

# Palonesto- ja pintakäsittelyaineina käytetyt POP-yhdisteet aiheuttavat haasteita jätteiden kierrätykselle



Scandinavian Stockphoto.

POP-yhdisteet ovat pysyviä orgaanisia yhdisteitä, jotka säilyvät luonnossa, kaukokulkeutuvat kauas päästölähteestä, kertyvät eliöihin ja voivat aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina vakavia haittoja ympäristölle ja ihmisen terveydelle.

EU:ssa POP-asetus rajoittaa POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden kierrätystä. Aiemmin tuotteissa käytetyt palonesto- ja pintakäsittelyaineet vaikuttavat etenkin sähkö- ja elektroniikkaromun, romuajoneuvojen, tekstiilien ja rakennusjätteiden kierrätykseen.

**S**uomen ympäristökeskuksessa (SYKE) on käynnissä ympäristöministeriön rahoittama hanke, jossa kootaan aiempia tutkimustuloksia POP-yhdisteiden esiintyvyydestä sähkö- ja elektroniikkaromussa, romuajoneuvoissa ja rakennus- ja purkujätteissä, paikannetaan haasteita, joita POP-yhdisteet asettavat etenkin muovin kierrätykselle, ja kartoitetaan muiden EU-maiden toimia POP-yhdisteiden erottelmiseksi.

## Palonestoaineita ja -pinnoitteita on käytetty laajasti

POP-yhdisteiksi luokiteltuja kemikaaleja on käytetty pintakäsittelykemikaaleissa sekä lisäaineina erilaisissa muovipohjaisissa polymeereissä, joita puolestaan on käytetty valmistusmateriaaleina sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, ajoneuvoissa, tekstiileissä ja huonekaluissa. Aineita on käytetty myös rakennusmateriaaleissa, muun muassa kaapeleissa ja johdoissa, tiivisteissä, saumausaineissa ja eristelevyissä. Kemikaaleilla on vähennetty muun muassa materiaalien sytymisherkkyyttä ja parannettu rasvan- ja kosteudenkestävyyttä. Tuotteiden käytettävyyden ja käyttöturvallisuuden kasvattamisen käänttöpuolena on kuitenkin ollut eräiden käytettyjen aineiden aiheuttamat haitat ympäristölle ja ihmisten ja eläinten terveydelle.

Vaikka POP-yhdisteiden valmistus ja käyttö on kielletty jo 2000-luvun alussa, aineita esiintyy jätteiksi tulevilla tuotteilla jopa vuosikymmenien viiveellä. Tähän vaikuttavat tuotteiden pitkät käyttöajat. Viive on pahimmillaan ajoneuvoissa, jotka romutetaan Suomessa keskimäärin 20 vuoden iässä. Romuautoissa keskeisiä kiellettyjä yhdisteitä on arvioitu esiintyvän vuoteen 2025 saakka. Käytöstä poistetuissa tele- ja tietoteknisissä laitteissa esiintyvyyksiä on jo saatettu ohittaa, muussa romutettavassa kuluttajaelektronikassa kiellettyjen aineiden määrän on arvioitu vähenevän vuoden 2015 jälkeen. (Retkin 2012.) Toisaalta arvion mukaan 26 % kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkalaitteista on tarpeettomia, mikä tarkoittaa, että kotitaloudet varastoiivat SER-jätettä (Ahlqvist 2012). Varastointi pidentää ajanjaksoa, jona kiellettyjä POP-yhdisteitä esiintyy kierrätykseen tulevilla jätevirroissa. Rakennus- ja purkujätteissä ongelma voi joidenkin yhdisteiden osalta olla pahimmillaan vasta vuoden 2050 tienoilla (Häkkinen 2012).

Jätehuoltoon tulleista sähkö- ja elektroniikkaromusta (SER), romuajoneuvoista, käytöstä poistetuista huonekaluista ja rakennus- ja purkujätteistä on mitattu korkei-

takin POP-yhdisteiden pitoisuuksia. Näiden jättejakeiden kierrättäminen sellaisenaan uusiomateriaaleiksi johtaisi POP-yhdisteiden edelleen leviämiseen, mikäli aineita ei poistettaisi jätteistä ennen materiaalien kierrätystä.

