

GREENPEACE

‘Cutting Edge Contamination’

A study of environmental pollution during the manufacture of electronic products

*Greenpeace International
8 februari 2007*

Nederlandse Samenvatting

Het gebruik van elektronische apparatuur is wijdverspreid in de samenleving. Consumptieartikelen, van mobiele telefoons tot desktopcomputers en laptops, maken voor veel mensen deel uit van het dagelijks leven. Vergeleken met menig ander consumptieartikel lijken deze apparaten totaal onschadelijk. De werkelijkheid is soms echter anders.

Sinds een aantal jaren groeit de bezorgdheid over het gebruik van gevaarlijke chemicaliën en materialen bij de productie van deze artikelen. Daarbij ligt het accent vaak op de gevolgen die deze chemicaliën hebben voor de gezondheid en het milieu wanneer de producten na gebruik worden afgedankt of gerecycled. Minder aandacht is er voor de mogelijke impact van de fabricage van deze producten op het milieu. De elektronica-industrie maakt gebruik van grote hoeveelheden chemicaliën, energie en water. Dit is met name het geval bij de productie van printplaten en halfgeleiderchips. In beide sectoren worden uiterst complexe processen toegepast en veel van de chemicaliën die worden gebruikt, maken geen deel uit van het eindproduct (bv. oplosmiddelen). Over veel chemicaliën die in deze industrie worden gebruikt, heerst grote bezorgdheid, zowel wat betreft de mogelijke blootstelling eraan op de werkplaats als de mogelijke gevolgen ervan voor het milieu als ze in afvalstromen terechtkomen.

Elektronische apparaten, zoals computers, zijn uiterst complex en bestaan uit allerlei verschillende onderdelen. De fabricage van één product kan werkelijk een mondiaal proces zijn, waarbij afzonderlijke onderdelen door talrijke gespecialiseerde bedrijven in een groot aantal landen worden geproduceerd voordat ze in het eindproduct worden gemonteerd.

Dit onderzoek richt zich op milieuverontreiniging als gevolg van de fabricage van elektronische apparatuur, zoals computers. De studie is niet bedoeld als een diepgaand onderzoek naar de elektronica-industrie, maar als een poging om inzicht te krijgen in het chemisch afval dat door bepaalde sectoren van deze industrie in het milieu wordt geloosd. Daartoe wordt gekeken naar enkele casestudy's die een momentopname zijn van drie belangrijke sectoren van de elektronica-industrie. Per sector is in vier landen onderzoek gedaan naar een groot aantal productiecentra en industrieterreinen met dergelijke centra (zie onderstaande tabel).

Land	Productiecentrum	Productiesector
China	Compeq	Fabricage van printplaten
China	Fortune	Fabricage van printplaten
Thailand	Elec & Eltek (EETH)	Fabricage van printplaten
Thailand	Navanakorn IE	Fabricage van printplaten

Thailand	Bangpa-in IE; CKL Electronics	Fabricage van printplaten
Thailand	Hi-Tech IE; KCE	Fabricage van printplaten
Thailand	Rojana IE; PCTT	Fabricage van printplaten
Filippijnen	Gateway Business Park (industrieterrein met meerdere activiteiten)	Fabricage van halfgeleiderchips
Filippijnen	On Semicon	Fabricage van halfgeleiderchips
Filippijnen	Cavite Export Processing Zone, CEPZA (industrieterrein met meerdere activiteiten)	Fabricage van halfgeleiderchips
Mexico	Kemet	Fabricage van halfgeleiderchips
Mexico	Sanyo Video, Tijuana	Montage (tv's en lcd's)
Mexico	Sony, Tijuana	Montage (tv's en lcd's)
Mexico	Parque Integral (Flextronics), Guadalajara	Montage van onderdelen
Mexico	Jabil, Guadalajara	Montage van onderdelen
Mexico	Solectron, Guadalajara	Montage van onderdelen
Mexico	Sanmina-SCI plant 3, Guadalajara	Montage van onderdelen
Mexico	HP, Guadalajara	Montage (pc's en andere onderdelen)
Mexico	IBM, Guadalajara	Montage (pc's en andere onderdelen)

