

Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä

Tuuli Myllymaa (toim.), Katja Moliis, Eevaleena Häkkinen, Timo Seppälä



Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä

Tuuli Myllymaa (toim.), Katja Moliis, Eevaleena Häkkinen, Timo Seppälä



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 25 | 2015

Ympäristöministeriö
Ympäristönsuojeluosasto

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö
Kansikuva: Vastavalo/Sampo Kiviniemi

Julkaisu on saatavana vain internetistä:
www.ym.fi/julkaisut

ISBN 978-952-11-4463-9 (PDF)
ISSN 1796-170X (verkkokj.)

SISÄLLYS

Sanastoa	5
Johdanto	7
Selvityksen tausta.....	7
Selvityksen tavoitteet.....	8
Selvityksessä tarkasteltavat POP-jätteet.....	8
Tukholman sopimuksella rajoitetut yhdisteet.....	8
Tarkasteluun valitut POP-yhdisteet.....	10
Tarkasteluun valitut jätejakeet.....	11
OSA I: Katsaus sähkö- ja elektroniikkalaitteita ja -romua, romuajoneuvoja ja rakennusjätteitä sääntelevään lainsäädäntöön	
1 Yleinen lainsäädännöllinen viitekehys – POP-yhdisteiden käyttöä ja leviämistä rajoittava ja jätelajikohtainen lainsäädäntö	14
2 EU:n POP-asetuksen mukaiset veloitteet POP-jätteiden jätehuollolle	16
3 POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden jätelajikohtainen sääntely	18
3.1 Sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) käsittelyn sääntely.....	18
Sääntely tuotteen valmistusvaiheessa.....	18
Sääntely jätteenkäsittelyvaiheessa.....	19
3.2 Romuajoneuvojen (ELV) käsittelyn sääntely.....	19
Sääntely tuotteen valmistusvaiheessa.....	19
Sääntely jätteenkäsittelyvaiheessa.....	20
3.3 Rakennus- ja purkujätteen käsittelyn sääntely.....	20
Sääntely tuotteen valmistusvaiheessa.....	20
Sääntely jätteenkäsittelyvaiheessa.....	21
4 POP-lainsäädännön vaikutukset SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteiden keräys- ja kierrätystavoitteiden saavuttamiseen	22
5 POP-jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – luokittelu ratkaisee loppukäsittelyvaihtoehdot	24
5.1 Luokittelu vaaralliseksi jätenimikkeen perusteella.....	25
5.2 Tarkasteltaville POP-yhdisteille sovellettavat vaarallisen jätteen raja-arvot.....	26
5.3 Seuraukset POP-jätteen luokittelusta vaaralliseksi tai tavanomaiseksi jätteeksi.....	27
6 POP-yhdisteitä sisältävän muovijätteen maasta vieminen	28
7 Tuleva POP-yhdisteitä koskeva sääntely	29

OSA II: POP-yhdisteiden esiintyvyys ja pitoisuudet tarkasteltavissa muovijätteissä

8	Tarkasteltavien POP-yhdisteiden käyttö	32
8.1	Yhdisteiden tyypillisimmät käyttökohteet.....	32
8.2	Yhdisteiden ajallinen esiintyvyys tuotteissa ja jätteissä.....	33
9	POP-yhdisteet tarkasteltavissa muovijätteissä	36
9.1	POP-yhdisteet sähkö- ja elektroniikkaromussa (SER)	36
9.1.1	SER:n määrä, käsittely ja kierrätysaste.....	36
9.1.2	POP-yhdisteiden pitoisuudet SER:ssä.....	38
9.1.3	Yhteenveto POP-yhdisteistä SER:ssä.....	41
9.2	POP-yhdisteet romuajoneuvoissa (ELV)	45
9.2.1	ELV:n määrä, käsittely ja kierrätysaste.....	45
9.2.2	POP-yhdisteiden pitoisuudet ELV:ssä.....	47
9.2.3	Yhteenveto POP-yhdisteistä romuajoneuvoissa.....	51
9.3	POP-yhdisteet rakennus- ja purkujätteissä	51
9.3.1	Rakennus- ja purkujätteen määrä, käsittely ja kierrätysaste.....	51
9.3.2	POP-yhdisteiden pitoisuudet rakennus- ja purkujätteessä.....	53
9.3.3	Yhteenveto POP-yhdisteistä rakennus- ja purkujätteissä.....	55

OSA III: POP-jätteiden tunnistaminen ja käsittely.....57

10 POP-yhdisteiden tunnistaminen ja erottaminen jätevirrasta.....58

11 Kielletyn bromisisällön tuhoaminen tai palautumaton muuntaminen.....61

11.1	Tuhoaminen polttamalla.....	61
11.2	Palautumaton muuntaminen.....	62
11.3	Raaka-ainekierrätys (feedstock recycling).....	62
11.4	Pysyvä varastointi.....	62

12 Eräiden maiden menettelytapoja erottelussa ja käsittelyssä.....63

Ruotsi.....	63
Norja.....	64
Tanska.....	66
Itävalta.....	67
Belgia.....	67
Sveitsi.....	68

13 Yhteenveto ja johtopäätökset.....69

Lähteet.....72

Liitteet.....76

Liite 1. Yleisimmin esiintyvät muovilaadut SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteissä.....	76
Liite 2. SER-jätteen esikäsittelyn vaatimukset Ruotsissa (Stena 2007).....	78

Kuvailulehti.....79

Presentationsblad.....80

Documentation Page.....81

Sanastoa

Lyhenne tai sana Selitys tai määritelmä

ABS	Akrylinitriilibutadieenistyreeni
BDE	Bromidifenyylieetteri
BFR	Bromatut palonestoaineet (Brominated flame retardants)
C&D-jäte	Rakennus- ja purkujäte (Construction and demolition waste)
c-DBDE	Dekabromidifenyylieetteri (kaupallinen seos)
Debrominaatio	Bromin poistuminen molekyylistä
deka-BDE	dekabromidifenyylieetteri
ELV	Romuaajoneuvot (End of life vehicles)
EPS	Paisutettu polystyreeni (styrox)
HBB	Heksabromibifenyylit
HBCD	Heksabromisyklododekaani
heksa-BDE	heksabromidifenyylieetteri
hepta-BDE	heptabromidifenyylieetteri
HIPS	Iskunkestävä polystyreeni
Hyödyntäminen	Jätelain mukaan toimintaa, jonka ensisijaisena tuloksena jäte käytetään hyödyksi tuotantolaitoksessa tai muualla taloudessa siten, että sillä korvataan kyseiseen tarkoitukseen muutoin käytettäviä aineita tai esineitä, mukaan lukien jätteen valmistelu tällaista tarkoitusta varten
Kierrätys	Jätelain mukaan toiminta, jossa jäte valmistetaan tuotteeksi, materiaaliksi tai aineeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen; jätteen kierrätyksenä ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi
Kongeneeri	Kongeneerit ovat rakenteeltaan samankaltaisia yhdisteitä, joissa on kuitenkin esimerkiksi eri määrä bromia. Monet POP-asetuksessa rajoitetut ja kielletyt aineet kattavat useita kongeneereja. Esimerkiksi PBDE-yhdisteillä on 209 kongeneeria, jotka poikkeavat toisistaan bromin määrän ja sijainnin mukaan. Kongeneerien ominaisuudet vaihtelevat mm. bromautumisasteen mukaan.
Loppukäsittely	Jätelain mukaan jätteen sijoittaminen kaatopaikalle, poltto ilman energian talteenottoa tai muuta näihin rinnastettavaa toimintaa, joka ei ole jätteen hyödyntämistä, vaikka toiminnan toissijaisena seurauksena on jätteen sisältämän aineen tai energian hyödyntäminen, mukaan lukien jätteen valmistelu loppukäsittelyä varten
NIP	Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma (National implementation plan)
NIR	Lähi-infrapuna-analyysi (Near infrared spectroscopy)
nona-BDE	nonabromidifenyylieetteri
c-OBDE	Oktabromidifenyylieetteri (kaupallinen seos)
PBB	Polybromibifenyylit
PBDE	Polybromidifenyylieetterit

PBT-yhdiste	Myrkyllinen, hitaasti hajoava, ravintoketjussa eliöihin kertyvä yhdiste (Persistent Bioaccumulative Toxic) Nk. PBT-kriteerit on määritelty REACHin liitteessä XIII.
PBDE	Polybromidifenyylieetterit
PC	Polykarbonaatti-muovi
PCN	Polyklooratut naftaleenit
c-PeBDE	Pentabromidifenyylieetteri (kaupallinen seos)
penta-BDE	pentabromidifenyylieetteri
POP	Pysyvät orgaaniset yhdisteet (Persistent organic pollutants) Yhdiste, joka on myrkyllinen, hitaasti hajoava, kertyy eliöihin ravintoketjussa sekä kulkeutuu kauas päästöpaikastaan ilman, veden tai muuttavien eläinlajien välityksellä niin että siitä voi aiheutua merkittäviä ympäristö- ja/tai terveyshaittoja.
POP-yhdiste	Pysyväksi orgaaniseksi yhdisteeksi luokiteltu kemiallinen aine tai seos
POP-jäte	Jäte, joka sisältää tai on saastunut POP-yhdisteillä
PP	Polypropeeni-muovi
ppm	miljoonasosa (parts per million) = mg/kg
PUR	Polyuretaani
RoHS	Vaarallisten aineiden käytön rajoittaminen (Restriction of hazardous substances) sähkö- ja elektroniikkalaitteissa
SCCP	Lyhytketjuiset klooriparafiinit
SE-laite	Sähkö- ja elektroniikkalaite
SER	Sähkö- ja elektroniikkaromu (engl. WEEE)
TBBPA	Tetrabromibisfenoli A
tetra-BDE	tetrabromidifenyylieetteri
Uudelleenkäyttö	Jätelain mukaan tuotteen tai sen osan käyttäminen uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu
WEEE	Waste electrical and electronic equipment (suom. Sähkö- ja elektroniikkaromu, SER)
XPS	Suulakepuristettu polystyreeni
XRF	Röntgenfluoresenssianalysointilaitteisto (X-Ray Fluorescence)

Johdanto

Selvityksen tausta

Pysyviksi orgaanisiksi yhdisteiksi (POP) kutsuttuja kemikaaleja on käytetty torjunta-aineina, palonestoaineina, pintakäsittelykemikaaleina sekä lisäaineina erilaisissa muovipohjaisissa polymeereissä muun muassa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, ajoneuvoissa sekä tekstiileissä ja huonekaluissa. POP-yhdisteitä on käytetty ja osin edelleen käytetään myös rakennusmateriaaleissa, muun muassa kaapeleissa ja johdoissa, tiivisteissä, saumausaineissa ja eristelevyissä materiaalien syttymisherkkyuden vähentämiseksi tai rasvan- ja kosteudenkestävyyden parantamiseksi. Tuotteiden käytettävyyden ja käyttöturvallisuuden kasvattamisen käänköpuolena on kuitenkin ollut POP-yhdisteiden aiheuttama haitta ympäristölle ja ihmisten ja eliöiden terveydelle.

POP-yhdisteet ovat erittäin pysyviä, kaukokulkeutuvia, kertyvät eliöihin ja voivat aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina vakavia haittoja ihmisen terveydelle tai ympäristölle. Vaikka POP-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä on rajoitettu tai kielletty jo vuosien ajan, aineita esiintyy jätehuoltoon päätyvissä tuotteissa jopa vuosikymmenien viiveellä. Sähkö- ja elektroniikkaromussa (SER), romuajoneuvoissa (ELV), tekstiilijätteissä, käytöstä poistetuissa huonekaluissa ja rakennus- ja purkujätteissä (C&D-jätteet) on mitattu korkeita POP-yhdisteiden pitoisuuksia. Näiden jätelajien kierrättäminen johtaa POP-yhdisteiden edelleenleviämiseen, mikäli yhdisteitä ei poisteta jätevirrasta ennen materiaalien kierrätystä. EU:n lainsäädäntö kieltää POP-yhdisteiden kierrättämisen.

POP-yhdisteiden valmistusta, käyttöä, markkinoille saattamista ja jätehuoltoa säännellään EU:ssa Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella pysyvistä orgaanisista yhdisteistä sekä direktiivin 79/117/ETY muuttamisesta (2004/850/EY) (jäljempänä POP-asetus). Asetuksella on pantu täytäntöön kansainvälinen Tukholman yleissopimus pysyvistä orgaanisista yhdisteistä sekä YK:n alaisen Euroopan talouskomission (UNECE) ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumissopimuksen (CLRTAP) POP-pöytäkirja.

POP-asetuksen jätehuoltoa koskevan 7 artiklan mukaan jätteen tuottajien ja haltijoiden on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan estämään jätteen saastuminen asetuksessa mainituilla POP-yhdisteillä. Asetuksessa on säädetty kullekin aineelle pitoisuusraja, jonka ylittyessä jäte on käsiteltävä POP-jätteenä. Jätteet tulee käsitellä siten, että jätteen POP-sisältö tuhoetaan tai muunnetaan palautumattomasti. POP-yhdisteitä ei saa käsitellä menetelmin, jotka voivat johtaa niiden suoraan uudelleenkäyttöön, kierrätykseen, hyödyntämiseen tai vaihtoehtoiseen käyttöön eivätkä sallia POP-jätteen kuljettamista maan rajojen yli vastoin kansainvälisiä säädöksiä, kuten Baselin sopimusta.

POP-asetusta muutettiin joulukuussa 2014 säätämällä pitoisuusrajat (jäljempänä raja-arvot) mm. asetuksella kielletyille bromatuille palonestonaineille. Nämä raja-arvot määräävät, milloin jäte on POP-jätettä ja miten POP-jätteiksi luokitettavia jätteitä tulee käsitellä.

Asetusmuutos on julkaistu komission asetuksena (EU) N:o 1342/2014 (EUVL L 363,18.12.2014, s. 67). Jäsenvaltioiden tulee soveltaa jätehuoltovelvoitteita uusien yhdisteiden ja pitoisuusrajojen osalta kuuden kuukauden siirtymäajan jälkeen eli 18.6.2015 alkaen. Velvoitteiden täyttämiseksi jätteiden nykyisiä kierrätys- ja jätehuoltoprosesseja Suomessa voidaan joutua muuttamaan.

Selvityksen tavoitteet

Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallisessa täytäntöönpanosuunnitelmassa (NIP) on todettu yhdeksi Suomen nykyhetken haasteeksi palosuojattua muovia sisältävien tavaroiden kierrätykseen liittyvät kysymykset (Seppälä ym. 2012). Myös ympäristöministeriön (2013a) kansallisen vaarallisia kemikaaleja koskevan selvityksen mukaan tarvitaan lisätietoa bromattujen palonestoaineiden esiintyvyydestä jätteissä. POP-asetuksen uudet jätteitä koskevat pitoisuusraja-arvot asettavat tarpeen uusille toimintatavoille POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden jätehuollossa.

Tässä selvityksessä tarkastellaan rajoitettujen ja kiellettyjen bromattujen ja kloorattujen palonestoaineiden esiintyvyyttä jätteissä ja niiden käsittelyä ohjaavien raja-arvojen vaikutusta jätteiden esikäsittely-, kierrätys-, hyödyntämis- ja loppukäsittelyprosesseihin.

Selvitys on jaettu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa luodaan katsaus ajantasaiseen lainsäädäntöön. Toiseen osaan on koottu tutkimustuloksia eräiden POP-yhdisteiden esiintyvyydestä ja pitoisuuksista tarkasteluun valituissa jätevirroissa. Kolmannessa osassa luodaan katsaus POP-jätteiden käsittelyvaihtoehtoihin sekä muissa Euroopan maissa vallalla oleviin käytäntöihin.

Selvityksessä tarkasteltavat POP-jätteet

Tukholman sopimuksella rajoitetut yhdisteet

POP-yhdisteiden rajoittamiseksi on solmittu kansainvälinen sopimus, Tukholman yleissopimus, joka lopettaa tai rajoittaa merkittävästi sopimuksen piiriin kuuluvien POP-yhdisteiden tuotantoa, kauppaa, käyttöä ja päästöjä. Jätteitä koskevista velvoitteista on säädetty sopimuksen 6 artiklassa. Velvoitteita käsitellään Suomen kansallisessa toimeenpanosuunnitelmassa (NIP) (Seppälä ym. 2012).

Tukholman sopimus sisältää nykyhetkellä 28 POP-yhdistettä/yhdisteryhmää. Sopimukseen voidaan esittää sisällytettäväksi uusia rajoitettavia aineita. Viimeisimpänä päätettiin vuonna 2013 HBCD:n ja 2015 polykloorattujen naftaleenien, heksaklooributadienin sekä pentakloorifenolin ja sen suojojen ja esterien lisäämisestä sopimukseen. Taulukossa 1 on luetteloitu Tukholman sopimuksen rajoittamat aineet niiden käyttötyypin mukaan. Lisäksi taulukossa on listattu kolme ainetta, jotka on ehdotettu lisättäväksi sopimukseen. Näistä ehdokkaista SCCP:tä säädellään jo EU:n POP-asetuksella.

Taulukko 1. Tukholman sopimuksen rajoittamat ja siihen ensisijaisesti ehdolla olevat POP-yhdisteet (tilanne syyskuussa 2015)

Rajoitettu POP-yhdiste	Torjunta-aine	Teollisuuskemikaali *Palonestoaine **Puunsuoja-aine	Päästö/Epäpuhtaus
Tukholman sopimuksen alkuperäiset aineet (2004)			
Aldriini	x		
Dieldriini	x	x**	
Endriini	x		
Heptakloori	x	x**	
Klordaani	x	x**	
Mirex	x		
Toksafeeni	x		
Diklooridifenyylitrikloorietaani (DDT)	x		
Heksaklooribentseeni (HCB)	x	x**	
Polyklooratut bifenyylit (PCB)	x	x	
Polyklooratut dioksiinit (PCDD)			x
Polyklooratut furaanit (PCDF)			x
Tukholman sopimukseen lisätyt aineet (2009)			
Alfa-heksakloorisykloheksaani (α-HCH)	x		
Beeta-heksakloorisykloheksaani (β-HCH)	x		
Klordekoni	x		
Lindaani (γ-HCH)			
Pentaklooribentseeni (PeCB)	x	x	x
Heksabromibifenyylit (HBB)		x*	
Heksabromidifenyylieetteri (heksa-BDE) ^a		x*	
Heptabromidifenyylieetteri (hepta-BDE) ^a		x*	
Tetrabromidifenyylieetteri (tetra-BDE) ^b		x*	
Pentabromidifenyylieetteri (penta-BDE) ^b		x*	
Perfluorioktaanisulfonihappo ja sen johdannaiset (PFOS)		x	
Tukholman sopimukseen lisätty aine (2011)			
Endosulfaani	x		
Tukholman sopimukseen lisätty aine (2013)			
Heksabromisyklododekaani (HBCD)		x*	
Tukholman sopimukseen lisätyt aineet (2015)			
Heksaklooributadieeni (HCBd)		x	
Polyklooratut naftaleenit (PCN)		x*	
Pentakloorifenoli ja sen suolat ja esterit (PCP)		x/x**	
Tukholman sopimukseen ehdolla olevat aineet			
Lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP)		x*	
c-Dekabromidifenyylieetteri (c-DBDE)		x*	
Dikofoli	x		

^a Kaupallisen Oktabromidifenyylieetteriseoksen (c-OBDE) yksi pääkongeneeri

^b Kaupallisen Pentabromidifenyylieetteriseoksen (c-PeBDE) yksi pääkongeneeri

Tarkasteluun valitut POP-yhdisteet

Periaatteessa kaikkia POP-yhdisteitä voi esiintyä jätteissä. Torjunta-aineita esiintyy pilaantuneissa maissa ja vanhoissa kemikaaleissa. Teollisuuskemikaaleja on käytetty lämmönsiirtonesteinä, liuottimina, eristeinä, pintakäsittelyaineina, palonestoaineina ja esimerkiksi sinistymisenestoaineina puunsuojauksessa. Näitä yhdisteitä esiintyy siten kemianteollisuuden ja muiden teollisuusalojen jätteissä ja jätevesilietteissä, käsitellyssä puussa, ilotulitteissa, öljyissä ja lakoissa, tekstiili- ja nahkateollisuuden tuotteissa, huonekaluissa, autoissa, sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, rakennusteollisuuden tuotteissa ja lukuisissa muissa käytöstä poistetuissa tuotteissa ja niiden osissa. Kierrätysmuovista valmistetuissa tuotteissa, esimerkiksi leluissa ja matoissa, on myös mitattu teollisuuskemikaalien jäämiä. Päästöinä ja epäpuhtauksina esiintyviä PCDD:tä, PCDF:ää ja PeCB:tä esiintyy pilaantuneissa maissa ja voimalaitosten tuhkissa ja kuonissa. Aiemmin Häkkinen (2012) on koonnut listan jätteistä, joissa mahdollisesti voi esiintyä POP-yhdisteitä.

Jätehuollon ja kierrätysprosessien kannalta keskeisimmäksi nykyhetken haasteeksi on tunnistettu SER-, ELV-, tekstiili-, huonekalu- ja rakennus- ja purkujätteen sisältämät POP-yhdisteet. Pääasiallisesti kyse on tällöin tuotteiden sisältämistä palonestoaineista tai etenkin tekstiilien ja huonekalujen kohdalla pintakäsittelyaine perfluorioktaanisulfonihaposta ja sen johdannaisista (PFOS). Tässä selvityksessä keskitytään tarkastelemaan neljää POP-asetuksella rajoitettua palonestoainetta:

- c-Pentabromidifenyylieetteri (c-PeBDE)
- c-Oktabromidifenyylieetteri (c-OBDE)
- Heksabromisyklododekaani (HBCD)
- Lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP)

Lisäksi raportissa käsitellään jonkin verran nykyhetkellä yleisimmin käytettyjä (ei vielä POP-asetuksen kiellettyjen listalla olevia) palonestoaineita

- c-Dekabromidifenyylieetteriä (c-DBDE) ja (ehdolla Tukholman sopimukseen)
- Tetrabromibisfenoli A:ta (TBBPA)

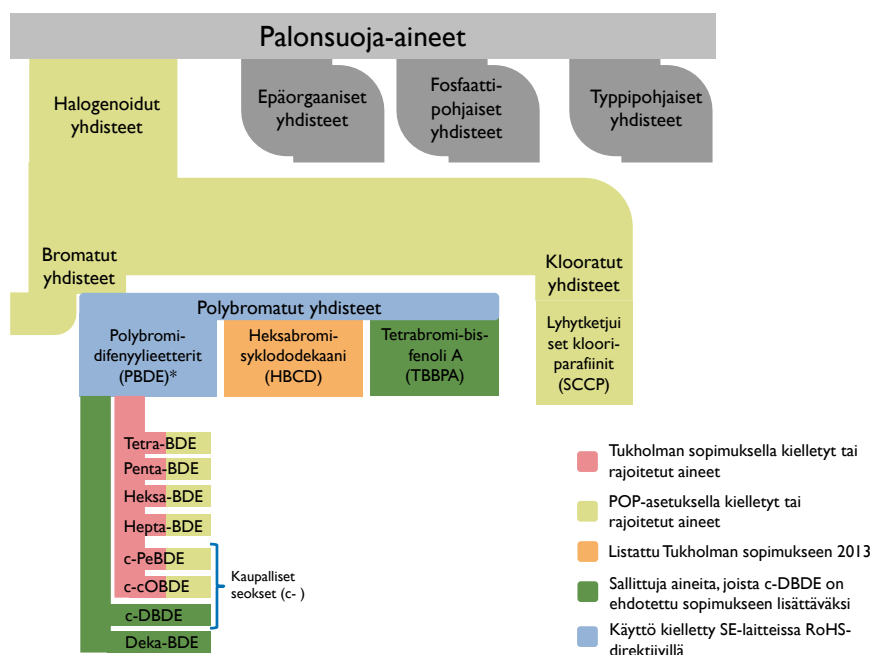
c-DBDE ja TBBPA ovat korvanneet rajoitettuja ja kiellettyjä yhdisteitä näiden aiemmissa käyttökohteissa. Yhdisteet on luokiteltu EU:ssa riskinarvioinnin perusteella PBT-yhdisteiksi (Persistent Bioaccumulative Toxic). TBBPA on luokiteltu ympäristövaaralliseksi (erittäin myrkyllistä vesieliöille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä), mutta sen myrkyllisyyttä ihmisille ei ole osoitettu. Muista em. palonestoaineista poiketen TBBPA:ta on lisätty piirikortteihin pääosin reaktiivisesti (sidottu kemiallisesti polymeereihin), jolloin se ei irtoa muovista yhtä herkästi kuin additiivisesti käytetyt difenyylieetterit, jotka on vain sekoitettu polymeereihin ja voivat siten vapautua tuotteesta helpommin käytön ja loppukäsittelyn aikana. TBBPA:ta on käytetty muovin suojaukseen myös additiivisessa muodossa. Saksan ympäristöviranomainen (Umweltbundesamt) on vuonna 2009 suosittanut rajoittamaan TBBPA:n käyttöä additiivisesti. c-DBDE on niin ikään luokiteltu ihmisille vaarattomaksi, joskin sillä on arvioitu olevan pitkäaikaisia neurotoksisia vaikutuksia ja sen on osoitettu muuntuvan alhaisemmiksi kongeneereiksi (nk. debrominaatio).

Selvityksessä käsitellään rinnakkain kaupallisia (etuliite c-) polybromidifenyylieetteriseoksia (PBDE-seoksia) ja yksittäisiä PBDE-kongeneereja, joita on olemassa yhteensä 209. Kongeneerit kategorisoidaan 10 alaryhmään kiinnittyneiden bromiatomien lukumäärän mukaan (esim. tri-, tetra-, penta-, heksa-BDE jne.). c-PeBDE, c-OBDE ja c-DBDE ovat kaupallisia seoksia, joiden tarkka koostumus vaihtelee, sillä niiden valmistuksessa on pyritty pelkästään tiettyyn keskimääräinen bromautumisasteeseen. Seosten tyypilliset ainesosat on listattu taulukkoon 2. Seosten sisältämistä kongeneereista heksa-, hepta-, tetra- ja penta-BDE ovat kiellettyjä.

Taulukko 2. Tyypillinen PBDE-kongeneerien jakauma kaupallisissa PBDE-seoksissa (UNIDO ym. 2012).

Kaupallinen seos	c-PeBDE	c-OBDE	c-DBDE
Pääkongeneerit painon mukaan	50–60 % penta-BDE 28–35 % tetra-BDE 4–8 % heksa-BDE	44 % hepta-BDE 31–35 % okta-BDE 10–12 % heksa-BDE 10–11 % nona-BDE	97–98 % deka-BDE <3 % nona-BDE

Raportissa tarkasteltavat halogenoituvat yhdisteet ja niiden sijoittuminen palonestoaineiden kenttään on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tuotteissa käytetyt, jätehuollon kannalta tärkeimmät palonestoaineet ja niiden sääteily

Tarkasteluun valitut jätejakeet

Tarkasteltavia palonestoaineita on käytetty yleisimmin erilaisissa muoveissa, kummeissa ja tekstiileissä.

Tyypillisiä käyttökohteita ovat olleet sähkö- ja elektroniikkalaitteiden (SE-laitteet) ja ajoneuvojen muoviosat, huonekalu- ja ajoneuvopehmusteet, patjat ja muut sisustustekstiilit sekä vaatetekstiilit. Aineita on käytetty palonestoon myös rakennusmateriaaleissa, muun muassa kaapeleissa ja johdoissa, tiivisteissä, saumausaineissa ja eristelevyissä.

Tarkasteltavia palonestoaineita sisältäviksi jätevirroiksi on tunnistettu etenkin SER-, ELV-, tekstiili-, huonekalu- ja rakennus- ja purkujätteet. Tässä raportissa keskitytään

- sähkö- ja elektroniikkaromuun (SER),
- romuajoneuvoihin (ELV) ja
- rakennus- ja purkujätteisiin (C&D-jäte).

Tekstiilien ja huonekalujen kierrätys uusiomateriaaleiksi on Suomessa vielä vähäistä. Tekstiilijätteen sisältämät haitalliset yhdisteet on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle. POP-jätteitä päätyy myös sekajätteen sekaan muun muassa silloin kun syntypaikkalajittelua ei hoideta asianmukaisesti. Yhdisteiden esiintyvyyttä sekajätteessä on vaikea kartoittaa eikä sitä tehty etenkään, kun sekajäte päätyy lähitulevaisuudessa enenevässä määrin poltettavaksi.

OSA I.

**Katsaus sähkö- ja elektroniikkalaitteita ja
-romua, romuajoneuvoja ja rakennusjätteitä
sääntelevään lainsäädäntöön**

1 Yleinen lainsäädännöllinen viitekehys – POP-yhdisteiden käyttöä ja leviämistä rajoittava ja jätelajikohtainen lainsäädäntö

POP-yhdisteiden tuotantoa, kauppaa, käyttöä ja päästöjä rajoitetaan pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskevalla Tukholman yleissopimuksella. Suomessa sopimus on pantu täytäntöön EU:n POP-asetuksella (2004/850/EY), joka sisältää Tukholman sopimuksen lisäksi myös YK:n Euroopan Talouskomission (UNECE) ilman epäpuh-
tauksien kaukokulkeutumissopimuksen (CLRTAP) POP-pöytäkirjan aineet. Jätteiden käsittelystä säädetään POP-asetuksen 7 artiklassa.

Tarkasteltavien jätteiden kannalta keskeistä EU-lainsäädäntöä ovat myös muuan muassa RoHS-direktiivi (2011/65/EU), SER-direktiivi (2012/19/EU) ja romuajoneu-
vodirektiivi (2000/53/EY) sekä rakennustuoteasetus (2011/305/EY) ja jätedirektiivi (2008/98/EY) kokonaisuudessaan. Teollisuuspäästädirektiivi (2010/75/EU) sääntelee jätteen sisältämien halogenoitujen yhdisteiden pitoisuutta poltossa. Bromatut ja klooratut palonestoaineet ovat halogeeniyhdisteitä. Lisäksi säädetään erikseen jätteiden viennistä ja tuonnista EU-maissa ja kolmansiin maihin jätteensiirtoasetuk-
sella (EY) N:o 1013/2006.

Muista aineista poiketen c-okta-BDE –palonsuoja-ainetta säädelään myös EU:n REACH-asetuksella (2006/1907/EY).

Taulukoihin 3 ja 4 on koottu lainsäädäntö, joka suoraan tai välillisesti säätelee tarkasteltavien yhdisteiden kemikaalikäyttöä ja yhdisteitä sisältävien jätteiden jätehuoltoa. Lainsäädännön vaikutusta palonestoaineita sisältävien jätteiden käsittelyyn tarkastellaan jätelajikohtaisesti jäljempänä.

Taulukko 3. Tarkasteltavien palonestoaineiden sääntely kemikaalikäytössä

Tarkasteltava yhdiste tai seos	tetra- ja penta-BDEa	heksa- ja hepta-BDEb	HBCD	SCCP	TBBPA	c-DBDE
Tukholman sopimus	x	x	x	Tieteellisen komitean käsiteltävänä	-	Tieteellisen komitean käsiteltävänä
POP-asetus	x	x	Tukholman sopimuksen rajoitus pannaan todennäköisesti täytäntöön POP-asetuksella todennäköisesti 2015	x	.	Tieteellisen komitean käsiteltävänä
RoHS-direktiivi (saatettu Suomessa voimaan vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa annetulla lailla (387/2013) ja sen nojalla annetulla ympäristöministeriön asetuksella (419/2013))	x	x	-	-	-	-
REACH-asetus	-	-c	Käyttö sallittu elokuuhun 2015 saakka, jonka jälkeen vain lupahakemuksen mukaiset käytöt määräjän	Käyttöä rajoitettu liitteessä XVII; rajoitus ei kohdistu tässä tarkasteltaviin materiaaleihin	-	-
Klordaani	x	x**				
Mirex	x					
Toksafeeni	x					

a) c-PeBDE:n pääkongeneerit

b) c-OBDE:n pääkongeneerit

c) c-OBDE:n pääkongeneeri okta-BDE sisältyy vain REACH-asetukseen, eikä sitä säädelä POP-asetuksella.