## POP-jätteille on säädetty jätehuoltovelvoitteet EU:n POP-asetuksessa

Vaarallisimmiksi todettujen kemikaalien käyttöä säädellään osana Tukholman pysyvien orgaanisten yhdisteiden käyttöä ja päästöjä rajoittavaa kansainvälistä yleissopimusta. Euroopan unionissa Tukholman sopimuksen velvoitteet on laitettu täytäntöön POP-asetuksella (850/2004/EY). Asetuksessa säädetään, että POP-jätteet tulee käsitellä siten, että jätteissä oleva POP-sisältö tuhotaan tai muunnetaan palautumattomasti. POP-jätteiden käsittelyä ei voida sallia menetelmin, jotka voivat johtaa suoraan uudelleenkäyttöön, kierrätykseen, hyödyntämiseen tai vaihtoehtoiseen käyttöön. Myöskään POP-jätteen kuljettaminen maan rajojen yli vastoin kansainvälisiä säädöksiä ei ole mahdollista. Käytännössä POP-jätteen tuhoaminen tarkoittaa sen polttamista. Tukholman sopimuksen 5. osapuolikokouksen keskeisenä ohjeena on tunnistaa ja erotella POP-yhdisteitä sisältävät materiaalit muusta jätevirrasta ennen kierrätystä.

## Lainsäädäntö uudistuu

Parhaillaan EU:ssa on käynnissä POP-asetuksen jätehuolto-osion uudistus, jossa jätehuoltovelvoitteita koskeviin liitteisiin lisätään kiellettyjä yhdisteitä ja säädetään vähimmäispitoisuudet (alempi raja-arvo), joiden ylittyessä jäte on käsiteltävä POP-jätteenä. Raja-arvot tullaan määrittämään muun muassa palonsuoja-aineina käytetyille tetra-, penta-, hepta- ja heksabromidifenyyleetterille (PBDE-yhdisteet) sekä pintakäsittelyaine perfluorioktaanisulfonihapolle (PFOS) ja sen johdannaisille. Jätehuoltovelvoitteet ulotetaan koskemaan myös lyhytketjuisia klooriparaffi-

neja (SCCP) ja polykloorattuja naftaliineja (PCN).

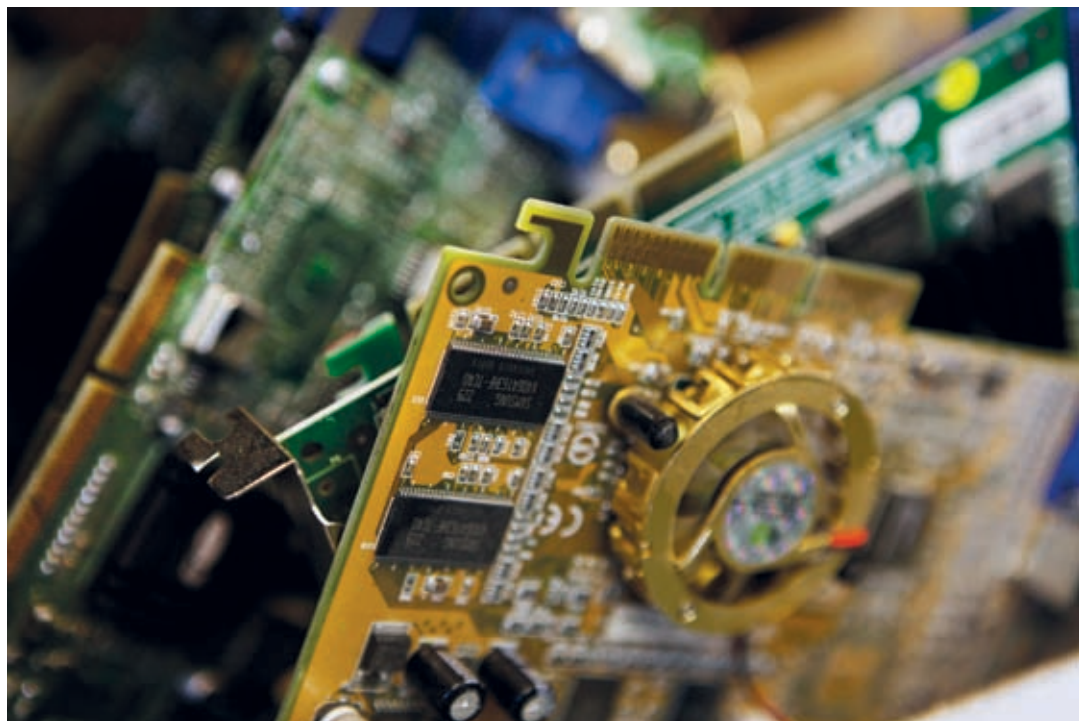
Komissio on ilmoittanut antavansa ehdotuksen asetuksen muutoksesta loppuvuoden 2013 kuluessa. POP-asetuksen uudistus astuneeseen voimaan vuonna 2014 ja sitoo sellaisenaan Suomea. Siihen saakka voidaan soveltaa komission tulkintaa, jonka mukaan POP-jätteen rajana on 0 mg/kg sellaisten yhdisteiden osalta, joilta raja-arvot vielä puuttuvat. Komission keväällä 2013 antamassa aiemmassa esityksessä PBDE-yhdisteiden raja-arvoiksi ehdotettiin 200–1000 mg/kg yhdisteestä riippuen. Kyseisen rajan ylittävät pitoisuudet tarkoittavat käytännössä, että kyseessä on POP-jäte, joka tulee tuhota.