Van de diverse vestigingen werd een aantal verschillende monsters geanalyseerd, al was het niet mogelijk om bij elke vestiging alle soorten monsters te nemen. Van sommige vestigingen – met name printplaatfabrieken, maar ook een montagebedrijf – werden afvalwater en sediment uit afvoerleidingen en -kanalen geanalyseerd. Op sommige industrieterreinen wordt het afvalwater van een groot aantal afzonderlijke bedrijven naar een gemeenschappelijk afvalwaterzuiveringsstation gepompt. Waar mogelijk, werden van deze zuiveringsstations ook behandeld afvalwater en zuiveringsslib/sediment verzameld en geanalyseerd. Van een groot aantal vestigingen werden grondwatermonsters geanalyseerd om de impact op de lokale grondwaterlagen te onderzoeken. In sommige gevallen, zoals bij fabrikanten van halfgeleiderchips, konden geen afvalwatermonsters worden genomen en richtte het onderzoek zich volledig op grondwatermonsters uit de directe omgeving van de bedrijven.

Hoewel dit onderzoek zekere beperkingen kent door zijn algemene reikwijdte en de beperkte toegang tot bepaalde monstersoorten op sommige locaties, biedt het wel meer informatie dan voorheen over de milieuverontreiniging door deze industrieën. Het onderzoek toont aan hoe bedrijven in een groot aantal landen het milieu verontreinigen door de productie van sommige onderdelen die bij elektrische/elektronische apparaten worden gebruikt.

In elk van de drie onderzochte sectoren werd bewijs gevonden van milieuverontreiniging met allerlei chemicaliën, veelal met bekende toepassingen in deze industrie. Daartoe behoren zowel chemicaliën die in de producten zitten als chemicaliën die bij productieprocessen worden gebruikt. Van veel van deze stoffen is bekend dat ze giftig zijn voor de mens en milieu. De volgende giftige en in de natuur moeilijk afbreekbare groepen chemicaliën werden in de afvalstromen van meerdere sectoren aangetroffen:

- polybroomdifenylethers (PBDE's), op grote schaal gebruikt als broomhoudende brandvertragers;
- ftalaten, veelal gebruikt als weekmakers bij kunststoffen;
- bepaalde gechloreerde oplosmiddelen;
- grote hoeveelheden van enkele zware metalen.

Veel van deze chemicaliën die in elektronische producten zitten, waaronder bepaalde zware metalen, ftalaten en de broomhoudende brandvertragers (PBDE's), zijn in een recent onderzoek van Greenpeace (Brigden *et al.* 2005) ook aangetroffen in en rondom e-afvalrecyclingbedrijven in China en India. Ook in laptops die het afgelopen jaar in Europa zijn gekocht, zijn combinaties van PBDE's gevonden (Brigden *et al.* 2006), al waren de samenstellingen anders dan die in de productiebedrijven.

Andere chemicaliën die in afvalstroom- en grondwatermonsters werden gevonden, zijn eigen aan elk van de productiesectoren, bijvoorbeeld de broomhoudende brandvertrager TBBPA en de aan foto-initiators verwante chemicaliën bij printplaatfabrieken. Dit komt doordat in elke sector andere processen worden toegepast, maar het kan deels ook worden veroorzaakt doordat het niet mogelijk bleek om bij bedrijven in elke sector alle soorten monsters te nemen (er konden bijvoorbeeld geen afvalwatermonsters van fabrikanten van halfgeleiderchips worden geanalyseerd omdat dergelijke afvalstromen bij de bezochte fabrieken niet werden aangetroffen).

Brandvertragers zijn chemicaliën die aan allerlei materialen worden toegevoegd, waaronder behuizingen en onderdelen van een groot aantal elektronische producten, om uitbreiding van brand te voorkomen. Twee veel gebruikte groepen chemicaliën zijn broomhoudende brandvertragers (zoals PBDE's en TBBPA) en fosforhoudende verbindingen (zoals TPP).

- **PBDE's (polybroomdifenylethers)** zijn in de natuur moeilijk afbreekbare chemicaliën, waarvan sommige zeer bioaccumulatief zijn en de normale ontwikkeling van de hersenen van dieren kunnen verstoren. Van sommige PBDE's wordt vermoed dat het hormoonontregelaars zijn, aangezien ze invloed kunnen hebben op hormonen die betrokken zijn bij de groei en de seksuele ontwikkeling. Daarnaast zijn er effecten op het immuunsysteem gemeld.