Taulukko 4. Tarkasteltavien palonestoaineiden sääntely jätehuollossa

Tarkasteltava yhdiste tai seos	tetra- ja penta-BDEa	heksa- ja hepta-BDEb	HBCD	SCCP	TBBPA	c-DBDE
Tukholman sopimus, 6 artikla	x	x	x	Tieteellisen komitean käsiteltävänä	-	Tieteellisen komitean käsiteltävänä
POP-asetus, 7 artikla	Velvoite poistaa kaikki bromatut palonestoaineet kierrätyksessä			-	Velvoite poistaa kaikki bromatut palonestoaineet kierrätyksessä	
Romujoneuvodirektiivi (saatettu Suomessa voimaan valtioneuvoston asetuksella eräiden vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta ajoneuvoissa (123/2015))	Ei rajoita palonestoaineiden käyttöä ajoneuvoissa. Velvoite poistaa esikäsittelyssä osat, joiden tiedetään sisältävän POP-yhdisteitä, siinä määrin kuin se on mahdollista.					
Jätedirektiivi (saatettu Suomessa voimaan jätelailla (646/2011) ja jäteasetuksella (179/2012))	Määrittää mm., milloin jäte on vaarallista jätettä					
Teollisuuspäästödirektiivi (saatettu Suomessa voimaan ympäristönsuojelulailla (527/2014 ja asetuksella jätteen polttamisesta 151/2013))	Asettaa enimmäisrajan halogenoitujen yhdisteiden pitoisuudelle, jos jäte poltetaan tavanomaisen jätteen polttokattilassa					
Jätteensiirtoasetus (EY) N:o 1013/2006	Sääntelee POP-jätteiden siirtoa maasta toiseen					

a) c-PeBDE:n pääkongeneerit

b) c-OBDE:n pääkongeneerit

2 EU:n POP-asetuksen mukaiset velvoitteet POP-jätteiden jätehuollolle

POP-asetuksen 7 artiklan mukaan jätteen tuottajien ja haltijoiden on pyrittävä estämään jätteen saastuminen POP-yhdisteillä ja käsiteltävä POP-jäte asetuksessa säädettyillä käsittelytavoilla. POP-asetuksen 7 artiklan ja Tukholman sopimuksen velvoitteita on tarkastellut lähemmin Häkkinen (2012).

Asetuksen 7 artiklan toimeenpanemiseen liittyvät keskeisesti asetuksen liitteet IV ja V. Liitteessä IV on luettelo aineista, joihin sovelletaan asetuksen 7 artiklassa annettuja jätehuoltovelvoitteita sekä pitoisuusrajat, joiden ylittyessä jäte katsotaan POP-jätteeksi.

Liitteen V osassa 1 on lueteltu 7 artiklan sallimat loppukäsittely- ja hyödyntämismenetelmät, joita tulee käyttää kun liitteessä IV säädetyn pitoisuusalarajan ylittävä POP-jäte tuhotaan tai muunnetaan palautumattomasti. Näitä menetelmiä ovat

- kemiallinen/fysikaalinen käsittely (koodi D9),
- polttaminen maalla (D10),
- pääasiallinen käyttö polttoaineena tai muuna energiantuotannon välineenä, poislukien PCB:tä sisältävä jäte (R1)
- ja metallien ja metalliyhdisteiden osalta kierrätys/ talteenotto tietyissä, mainituissa tapauksissa (R4).

Lisäksi liitteen V osassa 2 on tietyille liitteessä listatuille jätteille vaihtoehtoisia käsittelymenetelmiä, joita voidaan poikkeuskäsittelynä soveltaa tietyin ehdoin. Mikäli POP-yhdisteen pitoisuus jätteessä alittaa liitteessä V mainitun ylärajan (ns. ylempi raja-arvo), POP-jätteet voidaan poikkeustapauksessa sijoittaa vaarallisen jätteen kaatopaikalle, pysyvästi syvälle kallioperään tai suolakaivokseen. Mikäli ylempi raja-arvo ylittyy, jäte voidaan em. poikkeusmenettelyssä sijoittaa ainoastaan syvälle kallioperään tai suolakaivokseen. Poikkeuskäsittely voidaan sallia vain, jos POP-yhdisteiden tuhoaminen tai palautumaton muuntaminen toteutettuna parhaita ympäristökäytäntöjä ja parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa käyttäen ei ole ympäristön kannalta paras vaihtoehto. Luvan poikkeukselliseen käsittelyyn antaa aluehallintovirasto ympäristönsuojelulain (527/2014 220§) mukaisesti. Vaihtoehtoiset käsittelymenetelmät ovat mahdollisia vain tietyille jätejakeille, joita koskevat jäteluettelon nimikkeet on lueteltu liitteessä V osassa 2. Nämä poikkeuskäsittelyt koskevat tässä selvityksessä tarkasteltavista jätteistä vain rakentamisessa ja purkamisessa syntyviä jätteitä. SER:n ja romuajoneuvojen käsittelyssä syntyviä jätteitä ei ole mainittu liitteessä, joten niiden osalta on noudatettava liitteen V osan 1 mukaisia käsittelymenetelmiä.

Komission asetus (EU) 1342/2014 julkaistiin joulukuussa 2014 ja sen velvoitteita on sovellettu 18.6.2015 alkaen. Taulukossa 5 on esitetty POP-jätteen raja-arvot tässä selvityksessä tarkasteltaville yhdisteille.

HBCD on lisätty Tukholman sopimukseen vuonna 2013, mutta EU ei ole vielä pannut rajoitusta toimeen. HBCD:tä koskevat rajoitukset annettaneen vuoden 2015 aikana REACH-asetuksen lupamenettelyn siirtymäajan umpeuduttua. Tällöin myös HBCD:lle säädetään jäteraja-arvot.

Taulukko 5. Uudet raja-arvot (mg/kg) liitteissä IV ja V (Komission asetus 1342/2014)

POP-yhdiste	alempi raja-arvo, mg/kg (liite IV)	ylempi raja-arvo, mg/kg (liite V)
SCCP	10 000 mg/kg	10 000 mg/kg
tetra-BDE	tetra-, penta-, heksa- ja hepta-BDE:n pitoisuuksien yhteenlaskettu summa: 1 000 mg/kg	tetra-, penta-, heksa- ja hepta-BDE:n pitoisuuksien yhteenlaskettu summa: 10 000 mg/kg
penta-BDE		
heksa-BDE		
hepta-BDE		

3 POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden jätelajikohtainen sääntely

3.1

Sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) käsittelyn sääntely

Sääntely tuotteen valmistusvaiheessa

Vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa annetulla lailla (387/2013) ja sen nojalla annetulla ympäristöministeriön asetuksella (419/2013) rajoitetaan eräiden vaarallisten aineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Rajoitukset koskevat raskasmetalleja ja muun muassa eräitä bromattuja palonestoaineita. Mainituilla

Lainsäädännön velvoite: Polybromibifenyylien (PBB) ja polybromidifenyyleetterien (PBDE) käyttö pitoisuudella, joka ylittää 1 000 mg/kg, on ollut kielletty uusissa SE-laitteissa vuodesta 2006 alkaen (laiteluokat 1–7, 10). Muissa laiteluokissa velvoite astuu voimaan 2014–2019.

Koskee tarkasteltavista yhdisteistä: c-OBDE, c-PeBDE ja c-DBDE

säädöksillä on pantu täytäntöön uusi RoHS-direktiivi (2011/65/EU). POP-yhdisteiden osalta direktiivi säätelee kahden bromatun palonestoaineryhmän, polybromibifenyylien (PBB) sekä polybromidifenyyleettereiden (PBDE), käyttöä. Direktiivissä säädetään, että aineen enimmäispitoisuus homogeenisessa materiaalissa saa olla korkeintaan 0,1 p-%, eli 1 000 mg/kg.

Uuden RoHS-direktiivin soveltamisala kattaa kaikki sähkö- ja elektroniikkalaitteet tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta, kun aikaisemmassa vuonna 2002 annetussa RoHS-direktiivissä (2002/95/EY) laiteluokkia oli rajoitetummin. Vanhoissa laiteluokissa ainerajoitukset tulivat voimaan vuonna 2006. Uusissa laiteluokissa on siirtymäajat kiellettyjen aineiden poistamiselle (taulukko 6).-

Taulukko 6. RoHS-direktiivin laiteluokat ja eräiden vaarallisten aineiden käytön rajoitusten voimaantulospäivämäärät

Laiteluokka	Ainerajoitus voimassa alkaen
1. Suuret kodinkoneet	1.7.2006
2. Pienet kodinkoneet	1.7.2006
3. Tieto- ja teletekniset laitteet	1.7.2006
4. Kuluttajaelektronikka	1.7.2006
5. Valaistuslaitteet	1.7.2006
6. Sähkö- ja elektroniikkakäytökälykalut	1.7.2006
7. Lelut, vapaa-ajan- ja urheiluvälineet	1.7.2006
8. Lääkinnälliset laitteet	22.7.2014
8. In vitro -diagnostiikkaan tarkoitetut lääkinnälliset laitteet	22.7.2016
9. Tarkkailu- ja valvontalaitteet	22.7.2014
9. Teollisuuden tarkkailu- ja valvontalaitteet	22.7.2017
10. Automaatit	1.7.2006
11. Muut sähkö- ja elektroniikkalaitteet, jotka eivät kuulu edellä mainittuihin luokkiin	22.7.2019

Säätely jätteenkäsittelyvaiheessa

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyä sääntelevä SER-direktiivi (2012/16/EY) on pantu Suomessa voimaan jätelailla (646/2011) ja asetuksella sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (519/2014). Asetuksessa velvoitetaan keräämään erikseen 45 p-% markkinoille saatetuista SE-laitteista vuodesta 2016 alkaen ja 65 p-% vuodesta 2019 eteenpäin. Asetuksessa säädetään vähimmäistavoitteet SER:n uudelleenkäytöstä ja kierrätyksestä laiteluokkakohdaisesti.

Lainsäädännön velvoite: Kaikki bromattu- ja palonestoaineita sisältävät muoviosat tulee poistaa SER:n käsittelyssä.

Koskee tarkasteltavista yhdisteistä: c-OBDE, c-PeBDE, c-DBDE, HBCD, TBBPA

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromuasetuksen 7 §:ssä säädetään SER:n käsittelystä. Romu on käsiteltävä asetuksen liitteen 3 säätämällä tavalla. Liitteen kohdan 2 mukaan erilliskeräystä SER:stä on poistettava mainitut aineet, seokset ja komponentit. Mainittujen aineiden, seoksien ja komponenttien joukossa ovat bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit. Myös piirikortit, jotka ovat pinta-alaltaan suurempia kuin 10 cm², pitää poistaa matkapuhelimista ja muista laitteista. Asetuksessa ei ole määrätty, missä vaiheessa prosessia bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit, mainitut piirikortit tai muut haitalliset aineet, seokset ja komponentit tulee erotella.

3.2

Romuajoneuvojen (ELV) käsittelyn säätely

Säätely tuotteen valmistusvaiheessa

Euroopan yhteisön direktiivi romuajoneuvoista (2000/53/EY) sääntelee myös ajoneuvojen valmistusta. Direktiivi on tältä osin viety kansalliseen lainsäädäntöön jätelailla (646/2011) ja valtioneuvoston asetuksella romuajoneuvoista sekä vaarallisten aineiden käytön rajoittamiseksi ajoneuvoissa (VNA 123/2015).

Jätelain 9 §:n mukaan tuotteen valmistajan on mm. huolehdittava siitä, että valmistuksessa vältetään ympäristölle ja terveydelle haitallisia aineita sisältävien raaka-aineiden käyttöä ja ne korvataan haitattomammilla raaka-aineilla. Tuotteesta ei saa jätteenä aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle eikä huomattavaa haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle. Valmistajan on huolehdittava myös siitä, että jätehuollon toimijoille annetaan tarpeelliset tiedot tuotteen tai sen osien uudelleenkäytöstä, purkamisesta ja kierrätyksestä sekä vaarallisten aineiden ja osien sijainnista tuotteessa.

Lainsäädännön velvoite: Ajoneuvojen valmistuksessa on vältettävä vaarallisten aineiden käyttöä. Valmistajan on koodattava tiettyjä ajoneuvon materiaaleja uudelleenkäytettävyyden ja hyödynnettävyyden parantamiseksi ja haitallisten aineiden erottamiseksi.

VNA:n (123/2015) 4§:ssä säädetään, että markkinoille saatettavan ajoneuvon materiaalit ja osat eivät saa sisältää lyijyä, elohopeaa, kadmiumia tai kuuden arvoista kromia - lukuun ottamatta eräitä asetuksen liitteessä 1 säädettyjä poikkeuksia, jotka liittyvät em. aineiden esiintymiseen esim. seosaineissa ja elektroniikan komponenteissa.

Lisäksi ajoneuvoja kuvaavissa aineistoissa on oltava kuluttajan saatavilla tiedot mm. uudelleenkäytettävyydestä, kierrätettävyydestä ja muusta hyödynnettävyydestä, esikäsitelystä ja purkamisesta (12§).

Asetus velvoittaa ajoneuvon valmistajat antamaan ohjeen automallin romuttamisesta viimeistään puoli vuotta automallin esittelyn jälkeen. Valmistajien tulee käyttää tiettyjä osien ja materiaalien koodausstandardeja uudelleenkäytettävyyden ja hyödynnettävyyden parantamiseksi. Tiedoista on käytävä ilmi ajoneuvojen osat ja materiaalit sekä vaarallisten aineiden sijainti ajoneuvossa siinä laajuudessa kuin romuajoneuvojen esikäsittelylaitosten on tarpeen ne tietää vaatimusten täyttämiseksi. Autoteollisuus on vastannut veloitteeseen IDIS-järjestelmällä (International Dismantling Information System), joka sisältää ajoneuvovalmistajien kokoamia tietoja käsittelystä vastaaville toimijoille. IDIS-järjestelmän tietoja voitaisiin nykyistä useammin Suomessa hyödyntää purkamotyössä.

Sääntely jätteenkäsittelyvaiheessa

Euroopan yhteisön direktiivi romuajoneuvoista (2000/53/EY) luo perustan romuajoneuvojen tuottajan vastuulle. Direktiivi on jätteenkäsittelyn osalta viety Suomen lainsäädäntöön jätelailla (646/2011) ja romuajoneuvoasetuksella. Asetuksessa sääde-

Lainsäädännön velvoite: Romuajoneuvojen esikäsittelyssä on poistettava siinä määrin kuin on mahdollista ne osat, joiden tiedetään sisältävän POP-yhdisteitä.

tään, että tuottajan on, tarvittaessa yhteistyössä muiden taloudellisten toimijoiden kanssa, huolehdittava siitä, että vuoteen 2015 mennessä romuajoneuvoista käytetään uudelleen tai hyödynnetään vuodessa yhteensä vähintään 95 prosenttia sekä käytetään uudelleen tai kierrätetään vuodessa yhteensä vähintään 85 pro-

senttia (keskimääräisestä painosta ajoneuvoa ja vuotta kohti). Samoin säädetään, että romuajoneuvon osat ja aineet on ensisijaisesti käytettävä uudelleen tai kierrätettävä. Jos uudelleenkäyttö tai kierrätys ei ole mahdollista, osat ja aineet on mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä muulla tavoin. Romuajoneuvoasetuksen (VNa 123/2015) liitteen 2 mukaan esikäsittelyssä on kierrätyksen edistämiseksi poistettava renkaat ja isot muoviosat, esimerkiksi puskurit, kojelauta, nestesäiliöt, jos näitä materiaaleja ei eroteta murskaamisessa siten, että ne voidaan tehokkaasti kierrättää materiaaleina.

Romuajoneuvoasetuksessa säädetään, että romuajoneuvojen varastoinnissa ja esikäsittelyssä uudelleenkäyttöön soveltuvat osat poistetaan ja varastoidaan siten, että ne voidaan valmistella uudelleenkäyttöön. Uudelleenkäyttöön soveltumattomat osat ja materiaalit on toimitettava mahdollisuuksien mukaan kierrätettäväksi tai muutoin hyödynnettäväksi. Asetuksen liitteen 2 veloitteen mukaisesti merkityt lyijyä, elohopeaa, kadmiumia tai kuuden arvoista kromia sisältävät osat ja materiaalit on poistettava. Vaaralliset osat ja materiaalit on poistettava ja lajiteltava siten, etteivät ne pilaa romuajoneuvojen murskauksessa syntyvää jätettä. Esikäsittelyssä on myös liitteessä 2 säädetyn mukaisesti poistettava siinä määrin kuin on mahdollista ne osat, joiden tiedetään sisältävän POP-yhdisteitä.

3.3

Rakennus- ja purkujätteen käsittelyn sääntely

Sääntely tuotteen valmistusvaiheessa

Rakennustuoteasetuksessa (EU) N:o 305/2011 säädetään CE-merkinnän pakollisuudesta kaikille niille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi. Rakennustuotteiksi katsotaan rakennuskohteeseen kiinteäksi osaksi tulevat tuotteet, kuten esimerkiksi betonielementit, ikkunat, kantavat teräsrakennneosat, rakennesahatavara, kiviaines ja tiemerkinnot. Merkintä on ollut pakollinen 1.7.2013

alkaen. Rakennustuotteita koskevilla tuotestandardeissa tullaan esittämään yhte-näiset testausstandardit EU:ssa säänneltyjen vaarallisten aineiden (esimerkiksi tietyt orgaaniset haitta-aineet, metallit, karsinogeenit) määrittämisestä (Ruuska ym. 2012).

Säätely jätteenkäsittelyvaiheessa

Jäteasetuksessa (179/2012) on asetettu tavoitteeksi, että vuonna 2020 rakennus- ja purkujätteistä kierrätetään 70 painoprosenttia. Tähän määrään ei lueta mukaan kalliota tai maaperästä irrotettuja maa- ja kiviaineksia eikä vaarallisia jätteitä. Tavoite seuraa jätedirektiivistä (2008/98/EY). Jäteasetuksen 15 § mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta siten, että jätelain 8 §:n mukaisesti otetaan talteen ja käytetään uudelleen käyttökelpoiset esineet ja aineet ja että toiminnassa syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta rakennus- ja purkujätettä. Jätelain selvilläolo- ja tiedonantovelvollisuus (12 §) edellyttää, että rakennusyritys on selvillä rakennus- ja purkutoiminnassa syntyvistä jätteistä, niiden laadusta ja muista jätehuollon järjestämiselle merkityksellisistä jätteen ominaisuuksista.

Rakennusjätteiden hyödyntämisestä säädetään jäteasetuksen 16 §:ssä. Rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä jätteen erilliskeräys siten, että mahdollisimman suuri osa jätteestä voidaan valmistella uudelleenkäyttöön, kierrättää tai hyödyntää. Jätelain 15 §:ssä säädetyn edellytyksin jätteiden erilläänpitovelvollisuudesta erilliskeräys on järjestettävä ainakin seuraaville jätelajeille: betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajäte, kipsipohjaiset jätteet, kyllästämätön puujäte, metallijäte, lasijäte, muovijäte, paperi- ja kartonkijäte ja maa- ja kiviainesjäte.

Lainsäädännön velvoite:

Tietyille rakennusjätelajeille - betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteille, kipsipohjaisille jätteille, kyllästämättömälle puujätteelle, metallijätteille, lasijätteille, muovijätteille, paperi- ja kartonkijätteille ja maa- ja kiviainesjätteille - on järjestettävä erilliskeräys. Jätteen haltijalla on selvilläolovelvollisuus jätteen laadusta.

4 POP-lainsäädännön vaikutukset SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteiden keräys- ja kierrätystavoitteiden saavuttamiseen

Jätelainsäädännössä on asetettu kierrätystavoitteet sekä SER-, ELV että rakennus- ja purkujätteille. Asetut tavoitteet erilliskeräyksen ja kierrätyksen osalta on esitetty taulukossa 7. Vuonna 2011 SER-jätteestä kierrätettiin 89 % ja hyödynnettiin 93 % (Pirkanmaan ELY 2013). ELV-jätteen hyödyntämistä oli vuonna 2012 95 % ja kierrätysaste 82,5 % (Linho 2013). Rakennus- ja purkujätteessä kokonaishyödyntämiseksi on arvioitu 73 %, luku pitää sisällään kuitenkin paljon energiahyödyntämistä (Ruuska ym. 2013). Ruuskan ym. mukaan rakennus- ja purkujätteen kierrätystä tulee lisätä huomattavasti jäteasetuksessa asetetun 70 %:n kierrätystavoitteen saavuttamiseksi.

POP-asetuksen ja siinä määriteltyjen jäteraja-arvojen soveltaminen voi aiheuttaa tarpeen kehittää SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteen nykyistä käsittelyä Suomessa ja estää joidenkin nykyisin kierrätettävien jakeiden kierrätyksen. POP-asetus vaatii tuhoamaan jätteen POP-sisällön tai muuntamaan sen palautumattomasti, mikäli POP-yhdisteen pitoisuus ylittää asetuksen liitteessä IV määritetyn raja-arvon.

POP-asetuksen soveltaminen vaikuttaa vaihtelevasti eri jättejakeille asetettujen kierrätystavoitteiden toteutumiseen:

- Voi heikentää romuajoneuvojen kierrätystavoitteen saavuttamista, koska kierrätysprosentti lasketaan koko romuajoneuvon keskipainosta ennen kuin siitä on poistettu mitään osia.
- Ei vaikuta sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätystavoitteiden toteutumiseen, koska kierrätysprosentti lasketaan sellaisesta jätteestä, josta on jo poistettu SER-asetuksen liitteessä 3 luetellut vaaralliset osat (kuten bromattuja palones-toaineita sisältävät muovit).
- Rakennusjätteen kierrätykselle asetetun 70 % tavoitteen saavuttamisen kannalta merkityksellistä on, onko POP-jäte luokiteltu vaaralliseksi vai vaarattomaksi. Vaaralliseksi luokiteltua POP-jätettä ei tarvitse ottaa huomioon rakennus- ja purkujätteen kierrätysvelvoitteiden laskemisessa.

Taulukko 7. Jätelainsäädännön asettamat erilliskeräys- ja kierrätystavoitteet SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteelle.

Jätejae	Erilliskeräystavoite	Kierrätystavoite	Säädös
SER	Vähimmäiskeräysaste EU-maissa on 45 % markkinoille saatettujen SE-laitteiden keskimääräisen painon prosentuaalisena osuutena vuoteen 2016 mennessä ja 65 % vuoteen 2019 mennessä.	Hyödyntämis- ja kierrätystavoitteet on määritelty erikseen eri SE-laitteiden luokille. Uudessa asetuksessa vähimmäistavoitteet ovat asetettu erikseen vuoteen 2015 ja 2018 asti sekä vuodesta 2018 eteenpäin. Vuodesta 2018 eteenpäin on hyödynnettävä laiteluokakohtaisesti vähintään 75–85 % ja valmistettava uudelleenkäyttöä varten tai kierrätettävä vähintään 55–80 %.	Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (519/2014)
ELV		Romuajoneuvoasetuksessa todetaan, että tuottajan on huolehdittava siitä, että romuajoneuvoista valmistellaan uudelleenkäyttöön tai hyödynnetään muulla tavoin vuodessa yhteensä vähintään 95 prosenttia sekä valmistellaan uudelleenkäyttöön tai kierrätetään vuodessa yhteensä vähintään 85 prosenttia.	Valtioneuvoston asetus romuajoneuvoista (123/2015)
Rakennus- ja purkujäte	Jäteasetuksen 16 §:n mukaan rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä jätteen erilliskeräys §:ssä mainituille jätelajeille. Muovijätteet on yksi luetelluista jätelajeista.	Jäteasetuksen 16 §:ssä säädetään tavoitteena, että vuonna 2020 hyödynnetään muutoin kuin energiana tai polttoaineeksi valmistamisessa vähintään 70 painoprosenttia rakennus- ja purkujätteestä, kallio- tai maaperästä irrotettuja maa- ja kiviaineksia sekä vaarallisia jätteitä lukuun ottamatta.	Valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012)

5 POP-jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – luokittelu ratkaisee loppukäsittelyvaihtoehdot

POP-yhdisteitä sisältävä jäte voi olla joko tavanomaista jätettä tai vaarallista jätettä. Luokitukseen vaikuttavat POP-yhdisteiden pitoisuuden lisäksi mm. jätelaji, toimiala jolta jäte syntyy, sekä jätteen sisältämien muiden haitallisten aineiden pitoisuudet.

Jätteen luokittelu vaaralliseksi tai vaarattomaksi jätteeksi perustuu jätedirektiiviin (2008/98/EU) ja EU:n jäteluetteloon (komission päätös 2014/955/EU). Jäte vaarallista jätettä, jos sillä on yksi tai useampi jätedirektiivin liitteessä III lueteltu vaaraominaisuus (komission asetus (EU) n:o 1357/2014). Jäte voi olla mm. palo- tai räjähdysvaarallista, tartuntavaarallista, muulla tavoin terveydelle vaarallista, tai vaarallista ympäristölle. Komission asetuksessa on annettu tarkentavia kriteerejä, kuten vaarallisten aineiden raja-arvoja, joita jätteiden luokittelussa sovelletaan. Määritelmää on täydennetty EU:n jäteluettelolla, jossa on lueteltu ne jätteet, jotka katsotaan yhteisössä vaarallisiksi jätteiksi. Komission asetus jätteiden vaaraominaisuuksien kriteereistä on sellaisenaan sovellettavaa lainsäädäntöä myös Suomessa. EU:n jäteluettelo on Suomessa pantu täytäntöön jäteasetuksen (179/2012, muutettu 86/2015) liitteessä 4.

Jäteasetuksen liitteessä 4 säädetään, milloin POP-yhdisteitä sisältävä jäte on vaarallista jätettä. Sen mukaan suurimmalle osalle POP-yhdisteistä sovelletaan vaarallisen jätteen pitoisuusrajana EU:n POP-asetuksen (850/2004) liitteen IV pitoisuusrajaa (ns. alempi POP-raja)¹. Poikkeuksen tästä säännöstä muodostavat tetra-, penta-, heksa- ja heptabromidifenyylieetterit, PFOS ja sen johdannaiset, endosulfaani, heksaklooributadieeni, polyklooratut naftaleenit sekä SCCP. Niiden luokittelussa vaaralliseksi jätteeksi sovelletaan yleisiä jäteluokittelun pitoisuusrajoja, jotka on annettu komission asetuksessa 1357/2014.

Vaarallisen jätteen pitoisuusrajojen lisäksi jätteen luokittelun kannalta on keskeistä, onko kyseinen jäte luokiteltu jäteluettelossa vaaralliseksi vai vaarattomaksi. Jäteluettelossa on useita nimikkeitä, jotka koskevat myös POP-jätteitä, mutta jotka luokitellaan aina vaarattomaksi jätteeksi. Tällaisia ovat esimerkiksi useat bromattuja palonestoaineita mahdollisesti sisältävät jättejakeet, kuten yhdyskunnista peräisin olevat huonekalut, patjat ja muovit sekä jätteiden mekaanisessa käsittelyssä (kuten lajittelussa, murskauksessa, paalauksessa ja pelletoinnissa) syntyvät muovijättejakeet. (Häkkinen 2015).

¹ Jätteet, jotka sisältävät PCDD/PCDF:ää, DDT:ä, klordaania, heksakloorisykloheksaaneja (ml. lindaanini), dieldriiniä, endriiniä, heptaklooria, heksaklooribentseeniä, klordekonia, aldriiniä, pentaklooribentseeniä, mirexiä, toksafeeniä, heksabromibifenyylä ja/tai PCB:tä siten, että POP-asetuksen (2004/850/EY) liitteen IV raja-arvo ylittyy (ns. alempi raja-arvo), luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi (Jäteasetuksen (179/2012, muutettu 86/2015) liite 4).

Luokittelu vaaralliseksi jätenimikkeen perusteella

POP-jätteen luokittelun lähtökohtana on ensisijaisesti jäteasetuksen liitteen 4 jäteluettelo. Jäteluettelossa on kolmenlaisia nimikkeitä:

- jätteet, jotka on aina luokiteltu vaarallisiksi (tähdellä merkityt nimikkeet)
- jätteet, jotka on aina luokiteltu vaarattomiksi
- jätteet, joille löytyy sekä vaarattoman että vaarallisen jätteen nimike (ns. rinnakkaisnimikkeet)

Jos POP-jäte kuuluu sellaiseen jätenimikkeeseen, joka on luokiteltu aina vaaralliseksi jätteeksi tai aina vaarattomaksi jätteeksi, ei jätteen luokittelemisesta tarvitse tehdä erillistä arviota. Jos jäte on luokiteltu ns. rinnakkaisnimikkeeseen, eli samalle jätteelle löytyy sekä vaarattoman jätteen että vaarallisen jätteen nimike, on jätteen luokittelu tehtävä tapauskohtaisesti POP-yhdisteille asetettujen raja-arvojen sekä jätedirektiivin liitteessä III esitettyjen muiden kriteerien mukaisesti.

Jäteluettelon mukaisesta luokituksesta voidaan yksittäistapauksessa poiketa (jätelain 7 §). Poikkeuspäätöksen tekee tapauksesta riippuen joko aluehallintovirasto tai alueellinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Seuraavassa on käsitelty tutkimuksessa tarkasteltavien jätteiden luokittelua jäteasetuksen liitteen 4 jäteluettelossa.

Romuajoneuvot

Romuajoneuvoihin liittyvät jätenimekkeet on annettu jäteasetuksen liitteen 4 nimikeryhmässä 16 01. Vaaralliseksi luokitellaan romuajoneuvot, jonka nesteitä tai vaarallisia osia ei ole poistettu (16 01 04*). Lisäksi vaarallisen jätteen nimikkeen saavat mm. öljynsuodattimet, elohopeaa sisältävät osat jne. Romuajoneuvot, jotka eivät sisällä nesteitä eivätkä muita vaarallisia osia (16 01 06) eivät ole vaarallista jätettä. Romuajoneuvoista eroteltua muovia (16 01 19) tai muita osia, (esim. tekstiilipäälysteitä) (16 01 22) ei ole myöskään luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi.

Romuautojen murskauksessa syntyy autonpaloittelu-jätettä (nk. fluff). Nimikeryhmässä 19 10 metallinöyhtä (fluff) -kevytjäte ja pöly, jotka sisältävät vaarallisia aineita, luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi.

Romuajoneuvojen murskauksessa syntyvä fluff luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jos se sisältää vaarallisia aineita. Käytännössä fluff on luokiteltu Suomessa vaaralliseksi korkean sinkkipitoisuutensa takia.

SER

Sähkö ja -elektroniikkalaitteisiin liittyvät jätenimikkeet on annettu jäteasetuksen liitteen 4 nimikeryhmässä 16 02 (sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ja muiden laitteiden jätteet) ja nimikeryhmässä 20 (Yhdyskuntajätteet, erilliskerätyt jakeet mukaan luettuina). Näiden nimikeryhmien mukaan käytöstä poistetut SE-laitteet ja niiden osat vaarallista jätettä, jos ne sisältävät vaarallisia aineita, esim. PCB:tä, CFC-aineita, vapaata asbestia, tai vaarallisia osia kuten elohopeakytkimiä, aktivoitunutta lasia tai vaarallisia paristoja ja akkuja (16 02 09*-13*, 16 02 15*, 16 02 97*, 20 01 35*). SER tai sen osa voi saada vaarattoman jätteen nimikkeen vain, jos se ei sisällä vaarallisia osia (16 02 14, 16 02 16, 16 02 98, 20 01 36).

SER tai sen osa luokitellaan vaaralliseksi jos ne sisältävät vaarallisia aineita, mutta laitteen muoviosien vaarallisuudesta ei ole erikseen mainintaa. Muoviosien vaarallisuus pitää tarkastella erikseen sen sisältämien vaarallisten aineiden pitoisuuksien perusteella.

Rakennus- ja purkujäte

Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet on nimetty jäteasetuksen liitteen 4 nimikeryhmässä 17. Tämän selvityksen kannalta keskeinen on muovi, joka on vaaratonta jätettä (17 02 03), ellei se sisällä vaarallisia aineita tai ole niiden saastuttama (17 02 04*). Muut mahdollisesti merkitykselliset jätteet kattavat vaaralliseksi luokiteltavat nimikkeet 17 09 03* (muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita) ja vaarattomaksi luokiteltavat nimikkeet 17 09 04 (muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät sekalaiset jätteet).