Uudistuva asetus luo niin lupa- ja valvontaviranomaisille kuin jätehuollon toimijoille paineita edistää POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden poistamista kierrätysvirroista. Asiantuntijoiden mukaan uudet raja-arvot

tulevat ylittymään kaikissa materiaaleissa, joihin POP-palonestoaineita tai -pintakäsittelyaineita on lisätty tarkoituksenmukaisesti palon- tai muuhun suojaukseen.

### Esiintyvyydestä ja pitoisuuksista on yhä epäselvyyttä

Mittauksissa on todettu, että bromattuja palonestoaineita esiintyy valtaosassa käytöstä poistetuista sähkö- ja elektroniikkalaitteista ja romuajoneuvoista. Haastavaksi asian tekee se, että samanaikaisesti on olemassa mittaustuloksia korkeista POP-yhdisteiden pitoisuuksista, mutta myös otoksia, joissa yhdisteiden pitoisuudet ovat pieniä tai olemattomia. Pienet pitoisuudet tarkoittavat, että palonestoaineita ei ole lisätty tuotteeseen tarkoituksella, vaan käytöstä poistettu tuote on aikanaan saastunut POP-yhdisteillä, koska sen valmistuksessa on käytetty



Sähkö- ja elektroniikkaromusta poistettuja piirikortteja. Kuva: Wilma Hurskainen.

osin kierrätysmuovia. Korkeat pitoisuudet tarkoittavat yhdisteiden tarkoituksellista lisäämistä.

Suomessa mittauksia POP-pitoisuuksista on tehty vähänlaisesti ja eurooppalaiset tutkimukset antavat ristiriitaisen kuvan ongelman laajuudesta ja suuruudesta. Pienet otokset ja yksittäisten laitteiden mittaukset ovat pääsyy eriaviin tuloksiin (Peacock ym. 2012).

Esimerkiksi hiljattain Itävallassa tehdyssä tutkimuksessa mitattiin 3000 käytöstä poistetun televisiokotelon ja 1600 romutettavan tietokonekotelon polybromifenyylietteri (PBDE) pitoisuudet. Tutkijan mukaan 15 % tv-monitoreista ja 47 % PC-monitoreista sisälsi enemmän kuin 1000 mg/kg kiellettyjä PBDE-yhdisteitä. Ylitys oli yleensä moninkertainen. (Aldrian 2012.) Pienemmän otoksen brittiläisessä tutkimuksessa kiellettyjen PBDE-yhdisteiden pitoisuudet SER:ssä vaihtelivat välillä 1–36 000 mg/kg, mutta pääsääntöisesti pitoisuus oli alle 5000 mg/kg (Peacock ym. 2012). Toisaalta taas suomalaisessa tutkimuksessa vain yhdessä näytteessä kymmenestä kiellettyjen aineiden yhteenlaskettu pitoisuus ylitti 1000 mg/kg (Retkin 2012). Otoskoko suomalaisessa tutkimuksessa oli merkittävästi pienempi.