- **TBBPA (Tetrabroombisfenol-A)** Er zijn aanwijzingen dat TBBPA invloed kan hebben op schildklierhormonen, met mogelijke gevolgen voor de groei en ontwikkeling. Bovendien toont *in-vitro*-onderzoek (niet bij een levend organisme) aan dat TBBPA ook andere hormoonsystemen kan verstoren en invloed kan hebben op het immuunsysteem, de lever en de nieren. Recentelijk is er bezorgdheid geuit over chemicaliën die bij de afbraak van TBBPA in het milieu worden gevormd.

- **TPP (trifenyfosfaat)** is zeer giftig voor het waterleven en is een sterke remmer van een belangrijk enzymstelsel in menselijk bloed. Bovendien kan het bij sommige individuen contactdermatitis veroorzaken en is het een mogelijke hormoonontregelaar.

Ftalaten worden veel gebruikt als weekmakers bij kunststoffen, met name PVC (bv. in kabels en andere flexibele componenten), al zijn er nog veel meer industriële toepassingen. Veel ftalaten zijn, vaak vanwege hun metaboliëten (chemicaliën waartoe ze in het lichaam worden afgebroken), giftig voor mens en natuur. Van **DEHP**, een veel gebruikt ftalaat, is bekend dat het reproductietoxisch is en bij zoogdieren veranderingen kan veroorzaken bij zowel de mannelijke als de vrouwelijke voortplantingsorganen (bv. de vroegtijdige ontwikkeling van de testes). Andere ftalaten, zoals **DBP** en **BBP**, zijn eveneens reproductietoxisch. Zowel **DEHP** als **DBP** zijn binnen de EU geclassificeerd als "voor de voortplanting giftige stoffen". Sommige andere ftalaten (**DINP** en **DIDP**) kunnen, zij het bij hogere doseringen, invloed hebben op de lever en de nieren.

Veel van de verbindingen uit monsters van onder andere geloosd afvalwater konden niet worden geïdentificeerd, waardoor hun eigenschappen en mogelijke effecten onbekend blijven. Van sommige chemicaliën die in afvalstromen zijn aangetroffen, zoals aan foto-initiators verwante chemicaliën bij de productie van printplaten, is nauwelijks informatie beschikbaar over hun toxiciteit en milieueigenschappen. Vermoedelijk komt dit grotendeels door de snel veranderende productieprocessen en de chemicaliën die in bepaalde sectoren worden gebruikt. De mogelijke effecten van het gebruik en vrijkomen van deze chemicaliën op de mens en het milieu zijn hierdoor dan ook grotendeels onbekend.

Dat afvalwater ondoeltreffend wordt behandeld door de zuiveringsstations waarnaar het wordt afgevoerd, is aangetoond op sommige industrieterreinen in Thailand, waar printplaten worden gefabriceerd. Zoals bij veel industrieterreinen waar gemengd afval van een groot aantal bedrijven naar een gemeenschappelijk zuiveringsstation gaat, kunnen behandelingsprocessen weliswaar bepaalde chemicaliën afbreken, maar zijn ze ondoeltreffend bij persistente organische chemicaliën en zware metalen in afvalwater. Zoals uit dit onderzoek blijkt, kunnen dergelijke chemicaliën dan ook nog steeds aanwezig zijn in behandeld afvalwater dat in het milieu wordt geloosd. Bovendien ontstaat er door de accumulatie van deze chemicaliën in slib van zuiveringsstations een extra afvalstroom verontreinigd met zware metalen en persistente organische chemicaliën. Van bepaalde chemicaliën die bij de productie van printplaten worden gebruikt, zoals aan foto-initiators verwante verbindingen, doen de resultaten vermoeden dat ze worden afgebroken door de behandelingsprocessen van sommige bedrijven. Zulke processen worden echter niet overal toegepast. De genoemde chemicaliën werden dan ook aangetroffen in afvalwater van andere printplaatfabrieken (Fortune en Compeq in China), die het rechtstreeks in het milieu lozen. Door de weinige informatie over deze verbindingen zijn de gevolgen van dergelijke lozingen niet bekend.