Rakennus- ja purkujätteen luokittelamista vaaralliseksi jätteeksi POP-pitoisuuden perusteella tulee tarkastella erikseen sen sisältämien vaarallisten aineiden pitoisuuksien perusteella.

5.2

Tarkasteltaville POP-yhdisteille sovellettavat vaarallisen jätteen raja-arvot

Jäteasetuksen liitteen 4 mukaan tässä selvityksessä tarkasteltaville POP-palonestoaineille vaarallisen jätteen raja-arvona sovelletaan komission asetuksen 1357/2014 mukaisia yleisiä jäteluokittelun pitoisuusrajoja. Pitoisuusrajat määräytyvät aineen kemikaalilainsäädännön mukaisen luokituksen mukaan.

Jätteen ympäristövaarallisuudelle ei ole toistaiseksi määritelty raja-arvoja EU-tasolla. Suomessa ympäristövaarallisuuden arvioinnissa käytetään ensisijaisesti kemikaalilainsäädännön mukaisia raja-arvoja ja kriteerejä (Häkkinen 2015).

Taulukossa 8 on esitetty tarkasteltavien POP-yhdisteiden vaarallisen jätteen raja-arvot vaaraominaisuuksien perusteella. Vaaraominaisuuksien luokat vaarallisten aineiden luettelosta tai muusta tietokannasta kullekin PBDE-yhdisteille ja SCCP:lle on koonnut Häkkinen (2015) ja HBCD:tä varten ne on selvitetty erikseen.

Taulukko 8. POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden luokittelussa vaaralliseksi jätteeksi sovellettavat raja-arvot

POP-yhdiste	POP-asetuksen liitteen IV raja-arvo	Luokittelu vaaraominaisuuden perusteella	
		Vaaraluokat	Raja-arvo, jonka ylittyessä jäte on vaarallista jätettä
tetra-BDE penta-BDE ¹	1 000 mg/kg ml (heksa- ja heptaBDE)	Lact. (H362) STOT RE 2 (H373) Aquatic Acute I (H400) Aquatic Chronic I (H410)	2 500 mg/kg (0,25 p-% *)
heksa-BDE hepta-BDE ²	1 000 mg/kg, (ml tetra- ja penta-BDE)	Repr. IB (H360)	3 000 mg/kg (0,3 %)
REACH-asetus	10 000 mg/kg	Carc. 2 (H351), Aquatic Acute I (H400) Aquatic Chronic I (H410)	2 500 mg/kg (0,25 p-% *)
HBCD	tulee POP-asetukseen todennäköisesti vuoden 2015 kuluessa	Repr. 2 (H361) Lact. (H362)	30 000 mg/kg (3 %)

1) c-PeBDE:n pääkongeneerit

2) c-OBDE: pääkongeneerit

* kansallisesti sovellettava ympäristövaaran raja-arvo (Häkkinen 2015)

Seuraukset POP-jätteen luokittelusta vaaralliseksi tai tavanomaiseksi jätteeksi

Luokittelu vaaralliseksi tai tavanomaiseksi jätteeksi ei vaikuta POP-jätteen käsittelyvelvoitteisiin, joista on säädetty POP-asetuksessa. Tältä osin sovelletaan POP-asetuksen liitteiden IV ja V raja-arvoja ja jäte käsitellään asetuksen artiklan 7 mukaisesti.

Jätteen luokittelulla on kuitenkin merkitystä POP-yhdisteiden tuhoamismenetelmän valinnan kannalta. Mikäli POP-jäte on tavanomaista jätettä, se voidaan polttaa jätteenpolttoasetuksen (151/2013) mukaisesti tavanomaisen jätteen polttolaitoksessa (lämpötilavaatimus 850 °C). Jos POP-jäte on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi ja sen sisältämien halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus on enemmän kuin yksi prosentti kloorina ilmaistuna, lämpötilan on oltava vähintään 1100 °C vähintään kahden sekunnin ajan.

Mikäli POP-yhdisteen määrä POP-jätteessä on hyvin pieni, kyseessä voi olla tahaton kontaminoituminen, esim. kierrätysmuovin käyttäminen valmistuksen raaka-aineena. Pitoisuus ei tällöin välttämättä riitä luokittelemaan jätettä vaaralliseksi jätteeksi (vaihtoehto 2). Jäte voi kuitenkin tulla luokitelluksi vaaralliseksi jätteeksi myös jonkin muun haitallisen aineen tai ominaisuuden takia.

6 POP-yhdisteitä sisältävän muovijätteen maasta vieminen

Jätteen vientiä ja tuontia EU:n jäsenmaiden välillä sekä EU:n ulkopuolelle ja ulkopuolelta säätelee EU:n jätteensiirtoasetus. Asetus täyttää kansainvälisen Baselin yleissopimuksen velvoitteet vaarallisten jätteiden maan rajan ylittävien siirtojen ja käsittelyn valvonnasta ja panee osaltaan täytäntöön Tukholman sopimuksen vaatimuksen estää POP-jätteiden siirrot maasta toiseen kansainvälisten sopimusten vastaisesti. Jätteensiirtoasetus myös kieltää vaarallisten jätteiden viemisen EU- ja OECD-maiden ulkopuolelle.

Jätteiden siirtoja loppukäsiteltäväksi säädellään tiukemmin kuin niiden siirtoja hyödynnettäväksi.

Jätedirektiivi ja jätteensiirtoasetus edellyttävät omavaraisuutta jätteiden loppukäsittelyssä EU:lta kokonaisuutena mutta mahdollisimman pitkälle myös kultakin jäsenmaalta. Suomessa omavaraisuusperiaatteen soveltamisesta on säädetty jätelaissa. Koska POP-jätteet tulisi ensisijaisesti loppukäsittää, voidaan niitä viedä muihin EU- ja EFTA-maihin vain poikkeustapauksissa. Siirrot loppukäsiteltäväksi toiseen maahan edellyttävät aina lupaa jätteen kansainvälisistä siirroista vastaavalta toimivaltaiselta viranomaiselta (Suomen ympäristökeskus).

Jätteiden siirrot hyödynnettäväksi toiseen maahan ovat myös yleensä luvanvaraisia. Poikkeuksen muodostavat jätteensiirtoasetuksessa luetellut ns. vihreän jäteluettelon jätteet, joiden siirtoihin EU- ja OECD-maiden välillä ei vaadita erillistä lupaa. Näihin kuuluvat mm. muovijätteet. On kuitenkin huomioitava, että jätteensiirtoasetuksen mukaan vihreässä jäteluettelossa mainittu jäte, joka on siinä määrin muiden aineiden saastuttama, että se lisää oleellisesti jätteeseen liittyviä riskejä tai estää jätteen hyödyntämisen ympäristönsuojelullisesti hyväksyttävällä tavalla, ei kuulu vihreän menettelyn piiriin. Jos muovijäte tai sen osa sisältää POP-yhdisteitä yli POP-asetuksen liitteen IV alemman pitoisuusrajan, ei sitä voida siirtää vihreän luettelon jätteenä ilman lupamenettelyä. Lupamenettelyssä tarkastellaan, täyttääkö siirto ja vastaanottava laitos EU:n POP-asetuksessa ko. jätteen käsittelylle asetetut vaatimukset.

Myös POP-jätteiden tuontia säädellään jätteensiirtoasetuksen mukaisesti. POP-jätteiden kansainvälisten siirtojen rajoittamista koskevan velvoitteen toimeenpanoa on käsitellyt tarkemmin Häkkinen (2012).

7 Tuleva POP-yhdisteitä koskeva sääntely

Tukholman sopimukseen voidaan lisätä osapuolikokouksissa uusia POP-yhdisteitä, joiden tuotantoa, kauppaa, käyttöä ja päästöjä rajoitetaan. Sopimusta on täydennetty kolmesti vuosina 2009, 2011 ja 2013. Parhailtaan käsittelyssä on dekabromidifenyylietteri PBDE, jonka listaamisesta voidaan tehdä päätös aikaisintaan 2017. Uudet rajoitukset saatetaan EU:ssa voimaan POP-asetuksella, joka on jäsenmaille suoraan velvoittavaa lainsäädäntöä.

Tiedossa olevia muutoksia on tulossa RoHS-direktiiviin. Komissio tarkistaa ainerajoitusten luetteloja määrääjain joko omasta aloitteestaan tai jonkin jäsenvaltion ehdotuksesta. Näiden tarkistusten yhteydessä on mahdollista, että ainerajoituksiin lisätään uusia aineita. Direktiivin artiklan 6.1 mukaisesti tarkastelussa otetaan huomioon muun muassa

- aineen mahdollinen haitallinen vaikutus laitteiden jätehuollossa, uudelleen-käytössä tai materiaalinkierrätyksessä,
- aineen mahdollinen hallitsematon leviäminen ympäristöön, hajapäästöjen aiheutuminen tai vaarallisten jäämien tai muuntumis- tai hajoamistuotteiden syntyminen sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyn valmistelussa
- romun käsittely- ja keräysprosessien työntekijöiden altistuminen aineelle tavalla, jota ei voida hyväksyä.

OSA II.

POP-yhdisteiden esiintyvyys ja pitoisuudet tarkasteltavissa muovijätteissä

8 Tarkasteltavien POP-yhdisteiden käyttö

8.1

Yhdisteiden tyypillisimmät käyttökohteet

Kielletyistä yhdisteistä **c-PeBDE**:tä on käytetty pääasiallisesti suojaamaan polyuretaanivaahtoa (PUR). Arvio on, että 90 % maailman c-PeBDE:stä on käytetty PUR:n palosuojaukseen. Palosuojattua PUR-vaahtoa on käytetty tyypillisesti ajoneuvoissa, patjoissa, huonekaluissa ja muissa käyttökohteissa pehmusteena, mutta myös kylmälaitteiden eristeissä ja rakennustuotteissa. Lisäksi c-PeBDE:tä on käytetty useissa muissakin käyttökohteissa, näistä merkityksellisin saattaa olla piirikorttien epoksihartsi. (ESWI 2011, Häkkinen 2012). c-PeBDE:tä lisättiin muoviin tyypillisesti 5–16 p-%:n osuudella (50 000–160 000 mg/kg) (Alaee ym. 2003).

c-OBDE:stä on maailmanlaajuisesti käytetty 70 % ja Euroopassa 95 % suojaamaan akrylinitriilibutadieenistyreeniä muovia (ABS-muovi), joka on tyypillinen SE-laitteiden kuorien ja koteloiden valmistusmateriaali. Myös ajoneuvojen kovissa muoviosissa on käytetty ABS-muovia. c-OBDE:n toinen tyypillinen käyttökohte on ollut iskunkestävä polystyreenimuovi (HIPS-muovi). (ESWI 2011, POPRC 2007.) c-OBDE:tä lisättiin muoviin tyypillisesti 12–18 p-%:n osuuksilla (120 000–180 000 mg/kg) (Alaee ym. 2003).

HBCD stä 90 % on käytetty polystyreenivaahtojen (etenkin EPS:ään ja XPS:ään) palosuojaukseen ja vain 2 % kokonaiskäytöstä on HIPS-muovissa. EPS:ää ja XPS:ää käytetään etenkin eristemateriaaleina rakennuksissa ja muussa rakentamisessa. HBCD:llä suojattua HIPS-muovia esiintyy SE-laitteiden muovikoteloissa; videokasettikotelot, videosoittimien ja stereoiden kuoret ja jakorasiat on mainittu tyypillisinä käyttökohteina. Lisäksi HBCD:tä on käytetty verhoilutekstiilien suojaukseen mm. sisustustekstiileissä (verhoilukankaat, rullaverhot) ja ajoneuvojen penkeissä, sisustuksessa ja korin osissa. (ESWI 2011.)

SCCP:tä on käytetty metallintyöstönesteissä ja rasvaseoksissa mm. metallin- ja nahantyyöstössä. Kumiteollisuudessa SCCP:tä on käytetty 80 %:n osuudella kuljetus- ja liukuhihnojen palosuojaukseen (lähinnä kaivoskäytössä), mutta yhdisteitä on lisätty myös kengänpohjiin, tiivisteisiin, letkuihin ja joihinkin teollisiin tuotteisiin. SCCP:tä esiintyy myös tiivistys- ja saumausaineissa, maaleissa ja ohenteissa, joihin yhdisteitä on lisätty pääasiallisesti pehmittimiksi, mutta myös palosuojaukseen, veden- ja korroosionkestävyyttä parantamaan ja vähentämään kemiallista rasiitusta. Muita mainittuja käyttökohteita ovat tekstiilit ja laavalamput. (ESWI 2011, CICAD 2001, Häkkinen 2012.)

Sallituista yhdisteistä **c-DBDE**:tä on käytetty paljon SE-laitteiden muoviosissa koteloissa, mutta myös ajoneuvoissa ja huonekalujen ja tekstiilien suojauksessa. Eniten seosta on käytetty HIPS-muovien palosuojaukseen. Seos on korvannut kiellettyjä PBDE-yhdisteitä niiden tyypillisissä käyttökohteissa. RoHS-asetuksella c-DBDE:n

käyttö on kielletty SE-laitteissa vuodesta 2006 alkaen. (Retkin 2012.) c-DBDE:n käyttöä on vähennetty USA:ssa ja Kanadassa vuodesta 2009 alkaen ja lopetettu viimeistään 2013 lopussa (USEPA 2012). Käyttö ajoneuvoissa jatkuu edelleen.

TBBPA:ta on käytetty reaktiivisesti, polymeereihin sitoen, pääasiallisesti piirikorttien epoksihartsissa ja additiivisessa muodossa ABS-muovissa, jossa se on korvannut kiellettyjä palonestoaineita. Yhdistettä on lisätty 13–28 %:n paino-osuudella (130 000–280 000 mg/kg) (Alaee ym. 2003).

Liitteessä 1 on esitetty joitakin yleisemmin esiintyviä muovilaatuja tarkasteltavissa SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteissä. Taulukon viimeinen sarake kertoo tarkasteluun valittujen rajoitettujen POP-yhdisteiden esiintyvyydestä eri muovilaaduissa siltä osin kuin kirjallisuudesta löytyi mainintoja.

8.2

Yhdisteiden ajallinen esiintyvyys tuotteissa ja jätteissä

Koska c-PeBDE:n ja c-OBDE:n käyttöä on rajoitettu EU:ssa jo 10 vuotta ja maailmanlaajuisestikin vuodesta 2009, yhdisteitä sisältävät materiaalit poistuvat käytöstä vähitellen niitä sisältävien tuotteiden tullessa käyttöikänsä päähän. SER:stä yhdisteet poistuvat nopeimmin tuotteiden lyhyimmän käyttöikänsä takia ja pisimpään yhdisteitä esiintyy rakennus- ja purkujätteissä. Kiellettyjä yhdisteitä on päätyynyt uusiin tuotteisiin myös käyttökieltojen jälkeen kierrätetyn muovin mukana. SCCP:n käyttöä on rajoitettu muutama vuosi myöhemmin ja HBCD:tä koskeva kielto alkaa vaikuttaa vasta muutaman vuoden kuluessa.

c-PeBDE:tä on käytetty 1970-luvulta alkaen ja sen käyttö on ollut kasvavaa 2000-luvun alkuun saakka. 2000-luvulla yhdisteen tuotanto hiipui Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Yhdisteen valmistus on loppunut EU:ssa vuonna 1997, muualla maailmassa valmistuksen on arvioitu lopetetun viimeistään vuosina 2004–2007 (ESWI 2011). EU:ssa yhdistettä on saanut käyttää viimeksi vuonna 2004. c-PeBDE:tä on käytetty suurimmaksi osaksi Yhdysvalloissa, jossa huonekalujen ja autonistuinten palosuojausvaatimukset ovat tiukemmat kuin Euroopassa. Suomessa ei ole valmistettu c-PeBDE:tä, vaan ainetta on tuotu puhtaana aineena ja valmiisiin tuotteisiin lisättyinä. Suurin osa Suomessa valmistetuista palosuojatuista esineistä tai niillä viimeistellyistä puolivalmiista tuotteista on viety ulkomaille. Suomalaisen ainetaselaskelman mukaan c-PeBDE:tä ei olisi tele- ja tietoteknisissä laitteissa enää vuoden 2011 jälkeen. Pienissä kodinkoneissa ja kuluttajaelektronikassa sekä muista SE-laitteissa yhdistettä voisi esiintyä vuoteen 2015. Ajoneuvoista yhdisteen arvioidaan poistuvan vuoteen 2024 mennessä. (Retkin 2012.) Komission selvityksessä c-PeBDE:n ja c-OBDE:n oletetaan pääasiallisesti poistuneen SE-romusta vuoteen 2016 mennessä, jos SE-laitteiden keskimääräiseksi käyttöikäksi oletetaan noin 10 vuotta (ESWI 2011).

c-OBDE:n käyttö ja valmistuksen ja käytön hiipuminen ovat ajoittuneet samoin kuten c-PeBDE:illä. Käyttömäärät ovat olleet vähäisempiä kuin c-PeBDE:n, mutta käyttö on jakautunut tasaisemmin Aasian ja Yhdysvaltojen kesken. Euroopan käyttö on ollut noin 15–20 % maailmanlaajuisesta käytöstä (Birnbauer ja Staskal 2004). c-OBDE:tä arvioidaan esiintyvän eri tuoteryhmissä ajallisesti yhtä kauan kuin PeBDE:tä (Retkin 2012, ESWI 2011).

HBCD:tä on ollut markkinoilla 1960-luvulta lähtien ja sen käyttö jatkuu edelleen, joskin rajoitetusti elokuun 2015 jälkeen. Käyttö on ollut yleisempää Euroopassa kuin Aasiassa ja Yhdysvalloissa, mutta ainetta valmistetaan edelleen maailmanlaajuisesti (Birnbauer ja Staskal 2004, POPRC 2010a). HBCD:tä ei valmisteta Suomessa ja suomalaisten EPS-valmistajien uskotaan siirtyneen korvaaviin palonsuoja-aineisiin jo 2015. Tuotteissa maahantulevien HBCD-kemikaalien tarkkaa määrää ei tunneta. HBCD:tä

esiintyyneet käyttötarvikkeissa ainakin seuraavat kymmenen vuotta, rakennusten ja teiden eristyskäytössä huomattavasti pidempään. Purkujätteissä HBCD:n pitoisuu- den arvioidaan olevan suurimmillaan vuoden 2050 tienoilla.

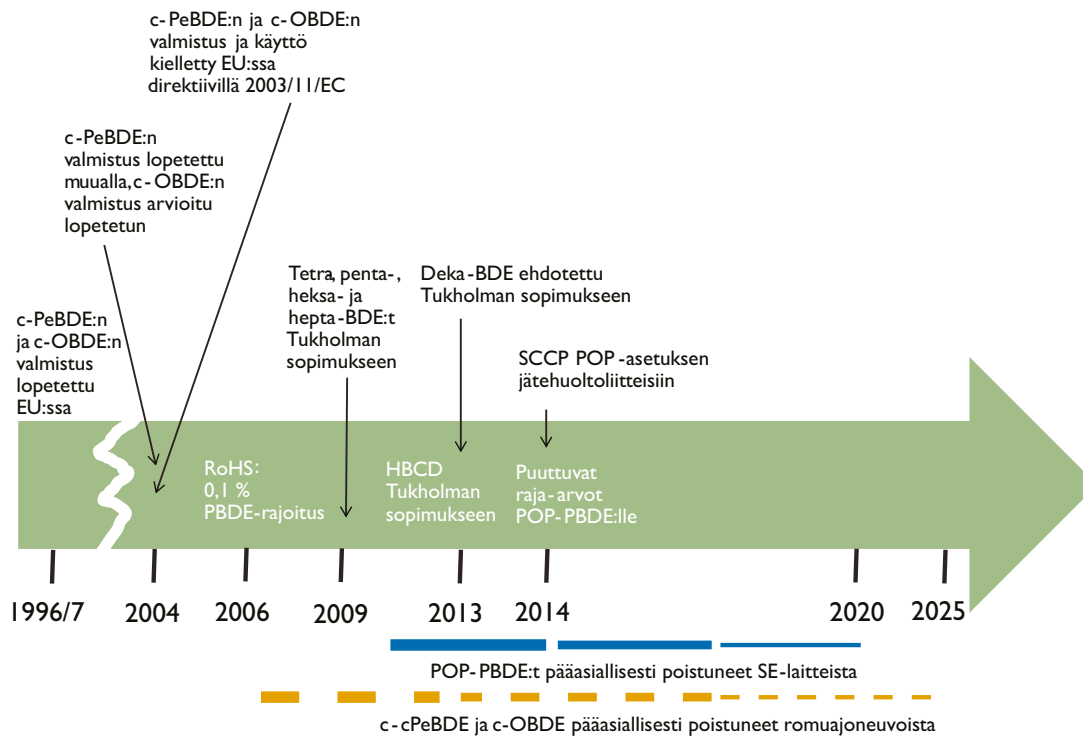
SCCP:n valmistus on alkanut 1970-luvulla ja yhdisteiden käyttö jatkuu edelleen maailmanlaajuisesti. Valmistusta ja käyttöä on vähennetty 2000-luvulla yhdisteen haitallisuuden ilmennyttyä ja käyttörajoitusten myötä. Muun muassa kumi- ja maa- liteollisuus ovat vähentäneet SCCP:n käyttöä 2000-luvun alkupuolella merkittävästi. (POPRC 2010b, ESWI 2011.) Suomessa SCCP:tä voi mahdollisesti esiintyä etenkin pur- kukohteissa ja rakennusten uusittavissa osissa (lähinnä tiivisteet ja sauma-aineet).

Tarkasteltavien yhdisteiden keskeisimmät käyttörajoitukset ja -kiellot on esitetty taulukossa 9.

Kuvassa 2 on lisäksi annettu kirjallisuuteen perustuen arvio rajoitettujen ja kiellet- tyjen yhdisteiden esiintyvyydestä Suomen SER- ja ELV-jätevirroissa. Rakennus- ja purkujätteessä mahdollinen esiintymisaika voi olla edellisiä merkittävästi pidempi.

Taulukko 9. Tarkasteltavien yhdisteiden keskeiset käyttörajoitukset ja kiellot

<p>PBDE-yhdisteet</p> <p>c-PeBDE ja c-OBDE:n käyttöä on rajoitettu EU:ssa ensimmäisen kerran vuodesta 2004 direktiivillä 2003/11/EC, jolla on täydennetty tiettyjen vaarallisten aineiden ja valmisteiden markkinoille saattamisen ja käytön rajoituksia koskevaa neuvoston direktiiviä 76/769/ETY. Elokuusta 2004 alkaen markkinoille ei ole saanut saattaa eikä käyttää aineena tai aineen tai valmisteen ainesosana mainittuja yhdisteitä yli 0,1 p-%:n (1000 mg/kg) pitoisuuksina. Myöskään tuotteita ei ole saanut saattaa markkinoille, jos ne tai niiden palo- nestoainetta sisältävät osat ovat sisältäneet mainittuja ainetta yli 0,1 p-%:n (1000 mg/kg) pitoisuuksina.</p> <p>RoHS-direktiivillä on kielletty PBDE-yhdisteiden käyttö uusissa SE-laitteissa vuodesta 2006 alkaen. PBDE:n sallituksi enimmäispitoisuudeksi on määritetty 0,1 p-% (1000 mg/kg). RoHS-direktiivi rajoittaa tarkasteltavista yhdisteistä c-PeBDE ja c-OBDE:n lisäksi c-DBDE:tä.</p> <p>POP-asetukseen c-PeBDE:n pääkongeneerit tetra- ja penta-BDE ja c-OBDE:n pääkongeneerit heksa- ja hepta-BDE on lisätty vuonna 2009. Asetuksen 3 artikla kieltää liitteessä 1 mainittujen yhdisteiden tuotannon, markkinoille saattamisen ja käytön sellaisenaan, valmisteissa tai tavaroiden aineosina. Asetuk- sen 4 artikla sallii kuitenkin kielletyt PBDE:t, jos yhdistettä esiintyy korkeintaan pitoisuudella 0,001 p-% (10 mg/kg). Tällainen pitoisuus katsotaan tahattomaksi vierasainejäämäksi. Tämän lisäksi sallitaan tuotanto, markkinoille saattaminen ja käyttö sellaisille tavaroille ja valmisteille, jotka sisältävät em. kiellettyjä yhdis- teitä alle 0,1 p-% (1000 mg/kg), kunhan tavarat ja valmisteet on valmistettu osittain tai kokonaisuudessaan kierrätysmateriaalista tai uudelleenkäyttöä varten valmistellusta jätteestä saadusta materiaalista. Erikseen sallitaan käyttö RoHS-direktiivin soveltamisalaa kuuluvissa SE-laitteissa.</p>
<p>SCCP</p> <p>SCCP:n käyttöä on rajoitettu EU:ssa yhtä prosenttia (10 000 mg/kg) suurempina pitoisuuksina tietyissä käyttökohteissa (metallin työstössä, nahan rasvausseoksissa) vuodesta 2002 direktiivillä 2002/45/EY, jolla on täydennetty tiettyjen vaarallisten aineiden ja valmisteiden markkinoille saattamisen ja käytön rajoituk- sia koskevaa neuvoston direktiiviä 76/769/ETY.</p> <p>POP-asetuksella SCCP:n käyttöä on rajoitettu laajemmin vuodesta 2010. SCCP:n osalta sallitaan sellaisten aineiden tai valmisteiden tuotanto, saattaminen markkinoille ja käyttö, jotka sisältävät yhdistettä alle yh- den painoprosentin (10 000 mg/kg). Lisäksi sallitaan tuotanto, markkinoille saattaminen ja käyttö kaivos- teollisuuden hihnakuljettimissa ja patojen tiivisteissä palonestoaineina. Em. poikkeuksista on ilmoitettava komissiolle ja tarkoituksena on luopua asteittain SCCP:n käytöstä.</p> <p>SCCP:tä sisältävien tavaroiden markkinoille saattamiselle on tulossa uusia rajoitteita vuonna 2015. Ne on alustavasti hyväksytty direktiivin 76/548/ETY komiteassa 26.5.2015. Muutosten voimaan tultua SCCP:tä sisältäviä tavaroita saa saattaa markkinoille vain, jos SCCP:n pitoisuus on alle 0,15 p-%. Asetusmuutoksen voimaantullessa käytössä olleiden kaivosteollisuuden hihnakuljettimien ja patotiivisteiden käyttö saa jatkua.</p> <p>SCCP on YK:n alaisen Euroopan talouskomission (UNECE) ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumissopi- muksen (CLRTAP) POP-pöytäkirjassa sekä Tukholman sopimuksen ehdokaslistalla.</p>
<p>HBCD</p> <p>Lisätty Tukholman yleissopimukseen vuonna 2013. Lisättäneen EU:n POP-asetukseen vuonna 2015.</p>



Kuva 2. Tetra-, penta-, heksa- ja hepta-BDE:n, HBCD:n ja SCCP:n valmistukseen ja käyttöön liittyvät rajoitukset ja kiellot sekä arvio yhdisteiden esiintyvyydestä Suomessa syntyvässä SER:ssä ja romuajoneuvoissa.

9 POP-yhdisteet tarkasteltavissa muovijätteissä

POP-yhdisteiden esiintymistä jätteissä on Suomessa tarkasteltu aiemmin Retkinin (2012) ja Häkkisen (2012) raporteissa. Retkin (2012) on arvioinut bromattujen palonestoaineiden määriä jätteissä ainetasemenetelmällä ja kenttämittauksin runsaan 100 näytteen otoksessa. Häkkinen (2012) on kuvannut POP-jätteiden käsittelyä koskevat lainsäädännölliset velvoitteet ja koonnut samalla kirjallisuudesta viitteitä siitä, mitkä jätteet voivat sisältää Tukholman sopimuksen piiriin kuuluvia yhdisteitä. Kansainvälinen kirjallisuus sisältää lukuisia lähteitä POP-yhdisteiden esiintyvyydestä ja niiden pitoisuuksista eri jättemateriaaleissa.

Luvussa on koottu kirjallisuuslähteistä tietoa tarkasteltavien yhdisteiden esiintyvyydestä ja tunnettuja pitoisuuksista SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteissä. Tieto on jaoteltu jätelajikohtaisesti. Samassa yhteydessä esitetään kunkin tarkasteltavan jätelajin syntyvä määrä, nykyinen käsittely Suomessa ja kierrätysaste.

9.1

POP-yhdisteet sähkö- ja elektroniikkaromussa (SER)

9.1.1

SER:n määrä, käsittely ja kierrätysaste

Määrä

Tuottajavastuun alaisuuteen kuuluvan SER:n seurantatiedot kokoaa Pirkanmaan ELY-keskus (2013), joka raportoi Suomessa kerätyn 52 509 tonnia SER:ä vuonna 2011. Toppila (2011) on arvioinut, että syntyvän SER:n määrä on merkittävästi suurempi, noin 90 000–106 000 tonnia vuodessa. Epäviralliselle sektorille tästä määrästä päättyy 40–50 %. Osa alan toimijoista pitää arviota ylimitoitettuna, joskin SER:n keräyksessä tunnistetaan selkeä tehostamispotentiaal

Kateissa olevasta SER:stä osa kumuloituu kotitalouksien varastoihin – tämä koskee etenkin pienelektroniikkaa – tai päättyy kaatopaikoille (arviolta 20 %). Ahlqvistin (2012) mukaan 26 % kotitalouksien SE-laitteista on tarpeettomia, mikä tarkoittaa, että kotitaloudet varastoivat SER:ä. Tämä osaltaan pidentää ajanjaksoa, jona kiellettyjä POP-yhdisteitä esiintyy kierrätykseen tulevissa jätevirroissa. Valtaosan kateissa olevasta elektroniikasta, noin 80 %, uskotaan lähtevän maasta joko laittomasti tai laillisia kanavia pitkin, mutta käyttökelpoisen elektroniikan vienniksi ilmoitettuna. (Toppila 2011.) SE-laitteita, jotka on tarkoitettu suoraan uudelleenkäytettäviksi eikä kierrätettäviksi tai loppukäsiteltäviksi, voidaan viedä Suomesta vapaasti (Ignatius ym. 2009). Haasteena on, että myös toimimattomia laitteita siirretään maasta toiseen

ilman lupaa. Jätelaisissa ja valtioneuvoston asetuksessa sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (519/2014) säädetään käytettyjen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kansainvälisiä siirtoja ja niiden valvontaa koskevista vähimmäisvaatimuksista. Jos käytettyjä laitteita aiotaan siirtää toiseen maahan tuotteena eikä jätteenä, on laitteen haltijan osoitettava, että laite ei ole jätettä tarvittavilla asiakirjoilla tai selvityksillä.

SE-laitteiden keskimääräinen käyttöikä on arviolta 7–10 vuotta (Huisman ym. 2007). Laiteluokakohtaista vaihtelua on paljon, koska tieto- ja telelaitteiden käyttöiän oletetaan olevan vain 3–5 vuotta ja kylmlaitteiden 12–15 vuotta (Ignatius ym. 2009). ESWI (2011) olettaa keskimääräiseksi käyttöiäksi 10 vuotta.

Lukumääräisesti SER:n määrän odotetaan kasvavan tulevaisuudessa. Laitteiden, etenkin pienelektroniikan käyttöikä on lyhentynyt. Samalla kuitenkin yksittäisten laitteiden paino on materiaalien käytön uudistumisen ja tehostumisen myötä laskenut.

Käsittely

Tuottajavastuuperiaatteen mukaisesti tuottajien on kustannettava SER:n keräys, uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja ympäristöä säästävää loppukäsittelyä. Kaupan velvollisuudesta vastaanottaa tietyt käytetyt SE-laitteet säädetään jätelain 56 §:ssä. SE-romun tuottajayhteisöjä on Suomessa viisi: ERP Finland ry, SER-tuottajayhteisö ry (SERTY), FLIP ry, ICT-tuottajaosuuskunta ja SELT ry. FLIP ry:n, ICT:n ja SELT ry:n yhteisesti omistama Elker Oy vastaa näiden kolmen tuottajayhteisön osalta velvoitteiden käytännön toteutuksesta. Pirkanmaan ELY-keskuksen (2013) tietojen mukaan 83 % kerätyistä SER:stä käsiteltiin vuonna 2011 Suomessa. Loput käsiteltiin muissa EU-maissa ja vain alle 1 % vietiin EU:n ulkopuolelle käsiteltäväksi.