Hollantilaisten tutkijoiden kertoman mukaan tuoreet mittaukset osoittavat, että vain harvassa ajoneuvossa esiintyy kiellettyjä bromattuja palonestoaineita. Ongelmallista on kuitenkin se, että kun mittaus toistetaan siinä vaiheessa, kun ajoneuvot on murskattu ja eri ajoneuvoista peräisin oleva muovi on sekoittunut toisiinsa, niin 100 % näytteistä sisältää kiellettyjä yhdisteitä. Muutaman ajoneuvon sisältämien POP-jätteiden murskaaminen autoerän mukana voi siis pahimmillaan johtaa kokonaisen materiaalerän saastumiseen.

## **Kierrätysala saattaa joutua ottamaan käyttöön uusia menetelmiä haitallisten yhdisteiden tunnistamiseksi ja erottelemiseksi**

Niin sähkö- ja elektroniikkaromulle, romuajoneuvoille kuin rakennus- ja purku-

jätteelle on jätelainsäädännössä asetettu omat kierrätystavoitteensa. Uhkakuvana on, että liialliset toimenpiteet POP-jätteiden erottelemiseksi vaarantavat kierrätyksen ja asetettujen tavoitteiden saavuttamisen. Keskeistä on selvittää, millaisella pitoisuudella yhdisteitä löytyy ja millaiset toimenpiteet ovat tarpeellisia.

Suomessa raportoitiin vuonna 2011 kerätyksi noin 53 000 tonnia sähkö- ja elektroniikkaromua. Syntyvänelektroniikkajätteen määrän on arvioitu olevan merkittävästi suurempi, noin 90 000–106 000 tonnia vuodessa (Toppila 2011). Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyssä SER-asetus (852/2004) jo nykyisellään velvoittaa poistamaan bromatut palonestoaineet jätteen esikäsittelyssä. POP-asetuksen uudet raja-arvot eivät siten aseta merkittävästi lisäpaineita SER:n kierrätykselle. Käytännössä SER-asetuksen erotteluvaikeutta ei ole kuitenkaan noudatettu lain tarkoittamalla tavalla.

Astetta haastavammaksi voidaan katsoa POP-yhdisteiden tunnistamisen ja erottelemisen ajoneuvoista. Ajoneuvoja on Suomessa viime vuosina poistettu käytöstä arviolta noin 100 000 kappaletta vuodessa. Viralliseen käsittely- ja kierrätystoimintaan arvioidaan tulevan vuonna 2013 noin 67 000 romuajoneuvoa, joille on myönnetty romutustodistus. Tämän lisäksi liikennekäytöstä poistettaneen noin 30 000 ajoneuvoa, joiden kohtalo on epäselvä. Tarvittavien toimenpiteiden määrittelemiseksi tarvitaan laajan otoksen mittaustuloksia Suomesta, jotta tiedetään, missä määrin POP-yhdisteitä esiintyy Suomessa käytöstä poistettavista ajoneuvoista. Vain tällaisilla mittauksilla voidaan todentaa, millaiset toimenpiteet ovat riittäviä POP-yhdisteiden kierron estämiseksi ja romuajoneuvojen kierrätyksen jatkuvuuden takaamiseksi.

Merkittävin epätietoisuus POP-jätteistä liittyy massaltaan suurimpaan virtaan, rakennus- ja purkujätteeseen. Talon rakentamisessa ja purkamisessa syntyy vuosittain arviolta 2 miljoonaa tonnia jätettä, josta karkeasti arvioiden 500 000 tonnia voisi sisältää muovia (Meinander ja Mroueh 2013). Nykyisellään tämä virta ohjautuu polttoon



tai kaatopaikalle. Myös puujäte voi sisältää sinistymisenestoaineina käytettyjä POP-yhdisteitä. Tunnistettu ongelma on routaeristeinä käytettävän EPS-levyn sisältämä heksabromisyklododekaani (HBCD). Lähitulevaisuudessa rakennus- ja purkujätteelle asetetun 70 prosentin kierrätystavoitteen saavuttaminen vaatii merkittävässä määrin etenkin puujätteen käytön lisäämistä, mutta mahdollisesti myös muovin kierrättämistä. Tutkimustuloksia purkujätteistä löytyvistä POP-pitoisuuksista on kuitenkin vähänlaisesti. Mittausten tarve on tältäkin osin ajankohtainen.

## Tulevaisuudessa voidaan listata uusia yhdisteitä

Esiintyvyysarvioiden mukaan POP-jätteen poistamiseen materiaalivirroista tulee kiinnittää huomiota juuri nyt. Vaikka kiellettyjen yhdisteiden esiintyvyys on vähentynyt ja vähenee POP-asetuksen kieltojen ja rajoitusten kautta ja myös muu lainsäädäntö, keskeisimpänä RoHS-direktiivi, vähentää kiellettyjen aineiden pääytymistä jätehuollon ongelmaksi, on epätodennäköistä, että ongelma täysin hälvenee ajan tai POP-pitoisuuksien laimenemisen myötä.

Tukholman sopimukseen voidaan ehdottaa uusia yhdisteitä, jos saadaan uutta tieteellistä näyttöä aineiden vaarallisuudesta. Sopimusta on täydennetty kahdesti vuosina 2009 ja 2011. Viimeisimpänä kesällä 2013 listauspäätös tehtiin HBCD:stä. On varsin todennäköistä, että sopimus täydentyy jatkossakin uusilla yhdisteillä, jotka pitää ottaa huomioon myös jätehuollossa. Keskeistä olisikin tehdä riittävän laajoja mittauksia myös Suomessa, ja luoda jo nyt jätehuollossa sellaisia ratkaisumalleja, jotka eivät vastaa vain nykyhetken tarpeisiin, vaan mahdollistavat myös uusien pysyvien orgaanisten yhdisteiden tunnistamisen ja poistamisen materiaalivirroista.

## Lähteet

Ahlqvist, K. 2012. Urbaanit materiaali-varastot – kotitalouksien sähkö- ja

elektroniikkalaitteet. Diplomityö, Aalto yliopisto.

Aldrian, A. 2012. Kirjallinen tiedoksianto koskien luottamuksellisesti laadittua raporttia: Bestimmung der Gehalte an Polybromierten Biphenylen (PBB) und Polybromierten Diphenylethern (PBDE) in Bildschirmgehäusen. Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik, Universität Leoben.

POP-asetus (850/2004/EY). Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 850/2004, annettu 29. päivänä huhtikuuta 2004, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä sekä direktiivin 79/117/ETY muuttamisesta.

Häkkinen, E. 2012. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) sisältävät jätteet ja niiden käsittelyä koskevat velvoitteet. Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman 2012 taustaraportti.

Peacock, J., Turrell, J., Lewin, K., Glennie, E. 2012. Analysis of Poly-Brominated Biphenyl Ethers (PBDEs) in Selected UK Waste Streams: PBDEs in waste electrical and electronic equipment (WEEE) and end of life vehicles (ELV). WRc plc.

Retkin, R. 2012. Bromattujen palonsuoja-aineiden rajoitusten vaikutus jätteiden hyödyntämiseen ja käsittelyyn. Suomen ympäristö 29.

Meinander, M., Mroueh, U-M. (toim.). 2012. Directions of future developments in waste recycling. VTT TECHNOLOGY 60

SER-asetus (852/2004). Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta.

Toppila, A. (2011). Jätehuollon tuottajavastuun jätevirrat: Esimerkkinä sähkö- ja elektroniikkalaitteet sekä kannettavat paristot ja akut. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän Yliopisto. ■