Behalve de chemicaliën die werden aangetroffen in rioleringsnetwerken is er bij sommige vestigingen ook verontreiniging geconstateerd van grondwaterlagen met gechlorideerde chemicaliën en enkele zware metalen zoals nikkel. Veel van deze chemicaliën hebben bekende toepassingen in de fabrieken op de locaties waar ze werden aangetroffen. Grondwaterverontreiniging is bijzonder zorgwekkend omdat grondwater op veel plaatsen door de lokale bevolking wordt gebruikt als drinkwater.

In enkele grondwatermonsters van vestigingen in alle sectoren werden ook trihalomethanen (THM's) gevonden. Deze chemicaliën worden doorgaans gevormd als nevenproducten bij waterdesinfectie met chloor, een methode die wordt toegepast bij veel grondwaterbronnen, waaronder open putten. De chemicaliën in deze monsters zijn daar dan ook hoogstwaarschijnlijk uit afkomstig.

Ondanks de algehele complexiteit van de beschikbare monsters en de onderzoeksresultaten konden aan elk van de onderzochte sectoren enkele kenmerkende verontreinigingspatronen worden toegeschreven.

Fabricage van printplaten

Van de onderzochte printplaatfabrieken bevatten het afvalwater en de sedimenten uit afvoerleidingen/-kanalen veel chemicaliën die milieuproblemen kunnen veroorzaken. Sommige groepen chemicaliën, zoals enkele persistente en giftige chemicaliën, PBDE's (broomhoudende brandvertragers), ftalaten en grote hoeveelheden van enkele zware metalen, werden aangetroffen in afvalwaterdistributienetten, zuiveringsstations en in afvalwater dat door die stations of door afzonderlijke bedrijven rechtstreeks in het milieu wordt geloosd. Andere soorten brandvertragers – TBBPA (gewoonlijk gebruikt voor printplaten) en TPP – werden gevonden in afvalwater van vestigingen in China (zie kader over brandvertragers).

PBDE's werden op alle locaties aangetroffen in afvalwater en/of sedimenten, ook in afvalwater dat rechtstreeks in het milieu terecht komt. Hoewel de stoffen in veel monsters aanwezig waren, waren er grote verschillen in het aantal PBDE's en de hoeveelheden ervan in monsters van verschillende locaties. De distributiepatronen tonen aan dat printplaatfabrieken belangrijke puntbronnen zijn van deze chemicaliën.

Op de meeste locaties werden in rioleringsnetwerken ook andere chemicaliën aangetroffen die eigen zijn aan de printplaatsector, waaronder aan foto-initiators verwante verbindingen en zeer grote hoeveelheden zware metalen waaronder koper, nikkel en zink.

Foto-initiators en verwante verbindingen. Foto-initiators brengen via UV-licht polymerisatie op gang en worden op grote schaal gebruikt bij de productie van printplaten. Hoewel op benzofenon en acetofenon gebaseerde chemicaliën al lang worden gebruikt, worden er sinds kort ook nieuwe verbindingen toegepast, zoals thioxanthonen. Van veel van deze verbindingen, met name de nieuwere, is nauwelijks informatie beschikbaar over de mogelijke gevolgen voor de gezondheid en het milieu.

- **Benzofenonen** – Uit dierproeven is gebleken dat de stamverbinding benzofenon toxische effecten kan hebben op de lever en de nieren. Daarnaast kunnen benzofenon en sommige derivaten daarvan de oestrogeenhuishouding ontregelen.

- **Acetofenonen** – Hoewel deze stoffen al jaren worden gebruikt, is er weinig bekend over hun toxiciteit. Acetofenon zelf is een giftige chemische stof. Blootstelling eraan kan bij de mens slaperigheid veroorzaken en invloed hebben op het bloed. Dampen kunnen huidirritatie veroorzaken. Dierproeven hebben bovendien effecten op de longen, nieren en lever aangetoond.

- **Thioxanthonen** – Thioxanthonen worden gebruikt bij het coaten van printplaten met lichtgevoelige fotolak. Er is weinig bekend over deze verbindingen, al is van sommige derivaten van thioxanthon bekend dat ze zeer gevaarlijk zijn voor het waterleven en in lage concentraties langetermijneffecten kunnen hebben bij waterorganismen.