SER lajitellaan tuottajayhteisöstä ja kuljettajasta riippuen jo keräys- ja kuljetusvaiheessa tiettyihin alalajeihin. Lajittelua jatketaan manuaalisessa esikäsitelyssä, jossa laite voidaan osittain purkaa jatkokäsittelyn mahdollistamiseksi. Esikäsitelyssä SER:sta otetaan talteen uudelleenkäyttöön meneviä, ongelmallisia tai arvokkaita komponentteja. (Ignatius ym. 2009.) Lainsäädäntö velvoittaa poistamaan SER:stä esikäsitelyssä haitallisia aineita, valmisteita ja komponentteja (ks. luku 3.1). Toimijat poistavat mainitut aineet, valmisteet ja komponentit mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi Kuusakoski Oy poistaa esikäsitelylinjalla mm. johdot, paristot, akut, vaaralliset aineet ja mustekasetit. Irralliset piirikortit erotellaan ja esimerkiksi tietokoneista irrotetaan piirikortteja edelleen murskattavaksi ja myytäväksi kuparisulattoihin. Lisäksi esikäsitelyssä poistetaan isokokoiset tai linjalle kuulumattomat laitteet, lasi, palovaroittimet, energiajakeet ja suoraan myyntiin kelpaavat osat ja komponentit. CRT- ja LCD-televisiot ja näytöt käsitellään omalla linjastollaan. (Kuusakoski 2013.)

SER-asetuksen käsittelyä koskevan liitteen yhtenä veloitteena on poistaa bromattuja palonestoaineita sisältävät muoviosat. Tällä hetkellä Suomessa ei ole käytössä bromattujen palonestoaineiden tunnistamiseen ja erottamiseen suunniteltuja koneellisia SE-laitteiden muoviosien käsittelylinjoja. SER:n esikäsitelyssä irralliset muovit ja isot muoviosat, esim. kuvaputkimonitoreiden kotelot, erotellaan ja lajitellaan väriin, tuotetyypin tai polymeerilaadun perusteella. Nämä muovit myydään suoraan jatkokäsittelijöille Euroopassa ja pääosin Aasiassa. Suuri osa SE-laitteiden muoveista jää kuitenkin esikäsitelyssä erottelematta. Monimutkaisten tuoterakenteiden ja materiaaliyhdistelmien vuoksi erottaminen esikäsitelyssä ei ole kaikille SER-laitteiden muoviosille teknisesti mahdollista ja/tai taloudellisesti kannattavaa.

Pienten SE-laitteiden kuten matkapuhelinten ja MP3-soittimien sisältämien muoviosien erottaminen esikäsitelyssä ei ole katsottu olevan järkevää (Freeguard ym. 2006). Koska tällaiset laitteet sisältävät paino-osuutena merkittävän määrän arvometalreja, laitteet voidaan sulattaa metallien sulatusuuneissa yhdessä piirikorttien kanssa. Laitteiden hiilivetykomponentit toimivat pelkistimenä ja/tai polttoaineena

sulatoissa ja halogenoidut yhdisteet otetaan talteen savukaasujen puhdistuksessa. Myös Suomessa matkapuhelimet myydään esikäsittelyn jälkeen kuparisulattoihin, ellei niillä nähdä muuta kierrätyspotentiaalia.

Esikäsittelyn jälkeen SER murskataan ja ohjataan erotteluprosesseihin, joissa otetaan talteen mahdollisimman paljon hyödyntämiskelpoisia materiaaleja. Tällä hetkellä Suomessa ei erotella eri muovilaatua toisistaan koneellisesti murskauksen jälkeen. Hyödyntämiskelpoinen muovi myydään sekalaisena muovina Keski-Eurooppaan tai Aasiaan, missä muovi kierrätetään uusiomateriaaliksi, uusiotuotteiksi tai poltetaan energiaksi. Esimerkiksi Kuusakoskella SER:n käsittelystä peräisin olevaa muovijaetta ei päädy kaatopaikalle. Isojen, nk. valkoisten SE-laitteiden, käsittelystä päätyy jonkin verran muovia metallien kierrätystoiminnassa syntyvään kevytjakeeseen. Muovin ketju Suomen rajojen ulkopuolella tunnetaan varsin huonosti. (Kuusakoski 2014.) Murskaimen kevytjakeen käsittelyä tarkastellaan luvussa 9.2.

Keski-Euroopassa on käytössä erilaisia erottelumenetelmiä, kuten sekalaisen muovin tiheyserottelua, optista erottelua, kemiallista kierrätystä jne. Myös bromattuja palonestoaineita sisältävät muovikappaleet voidaan tunnistaa muovivirrasta esim. spektroskopian avulla. Näillä menetelmällä (esim. XRT ja XRF) on mahdollista tunnistaa bromi-alkuainetta sisältävät yksittäiset muovikappaleet. Tunnistus ei kuitenkaan ole tarkka bromin määrän suhteen eikä sen yhdisteen suhteen, missä bromi on. Siksi vain bromia sisältävät kappaleet voidaan tunnistaa, mutta ei sitä, onko bromi sellaisessa yhdisteessä, joka on kiellettyjen aineiden listalla.

Kvantitatiivinen määränalyysi bromipitoisuuden suhteen pitää tehdä laboratoriossa. Tästä aiheutuu lisäkustannuksia, joiden vuoksi alan toimijat Suomessa vastustavat bromipitoisten palonestoaineiden erottamista teollisista materiaali- ja eläinlääkkeitä sisältävistä muovivirroista. Suomessa ei ole tietoa siitä, missä määrin Suomesta peräisin olevaa muovia päätyy bromipitoisen muovin erotteluun. Bromipitoisten muovien osuus koko SER:stä on noin 2,5% (Freegard, 2006).

Kierrätysaste

SE-romun uudelleenkäyttö- ja kierrätysasteeksi raportoitiin 89 % vuonna 2011, lisäksi energiana hyödynnettiin 4 % (Pirkanmaan ELY-keskus 2013). SE-romun kierrätykselle ja hyödyntämiselle asetetut tavoitteet (ks. luku 4) on siten saavutettu.

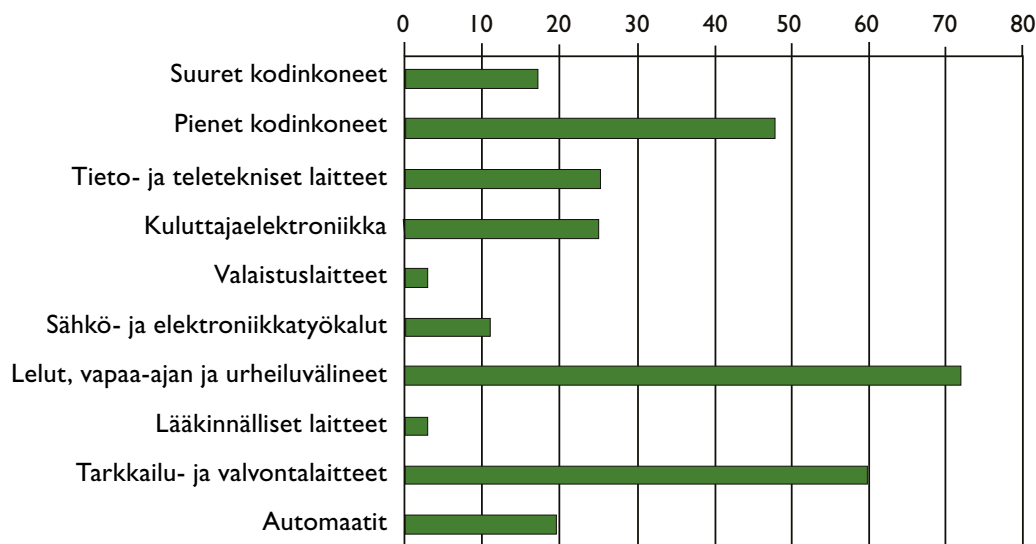
9.1.2

POP-yhdisteiden pitoisuudet SER:ssä

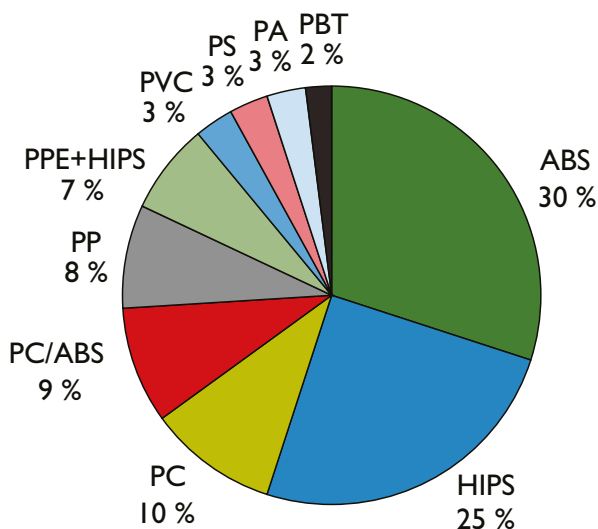
Muovin määrä ja tyyppi SER:ssä

Arviot SER:n sisältämän muovin määrästä vaihtelevat lähteittäin 15–40 prosentin välillä. Ruotsissa esikäsittelylaitokset ovat raportoineet muovin keskimääräiseksi osuudeksi 15 % (esim. Jonsson ja Felix 2010). WRAP:n (2009) mukaan SER:n painosta on keskimäärin 32 % muovia. Laitekohtaisesti materiaalien osuus vaihtelee merkittävästi (kuva 3). Suurissa kodinkoneissa muovia on noin 10 %, kuvaputkimonitoreissa yli 20 % ja sekalaisessa kuluttajaelektronikassa laitteesta riippuen 20–40 %. (Ignatius ym. 2009.) Reteganin ym. (2010) mukaan televisio- ja tietokonemonitoreissa on tyyppillisesti eniten muovia, ja muovin osuus vaihtelee 10–40 %:n välillä. Nykyhetkellä myytävissä SE-laitteissa muovin osuus on suurempi kuin vanhoissa laitteissa. Wägerin ym. (2010) mukaan muovin osuus on kasvanut uusissa laitteissa 1980-luvun 15 prosentin tasosta keskimäärin 25 prosenttiin.

SE-laitteissa on käytetty lukuisia eri polymeerityyppejä ja tyypillisimpien muovityyppien koostumus vaihtelee tutkimuksesta toiseen. Käytetyimmät muovityypit SE-laitteissa ovat ABS- ja HIPS-muovi. Myös polykarbonaatti (PC), polypropeeni (PP) ja ABS:n ja PC:n seos kuuluvat yleisesti käytettyjen muovien joukkoon. Näiden lisäksi käytössä on vähäisemmissä määrin muita polymeerejä (kuva 4).



Kuva 3. Muovin keskimääräinen osuus SE-laitteiden painosta (Ignatius 2009).



Kuva 4. SER-jätteen keskimääräinen muovikoostumus (Freegard ym. 2006).

Palosuojattu muovi SER:ssä

SER:n käsittelylaitokset Ruotsissa ovat raportoineet, että arviolta yksi kolmasosa SER:n muovijakeesta on suojattu bromatuilla palonestoaineilla (BFR). Bromattuja palonestoaineita tiedetään esiintyvän eniten ABS:tä, HIPS:tä ja ABS/PC:stä valmistetuissa osissa. Aineiden esiintyvyys PP:stä valmistetuissa osissa on vähäisempää,

joskin bromattujen palonestoaineiden käyttö PP:n suojaukseen on kasvanut (Retegan ym. 2010).

BFR-muovia on tunnistettu eniten televisioiden ja tietokoneiden koteloissa ja konttorikoneissa. Tele- ja tietoteknisissä laitteissa on havaittu muita laiteluokkia suurempia BFR-pitoisuuksia (mm. Schlummer ym. 2007, Wäger ym. 2010). Jonkin verran aineita esiintyy pienissä, kuumenevissä kodin pienlaitteissa. Valkoisissa, isoissa SE-laitteissa BFR-muovia esiintyy harvemmin. (Retegan ym. 2010.)

Tele- ja tietoteknisiä laitteita on tehty yleisesti ABS-muovista, jonka suojana on käytetty myös c-OBDE:tä. Taulukossa 10 on esitetty muovityyppien esiintyvyys muutamissa tutkimuksissa. 2000-luvulla televisioiden valmistuksessa palonestoaineilla suojattua ABS-muovia on korvattu suojaamattomalla HIPS-muovilla. Samoin muita palosuojattuja polymeerejä on korvattu suojaamattomilla polymeeriseoksilla (esim. ABS/PC, PPO/PS), joilla on luontaisesti alhaisempi tulenarkuus. Vertailututkimuksissa PBDE-pitoisuuksien on todettu laskeneen televisio- ja monitorikoteloissa samalla kun TBBPA:n käyttö palonestoaineena on kasvanut. Murskatussa sekalaisessa SE-laitteiden muovissa vastaavaa päätelmää ei ole voitu tehdä palonestoaineiden suuren vaihtelevuuden takia. (Schlummer ym. 2007.) Osa laitevalmistajista on vähentänyt sallittujenkin bromattujen palonestojen käyttöä. Esimerkiksi Apple (2014) poisti valmistamistaan laitteista vuoteen 2008 mennessä kaikki bromatut palonestoaineet. Laite raportoidaan BFR-vapaaksi, jos bromin kokonaispitoisuus on alle 900 mg/kg.

Taulukko 10. Eri muovityyppien esiintyvyys SER:ssä tutkimusten mukaan

Tutkimus	Taurino ym. (2010)	Dimitrakakis ym. (2009)	Schlummer ym. (2007)
Maa	Italia	Saksa	Saksa/Eurooppa
Jäte	SER	SER, 13 367 kg	SER
Menetelmä	FT-IR, alkuaineanalyysi, DSC	NIR	FT-IR
Tulokset	Televisioiden muovimurske: ABS Tietokoneiden muovimurske: ABS/PC	ABS 37 % PP 29 % PS 19 % PVC 4,7 % PC 5 % muut 5,6 %	ABS 32 % ABS sis. BFR 16 % ABS ei sis. BFR 16 % HIPS 29 % HIPS sis. BFR 9 % HIPS ei sis. BFR 20 % PPO/PS-seos 18 % ABS/PC-seos 13 % ABS/PVC-seos 9 %

POP-yhdisteillä suojattu muovi SER:ssä

POP-yhdisteiden pitoisuuksia SER:ssä on mitattu erinäisissä tutkimuksissa. Taulukoon 11 on koottu pääosin kirjallisuudesta tiedossa olleita mittaustuloksia. Mittauksia yhdistävät pienet otoskoot ja pitoisuuden suuri vaihteluväli. Mitatun pitoisuuden keskiarvoa nostaa muutama korkea mittaustulos ja useissa tapauksissa otoksen mediaani on keskiarvoa merkittävästi alhaisempi. Suurimmassa osassa tutkimuksia on mitattu yli 1000 mg/kg:n ylittäviä pitoisuuksia. Yksittäisissä laitteissa pitoisuudet voivat olla erittäin korkeita, 10 000–100 000 mg/kg.

Laiteluokat, joissa kiellettyjä yhdisteitä esiintyy, ovat pääasiallisesti jo mainitut tele- ja tietotekniset laitteet, kuvaputkitelevisioiden kotelot ja muut kuumentuvat konttori- ja kodinkoneet. Isoissa kodinkoneissa kiellettyjä yhdisteitä ei pääasiallisesti esiinny.

Kielletyistä yhdisteistä havaittiin pääsääntöisesti c-OBDE:tä, jolla on suojattu ABS-muovia. c-PeBDE:tä ei havaittu monessakaan tutkimuksessa. Myöskään HBCD:tä ei havaittu esiintyvän merkittävästi.

Yhteenveto POP-yhdisteistä SER:ssä

Kiellettyjen POP-yhdisteiden arvioidaan poistuneen käytöstä poistetuista SE-laitteista joidenkin vuosien päästä. Ainerajoitukseen lisätään kuitenkin jatkossa uusia aineita, joita löytyy laitteista vielä tämän jälkeenkin.

POP-yhdisteillä saastuneiden laitteiden osuudesta on vaikea antaa arviota.

Laiteluokat, joissa kiellettyjä yhdisteitä esiintyy, tunnetaan. Korkeita pitoisuuksia on mitattu etenkin kuvaputkitelevisioiden ja tietokoneiden monitoreiden koteloissa. Myös muissa kuumenevissä konttori- ja kodinelektronikkalaitteissa on havaittu yli 1000 mg/kg:n pitoisuuksilla kiellettyjä yhdisteitä. Samat laitteet sisältävät myös muita bromattuja palonestonaineita.

SER-asetus velvoittaa toimijat jo nykyisin poistamaan BFR-muovin kierrätettävistä virroista. Teknisesti erottelu on mahdollista, mutta kustannussyistä erottelua ei ole tehty. SER-asetuksen noudattaminen ja valvonta vastaa myös POP-asetuksen velvoitteisiin.

Taulukko II. Eri tietolähteistä koottuja tarkasteltavien yhdisteiden pitoisuuksia SER-jätteissä

Tutkimus	Pizzol ym. (2012)	Retkin (2012)	Peacock ym. (2012)	Aldrian (2012)
Maa	Tanska	Suomi	Iso-Britannia	Itävalta
Jäte/Tutkitu tuote	SER	SER: 1) Pienet kodinkoneet 2) Tele- ja tietotekniset laitteet 3) Kuluttajaelektroniikka 4) Tarkkailu- ja valvontalaitteet 5) Irrrotetut piirilevyt 6) Kierrätysprosessin muovimurska	Otoksia sekä kokonaisista laitteista että murskatuista laiteluokista, joita ovat TV:t, IT-laitteet, piirikortit, digiboksit, isot ja pienet kodinkoneet, jääkaapit, PC-monitorit	SER: Kokonaiset televisiot (3 000 kpl) ja tietokonekotelot (1 600 kpl)
Mittaus- tai laskenta-menettely	Ainetaselaskelma perustuen Averhoffin SER-jätteen käsittelylaitoksen SER-jätteeseen	Kenttämittaus XRF-analysaattorilla ja näytteiden laboratorioanalyysi	300 otoksen XFR-mittaus (30 s./kpl). Valikoidut laitteet (pieni, keski- ja suuri bromipitoisuus) lähetettiin laboratorianalyyysiin (GCMS). Yhteensä noin 100 kpl 1 kg murskenäytteen erää, joista sekä XRF-mittaus että laboratorioanalyysi (GCMS).	XRF, GC-MS
Tutkimuksessa mainitut epävarmuudet	Oletukset	XRF-analysaattori oli kalibroitu maanäytteille. Tutkitut SE-laitteet eivät sisältäneet kaikkia laiteluokkia eikä tutkittujen laiteluokkien jakauma ollut aineistossa tasainen. Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus 15 %. Laboratoriossa tutkittiin hyvin pieni näyte-erä.		
Tulokset	c-PeBDE:n pitoisuus keskimäärin 15 mg/kg TBBPA:n pitoisuus keskimäärin 4 531 mg/kg HBCD:n pitoisuus keskimäärin 47 mg/kg	Bromipitoisuudet: 10 %:ssa tutkituista kappaleista ei ollut bromia. Suurimmat pitoisuudet toimistokäyttöisissä monitoimilaitteissa ja kuvaputki-monitoreissa. Bromia keskimäärin, mg/kg ja (vaihteluväli, mg/kg): 1) 2 (0–3) 2) 9 160 (0–88 260) 3) 70 (0–880) 4) 690 (30–1350) 5) 35 360 (0–74 840) 6) 6 470 (30–58 680) BFR:n pitoisuudet: HBCD ei ylittänyt määritysrajaa (50 mg/kg) yhdessä näytteessä Vain yhdessä näytteessä kymmenestä c-PeBDE- ja c-OBDE:n yhteenlaskettu pitoisuus ylitti 1 000 ppm.	Tuloksena johdonmukaisesti alhaiset mutta havaittavat PBDE:n pitoisuudet kaikissa testatuissa laitteissa. Alhainen pitoisuus tarkoittaa tässä kohdin pitoisuutta, joka Peacockin ym. mukaan osoittaa, että ko. yhdistettä ei ole lisätty palosuojaksi, vaan laitteiden valmistuksessa on käytetty kierrätysmuovia. c-OBDE:n ja c-PeBDE:n pitoisuudet: Tetra-, penta-, heksa- ja hepta-BDE:n vaihteluväli oli 1–36 500 mg/kg ja keskimäärin pitoisuus oli kaikissa laiteluokissa alle 5 000 mg/kg. Yli 1 000 mg/kg pitoisuuksia mitattiin eniten TV-koteloista, IT-laitteista ja piirikorteista. Yli 500 mg/kg pitoisuuksia mitattiin digibokseista ja isoista kodinkoneista. Alle 100 mg/kg pitoisuuksia saatiin pienistä kodinkoneista, jääkaapeista ja PC-monitoreista. PBDE:n pitoisuudet: Kaiken PBDE:n pitoisuus oli luonnollisesti merkittävästi korkeampi ja yleisimmin esiintyvät yhdisteet olivat nona- ja dekaBDE.	15 % tv-monitoreista ja 47 % PC-monitoreista sisälsi enemmän kuin 1 000 mg/kg PBDE:tä. Ylitys oli yleensä moninkermainen.
Tutkimuksessa mainitut päätelmät			XRF:llä tehtävän kokonaisbromin analyysiä voidaan käyttää indikaattorina PBDE-yhdisteistä. 12 % otoksesta sisälsi bromia jopa 150 000 mg/kg. 74 %:ssa bromin pitoisuus oli kuitenkin alle 100 mg/kg. Korkeita pitoisuuksia (>10 000 mg/kg) mitattiin etenkin elektroniikkaa sisältävistä koteloista, piirikorteista, katkaisimista jne. Laboratorioanalyysissa kaikesta PBDE:stä 85 % oli deka-BDE:tä. Kiellettyjä PBDE-yhdisteitä esiintyi lähes kaikissa näytteissä, mutta pienillä pitoisuuksilla. Korkeita pitoisuuksia mitattiin eniten TV-koteloissa ja IT-laitteissa.	Bromia sisältävien laitteiden erottaminen visuaalisesti tiettyjen valmistajien, laitemallien tai muovin värin perusteella ei pidetä mahdollisena. Kotelot sisältävät liian korkeita PBDE-pitoisuuksia, jotta kierrättäminen ilman mittausmenetelmiä olisi mahdollista.

Tutkimus	Taurino ym. (2010)	Wäger ym. (2010)	Müller ja Widmer (2010)	Dimitrakakis ym. (2009)
Maa	Italia	Sveitsi	Sveitsi	Saksa
Jäte	SER: 1) Murskattu muovijae televisioista 2) Murskattu muovijae tietokoneista	SER: Murskattua muovijaetta eri SE-laiteluokista metallinerottelun jälkeen	SER: 1) Isot kotitalouskoneet (pois lukien kylmälaitteet) 2) Pienet kotitalouskoneet 3) ICT 4) Valaisimet	SER
Mittaus- tai laskenta- menetelmä	Polymeerien tunnistus: FTIR, alkuaineanalyysi ja DSC (differential scanning calorimetry). Palonestoaineiden tunnistus: XRF, EDX (Energy dispersive X-ray analysis), Raman spectroscopy	Laboratorianalyysi	Ainevirta-analyysi perustuen muihin lähteisiin	XRF
Tutkimuksessa mainitut epävarmuudet		Mahdolliset vinoumat otannassa		
Tulokset	1) televisioiden muovimurskeessa bromipitoisuus keskimäärin 200 mg/kg 2) tietokoneiden muovimurskeessa bromia yli 40 000 mg/kg. Bromatuiksi palonestoaineiksi tunnistettiin TBBPA ja c-DBDE.	c-PeBDE:tä ei havaittu kuin yhdessä näytteessä. c-OBDE:n pitoisuudet olivat: -ICT- ja kuluttajaelektronikassa keskimäärin 1 000 mg/kg –kuvaputkimonitoreissa keskimäärin 2 500 mg/kg (maksimiarvo 10 600 mg/kg) -kuvaputkitelevisioissa 900 mg/kg (maksimiarvo 3500 mg/kg) c-DBDE:n tulos oli jokaisessa mittauksessa lähelle tai yli 1 000 mg/kg. Isoissa kodinkoneissa ei havaittu pitoisuuksia. HBCD:tä ei havaittu missään näytteessä.	Muovin paino-osuus (p-%) laitteissa: 1) 19,3 2) 37,8 3) 30 4) – Bromatun muovin paino-osuus (p-%)laitteissa: 1) 0,29 (2 900 mg/kg) 2) 0,75 (7500 mg/kg) 3) 18 (180 000 mg/kg) 4) 3,7 (37 000 mg/kg)	Puolet analysoiduista näytteistä sisälsi bromattuja palonestoaineita. Pitoisuudet olivat suurimmalta osin alle 1 000 mg/kg.
Tutkimuksessa mainitut päätelmät	Tietokoneista peräisin olevassa muovimurskeessa on bromia yli SER-direktiivin kierrätykselle asettaman pitoisuuden. Televisioissa bromatut palonestoaineet lienee korvattu fosfaattipohjaisilla palonestoaineilla. Kierrätys on mahdollista vain, jos jokainen yksittäinen laite tai sen osa analysoidaan.	PeBDE:tä ei enää uskota löytyvän SER:stä. c-OBDE:tä yli 1000 mg/kg:n pitoisuudella esiintyy tele- ja tietoteknisissä laitteissa, etenkin niiden koteloissa. Korkeita pitoisuuksia voi löytyä myös SE-laiteluokista 2 ja 3. Löydetyt fosforipitoisuudet indikoivat, että bromattuja palonestoaineita on korvattu merkittävästi fosfaattipohjaisilla aineilla.		

Tutkimus	Schlummer ym. (2007)	Morf ym. (2004)
Maa	Saksa/Eurooppa	Sveitsi
Jäte	SER: 1) kokonaiset televisioiden ja monitoreiden kotelot 2) murskattu kotelomuovi (tv ja monitorit) 3) murskattu sekalainen muovi SE-laitteista	1)Tietokoneiden ja televisioiden kotelot ja takalevyt, jotka eroteltiin manuaalisesti muusta SER:stä 2)Kierrätysprosessista jäljelle jäävä muovimurska mekaanisen käsittelyn jälkeen
Mittaus- tai laskentamenetelmä	Tutkittiin useilla eri menetelmillä (FT-IR, EDXRF, HPLC-UV/MS, GC-MS)	Näytteiden tutkiminen laboratoriossa
Tutkimuksessa mainitut epävarmuudet	Pieni otos	Tuloksissa mainitut palonestoaineet kattavat vain 40 % näytteiden bromista. Lopun 60 %:n alkuperästä ei ole tietoa.
Tulokset	Bromipitoisuudet näytteissä: 1) 27 % näytteistä sisälsi bromia yli 10 000 mg/kg. 2) 20–50 % näytteiden muovista oli bromatuilla palonestoaineilla suojattua 3) bromin määrä on alhaisempi kuin ryhmässä 2 ja varianssi on suuri c-PeBDE:n pitoisuudet näytteissä: Pitoisuudet eivät ylittäneet 1 000 mg/kg:n rajaa missään tutkitussa näytteessä. c-OBDE:n pitoisuudet näytteissä: 1) 13 % kotelosta sisälsi liian korkeita c-OBDE-pitoisuuksia, jotta ne voitaisiin kierrättää. 2) Kierrätyksen kannalta liian korkeita c-OBCE:n pitoisuuksia havaittiin 5 näytteessä seitsemästä. 3) c-OBDE:tä havaittiin seitsemässä näytteessä kahdeksasta pitoisuuksien ollessa 800–4 400 mg/kg. Liian korkea pitoisuus kierrätyksen kannalta oli 63 %:ssa näytteistä.	1) Koteloiden mitatut keskimääräiset pitoisuudet: c-PeBDE: 50 mg/kg c-OBDE: 7 500 mg/kg c-DBDE: 4 800 mg/kg HBCD: 50 mg/kg TBBPA (vain additiivinen): 23 000 mg/kg Takalevyissä mitatut keskimääräiset pitoisuudet: c-PeBDE: 50 mg/kg c-OBDE: 7 700 mg/kg c-DBDE: 13 000 mg/kg HBCD: 1 350 mg/kg TBBPA (vain additiivinen): 7 300 mg/kg 2) Pitoisuudet muovimurskassa: c-PeBDE: 140 mg/kg c-OBDE: 1 250 mg/kg c-DBDE: 1 700 mg/kg HBCD: 50 mg/kg TBBPA (vain additiivinen): 4 200 mg/kg
Tutkimuksessa mainitut päätelmät	SER sisältää liian korkeita c-OBDE:n pitoisuuksia, jotta kierrättäminen olisi mahdollista nykymuodossa. Tarvitaan erotteluprosesseja joko bromattuja palonestoaineita sisältäville osille tai haitallisille aineille.	

POP-yhdisteet romuajoneuvoissa (ELV)

ELV:n määrä, käsittely ja kierrätysaste

Määrä

Suomessa on viime vuosina poistettu käytöstä arviolta noin 100 000 ajoneuvoa vuodessa. Viralliseen käsittely- ja kierrätystoimintaan arvioitiin tulevan vuonna 2013 noin 67 000 romuajoneuvoa, joille myönnetään romutustodistus. Tämän lisäksi liikennekäytöstä arvioidaan poistettavan noin 30 000 ajoneuvoa. Liikennekäytöstä poistettujen, mutta ilman romutustodistusta olevien ajoneuvojen määrä, 678 333 kpl, kumuloituu tilastoissa vuosi vuodelta. Arvio on, että valtaosa näistä nk. haamuautoista on purettu kotimaassa ja pieni osa on viety ulkomaille..

Romutettavan ajoneuvon keski-ikä on Suomessa nykyhetkellä noin 20 vuotta (Heiskanen ym. 2013). 1990-luvulla valmistetun perheauton painoksi on arvioitu noin 1000 kg, joten ELV:n vuotuinen määrä on arviolta 100 000 tonnia. Kehityssuuntana on ollut autojen koon ja varusteiden määrän kasvu, mm. aiempaa tiukempien turvallisuusvaatimusten seurauksena. 2000-luvulla valmistettu auto saattaa painaa yli 1 300 kg. ELV:n vuotuinen määrä voi nousta toimijoiden mukaan noin 150 000 tonniin lähivuosina. Toisaalta vuotuista kasvupainetta tulee lähivuosina vähentämään 1990-luvun lamavuosien tavanomaista taloudellista tilannetta vähäisemmät ajoneuvojen ensirekisteröinnit (Heiskanen ym. 2013).

Käsittely

Romuajoneuvot kuuluvat tuottajien vastuulle, joiden velvollisuutena on huolehtia markkinoille luovuttamiensa tuotteiden ja niistä syntyvän jätteen uudelleenkäytön, hyödyntämisen ja muun jätehuollon järjestämisestä. Romuautojen vastaanottoa, käsittelyä ja kierrätystä koordinoi ajoneuvojen tuottajayhteisö, Suomen Autokierrätys Oy. Renkaiden kierrätyksestä vastaa Suomen Rengaskierrätys Oy.

Viralliseen järjestelmään tullessaan romuajoneuvot käsitellään auditoiduilla purkamoilla, romuliikkeissä tai murskaamojen omassa esikäsitelyssä romuajoneuvoasetuksen mukaisesti (ks. luku 3.2). Käytännössä purkamot kuivaavat autot poistamalla niistä öljyt ja muut nesteet. Asetuksen velvoittamana poistetaan muun muassa akut, renkaat, katalyysaattorit ja muut asetuksessa mainitut aineet. Näiden lisäksi poistetaan sellaisia osia, joilla on taloudellista arvoa varaosiksi myytynä. Asetuksen 10 §:ssä mainittuja isoja muoviosia (puskuri, kojelauta, nestesäiliöt) ei toimijoiden mukaan käytännössä juurikaan esikäsitelyssä poisteta, mutta eri menetelmiä niiden tehokkaampaan erottamiseen selvitetään parhaillaan.

