaux souterraines par l'As constitue une menace sérieuse pour l'humanité dans le monde entier. En outre, l'As peut également entrer dans la chaîne alimentaire, entraînant une large distribution dans les domaines des plantes et des animaux [Mandal & Suzuki 2002].

La problématique de l'exposition aux éléments chimiques issus des FCM est souvent liée à d'autres sources [Bolle 2013]. Bien que la source alimentaire soit très souvent prépondérante, il a été démontré que les sources, comme les sols et poussières entre autres, peuvent s'avérer considérables et peuvent contribuer à des expositions additionnelles qui conduisent parfois à des dépassements de la dose tolérable.

Outre d'autres sources de contamination par les métaux, de nombreux produits chimiques organiques migrent des matériaux d'emballage. Des mélanges très complexes se retrouvent dans nos aliments et nos boissons. Certes, il est très approprié de surveiller les concentrations en métaux dans nos aliments. Mais lorsqu'il s'agit d'élaborer un plan de lutte contre le nombre croissant de maladies causées par les polluants chimiques, les cocktails de contaminants ne font toujours pas l'objet de toute l'attention requise. Cette approche irréfléchie ne permet pas de prendre en compte les preuves scientifiques solides.

Bibliographie

- Antoniadis et al. [2019]. Soil and maize contamination by trace elements and associated health risk assessment in the industrial area of Volos, Greece, *Environment International* 124, 79 – 88
- Bolle [2013]. *L'impact des matériaux utilisés au contact alimentaire sur l'ingestion d'éléments chimiques dans l'alimentation humaine*, PhD thesis, ULB, pp. 467
- Boni et al. [2004]. Environmental quality of primary paper sludge, *Journal of Hazardous Materials* 108, 1–2, 125 - 128
- Castle et al. [1997]. Migration studies from paper and board food packaging materials. 1. Compositional analysis, *Food Additives and Contaminants* 14, 1, 35 – 44
- Cecil et al. [2008]. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure, *PLoS Med* 5(5): e112
- Conti [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper boards: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Research International* 30, 5, 343 – 348
- Conti & Botré [1997]. The content of heavy metals in food packaging paper: an atomic absorption spectroscopy investigation, *Food Control* 8, 3, 131 - 136
- Ginebreda et al. [2012]. Global riskbased management of chemical additives 1. Production, usage and environmental occurrence, in Bilitewski et al. (eds.) *Handbook of environmental chemistry: additives in the paper industry*, Springer-Verlag, 11 – 34
- Hanna-Attisha et al. [2016]. Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response, *American Journal of Public Health* 106, 283 – 290
- Kim et al. [2008]. Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children, *Food Research International* 41, 411 – 418
- Mandal & Suzuki [2002]. Arsenic round the world: a review, *Talanta* 58, 201 – 235
- Mertoglu-Elmas & Çınar [2018]. Toxic Metals in Paper and Paperboard Food Packagings, *Bioresources* 13, 4, 7560 – 7580
- Monte et al. [2009]. Waste management from pulp and paper production in the European Union, *Waste management* 29, 1, 293 - 308
- Park et al. [2018]. Migration of lead and arsenic from food contact paper into a food simulant and assessment of their consumer exposure safety, *Food Additives & Contaminants: Part A* 35, 12, 2493 - 2501
- Suciu et al. [2013]. Recycled paper–paperboard for food contact materials: contaminants suspected and migration into foods and food simulant, *Food chemistry* 141, 4, 4146 – 4151
- Taylor et al. [2017]. Human exposure to organic arsenic species from seafood, *Science of the Total Environment* 580, 266 - 282
- Van Putten [2011]. *Heavy metals in packaging - A literature survey*, RIVM Report 609021114/2011, pp. 19