Koper en nikkel worden veel gebruikt bij de productie van printplaten. In sommige gevallen worden bij de productieprocessen andere chemicaliën gebruikt, waardoor het terugwinnen van metalen uit afvalwater kan worden bemoeilijkt. Lozing van koper in aquatische milieus kan grote gevolgen hebben. Het afvalwater van de EETH-fabriek in Thailand bevatte de hoogste concentratie koper van alle vestigingen, bijna tweemaal het toegestane maximumgehalte voor industrieel afvalwater in Thailand.

Metalen. Bij de fabricage van printplaten en andere elektrische onderdelen worden enkele metalen gebruikt: met name koper maar ook nikkel en andere metalen.

Koper wordt veel gebruikt vanwege zijn goede elektrische geleiding. Bij sommige fabricageprocessen van printplaten worden in water oplosbare koperverbindingen gebruikt. Veel waterorganismen zijn zeer gevoelig voor koper, vooral in oplosbare vorm, en lozing in aquatische milieus kan grote gevolgen hebben. Bij zeer lage concentraties kunnen al effecten optreden, zoals een afname van de groei en vruchtbaarheid en een toename van de sterfte.

Nikkel wordt eveneens gebruikt bij de productie van printplaten, onder andere voor het vernikkelen ervan, waarbij in water oplosbare nikkelverbindingen worden gebruikt. Ingestie van bepaalde nikkelverbindingen kan toxische effecten hebben bij mens en dier, maag- en darmklachten veroorzaken en zelfs tot hartproblemen leiden. 2-5% van de bevolking is gevoelig voor nikkel en kan al bij zeer lage doseringen klachten krijgen. Sommige nikkelverbindingen zijn kankerverwekkend voor de mens en mogelijk voor sommige dieren.

De grondwatermonsters van de printplaatfabrieken bevatten over het algemeen niet de chemicaliën die in andere monsters werden aangetroffen. Hoewel van sommige metalen veelvuldig hoge concentraties in de afvalstromen werden geconstateerd, waren de concentraties ervan in het grondwater over het algemeen niet hoog. Niettemin overschreed het nikkelgehalte in één monster van het Hi-Tech-industrieterrein in Thailand de drinkwatergrenswaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en bijna vijfmaal het Thaise grondwaterkwaliteitsniveau voor dit metaal.

Fabricage van halfgeleiderchips

In monsters van elk van de vestigingen waar halfgeleiderchips worden vervaardigd, werden vluchtige organische chemicaliën (VOC's) aangetroffen. De gevonden VOC's waren onder meer gechlorideerde chemicaliën, die vaak worden gebruikt als industriële oplosmiddelen of

ontvettingsmiddelen, en waarvan bekend is dat ze toxische effecten hebben op het centrale zenuwstelsel, de lever en de nieren.

Gechloreerde vluchtige organische chemicaliën (VOC's) – Gechloreerde methanen, ethanen en ethenen, waarvan er veel op grote schaal worden of zijn gebruikt als oplosmiddelen bij industriële processen, zoals het reinigen van oppervlakken bij de fabricage van elektrische apparatuur (printplaten en halfgeleiderchips) zijn met name 1,1,1-trichloorethaan, trichlooretheen en tetrachlooretheen. Veel van deze chemicaliën zijn mogelijk kankerverwekkend voor de mens. De meeste kunnen invloed hebben op het centrale zenuwstelsel, de lever en de nieren en zijn irriterend voor huid, ogen en slijmvliezen. Sommige kunnen rechtstreeks via de huid worden opgenomen. Doordat gechloreerde oplosmiddelen op grote schaal worden gebruikt en opgeslagen, zijn deze chemicaliën in het milieu en in grondwaterlagen terechtgekomen.

De grootste verontreiniging werd geconstateerd op het Cavite Export Processing Zone (CEPZA)-industrieterrein op de Filippijnen, waar gechloreerde VOC's (ethenen en ethanen) werden aangetroffen in vijf grondwatermonsters die alle dicht bij het centrum van het industrieterrein waren genomen. De verspreiding van deze chemicaliën in het grondwater wijst erop dat bepaalde bedrijven op het CEPZA-industrieterrein er een aandeel in hebben. In drie monsters overschreed het niveau van één of meerdere gechloreerde ethenen de aanbevolen maximumgehalten voor drinkwater die zijn vastgesteld door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en/of het US Environmental Protection Agency (EPA). In één van deze monsters was het tetrachlooretheengehalte negenmaal zo hoog als de grenswaarde van de WHO en 70 keer zo hoog als het maximumverontreinigingsgehalte vastgesteld door het US EPA.

Bij de andere vestigingen was de situatie minder duidelijk. Slechts in één monster van het Gateway-industrieterrein (Filippijnen) werden gechloreerde VOC's aangetroffen. Bij de On Semicon-vestiging (Filippijnen) werd de grootste grondwaterverontreiniging geconstateerd aan de zuidkant van de fabriek, wat erop wijst dat er mogelijk een andere, tot dusver onbekende bron voor verantwoordelijk is.

Hoewel sommige in deze sector genomen monsters grote hoeveelheden metalen bevatten, met name zink, zouden de huidige gehalten waarschijnlijk geen gezondheidsrisico vormen in drinkwater. In veel gevallen was het niet duidelijk waar de metalen vandaan kwamen, al bleken de concentraties vooral hoog bij de On Semicon-fabriek.

Deze gegevens zijn een momentopname van de grondwaterverontreiniging bij elke vestiging. Het was niet de bedoeling van dit onderzoek de grondwaterlagen grondig te bestuderen. Dat was ook niet mogelijk omdat het grondwater bij elke vestiging maar op een paar plaatsen bereikbaar was. Er moet duidelijk meer onderzoek worden gedaan naar gechloreerde VOC's in het grondwater bij de fabrikanten van halfgeleiderchips om de volledige omvang van de verontreiniging van de waterlagen in kaart te brengen, met name op het CEPZA-industrieterrein in de Filippijnen. Omdat er geen monsters van productieafval (zoals afvalwater) konden worden genomen bij de fabrieken in deze sector is het niet bekend welke chemicaliën in deze afvalstromen aanwezig zijn en hoeveel.

Montage van onderdelen

Bij de onderzochte vestigingen in Mexico waar onderdelen worden gemonteerd, werden in ongeveer de helft van de genomen grondwatermonsters grote hoeveelheden van bepaalde metalen aangetroffen, met name nikkel en zink. De nikkelgehalten in drie monsters [één van een put naast de Sanyo Video-fabriek in Tijuana en twee genomen nabij het Flextronics-industrieterrein in Guadalajara] waren hoger dan de WHO-maximumgrenswaarde voor nikkel in

drinkwater, waarbij het hoogste gehalte de WHO-waarde ruim tweemaal overschreed. In de grondwatermonsters werd geen verontreiniging met gechloroerde VOC's aangetroffen.

Slechts bij één montagebedrijf, dat van IBM in Guadalajara, konden monsters van afvalwater worden genomen. In deze monsters werd een aantal chemicaliën aangetroffen dat milieuproblemen kan veroorzaken, waaronder nonylfenolen, een ftalaat en sporen van twee PBDE's, de hierboven besproken brandvertragende chemicaliën. Nonylfenolen (NP's) zijn persistente chemicaliën die giftig zijn voor het waterleven en in de natuur kunnen bioaccumuleren. NP's worden gewoonlijk gevormd als afbraakproducten van nonylfenoethoxylaten (NPE's), een groep chemicaliën die worden gebruikt als oppervlakreactieve stoffen (reinigingsmiddelen). In de afvalwatermonsters werden ook één NPE en een ftalaat (DEHP) gevonden.

Nonylfenolen (NP's) zijn chemicaliën die het best bekend zijn als afbraakproducten van nonylfenoethoxylaten (NPE's). Deze worden gebruikt als oppervlakreactieve stoffen (reinigingsmiddelen), al zouden ze ook zijn toegepast als antioxidanten bij sommige kunststoffen. Nonylfenolen zijn sterke hormoonontregelaars die bij vis interseks kunnen veroorzaken (met zowel mannelijke als vrouwelijke kenmerken). Nonylfenolen kunnen zich ook ophopen in de voedselketen. Bij de mens kunnen ze het DNA schaden en zelfs de spermafunctie verstoren.

Over het algemeen tonen de resultaten van dit onderzoek duidelijk aan dat het huidige gebruik van gevaarlijke chemicaliën en methoden bij de fabricage van elektronische apparatuur leidt tot milieuverontreiniging met een groot aantal gevaarlijke chemische stoffen, waarvan er sommige persistent zijn en in de natuur kunnen bioaccumuleren. De gangbare processen voor het behandelen van afvalwater zijn bij veel van de gebruikte chemicaliën, zoals bepaalde broomhoudende brandvertragers en zware metalen, ondoeltreffend.

Bij die vestigingen waar grondwaterverontreiniging is geconstateerd, is het noodzakelijk dat verdere lozing in de grondwaterlagen onmiddellijk wordt gestopt en dat de vestigingen grondig worden onderzocht om de omvang van de verontreiniging in kaart te brengen en herstel mogelijk te maken. Waar verontreinigd grondwater wordt gebruikt als drinkwater moet in de tussentijd schoon drinkwater uit andere duurzame bronnen worden geleverd.

Ondanks haar grote vraag naar hulpbronnen, waaronder allerlei gevaarlijke chemicaliën, lijkt de wereldwijde elektronica-industrie nog altijd vrij weinig last te hebben van specifieke milieuregelgeving. Dit kan deels het gevolg zijn van de zeer snelle ontwikkelingen in de sector, zodat de invoering van nieuwe industriële processen sneller verloopt dan de ontwikkeling van regelgeving.

Als het om bescherming van arbeiders en het milieu gaat, zijn er tekenen die op verandering duiden binnen de elektronica-industrie. De EU-richtlijn inzake beperking van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen bij elektrische en elektronische apparatuur (de RoHS-richtlijn) heeft tot ver buiten Europa grote invloed gehad op de industrie en, bij sommige ondernemingen althans, lang voordat de richtlijn op 1 juli 2006 officieel van kracht werd. De richtlijn voorkomt het gebruik van de zware metalen lood, kwik, cadmium en chroom(VI) en van bepaalde broomhoudende brandvertragers, namelijk PBB's en PBDE's (met uitzondering van deca-BDE en enkele specifieke toepassingen van metalen). RoHS regelt echter niet het gebruik van alle mogelijk gevaarlijke chemicaliën, waaronder andere broomhoudende brandvertragers zoals TBBPA. Bovendien wordt maar een heel klein gedeelte van het probleem aangepakt, waarbij het accent sterk ligt op het vermijden van de aanwezigheid van slechts bepaalde gevaarlijke chemicaliën in de eindproducten die in de EU op de markt worden gebracht. Afgezien van veranderingen van bovenaf die deze specifieke verboden vereisen, zal RoHS op zich waarschijnlijk weinig impact hebben op het gebruik van het merendeel van de gevaarlijke

chemicaliën die bij de fabricageprocessen zelf worden gebruikt, en evenmin op de algemene doeltreffendheid van die processen en het intensieve gebruik van grondstoffen daarbij.

Wat dringend noodzakelijk is, is een compleet andere denkwijze van elektronicaproducenten. Daarbij moet de nadruk worden verlegd, zodat bezorgdheid over het gebruik van chemicaliën en andere grondstoffen, blootstelling op de werkplaats en afvalbeheer een vast onderdeel wordt van bedrijfsplanning, research en ontwikkelingscycli, zonder te wachten tot er wetten worden aangepast en zonder van bestaande wetgeving af te willen wijken. Technologisch lopen elektronicafabrikanten nog steeds voorop en hebben ze een goede economische toekomst. Er is geen reden waarom ze ook niet voorop zouden lopen als het gaat om schone ontwerpen en technologieën, vervanging van gevaarlijke chemicaliën, efficiënter gebruik van grondstoffen, betere bescherming van de gezondheid van arbeiders en voorkoming van milieuverontreiniging bij de bron. Kortom, het is cruciaal dat elektronicafabrikanten in de onvermijdelijke wedloop om technologische vooruitgang niet blind blijven voor de daarmee gepaard gaande noodzaak van duurzaamheid en voorkoming van verontreiniging.