Suomessa on neljä toimijaa, jotka vastaanottavat ja ostavat esikäsittelemättömiä ja kuivattuja romuajoneuvoja. Yhteensä toimijoilla on seitsemän murskainta, joihin syötetään myös romuajoneuvoja. Tyypillistä on, että romuajoneuvot prosessoidaan muiden metallipitoisten materiaalien kanssa. Useimmiten esikäsitellyt ajoneuvot murskataan muun metallipitoisen kierrätysmateriaalin, esimerkiksi suurikokoisen pellin ja teräksen, isokokoisen SE-romun ja rakennusjätteen käsittelystä peräisin olevien metallien kanssa. Prosessissa ajoneuvo murskautuu pieniin osiin, jotka erotellaan muun muassa ilmaerottelun, magneettien, pyörrevirran, upotuskellutuksen ja lukuisten muiden prosessivaiheiden avulla kierrätyskelpoisiin fraktioihin. Talteen saatavien metallien osuus on noin 75–80 % murskaimeen syötettävien ajoneuvojen painosta.

Metallien lisäksi murskeen seassa on muun muassa muovia, tekstiiliä, puuta, lasia ja vaahтомуovia. Ilmaerottelussa materiaalivirrasta erottuu kevytjake (SLF, Shredder Light Fraction), joka sisältää pääosin ei-metallisia materiaaleja. Kevytjakeen osuus romuajoneuvojen materiaaleista on noin 20–25 %. Osa kevyistä materiaaleista, esimerkiksi kovia muoveja ja kumia päätyy prosessissa ei-magneettisten metallien sekaan. Esimerkiksi Kuusakoski Oy:llä nämä muovi- ja kumimateriaalit erotellaan metalleista upotuskellutusprosessissa. Upotuskellutuksessa erottuva jake hyödynnetään energiana. Muilla toimijoilla ei Suomessa ole tällä hetkellä upotuskellutusta. (Kuusakoski 2013, Heiskanen ym. 2013.)

Kevytjakeen koostumus vaihtelee murskaimelle ajettavan syöteseoksen mukaisesti. Prosessissa syntyy magneettista- ja ei-magneettista kevytjakea, sillä alumiinin erottaminen kevytjakeesta vaatii suojamagneetin, joka jakaa kevytjakeen magneettisuuden mukaan. Kevytjake seulotaan erikokoisilla tähtiseuloilla polttoainekelpoiseksi seulonnan ylitteeksi (SLF, Shredder Light Fraction) ja loppusijoitettavaksi alitteeksi. Alite voidaan loppusijoittaa kaatopaikalle, mikäli sen kokonaishiilipitoisuus alittaa kaatopaikka-asetuksessa (331/2013) määritellyn raja-arvon. Viime aikoina toimijat ovat investoineet uuteen teknologiaan ja tehneet investointipäätöksiä uusien käsittelylinjastojen perustamisesta. Näillä menetelmillä parannetaan edelleen metallien erotteluastetta prosessissa ja parannetaan polttoainekelpoisen SLF-jakeen laatua.

Kevytjakeen seulonnan ylitte eli SLF-jake luokitellaan tällä hetkellä Suomessa vaaralliseksi jätteeksi. SLF on poltettava vaarallisen jätteen polttoon tarkoitettussa kattilassa, mikäli orgaanisten klooriyhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää 1% (VNa jätteenpolto 151/2013). Jos SLF:n orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuus on alle 1%, voidaan SLF polttaa tavanomaisessa jätteenpolttokattilassa Ekokemin toimesta. Kuusakoski Oy:n upotuskellutuksessa erottuva kumi- ja muovijake sen sijaan on luokiteltu vuodesta 2012 vaarattomaksi ja se hyödynnetään energiaksi. (Kuusakoski 2014.)

Kotimaiset toimijat toivovat muutosta jatkokäsittelyyn SLF:n luokitukseen vaarallisesta ei-vaaralliseksi jätteeksi. Tällainen muutos mahdollistaisi jatkoprosessoinnin metallien erottamiseksi ja jäljelle jäävän jakeen hyödyntämisen kiinteänä kierrätyspolttoaineena (SRF/REF) energiantuotannossa muissakin kuin vaarallisen jätteen polttoon tarkoitetuissa kattiloissa. Polttoon soveltuvan SLF:n kokonaisosuudeksi romuajoneuvosyötteestä on arvioitu 6-10 %.

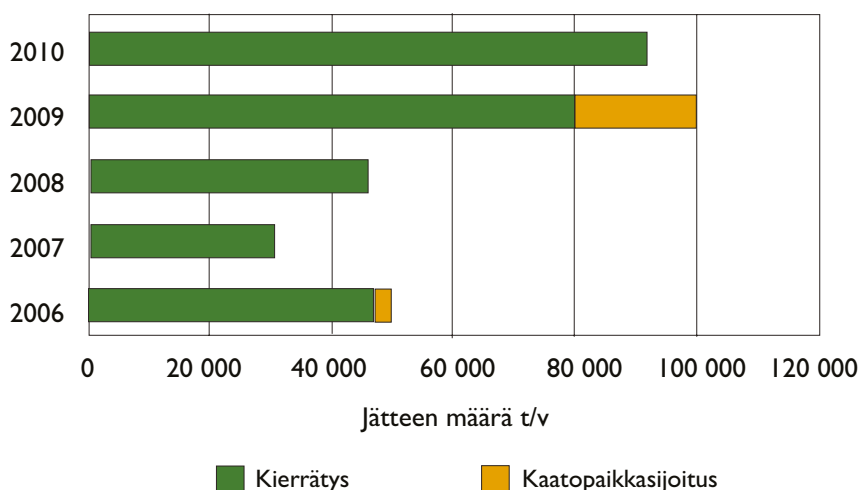
Euroopassa on raportoitu ja lisäksi käynnissä on useita tutkimuksia, jotka tarkastelevat SLF:n koostumusta ja sen kierrätys- ja hyödyntämispotentiaalia (mm. Ahmed ym. 2014, Ruffino ym. 2014, Fiore ym. 2012).

Romuajoneuvoissa on palosuojatun muovin lisäksi piirikortteja, joissa on käytetty mahdollisesti kiellettyjä POP-yhdisteitä. Uusissa automalleissa piirikortteja voi olla huomattava määrä, yli 10 kpl ajoneuvoa kohden. Nyt Suomessa käsittelyyn tulevissa, noin 20 vuoden ikäisissä romuajoneuvoissa piirikortteja on vähän. Piirikortteja ei tällä hetkellä erotella romuajoneuvojen esikäsittelyssä, vaan ne päätyvät esimerkiksi Kuusakoski Oy:llä käsittelyprosessissa upotuskellutukseen, josta ne saadaan eroteltua omaksi jakeekseen metallisulattoihin toimitettavaksi.

Kierrätysaste

Kuvassa 5 on esitetty Tilastokeskuksen raportoima romuajoneuvojen hyödyntäminen ja käsittely. Suomi on raportoinut vuoden 2010 kierrätysasteeksi 82,5 % ja hyödynnettyjen romuajoneuvojen määräksi 95 %.

Romuajoneuvojen hyödyntäminen ja käsittely vuosina 2006 - 2010



Kuva 5. Romuajoneuvojen (ELV) määrän kehitys ja käsittelytavat (Tilastokeskus)

9.2.2

POP-yhdisteiden pitoisuudet ELV:ssä

Muovin määrä ja tyyppi ELV:ssä

Romutettavan ajoneuvon keskipaino on nykyhetkellä 1000 kg. Muovien osuus vaihtelee ajoneuvoittain, mutta Euroopassa vuonna 1998 valmistetussa ajoneuvossa on muovia arviolta 10 % (APME 1999). Muovista 19 % on arvion mukaan ajoneuvon sisustukseen käytettyä muovia, 14 % koelaudan muovia, 12 % penkkien muovia, 10 % puskurimuovia, 8 % pehmusteita, 7 % elektronisten komponenttien muovia ja loput 30 % muihin osiin käytettyä muovia (mm. valot, muut ulkopuoliset osat, polttoainejärjestelmä, runkoon käytetty muovi jne.). Käytetyimmät muovityypit ovat PP, ABS, PC, PUR ja PVC, mutta myös muita muovityyppejä esiintyy vähäisemmin määrin. ABS-muovia esiintyy etenkin koteloituissa osissa, PP-muovia esimerkiksi puskureissa ja PUR-vaahtoa ajoneuvojen penkeissä.

Palosuojattu muovi ELV:ssä

Palosuojattua muovia on tunnistettu ainakin ajoneuvojen muovisissa ja kankaisissa osissa, pehmusteissa (PUR-vaahto) ja piirikorteissa (taulukko 13). Tiedot bromattujen palonestoaineiden käyttömääristä ajoneuvojen valmistusvaiheessa ovat puutteellisia (Retkin 2012). Yleisin ajoneuvoissa esiintyvä palonestoaine on c-DBDE. Bromatuista palonestoaineista ajoneuvojen muovien suojaukseen käytetään myös HBCD:tä. Ennen vuotta 2004 esimerkiksi PUR-vaahtoa on suojattu c-PeBDE:llä ja ABS-muovia c-OBDE:llä. Myös muita kuin bromattuja palonestoaineita on käytetty.

Autoihin liittyviä bromipitoisuuden mittauksia on tehty vähänlaisesti. Suomessa Kuusakoski Oy on vuonna 2013 mitannut 17 romutettavasta ajoneuvosta 143 osan bromipitoisuudet.

PUR-vaahtoa on käytetty ja käytetään pehmusteena ajoneuvojen penkeissä, tyyynyissä, niskatuissa ja mahdollisesti myös vanhoissa lasten turvaistuimissa. Osia, joissa bromipitoisuus voi juontua PUR-vaahdon sisältämästä palonestoaineesta, oli

mittauksessa 59 kappaletta (mm. etu- ja takaistuinten pehmusteita ja kankaita sekä istuinten päätukia). Osassa näistä mittatulos voi myös perustua istuimen kankaan palosuojaukseen. Mittausten keskiarvo oli 1250 mg/kg, mutta vaihteluväli oli suuri (20–30 000 mg/kg). Yksittäiset suuret arvot nostavat keskiarvoa, joka jää ilman aasialaisia automerkkejä varsin alhaiseksi. Otoksesta ei voida kuitenkaan johdonmukaisesti todeta, että kaikissa aasialaisvalmisteisissa autoissa olisi käytetty bromattuja palonestoaineita PUR-vaahdon suojaukseen, sillä merkkikohtaista vaihtelua on.

Norjalaisessa tutkimuksessa mitattiin yli 2500 mg/kg:n bromipitoisuuksia 20 %:ssa istuimista (Bratland ym. 2012). Otoksiko oli 90 vuosien 1987–2005 automallia. Aasiassa valmistettujen autojen istuimissa ja niiden takaosissa havaittiin korkeita bromipitoisuuksia (50 %:ssa yli 10 000 ppm), eurooppalaisissa merkeissä pitoisuudet olivat alhaisemmat (pääosin alle 1000 mg/kg), joskin joissakin malleissa ja ikäluokissa mitattiin yli 10 000 mg/kg:n pitoisuuksia. Retkinen mittaukset vuodelta 2012 vahvistavat, että eurooppalaisissa autoissa bromipitoisuudet jäävät suhteellisen alhaisiksi. Eniten kiellettyjä yhdisteitä arvioidaan olevan aasialaisissa automalleissa, mutta myös vanhemmissa amerikkalaisissa autoissa. Suomessa jälkimmäisiä on ollut käytössä vähän.

Romuaajoneuvojen muissa osissa bromattuja palonestoaineita on havaittu ainakin penkkien selkänojissa ja taustoissa, ovi- ja kattopaneeleissa tai niiden verhouksissa, lattiamatoissa, hattuhylyissä, takakontissa ja moottoritilan äänieristeissä. Raportoituja mittaustuloksia on vähänlaisesti, eikä etenkin kiellettyjen yhdisteiden esiintyvyydestä ole pitoisuustietoja. Kuusakoski Oy:n vuonna 2013 tekemissä mittauksissa näissä muissa muovisissa osissa ei bromin pitoisuus ylittänyt kertaakaan 1000 mg/kg ja pääsääntöisesti pitoisuudet olivat alle 100 mg/kg. Bratlandin ym. (2012) mittauksissa löydettiin yli 2 500 mg/kg:n bromipitoisuuksia myös muista kuin romuaajoneuvojen pehmusteista ja kankaista (ks. taulukko 13). Esimerkiksi moottoritilan äänieristeissä bromia havaittiin yli 2 500 mg/kg:n pitoisuudella noin 30 prosentissa tutkituista eristeistä.

Myös ajoneuvojen piirikortit sisältävät bromattuja palonestoaineita, vaikka piirikorteissa ei merkittävästi muovia olekaan. Vanhoissa piirikorteissa esiintyy c-PeBDE:tä, mutta myös c-OBDE:ta ja HBCD:tä. Vanhoissa piirikorteissa on myös lyijyä, joten piirikortit tulisi poistaa ennen murskausta pelkästään lyijypitoisuuden perusteella. Nykyautoissa piirikorteissa oleva bromi on pääsääntöisesti reaktiivisesti lisättyä TBBPA:ta. (Bratland ym. 2012.)

POP-yhdisteillä suojattu muovi ELV:ssä

c-PeBDE:tä on käytetty PUR-vaahdon palosuojaukseen. Käyttö on ollut yleisintä Yhdysvalloissa, jossa ajoneuvojen palosuojamääräykset ovat olleet tiukemmat. Eurooppalaisissa autoissa käyttö on ollut vähäisempää. Valmistusvaiheessa PUR-vaahtoon on lisätty c-PeBDE:tä 2–18 %:n paino-osuudella. PUR-teollisuuden ja tieteellisen kirjallisuuden esittämät arvot eroavat toisistaan; haarukan alapään arvot ovat teollisuuden arvioita (esim. autoteollisuuden käyttöön on ilmoitettu toimitetun PUR-vaahtoa, jossa pitoisuus ollut 4 p-%:a). (ESWI 2011.) Valmistusvaiheessa tämä tarkoittaa 40 000 mg/kg:n pitoisuutta. Ei ole tiedossa, minkä verran yhdisteistä kuluu pois käytön aikana ennen kuin ajoneuvo päättyy romutettavaksi. Pitoisuudet jätehuollossa ovat todennäköisesti korkeita, jos c-PeBDE:tä on lisätty pehmusteissa käytettyyn PUR-vaahtoon tarkoituksella.

Norjalaisessa tutkimuksessa osa tutkituista romuaajoneuvon osista analysoitiin edelleen laboratoriossa. Istuinten bromi tunnistettiin pääsääntöisesti c-DBDE:ksi (pitoisuudet 7000–27 000 mg/kg) (Bratland ym. 2012). Tutkimuksessa ei kerrota, mitattiinko laboratoriossa c-PeBDE:tä vai eikö sitä esiintynyt ollenkaan.

c-PeBDE:tä, OBDE:tä ja HBCD:tä esiintyi ajoneuvojen piirikorteissa, mutta mitatut pitoisuudet ovat olleet pieniä (Bratland ym. 2012). Yleisesti on tiedossa, että HBCD:tä ja c-OBDE:tä on käytetty myös suojaamaan ajoneuvojen mm. ABS-muovista valmistettuja osia. Koostetaulukko pitoisuustutkimuksista on esitetty taulukossa 12.

Hollantilaiset viranomaiset mittasivat vuonna 2013 BDE-kongeneereja (penta, okta, deka) vuosien 1990–2000 automalleista. Ajoneuvot tutkittiin direct probe TOF:lla ja lisäksi 70 näytettä analysoitiin laboratoriossa. Lisäksi mitattiin murskan pitoisuuksia eri vaiheessa erottelua. Keskeinen havainto oli, että vaikka vain harvat autot sisälsivät merkittäviä määriä POP-palonestoaineita, kierrätysprosessin edetessä materiaali sisälsi niitä lähes poikkeuksetta. Kaikissa pellettinäytteissä esiintyi c-DBDE:tä, c-

Taulukko 12. Eri tietolähteistä koottuja tarkasteltavien yhdisteiden pitoisuuksia ELV-jätteissä

Tutkimus	Kuusakoski (2013)	The Ecology Center (2012)	Retkin (2012)	Bratland ym. (2012)
Maa	Suomi	Kansainvälinen	Suomi	Norja
Jäte/ Tutkittu tuote	17 romuajoneuvosta 143 osaa: istuimien pehmusteet ja kankaat, sisäkatto, hattuhylly, kojelauta, keskikonsoli, tavaratila, matto, turvavyö, ratti, kojelauta, moottoritalan eriste ja tiiviste, turvavyö, tuuletinritilä	900 uuden ajoneuvon (vuosimallit 2006–2012) osat: Kasinojat, keskikonsoli, kojelauta, seinän suojuukset, sisäkatto, etuistuimen etu- ja takaosa, matto, headliner, istuimen alaosa, vaihdekeppi, ratti	29 näytekappalletta romuajoneuvojen sisätiloista. Pääosin eurooppalaisia ajoneuvoja, joiden keski-ikä 20 vuotta	90 käytöstä poistettua henkilöautoa, joiden vuosimallit ovat ajalta 1987–2010.15 ajoneuvosta purettiin piirikortit erillistä testausta varten.
Menetelmä	Bromipitoisuuden kenttämittaus XRF-analysaattorilla.	Bromipitoisuuden kenttämittaus XRF-analysaattorilla. Samojen mallien samoja osia testattiin toistuvasti. Testattavia osia ei rikottu tai irrotettu ajoneuvoista.	Bromipitoisuuden kenttämittaus XRF-analysaattorilla.	Bromipitoisuuden kenttämittaus XRF-analysaattorilla ja näytteiden analysointi laboratoriossa.
Tutkimuksessa mainitut epävarmuudet	Autojen tarkat vuosimallit eivät olleet kaikissa tapauksissa tiedossa. Kaikista ajoneuvoista ei pystytty mittaamaan kaikkia osia.	Tutkimuksessa ei pystytty erottamaan, mitä bromattua palonestoainetta ajoneuvon kuskakin osassa oli käytetty. Arvion mukaan ajoneuvoissa käytetyin palonestoaine on tällä hetkellä c-DBDE ja vähäisemmissä määrin TBBPA ja HBCD.		
Tulokset	Bromipitoisuuden vaihteluväli 6–32 672 mg/kg. Keskimääräinen pitoisuus oli 815 mg/kg. Keskiarvoon vaikuttavia korkeita pitoisuuksia oli joidenkin autojen istuimien kankaissa ja pehmusteissa ja tavaratilassa. Istuimien osiin kohdistuneiden mittausten keskiarvo oli 1 250 mg/kg. Eurooppalaisissa ja yhdysvaltalaisissa automalleissa pitoisuudet jäivät pääasiallisesti alle 200 mg/kg. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin aasialaisvalmisteissa autoissa (Toyota, Mazda, Nissan), joskaan kaikissa mainitun merkkisissä autoissa pitoisuudet eivät olleet yli 100 mg/kg. Tämä indikoi malli- ja vuosikohtaisesta vaihtelusta.	40 % ajoneuvoista sisälsi bromattuja palonestoaineita. 8 %:ssa ajoneuvoja ei esiintynyt ollenkaan bromattuja palonestoaineita tai PVC:tä. Vuonna 2006 sama luku oli 2 %. Bromattujen palonestoaineiden esiintyvyys vaihteli suuresti automalleittain ja osittain. Vähiten bromattuja palonestoaineita sisälsivät Euroopassa valmistetut autot (2,7 % testatuista komponenteista), seuraavaksi eniten usalaiset autot (4,5 %) ja eniten aasialaiset merkit (11,6 %).	Bromipitoisuuden vaihteluväli kenttämittauksissa 0–230 mg/kg. Keskiarvo 30 mg/kg.	<i>Piirikortit:</i> XRF:llä mitattuna suuret bromipitoisuudet, joista laboratorioanalyysi selitti vain osan. Suurin osa bromista on reaktiivisesti sitoutunutta TBBPA:ta. c-PeBDE:tä ja c-OBDE:tä aina alle 3,5 mg/kg kaikissa ikäluokissa. c-DBDE:tä usein alle 10 mg/kg, mutta tietyissä ikäluokissa havaittiin 200 mg/kg. HBCD:tä kaikissa ikäluokissa alle 10 mg/kg. Additiivista TBBPA:ta alle 100 mg/kg kaikissa ikäluokissa. <i>Ajoneuvojen muoviset tai kankaaiset sisäosat:</i> takapenkin tausta: 50 %:ssa bromia (13 %:ssa yli 2 500 mg/kg), takaistuimien selkänoja 73 % (20 %), ovipaneeli: 54 % (16 %), etuistuin 84 % (19 %), etuistuimen selkänoja 78 % (16 %), lattiamatto 51 % (2 %), sisäkatto 36 % (2 %), hattuhylly 50 % (2 %), takakontin lattia 59 % (5 %), moottoritalan äänieriste 73 % (27 %). Lisäksi bromia löytyi alle 2 500 ppm:n pitoisuudella kaikista muistakin ajoneuvon osista 9–48 %:n vaihteluvälillä osasta riippuen. Aasialaisvalmisteisten autojen istuimissa ja niiden takaosissa oli korkeita bromipitoisuuksia (50 %:ssa yli 10 000 mg/kg), eurooppalaisissa merkeissä pitoisuudet olivat alhaisemmat (pääosin alle 1 000 mg/kg), joskin joissakin malleissa ja ikäluokissa mitattiin yli 10 000 mg/kg:n pitoisuuksia. Laboratorionäytteissä bromi tunnistettiin pääsääntöisesti c-DBDE:ksi (pitoisuudet esim. istuimissa 7 000–27 000 mg/kg) tai HBCD:ksi (esim. moottorin äänieristeissä pitoisuus 4 400 mg/kg). Muiden kuin piirikorttien osalta ei mainittu, mitattiinko laboratoriossa c-PeBDE:n ja c-OBDE:n pitoisuuksia.

<p>Tutkimuksessa mainitut päätelmät</p>	<p>Bromattuja palonestoaineita esiintyy romutettavissa ajoneuvoissa. Pitoisuuksien vaihteluväli on suuri. Bromattuja palonestoaineita on otoksen perusteella todennäköisimmin 1990-luvulla valmistettujen aasialaisten autojen istuinten pehmusteissa ja kankaissa.</p> <p>Tutkimuksessa ei tutkittu, mitä bromattuja palonestoaineita on käytetty.</p>	<p>Bromattuja palonestoaineita esiintyy edelleen uusissa ajoneuvoissa. Kielletyt aineet on korvattu c-DBDE:llä, TBBPA:lla ja HBCD:llä.</p>	<p>Bromipitoisuudet ovat erityisen korkeita ajoneuvojen istuimissa ja niiden takaosissa. Tutkimuksessa ei löydetty korrelaatiota valmistusvuoden ja bromipitoisuuden välillä. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että tietyt merkkiset autot sisältävät enemmän bromia.</p>
---	---	--	---

OBDE:ta 40 %:ssa näytteistä ja 20 %:ssa c-PeBDE:tä. Pelleteissä POP-BDE:n yhteenlasketun pitoisuuden summan vaihteluväli oli 0–70 mg/kg. Aasialaisissa ja amerikkalaisissa autoissa POP-BDE:n yhteenlasketun pitoisuuden summan vaihteluväli oli 0–25 000 mg/kg, kun Euroopassa valmistetuissa autoissa pitoisuuksia ei havaittu. c-DBDE:tä ei niin ikään havaittu eurooppalaisissa autoissa, muissa pitoisuuden vaihteluväli oli 2–23 000 mg/kg.

9.2.3

Yhteenveto POP-yhdisteistä romuajoneuvoissa

- Romuajoneuvojen POP-yhdisteistä on tehty vähän mittauksia ja otoskoot ovat olleet pieniä. Ajoneuvojen tiedetään sisältävän bromia, mutta eri bromiyhdisteiden pitoisuuksia ei ole mitattu.
- Romuajoneuvoissa esiintyy eniten sallittua c-DBDE:tä. Ajoneuvojen istuinten pehmusteissa (PUR-vaahdossa) ja päällyskangaissa arvioidaan esiintyvän kiellyttyä c-PeBDE:tä, vaikka kirjallisuudesta ei löydy pitoisuustietoa. c-OBDE:tä on käytetty esim. ABS-muoviosien suojaukseen. HBCD:llä on suojattu ajoneuvojen tekstiili- ja muoviosia tälläkin vuosikymmenellä.
- Suurimmat bromipitoisuudet on tyypillisesti mitattu aasialaisissa ajoneuvoissa. Mittaustuloksissa on kuitenkin merkki-, malli- ja vuosikohtaista vaihtelua.
- Ajoneuvojen romutuksessa muovi ja PUR-vahto päätyvät ei-magneettiseen kevytjakeeseen. Jatkokäsittelymenetelmiä kehitellään parhaillaan ja tavoitteena on valmistaa fluffin ei-metallisesta osasta polttoainetta. Jakeeseen sisältyvät POP-yhdisteet tuhoutuisivat poltettaessa.
- Kierrätettäviin virtoihin arvioidaan tällä hetkellä päätyvän vähäinen määrä POP-yhdisteitä.

9.3

POP-yhdisteet rakennus- ja purkujätteissä

9.3.1

Rakennus- ja purkujätteen määrä, käsittely ja kierrätysaste

Määrä

Rakennus- ja purkujätteellä tarkoitetaan rakennuksen tai muun kiinteän rakennelman uudis- ja korjausrakentamisessa ja purkamisessa, maa- ja vesirakentamisessa tai muussa vastaavassa rakentamisessa syntyvää jätettä. Vuonna 2010 rakentamisen jätteiden kokonaismäärä Suomessa oli 24,6 miljoonaa tonnia, josta arviolta 94 % oli

erilaisia maa-aineksia (Ruuska ym. 2013). Tämän selvityksen kannalta keskeisimmät jätelajit syntyvät talonrakentamisessa, jonka tuottamaksi jätemääräksi arvioitiin 2 miljoonaa tonnia vuonna 2010. Näistä jätteistä 57 % syntyi korjaustyömailla, 27 % purkutyömailla ja 16 % uudisrakennustyömailla (Kojo ja Lilja 2011). Ruuska ym. (2013) ovat jakaneet talonrakennusjätteen viiteen päävirtaan (taulukko 13). Talonrakennuksessa syntyneistä jätteistä noin 40 % on puupohjaisia jätteitä, noin 31 % kiviaineksia (betonia, tiiltä) ja noin 14 % metallijätteitä. Loput 15 % sisältää muoveja kuten eriste- ja pakkausmuoveja, maalijätteitä, lasia ja yhdyskuntajätteen kaltaisia jätteitä (Häkkinen ym. 2014)

Taulukko 13. Talonrakennusjätteen koostumus- ja määrätietoja (Ruuska ym. 2013).

Jätelaji	Koostumus	Määrä t/a	%-osuus rakennusjätteestä	Käsittely ja hyödyntäminen
Puupohjainen jäte	puu (99 %), metallit (1 %)	520 000	26	Haketus, jonka jälkeen energiahyödyntäminen polttamalla.
Metallijäte	rauta (98 %), kupari/alumiini (1 %), rejekti (1 %)	200 000	10	Revintä ja magneettierotin, jonka jälkeen kierrättäminen romuteräkseksi.
mineraali- ja kiviainekset (esim. betoni, tiili)	kiviaines (98 %), rauta (1,5 %), rejekti (0,5 %)	500 000	25	Murskaus, magneettierotin, seulonta, jonka jälkeen hyödyntäminen maarakentamisessa.
Sekalainen jäte	kiviaines (2,5 %), metalli (9 %), REF (43 %), puu (5 %), hienojakoinen aines (30 %), rejekti (10,5 %)	400 000	20	Esilajittelu, revintä, magneettierotin, seulonta, joiden jälkeen puu, metallit ja kiviaines hyödynnetään kuten yllä. Muu hienojakoinen osa sijoitetaan kaatopaikan rakenteisiin ja polttokelpoinen jäte hyödynnetään energiaksi. Loput 10 % kaatopaikalle.
Käsittelemätön jäte	yllä mainittujen lisäksi kaikkea rakennuksilla käytettävää materiaalia	380 000	19	Ei hyödyntämistä nykyhetkellä, kaatopaikkasijoitus.
Yhteensä		2 000 000	100	

Käsittely

Talonrakentamisen jätteitä kierrätettiin ja hyödynnettiin energiaksi noin 1,3 miljoonaa tonnia vuonna 2011. Kaatopaikalle sijoitettiin 0,8 miljoonaa tonnia. (Häkkinen ym. 2014.) Ruuskan ym. (2013) mukaan muovisia rakennusjätteitä ei nykyhetkellä pääsääntöisesti kierrätetä, vaan jätteet ohjataan polttoon tai kaatopaikalle.

Kierrätysaste

Rakennus- ja purkujätteen kierrätysastetta ei tunneta. Ympäristöministeriön (2013b) julkaiseman Rakentamisen materiaalitehokkuusohjelman mukaan Suomessa rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteen on arvioitu olevan 26 %. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seurantatyössä hyödynnettyjen rakennus- ja purkujätteiden osuudeksi on arvioitu noin 61 % talonrakentamisen jätteistä, kun energiahyödyntäminen otetaan huomioon (Häkkinen ym. 2014). Arvioitu hyödyntämisprosentti ei kuitenkaan kuvasta todellista nykytilannetta, koska se perustuu laskentamenetelmään, jossa hyödyntämisaste säilyy vuosittain samana. Ruuska ym. (2013) ovat puolestaan arvioineet kokonaisyödyntämisasteeksi 73 %.

Rakennus- ja purkujätteen kierrätystä tulee lisätä huomattavasti jättesäätelyssä asetetun 70 %:n kierrätystavoitteen saavuttamiseksi. Rakennus- ja purkujätteen muoviset virrat, joissa POP-jätteitä voisi esiintyä, eivät ole nykyhetkellä helposti kierrätettävissä ja kierrätysasteen kasvu tulee ensisijaisesti muista kuin muovijakeista.

POP-yhdisteiden pitoisuudet rakennus- ja purkujätteessä

Muovin määrä ja tyyppi rakennus- ja purkujätteissä

Rakennus- ja purkujätteen määrät ja koostumus tunnetaan varsin huonosti. Eri muovityypeistä tai niiden määristä ei ole tietoa.

Ruuskan ym. (2013) raportoimista virroista sekalainen ja käsittelemätön jäte (yht. 780 000 t) voi sisältää muovisia (tai kumisia) jätejakeita, joissa puolestaan voi esiintyä tarkasteltavia POP-yhdisteitä. Yhteenlaskettuna muovisia jakeita sisältävän rakennusjätevirran määrä voi Ruuskan ym. tiedoista johtaen olla suurimmillaan 600 000 tonnia, jos mukaan lasketaan kierrätyspolttoaine, rejekti ja käsittelemätön jäte kokonaisuudessaan. Käytännössä vain osa tästä jätemäärästä on muovia ja POP-yhdisteitä esiintyy pääsääntöisesti vain purkujätteessä, jonka osuus on 27 % kaikesta talonrakentamisen jätteestä. Uudis- tai korjausrakentamisesta POP-yhdisteitä sisältäviä jätteitä ovat polystyreenistä valmistetut eristelevyt, joissa on käytetty HBCD:tä.

POP-yhdisteillä suojattu muovi rakennus- ja purkujätteissä

Rakentamisessa käytettäviä polystyreenista valmistettuja eristeitä on suojattu palonestoaine HBCD:llä. Suulakepuristettujen ja vaahdotettujen polystyreenieristeiden (XPS- ja EPS-eristeet) käsittely HBCD:llä on ollut yleistä Euroopassa. (Lindner ja Hiestermann 2011.) Suomeen on tuotu hyvin vähän eristelevyjä. Myös kotimaisessa valmistuksessa palosuojattujen eristelevyjen käyttö on ollut vähäistä. XPS-eristeissä, jotka on valmistettu Suomessa, ei esiinny HBCD:tä lainkaan. Kotimaisten EPS-levyjen kokonaisvolyymistä 11 % on ollut HBCD:llä käsiteltyä. Luku koskee vuotta 2010, mutta sama osuus pätee 1990-luvun loppupuolelta lähtien. EPS-eristeiden kokonaistuotanto vuonna 2012 oli 1 189 604 m³. (EPS-rakennuseristeteollisuus 2013.)

Noin 90 % Suomessa valmistetuista EPS-eristeistä on käytetty rakennusten routaeristeinä, lattiaeristyksissä ja keventeinä penkereissä, katu- ja tierakenteissa sekä rautatierakentamisessa. Näissä kohteissa eristeet eivät ole olleet palosuojattuja. Palosuojattuja eristeitä on käytetty seinä- ja julkisivueristeinä mm. betoni-, harkko- ja tiilirakenteissa sekä betonisandwich-elementeissä ja kattoeristeinä tuuletetuissa ja tuulettumattomissa yläpohjarakenteissa. Lisäksi EPS-eristeillä on eräitä muita käyttökohteita, joissa eristeitä ei ole tarvittu palosuojata. Palonestoaineen määrä HBCD:llä suojatuissa EPS-eristeissä on 0,67 p-% (6 700 mg/kg), jolloin eriste täyttää vaatimukset S-laadusta (vaikeasti syttyvää, ei ylläpidä palamista).

HBCD:tä on tietävästi käytetty EPS-levyjen suojaukseen Suomessa 1970-luvulta alkaen. 1970- ja 80-luvuilla HBCD:tä käytettiin vain erikoiskäytöissä, kuten sisäkattolevyissä. Nämä edustivat noin 1 % EPS-levyjen tuolloisesta kokonaisvolyymistä. 1990-luvun loppupuolelta alkoi käyttö seinä- ja kattoeristeissä. EPS-rakennuseristeteollisuus on siirtynyt korvaavan palonestoaineen käyttöön vuonna 2015. Suomalaisissa EPS-eristeissä, jotka on sijoitettu katto- tai seinäeristeiksi, esiintyy siten HBCD:tä rakennuksissa, jotka on rakennettu vuosien 1990–2015 välillä.

Lindner ja Hiestermann (2011) ovat arvioineet, että EPS-jätteen määrä on Suomessa verrattain vähäinen pääasiallisista käyttökohteista johtuen. Keventeinä, routa- tai lattiaeristeinä käytettävien levyjen käyttöikä on pitkä eikä niitä välttämättä koskaan poisteta. Vuonna 2009 EPS-jätteen määräksi arvioitiin 3 100 tonnia (155 000 m³). Tästä määrästä 81 % syntyi purkukohteista ja 19 % oli asennusjätettä. Ei ole olemassa arviota siitä, mikä osuus jätteen kokonaismäärästä on palosuojattua. Suomalaisen rakennuseristeteollisuuden mukaan Suomessa jätemäärä on edellä olevaa pienempi, koska EPS:n käyttökohteet ovat meillä erilaiset kuin Keski-Euroopassa.

Arvion mukaan 90 % Suomen EPS-jätteestä on sijoitettu muun sekalaisen rakennus- ja purkujätteen mukana kaatopaikalle. Energiaksi on hyödynnetty lähes 10 %. (Lindner ja Hiestermann 2011.) EPS-rakennuseristeteollisuuden mukaan EPS-eristeiden kierrätys on ollut ennen kaikkea valmistuksen sisäistä kiertoa, jossa leikkausjätettä on rouhittu ja käytetty uudestaan levyiksi. Purkukohteiden EPS-levyjä on kierrätetty Suomessa lähinnä tapauksissa, joissa kattoeristeitä on sellaisinaan pystytty siirtämään toiseen käyttökohteeseen. Vähäisissä määrin myös puhtaita eristeitä on rouhittu kierrätettäväksi purkukohteistakin. Likaisia eristeitä ei ole kierrätetty.

Palosuojatun ja -suojaamattoman EPS-jätteen erottaminen toisistaan on mahdotonta ilman analyysijä. Käytännössä 90 % eristekäytöstä on kuitenkin sellaista, etteivät eristeet ole purkuvaiheessa enää kierrätyskelpoisia likaisuutensa takia. Erottelua ei tarvita, jos vain katto- ja seinäeristyksistä peräisin olevaa palosuojuuttua EPS-jätettä voidaan uudelleenkäyttää tai kierrättää. Uudelleenkäyttö ja kierrätys on kuitenkin kielletty Tukholman sopimuksella. Vuodesta 2016 alkaen EPS-jätettä ei myöskään ole mahdollista sijoittaa kaatopaikalle, mikäli orgaanisen aineksen määrä nousee liian korkeaksi kaatopaikka-asetuksen velvoitteisiin nähden. Jatkossa palosuojatut EPS-jätteet on ohjattava polttoon muun polttokelpoisen rakennus- ja purkujätteen ohella. Koska likaisen EPS-jätteen kierrättäminen ei ole mahdollista, tullaan käytännössä kaikki Suomen EPS-jätteet polttamaan. Erillisen haasteen aiheuttavat betonisandwich-elementit, joissa palosuojuuttu EPS-eriste on betonissa kiinni ja hankaloittaa siten betonin kierrätystä.

Tarkasteltavien POP-yhdisteiden esiintyvyydestä ja pitoisuuksista muissa rakennusmateriaaleissa on tietoa vain yksittäisinä mainintoina ja norjalaisesta tutkimuksesta (Amlo ja Brakke 2010) (ks. taulukko 14). Tutkimuksen mukaan esimerkiksi putkien läpivienneissä käytetyssä PUR-vaahdossa esiintyy bromattuja palonestoaineita. Solumuoveista on mitattu sallittua c-DBDE:tä. SCCP:tä on todettu esiintyvän saumaussmassoissa, mutta Amlon ja Brakken (2010) mittauksessa pitoisuudet jäivät alle 10 000 mg/kg. Myös ikkunoiden eristeissä ja kumeissa esiintyy SCCP:tä, ja pitoisuuden vaihteluvälit ovat 0–61 000 mg/kg.

Purkujätteissä esiintyy myös tässä työssä tarkastelemattomia POP-yhdisteitä. Osa sinistymisenestoaineista on POP-yhdisteitä. Näiden yhdisteiden olemassa olo on otettava huomioon puujätteen kierrätyksessä. Lisäksi Tukholman sopimuksen alkuperäisiin aineisiin kuuluvia polykloorattuja bifenyylejä (PCB) käytettiin yleisesti elementtitalojen saumaussmassoissa vuoteen 1980 asti ja lämmönsiirtonesteinä ja eristeinä muuntajissa, kondensaattoreissa ja muissa hydraulisissa laitteissa 1920-luvulta lähtien. Sekä laitteissa että saumaussmassoissa PCB on pitkälti poistunut ongelma, koska laitteet on yksittäisiä kappaleita lukuun ottamatta poistettu käytöstä ja elastisten saumojen käyttöikä on noin 15–20 vuotta, jonka jälkeen ne on uusittu (mm. Sepälä ym. 2012). Suomen rakennussaumausyhdistyksen mukaan joitakin yksittäisiä vanhoja saumoja voi edelleen löytyä esim. syrjäisemmillä seuduilla. Kirjallisuudessa on esitetty mainintoina, että PCB on korvattu saumaussaineissa osin SCCP:llä.

Taulukko 14. Eri tietolähteistä koottuja tarkasteltavien yhdisteiden pitoisuuksia rakennus- ja purkujätteissä

Tutkimus	Amlo ja Bakke (2010)
Maa	Norja
Jäte/Tutkittu tuote	Purkujätteet: 1) EPS-levyt 2) XPS-levyt 3) Jäykkä-PUR 4) Vaahtomuovi-PUR 5) Solumuovi 6) Rakennusmassat 7) Ikkunoiden eristeiliimat ja kumieristeet
Menetelmä	Näytteiden analysointi laboratoriossa
Tutkimuksessa mainitut epävarmuudet	Pienet otokset vaativat lisätutkimuksia
Tulokset	1) EPS-levyissä keskimääräinen HBCD:n pitoisuus oli 40 mg/kg 2) XPS-levyissä HBCD:n pitoisuus 2211 mg/kg 3) Jäykkä-PUR: BFR:ää 10 mg/kg 4) Vaahtomuovi-PUR: BFR:n vaihteluväli 10–50 mg/kg, SCCP:n vaihteluväli 0–10 000 mg/kg 5) Solumuovi: c-DBDE:tä keskimäärin 1351 mg/kg. 6) Massat: SCCP:n vaihteluväli 0–5000 mg/kg 7) Ikkunoiden eristeet ja kumit: liimoissa SCCP:n vaihteluväli 0–61 000 mg/kg, kumeissa 0–10 000 mg/kg.
Tutkimuksessa mainitut päätelmät	Raportissa annetaan suosituksena, että purkukohteissa eristelevyistä otetaan näytteitä, jotka lähetetään kemialliseen analyysiin. Raportti suosittelee, että Norjassa kaikki ennen vuotta 2004 valmistettu solumuovi käsitellään vaarallisena jätteenä. SCCP:n pitoisuus PUR:ssa, massoissa ja tiivisteissä pitää analysoida purkukohteissa.

9.3.3

Yhteenvedo POP-yhdisteistä rakennus- ja purkujätteissä

- Rakennus- ja purkujätteessä olevan muovin (ja kumin) määrää ei tunneta
- POP-yhdisteiden esiintyvyydestä ja pitoisuuksista on tarkempaa tietoa vain eristelevyistä
- HBCD:tä on käytetty suojamaan EPS-eristeitä. Kokonaisvolyymistä n. 10 % on viime aikoina ollut palosuojattua laatua. Eristeiden kierrätys on ollut vähäistä. Jatkossa HBCD:llä palosuojattuja EPS-eristeitä ei voida kierrättää.
- SCCP:tä on käytetty ainakin ikkunoiden eristeissä ja saumausmassoissa. Pitoisuudet voivat olla yli 10 000 mg/kg
- POP-yhdisteillä palosuojattuja rakennus- ja purkujätteitä ei tällä hetkellä kierrätetä. Kierrätysasteen kasvu tulee ensisijassa muiden kuin muovisten rakennus- ja purkumateriaalien kierrätyksestä.

OSA III.

POP-jätteiden tunnistaminen ja käsittely

10 POP-yhdisteiden tunnistaminen ja erottaminen jätevirrasta

POP-asetus (850/2004/EY) velvoittaa hävittämään tai muutoin palautumattomasti muuntamaan POP-yhdisteistä koostuvan, niitä sisältävän tai niiden saastuttaman jätteen. Asetuksessa sanotaan, että sellaiset loppukäsittely- ja hyödyntämismenetelmät, jotka voivat johtaa liitteessä IV lueteltujen aineiden hyödyntämiseen, kierrätykseen, talteenottoon tai uudelleenkäyttöön, ovat kiellettyjä. Loppukäsittelyn ja hyödyntämisen yhteydessä jätteestä voidaan eristää liitteessä IV luetellut aineet, jos ne loppukäsittelään sen jälkeen kuten asetus määrää.

Asetuksen jätehuoltoartiklassa ei määritetä, missä vaiheessa jätteenkäsittelyä jätteen sisältämä POP-osa tulisi erotella, jos saastumaton osa halutaan kierrättää. Konkreettisia vaihtoehtoja POP-yhdisteiden eristämiseen on saastuneen osan erottelu ennen jätteen murskausta tai murskauksen jälkeisissä prosesseissa.

Tukholman sopimuksen 5. osapuolikokouksessa vuonna 2011 annettiin suositukset bromattujen palonestoaineiden poistamiseksi jätevirrasta (ks. Häkkinen 2012). Näissä suosituksissa keskeisenä ohjeena on tunnistaa ja erotella POP-yhdisteitä sisältävät materiaalit muusta jätevirrasta ennen kierrätystä. Myös POP-asetuksen (850/2004/EY) johdantolauseissa kohdassa 16 todetaan, että on tärkeää, että pysyvistä orgaanisista yhdisteistä koostuva, niitä sisältävä tai niiden saastuttama jäte tunnistetaan ja lajitellaan jo sen syntypaikalla, jotta kyseisiä kemikaaleja päätyisi mahdollisimman vähän muun jätteen joukkoon. Jätelain 17 §:ssä todetaan myös, että vaarallista jätettä ei saa laimentaa eikä muulla tavoin sekoittaa lajiltaan tai laadultaan erilaiseen jätteeseen.

Menetelmät PBDE-yhdisteiden tunnistamiseksi voidaan jaotella

1. menetelmiin, joilla tunnistetaan bromattujen palonestoaineiden esiintyvyyttä ja pitoisuus,
2. menetelmiin, joilla tunnistetaan tietyt yhdisteet ja niiden pitoisuus sekä
3. tarkempaan analyysiin, joissa tarkasteltavasta materiaalista otettu näyte tutkitaan tarvittavan mekaanisen ja kemiallisen esikäsittelyn jälkeen laboratoriossa.

Tieteellisessä kirjallisuudessa on esitelty viime vuosina useita eri menetelmiä ennen kaikkea luotettavuuden ja teknisen toimivuuden näkökulmasta (mm. Gallen ym. 2014, Ballesteros-Gómez ym. 2013, Beigbeder ym. 2013). WRAP (2006) esittelee erilaisia mahdollisia menetelmiä. Myös Schlummer ym. (2007) käyvät läpi kirjallisuusviitteitä menetelmistä, jotka voisivat olla soveltuvia, mutta eivät ole kirjoitushetkellä olleet taloudellisesti mahdollisia. UNEP:n (2012) raportissa nimetään nykyisin käytetyiksi menetelmiksi röntgenfluoresenssin (XRF), SS-spektrometrian (sliding spark spectrometry SSS), pyyhkäisytestin (engl. surface wipe test), Raman spektroskopian, TPF-testit (direct desorption/probe TPF), tiheuserottelun ja erilaiset laboratoriossa tehtävät analyysit. Jäljempänä esitellään jotkin mainituista menetelmistä menemättä tarkempaan yksityiskohtiin.

Tarkimpia menetelmiä POP-yhdisteiden tunnistamiseen ovat analyysit, joissa tarkasteltavasta materiaalista otettu näyte tutkitaan tarvittavan mekaanisen ja kemiallisen esikäsittelyn jälkeen laboratorioissa. Analysointiin käytetään yleensä erilaisia kromatografisia menetelmiä yhdistettynä massaspektrometriin. Analyysi kertoo tarkalleen esimerkiksi, mitä tarkasteluun määritettyjä BDE-kongeneereja tutkittava näyte sisältää ja millä pitoisuudella. Tällaiset laboratorio-olosuhteissa tehtävät analyysit soveltuvat jätevirran ajoittaiseen, pistokoemaiseen tarkkailuun ja valvontaan tai erillisiin tutkimuksiin, mutta eivät ole hyödynnettävissä muovijätteen sisältämien POP-yhdisteiden tunnistamiseen käsittelylaitoksissa erotteluprosessin aikana.

Toisessa ääripäässä on manuaalinen erottelu, jossa erottelulinjastolla työskentelevät poistavat sellaisia osia, jotka heidän kokemuksensa mukaan voivat sisältää bromattuja palonestoaineita. Manuaalisen lajittelun ilmeisenä ongelmana on inhimillisten virheiden todennäköisyys, jolloin POP-muovia päätyy kierrätyskelpoisiksi luettaviin materiaaliavirtoihin. Manuaaliseen käsittelyyn liittyy myös työterveysriskejä. SER- ja ELV-jätteen käsittelylaitosten työntekijöillä on havaittu kohonneita PBDE-pitoisuuksia (mm. Sakai ym. 2007, Thuresson ym. 2006). Bromattuja palonestoaineita sisältävän muovin murskaamisen on todettu aiheuttavan terveyshaittoja murskaamon työntekijöille (Schechter ym. 2009, Deng ym. 2007) sekä synnyttävän PBDD/F-yhdisteitä murskausprosessin aikana (Schlummer 2007). Kehittyneillä työsuojelumenetelmillä työntekijöiden altistusta on kuitenkin pystytty merkittävästi alentamaan (Sjödin ym. 1999).

SER:n käsittelyssä ei ole välttämättä tarvetta erikseen tunnistaa POP-yhdisteitä ja erotella niitä muista bromatuilla palonestoaineilla käsitellyistä muoveista. SER-direktiivi velvoittaa erottelemaan kaikki bromatuilla palonestoaineilla käsitellyt muovit kierrätyksessä (ks. luku 3.1). SER-direktiivin erotteluvelvoitteiden täyttäminen tarkoittaa automaattisesti, että kielletyillä POP-yhdisteillä käsitelty muovi tulee erotelluksi. Romuajoneuvoille ja rakennus- ja purkujätteelle ei vastaavaa yleisempää velvoitetta kuitenkaan ole.

Muovilaadut voidaan erotella toisistaan polymeerityypin tunnistavalla tekniikalla (esim. lähi-infrapuna-analyysi, NIR). Erottelemalla tietyt muovityypit voidaan saada osa kielletyistä bromatuista palonestoaineista pois kierrosta, koska eniten kiellettyjä yhdisteitä sisältävät muovityypit tunnetaan. Muovilaatujen erottelu yksinään ei kuitenkaan riitä varmistamaan, että bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit tulevat erotelluksi riittävän tarkasti. Samalla voi tulla virheellisesti erotelluksi muoveja, jotka eivät sisällä bromia.

Luotettavammin bromatut muovit saadaan erilleen menetelmillä, joilla pystytään tunnistamaan muovin bromipitoisuus. Käsikäyttöinen XRF on yleisesti käytetty bromattujen palonestoaineiden tunnistamiseen uusissa laitteissa RoHS-asetuksen valvonnassa. XRF on menetelmänä edullisempi kuin laboratorioanalyysit, suhteellisen helppokäyttöinen ja etenkin muovien analysoinnissa sitä voidaan hyödyntää ilman tutkittavan näytteen esikäsittelyä. XRF:n määrittämissä rajoilla se voidaan asettaa esimerkiksi tasolle 10 tai 100 mg/kg. XRF:llä mitattu bromipitoisuus ei ole kuitenkaan sama kuin tutkittavan kappaleen bromatun palonestoaineen pitoisuus, koska muovit sisältävät bromia myös alkuaikamuodossa (Retkin 2012). Laite yliarvioi bromattujen palonestoaineiden pitoisuuden mitattavassa kappaleessa (Dimitrakakis ym. 2009). XRF ei myöskään pysty erottelemaan PBDE-yhdisteitä muista bromiyhdisteistä tai kiellettyjä POP-PBDE:itä sallituista yhdisteistä.

Kierrätysalan toimijoiden mukaan XRF-mittauksia ei voida tehdä kustannussyistä kuin satunnaisesti tai valituille laitteille tai komponenteille. Retkinin (2012) selvityksessä yhden tutkittavan SE-laitteen mittausaika oli XRF:llä 40–60 sekuntia. Aldrian (2012) kertoo Itävallassa käytettävän merkittävästi lyhyempiä mittausaikoja: 5–10 sekuntia per tutkittava kappale. Bratlandin (2012) mittauksissa yhden ajoneuvon tutkiminen XRF:llä kauttaaltaan kesti 8 minuuttia ajoneuvoa kohden.

Vaihtoehtona XRF:lle on esitetty röntgentransmissiota (engl. X-ray transmissi-
on, XRT), joka toisin kuin XRF toimii automaattisesti osana linjastoa. Menetelmä
tunnistaa jätejakeita automaattisesti kokonaisbromipitoisuuteen perustuen. Erot-
telulinjaston yksikköprosesseihin kytkettynä tunnistetut esineet saadaan eroteltua
automaattisesti. Laitteen hankintahinnaksi on vuonna 2010 mainittu 400 000 dollaria.
Myös erilaisten raaka-aineiden tunnistukseen käytettävää Raman-spektroskopiaa on
kehitetty tunnistamaan PBDE-yhdisteet linjastolla, jolloin se voidaan kytkeä osaksi
erottelevia prosesseja. (UNEP 2012.)

SSS-menetelmällä voidaan tunnistaa esineen bromi- ja/tai klooripitoisuus. Kuten
XRF:ää, menetelmää käytetään erottelulaitoksessa manuaalisesti painamalla laite
tutkittavaan kappaleeseen. Menetelmän määrittäminen on 1 000 mg/kg. Käytännössä
menetelmää käyttäneet toimijat ovat asettaneet määrittämisrajaksi 10 000 mg/kg, jol-
loin erotelluksi tulevat sellaiset muoviosat, joihin bromattuja palonestoaineita on
lisätty tarkoituksella. Laitteen hankintahinta on ilmeisesti alhaisempi kuin XRF:n ja
mittausajaksi on mainittu muutama sekunti. Päälystettyjen tai maalattujen materi-
aalien pinta pitää rikkoa mittaustuloksen saamiseksi. Laitteeseen on yhdistettävissä
duaalitoiminto, polymeerityypin tunnistava tekniikka (lähi-infrapuna-analyysi, NIR),
jolloin laitteella voidaan samanaikaisesti erottaa bromattuja palonestoaineita sisältä-
vät osat, mutta myös eri polymeerityyppejä. NIR ei kuitenkaan sovellu kovin hyvin
mustan muovin analysointiin. (UNEP 2012.)

Tiheyserottelussa (esim. upotuskellutus) bromatuilla palonestoaineilla käsitellyt
muovit saadaan eroteltua muista muoveista esimerkiksi veden suolapitoisuutta sää-
telemällä. Niin kutsutulla upotuskellutusmenetelmällä ei ole mahdollista erottaa
kiellettyillä bromiyhdisteillä käsiteltyjä muoveja muusta bromatusta muovista. Upo-
tuskellutusta käytetään murskatun jakeen lajitteluun.

Menetelmiä, joilla voidaan tunnistamisen lisäksi kokonaan eristää bromatut palo-
nestoaineet käsiteltävästä materiaalista, on olemassa (ks. mm. Schlummer ym. 2007,
Freegard ym. 2006, Mäurer ja Schlummer 2004). Nykymuodossaan menetelmät eivät
kuitenkaan ole käytettävissä pääsääntöisesti taloudellisista syistä. Bromattujen pa-
lonestoaineiden erottaminen muovista on ollut pääasiassa koeluontoista toimintaa
eikä menetelmiä ole käytetty teollisessa mittakaavassa.

11 Kielletyn bromisisällön tuhoaminen tai palautumaton muuntaminen

POP-asetus vaatii, että muusta jätevirrasta erotellut POP-jätteet käsitellään siten, että jätteen POP-sisältö tuhoetaan tai muunnetaan palautumattomasti niin, ettei jätteillä ole enää mitään POP-yhdisteiden ominaisuuksia. POP-jätteen tuhoamiseen tai palautumattomaan muuntamiseen sallitut menetelmät on lueteltu POP-asetuksen liitteessä V. Yleisimmin POP-jäte poltetaan (D 10 tai R 1), mutta fysikaalis-kemiallinen käsittelykin (D 9) on mahdollista. Metallien ja metalliyhdisteiden talteenotto (R 4) on mahdollista tietyissä erityistapauksissa. Loppukäsittely- ja hyödyntämiskoodit perustuvat jätedirektiivin liitteisiin I ja II.

Poikkeustapauksessa jäte voidaan käsitellä loppusijoittamalla syväälle kallioperään, suolakaivoksiin tai vaarallisten jätteiden kaatopaikalle, edellyttäen että liitteen V mukaiset ehdot täyttyvät (ks. luku 2.1).

11.1

Tuhoaminen polttamalla

POP-yhdisteet on tyypillisesti tuhottu polttamalla, jolloin yhdisteiden molekyyli-rakenne rikkoutuu ja tuhoutuu. POP-asetuksen liitteessä V sallittuja menetelmiä POP-jätteiden tuhoamiseen polttamalla ovat polttaminen maalla (D 10) ja pääasiallinen käyttö polttoaineena tai muuna energiantuotannon välineenä (R 1). Jos jätteen halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus on alle yhden prosentin kloorina ilmaistuna, polttolämpötilaksi soveltuu 850 °C tai enemmän. Jos jäte on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi ja sen sisältämien halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus on enemmän kuin yksi prosentti kloorina ilmaistuna, poltossa lämpötila on nostettava vähintään 1 100 °C:seen vähintään kahdeksi sekunniksi.

PBDE:tä sisältävien jätteiden poltossa voi syntyä polybromattuja dibentsodioksiineja (PBDD) ja -furaaneja (PBDF). Etenkin SE-laitteissa oleva kupari voi toimia katalyyttinä näille reaktioille. PBDD/F-päästöjä syntyy etenkin, jos PBDE-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja poltetaan alle 800 °C:n lämpötilassa. Korkeammassa lämpötiloissa bromiyhdisteet tuhoutuvat lähes täysin. Kontrolloiduissa ja moderneissa olosuhteissa savukaasujen puhdistuksella varustettujen jätteenpolttokattiloiden PBDD/F-päästöt on arvioitu vähäisiksi. Päästöjä syntyy merkittävämmiin bromattuja palonestoaineita sisältävien jätteiden tahattomissa kaatopaikka- ja varastopaloissa. (Koskinen 2005, Schlummer ym. 2006, Retegan ja Felix 2010.)

11.2

Palautumaton muuntaminen

POP-yhdisteiden palautumaton muuntaminen tarkoittaa sellaisten menetelmien käyttöä, joiden seurauksena tarkasteltavalla jätteellä ei ole enää POP-yhdisteiden ominaisuuksia eivätkä ne voi palautua. Käytännössä tällöin on kyse fysikaalis-kemiallisista menettelyistä. Jätelaissa käsittelykoodi D 9 tarkoittaa fysikaalis-kemiallista käsittelyä, jota ei mainita muualla lain liitteessä II ja jossa syntyy yhdisteitä tai seoksia, jotka loppukäsitellään jollakin toimista D 1–D 12, kuten haihduttamalla, kuivaamalla tai pasuttamalla.

POP-jätteiden fysikaalis-kemialliseen käsittelyyn soveltuvia menetelmiä voivat olla mm. alkalimetallipelkistys, yli- ja alikriittisen veden avulla tapahtuva hapetus ja emäskatalysoitu hajoaminen. Kukin menetelmä soveltuu kuitenkin vain osalle POP-yhdisteistä, eikä soveltuvuutta esimerkiksi bromattuja palonestoaineita sisältävien jätteiden käsittelyyn ole vielä riittävästi osoitettu (Basel Convention 2015a).

11.3

Raaka-ainekierrätys (feedstock recycling)

Joitakin tutkimuksia on toteutettu sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sisältämän muovin kierrättämiseksi uudelleen raaka-aineeksi. Näissä kokeissa SER-jätteet on lajiteltu ja purettu osiksi ja bromatut muovit on syötetty synteetikaasua tuottavaan tai pyrolyysitekniikkaan perustuvaan polttoprosessiin. Tuotekaasu on puhdistettu ja erotettu siitä bromisuolat, jotka on myöhemmin muunnettu bromiksi. Bromin talteenoton avulla voidaan sulkea bromin kiertoa ja talteenotettua bromia voidaan käyttää uusien bromipitoisten tuotteiden, kuten vetybromidin tai natriumbromidin valmistukseen. (Tange ja Drohmann 2004).

11.4

Pysyvä varastointi

Poikkeustapauksessa toimivaltainen viranomainen voi päättää, että POP-jäte voidaan varastoida pysyvästi. Toimivaltaisena lupaviranomaisena on tällöin aluehallintovirasto (AVI) (ympäristönsuojelulaki 527/2014 220§ ja 21§). Ehtoina on, että aine varastoidaan syväälle turvalliseen kallioperään, suolakaivoksiin tai sijoitetaan vaarallisten jätteiden kaatopaikalle (kiinteytettynä tai stabiloituna), noudatetaan kaatopaikoista annettua neuvoston direktiiviä (1999/31/EY) sekä perusteista ja menettelyistä jätteen hyväksymiseksi kaatopaikoille annettua neuvoston päätöstä (2003/33/EY), sekä osoitetaan valitun toiminnon olevan ympäristön kannalta paras vaihtoehto.

POP-asetuksen liitteen V ylempi raja-arvo antaa enimmäispitoisuuden sille POP-jätteelle, joka voidaan varastoida pysyvästi vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Kallioperään tai suolakaivokseen voidaan varastoida myös jätteitä, joiden pitoisuus ylittää liitteen V enimmäispitoisuudet.

Pysyvä varastointi on mahdollista vain niille jätteille, jotka lueteltu liitteen V osassa 2. Luettelossa on rakennus- ja purkujätteet, mutta ei SER:n tai ELV:n käsittelystä ja kierrätyksessä syntyviä jätteitä. Näin ollen pysyvä varastointi ei ole mahdollisia näille jätejakeille.

12 Eräiden maiden menettelytapoja erottelussa ja käsittelyssä

Ruotsi

Ruotsissa POP-yhdisteiden sääntely on noudattanut EU-lainsäädäntöä vuodesta 2004. Vuonna 2007 kansallisessa laissa säädettiin deka-BDE:lle vastaava kielto kuin POP-asetuksen yhdisteille, mutta kansallinen kielto poistettiin, kun deka-BDE sisällytettiin RoHS-direktiiviin vuonna 2008. Muita tiukempia kansallisia rajoituksia POP-yhdisteille ei ole. Kansallinen orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto on ollut voimassa vuodesta 2005 (SFS 2001:512), joten jätteenpolto on ollut pääasiallinen orgaanisen jätteen hävitystapa. Vain pieniä eriä on sijoitettu kaatopaikoille, ja näiden joukossa on voinut olla POP-yhdisteitä sisältäviä muovijakeita.

Ruotsissa on vuonna 2005 arvioitu, että 45 % PBDE:stä esiintyy SE-laitteissa, 30 % ajoneuvoissa ja 25 % rakennusmateriaaleissa (Retegan ym. 2010). Seuraavan 5–15 vuoden aikana PeBDE:tä ja OBDE:tä esiintyy jätevirrassa vuosittain 50–80 tonnia. Romutettavissa autoissa esiintyvyys arvioidaan vähäiseksi, koska autojen keskimääräinen romutusikä on 14 vuotta. Myös SER-virrasta kielletyt aineet katsotaan pääasiallisesti jo poistuneiksi. Sen sijaan purkujätteessä aineiden esiintyvyyttä pidetään erittäin todennäköisenä. (Jonsson ja Felix 2010.) Ruotsissa on varauduttu uusiin kiellettäviin POP-yhdisteisiin. Naturvårdsverket on tilannut tutkimukset SER-, ELV- ja C&D-jätteen sisältämistä deka-BDE, HBCD ja TBBPA-yhdisteistä (Jonsson ja Felix 2010, Retegan ym. 2010).

Ruotsissa kerätyn SER:n kokonaismäärä oli 168 000 tonnia vuonna 2008, joista TV-laitteiden ja tietokoneiden monitoreiden osuus oli 40 000 tonnia. Näiden laitteiden arvioidaan sisältävän valtaosan SE-laitteiden muovista. Muovin osuus laitteissa oli 15 %, josta bromattua muovi oli 2 000 tonnia, eli 5 % ko. laitteista tai reilut 30 % ko. laitteiden sisältämästä muovista. (Naturvårdsverket 2012.) Ruotsin POP-yhdisteitä koskevan kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman (NIP) mukaan SER lajitellaan siten, että kaikki BFR:ää sisältävät muoviosat poistetaan tuotteista esikäsittelyssä. Nämä osat poltetaan Ruotsissa jätteenpolttolaitoksissa, tunnetut vaaralliset jätteet käsitellään pääasiallisesti yhdessä polttolaitoksessa (SAKAB). Poltetun BFR:ää sisältävän SER-muovin määräksi on arvioitu 2 000 tonnia. Ruotsissa on tunnistettu tarve selvittää BFR-muovin polttovirtoja ja varmistaa, että poltto tapahtuu oikeanlaisissa olosuhteissa. Polttokapasiteettia pidetään kuitenkin riittävänä.

BFR:ää sisältämättömät muoviosat, yhteensä 4 000 t, viedään Aasiaan materiaalina hyödynnettäväksi. NIP:n mukaan on mahdollista, että pieniä määriä bromattuja palonestoaineita sisältäviä muovierä viedään Ruotsista. Asiaa selvitetään jatkossa. Kierrätysyritysten kattojärjestö on sitoutunut estämään BFR-muovin kierrätyksen eikä kotimaista kysyntää SER-muoville ole.

SER-jätteen merkittävien tuottajien etujärjestö on El-Kretsen, jolla on sopimus kierrätyksestä 20 laitoksen kanssa. Laitoksilla on käytössä kirjalliset ohjeistukset käsittelystandardeista. Laitoksilla on valvontaviranomaisten lisäksi raportointivelvollisuus El-Kretsenille

käsittelytavoistaan, lähteistä materiaali- ja niiden vastaanottajista sekä vastaanottajien käyttämistä menetelmistä. (El-Kretsen 2013.) NIP:ssä esikäsittelyn menetelmiksi nimetään manuaalinen esikäsittely, joka perustuu käsittelijän kertyneeseen tietämykseen muoviosista, jotka sisältävät BFR:ää, sekä tiheyserottelu. Osalla kierrätysyrityksistä on käytössä XRF manuaalisen ja tiheyserottelun tarkkuuden ajoittaiseksi varmistamiseksi. Menetelmät eivät erota kiellettyjä yhdisteitä muista BFR-yhdisteistä. Liitteessä 2 on esitetty kierrätysyritys Stenan (2007) ohjeistus SER-jätteen esikäsittelystä ja lista aineista, valmisteista ja komponenteista, jotka on eroteltava SER:stä esikäsittelyssä.

Vuonna 2008 Ruotsissa romutettiin 133 512 autoa. Romutuksessa autot paalataan haitallisten aineiden ja tiettyjen osien (mm. tuulilasi, renkaat) poistamisen jälkeen. Jäljelle jäävän autonromun murskauksessa syntyvän fluffin määräksi arvioitiin 32 000 tonnia, jonka osuus on noin 20 % kaikesta ELV-jätteestä. Ajoneuvojen muoviosat päätyvät pääasiallisesti osaksi fluffia, joka koostuu 70 prosenttisesti muovista, kumista ja tekstiileistä, 20 prosenttisesti metallista ja 10 prosenttisesti lasista ja muusta murskeesta. Fluffin lisäksi syntyy hienojakoisempaa jaetta, jonka koostumus vastaa fluffia. (Naturvårdsverket 2012.)

Ruotsin NIP:ssä on raportoitu, että autonromuja kierrättävä Stena Metall AB mittaa bromin määrää ELV-jätteessä otoksin, jotka analysoidaan. Fluffin bromipitoisuudeksi on tällä tavoin määritetty 100–300 mg/kg ja hienojakoisemman aineksen pitoisuudeksi 100 mg/kg. Menetelmä ei erota toisistaan kiellettyjä ja muita BFR-aineita. Arviolta 60 % bromipitoisesta fluffista on poltettu ja loput sijoitettu kaatopaikalle. Auton muoviosia ei kierrätetä, joten ne päätyvät pääasiallisesti osaksi fluffia. Kierrätys- ja hyödyntämistavoitteet on täytetty metalliosien kierrättämisellä ja fluffin energiahyödyntämisellä.

Ruotsin NIP:n mukaan rakennusteollisuus tuotti vuonna 2002 23 000 tonnia muovijätettä. Rakennus- ja purkujätteen kokonaismäärä vuonna 2006 oli puolestaan 9 miljoonaa tonnia, josta 6,5 miljoonaa on maa- ja mineraaliainesta. Jäljelle jäävästä 2,5 miljoonasta tonnista muovijätettä on arviolta 1 %. Jonssonin ja Felixin (2010) mukaan on todennäköistä, että etenkin purkujätteet sisältävät kiellettyjä yhdisteitä. Lisäksi he ovat arvioineet BFR:n nykyiseksi käytöksi 47 tonnia vuodessa, josta valtaosa (43 tonnia) on c-DBDE:tä, jota käytetään muun muassa elektroniikkaa sisältävissä rakennusmateriaaleissa (laitteet, valokatkaisimet, kaapelit jne.). Palosuojattuja eristeitä ei ole tunnistettu Ruotsissa ongelmaksi. Vain 0,5 % (150 tonnia) Ruotsissa käytettävästä polystyreenistä on palosuojattua. HBCD-pitoisuus on arviolta 5 000–30 000 mg/kg.

Ruotsissa rakennus- ja purkujätteen sisältämä muovi ohjautuu lajittelun kautta pääsääntöisesti energiahyödynnettäväksi. BFR-aineita sisältävää muovia ei ole eroteltu muusta muovista eikä Ruotsin rakennusteollisuuden mukaan ole käytössä systemaattisia menetelmiä, joilla mitattaisiin BFR:n esiintymistä rakennus- ja purkujätteissä.

Norja

Norjan kansallinen lainsäädäntö noudattaa jätehuollon ja POP-yhdisteiden osalta EU-lainsäädäntöä. Tiukentavana säädöksenä Norjassa on kielletty c-DBDE:n käyttö; kiello ei koske ajoneuvoja.

Norjan jätelaissa (FOR 2004-06-01 nro 930) bromatut palonestoaineet (deka-, okta- ja penta-BDE, HBCD sekä TBBPA) on listattu erikseen jätelain vaarallisten jätteiden luettelossa ja niille on määrätty pitoisuuden raja-arvo 2500 mg/kg, jonka ylittyessä kyseisiä yhdisteitä sisältävät jätteet luokitellaan vaarallisiksi jätteiksi ja niille pätevät vaarallisen jätteen käsittelyvelvoitteet. Käytännössä bromattuja palonestoaineita sisältävät jätteet ohjeistetaan käsittelemään vaarallisena jätteenä pitoisuudesta riippumatta (KLIF 2009). Esimerkiksi ennen vuotta 2004 valmistettu solumuovi luokitellaan pääsääntöisesti vaaralliseksi jätteeksi riippumatta siitä, voidaanko kaiken tietyst

purkukohteesta saatavan solumuovin olettaa ylittävän vaarallisen jätteen raja-arvon. Näin toimitaan erottelun vaikeuden vuoksi. (Amlo ja Bakke 2010.)

Norja on ehdottanut deka-BDE:n listaamista Tukholman sopimukseen. Norjassa harkitaan lisäksi kansallista kieltoa TBBPA:lle.

EU:n romuajoneuvodirektiivi on implementoitu Norjan kansalliseen lainsäädäntöön. Lain tiukentamisesta käydään kuitenkin keskustelua, koska romuajoneuvojen tiedetään sisältävän sellaisia haitallisia aineita, jotka eivät tule otetuksi huomioon kierrätysprosessissa lainsäädännön velvoittamana (Bratland ym. 2012). Bratland ym. (2012) ovat mitanneet haitallisten aineiden pitoisuuksia ajoneuvojen eri osissa. Päätelmissään he tuovat esiin, että jo nykyinen lainsäädäntö edellyttää esimerkiksi isojen muoviosien erottelun ennen murskausta, mutta nykyhetkellä romuttamot eivät noudata lain vaatimuksia. Raportin kirjoittajat ehdottavat, että lakia muutettaisiin siten, että autopurkamot veloitetaan poistamaan autoista 1) isot (tai kaikki) piirikortit sekä sellaiset istuimet takaosineen, joissa mitataan BFR:ää tai 2) purkamaan kaiken auton sisustuksen (piirikortit, istuimet, muut muovi- ja kumiosat, johdot, tekstiilit). Jälkimmäisessä tapauksessa voidaan käyttää mittalaitetta, mutta kirjoittajat pitävät parempana vaihtoehtona yleistä veloitettu sisustuksen poistamiselle.

Bratland ym. (2012) ovat arvioineet, että yhden ajoneuvon isoimpien piirikorttien poistamiseen kuluu aikaa noin 0,5-1 tuntia, mikäli piirikortit poistetaan ennen ajoneuvon puristusta ja murskausta. Poistamisen aiheuttamaksi lisäkustannukseksi on arvioitu noin 30 euroa ajoneuvolta ennen piirikorteista saatavaa tuloa. Yhden henkilöauton istuinten poistoon kuluvaksi ajaksi on mitattu 20–30 minuuttia (Bratland 2012). Mikäli bromipitoisuus mitataan XRF:llä, on mittaukseen kuluvaksi ajaksi arvioitu 8 minuuttia per auto. Kokonaiskustannus ajoneuvoa kohden on arviolta 15 euroa. Jos taas ajoneuvosta poistetaan koko sisustus (ml. piirikortit, kojelauta ja muut muoviosat) on lisäkustannukseksi laskettu yli 90 euroa/ajoneuvo. Arvio koskee laitosta, joka käsittelee 10 000 ajoneuvoa vuodessa. (Bratland ym. 2012.)

Norjan vaarallisen jätteen strategian mukaan BFR:n määrä rakennus- ja purkukohteissa tunnetaan varsin huonosti. Valtaosan BFR:ää sisältävästä jätteestä arvioidaan päätyvän polttoon. (Statens forurensningstilsyn 2008.) Amlo ja Brakke (2010) ovat sitemmin kartoittaneet haitallisia aineita rakennusmateriaaleissa (ks. taulukko 15).

Raportin mukaan HBCD:n käyttö eristemateriaaleissa on Norjassa loppunut noin vuonna 2005, kun HBCD:tä yli 2500 mg/kg:n pitoisuudella sisältävät jätteet listattiin vaarallisiksi jätteiksi. 2000-luvun alussa Norjassa valmistetun itsestään sammuvan EPS-eristeen HBCD:n pitoisuus materiaalissa oli valmistusajankohtana noin 5000–10 000 mg/kg. Vuosina 1962–1999 asennetuista eristelevyistä kerätyissä näytteissä keskimääräinen HBCD:n pitoisuus oli 40 mg/kg EPS-levyissä. XPS-levyissä sen sijaan pitoisuudeksi mitattiin 2211 mg/kg, ja otoksesta 33 % ylitti vaarallisen jätteen raja-arvon (2500 mg/kg). Raportissa tunnistetaan ongelmaksi se, että maahantuotavat eristelevyt sisältävät HBCD:tä, vaikka norjalaisissa kohteissa ei olisi ollut tarvetta palosuojaukselle. Raportissa annetaan suosituksena, että purkukohteissa eristelevyistä otetaan näytteitä, jotka lähetetään kemialliseen analyysiin.

Samaisessa tutkimuksessa mitattiin vaihtelevia bromattujen palonestoaineiden ja klooriparafiinien pitoisuuksia jäykässä ja pehmeässä PUR:ssa. Vaahtomuovissa BFR:n pitoisuudet vaihtelivat 10–50 mg/kg, jäykässä PUR:ssa keskiarvo oli 10 mg/kg. SCCP:n pitoisuuden vaihteluväliksi mitattiin 0–10 000 mg/kg vaahtomuotoisessa PUR:ssa, ja 20 % näytteistä ylitti vaarallisen jätteen raja-arvon. Jäykässä PUR:ssa pitoisuuden keskiarvo oli alle 400 mg/kg. Pienen otoksen takia raportti suosittaa tutkimaan etenkin SCCP:n pitoisuuksia jatkossakin.

Tutkimuksen purkukohteiden solumuovinäytteissä esiintyi vähäisinä pitoisuuksina c-PeBDE:tä, c-OBDE:tä, HBCD:tä ja TBBPA:ta. Selvästi korkeampia pitoisuuksia mitattiin c-DBDE:n osalta: keskiarvo näytteissä oli 1 351 mg/kg. Raportti suosittaa, että Norjassa kaikki ennen vuotta 2004 valmistettu solumuovi käsitellään vaarallisena jätteenä.

Rakennusmassoista otetuissa näytteissä esiintyi klooriparafiineja 0–5 000 mg/kg. Kirjoittajat suosittavat, että etenkin aikakaudella 1975–1990 käytetyistä tiivistemassoista tutkitaan SCCP:n esiintyvyys. Vuosina 1975–1987 asennetuista ikkunalaseissa mitattiin korkeita SCCP:n pitoisuuksia eristeliimoissa: 400–61 000 mg/kg. Vaarallisen jätteen raja-arvo 2500 mg/kg ylittyi 37 %:ssa näytteistä. Samoin ikkunoiden kumieristeissä esiintyi korkeita SCCP:n pitoisuuksia. Muissa kumilistoissa pitoisuuksia ei havaittu.

Norjassa on ollut käytössä pakolliset jätehuoltosuunnitelmat rakennus- ja purkukohteissa vuodesta 2008. Jatkossa näiden suunnitelmien yhteydessä aiotaan korostaa tarvetta selvittää bromattujen ja kloorattujen palonestoaineiden pitoisuuksia ja käsittelysuunnitelmia ko. materiaaleille rakennus- ja purkukohteissa. (Statens forurensningstilsyn 2008.)

Tanska

Vuonna 2009 Tanskassa kerättiin yhteensä noin 84 000 tonnia SER-jätettä ja maassa on käytössä menettely, jolla pyritään varmistamaan, ettei SER-jätettä päädy epävirallisen sektorin haltuun. Tanskassa keräysajoneuvot punnitsevat SER-jätteen lastattaessa ja auto punnitaan jälleen kierrätyslaitokseen ajettaessa. Osassa käsittelylaitoksista kerätty SER-jäte säilötään taivasalla ennen esikäsittelyä. Tanskan ympäristöministeriön tilaamassa raportissa SER-jätteen käsittelystä raportissa tunnistetaan säilytys ulkona riskiksi kemiallisten yhdisteiden leviämiseksi. (Pizzol ym. 2012.)

Samaisessa raportissa kerrotaan kierrätysyritysten noudattavan SER-direktiivin velvoitteita esikäsittelystä. Komponentit, vaaralliset aineet jne. erotellaan ennen murskausta pääosin manuaalisesti. Manuaalisen erottelun kuvataan perustuvan tietämykseen, joka työntekijöillä on erityyppisten komponenttien tai muovimateriaalien mahdollisesti sisältämistä haitallisista aineista. Raportissa kerrotaan, että kierrätysyritysten työntekijät ovat yhteydessä SE-laitteiden tuottajiin tai toisiin kierrätyslaitoksiin esimerkiksi tilanteissa, joissa kohdataan käsittelystä entuudestaan tuntemattomia materiaaleja tai komponentteja. Raportissa todetaan kierrätysyritysten työllistävän tukityöllistettyjä. Erottelun myönnetään myös toimivan varsin yleisellä tasolla eikä komponenttien kemiallista koostumusta analysoida tarkasti. Bromattujen palonestoaineiden erotteluun ei raportissa viitata suoraan, joten on mahdollista, ettei manuaalinen erottelu päde niihin.

SER-jätteestä erotellut muoviosat, joiden ei oleteta sisältävän haitallisia aineita, viedään materiaalina hyödynnettäväksi Tanskan ulkopuolelle. Muovit, joilla on korkea lämpöarvo ja joissa vaarallisten aineiden määrä arvioidaan alhaiseksi, poltetaan tavanomaisen jätteen polttolaitoksessa. Pieni osa sijoitetaan kaatopaikalle. Vaaralliseksi jätteeksi tulkittava osa poltetaan Kommunekemin vaarallisen jätteen polttolaitoksessa.

Tanskassa on perustettu työryhmä metallin erottelusta peräisin olevan jätteen hyödyntämisen tarkasteluun (Miljøstyrelsen 2013). Autonpaloittelujäte (fluffi) on yksi osa tarkasteltavaa jätevirtaa. Tarkastelut virran sisältämistä haitallisista aineista ovat vielä kesken. Raportissa tunnistetaan etenkin romuajoneuvojen PUR-vaahdo (20 % fluffista), jossa PBDE kongeneerien pitoisuuksiksi on mitattu 4–208 mg/kg. Työryhmä ei kuitenkaan raportissaan tällä hetkellä tuo esille sitä, että kiellettyjä palonestoaineita sisältävät osat tulisi poistaa ajoneuvoista ennen puristusta ja murskausta. Sen sijaan raportissa selvitetään erilaisia menetelmiä, joilla fluffin kierrätysastetta voidaan nostaa. Pyrolyysi on näistä menetelmistä keskeisin.

Itävalta

Itävallassa jätteiden keräystä, varastointia ja käsittelyä koskevassa asetuksessa (BGBl. II Nr. 459/2004) on erikseen kirjattu, että SE-laitteet ja johdot (kaapelit) tulee erotella mekaanisesti metallijakeeseen ja muuhun jakeeseen. Halogenoituja yhdisteitä sisältävien muovi- ja puuosien kierrätys materiaaliksi on kielletty, ellei uusiotuotteeseen tarvita teknisin perustein ko. tarkasteltavaa halogeenista yhdistettä. Lainsäädäntö velvoittaa eksplisiittisesti erottelemaan bromatut muoviosat SER-direktiivin mukaisesti, mutta ulottaa velvoitteen implisiittisesti myös muihin halogeenisiin yhdisteisiin kieltämällä niiden kierrätyksen em. poikkeuksella.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2013) on toimijoille antamassaan ohjeistuksessa korostanut, että SER-muovin vieminen maasta ns. vihreän listan jätteenä on sallittua vain, jos laitteiden bromipitoisuutta mitataan jatkuvasti ja eräkohtaisesti esim. XRF-tekniikalla ja raja-arvot ylittävä BFR-muovi tuhotaan. Ohjeessa korostetaan, että vain laite-erät, joiden voidaan todistetusti osoittaa alittavan 1 p-%:n (10 000 mg/kg) PBDE-pitoisuuden analyysimenetelmillä todeten, voivat saada vientiluvan. Samassa ohjeessa korostetaan SER-direktiivin mukaista velvoitetta eritellä bromatut muovit. Annettuja ohjeita valvotaan ja sovelletaan jo nyt, mutta velvoitteet pyritään implementoimaan kansalliseen lainsäädäntöön mahdollisimman pian.

Itävaltalaislähteiden mukaan isoimmat käsittelylaitokset käyttävät jo nyt XRF:ää jatkuvatoimisesti erottelulinjastolla.

Jätteensiirtoja koskien kansalliseen lainsäädäntöön on kirjattu mahdollisuus siirtää jätteitä tietyillä ehdoilla Saksan ja Itävallan rajavyöhykkeellä. Asetus koskee esim. SER-jätteitä. (BGBl. III Nr. 72/2009.) Itävallassa on kielto sijoittaa kaatopaikalle vaarallista jätettä tai jätettä, jonka lämpöarvo ylittää 6 000 kJ/kg. Näin ollen bromattuja palonestoaineita sisältävät jätteet ovat ohjautuneet polttoon.

Rakennusjätteitä koskeva lainsäädäntö on astunut voimaan jo vuonna 1993 (BGBl 1991/259). Laki on vaatinut vaarallisten jätteiden erottelua, erillistä säilytystä ja käsittelyä mm. PCB:tä sisältävien täyteaineiden ja kiellettyjä bromattuja palonestoaineita sisältävien eristeiden osalta. Purkujätettä koskien on valmistelussa säädös, jossa veloitetaan purkaja selvittämään purettavien materiaalien koostumus ja materiaalien sisältämät haitalliset aineet aiempaa tarkemmin (Verordnung für Recyclingbaustoffe und umweltgerechten Rückbau). Valmisteilla olevassa säädöksessä tultaneen velvoittamaan suurien purkukohteiden (yli 5 000 m³) osalta ulkopuolisen asiantuntijalaitoksen käyttöä haitallisten aineiden tunnistamisessa ja raportoinnissa. Itävallan Tukholman sopimuksen kansallisen toimeenpanosuunnitelman mukaan laadinnassa olevaa säädöstä tullaan käyttämään toimenpiteenä POP-jätteiden erottelemiseksi kierrätyskelpoisista rakennusmateriaaleista.

Itävallan romuajoneuvolainsäädännössä ei ole erikseen POP-yhdisteitä huomioivia kohtia.

Belgia

Belgian Flanderissa lainsäädäntö ja vaatimukset ovat samankaltaiset kuin Suomessa.

SER:n käsittelyssä pyritään erottelemaan bromatuilla palonestoaineilla käsitellyt muoviosat omaksi virrakseen. SER:ä käsittelevä lajittelu- ja kierrätysyritys Galloo käyttää tiheyteen perustuvaa erottelua bromattujen muoviosien erottelussa.

ELV:n käsittelyssä POP-aineita ei nykyhetkellä tunnisteta tai pyritä erottelemaan.

Rakennus- ja purkujätteille on erottelovelvoitteita. Muovit erotellaan rakennusjätteistä (lähinnä rakennusmateriaalien muoviset pakkaukset). Purkukohteille pitää laatia inventaario purettavasta kohteesta syntyvistä jätevirroista. Inventaarion pohjalta esimerkiksi ikkunoiden PVC erotellaan ja kierrätetään. Sekalaisesta purkujätteestä

voidaan erotella muovi tuulierottimella, mutta pääasiallisesti muovijae ohjautuu polttoon, koska virtaa pidetään liian likaisena ja saastuneena kierrätettäväksi. Jos XPS- ja EPS-levyjä saadaan erilleen, ne pyritään kierrättämään.

Sveitsi

Sveitsissä SER-jätteen erilliskeräysjärjestelmä on ollut toiminnassa vuodesta 1992. Vuonna 2009 jätettä kerättiin 15 kg asukasta kohden, yhteensä noin 122 700 tonnia. Luku on merkittävästi suurempi kuin Euroopassa keskimäärin (n. 3 kg/asukas).

Morf ym. (2004) kuvaavat Sveitsin suurimman kierrätyslaitoksen toimintaa. Haitallisia tai kiellettyjä aineita sisältävät osat erotellaan kahdessa vaiheessa. SER:n vastaanottoa seuraa manuaalinen lajittelu, jossa erotellaan laitteet, jotka voivat sisältää haitallisia aineita ja jotka tarvitsevat jatkoselvittelyä. Erottelematon osa päätyy suoraan mekaaniseen käsittelyyn. Ensimmäisessä vaiheessa SER murskataan kevyesti, jolloin virrasta on edelleen mahdollista tunnistaa osia, jotka voivat sisältää haitallisia aineita. Tässä vaiheessa erotellaan pääsääntöisesti esim. tietokoneiden ja televisioiden kotelot ja muu palava jae. Erottelun kerrotaan perustuvan lajittelijoiden kokemukseen.

SER:n sisältämä muovi on pääasiallisesti poltettu, viime vuosina kierrätetyn muovin osuus on kasvanut.

13 Yhteenveto ja johtopäätökset

Pysyviksi orgaanisiksi yhdisteiksi (POP) kutsutut aineet ovat erittäin pysyviä ja kaukokulkeutuvia, ne kertyvät eliöihin ja voivat aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina vakavia haittoja ihmisen terveydelle tai ympäristölle. Yhdisteitä on käytetty palontorjunta-aineina, pintakäsittelykemikaaleina sekä lisäaineina muovimateriaaleissa muun muassa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, ajoneuvoissa, tekstiileissä ja huonekaluissa sekä rakennusmateriaaleista muun muassa kaapeleissa ja johdoissa, tiivisteissä, saumausaineissa ja eristelevyissä.

POP-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä on rajoitettu tai kielletty jo vuosien ajan, mutta aineita esiintyy jätehuoltoon päätyvissä tuotteissa vuosikymmenienkin viiveellä. EU:n POP-asetus (2004/850/EY) kieltää kierrättämästä POP-yhdisteitä sisältäviä jätteitä. Asetuksessa on säädetty kullekin kielletylle aineelle pitoisuusraja, jonka ylittyessä jäte on käsiteltävä POP-jätteenä eli hävitettävä pysyvästi polttamalla tai fysikaalis-kemiallisin käsittelyin. Asetukseen lisättiin uusia jäteraja-arvoja, jotka astuivat voimaan kesäkuussa 2015 (2014/1342/EU).

Käytännössä POP-raja-arvot ylittyvät aina tuotteissa, joihin on lisätty aineita palonestotarkoituksessa. Lisäksi joissakin kierrätysmuovia sisältävissä tuotteissa voi esiintyä jäämiä aineista, mutta tällöin pitoisuudet jäävät yleensä mataliksi. Yksittäiset tuotteet voivat kuitenkin saastuttaa ison muovierän. Euroopassa on kartoitettu aineiden esiintymistä, mutta mittauksia yhdisteiden esiintymisestä on tehty vähän, otoskoot ovat olleet pieniä ja vaihteluvälit suuria. Yksittäiset mittaukset ovat saattaneet voimakkaasti nostaa koko aineiston keskiarvoa.

Uusien raja-arvojen jätehuollossa edellyttämien muutosten arvioimiseksi tunnistettiin kuusi jätehuollon kannalta merkittävintä yhdistettä, joiden poistaminen kierrosta voi vaatia uudenlaisia toimenpiteitä. Keskeisimmiksi osoittautuneet yhdisteet ovat viisi bromijohdannaista halogeenia – c-Pentabromidifenyylieetteri (c-PeBDE), c-Oktabromidifenyylieetteri (c-OBDE), Heksabromisyklododekaani (HBCD), c-Dekabromidifenyylieetteriä (c-DBDE) ja Tetrabromibisfenoli A:ta (TBBPA) – sekä kloorijohdannaiset lyhytketjuiset klooriparafiinit (SCCP). C-DBDE ja TBBPA eivät ole POP-yhdisteitä, mutta niiden käyttöä on rajoitettu. Jätteet, joissa yhdisteitä todennäköisimmin todettiin esiintyvän, ovat sähkö- ja elektroniikkajätteet (SER), autonromut ja rakennusjätteet. Bromi-alkuainetta sisältävien muovikappaleiden yksittäinen tunnistaminen on mahdollista spektroskopian, eli röntgenfluoresenssin (XRF) tai röntgentransmission (XRT) avulla. XRF:stä on olemassa myös jatkuvatoimisia laitesovelluksia. Kumpakaan menetelmää ei toistaiseksi ole otettu Suomessa käyttöön taloudellisista syistä.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteissa korkeita POP-yhdistepitoisuuksia on mitattu etenkin kuvaputkitelevisioiden ja tietokoneiden monitoreiden koteloissa, mutta myös muissa kuumenevissä konttori- ja kodinelektroniikkalaitteissa. Kiellettyjen POP-yhdisteiden arvioidaan poistuvan käytöstä poistetuista SE-laitteista joidenkin vuosien päästä. Sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskeva lainsäädäntö edellyttää kaikkien bromattuja palonestoaineita sisältävien muoviosien poistamista jossakin vaiheessa

vaiheessa käsittelyketjua kierrätysvirroista. Nykyisissä käsittelymenetelmissä irralliset muovit ja isot muovikotelot erotellaan ja lajitellaan värin, tuotetyypin tai polymeerilaadun perusteella ja myydään Eurooppaan ja Aasiaan. Suuri osa jää kuitenkin esikäsitellyssä erottelematta ja murskataan sekalaiseksi muoviksi, koska monimutkaisten tuoterakenteiden ja materiaaliyhdistelmien vuoksi erottelua ei pidetä teknisesti mahdollisena tai taloudellisesti kannattavana. Muovimurske myydään Keski-Eurooppaan tai Aasiaan uusiomateriaaliksi tai -tuotteiksi tai poltettavaksi. SER:lle asetettu uudelleenkäyttö-/kierrätystavoite on laitetypistä riippuen 55–80 %. POP-lainsäädäntö ei vaikuta sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätystavoitteiden toteutumiseen, koska kierrätysprosentti lasketaan sellaisesta jätteestä, josta on jo poistettu mm. bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit. SE-laitteiden POP-yhdisteitä sisältävien muovien päätymistä kierrätykseen voidaan kuitenkin pitää jossakin määrin mahdollisena.

Romuautoissa POP-yhdisteitä on löydetty auton muoviosista, joita on noin kymmenesosa auton painosta. Muovia on käytetty etenkin sisustuksessa, kojelaudassa, penkeissä, puskureissa, pehmusteissa ja elektroniikassa. Eurooppalaisten autojen muoviosissa mitatut pitoisuudet ovat olleet pienempiä kuin aasialaisissa, mutta mitausaineistoa on vähän ja vaihtelu eri merkkisten ja ikäisten automallien välillä on suurta. Kuten romuautoasetus edellyttää, romutettavista autoista poistetaan mm. öljyt ja muut nesteet, akut, renkaat, katalysaattorit. Lisäksi poistetaan osia, joilla on jälleenmyyntiarvoa varaosiksi. Loppuosa ajoneuvosta murskataan, usein yhdessä muun metalliromun kanssa ja murske erotellaan useisiin kierrätyskelpisiin jakeisiin sekä ei-magneettiseen kevytjakeeseen. Lainsäädäntö edellyttää, että romuajoneuvojen esikäsitellyssä on poistettava siinä määrin kuin mahdollista ne osat, joiden tiedetään sisältävän POP-yhdisteitä. Käytännössä yhdisteet päätyvät kevytjakeeseen, joka poltetaan tai toimitetaan kaatopaikalle. Romuautojen uudelleenkäyttö ja kierrätystavoite on 85 %, jonka saavuttamista laajentuneet POP-erotteluvuorotteet voivat jonkin verran vaikeuttaa, koska kierrätysprosentti lasketaan koko romuajoneuvon keskipainosta ennen osien poistamista. Autonromujen POP-pitoisten muovijakeiden päätyminen kierrätykseen on kuitenkin epätodennäköistä.

Rakentamisen jätteissä POP-yhdisteitä on käytetty palosuojatuissa seinä-, katto- ja julkisivueristeissä (EPS) vuosien 1990–2015 välillä. Rakennusjätteille on jätelainsäädännön mukaan järjestettävä erilliskeräys. Erikseen on kerättävä betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteet, kipsipohjaiset jätteet, kyllästämättömät puujätteet, metallijätteet, lasijätteet, muovijätteet, paperi- ja kartonkijätteet ja maa- ja kiviainesjätteet. Rakennusjätteistä on vuoteen 2020 mennessä kierrätettävä 70 %. Tavoitteen saavuttamisen kannalta on merkityksellistä, onko POP-yhdisteitä sisältävä jäte myös vaarallista, sillä sitä ei tarvitse ottaa huomioon rakennus- ja purkujätteen kierrätysvelvoitteiden laskemisessa. Arviolta 90 % eristejätteestä on sijoitettu sekalaisen rakennus- ja purkujätteen mukana kaatopaikalle ja noin 10 % hyödynnetty energiana. Jatkossa eristeet toimitettaneen polttolaitoksiin. Rakennusjätteen sisältämiä POP-yhdisteitä ei siten päädy tai ole päätyneet kierrätykseen, mutta HBCD-palonestoaineen kierrätyskielto on rakennusalalla huomioitava etenkin EPS-eristeteollisuudessa.

Jätteistä löydetyt POP-yhdistepitoisuudet asettavat haasteen sekä kierrätysalalle että alan valvojille. Kierrätystavoitteet edellyttävät kierrätyksen lisäämistä ja samanaikaisesti näistä materiaalivirroista pitäisi saada eroteltua ne jakeet, joissa POP-pitoisuudet ylittävät asetetut raja-arvot. Kierrätettävän materiaalin maksimoimiseksi ja kierrätysvirran puhtauden turvaamiseksi olisi parannettava jätehuoltoketjussa toimivien tietotasoa ja edellytyksiä liittämään laitteistoihin uutta mittaustekniikkaa. Usein pelkän bromipitoisuuden mittaaminen on riittävä toimenpide. Manuaalista erottelua käytettäneen jatkossakin, mutta tulevaisuudessa on odotettavissa, että käytössä ja kehitteillä olevista menetelmistä etsitään yhdistelmiä, jotka soveltuvat parhaiten kuhunkin

käsittelyprosessiin joko bromattujen palonestoaineiden, POP-yhdisteiden ja/tai eri muovityyppien tunnistamiseen. On mahdollista, että vähäisten jätemäärien vuoksi erottelua ei tehdä Suomessa, vaan riittävän suurien volyymien saavuttamiseksi bromin ja POP-yhdisteiden tunnistaminen ja erottelu muovimurskasta keskittyvät tiettyihin Euroopan maihin. Valistusta tulisi lisäksi suunnata kotitalouksille, jotta SER:ä ja romuajoneuvoja ei varastoitaisi kotitalouksissa pidentämässä POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden poistumisaikaa.

LÄHTEET

- Ahlqvist, K. 2012. Urbaanit materiaalivarastot – kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkalaitteet. Diplomityö, Aalto yliopisto.
- Ahmed, N., Wenzel, H., Hansen J.B. 2014. Characterization of Shredder Residues generated and deposited in Denmark. *Waste Management* 34,1279–88.
- Alaee, M., Arias, P., Sjödin, A., Bergman, A. 2003. An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of release. *Environment International* 29, 683–689.
- 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.
- Amlo, S., Bakke, K. 2010. Kartlegging av nyere fraksjoner av farlig avfall i bygg. Norconsult. Mars 2010.
- APME. 1999. Plastics, a material choice for the automotive industry. Association of Plastics manufacturers in Europe. <<http://www.resol.com.br/textos/Plastics,%20a%20material%20of%20choice%20for%20the%20automotive%20industry.pdf>>
- Apple. 2014. <<http://www.apple.com/fi/environment/toxins/>>
- Ballesteros-Gómez, A., de Boer, J., Leonards, P.E.G. 2013. Novel Analytical Methods for Flame Retardants and Plasticizers Based on Gas Chromatography, Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography, and Direct Probe Coupled to Atmospheric Pressure Chemical Ionization-High Resolution Time-of-Flight-Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry* 85, 9572–9580.
- Basel Convention 2015a. Draft updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants. Draft of March 2015.
- Beigbeder, J., Perrin, D., Mascaro, J-F., Lopez-Cuesta, J-M. 2013. Study of the physio-chemical properties of recycled polymers from waste electrical and electronic equipment (WEEE) sorted by high resolution near infrared devices. *Resources, Conservation and Recycling* 78, 105–114.
- Birnbaum, L. S., Staskal, D. F. 2004. Brominated Flame Retardants: Cause for Concern? *Environment Health Perspectives* 112, 9–17.
- Bratland, H.S., Sandberg, K., Syversen, F. 2012. Vurdering av behov for nye krav til miljøsanering av kasserte kjøretøy. Mepex, Projektrapport for Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 2012. Nationaler Durchführungsplan 2012 samt Nationalem Aktionsplan für das Stockholmer Übereinkommen über Persistente Organische Schadstoffe sowie die EU-Verordnung über Persistente Organische Schadstoffe. Österreich.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 2013. Merkblatt. Grenzüberschreitende Verbringung und ordnungsgemäße Behandlung von Kunststoffabfällen mit verbotenen polybromierten Flammhemmern (PBDE, PBB). Jänner 2013.
- CICAD. 2001. Chlorinated naphthalenes. <<http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad34.pdf>>
- Dahlbo, H. 2002. Jätteen luokittelu ongelmajätteeksi – arvioinnin perusteet ja menetelmät. Ympäristöopas 98/2002. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Deng, W.J., Zheng, J.S., Bi, X.H., Fu, J.M., Wong, M.H. 2007. Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste recycling site compared with Guangzhou and Hong Kong, South China. *Environment International* 33, 1063–1069.

- Dimitrakakis, E., Janz, A., Bilitewski, B., Gidarakosa, E. 2009. Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials* 161, 913–919.
- El-Kretsen. 2013. Återvinning. <<http://www.el-kretsen.se/atervinningssystemet/fakta-atervinningssystemet/atervinning/>>
- ESWI. 2011. Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. Final report, Consortium ESWI (Expert Team to Support Waste Implementation): Umweltbundesamt, BiPro, Enviroplan.
- Fiore, S., Ruffino, B., Zanetti, M.C. 2012. Automobile Shredder Residues in Italy: characterization and valorization opportunities. *Waste Management* 32, 1548–59.
- Freegard, K., Tan, G., Morton, R., Coggins, C., Froes, D., Alger, M., Cracknell, P., Mäurer, A., Studds, P., Freer, E., Huisman, J. 2006. Develop a process to separate brominated flame retardants from WEEE polymers. Final Report. The Waste & Resources Action Programme, WRAP.
- Gallen, C., Banks, A., Brandsma, S., Baduel, C., Tha, P., Eaglesham, G., Heffernan, A., Leonards, P., Bainton, P., Mueller, J.F. 2014. Towards development of a rapid and effective non-destructive testing strategy to identify brominated flame retardants in the plastics of consumer products. *Science of The Total Environment* 491–492, 255–265.
- Hansen, E., Nilsson, N.H., Lithner, D., Lassen, C. 2013. Hazardous substances in plastic materials. TA 3017/2013. Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Heiskanen, J., Kaila, J., Vanhanen, H., Silvennoinen, A. 2013. A look at the European Union's End-of-Life Vehicle Directive - Challenges of treatment and disposal in Finland. Poster presented at ISWA BEACON 2nd International Conference on Final Sinks. 16-18 May 2013. Espoo, Finland.
- Häkkinen, E. 2015. Jätteiden vaaraominaisuuksien arviointi –opas. Luonnos 26.6.2015. Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Lausuntopyynto_jatteiden_vaaraominaisuuksia%2833998%29>
- Häkkinen, E., Merilehto, K., Salmenperä, H. 2014. Valtakunnallisen jättesuunnitelman seurannan 2. väliraportti. Ympäristöministeriön raportteja 6/2014.
- Häkkinen, E. 2012. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) sisältävät jätteet ja niiden käsittelyä koskevat velvoitteet. Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman 2012 taustaraportti.
- Huisman, J., Magalini F., Kuehr, R., Maurer, C., Ogilvie, S., Poll, J., Delgado, C., Artim, E., Szlezak, J., Stevels, A. 2007. 2008 Review of directive 2002/96 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), Final Report. United Nations University. 377 s.
- Ignatius, S-M., Myllymaa, T., Dahlbo, H. 2009. Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2009.
- Jonsson, C., Felix, J. 2012. The Use of Brominated Flame Retardants in Automotive and Construction Materials and the Treatment of Such Materials in the Waste Stream – a Swedish perspective. Report to the Swedish Environmental Protection Agency. CIT Recycling Development AB.
- KLIF (Klima- og forurensningsdirektoratet). 2009. Handlingsplan for reduksjon av utslipp av bromerte flammehemmere. Oppdatert november 2009. <http://www.klif.no/upload/arbeidsomr/kjemikalier/flammehemmere/bromerteflammehemmere_handlingsplan2009.pdf>
- Kojo, R., Lilja, R. 2011. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Ympäristöministeriön raportteja 21.
- Koskinen, P., Silvo, K., Mehtonen, J., Ruoppa, M., Hyytiä, H., Silander, S., Sokka, L. 2005. Esiselvitys tiettyjen haitallisten orgaanisten aineiden päästöistä. Suomen ympäristö 810/2005.
- Kuusakoski. 2013. POP-mittauksia. Mittaustuloksia 30.10.2013. Kuusakoski Oy:n sisäinen dokumentti.
- Lindner, C., Hiestermann, L. 2011. Post-consumer EPS Waste Generation and Management in European Countries 2009. Final report, Consultic.
- Linho, P. 2013. Pirkanmaan ELY-keskus. Kirjallinen tiedoksiäntö toukokuu 2013.

- Miljøstyrelsen. 2013. Partnerskab for shredderaffald. Statusrapport efter 1. år. Miljøprojekt nr. 1467, 2013.
- Morf, L.S., Taverna, R. 2004. Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott – Stoffflussanalyse. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. 374.
- Müller, E., Widmer, R. 2010. Materialflüsse der elektrischen und elektronischen Geräte in der Schweiz. EMPA. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Mäurer, A., Schlummer, M. 2004. Good as new. Recycling plastics from WEEE and packaging waste. *Waste Management World* 3, 33–43.
- Naturvårdsverket. 2012. National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants for Sweden 2012. Report 6498.
- 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 Ref: UC8720.05. February 2012.
- Pirkanmaan ELY. 2013. Sähkö- ja elektroniikkalaitetilastot. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun_tilastot/Sahko_ja_elektroniikkalaitetilastot
- Pizzol, M., Andersen, M. S., Thomsen, M. 2012. Greening of Electronics. Environmental Project No. 1416, 2012. The Danish Environmental Protection Agency.
- PlanMiljø. 2013. Prognosis for electrical and electronic equipment put on market from 2012 to 2025. Memo.
- POPRC 2010a. Risk profile on hexabromocyclododecane. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth meeting.
- POPRC 2010b. Revised draft risk profile on short-chained chlorinated paraffins. Draft revised by the chair and the drafter of the working group on short-chained chlorinated paraffins under the POPs Review Committee of the Stockholm Convention.
- Retegan, T, Felix, J., Schyllander, M. 2010. Recycling of WEEE Plastics Containing Brominated Flame Retardants - a Swedish perspective. Report to the Swedish Environmental Protection Agency. CIT Recycling Development AB & Vascaia.
- Retkin, R. 2012. Bromattujen palonestoaineiden rajoitusten vaikutus jätteiden hyödyntämiseen ja käsittelyyn. Suomen ympäristö 29.
- Ruffino, B., Fiore, S., Zanetti, M.C. 2014. Strategies for the enhancement of automobile shredder residues (ASRs) recycling: results and cost assessment. *Waste Management* 34, 148–55.
- Ruuska, A., Häkkinen, T., Vares, S., Korhonen, M-R., Myllymaa, T. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin. Tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013.
- Sakai S.-I., Noma Y., Kida A. 2007. End-of-life vehicle recycling and automobile shredder residue management in Japan. *Journal of Material Recycling Waste Management* 9, 151–158.
- Schecter, A., Colacino, J.A., Harris, T.R., Shav, N., Sharon, I. 2009. A newly recognized occupational health hazard for US electronic recycling facility workers: polybrominated diphenyl ethers. *Journal of Occupational Environmental Medicine* 51, 435–440.
- Schlummer, M., Gruber, L., Mäurer, A., Wolz, G., van Eldik, R. 2007. Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. *Chemosphere* 67, 1866–1876.
- Seppälä, T., Häkkinen, E., Munne, P., Vikström, L., Pyy, O., Jouttijärvi, T., Mehtonen, J., Johansson, M. 2012. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskevan Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma (NIP). Kansallinen tahattomasti tuotettujen POP-yhdisteiden päästöjen vähentämissuunnitelma. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23.
- Sjodin, A., Hagmar, L., Klasson-Wehler, E., Kronholm-Diab, K., Jakobsson, E., Bergman, Å. 1999. Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. *Environmental Health Perspectives* 107, 643–648.

- Statens Foureningstilsyn. 2008. Strategi for farlig avfall 2008-2010. 2385/2008.
- Stena. 2007. Stenas lilla gröna miljö- och avfallshandbok.
- Suomen Autokierratys. 2013. Kierrätettävät materiaalit. <<http://www.autokierratys.fi/Kuluttajille/Artikkeli.aspx?julkaisuID=5710>>
- Tange, L., Drohmann, D. 2004. Environmental issues related to end-of-life options of plastics containing brominated flame retardants. Fire and materials. Fire Mater. 2004; 28.
- Taurino, R., Pozzi, P., Zanasi, T. 2010. Facile characterization of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) for mechanical recycling. Waste Management 30, 2601–2607.
- Tesar, M., Öhlinger, A. 2008. Elektroaltgerätebehandlung in Österreich. Zustandsbericht 2008. Report REP-0199. Umweltbundesamt GmbH.
- The Ecology Center. 2012. Model year 2011/2012 – Guide to new vehicles. A Report by The Ecology Center. <<http://www.healthystuff.org/get-stuff.php?group-report=Cars>>
- Thuresson, K., Bergman, Å., Rothenbacher, K., Herrmann, T., Sjölin, S., Hagmar, L., Pöpke, O., Jakobsson, K. 2006. Polybrominated diphenyl ether exposure to electronics recycling workers – a follow up study. Chemosphere 64, 1855–1861.
- Toppila, A. (2011). Jätehuollon tuottajavastuun jätevirrat: Esimerkkinä sähkö- ja elektroniikkalaitteet sekä kannettavat paristot ja akut. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän Yliopisto.
- Umweltbundesamt. 2009. Stellungnahme des Umweltbundesamtes zum Vorschlag der EU-Kommission vom 3. Dezember 2008 zur Revision der Richtlinie 2002/95/EG zur „Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten“ (RoHS-RL).
- UNIDO, UN, UNITAR, SSC, UNEP. 2012. Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Draft, July 2012.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2013. DecaBDE phase-out initiative. <<http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/deccadbe.html>>
- WRAP. 2009. Separation of mixed WEEE plastics final report (WRAP Project MDD018 and MDD023). Report prepared by Axion Consulting
- Wäger, P., Schlupe M. and Müller, E. 2010. RoHS Substances in Mixed Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa). September 17, 2010.
- Ympäristöministeriö. 2013a. Kansallinen vaarallisia kemikaaleja koskeva ohjelma. Väliarviointi ja tarkistus 2012. Suomen ympäristö 2/2013.
- Ympäristöministeriö. 2013b. Rakentamisen materiaalihokkuuden edistämishjelma, loppuraportti. Rakentamisen materiaalihokkuuden toimenpideohjelmaa valmistelevalle työryhmän loppuraportti, 24.10.2013.

LIITTEET

Liite I. Yleisimmin esiintyvät muovilaadut SER-, ELV- ja rakennus- ja purkujätteissä

Muovi	Lyhenne	Käyttökohteita tarkasteltavissa kategorioissa (useita eri lähteitä)	Kiellettyjen yhdisteiden esiintyvyys (mm. Retkin 2012, Retegan ja Felix 2010, ESWI 2011, Hansen ym. 2013)		
Kestomuovit					
Valtamuovit					
Polyeteeni	PE	PE-HD	Putket, metalli kaapeleiden eristys, vähäisessä määrin elektroniikassa	OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa	
		PE-LD	Kaapeleiden eristys		
Polypropeeni	PP		Auton osat (puskurit), rakennustuotteet (mm. viemäriputket), sähköasiat, kaapeleiden eristys, pesukoneiden osat	HBCD: - vähäisessä määrin	
Polyvinyyl-kloridi	PVC		Rakennustuotteet: viemäriputket, seinälevyt, lattiapäällysteet, profiilit, johdinten eristeet, kourut ja putket, kaapeleiden päällystys	PeBDE: - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa HBCD: - vähäisissä määrin	
Polystyreeni Iskunkestävä polystyreeni	PS	HIPS	Sähkö- ja elektroniikkalaitteet (koteloit ja rasiat), kondensaattorien kalvot (jääkaapin sisäseinät), eristelevyt, ajoneuvojen osat	PeBDE: - vähäinen käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa - suuri käyttö ajoneuvoissa OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö ajoneuvoissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa HBCD: - vähäinen käyttö SE-laitteissa - kohtalainen käyttö ajoneuvoissa - suuri käyttö rakennusmateriaaleissa	
			EPS	Eristelevyt	HBCD: - suuri käyttö eristemateriaaleissa
			XPS	Eristelevyt	HBCD: - suuri käyttö eristemateriaaleissa
Tekniset muovit					
Akrylinitriili-butadieenistyreeni		ABS	Sähkö- ja elektroniikkalaitteet (mm. puhelimet, pölynimurit, valaisimet), koteloit, putket ja profiilit	OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö ajoneuvoissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa	
Styreeni-akrylinitriili		SAN	Sähkö- ja elektroniikkalaitteet (jääkaapin osat), radioiden koteloit, akkukoteloit	HBCD: - vähäisissä määrin	
Polyeteenitereftelaatti	PET		Lasitukset		
Polymetyyli-metakrylaatti	PMMA		Valaisimet ja lasitukset		
Polykarbonaatti	PC		Auton etuvalot, valaisinkuvut, lasitukset, hiustenkuivaimet	OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö ajoneuvoissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa	

Polyamidi		Auton moottorikotelot, sähkökotelot, valokytkimet, keittiökoneet, hammaspyörät, laakerit	OBDE: -suuri käyttö SE-laitteissa -vähäinen käyttö ajoneuvoissa -vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa
Polyasettaali	PMMA	Auton ovenkahvat, vedenkeitin, hanan sisäosat	?
Polybuteenitereftalaatti	PBT	Valaistustarvikkeet, sähkölaitteet, liittimet, auton osat konepellin alla, auton peilintaustat ja auton ovenkahvat	OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö ajoneuvoissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa
Akryylinitriilibutadieeni ja polykarbonaatti, seos	ABS+PC	Matkapuhelinkuoret, tietokonekotelot	vrt. ABS
Polyfenyloksidi	PPO	SE-laitteet, eristimet sekä lämmityslaitteiden osat	?
Kertamuovit			
Polyuretaani	PUR	Eristevahtona esim. lämmitysputkissa, kaapelien vaipoissa, ketjupyörissä, pakastimissa ja jääkaapeissa, eristepaneeleissa. Pehmeänä vaahtona huonekaluissa, ajoneuvojen istuimissa, patjoissa, rakennuskohteissa. Jäykkänä vaahtona ajoneuvoissa (esim. puskurissa), rakennuskoh-teissa	PeBDE: - vähäinen käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa -suuri käyttö ajoneuvoissa SCCP - mahdollisesti rakennusmateriaaleissa
Tyydyttymätön polyesteri	UP	Autojen osat, säiliöt, altaat, kotelot, putket, ulkovalaisimet, ilmanvaihtokanavat	PeBDE: - vähäinen käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa - suuri käyttö ajoneuvoissa OBDE: - suuri käyttö SE-laitteissa - vähäinen käyttö ajoneuvoissa - vähäinen käyttö rakennusmateriaaleissa
Epoksit	EP	Pinnoitteet (mm. betonilattiat, viemäriputket), autojen osat	PeBDE: - epoksihartsissa HBDCD:
Fenoliformaldehydi	PF	Piirikortit, rasiat, auton osat	

Liite 2. SER-jätteen esikäsittelyn vaatimukset Ruotsissa (Stena 2007)

Förbehandling av WEEE-avfall

Följande krav gäller för de verksamheter som hanterar, eller förbehandlar elavfall:

1. Verksamheten ska ha ett certifierat kvalitets- eller miljöledningssystem (gäller ej sorterare).
2. Personer som arbetar med förbehandling ska ha för arbetsuppgiften anpassade kunskaper.
3. Förbehandlingsmetoderna ska dokumenteras.
4. Komponenter som i utsorterad fraktion betraktas som farligt avfall ska avlägsnas ifrån elavfallet och hanteras i enlighet med avfallsförordningen (SFS 2001:1063).
5. Vissa andra givna komponenter – nämligen plastkomponenter som väger mer än 25 g och som kan innehålla de bromerade flamskyddsmedlen PBB eller PBDE, bildrör samt teckenfönster och bildskärmar med en yta större än 100 cm², innehållande flytande kristaller – ska avlägsnas från avfallet och hanteras separat.
6. Vissa särskilda försiktighetsmått mot omgivningsstörningar från verksamheten ska uppfyllas.

Ämnen, beredningar och komponenter som skall avlägsnas från avfallet

Följande ämnen, beredningar och komponenter skall avlägsnas ifrån avfallet och hanteras separat:

1. *Kondensatorer* som är PCB-varor i enlighet med förordningen (1998:122) om bortskaffande av PCB m m.
2. *Komponenter* som innehåller kvicksilver.
3. *Batterier*.
4. *Kretskort i mobiltelefoner*, oavsett storlek, samt i andra produkter om kretskortets yta är större än 10 cm².
5. *Färg(toner)kassetter* för färg i flytande form, kräm och pulver.
6. *Plast* som innehåller bromerade flamskyddsmedel.
7. *Asbestavfall* och andra komponenter som innehåller asbest.
8. *Katodstrålerör*. Avlägsna all flourescerande ytbeläggning.
9. *Freoner (CFC)*, halogenerade kolväten (HCFC), vätefluorkolföreningar(HFC) och kolväten (HC). Gaser som bryter ned ozon eller har en global uppvärmningspotential (GWP) som överstiger 15 skall avlägsnas från t ex skum och kylslingor.
10. *Gasurladdningslampor*. Kvicksilvret ska avlägsnas från gasurladdningslampor.
11. *Bildskärmar med flytande kristaller* (om lämpligt tillsammans med höljet) som är större än 100 cm² och alla bildskärmar som belyses bakifrån med gasurladdningslampor.
12. *Utväändiga elektriska kablar*.
13. *Komponenter innehållande mineralull* enligt beskrivning i bilaga 5 till Kemikalieinspektionens föreskrifter (1994:12) om klassificering och märkning av kemiska produkter.
14. *Komponenter innehållande radioaktiva* ämnen med undantag för komponenter under den tröskel för undantag som fastställs i 2§ strålskyddsförordningen (1988:293) och bilagan till den förordningen.
15. *Elektrolytiska kondensatorer* som innehåller potentiellt skadliga ämnen (höjd > 25 mm, diameter > 25 mm eller ungefär samma volym).

KUVAILEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto	Julkaisu-aika	Lokakuu 2015
Tekijä(t)	Tuuli Myllymaa (toim.), Katja Moliis, Eevaleena Häkkinen, Timo Seppälä		
Julkaisun nimi	Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 25 2015		
Tiivistelmä	<p>Pysyviksi orgaanisiksi yhdisteiksi (POP) kutsutut aineet ovat erittäin haitallisia ihmisen terveydelle tai ympäristölle. Yhdisteitä on käytetty palontorjunta-aineina, pintakäsittelykemikaaleina sekä lisäaineina erilaisissa muovimateriaaleissa. Yhdisteiden valmistusta ja käyttöä on rajoitettu tai kielletty jo vuosien ajan, mutta aineita esiintyy jätehuoltoon päätyvissä tuotteissa vuosikymmenienkin viiveellä. EU:n POP-asetus kieltää kierrättämästä POP-yhdisteitä sisältäviä jätteitä. Asetuksessa on säädetty kullekin kielletylle aineelle pitoisuusraja, jonka ylityessä jäte on hävitettävä pysyvästi polttamalla tai fysikaalis-kemiallisin käsittelyin.</p> <p>Käytännössä POP-raja-arvot ylittyvät aina tuotteissa, joihin on lisätty aineita palonestotarkoituksessa. Lisäksi joissakin kierrätysmuovia sisältävissä tuotteissa voi esiintyä vähäisiä jäämiä aineista. Euroopassa on kartoitettu aineiden esiintymistä, mutta mittauksia yhdisteiden esiintymisestä on tehty vähän. Bromi-alkuainetta sisältävien muovikappaleiden yksittäinen ja jatkuvatoiminenkin tunnistaminen on mahdollista röntgenfluoresenssiin (XRF) tai röntgentransmissioon (XRT) perustuvien mittausten avulla, mutta kumpaakaan menetelmää ei toistaiseksi ole otettu Suomessa käyttöön taloudellisista syistä.</p> <p>SER:ssä kiellettyjä yhdisteitä tiedetään esiintyvän etenkin kuvaputkitelevisioiden ja tietokone-monitorien koteloissa, mutta myös kuumenevassa kodin- ja konttorielektroniikassa. Romuajoneuvoissa yhdisteitä tiedetään esiintyvän eniten istuinten pehmusteissa ja päällyksissä ja etenkin aasialaisvalmisteisissa ajoneuvoissa. Rakennusallalla HBCD:n kierrätyskielto on huomioitava etenkin EPS-eristeteollisuudessa. Purkukohteiden tuottamat muut kumiset ja muoviset jätejakeet päätyvät polttoon, jolloin mahdolliset POP-yhdisteet eivät pääse kiertoon.</p> <p>Jätteistä löydetty POP-yhdistepitoisuudet asettavat haasteen sekä kierrätysalalle että alan valvojille. Kierrätystavoitteet edellyttävät kierrätyksen lisäämistä ja samanaikaisesti näistä materiaalivirroista pitäisi saada eroteltua ne jakeet, joissa POP-pitoisuudet ylittävät asetetut raja-arvot. Kierrätettävän materiaalin maksimoimiseksi ja kierrätysvirran puhtauden turvaamiseksi olisi parannettava jätehuoltoketjussa toimivien tietotasoa ja edellytyksiä liittää laitteistoihin uutta mittaustekniikkaa. Bromipitoisuuden mittausta olisi usein riittävä toimenpide. Valistusta tulisi lisäksi suunnata kotitalouksille, jotta SER:ä ja romuajoneuvoja ei varastoitaisi kotitalouksissa pidentämässä POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden poistumisaikaa.</p>		
Asiasanat	jäte, kierrätys, POP-yhdiste, muovi, SER, ELV, rakennus- ja purkujäte, autonromut, sähkö- ja elektroniikkaromu		
Rahoittaja/toimeksiantaja	Ympäristöministeriö		
	ISBN 978-952-11-4463-9 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkkokoj.)	
	Sivuja 81	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen
Julkaisun myyntijakaja	Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.ym.fi/julkaisut		
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö		
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2015		

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Miljövårdsavdelningen	Datum	Oktober 2015
Författare	Tuuli Myllymaa (red.), Katja Moliis, Eevaleena Häkkinen, Timo Seppälä		
Publikationens titel	Förekomst samt identifiering och särskiljande av långlivade organiska föroreningar (POP) i plastavfall (Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä)		
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 25 2015		
Sammandrag	<p>De ämnen som kallas långlivade organiska föroreningar (POP) är väldigt skadliga för människors hälsa och för miljön. Ämnena har använts som brandskyddsmedel och ytbehandlingskemikalier och som tillsatssämnen i olika slags plastmaterial. Framställningen och användningen av dessa har begränsats eller förbjudits redan för flera år sedan, men ämnena påträffas fortfarande efter flera årtionden i produkter som går till avfallshandling. EU:s POP-förordning innehåller förbud mot återvinning av avfall som innehåller POP-föroreningar. I förordningen har det angetts en gräns för halten av varje förbjudet ämne, och om denna gräns överskrids ska avfallet förstöras permanent genom förbränning eller kemisk-fysikalisk behandling.</p> <p>I praktiken överskrids POP-föroreningarnas gränsvärden alltid i produkter där ämnena har tillsatts för brandskyddsändamål. I vissa produkter som innehåller återvunnen plast kan det dessutom förekomma små rester av ämnena. I Europa har det gjorts kartläggningar av förekomsten av ämnena, dock endast få mätningar av i vilken grad föroreningar förekommer. Det är möjligt att i enskilda fall, och också mer fortgående, identifiera plaststycken som innehåller grundämnet brom med hjälp av mätningar som grundar sig på röntgenfluorescens (XRF) eller röntgentransmission (XRT), men ingendera metoden har ännu tagits i bruk i Finland av ekonomiska orsaker.</p> <p>De förbjudna föroreningar som man vet förekommer i elektriskt och elektroniskt avfall finns framför allt i bildrör-TV-apparater och bildrörsskärmar till datorer, men också i hem- och kontorselektronik som blir varm. I uttjänta fordon förekommer föroreningar veterligen mest i bilsätenas stoppning och överdrag, och framför allt i fordon tillverkade i Asien. I byggbranschen bör förbudet mot återvinning av HBCD framför allt tas i beaktande i fråga om EPS-isolering. Andra avfallsfraktioner av gummi och plast som rivningsobjekt ger upphov till förbränns, vilket gör att eventuella POP-föroreningar inte går vidare i kretsloppet.</p> <p>De halter av POP-föroreningar som återfinns i avfall utgör en utmaning såväl för återvinningssektorn som för dem som övervakar sektorn. Återvinningsmålen förutsätter att materialåtervinningen utökas, och samtidigt borde man ur materialflödena kunna särskilja de fraktioner där gränsvärdena för POP-halterna överskrids. För att maximera materialåtervinningen och säkerställa att återvinningsströmmen är ren bör man höja kunskapsnivån i avfallshanteringskedjan och förbättra förutsättningarna att förse anordningar med ny mätteknik. Mätning av bromhalten är ofta en tillräcklig åtgärd. Det bör även riktas mer information till hushållen så att lagring av elektriskt och elektroniskt avfall och uttjänta fordon i hushållen inte förlänger utfasningen av avfall som innehåller POP-föroreningar.</p>		
Nyckelord	avfall, materialåtervinning, POP-förorening, plast, elektriskt och elektroniskt avfall, ELV, bygg- och rivningsavfall, uttjänt fordon		
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet		
	ISBN 978-952-11-4463-9 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)	
	Sidantal 81	Språk Finska	Offentlighet Offentlig
Beställningar/distribution	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: www.ym.fi/julkaisut		
Förläggare	Miljöministeriet		
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2015		

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Environmental Protection Department		<i>Date</i> October 2015	
<i>Author(s)</i>	Tuuli Myllymaa (ed.), Katja Moliis, Eevaleena Häkkinen, Timo Seppälä			
<i>Title of publication</i>	Occurrence, identification and separation of Persistent Organic Pollutants (POP) from plastic waste (Pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) esiintyvyys, tunnistaminen ja erottaminen muovijätteistä)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 25 2015			
<i>Abstract</i>	<p>Substances classified as Persistent Organic Pollutants (POP) are extremely harmful to human health or the environment. These substances have been used as fire retardants, surface treatment chemicals and additives in various plastic materials. The manufacture and use of these substances has been restricted or prohibited for years, but, even after several decades, they still occur in products ending up in waste management. The EU's POP regulation prohibits the recycling of waste containing POPs and defines concentration limits for each prohibited substance. Waste that exceeds these limits must be permanently disposed of through incineration or physico-chemical treatment.</p> <p>In practice, the POP limit values are always exceeded in products where these substances are used as fire retardants. Additionally, small traces of these substances may occur in some products containing recycled plastics. The occurrence of POPs has been mapped in Europe, but their concentrations have not been extensively measured. The individual and even continuous identification of plastic objects that contain the element bromine can be carried out using measurements based on X-ray fluorescence (XRF) or X-ray transmission (XRT), but neither of these methods has so far been adopted in Finland due to their costs.</p> <p>In WEEE, prohibited POPs are known to occur particularly in the casings of CRT televisions and computer monitors, but also in home and office electronics designed to withstand heating. In end-of-life vehicles, POPs are known to occur the most in seat paddings and covers, particularly in vehicles manufactured in Asia. In the construction sector, the recycling prohibition of HBCD must be particularly taken into account in the EPS insulation industry. Other rubber and plastic waste types produced at demolition sites end up being incinerated, preventing the circulation of potential POPs.</p> <p>The POP concentrations found in waste present challenges for both the recycling industry and those supervising it. In order for recycling goals to be met, recycling must be increased, but, at the same time, the resulting material streams should be screened in order to separate waste types in which POP concentrations exceed the defined limit values. Maximising the amount of material recycled and securing the purity of the recycling stream requires improving the expertise of personnel operating in waste management chains and the preconditions for integrating new measurement technologies into existing equipment. Measuring bromine concentrations would often be an adequate measure. Furthermore, households in particular should be better informed in order to cut down on the domestic storage of WEEE and end-of-life vehicles, which only serves to increase the clearance time of waste containing POPs.</p>			
<i>Keywords</i>	waste, recycling, POP, plastic, WEEE, ELV, construction and demolition waste, end-of-life vehicles, waste electrical and electronic equipment			
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment			
	ISBN 978-952-11-4463-9 (PDF)		ISSN 1796-170X (online)	
	<i>No. of pages</i> 81	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> For public use	
<i>For sale at/ distributor</i>	The publication is available on the internet: www.ym.fi/julkaisut			
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment			
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2015			

Jätteistä löydetty POP-yhdistepitoisuudet asettavat haasteen sekä kierrätysalalle että alan valvojille. Kierrätystavoitteet edellyttävät, että enenevässä määrin kierrätetään SER:stä, ELV:stä ja rakennus- ja purkujätteestä peräisin olevia muovijakeita. Tiukentuvat kierrätysasteet vaativat myös sellaisten jakeiden kierrättämistä, jotka eivät vielä ole päätyneet kiertoon. Samanaikaisesti näistä materiaali-irroista pitäisi saada eroteltua ne jakeet, joissa POP-pitoisuudet ylittävät asetetut raja-arvot.

Tehtyjen kartoitusten perusteella tiedetään todennäköisimmin kiellettyjä POP-yhdisteitä sisältävät tuotteet, laitteet ja niiden osat. SER:ssä kiellettyjä yhdisteitä esiintyy ennen kaikkea kuvaputkitelevisioiden ja tietokonemonitoreiden koteloissa. Myös kuumeneva kodin- ja konttorielektroniikka sisältää todennäköisesti POP-pitoisia muoveja. Romuajoneuvoissa yhdisteitä tiedetään esiintyvän eniten istuinten pehmusteissa ja päällyksissä. Erityistarkkailuun epäillään olevan aihetta etenkin aasialaisvalmisteisten ajoneuvojen kohdalla. Rakennusalalla asia on huomioitava eristeteollisuudessa.

Kierrätettävän materiaalin maksimoimiseksi ja kierrätysvirran puhtauden turvaamiseksi on löydettävä keinoja POP-yhdisteitä sisältävien jätteiden erottelun järkeistämiseksi. Toimeenpanossa pääpainon tulisi olla jätehuoltoketjussa toimivien tietotason parantamisessa ja asianmukaisessa valvonnassa. Menetelmistä POP-yhdisteiden tunnistamiseksi ei ole varsinaisesti puutetta, vaan ongelmana on ollut menetelmien hinta ja tekninen liitettävyyden erottelulinjastoille. Usein pelkän bromipitoisuuden mittaaminen on riittävä toimenpide. Lisäksi kotitalouksia tulisi valistaa toimittamaan SER ja romuajoneuvot kierrätykseen ja siten nopeuttamaan haitallisten aineiden poistumista jätteistä.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment