

Jussi Isoniemi

**Tietokone- ja mobiililaitteiden turvallinen kierrätys**

## **Tietokone- ja mobiililaitteiden turvallinen kierrätys**

Jussi Isoniemi  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma, Järjestelmäasiantuntemuksen suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Jussi Isoniemi

Opinnäytetyön nimi: Tietokone- ja mobiililaitteiden turvallinen kierrätys

Työn ohjaaja: Minna Kamula

Työn valmistuslukuksi- ja vuosi: Syksy 2014

Sivumäärä: 88

---

Työn aiheena on tietokone- ja mobiililaitteiden turvallinen kierrätys. Turvallisuudella tarkoitetaan tässä sekä tietoturvaluutta, että myös turvallisuutta ympäristön näkökannalta. Työssä kerrotaan myös laajalti SER-jätteen kierrätyksestä, koska tietokone- ja mobiililaitteet ovat osa sitä.

Työ on teoriapohjainen tutkimus. Käytetyn teoriapohjan avulla on pyritty vastaamaan työn tutkimusongelmiin ja hakemaan tietoa aiheesta. Myöhemmin tärkeimpiä saatuja tuloksia on pohdittu, ja liitetty niihin mukaan myös omia kokemuksia ja mielipiteitä.

Yksi työn tutkimusongelmista on, miten massamuisteja sisältävät laitteet tulisi käsitellä, jotta ne eivät aiheuttaisi käytöstä poistuttuaan tietoturvariskiä. Tietokoneen kiintolevyt ja mobiililaitteet saa lähes täysin turvavarmaiksi kirjoittamalla niiden päälle ohjelman avulla monta kertaa, tai totaalivarmiksi murskaamalla ne. Murskaamisessa syntyy kuitenkin haitallista pölyä, joten se kannattaa tehdä vain riskialteimmille massamuistilaitteille.

Toinen tutkimusongelma on, miten laitteista tulisi luopua, ja miten ne tulisi käsitellä ympäristöasiat huomioiden. Ympäristön kannalta on paras, kun laitteita käytetään mahdollisimman pitkään. Uusiokäyttö on ympäristön kannalta parempi muoto, kuin kierrätys. Kierrätys olisi suoritettava mahdollisimman vähillä saasteilla ja päästöillä, ja uudelleenkäytettäväksi päätyvän materiaalin määrä maksimoitava. Teollisuusmaissa olisi kehitettävä käytettyjen laitteiden markkinoita.

Kolmas tutkimusongelma on selvittää, mitä eri keinoja ja vaihtoehtoja kuluttajalla on tietokone- ja mobiililaitteista luopumiseen esimerkiksi Oulussa. Laitteiden arvo tippuu nopeasti, joten ne kannattaa myydä heti, kun niitä ei enää käytä. Arvottomat laitteet on hyvä viedä kierrätykseen, koska se on ilmaista.

Suomessa sekä asiakas, että valmistaja joutuu maksamaan oman osuutensa kierrätyksestä. On järkevää, että kierrätysmaksu sisältyy kuluttajahintaan, jolloin palautus on ilmaista. Valmistajat ja lainsäätäjät ovat yhdessä vastuussa käytettyjen materiaalien ja kemikaalien turvallisuudesta. Laiteromun vienti kehitysmaihin todetaan huonoksi ilmiöksi, sen sijaan toimivien laitteiden vienti hyväksi. Jättemäärät ovat myynnin tavoin kaikkialla maailmassa jatkuvassa kasvussa. Aasian kehittyvien maiden markkinat kasvavat hurjaa vauhtia, ja raaka-ainevarannot hupenevat.

---

Asiasanat: cloud computing, jäte, kestävä kehitys, kierrätys, massamuisti, mobiili, pilvi, ser, tietokone, tietoturva, uusiokäyttö, ympäristö

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Program in Business Information Systems, Option of Computer Systems Expertise

---

Author: Jussi Isoniemi

Title of Bachelor's thesis: The safe recycling of computer and mobile devices

Supervisor: Minna Kamula

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2014

Number of pages: 88

---

The title of my thesis is safe recycling of computer and mobile devices. The word "safe" in it means both information security and environmental safety. The thesis is also much about recycling of e-waste in general, because computer and mobile devices are part of it.

The thesis is a theory-based research. The goal were to answer the research problems with the used theoretical basis, and to get other information. Later in the work, the most important results have been analysed, and added with my own experiments and opinions.

One of the research problems of the works is, how the devices containing mass storage equipment should be treated, so they would not cause an information security risk when withdrawn. Computer hard drives and mobile devices can be made almost absolutely safe by writing them repeatedly full of information with specific programs, and totally safe by crushing them. The crushing process generates harmful dust though, so it should be only applied to high-risk mass storage equipment.

The second research problem is, how the devices should be abandoned, and how they should be treated to take the natural environment in account. For environmental safety it is best to use the devices for as long as possible. Reuse is better for environment than recycling. Recycling should be fulfilled with minimal pollution and emissions, and the amount of material to be reutilized should be maximized. Developed countries should improve their markets for used devices.

The third research problem is to find out, what different ways and options consumers have to dispose computer and mobile devices for example in Oulu. The value of the devices is dropping fast, so they should be sold right away when not used anymore. It is easy to recycle the equipment without value because it is free.

In Finland both the customer, and the manufacturer has to pay their own part of the recycling process. It is wise that the consumer part is already included in the sales prices, so the returning can be made free. Manufacturers and legislators are together responsible for the materials used and the safety of chemicals. The export of device scrap to developing countries is noted to be a bad phenomenon, but the export of working devices to be good. Amounts of waste volumes and sales are steadily rising everywhere in the world. The market in Asian developing countries is growing rapidly, and the raw material reserves are dwindling.

---

Keywords: cloud, cloud computing, computer, e-waste, information security, mass storage, mobile, natural environment, recycling, reuse, sustainable development, waste

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	SER-KIERRÄTYS.....	8
2.1	Jätteen käsittely.....	11
2.2	Komponentti- ja ainesisältö .....	15
2.3	Materiaalin erottelu ja uudelleenkäyttö .....	19
2.4	Eri komponenttien ja osien kierrätys.....	21
3	TIETOKONE- JA MOBIILILAITTEIDEN TIETOTURVAN RISKIT .....	34
3.1	Massamuisteihin liittyvät riskit .....	34
3.2	Leasing.....	36
3.3	BYOD (Bring Your Own Device).....	36
3.4	Mobiililaitteisiin kohdistuvat riskit .....	38
4	CLOUD COMPUTING - HYÖDYT JA HAITAT TIETOTURVALLE .....	39
4.1	Cloud Computing ominaisuuksia .....	40
4.2	Käyttöönottomallit.....	41
4.3	Pilven aiheuttamat riskit.....	43
4.4	Positiiviset vaikutukset .....	44
5	SER SUOMESSA .....	46
5.1	SER-palautus Oulussa .....	49
5.2	Elektroniikkajätteen käsittely Suomessa.....	51
6	SER ULKOMAILLA.....	54
7	JÄTTEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	57
8	TALOUDELLINEN VASTUU ELEKTRONIIKKAJÄTTEESTÄ .....	61
8.1	Direktiivit ja lainsäädäntö.....	61
8.2	Keräysjärjestelmät ja mallit.....	66
8.2.1	Sidosryhmät.....	66
8.2.2	Keräysjärjestelmät .....	67
8.2.3	Jätteen keräysmallit .....	68
8.3	Rahoitusmekanismit .....	71
8.4	Tulevaisuuden trendit .....	77

9	TULOKSET.....	79
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	83
	LÄHTEET .....	86

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tietokone- ja mobiililaitteiden kierrätys tietoturvallisuus ja ympäristönäkökohdat huomioiden. Koska tietokone- ja mobiililaitteet ovat käytöstä poistuttuaan SER-jätettä (sähkö- ja elektroniikkalaiteromua), kerrotaan työssä suureksi osin yleisesti SER-jätteen kierrätyksestä. SER-jätteeseen kuuluvat kaikki verkkovirtaa tai akkuja käyttävät laitteet ja niiden osat.

Työn tavoitteisiin kuuluu tietoturvallisten kierrätyksen keinojen selvittäminen, eli miten massamuisteja sisältävät laitteet tulisi käsitellä ennen niistä luopumista. Massamuistilla tarkoitetaan kaikenlaisia pysyvää tietoa tallentavia muisteja, esimerkiksi tietokoneen kiintolevyjä. Lisäksi selvitetään, miten laitteista tulisi luopua ja miten ne tulisi käsitellä ympäristöasiat huomioiden. Otetaan myös selvää siitä, mitä eri keinoja ja vaihtoehtoja kuluttajalla on laitteista luopumiseen, pitäen pääpaino Suomessa ja Oulussa.

Yksi työn pääteemoja on cloud computing, eli pilvessä tapahtuvat tietotekniset palvelut. Asiakas voi ulkoistaa omat palvelimensa ja levytilansa pilveen, eli Internetiin palveluntarjoajalle, millä on merkittäviä tietoturvallisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia. Lisäksi haetaan tietoa esimerkiksi kierrätyksen nykytilasta Suomessa ja maailmalla, eri käyttö-, hävittämis- ja kierrätystavoista, vastuun jakautumisesta eri toimijoiden kesken ja sen käytännön järjestämisestä, tietokone- ja mobiililaitteiden yrityskäytön tietoturvariskeistä, eri SER-komponenttien kierrätyksen erityispiirteistä, jätteiden kehitysmaihin viennin ongelmista, ja EU:n direktiiveistä.

Aihe on tärkeä yleisesti, koska jätettä syntyy koko ajan enemmän erityisesti kehitysmaiden vaurastumisen myötä, ja koska raaka-ainevarannot tulevat ainakin myöhemmässä vaiheessa loppumaan, mikäli käytöstä poistettujen laitteiden kierrätystehokkuutta ei saada kehitettyä. Väärin keinoin jätteitä polttamalla syntyy myös runsaasti saasteita, mitkä ovat vaaraksi sekä ihmisille, että luonnolle.

## 2 SER-KIERRÄTYS

SER-jäte on lyhenne, joka tulee sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta. Voidaan siis myös kirjoittaa pelkästään SER. Englanniksi vastaava termi on WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), tai pelkkä e-waste (electronic waste). Näihin lasketaan kaikki käytöstä poistetut laitteet, jotka käyttävät sähköä, tuli se sitten verkkovirrasta, akusta, tai vaikkapa virtana USB:n kautta. SER-jätettä on siis esimerkiksi kodinkoneet, kellot, tietokoneet, tulostimet, kännykät, televisiot, viihde-elektronikka, kamerat, lamput, valaisimet ja sähkötyökälyt. Myös monenlaiset tarvikkeet, kaapelit ja paristot lasketaan usein tähän ryhmään. (SER-kierrätys 2014d, viitattu 12.10.2014.)

Voi olla epäselvää, tarkoitetaanko SER-jätteellä ensimmäiseltä käyttäjältään käytöstä poistunutta tavaraa, vai pelkästään rikkiäistä tai muuten käyttötarkoitukseensa soveltumatonta ja missä tämä raja menee. Pääsääntöisesti SER-jätteellä tarkoitetaan tavaraa, jota ei ole enää sellaisenaan tarkoitus käyttää. (Wikipedia 2014c, viitattu 12.7.2014.)

Sähköisten ja elektronisten laitteiden tuotanto, kulutus ja loppusijoitus ilman jätteitä ja haitallisia päästöjä, tuskin mikään idea on vaikuttavampi ja haastavampi. Vaikka tämä vaikuttaakin enemmän hullulta unelmalta tai yksinkertaisesti mahdottomalta nykytilanteessa, voisi se olla visionäärin näkemys niille monille aloitteille, joiden tavoitteena on työskennellä kohti kestäväää ratkaisua elektroniikkajäteongelmaan. Siihen kuuluisi itsestäänselvyytenä lopullinen irrottautuminen maailman energiariippuvuudesta uusiutumattomiin luonnonvaroihin ja hallitsemattomiin lähteisiin, johtuen esimerkiksi nykyisistä jätteistä. Se perustuisi myös suljettuun systeemiin, joka ei sallisi minkäänlaista resurssien häviötä tai vuotoa. Digitaalinen kuilu saataisiin onnistuneesti kiinni, mikä mahdollistaisi kaikkien hyötymisen teknologian nopeista innovaatioista, tehden elämästä ja työstä helpompaa, terveempää ja nautittavampaa, ilman tulevien sukupolvien tulevaisuuden vaarantamista. (Goodship, Stevels 2012, 3.)

Jotkut hallitukset ja kansainväliset järjestöt, yhdessä teollisuuden, tieteen alojen, kansalaisjärjestöjen ja paikallishallinnon kanssa ovat voimakkaasti tukeneet konsepteja kehittää kohti kestäväää yhteiskuntaa. Samat tahot ovat myös tehneet huomattavia investointeja kohti asiaankuuluvaa tutkimusta, jonka tavoitteena on selvittää, voisiko olla, ja miten mahdollista kehittää uusi standardi ja malli käyttöön kestäväälle yhteiskunnalle. (Goodship ym. 2012, 3.)



Ainakin viimeisten viiden vuoden aikana, elektroniikkajätteestä on tullut iskusana, joka kattaa lähes kaikentyyppiset sähkö- ja elektroniikkatuotteet, jotka ovat liittyneet, tai voisivat liittyä jätevirtaan. Tämä myös siksi, että elektroniikkajätteen määrä kasvaa eksponentiaalisesti yksinkertaisesti siksi, että elektroniikkalaitteiden markkinat kukoistavat, ja monet osat maailmaa ovat kehittymässä nopeasti ja sen vuoksi ylittävät niin sanotun digitaalisen kuilun. Nopea tuotekehitys ja vaihtuminen, erityisesti ICT-tuotteissa (tietotekniikka ja viestintä), sekä toimistolaitteissa, yhdistettynä analogitekniikasta digitaaliseen siirtymiseen, sekä taulutelevisioihin ja näyttöihin, muutamalla esimerkillä, ruokkivat kasvua. Massatuotanto on johtanut alhaisempiin hintoihin monien elektroniikkatuotteiden osalta, mikä on lisännyt monien tuotteiden maailmanlaajuista kysyntää, mitkä lopulta päätyvät elektroniikkajätteeksi. (Goodship ym. 2012, 4-5.)

Lisäksi, iso osa käyttämättömistä elektroniikkalaitteista säilytetään komeroissa, kellareissa tai ullakoilla, jolloin ne eivät pääse osaksi kierrätysketjua. Sen takia suuri osa maailman elektroniikkajätteestä on kateissa, koska se ei pääse osaksi prosessia. Siksikin, laajalti hyväksytty lähestymistapa arvioida kansallista ja maailmanlaajuista elektroniikkajätteen määrää on markkinoille laitettujen tuotteiden määrä. Tuotteen kategorioiden elinkaari, muiden mittareiden ohella, auttaa määrittämään koko elektroniikkajätteen sukupolven. (Goodship ym. 2012, 4-5.)

Jätteen määrä on ollut jatkuvassa kasvussa. Jätettä syntyy paljon monestakin syystä. Ensinnäkin formaattien ja eri teknologioiden muuttuessa joudutaan ostamaan uusi laitteisto. Toisekseen ohjelmistojen vaatimusten muuttuessa ja niiden optimoinnin vaihtuessa kohti uudempaa rautaa, joudutaan laitteet uusimaan. Kolmas syy on kenties ohjelmiston tekijöiden kanssa yhteistyössä toimivat laitevalmistajat, jotka myös purkavat tukensa vanhalta laitteistolta, ja toteuttavat lisäksi suunniteltua vanhenemista, eli tuotteiden tarkoituksellista käyttöiän vähentämistä, samalla hehkuttaen uusia tuotteita. (Wikipedia 2014c, viitattu 13.7.2014.)

Maailmanmarkkinoille tulleiden elektroniikkatuotteiden määrä on noussut vuoden 1990 19.5 miljoonasta tonnista vuoden 2000 34 miljoonaan tonniin ja vuoden 2010 57.4 miljoonaan tonniin. Vuonna 2015 määrän on arvioitu nousevan 76.1 miljoonaan tonniin. Tämän seurauksena, globaalien elektroniikkajätteen määrä on kasvanut vuoden 1998 20 miljoonasta tonnista vuoden 2011 arvioon 41 miljoonasta tonnista ja vuosien 2014 / 2015 arvioon 50 miljoonasta tonnista. Määrä on tarpeeksi iso täyttämään kuorma-autojen letkan puoliksi maailman ympäri. (Goodship ym. 2012, 5.)

Elektroniikkajäte sisältää runsaasti erilaisia metalleja, muoveja, ja muita aineita, joista osa on vaarallisia ympäristölle ja ihmisille. Koska iso osa aineista on mahdollista kierrättää, siihen pyritään ja se voi olla myös tuottoisa liiketoimi. Siksi voidaankin kiistellä siitä, pitäisikö tavaraa kutsua jätteeksi, vai raaka-aineeksi. Saatujen kierrätys-raaka-aineiden lisäksi osa tavarasta on sellaisenaan toimivaa ja voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi kehitysmaissa. Näin "rahoitetaan" huonommasta tavarasta tulevaa pienempää tuottoa, tai mahdollista tappiota. Potentiaalisena hyvänä tavarana voisi mainita toimivat kokonaiset tietokoneet, sekä niiden tarpeeksi modernit komponentit ja huonona vanhat CRT-monitorit. (Wikipedia 2014c, viitattu 12.7.2014.)

Tuotteen keskimääräinen elinikä / vanhentuneisuus (obsolescence rate) kuvaa sitä ajanjaksoa, jonka jälkeen elektroniikkatuotetta ei enää käytetä. Se voidaan jakaa aktiiviseen elämään (active life), passiiviseen (passive life) sekä säilytykseen (storage). Aktiivinen elämä kuvaa tuotteen tehokasta käyttöaikaa, jonka aikana tuotetta ei ole syytä korvata. Aktiivisen elämän jälkeen tuote voidaan kunnostaa, tai käyttää uudelleen vielä tietyn aikaa (usein eri käyttäjä kuin alkuperäinen). Tätä kutsutaan passiiviseksi elämäksi. Säilytyksellä tarkoitetaan säilytysaikaa ennen hävittämistä tai korjausliikkeissä vietettyä aikaa ennen purkamista. Teollisuusmaissa elektroniikkatuotteen elinkaari on yleensä sama kuin sen aktiivinen elämä, kun taas kehitysmaissa se koostuu yleensä aktiivisesta ja passiivisesta elämästä, sekä säilytyksestä. Kehitysmaissa on siis yleensä käytettyjen tavaroiden markkinat aktiivikäytön jälkeen. Kaikki kolme parametriä vaihtelevat maantieteellisen alueen mukaan, joten tuotteen keskimääräinen elinikä vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. (UNEP 2007a, 40.)

Erilaisia tapoja luopua vanhoista laitteista on kuluttajilla ainakin myynti yksityishenkilöltä toiselle, palautus kauppaan, sekä kaatopaikalle tai muulle jätteistä huolehtivalle yritykselle vienti. Yrityksillä on lisäksi ainakin joskus mahdollisuus palauttaa tuotteet suoraan valmistajalle, sekä vanhoja yrityskoneita myyville yrityksille, jotka hoitavat myös tietoturvaluolen kuntoon. Laitteita voi myös lahjoittaa monille organisaatioille. Uusiokäyttö on yleensä aina tehokkaampaa niin energiankäytön, kuin ympäristön kannalta. Tutkimuksen mukaan tietokoneen uusiokäyttö on 20 kertaa tehokkaampi tapa säästää sen elinkaaren energiaa kuin kierrättäminen, tähän on laskettu mukaan kaikki valmistamisesta lähtien (Computer Aid International, 2010). Niinpä yksityishenkilönkin on järkevää käyttää laitetta niin kauan, kuin sillä tulee toimeen, tai keksiä sille uusi käyttötarkoitus. (Wikipedia 2014b, viitattu 15.7.2014; Murugesan, Gangadharan 2012, 34.)

## 2.1 Jätteen käsittely

### Elektroniikkajätteen käsittely lyhyesti

*Puhdistaminen ja purkaminen:* Puhdistaminen ja purkaminen tehdään manuaalisesti. Siihen kuuluvat seuraavat vaiheet:

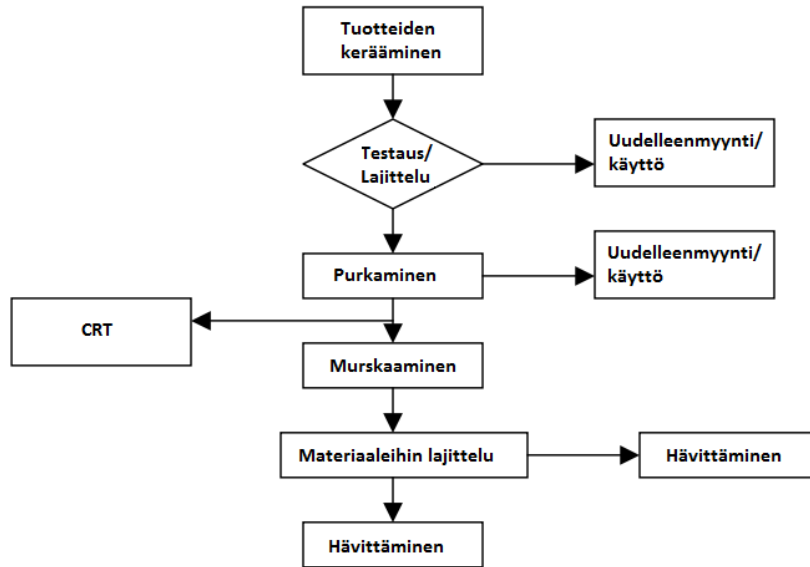
1. Vaarallisia aineita sisältävien osien poistaminen (CFC-yhdisteet, elohopeakytkimet, PCB-yhdisteet.
2. Helposti irrottavissa olevien arvokkaita aineita sisältävien osien poisto (kuparikaapelit, teräs, rauta, arvokkaita metalleja sisältävät osat, kuten liitäntäpinnat.
3. Vaarallisten aineiden eristäminen ja helposti irrottavissa olevien osien poistaminen.

*Rautametallien, ei-rautametallien ja muovien erottelu:* Tämä erottelu tehdään yleensä murskaamisen jälkeen, ja sitä seuraa mekaaninen ja magneettinen erotusprosessi.

*Arvokkaiden raaka-aineiden kierrätys / palautus:* Erottelusta saadut metalliosaset käsitellään uudelleen. Rautapohjaiset metallit sulatetaan valokaariuuneissa, ei-rautapohjaiset metallit, sekä muut arvokkaat metallit sulatetaan sulatoissa.

*Vaarallisten metallien ja jätteiden hoito / hävittäminen:* Silppuri-kevytjäte hävitetään kaatopaikoilla, tai joskus poltetaan. CFC-yhdisteet käsitellään termisesti. PCB-yhdisteet poltetaan, tai hävitetään maanalaisissa varastoissa. Elohopea (Hg) yleensä kierrätetään, tai hävitetään maanalaisissa kaatopaikoissa. (UNEP 2007b, 46.)

Kuviossa 1 on esitetty yksinkertaistettu kulkukaavio elektroniikkajätteen käsittelystä. Se alkaa tuotteiden keräämisellä, jota seuraa testaaminen, jotta saadaan eroteltua uusiokäyttöön soveltuvat ja soveltumattomat laitteet. Ei-käyttökelpoinen elektroniikkajäte puretaan, ja siitä syntyvät osaset jaetaan jälleen uusiokäyttöön sopiviin ja sopimattomiin osiin. Ei soveltumattomat osat murskataan, jaotellaan ja niistä palautetaan eri materiaalit. Jäljelle jääneet turhat osaset hävitetään. (UNEP 2007b, 46.)



KUVIO 1. Yksinkertaistettu kaavio elektroniikkajätteen käsittelystä. (UNEP 2007b, 47.)

## Uusiokäyttö vs. kierrätys

Yleiset uudelleenkäytön strategiat sisältäen kierrätyksen, korjauksen, kunnostuksen ja uudelleenvalmistamisen ovat kaikki tärkeitä kestävän valmistuksen strategioita, koska ne auttavat rajoittamaan kaatopaikoille vientiä, ja uuden materiaaliaineksen käyttöä tuotannossa. Koska niihin liittyy yleensä jonkinasteinen purkaminen, kutsutaan niitä myös purkamisen prosesseiksi. Mutta ne eivät ole kaikki toistensa veroisia. Korjaaminen, kunnostaminen ja uudelleenvalmistus (tunnetaan myös komponenttien uudelleenkäyttönä, tuotteen palauttamisena, tai jälkimarkkinoiden prosesseina) ovat yksiä niistä lukuisista tuotantoprosesseista, jotka käyttävät käytettyjen tuotteiden komponentteja, ja joita pidetään kierrätystä parempana vaihtoehtona (materiaalien takaisinotto / hyödyntäminen tai materiaalien uudelleenkäyttö). Kierrätyksellä tarkoitetaan niitä toimintoja, joiden kautta pois heitetyt materiaalit saadaan kerättyä, lajiteltua, käsiteltyä, ja käytettyä uusien tuotteiden valmistamiseksi. (Goodship ym. 2012, 146.)

Uusiokäytön etuihin suhteessa kierrätykseen kuuluvat:

- Tuotteiden uudelleenkäyttö on "lisäävä" prosessi, kun taas kierrätys on "vähentävä" prosessi, koska uusiokäyttö lisää jätetuotteiden arvoa palauttamalla ne takaisin käyttökuntoon, kun taas kierrätys heikentää tuotetta muuttamalla sen takaisin raaka-aineiksi.

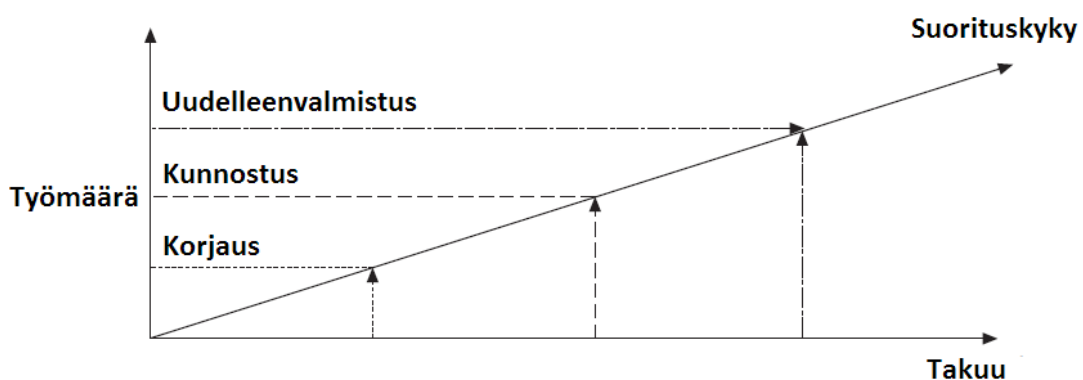
- Tuotteiden käyttökuuntoon palauttamisen kautta menee vähemmän hukkaan energiaa ja resursseja, joita tarvitaan ja tarvittiin tuotteen alkuperäiseen valmistamiseen. Syy tähän löytyy siitä, että uusiokäyttö pitää tuotteen mahdollisimman kokonaisena, jolloin valmistamisessa niihin käytetty energia ja resurssit säilyvät. Kierrätys supistamalla tuotteen takaisin raaka-aineiksi menettää suurimman osan tästä energiasta ja resursseista. Menetys on vielä suurempi, jos siihen lasketaan mukaan tekijät, kuten raaka-aineiden louhintaan ja kuljetukseen kulutetut resurssit ja energia.
- Energiaan ja luonnonvaroihin kohdistuvat kulut uuden, hyödyllisen tuotteen saamiseksi takaisin raaka-aineista ovat suuremmat kierrätyksessä. Tämä johtuu siitä, että kierrätyksessä energia tuhlataan kahdesti; ensin supistamalla tuote takaisin raaka-aineiksi (esim. sulattamalla), ja toisen kerran kun muutetaan saadut materiaalit takaisin hyödyllisiksi tuotteiksi.
- Suunnittelijat voivat olla haluttomia käyttämään kierrätysmateriaaleja, koska he ovat epävarmoja sen laadusta. Uudelleenkäytön ”korkein muoto”, uudelleentalmistaminen, on yleensä paljon tuottavampaa kuin kierrätys, erityisesti suurten ja monimutkaisten, mekaanisten ja sähkömekaanisten tuotteiden osalta. (Goodship ym. 2012, 146.)

Päätös tuotteen uudelleenkäytöstä tulisi harkita tarkkaan, sillä joissain olosuhteissa se voi olla haitallistakin kestäväälle kehitykselle, esimerkiksi silloin, kun pidetään tehottomia tuotteita käytössä pidempään kuin olisi toivottavaa. Tämä on tilanne niiden tuotteiden osalta, joiden uudempi sukupolvi on yleensä ympäristöystävällisempi ja kustannustehokkaampi käytössä, esimerkiksi uudet mallit pesukoneissa tarvitsevat yleensä vähemmän vettä, pesuainetta ja sähköä. Ihannetapauksissa uusiokäyttöä tulisi käyttää silloin, kun se olisi sekä tuottavampaa, että ympäristölle hyödyllisempää. Muihin huomioon otettaviin asioihin kuuluvat uudet liiketoimintamallit, joihin sisältyy tehokas käänteisen logiikan järjestelmä, jotta varmistetaan riittävät määrät käytettyjä tuotteita (ytimiä) tuotteiden uusiokäyttöprosesseja varten. Syy tähän on se, että käytetyt tuotteet ovat pääasiallinen raaka-aineen lähde tuotteiden palauttamiseen: ensinnäkään, ei voida aloittaa ilman jälleenrakentamiseen tarvittavia käytettyjä laitteita, ja toiseksi, tuotteiden uudelleenrakentamisessa tarvittavat komponentit olisi parasta olla saatuja toisista, hajonneista vastaavista tuotteista, sillä uusien komponenttien käyttö nostaisi tuotantokustannuksia ja sitä kautta tuotteen hintaa. Tämä on erityisen tärkeää, sillä kuluttajat ostavat uusiokäyttötuotteita yleensä vain, jos ne ovat selvästi halvempia kuin uudet vastaavat. (Goodship ym. 2012, 146-147.)

Kolme suurinta komponenttien uudelleenkäyttömahdollisuutta eivät ole samanarvoisia, vaan ennemminkin muodostavat hierarkian (Kuvio 2), jossa uudelleenvalmistaminen on korkeimmalla, jota seuraa kunnostaminen ja sitä korjaaminen. Uudelleenvalmistus on prosessi, jossa käytetty tuote palautetaan vähintään alkuperäiseen suorituskykyynsä kuluttajan näkökulmasta, ja jossa tuotteelle on annettu taas takuu, joka on vähintään yhtä hyvä kuin juuri valmistetussa vastaavassa tuotteessa. Tällä hetkellä uudelleenvalmistaminen on kannattavaa yleensä suurille ja monimutkaisille, mekaanisille ja sähkömekaanisille tuotteille, joiden tuote- ja prosessiteknologia on pysynyt hyvin vakaana, sekä materiaaleille ja komponenteille, jotka ovat kalliita valmistaa, tai voivat tulla kalliimmaksi tulevaisuudessa. Näiden tuotteiden komponenttien uudelleenkäyttämistä saatava arvo, suhteessa purkamisesta aiheutuviin kustannuksiin tekee manuaalisesta purkamisesta kannattavaa, mikä mahdollistaa näiden tuotteiden kannattavan uudelleenvalmistamisen. (Goodship ym. 2012, 147-148.)

Muita uusiokäytön muotoja ovat siis kunnostaminen ja korjaaminen. Kunnostaminen on prosessi, jossa palautetaan käytetty tuote tyydyttävään toimintakuntoon, mikä saattaa tarkoittaa alkuperäisen tasoa heikompaa kuntoa, tai suorituskykyä. Yleensä tuotteessa kunnostamisen jälkeen oleva takuu on heikompi, kuin uuden vastaavan tuotteen. Takuu kattaa kuitenkin kaikki tärkeimmät kuluvat osat. (Goodship ym. 2012, 147-148.)

Korjaamisella tarkoitetaan yksinkertaisesti joidenkin tiettyjen tuotteissa olevien vikojen korjaamista. Yleensä korjatun tuotteen laatu on hieman heikompi, kuin uudelleenvalmistetun, tai kunnostetun vastaavan. Jos korjatussa tuotteessa on takuu, on se heikompi kuin juuri valmistetussa vastaavassa tuotteessa. Takuu ei myöskään välttämättä kata koko tuotetta, vaan ainoastaan sitä komponenttia, mikä korjattiin. (Goodship ym. 2012, 147-148.)



KUVIO 2. Tuotteiden uudelleenkäyttöprosessien hierarkia. (Goodship ym. 2012, 149.)

## **Muut vaihtoehdot**

Vaikka kierrätystä pidetään uusiokäytön jälkeen yleisesti ehkä parhaimpana tapana jätteenkäsittelyssä, ei myöskään muita tapoja kannata unohtaa. Esimerkiksi oikeaoppinen polttohävittäminen, teollisuusmaissa, voi olla ihan hyvä tapa verrattuna kehitysmaihin rahtaamiseen. Polttamisessa syntyy silti myrkyllisiä kaasuja, jotka muodostavat aina riskin. Toisaalta polttamisesta saadaan energiaa. Muita tapoja ovat ainakin loppusijoitus kaatopaikalle, sekä kemiallinen hajottaminen. (Murugesan ym. 2012, 36.)

Tärkeimmät vaihtoehdot elektroniikkajätteestä eroon pääsemiseksi, mikäli mitään muuta käsittelymahdollisuutta ei ole, ovat kaatopaikoille jätö ja polttaminen. Kuitenkin, vaaralliset aineet ja yhdistelmät elektroniikkajätteissä saattavat päästä pahemmin luontoon kaatopaikkojen ja polttamisen seurauksena. Näin ollen tärkein lähestymistapa elektroniikkajätteen käsittelyyn on ensin vähentää näiden vaarallisten kemikaalien ja elementtien pitoisuutta puhdistamisen ja purkamisen avulla, kierrättää ja uudelleenkäyttää arvoesineitä ja metalleja, ja lopulta hävittää loput elektroniikkajätteen osat joko polttamalla, tai kaatopaikalle viemällä, tai yhdistelmällä molempia. (UNEP 2007b, 46.)

## **2.2 Komponentti- ja ainesisältö**

Elektroniikkajätteen sisältämät komponentit vaihtelevat suuresti ja voivat sisältää yli tuhatta eri ainetta, jotka voidaan jakaa ”vaarallisiin” tai ”vaarattomiin” kategorioihin. Laajasti ottaen se koostuu rauta- ja ei-rauta –pohjaisista metalleista, muoveista, lasista, puusta ja vanerista, piirilevyistä, betonista ja keraameista, kumeista sekä muista aineista. Rauta ja teräs muodostaa noin puolet kaikesta jätteestä, muovit 21%, ja ei-rautapohjaiset metallit 13%. Ei-rautapohjaisiin metalleihin kuuluvat esimerkiksi kupari, alumiini ja arvokkaat metallit (kuten hopea, kulta, platina ja palladium). Potentiaalisesti vaarallisiin aineisiin kuuluvat esimerkiksi lyijy, elohopea, arseeni, kadmium, seleeni, kuusiarvoinen kromi ja palonestoaineet. Vaaralliseksi jätteet lasketaan silloin, kun näiden aineiden osuudet ylittävät maakohtaisten, tai muiden säädösten raja-arvot. (UNEP 2007a, 30.)

Koska kierrätyspotentiaali elektroniikkajätteessä riippuu kokonaan laitteesta, on niiden sisältämät osat ja materiaalit jaoteltu karkeasti kuuteen ryhmään:

- Rauta ja teräs, käytetään koteloissa ja kehyksissä
- Ei-rautapohjaiset metallit, erityisesti kupari (kaapelit), alumiini ja kulta
- Lasi
- Muovi
- Elektroniset komponentit
- Muut (Kumi, puu, keramiikka jne.) (UNEP 2007a, 30.)

Kierrätyksessä saadaan etenkin piirilevyistä paljon hyviä metalleja, joita voidaan käyttää osana uusia laitteita, säästäten ympäristöä verrattuna näiden aineiden alkuperäiseen hankintaan. Näitä ovat ainakin kulta (Au), hopea (Ag), kupari (Cu), ja erilaiset muovit. (Murugesan ym. 2012, 35.)

Kuviossa 3 on esitetty arvio tavallisen PC-tietokoneen sisältämien muovien ja aineiden määrästä, sekä niiden kierrätyspotentiaali. Taulukosta nähdään, että PC:stä saadaan kierrätettyä lähinnä alumiinia, rautaa ja kuparia, joiden kierrätystehokkuus on hyvä. Myös tinaa ja sinkkiä saadaan irrotettua aika paljon. Muovia saadaan myös paljon, vaikka sen kierrätystehokkuus onkin heikompi. Lyijyä on tietokoneessa paljon, mutta siitä saadaan vain hyvin pieni osa kierrätettyä. Kvartsia eli piidioksidia (tai puhekielessä pelkkää piitä) on tietokoneessa painoltaan kaikkein eniten, sillä sitä käytetään kaikissa puolijohteissa. Siitä ei kuitenkaan saada yhtään kierrätettyä.



Elementti	%-osuus kokonaispainosta	Määrä (kg)	Kierrätystehokkuus (%)	Kierrätettävän osuuden paino (kg)
Muovit	23	6.25	20%	1.25069408
Lyijy	6	1.71	5%	0.08566368
Alumiini	14	3.85	80%	3.08389248
Germanium	0.0016	0.00	0%	0
Gallium	0.0013	0.00	0%	0
Rauta	20	5.57	80%	4.45453312
Tina	1	0.27	70%	0.19188512
Kupari	7	1.88	90%	1.69614576
Barium	0.0315	0.01	0%	0
Nikkeli	0.8503	0.23	0%	0
Sinkki	2	0.60	60%	0.35979072
Tantaali	0.0157	0.00	0%	0
Indium	0.0016	0.00	60%	0.00026112
Vanadiini	0.0002	0.00	0%	0
Terbium	0	0.00	0%	0
Beryllium	0.0157	0.00	0%	0
Kulta	0.0016	0.00	99%	0.000430848
Europium	0.0002	0.00	0%	0
Tritium	0.0157	0.00	0%	0
Rutenium	0.0016	0.00	80%	0.00034816
Koboltti	0.0157	0.00	85%	0.00362984
Palladium	0.0003	0.00	95%	0.00007752
Mangaani	0.0315	0.01	0%	0
Hopea	0.0189	0.01	98%	0.005037984
Antimoni	0.0094	0.00	0%	0
Vismutti	0.0063	0.00	0%	0
Kromi	0.0063	0.00	0%	0
Kadmium	0.0094	0.00	0%	0
Seleen	0.0016	0.00	70%	0.00030464
Niobi	0.0002	0.00	0%	0
Yttrium	0.0002	0.00	0%	0
Rodium	0	0.00	50%	0
Elohopea	0.0022	0.00	0%	0
Arseeni	0.0013	0.00	0%	0
Kvartsi	24.8803	6.77	0%	0

KUVIO 3. PC:n sisältämien kierrätettävien aineiden osuudet (arvio). (UNEP 2007a, 32-33.)

Ympäristölle haitallisia ja sille vaikutuksia aiheuttavia materiaaleja ovat ainakin lyijy (Pb), kadmium (Cd), elohopea (Hg), kuusiarvoinen kromi (Cr6+), polybromibifenyyl (PBB), polybromattu difenyyleetteri (PBDE), arseeni (As), sekä polyvinyylikloridi (PVC) (Taulukko 1). Näistä lyijyä, kadmiumia ja elohopeaa on yleensä elektroniikkalaitteissa ja muita käytetään enemmän laitteiden valmistukseen. Toki laitteissa on myös näitä, ja monia muita haitallisia aineita pienempinä määrinä. On tärkeää vähentää näiden aineiden osuutta, jos ei poistaa kokonaan sekä valmistusprosessista että tuotteesta. RoHS-direktiivin tavoitteena onkin rajoittaa näiden aineiden käyttöä. (Murugesan ym. 2012, 26.)

TAULUKKO 1. Haitallisia aineita elektroniikkalaitteissa. (Murugesan ym. 2012, 27.)

<b>Kemikaali</b>	<b>Käytetään</b>	<b>Vaikutukset ihmisiin</b>
<b>Lyijy</b>	<b>Virtapiirit, emolevyt ja lasinäytöt</b>	<b>Keskushermosto, verenkierto ja munuaiset</b>
<b>Kadmium</b>	<b>Alhaisen lämpötilan juottamisessa, päällysteenä korroosiota vastaan, muovien väriaineissa, releiden kontaktipinnoissa</b>	<b>Vaikuttaa maksaan ja munuaisiin</b>
<b>Elohopea</b>	<b>Näytöt ja patterit</b>	<b>Immuunijärjestelmä, geneettinen järjestelmä, entsyymijärjestelmä, vaurioittaa hermostoa</b>
<b>PBDE:t ja PBB:t</b>	<b>Palonestoaineet</b>	<b>Erittäin myrkyllinen</b>
<b>Arseeni</b>	<b>Puolijohteiden valmistus</b>	<b>Lyhentää solujen elinikää</b>
<b>Polyvinyylikloridi</b>	<b>Tietokoneenosien valmistus</b>	<b>Karsinogeeni, ja vaikuttaa myös lisääntymiskykyyn</b>

### **Palonestoaineet**

Palonestoaineita (FR) käytetään ihmisten ja rakennusten suojelemiseksi vahinkotulipaloilta. Ne vähentävät palavien materiaalien, kuten muovien ja synteettisten polymeerien syttymisalttiutta. Niitä on käytetty polymeereissä 1960-luvulta lähtien. Palonormit sanelevat estoaineiden käyttöä tuotteissa ja materiaaleissa, kuten eristeissä, sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, pehmustetuissa huonekaluissa ja matoissa. Palonestoaineita lisätään sähkö- ja elektroniikkatuotteisiin myös siksi, että ne täyttäisivät kansainväliset standardit. Kaikkein eniten käytettyjä orgaanisia palonestoaineita ovat polybromatut palonestoaineet (BFR), sekä organofosforiset yhdisteet. Perinteisesti elektroniikkateollisuus on suosinut bromattuja palonestoaineita (BFR), kuten esimerkiksi Tetrabromibisfenoli A:ta (TBBPA). Kuitenkin, myös monia halogeenittomia palonestoaineita on nykyään kaupallisesti saatavilla. Palonestoaineet vähentävät tulipalon riskiä, mutta toisaalta aiheuttavat mahdollisia riskejä ihmisille ja ympäristölle myrkyllisyytensä vuoksi. (Goodship ym. 2012, 294, 296.)

## 2.3 Materiaalin erottelu ja uudelleenkäyttö

Kun elektroniikkajätetuotteet on kerätty paikallisilta, keskitetyiltä keräyspisteiltä, tai jälleenmyyjiltä, tai muista teollisuuden lähteistä, ne läpikäyvät lajittelun, koon pienentämisen, tarkemman erottelun ja valmistelun uudelleenkäytettäväksi materiaaliksi. Alustava lajittelu tarkoittaa yleensä karkeaa erottelua eri materiaalityyppeihin. Tuotteen granulointi pienentää materiaalin hallittavaan kokoon ennen sitä seuraavaa tarkempaa erottelua. Tämä toinen erotusvaihe on hienostuneempi prosessi, jossa polymeerit erotellaan omiin lahkoihinsa käyttämällä hyväksi tietoa jätteen tiheydestä, hankaussähköisistä ominaisuuksista, spektristä ja visuaalisista ominaisuuksista. Kun materiaalit on lajiteltu niiden omiin geneerisiin tyyppihinsä, niiden tiheys kasvaa, etenkin jos jäte on kalvomaisessa, tai alhaisen tiheyden irtotuotteen muodossa. Tämä on välttämätöntä, jotta saadaan aikaan käyttökelpoinen pelletti, tai vaihtoehtoisesti materiaali voidaan suulakepuristaa yhdisteeksi, mikä on kaikkein yleisin tekniikka useiden eri tyyppien yhdistämiseksi. Koko kierrätysprosessi tuottaa lopputuotteen, joka tunnetaan uusiomateriaalina, ja jota voidaan käyttää uuden tuotteen luomiseksi. (Goodship ym. 2012, 216-217.)

Kun jätemateriaali on kerätty, sen kokoa pienennetty, puhdistettu ja lajiteltu, voidaan sitä sen jälkeen käyttää arvokkaana resurssina. Usein se muotoillaan uudelleen ennen myymistään, jotta sille saadaan aikaan yhtenäinen ja esteettisesti miellyttävä ulkomuoto. Uudelleenmuotoilu on usein tarpeeton ja voi lisätä materiaalin vähittäismyyntihintaa, mutta se voi olla myös mahdollisuus sekoittaa materiaaliin yhdisteitä tai lisäaineita, jotka voivat parantaa materiaalin suorituskykyä. Jos jäte on kalvomaisessa muodossa, on sen irtotiheys alhainen ja se tarvitsee tiivistämistä ennen käyttöä. Korkeamman tiheyden materiaalia voidaan sitten käyttää suulakepuristus-prosessissa, tai valmistaa pelleteiksi, joita voidaan käyttää ruiskupuristuksessa ja muissa valmistusprosesseissa. (Goodship ym. 2012, 228-229.)

### **Materiaalin kuivaerottelutapoja**

*Magneettierotus:* Perustuu eroteltaviin kappaleisiin kohdistuviin magneettisiin voimiin, jotka ovat vahvempia kuin muut voimat, kuten painovoima tai keskipakovoima. Tätä periaatetta on käytetty ferromagneettisten kappaleiden erottelussa muun murskatun romuseoksen seasta.

*Pyörrevirtaerotus:* On erityinen magneettisen erottelun muoto. Muuttuva magneettikenttä saa aikaan sähköisiä pyörrevirtoja metallihiukkasissa. Tämä johtaa magneettikenttään, jonka suunta

on vastainen ensisijaiseen magneetikenttään verrattuna. Magneetikenttien väliset eroavat vuorovaikutukset saavat aikaan karkottavan voiman metallihiukkasissa, tarkemmin sanottuna eteenpäin työntävän työntövoiman, sekä vääntömomentin. Erottelun voima, ja siten tehokkuus riippuu magneettivuon suuruudesta, ja epäsuorasti myös metallihiukkasten sähkönjohtavuudesta, tiheydestä, koosta ja muodosta.

*Ilmaerotus / tuuliseulonta:* Ilman kulkuun perustuva lajittelutekniikka, missä kevyt aines erottuu painavammasta. Kaikkein tärkein käyttötarkoitus sillä on murskauslaitoksissa, missä sen avulla voidaan erottaa silputtu kevytjäte, tai jääkaappien kierrätyksessä, missä sen avulla voidaan poistaa romusilpusta esimerkiksi polyuretaani- (PUR) vaahto.

*Erotus koon mukaan:* Romuaines voidaan jakaa sen hiukkasten koon mukaan eri osiin, mikä voi tehostaa myöhempiä lajitteluprosesseja, ja sen avulla voidaan käyttää erilaisia käsittelytapoja erikokoisille hiukkasille. Perustuu materiaalin rikkoutumiseen, ja siten erikokoisiin osiin jakautumiseen.

*Leijukerroserotus:* Leijukerrosta, joka koostuu kuivasta hiekasta, käytetään materiaalien erottamiseen niiden tiheyden mukaan. Tämä tekniikka on periaatteessa kuivassa toimiva uppoamis-kellumis-erotus, missä on yhä edelleen useita ongelmia (putkimaiset, tai ontot osat täyttyvät hiekalla ja usein uppoavat, epävakaiden virtausten syntyminen käytetyn suurinopeuksisen ilman takia jne.). Leijukerros voitaisiin myös lämmitellä orgaanisen aineksen samanaikaisen pinnoitteen poiston ja polttamisen vuoksi.

*Kuvankäsittely (mukaan lukien värlajittelu):* Värlajittelun tekniikoita, mitkä aistivat jokaisen hiukkasen värin, ja käyttävät tietokoneohjausta samanväristen hiukkasten poistamiseksi jätevirrasta mekaanisesti (punainen on kuparia, keltainen messinkiä jne.). Tilannetta hankaloittaa se, että murskaamisen jäljiltä hiukkaset ovat sekoitus erilaisia kappaleita, jotka eroavat toisistaan koostumuksen, koon, muodon, tekstuurin, inserttien, päällyksen jne. suhteen. Näiden ominaisuuksien vaihtelut vaikeuttavat pelkästään tähän periaatteeseen perustuvaa tunnistamista.

*Röntgenlajittelu:* Tuplaenergia-röntgenlähetyskuvantaminen (tunnetaan hyvin matkatavaroiden turvatarkastuksista lentoasemilla), jolla pystytään tunnistamaan hiukkasia keskimääräisen järjestysluvun, hiukkasten muodon, sisäisen rakenteen (esimerkiksi niiden ominaisen

paksuusvaihtelun), ja tyypillisen sisäkemateriaalin erojen mukaan. Tekniikka on melko herkkä hiukkasten paksuuden ja pinnan epäpuhtauksien eroille.

*LIBS (laserindusoitu hajottamisspektroskopia) -lajittelu:* Sarja kohdistettuja ablaatio-laserpulsseja kohdistetaan samaan kohtaan jokaista hiukkasta. Ablatio-laserpulssi höyrystää ainoastaan muutamia nanometrejä hiukkasen pinnasta, sillä ensimmäisten pulssien tarkoituksena on puhdistaa hiukkasen pinta oksidikerroksista (joiden koostumus on erilainen kuin itse metallin). Viimeinen pulssi höyrystää hyvin pienen määrän metallia, mistä seuraa erittäin luminoivaa plasmatyötä. Plasmasta saatava valo kerätään ja analysoidaan, jotta voidaan kvantitatiivisesti selvittää hiukkasen kemiallinen koostumus. Tämän määrittämisen jälkeen hiukkanen voidaan ohjata omaan säiliöönsä (esimerkiksi ilmapulssin avulla).

Muihin kuivaerotuksen prosesseihin kuuluvat mm. ballistinen lajittelu, lankalajittelu ja sähköstaattinen lajittelu. (Goodship ym. 2012, 186-187.)

### **Materiaalin märkäerottelutapoja**

*Uppoamis-kellumislajittelu:* Tämä lajittelutekniikka perustuu materiaalien tiheyden eroihin. Raskaat aineet, jotka koostuvat suspensiosta, esimerkiksi hieno hematitiitti, tai piirauta erottuu vedessä siten, että korkein tiheyden hiukkaset uppoavat ja kevyempi aines jää kellumaan. Liete otetaan talteen (piirauta on ferromagneettista), mutta kaikkea ei kuitenkaan saada talteen, mikä nostaa hieman lajitellun romuaineksen rautapitoisuutta.

*Raskaan aineen pyörrepuhdistus:* Keskipakoisvoimia käytetään tiheydeltään vaihtelevien materiaalien erottelussa.

Muihin märkäerottelun prosesseihin kuuluvat mm. jigittäminen. (Goodship ym. 2012, 186-187.)

## **2.4 Eri komponenttien ja osien kierrätys**

### **Muovien kierrätyksestä**

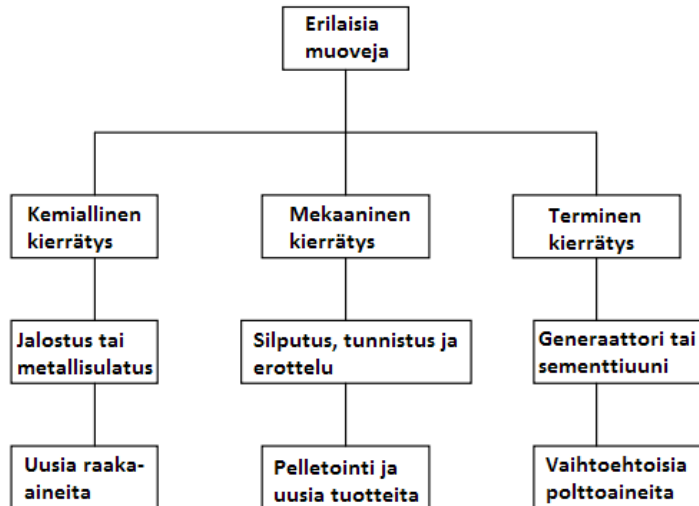
Suurin osa sähkö- ja elektroniikkalaitteita sisältää erityyppisiä, ja eri määriä muoveja. On ollut selvää jo jonkin aikaa, että eri muovien käyttö elektroniikkatuotteissa pitäisi saada minimoitua, jotta

voitaisiin helpottaa ja tehostaa kierrätystä. Tilannetta hankaloittaa lisäksi se, että eri muovien välillä on yhteensopivuusongelmia, ei ainoastaan eri polymeeriluokkien välillä, vaan myös kaikkien näihin luokkiin kuuluvien erilaisten tuotteiden välillä. Esimerkkejä yleisistä elektroniikkalaitteissa käytetyistä muovityypeistä:

- Akryylinitriilibutadieenistyreeni (ABS)
- Polykarbonaatti (PC)
- PC / ABS seokset
- Iskunkestävä polystyreeni (HIPS)
- Polyfenyleenioksidiseokset (PPO)
- Polyeteeni ja polypropeeni (PE ja PP) (Goodship ym. 2012, 124-125.)

Kuviossa 4 nähdään, että on ainakin kolme eri tapaa kierrättää muovia: kemiallinen kierrätys, mekaaninen kierrätys sekä terminen kierrätys. Kemiallisessa kierrätyksessä jätemuovia käytetään petrokemiallisten prosessien raaka-aineena, tai pelkistimenä metallin sulatuksessa. Mekaanisessa kierrätysprosessissa silputusta ja tunnistusprosessia käytetään uusien muovituotteiden valmistuksessa. Termisessä kierrätysprosessissa muoveja käytetään vaihtoehtoisena polttoaineena. (UNEP 2007b, 65.)

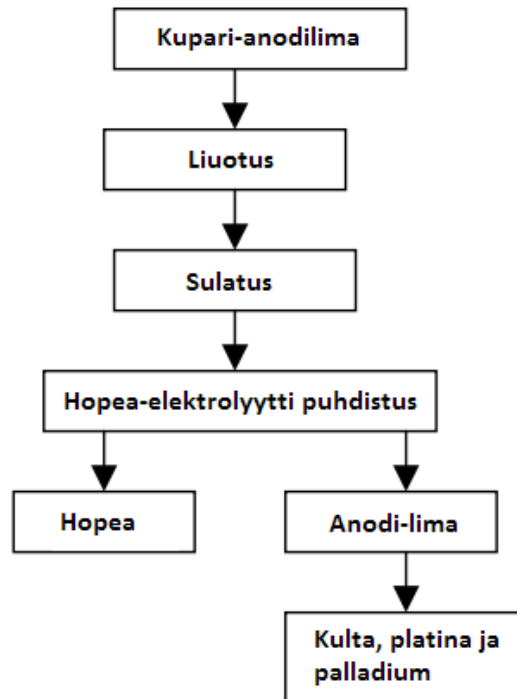
Kaksi tunnetuinta elektroniikkatuotteissa käytettyä muovihartsia ovat kertamuovit sekä kestormuovit. Kertamuoveja silputaan ja kierrätetään, koska niitä ei voida sulattaa uudelleen ja muotoilla uusiksi tuotteiksi, kun taas kestormuoveja voidaan sulattaa uudelleen ja muotoilla uusiksi tuotteiksi. (UNEP 2007b, 65.)



KUVIO 4. Tapoja kierrättää muovit elektroniikkalaiteromusta. (UNEP 2007b, 66.)

### Arvokkaiden metallien kierrätys

1. Anodiliejua liuotetaan paineella.
2. Liuotettu jäännös kuivataan, ja juoksuksen lisäämisen jälkeen sulatetaan arvokkaiden metallien uunissa. Sulatuksen aikana saadaan talteen seleeni.
3. Sulatuksesta jäänyt materiaali on valautunut anodiin, ja käy läpi elektrolyysin muodostaakseen korkeapuhtauksisen hopeakatodin ja anodi-kultalimaa.
4. Anodi-kultalimaa liuotetaan edelleen, ja korkeapuhtauksista kulta, palladium ja platinaliejua otetaan talteen. (Kuvio 5), (UNEP 2007b, 71.)



KUVIO 5. Arvokkaiden metallien kierrätysprosessi. (UNEP 2007b, 72.)

### CRT-monitoreiden kierrätys

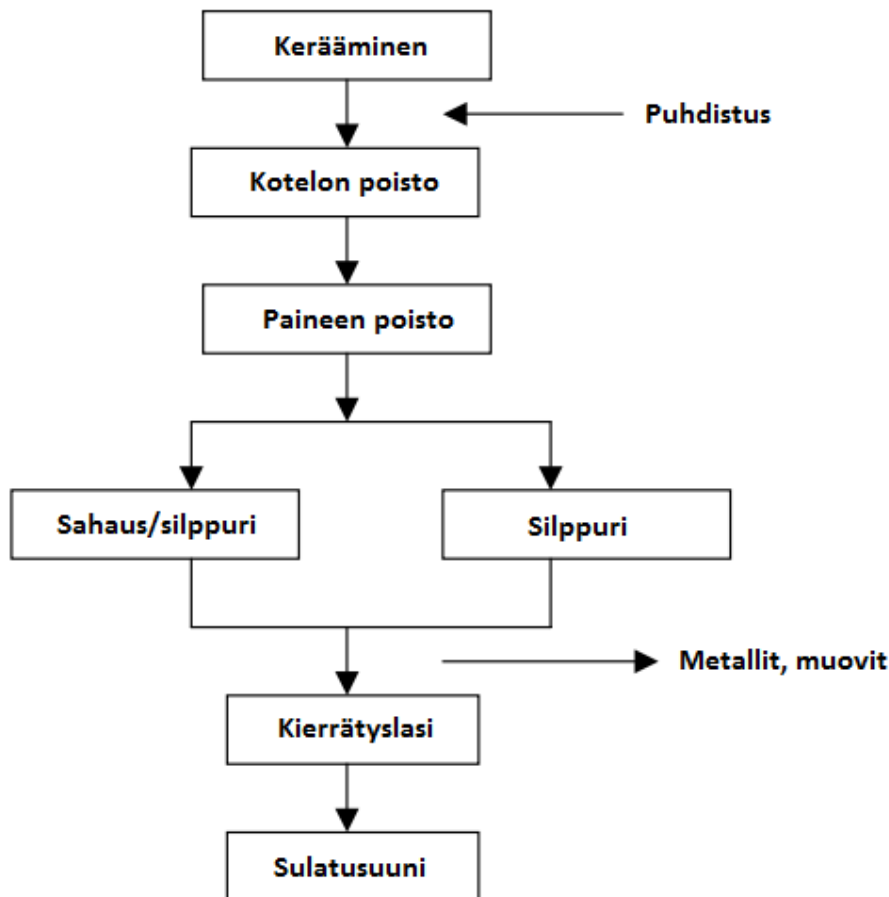
Vanhat CRT-monitorit ovat yksi vaikeimmista kierrätettävistä laitteista, ja siksi ne täytyy käsitellä ihan erikseen (Kuvio 6), (UNEP 2007b, 57-58.):

1. Purkaminen: CRT-näyttö poistetaan muovisesta tai puisesta kotelostaan käsin.
2. Paineen poisto ja halkaisu: Kuvaputki halkaistaan, jolloin suppilonmallinen osa voidaan nostaa pois näyttöosiosta. Sisäinen metallimaski voidaan nostaa, jotta päästään käsiksi sisäiseen loisteaine-kerrokseen. Seuraavassa lisää erityyppisistä halkaisutekniikoista.
  - Leikkaus kuumalla nikkeli-kromi langalla: Nikkeli-kromi lanka tai nauha kääritään CRT:n ympärille, ja kuumennetaan elektronisesti vähintään 30 sekunnin ajan, jotta lasin ympärille muodostuu lämpöero langan kohdalle. Sen jälkeen aluetta viilennetään (esim. märällä sienellä), josta seuraa lämpörasitus ja halkeaminen. Kun tätä painetaan kevyesti, kuvaruutu irtaoo suppilo-osiostaan.



- Lämpöshokki: Ensin CRT-kuvaputkea kuumennetaan paikallisesti, jonka jälkeen se joutuu kylmään ilmaan. Tämä aiheuttaa stressiä lasiviivassa, jossa lyijytetty suppilolasi yhdistyy lyijyttömään paneelilasiin ja kuvaputki halkeaa.
  - Laserleikkaus: Laser-säde kohdistetaan putken sisään, mikä lämmittää lasin. Sitä seuraa välittömästi kylmä vesisuihku, mikä viilentää lasin pinnan ja saa sen halkeamaan leikkauslinjan mukaisesti.
  - Timanttivaijeri-menetelmä: Tässä menetelmässä erittäin ohuella langalla, joka on päällystetty teollisuustimanteilla, leikataan lasiputki halki, kun CRT-näyttö kulkee leikkaustason läpi.
  - Erotus timanttisahalla: Timanttisahalla erottamisessa käytetään joko kuivaa, tai märkää menetelmää. Märässä sahauksessa pyöritetään CRT:tä kammiossa, samalla kun yksi tai useampi sahanterä sahaa sen poikki sen koko ympärysmitalta. Samaan aikaan sahanterien pintaa viilenetään jäähdytysnesteellä, jotta lämpötila pysyy hallittuna, eikä tapahdu vääntymistä.
  - Erotus painesuihkulla: Tässä tekniikassa käytetään korkeapaineista hiovaa vesisuihkua, joka ohjataan leikattavaan pintaan. Vesi kohdistetaan yksi- tai kaksisuuttimisen konfiguraation läpi tietyltä etäisyydeltä.
3. Puhdistus: Sisäinen fosfori-päällyste poistetaan hankaavalla teräsharjalla ja vahvalla imurilla, jotta saadaan sisus puhtaaksi ja fosforit talteen. Poistoilma taas puhdistetaan ilmafiltterin avulla, jotta fosforipöly saadaan talteen.
4. Silputus

Kierrätyksessä saadaan metalleja, muoveja ja lasimursketta. Lasimursketta voidaan käyttää raakainemateriaalina uusien tuotteiden valmistuksessa. Kierrätettyä CRT-lasia voidaan käyttää myös lyijysulatoissa, missä ne toimivat juoksuttimena sulatusprosessissa. (UNEP 2007b, 57-58.)



KUVIO 6. Prosessikaavio CRT-monitoreiden kierrätyksestä. (UNEP 2007b, 57.)

### LCD-näyttöjen kierrätyksestä

EU:n WEEE-direktiivi luokittelee LCD-näytöt vaaralliseksi jätteeksi, ja niiden käsittelemiseksi tarvitsee soveltaa komponenttien valikoivaa poistoa ja hoitoa Annex II-liitteen mukaisesti. Näihin komponentteihin kuuluvat:

- Kaikki LCD-paneelit, joiden pinta-ala on yli 100 cm<sup>2</sup>
- Elohopeaa sisältävät taustavalot
- Elektroniset piirilevyt
- Rajoitettuja bromattuja palonestoaineita sisältävät komponentit (Goodship ym. 2012, 326, 328.)

Kaksi ensin mainittua komponenttia sisältävät elektroniikkajätteen kierrätysteollisuuden keskeiset haasteet räätälöityjen hoitotekniikoiden kehittämisessä LCD-näytöille. Seuraavat taas, vaikka

ovatkin tärkeitä ympäristön kannalta LCD-kierrätyksessä, ovat tuttuja muidenkin jäteluokkien yhteydestä, esimerkiksi CRT-näyttöjen kierrätyksestä. (Goodship ym. 2012, 328.)

Aiheesta on luotu ainakin kaksi tärkeää raporttia, jotka ovat tulleet itsenäisesti siihen tulokseen, että LCD-taustavaloissa oleva elohopea on suurin huoli ja ongelma LCD-laitteiden kierrätyksessä. Lisäksi voidaan todeta, että ilman dataa LCD-laitteiden purkamisen ja sitä seuraavan palauttamisen aikana niiden taustavaloista irronneen elohopean suhteen, kierrätysteollisuus on ymmärrettävästi haluton investoimaan automaattisiin kierrätystekniikoihin. (Goodship ym. 2012, 328.)

Aiempi tutkimus koskien LCD-näyttöjen kierrätystä on keskittynyt lähinnä näyttöpaneeliin ja arvokkaiden materiaalien kierrätykseen (kuten nestekiteisiin, muoveihin, ja arvokkaisiin metalleihin). Monet näistä tutkimushankkeista ovat todistaneet, että materiaalien kierrätys on mahdollista. Kuitenkaan, tätä ei ole saatu siirrettyä kaupalliseen purkamis-kierrätys-skenaarioon. Tyypilliset LCD-näytöistä kierrätetyt materiaalit, joilla on kaupallista arvoa ovat:

- Sinkitetty teräs
- Alumiini
- PMMA-valonhajotin
- Optiset paranninkalvot
- Kierrätyskelpoiset muovit: ABS, HIPS ja polykarbonaatti
- Piirilevyt
- Kuparikaapelit
- Indium (Goodship ym. 2012, 330-331.)

LCD-näytöt sisältävät useita arvokkaita materiaaleja, kuten itse nestemäiset kiteet, sekä indiumia, tinaa, kultaa ja muita metalleja, sekä lisäarvoa tuottavia muita materiaaleja ja komponentteja. Tämä on herättänyt huomattavaa kiinnostusta kierrättäjiltä, jotka ovat kiinnostuneita saamaan talteen maksimaalisen arvon näyttöjä kierrättämällä. (Goodship ym. 2012, 130.)

Kuitenkin, LCD-näytöt sisältävät myös vaarallisia aineita. Yksi yleinen tällainen materiaali on raskasmetalli elohopea. Toisin kuin CRT:t, LCD-näytöt tarvitsevat taustavalon lähteen kuvan

valaisemiseksi, ja tämä on yleensä toteutettu miniatyyri-loisteputkilla, jotka on sijoitettu näytön taakse, tai reunoille, jotta saadaan aikaan tasainen valkoinen valaistus, joka välitetään nestekiteiden kautta katsojalle. Nämä niin sanotut kylmäkatodiloisteputket (CCFL:t) sisältävät yleensä pieniä määriä elohopeaa, joka on erittäin myrkyllistä. Elohopea aiheuttaa merkittäviä ongelmia kierrättäjille, koska nämä putket ovat hyvin herkkiä ja rikkoutuvat helposti, mikä voi aiheuttaa elohopealle altistumisen kierrätysyksiköissä, sekä sen leviämisen. (Goodship ym. 2012, 130.)

### **Piirilevyjen kierrätyksestä**

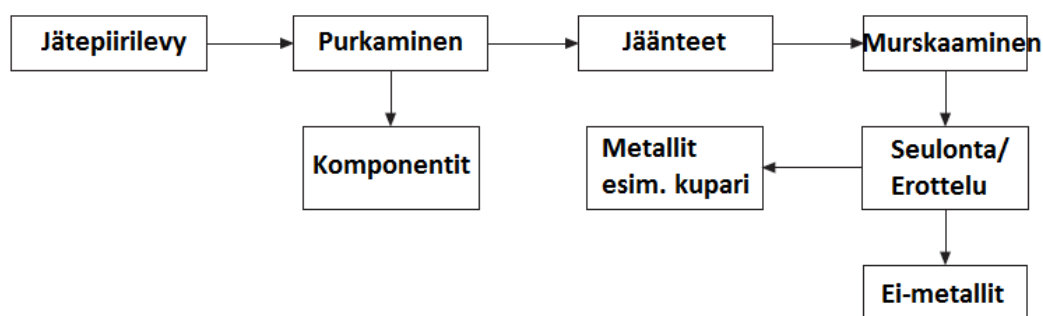
Piirilevyjä (PCB) käytetään elektronisten komponenttien mekaaniseen tukemiseen ja sähköiseen kytkentään. Nämä elektroniset komponentit ovat yhteyksissä toisiinsa sähköjohtavien polkujen, raitojen tai signaalijälkien avulla, jotka ovat kaiverrettua kupariliuskaa, joka taas on laminoitu ei-sähköjohtavaan materiaaliin. Piirilevyjä on melkein kaikissa elektroniikkalaitteissa ja tietokoneissa, sekä myös viestintä-, valvonta- ja viihdelaitteissa. Koska piirilevyt ovat olennainen osa melkein kaikkia sähkö- ja elektroniikkalaitteita, ovat ne mullistaneet elektroniikkateollisuuden. Piirin kuvio on luotu sekä lisäävillä, että vähentävillä metodeilla. Sähköä johtavat osat ovat yleensä kuparia, mutta myös alumiinia, nikkeliä, kromia ja muitakin metalleja on joskus käytetty. Piirilevy toimii alustana mikroelektronikan komponenteille, eli siihen kiinnitetään esimerkiksi puolijohdesiruja ja kondensaattoreita. (Goodship ym. 2012, 287.)

Piirilevyt elektroniikkajätteenä muodostavat noin 3% kaikesta jätteen painosta, koska ovat ohuita. Piirilevyjen kierrätystä tutkittaessa on huomattu, että niihin sisältyy hyvin erilaisia materiaaleja. Tämä taas johtaa merkittävien ympäristövaikutusten riskiin, joka on seurausta sekä materiaalivoimavarojen käytöstä, että hävittämisestä johtuvista vaikutuksista. On myös huomattavaa, että merkittävä osa kirjatuihin materiaaleista on metalleja, jotka ovat kierrätyksen arvoisia. Jätepiirilevyihin liittyvä helposti saatavilla oleva potentiaalinen arvo, ja toisaalta potentiaalinen riski ympäristölle ja ihmisten terveydelle on saanut päätymään siihen johtopäätökseen, että piirilevyt tulisi käsitellä ympäristöystävällisellä tavalla. Piirilevyjen kierrätys on kuitenkin valtava haaste materiaalien, komponenttien ja valmistusprosessien monimuotoisuudesta ja monimutkaisuudesta johtuen. (Goodship ym. 2012, 298.)

## 1. Piirilevyjen mekaaninen kierrätysprosessi

Piirilevyjen mekaanisen kierrätyksen voi karkeasti jakaa kahteen osaan. Ensimmäinen on erilaisten komponenttien ja materiaalien purkaminen ja / tai erottelu, yleensä käyttäen mekaanisia tai metallurgisia menetelmiä, jotta saadaan lisättyä halutun materiaalin määrää. Murskaaminen, sähköstaattinen erottelu, ylikriittinen uutto ja pyrolyysi ovat käytetyimmät näihin kuuluvat tekniikat. Toiseen vaiheeseen kuuluu tarkempi erottelu tai seulonta ja metallivirtojen käsittely, tämä on luultavasti kaikkien tärkein askel talouden ja ympäristön näkökulmasta. Käsiteltävien piirilevyjen sisältämien metallien palauttamiseksi on monia keinoja. Nämä tekniikat eroavat hyvin paljon esimerkiksi taloudellisen toteutettavuuden, materiaalipalautuksen tehokkuuden ja ympäristövaikutusten suhteen. Piirilevyjen mekaaninen kierrätysprosessi on esitetty Kuviossa 7. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Kaikkein houkuttelevin tutkimuskohde purkamisen prosesseihin liittyen on robottien käyttö. Valitettavasti kuitenkin täysin automatisoitu jätepiirilevyjen purkusovellus on erittäin hankala toteuttaa. Käytännössä piirilevyjen purkamisessa valikoiva purkaminen on välttämätön prosessi, sillä: 1) komponenttien uusiokäyttö on prioriteetti numero yksi, 2) vaarallisten komponenttien purkaminen on välttämätöntä ja 3) on myös yleistä purkaa arvokkaita komponentteja ja kallisarvoisia materiaaleja, kuten pattereita, jotta voitaisiin yksinkertaistaa myöhempää materiaalien palauttamista. (Goodship ym. 2012, 299-300.)



KUVIO 7. Piirilevyjen mekaaninen kierrätysprosessi. (Goodship ym. 2012, 299.)

## 2. Piirilevyjen manuaalinen purkaminen

Useimmat kierrätyskeskukset tekevät purkamisen manuaalisesti. Tyypillinen kierrätysprosessi löytyy Ruotsista, Ragn-Sells Elektronikåtervinning AB:n tiloista. Purkamisprosessissa käytetään

monia eri työkaluja vaarallisten komponenttien poistamiseksi, sekä uudelleenkäyttökelpoisten, tai arvokkaiden komponenttien ja materiaalien palauttamiseksi. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Murskaamisen tarkoituksena on riisua metallit piirilevyn pohjalevystä. Murskaustekniikan valintaan vaikuttavat sekä murskauslaitteiden energiankulutus, että myös sen tehokkuus. Piirilevyihin kuuluu vahvistettua pihkaa ja metalliosia, kuten esimerkiksi johtoja ja liitoksia. Niillä on suuri kovuus ja sitkeys. Jätepiirilevyjen hienonnusvaihe ja korkeatehoinen metalliosien vapauttaminen ei-metalliosista on välttämätön toimenpide sitä seuraavan erotteluvaiheen ja piirilevyjen tehokkaamman materiaalien palauttamisen kannalta. Usein kaksivaiheinen murskaus on tarpeen, jotta seulonta onnistuu kunnolla. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Seulontaa ei ole käytetty ainoastaan tiettyjen mekaanisten prosessien tasakokoisen syötteen valmistelemiseen, vaan myös metallisisältöjen parantamiseksi. Seulonta on välttämätöntä, sillä metallihiukkasten koko ja muodon ominaisuudet eroavat muovien ja keraamien vastaavista. Pääsääntöisesti käytetty seulonnan muoto metallinpalauttamisessa käyttää pyörivää seulojaa, tai trammelia, laitetta, jota käytetään laajasti sekä autoromun, että yhdyskuntajätteen käsittelyssä. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Muodon perusteella erottelevia tekniikoita on kehitetty lähinnä ohjaamaan partikkeleiden ominaisuuksia jauheteollisuutta varten. Tämän prosessin alle kuuluvat periaatteet käyttävät hyväksi eroja seuraavien hiukkasten ominaisuuksien välillä: 1) hiukkasten nopeus kallistetussa, kiinteässä seinässä, 2) aika, joka partikkelilla kestää päästä läpi seula-aukosta, 3) partikkelin koossa pitävä voima kiinteässä seinässä ja 4) partikkelin laskunopeus nesteessä. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Magneettierottimia, erityisesti matalan intensiteetin rumpuerottimia käytetään laajalti ferromagneettisten metallien ottamiseksi talteen ei-ferromagneettisten metallien joukosta ja muista ei-magneettisista jätteistä. Viimeisen vuosikymmenen aikana on tapahtunut monia parannuksia korkean intensiteetin magneettierottimien suunnitteluun ja toimintaan, lähinnä harvinaisista maametalleista koostuvien pysyvien magneettiseosten mahdollistamien erittäin voimakkaiden kenttävoimakkuuksien ja gradienttien myötä. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

Sähkönjohtavuuteen perustuvat erottimet erottelevat materiaaleja niiden sähkönjohtavuuden (tai vastuksen) mukaan. On olemassa kolme tyypillistä sähkönjohtavuuteen perustuvaa

erottelutekniikkaa: 1) pyörrevirta-erottaminen, 2) korona-sähköstaattinen erottaminen ja 3) triboelektrinen erottaminen. Korona-sähköstaattinen erottaminen on tärkeä tekniikka, jota voidaan käyttää halkaisijaltaan 0.6-1.2 millimetriä oleviin hienojakoisiin hiukkasiin. Korona-sähköstaattisessa erottamisessa elektrodijärjestelmä, roottorin nopeus, kosteus ja partikkeleiden koko tekevät suurimmat vaikutukset erottelun tuloksiin. (Goodship ym. 2012, 299-300.)

### **Pattereiden kierrätyksestä**

Jättemateriaalien, kuten pattereiden, kierrätysprosessien tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisia ja edullisia. Nykyisiin kannettavien pattereiden kierrätysprosesseihin kuuluvat pyrometallurgia ja hydrometallurgiset tekniikat. (Goodship ym. 2012, 369.)

Useimmat keräysohjelmat vastaanottavat kaikentyyppisiä pattereita, joten patterijätteiden kemialliset koostumukset voivat olla hyvin epäsäännöllisiä. Useimmat kierrätysprosessit on suunniteltu vain muutamien tiettyjen patterityyppien kierrätykseen. Näin ollen on aluksi välttämätöntä lajitella patterit, jotta saadaan eroteltua ne, joita ei voida käsitellä tiettyjen prosessien kautta. Esimerkiksi, yleisesti ottaen prosessi, joka käsittelee sinkki-hiili- ja alkalipareja ei ota huomioon nikkeli-kadmium-pattereista aiheutuvaa saastumista. Kuitenkin keräysjärjestelmien kautta havaittu tilanne on sekoitus erityyppisiä pattereita. Valitettavasti pattereiden muodolla ja koolla ei ole minkäänlaista korrelaatiota niiden sisältämän koostumuksen kanssa. Tämä ominaisuus vaikeuttaa lajittelun prosesseja ja lisää yhdessä kuljetuskustannuksien kanssa kierrätysprosessien kokonaishintaa. NiMH-pattereita lukuunottamatta pattereiden kierrätysprosessit ovat yleisesti ottaen kannattavia ainoastaan rahoituksen, tai oikeudellisen velvoitteen takia, eli toiminnasta saatavat tulot eivät riitä kattamaan niistä aiheutuneita kustannuksia. (Goodship ym. 2012, 369, 373.)

Pattereiden kierrätysprosessit koostuvat pääasiassa kahdesta päävaiheesta: jätteen valmistelusta ja metallurgisesta käsittelystä. Jätteen käsittelyvaihe alkaa jätteen seulonnalla, jossa ne erotellaan toisistaan kemiallisen tyypin mukaan. Lajittelu saattaa koostua useasta osasta, jotta erottelun tehoa saadaan parannettua. Näihin osiin saattaa kuulua manuaalinen erottelu, ja juuri tätä käyttötarkoitusta varten kehitettyjen laitteiden avulla tapahtuva erottelu. Nämä laitteet soveltavat useita eri tekniikoita, esimerkiksi mekaanista erottelua, magneettista erottelua, röntgenkuvausta, sekä optisia sensoreita, joiden avulla voidaan lukea jättemateriaaleissa olevia viivakoodeja. (Goodship ym. 2012, 373-374.)

Lajittelun jälkeen kierrätettävä materiaali valmistellaan metallurgista käsittelyä varten fyysisten käsittelyoperaatioiden avulla. Nämä operaatiot perustuvat tyypillisiin jalostuksen operaatioihin; kuten murskaamiseen, hienontamiseen, magneettiseen erotteluun, sähköstaattiseen erotteluun ja tiheän aineen erotteluun (DMS). Murskaamiseen sisältyy jätteen fragmentaatio ja sen päätavoitteena on erotella suurin osa polymeereistä tai metallisisällöstä sisämateriaalin joukosta, mihin kuuluvat myös kierrätykseen sopivat metallit. Hienonuvaiheen päätavoitteena on pienentää hiukkaskokoa, jotta saadaan vapautettua erityyppiset materiaalit. Muiden mainittujen operaatioiden tavoitteena on erotella materiaalit tiettyjen erityispiirteiden mukaan. Magneettista erottelua käytetään magneettisen materiaalin erottelemiseksi (kuten raudan, nikkelin ja sen eri seosten) ei-magneettisesta materiaalista. Sähköstaattinen erottelu pyrkii erottelemaan sähköä johtavat materiaalit ei-sähköä johtavista, mikä tarkoittaa yleensä metallien erottelua ei-metallisista. DMS-tekniikka erottelee materiaalit niiden tiheyksien mukaan. (Goodship ym. 2012, 373-374.)

Näin ollen, jätteen valmisteluvaiheen tavoitteena on fyysisin keinoin saada lisättyä jätteen metallisisällön konsentraatiota. Nämä keinot ovat myös suhteellisen edullisia käyttää. Joten vaikka otettaisiin huomioon tällaisten menetelmien rajallinen tehokkuus, nämä operaatiot voivat vähentää kierrätysprosessin kokonaiskustannuksia, vähentämällä metallurgisissa operaatioissa käsiteltävää materiaalin määrää. (Goodship ym. 2012, 373-374.)

Metallurginen käsittely voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin; pyrometallurgiaan, hydrometallurgiaan ja hybridimenetelmiin, jotka yhdistävät kahden aiemman tekniikoita metallien tai metalliyhdisteiden saamiseksi. Ympäri maailmaa sijaitsee useita pattereiden kierrätyslaitoksia. (Goodship ym. 2012, 373-374.)



## Yhteenveto

Taulukossa 2 on kerrottu eri elektroniikkajätteiden kategorioiden asettamat mahdolliset erityisvaatimukset niiden keräämiselle, kierrätykselle ja käsittelylle. Taulukosta nähdään, että isot kodinkoneet ja pienet metallipitoiset kodinkoneet ovat helppohoitoisia, ja kaikki muut kategoriat jollain tapaa vaikeampia.

*TAULUKKO 2. Erityisvaatimukset keräykselle, kierrätykselle ja käsittelylle.*

(Goodship ym. 2012, 117.)

Kategoria	Kerääminen	Kierrättäminen	Käsittely
Isot kodinkoneet	Ei	Ei	Ei
Jäähdytys ja pakastus	Kyllä	Ehkä	Kyllä: CFC-yhdisteet
Pienet kodinkoneet (pääasiassa muovia)	Kyllä	Kyllä: Muovin kierrätys	Kyllä: Nikkeli-kadmium-akut
Pienet kodinkoneet (pääasiassa metallia)	Ei	Ei	Ei
CRT	Kyllä	Kyllä: CRT-lasi	Kyllä: Lyijyoksidin kontrollointi
Litteät näytöt	Kyllä	Ehkä	Kyllä: LCD:n elohopean poistaminen
Kaasupurkauslamput	Kyllä	Ehkä: Korkealaatuinen lasi ja loisteputkijauhe	Kyllä: Elohopean poistaminen

### 3 TIETOKONE- JA MOBIILILAITTEIDEN TIETOTURVAN RISKIT

Samalla kun yritykset yrittävät toimia oikein harrastamalla kierrätystä, ottamalla pois käytöstä tai lahjoittamalla vanhat tietokoneet ja laitteet, unohtuu siinä helposti asiaan liittyvät tietoturvariskit, joista tulee todellisuutta, jos laitteita ei käsitellä oikein. Eräessä 350 yritystä kattaneessa tutkimuksessa selvisi, että niistä 75% yrityksistä, jotka ovat luopuneet tietokoneistaan, vain 23% oli poistanut niissä olevan datan. (Data Breach in End of Life IT Assets; The E-Waste Monster! 2013, viitattu 5.10.2014.)

Tietoturvan vaarantuminen ei ole seurausta ainoastaan rikollishakkerien tahallisista tunkeutumisista, se voi tapahtua myös seurauksena organisaation välinpitämättömyydestä vanhojen IT-laitteiden (tietokoneiden, matkapuhelimien, tulostimien, medialevyjen ja kaikkien muiden dataa sisältävien laitteiden) käsittelyn suhteen. (Data Breach in End of Life IT Assets; The E-Waste Monster! 2013, viitattu 5.10.2014.)

Kuollut tietokone ilman asianmukaista tietoturvan hallintaa on kuin räjähtämistä odottava tikittävä aikapommi. Tuoreessa tutkimuksessa havaittiin, että satunnaisista, ebayssa myytävistä kiintolevyistä löytyi kaikenlaista materiaalia pankkitiedoista ohjustestituloksiin. Monet esimerkiksi kaatopaikoille viedyt laitteet päätyvätkin kehitysmaihin ja sieltä jälleenmyytäväksi Internettiin tai paikallisille markkinoille. Ponemon Institute arvioi, että 70% kaikista tietoturvaloukkauksista tulee offline-tietokoneista, yleensä sen jälkeen kun ne on hävitetty omistajan toimesta. (Data Breach in End of Life IT Assets; The E-Waste Monster! 2013, viitattu 5.10.2014.)

#### 3.1 Massamuisteihin liittyvät riskit

Massamuisteja, kuten kiintolevyjä, sisältävät laitteet ovat myös mahdollinen tietoturvariski, sillä ehjistä kiintolevyistä on suhteellisen helppoa saada irti niissä muinoin ollutta, ja etenkin nykyistä dataa. Etenkin kehitysmaissa voi olla järjestäytyneitä rikollisia, jotka penkovat vanhoja kiintolevyjä saaden niistä mahdollisesti irti henkilökohtaista ja rahanarvoista tietoa, kuten luottokorttien numeroita. Jopa USA:n hallituksen organisaatioiden tietoja on monta kertaa löydetty. Tämän takia vanhojen kiintolevyjen data kannattaisi hävittää lopullisesti ennen niiden kierrätykseen viemistä, tai jättää homma asiantuntijoille. (Wikipedia 2014c, viitattu 14.7.2014.)

## Eri laitteiden massamuistien tyhjennys

- Pöytätietokoneiden, läppäreiden ja tablettien kovalevyt voi poistaa ja käyttää ruuvimeisseliä, pihtejä ja vasaraa niiden purkamiseen ja levypinnan rikkomiseen kotelon sisältä. Se on ainoa tapa, jolla data saadaan totaalisesti tuhottua. Käytännössä kuitenkin tehokkaasti ohjelmallisesti tyhjennetty kovalevy on tietoturvakvarra. Ohjelman tarkoituksena on tallentaa kiintolevy täyteen dataa useita kertoja, jolloin aiemmat tiedot menetetään. Pelkkä kovalevyn formatointi ei poista niissä olevaa tietoa, eikä näin ollen ole riittävä toimenpide. Tällöin dataa vain varataan uudelleen käytettäväksi, mutta tiedot yleensä säilyvät, ja ne on mahdollista palauttaa.
- Vanhanajan matkapuhelimet voidaan turvata rikkomalla niiden sisäinen elektroniikka esimerkiksi vasaralla.
- Älypuhelimet voidaan turvata käyttämällä niissä jo valmiina olevia datatyyhjennysominaisuuksia / nollausta. Lisätietoa tästä saa käyttöohjeista. Myös jokaiseen yleiseen käyttöjärjestelmään löytyy tätä varten tehtyjä ohjelmia.
- Kopiokoneet ja faksit voidaan suojata poistamalla ja tuhoamalla niissä olevat flash-muistit.
- Kaikkiin muihin laitteisiin kannattaa katsoa valmistajan nettisivulta suositeltuja tapoja muistin tyhjentämiseksi. (Pratt 2014, viitattu 4.10.2014.)

## Massamuisteista pilveen

Yksi hyvä ratkaisu massamuistien tietoturvaongelmaan voisi olla cloud computing. Sen käyttö on viime vuosina yleistynyt huomattavasti, ja tulee luultavasti sitä tekemään myös tulevaisuudessa. On myös ennakoitu, että pilven käyttö saisi kokonaan uusia muotoja; ehkä tulevaisuudessa kukaan ei ole enää varsinaisesti omaa tietokonetta, vaan kaikki rauta sijaitsee pilvessä, valtavissa datakeskuksissa. Tämä taas asettaisi entistäkin suurempia vaatimuksia datakeskusten tietoturvalle. Seuraavassa kappaleessa kerrotaan aiheesta tarkemmin.

### 3.2 Leasing

Leasingilla tarkoitetaan käyttöomaisuuden pitkäaikaista vuokrausta, jossa tavara siis kuuluu vuokraajalle, ja käyttäjä maksaa siitä kuukausittaista maksua. Leasingin yhteydessä joutuu aina ottamaan laitteille vakuutuksen, mikä yleensä sisältyy sopimuksen hintaan, mutta esimerkiksi tietokoneen ylläpidosta aiheutuvat kustannukset sovitaan sopimuskohtaisesti. Leasingin päätyttyä käyttäjällä on yleensä mahdollisuus ostaa laitteet, etenkin tietokoneiden ollessa kyseessä huomattavasti edullisempaan hintaan, kuin ne sopimuskatkokohetkellä maksaisivat. Silloinhan laitteet voivat jo olla osittain vanhentuneita. (Wikipedia 2014d, viitattu 2.12.2014; Verkkokauppa 2014, viitattu 2.12.2014.)

Leasingin suurimpana etuna on huomattavasti pienemmät hankintakustannukset, tosin kokonaiskustannuksista tulee yleensä aina korkeammat kuin suoraan ostaessa. Tämä tietenkin riippuu myös laitteiden käyttöajasta. Mikäli laitetta on tarkoitus käyttää vain vähän aikaa ja sen hankintakustannukset olisivat korkeat, voi leasing olla parempi vaihtoehto. Koska leasing on sopimus, ei sitä voi katkaista kesken sopimuskauden ilman korvauksia vuokraajalle. Leasing lasketaan verotuksessa vuokraksi ja on siten vähennettävissä verotuksessa, mutta niin ovat myös tavalliset hankinnat. Mikäli laitteita ei lunasteta sopimuksen päätyttyä itselle, pääsee eroon myös niiden kierrätykseen liittyvistä mahdollisista kustannuksista, sillä silloin ne tulevat vuokraajan velvollisuudeksi. Muita vaihtoehtoja laitteiden hankkimiseen on osamaksu ja laina. (Wikipedia 2014d, viitattu 2.12.2014; Verkkokauppa 2014, viitattu 2.12.2014.)

Leasingin avulla voidaan siis mahdollisesti "välttää" kierrätykseen ja tietoturvan varmistamiseen liittyvät kustannukset tai vaiva. Toisaalta on epävarmaa luovuttaa mahdollisesti arkaluonteisia tietoja sisältäviä tietokoneita takaisin vuokraajalle, ja kustannuksetkin ovat todennäköisesti loppujen lopuksi korkeammat. Kuitenkin leasing voi olla hyvä vaihtoehto, mikäli rahaa ostamiseen ei ole, esimerkiksi aloittelevalla yritykselle.

### 3.3 BYOD (Bring Your Own Device)

BYOD:illa tarkoitetaan sitä, että yrityksen työntekijät tuovat mukanaan ja käyttävät töissä omia laitteitaan. Nämä laitteet ovat kannettavia, eli älypuhelimia, tabletteja ja kannettavia tietokoneita. Kun näillä laitteilla ollaan yhteydessä yrityksen sisäisiin tietoihin, muodostavat ne potentiaalisen

tietoturvariskin, koska yritys ei pysty juurikaan kontrolloimaan ja hallinnoimaan niiden käyttöä. (Wikipedia 2014a, viitattu 2.12.2014.)

Omien laitteiden käytön on sanottu tehostavan työntekijöiden tuottavuutta, ja se voi olla totta esimerkiksi siksi, että töitä on helpompi kuljettaa kotiin, ja koska jokainen on taitava käyttämään omaa laitettaan. Monet työntekijät myös pitävät mahdollisuudesta käyttää omia laitteita, eikä niiden tuomista työpaikalle voi käytännössä estää. Omat laitteet ovat myös usein uudempia ja kehittyneempiä, kuin firman käytössä olevat. Omien laitteiden käyttö voi myös tietysti laskea yrityksen kustannuksia, mikäli sen avulla voidaan välttää uudet laitehankinnat. (Wikipedia 2014a, viitattu 2.12.2014.)

BYOD on mahdollinen tietoturvariski yritykselle siksi, että laitteiden tietoturva ei ehkä ole yrityksen vaatimalla tasolla. Käyttäjän laitteeseen voidaan tunkeutua, tai se voidaan hukata, tai varastaa. Seuraavassa on vinkkejä tehokkaan ja turvallisen BYOD-linjan muodostamiseen (Angeles 2014, viitattu 2.12.2014.):

1. *Luo säännökset ja linja, joka koskee koko yritystä.* Pidä sidosryhmille keskustelu, jossa pohditaan BYOD-sääntöjä nyt ja tulevaisuudessa. Olisi myös hyvä luoda komitea, joka edistää ja ohjaa sääntöjen noudattamista.
2. *Tunnista käyttäjät ja käyttäjäryhmät.* Se on tärkeää, jotta komitea ja järjestelmänvalvojat voivat muodostaa pääsyoikeudet sisältöön ja ohjelmiin ryhmien käyttäjien ja heidän käyttämiensä laitteiden mukaan. Se edesauttaa myös BYOD:in taloudellisten vaikutusten arvioinnissa.
3. *Jaa vastuuta työntekijöille.* Anna työntekijöiden nähdä ja allekirjoittaa sovitut yhteiset säännöt. Koulutustilaisuuksia saatetaan myös joutua järjestämään, jotta työntekijät ymmärtävät uudet velvoitteensa. Muista myös antaa työntekijöille henkilöiden nimet, joihin nämä voivat olla yhteyksissä mahdollisten ongelmatilanteiden varalta.
4. *Valitse ja käynnistä BYOD alusta.* Mobiilialustan valinnassa komitean tulisi pitää mielessä yrityksen nykyiset ja myös tulevat teknologiaan ja turvallisuuteen liittyvät tarpeet. On tärkeää valita alusta, joka ei ole tarpeeksi ketterä ja skaalautuva pelkästään käyttäjien tarpeille ja yrityksen etujen suojelemiseksi, vaan myös mahdollistaa uudet nousevat teknologiat.

5. *Anna tukesi käyttäjän omistamille laitteille.* Yritys ei voi unohtaa teknistä tukea omia laitteita käyttäviltä työntekijöiltä. Tämä on yksi syy, mikä voi johtaa tietoturvaloukkauksiin ja työntekijöiden tyytymättömyyteen. Tukea antamalla yritykset voivat auttaa työntekijöitä hallitsemaan laitteita ja pääsynvalvontaa, löytää mahdollisia haavoittuvuuksia ja edesauttaa entisestään BYOD-linjassa pysymistä. Tuen pitäisi kattaa kaikki BYOD:in vaiheet laitteiden käyttöönotosta käytöstä poistamiseen. (Angeles 2014, viitattu 2.12.2014.)

Käyttäjien luopuessa töissä käyttämistään omista laitteista jää tietoturvasta huolehtiminen yleensä heidän omalle vastuulleen. Koska laitteet saattavat sisältää, tai niillä voi olla mahdollista päästä käsiksi yrityksen yksityisiin tietoihin, ovat oikeat tietojen hävittämistavat erityisen tärkeitä.

### **3.4 Mobiililaitteisiin kohdistuvat riskit**

Älykkäiden mobiililaitteiden kasvava määrä ja muuttuva infrastruktuuri ja palvelut tekee niistä aivan yhtä haavoittuvia kuin muistakin tietokonelaitteista. Tällöin myös potentiaalsiin riskeihin ja tietoturvaan tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Erään tutkimuksen (Dimensional Research 2012, 5.) mukaan suurimmat syyt mobiililaitteiden tietoturvaan löytyvät itse käyttäjästä, sekä heikosti tiedotetusta yrityksen tietoturvapoliitikasta. Nämä syyt mainitsi 62% tutkimukseen osallistuneista IT-ammattilaisista. Muita ongelmakohtia ovat asiantuntijoiden mukaan turvaton Internet-selaaminen, turvattomat WLAN-verkot, hävinneet tai varastetut yrityksen sisäisiä tietoja sisältäneet mobiililaitteet, laitteisiin joutuneet haittaohjelmat, palveluntarjoajien riittämättömät tietoturvapäivitykset ja nopea laitteiden vaihtuvuus. Yrityksen kannalta tärkeitä, mobiililaitteiden sisältämiä tietoja olivat tutkimuksen mukaan mm. sähköpostit, yrityskontaktit, asiakastiedot ja verkon käyttäjätunnustiedot. (Kinnaslampi 2012, 38-41.)

Muita mobiililaitteiden käyttöön liittyviä riskejä, tai tarkennuksia edellisiin ovat laitteisiin kohdistuneet tietoturvahyökkäykset, ja yrityksissä oman laitteen käyttäminen (BYOD). Varmuuskopioinnin unohtamista voidaan myös pitää riskinä, samoin osittain siihen liittyvää pilven ja pilvitalennustilan käyttöä. Laitteiden käytöstä poistaminen aiheuttaa myös omat riskinsä, kuten edellisissä kappaleissa on todettu.

## 4 CLOUD COMPUTING - HYÖDYT JA HAITAT TIETOTURVALLE

Internet-suuryritysten datakeskusten kaupallistaminen johti pilvessä tapahtuvaan tietojenkäsittelyyn, missä laskentatehoa tarjotaan palveluna ja laskutus määräytyy varattujen resurssien mukaan. Käyttäjät voivat säilöä, jakaa ja päästä käsiksi mihin tahansa informaatioon pilvessä, missä tahansa. Pienten ja keskisuurten yritysten ei tarvitse näin ollen välttämättä myöskään hankkia, säätää ja ylläpitää omaa datasysteemiä. Näin he voivat keskittyä omiin vahvuuksiinsa, käyttäen hyväksi cloud computingin etuja, kuten tarpeen mukaisesti käytettävissä olevia resursseja, ja nopeampaa ohjelmistokehitystä halvemmalla hinnalla. Lisäksi cloud computing mahdollistaa valtavan laskentatehon organisaatioiden käyttöön, joiden täytyy käsitellä suuria määriä dataa. (Murugesan ym. 2012, 316.)

Cloud computing on kehittyvä malli, joka mahdollistaa IT-tarpeiden kuten tallennustilan, laskentatehon ja ohjelmiston käytön Internetin välityksellä. Syitä sen yleistymiseen ovat olleet lähinnä helppo hallinta ja ylläpito ohjelmistopäivitysten ja bugikorjausten suhteen. Se mahdollistaa myös nopean sovelluskehityksen ja testauksen, etenkin pienille IT-yrityksille, joilla ei ole varaa satsata suuria summia infrastruktuuriin. Kaikista tärkein pilven mahdollistama etuus on kuitenkin sen mahdollisuus tarjota samaa laitteistoa tuhansien käyttäjien tarpeisiin, jolloin yhden käyttäjän hinnaksi ei paljoa jää. Tarjotakseena näitä palveluita cloud computing käyttää monia tekniikoita ja konsepteja, kuten virtualisointia, sekä käytön mukaan määräytyvää laskutusta (kiinteän hinnan sijaan), ja automaattisesti tarpeen mukaan skaalautuvaa resurssien jakamista. (Murugesan ym. 2012, 318.)

Cloud computingin voi määritellä monin eri tavoin. Näin sen ovat määritelleet esimerkiksi Buyya, Yeo ja Venugopal (2008): Pilvi on markkinalähtöinen jaettu tietokonejärjestelmä, joka koostuu sarjasta toisiinsa kytkettyjä ja virtualisoituja tietokoneita, jotka ovat dynaamisesti varustettuja ja esitetään yhtenä tai useampana yhtenäisenä tietokoneressurssina, perustuen palveluntarjoajien ja käyttäjien välisiin vakiintuneisiin palvelusopimuksiin. The National Institute of Standards and Technology (NIST), (Mell ja Grance, 2009) taas kuvaa cloud computingia seuraavasti: cloud computing on malli, joka mahdollistaa kätevän, tarpeen mukaisen verkkoyhteyden jaettuun, konfiguroitavissa olevaan joukkoon tietokoneresursseja (kuten verkkoihin, palvelimiin, tallennustilaan, sovelluksiin ja palveluihin), joita on mahdollista nopeasti varata ja vapauttaa minimaalisella hallinnasta johtuvalla vaivalla, tai vuorovaikutuksella palveluntarjoajan kanssa.

Tämä pilvimalli tukee saatavuutta ja koostuu viidestä pääominaisuudesta, kolmesta palvelumallista ja neljästä käyttöönottomallista. Pilven pääominaisuudet ovat tarpeen mukainen itsepalvelu (on-demand self-service), laaja pääsy verkkoon (broad network access), resurssien yhdistäminen (resource pooling), nopeus ja joustavuus (rapid elasticity) sekä mitattu palvelu (measured service). Kolme palvelumallia ovat ohjelmisto palveluna (software as a service = SaaS), sovellusalusta palveluna (platform as a service = PaaS), sekä infrastruktuuri palveluna (infrastructure as a service, IaaS). Käyttöönottomallit jaetaan julkisiin, yksityisiin, kommuuni, sekä hybridipilviin. (Murugesan ym. 2012, 318.)

#### 4.1 Cloud Computing ominaisuuksia

*Virtualized:* Virtualisointi, pilvessä olevat resurssit (kuten laskentateho, tallennustila ja verkkokaista) on virtualisoitu, ja tämä on toteutettu useilla eri tasoilla, kuten virtuaalikoneilla (VM), ja sovellusalustoilla.

*Service oriented:* Palvelupohjaisuus, pilvi on toteutettu käyttämällä palveluun perustuvaa arkkitehtuurimallia, jossa kaikki kapasiteetti tai komponentit ovat saatavilla palveluna verkon välityksellä; oli se sitten ohjelmisto, sovellusalusta, tai muu infrastruktuuri.

*Elastic:* Joustavuus, resursseja (kuten laskentateho, tallennustila ja verkkokaista), joita tarvitaan pilvisovelluksiin, voidaan dynaamisesti jakaa ja vaihdella (lisätä tai vähentää) käytön aikana, käyttäjien tarpeen mukaan.

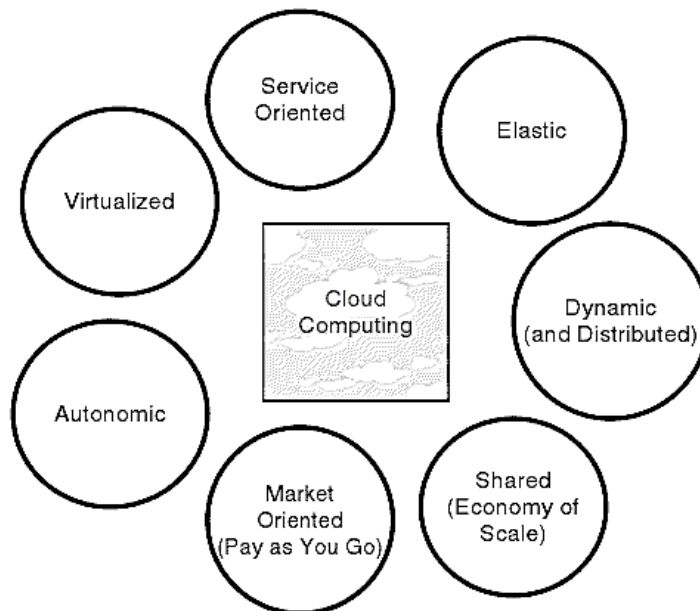
*Dynamic and distributed:* Dynaaminen ja jaettu, vaikka pilviresurssit ovat virtuaalisia, ne on usein jaoteltu, jotta voidaan tarjota korkealaatuisia ja luotettavia pilvipalveluita. Nämä resurssit ovat joustavia ja niitä voidaan soveltaa käyttäjien tarpeiden mukaan, kuten esimerkiksi ohjelmisto, verkon konfigurointi ja niin edelleen.

*Shared:* Jaettu, pilvet ovat jaettu infrastruktuuri, jossa resurssit palvelevat useita käyttäjiä dynaamisen kiintiöinnin avulla, heidän sovelluksiensa tarpeiden mukaisesti. Tätä jaettua mallia kutsutaan myös usean vuokralaisen malliksi. Yleensä käyttäjillä ei ole mitään suoraa kontrollia fyysisiin resursseihin, eikä heillä myöskään ole tietoa resurssien sijainnista, tai siitä, keiden kanssa resurssit ovat jaettu.



*Market oriented:* Markkinalähtöinen, cloud computingissa käyttäjät maksavat palveluistaan käytön mukaan (pay-as-you-go). Hinnoittelumalli voi vaihdella riippuen sovelluksen laatuvaatimuksista. Tämä ominaisuus on yksi cloud computingin etuuksia. Pilvipalveluita siis tarjotaan mitattuina palveluina, joissa tarjoajalla on laskentamalli palvelun käytön mittaamiseen, mikä auttaa kehittämään erilaisia laskutussuunnitelmia ja malleja (Allenator ja Thulasiram, 2008). Laskentamalli auttaa resurssien käytön kontrolloinnissa ja optimoinnissa.

*Autonomic:* Itsenäinen, tarjotakse korkealuottoisia palveluita, pilvet osoittavat itsenäistä käyttäytymistä hallitsemalla itseään epäonnistumisten, tai suorituskyvyn laskun uhatessa. (Kuvio 8), (Murugesan ym. 2012, 318-319.)



KUVIO 8. Cloud Computing ominaisuuksia. (Murugesan ym. 2012, 319.)

## 4.2 Käyttöönottomallit

Cloud computing on tyypillinen esimerkki tarpeen mukaan tuotetusta palvelusta loppukäyttäjille. Pilveä käytetään fyysisessä infrastruktuurissa, jossa pilven väliohjelmistoa käytetään palvelun saattamiseksi asiakkaille. Pilven käyttöönottomallit jaetaan pääsääntöisesti kolmeen tyyppiin; julkisiin, yksityisiin, sekä hybrideihin (Murugesan ym. 2012, 321-322.):

### *1. Julkiset pilvet*

Julkisen pilven malli on kaikista yleisin, jossa palvelut ovat kaikkien saatavilla Internetin välityksellä. Jotta yhteydet saadaan pelaamaan tuhansille käyttäjille, julkisen pilven tarjoajien datakeskukset ovat melko suuria koostuen tuhansista nopean verkon palvelimista. Esimerkkejä suosituista julkisista verkoista ovat Amazon Web Services (AWS), Google AppEngine, sekä Microsoftin Azure. Julkiset pilvet ovat erityisen houkuttelevia pienille yrityksille, tai epäsäännöllisen infrastruktuurin käyttöön, sillä nämä pilvet tarjoavat todella hyvän mahdollisuuden käsitellä huippukuormituksia paikallisessa infrastruktuurissa, sekä tehokkaan kapasiteetin suunnittelun. Tärkein ominaisuus julkisissa verkoissa on sen kyky tarjota palveluita useille eri tahoille, mikä on käytännössä järjestetty käyttämällä monimutkaista virtualisointia useilla eri tasoilla ohjelmistopinossa. Julkisessa pilvessä tietoliikenteen luokittelu ja priorisointi (QoS), sekä turvallisuus ovat tärkeimmät ongelmat, joihin täytyy panostaa.

### *2. Yksityiset pilvet*

Yksityisiä pilviä käytetään yleensä organisaatioiden sisäisessä käytössä, jotta saadaan IT palveluita sen sisäisille käyttäjille. Yksityiset pilvipalvelut tarjoavat paremman kontrollin infrastruktuuriin, mikä parantaa turvallisuutta ja palvelun joustavuutta, sillä sen pääsy on rajattu yhteen, tai ainoastaan muutama organisaatioon. Yksityiseen malliin liittyy rajoituksia loppukäyttäjän sovelluksiin, kuten mahdottomuus joustavan skaalan käyttöön tarpeen mukaan, kuten julkisissa pilvipalveluissa.

### *3. Hybridipilvet*

Hybridipilvet ovat malli, joka yhdistää etuuksia sekä julkisista, että yksityisistä pilvistä. Hybridipilvessä organisaatiot voivat sijoittaa ei-kriittistä informaatiota ja prosessointia julkiseen pilveen, samalla kun pitävät kriittiset palvelut ja datan omassa kontrollissaan yksityisessä pilvessä. Näin ollen organisaatiot voivat käyttää nykyistä IT-infrastruktuuriaan toimitiloissaan arkaluonteisten tietojen hallinnassa, ja voivat lisäksi käyttää julkista pilveä hetkellisten huippukuormitusten hoitamiseksi, automaattisesti skaalautuvien resurssien avulla. Resursseja tai palveluita voidaan hetkellisesti "vuokrata" huippukuormituksen ajaksi ja sitten vapauttaa. Hybridipilvi yleensä liittyy enemmän IT-infrastruktuurin palveluihin, kuin ohjelmistopalveluihin. (Murugesan ym. 2012, 321-322.)

### 4.3 Pilven aiheuttamat riskit

Kuten perinteisiin ratkaisuihinkin, myös pilven käyttöön liittyy monia riskejä. Pilveen liittyvät turvallisuusriskit ovat suurimmat ulkoisissa pilvipalveluissa verrattuna yksityisiin ja hybridipilviin. Gartner (ICT-alan konsultointi- ja tutkimusyritys) on koonnut seuraavat seitsemän pilvipalveluihin liittyvää riskiä (Leppänen 2013, 17-19.):

*Työntekijöiden pääsy tietoihin:* Palveluntarjoajan työntekijät ja yhteistyökumppanit voivat päästä käsiksi tallennettuihin tietoihin ja tietoliikenteeseen. Lisäksi yrityksen omat työntekijät voivat joko tahallisesti, tai tahattomasti aiheuttaa tietoturvalle riskejä huolimattomalla toiminnalla ja esimerkiksi salasanojen väärinkäytöllä. PK-yrityksissä jopa 80% tietoturvan pettämisen taloudellisista vahingoista on seurausta henkilökunnan omista virheistä.

*Data yhä yrityksen vastuulla:* Vaikka tiedot sijaitsevatkin palveluntarjoajan tiloissa, on yrityksen vastuulla huolehtia sen säilytyksen turvallisuudesta ja luotettavuudesta. Palveluntarjoajan tiloihin ei yleensä pääse, eikä turvallisuuden tasoa ole helppo selvittää.

*Datan sijainti epäselvä:* Palveluntarjoaja ei välttämättä saa kertoa asiakkaalle edes sitä, missä maassa tietoja säilytetään.

*Muut asiakkaat:* Palveluntarjoajan vastuulla on eristää asiakkaat siten, ettei heillä ole mitään mahdollisuutta päästä käsiksi toisien asiakkaiden tietoihin ja tietoliikenteeseen. Kryptaus on yleensä toimiva tapa, mutta ei pomminvarma, ja eri palveluntarjoajien käyttämät järjestelmät voivat vaihdella.

*Ongelmatilanteet:* Vaikka datan sijaintia ei kerrottaisikaan, olisi yrityksen hyvä yrittää ottaa selvää, miten palveluntarjoaja kykenee käsittelemään ongelmatilanteita ja informoimaan niistä. Esimerkiksi luonnonkatastrofi voi aiheuttaa palvelinkeskukseen isot tuhot. Mikäli kaikki data ja varmuuskopiot sijaitsevat yhdellä alueella, ovat ne paljon alttiimpia täydelliselle tuholle.

*Väärinkäytösten selvittäminen:* Mikäli ilmenee epäilystä väärinkäytöksistä, tai muista laittomista toimista, on niiden tutkinta pilvipalveluiden ollessa kyseessä yleensä hankalaa, koska datakopiot ja sovellukset vaihtavat jatkuvasti paikkaa. Yrityksen tai asiakkaan olisi hyvä ottaa selvää palveluntarjoajan kyvystä selvittää tällaisia tilanteita.

*Palvelun jatkuminen:* Palveluntarjoajan toiminnan jatkuminen myös tulevaisuudessa ei ole koskaan varmaa. Isojen yritysten voi silti olettaa jatkavan toimintaansa pitempään kuin pienien. Koska tarjoajia on niin paljon, osa joutuu väistämättä lopettamaan tulevaisuudessa. Joskus palveluntarjoajalta toiselle siirtyminen on hankalaa erilaisten standardien kanssa, ja jotkut tekevät jopa tahallisesti muiden yritysten kanssa yhteensopimattomia palveluita. (Leppänen 2013, 17-19.)

#### **4.4 Positiiviset vaikutukset**

Vaikka pilven käyttöön liittyikin paljon tietoturvariskejä, voi siihen siirtyminen tehdä myös positiivisen vaikutuksen tietoturvaan verrattuna entisiin ohjelmistoihin ja palvelimiin. Palveluntarjoajalla tietoturvasta vastaavat alan ammattilaiset, mikä tarkoittaa yleensä parempaa tasoa kuin mihin keskivertokäyttäjää, tai keskiverto pk-yritys pystyisi. Palveluntarjoaja ottaa myös yleensä jatkuvasti varmuuskopioita, ja tallettaa tiedot jopa kolmeen paikkaan. Pilvessä tiedot ovat saatavilla kaikkialta, kun taas tietokone voidaan varastaa, tai kiintolevy voi hajota. Kannettavien tietokoneiden katoaminen on todellinen ongelma, sillä tutkimuksen mukaan (The Billion Dollar Lost Laptop Problem 2010, 1–2) yhden vuoden aikana organisaatioista hävisi niistä yli 7%. (Leppänen 2013, 29-30.)

Koska pilveen siirtyminen voi tarkoittaa sitä, että yritys ei tarvitse enää välttämättä lainkaan omia palvelimia ja omaa levytilaa, on sillä tietenkin merkittäviä vaikutuksia myös laitteiden käytöstä poistamiseen ja kierrätykseen ja sitä kautta myös ympäristöasioihin. Voisi ainakin olettaa, että vaikutukset ovat pääosin positiivisia. Koska pilven resurssit ovat hyvin skaalautuvia, saadaan olemassa olevat resurssit tehokkaasti käytettyä. Näin ei useinkaan ole asiakasyrityksen omissa palvelinratkaisuissa, joten palvelinarkkitehtuuria saadaan vähennettyä. Jo tämä itsessään on positiivinen tieto kaikille muille tahoille ja ympäristölle, paitsi ehkä tietokonevalmistajille. Asiakkaan ei myöskään varmasti tarvitse olla huolissaan palveluntarjoajien taidosta huolehtia tietoturvasta laitteiden käytöstä poiston suhteen, ja myöskin ympäristö otetaan luultavasti kierrätyksen keinojen suhteen paremmin huomioon kuin keskivertoyrityksessä, koska käytöstä poistettavien laitteiden määrä on todennäköisesti yhdellä kertaa valtava. Ongelmia voi silti aiheuttaa kehitysmaissa sijaitsevat palvelinkeskukset.

## **Pilvitalennus, uhka vai mahdollisuus?**

Todella monet yritykset tarjoavat nykyään ilmaista ja maksullista tallennustilaa pilvessä. Ovatko tiedot sitten paremmassa, vai huonommassa turvassa siellä kuin omalla tietokoneella tai konesalissa? Pilven käyttöön voi liittyä monia uhkakuvia ja epävarmuutta, sillä tiedot eivät ole enää omissa käsissä. Toisaalta käytettävyys voi parantua ja myös kustannukset laskea. (Salminen 2014, viitattu 3.12.2014.)

Ei ole olemassa mitään suoraa vastausta siihen, kumpi on turvallisempi tapa säilöä tietoa. Niin yritysten omien tallennustilojen, kuin myös pilvipalveluntarjoajien tietoturvaominaisuudet vaihtelevat. Iso pilvipalveluja tarjoava yritys voi olla alttiimpi hyökkäyksille kuin keskikokoinen firma, mutta myös sen tietoturva voi olla paremmalla tasolla. Voikin sanoa, että pilveä suurempi tietoturvariski on kilpailijan leiriin siirtynyt työntekijä. Myös käyttäjä itse voi vaikuttaa pilvipalvelun tietoturvan onnistumiseen omien tietoturvakäytänteidensä avulla. (Salminen 2014, viitattu 3.12.2014.)

Ennen tietojen siirtämistä pilveen kannattaa luoda omat suunnitelmat sen varalle, miten tiedot saadaan sieltä ulos ja siirrettyä toiseen järjestelmään, mikäli vanhan toiminta lakkaa, tai halutaan itse tehdä muutos. Isokin toimija voi joutua lopettamaan toimintansa liiketoiminnallisista tai teknisistä syistä. Ei silti kannata huolestua, sillä tiedot saa aina siirrettyä myös ulos, ja käyttäjää varoitetaan hyvissä ajoin, mikäli tähän on tarvetta. (Salminen 2014, viitattu 3.12.2014.)

## 5 SER SUOMESSA

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu voidaan lajitella eri tavoin. Suomen kierrätyslaitoksista ja laitteita vastaanottavista tahoista löytyy usein seuraavanlainen luokittelu, jossa on otettu huomioon mm. tietoturvaan liittyviä asioita:

### *Pien-SER*

Tähän kuuluvat pienet sähkö- ja elektroniikkalaitteet, joiden mikään ulkomitta ei ylitä 25 senttimetriä. Samoja laitteita voidaan siis palauttaa useimpiin liikkeisiin ilman ostovelvoitetta. Näihin laitteisiin sisältyy mm. valaisimia, pieniä kodinkoneita, sähkötyökaluja, leluja, kelloja, hiustenkuivaajia, sekä pieniä paristoilla, akuilla ja aurinkoenergialla toimivia laitteita. (Kuvio 9), (SER-kierrätys 2014g, viitattu 12.10.2014.)



KUVIO 9. Pien-SER. (SER-kierrätys 2014g, viitattu 12.10.2014).

### *Data-SER*

Näihin sisältyvät kaikki muistia sisältävät sähkö- ja elektroniikkalaitteet; kuten tietokoneet, matkapuhelimet ja digikamerat. Näihin laitteisiin sisältyy riski henkilökohtaisten tai arkaluonteisten tietojen vuotamisesta, ja niiden kanssa kannattaa olla tarkkana. Ne on suositeltavaa jättää esimerkiksi kauppaan, jossa on lukittu tai sinetöity data-SER –keräysastia. (Kuvio 10), (SER-kierrätys 2014a, viitattu 12.10.2014.)



KUVIO 10. Data-SER. (SER-kierrätys 2014a, viitattu 12.10.2014).

## *Lamppu-SER*

Lamppu-SER:iin lasketaan kuuluviksi kaikki kuluttajilta vapautuvat lamput hehku- ja halogeenilamppuja lukuunottamatta, jotka taas voidaan hävittää sekajätteen mukana. Lamppujen rikkoutumista tulee välttää palauttamisen aikana, sillä niistä voi vuotaa haitallisia aineita. Yksittäisten lamppujen hajoaminen ei kuitenkaan ole vaarallista. (Kuvio 11), (SER-kierrätys 2014b, viitattu 12.10.2014.)



*KUVIO 11. Lamppu-SER. (SER-kierrätys 2014b, viitattu 12.10.2014).*

## *Muu SER*

Näihin kuuluvat sitten kaikki muut kuin edellä lueteltuihin ryhmiin kuuluvat sähkö- ja elektroniikkalaitteet, esimerkiksi mikroaaltouunit, jääkaapit ja pakastimet, eli isommat kodinkoneet. Näitä on liikkeen otettava vastaan 1.5.2013 alkaen aina, kun samalla ostaa uuden vastaavan laitteen tilalle. (SER-kierrätys 2014e, viitattu 12.10.2014.)

Esimerkiksi vanhan jääkaapin saa siis jättää kauppaan ostaessaan sieltä uuden. Suositeltavaa kuitenkin on prosessin nopeuttamiseksi viedä isommat laitteet itse kierrätyskeskukseen, etenkin kun se on kuluttajalle ilmaista. Lähin SER-vastaanottopiste löytyy osoitteesta [www.kierratys.info](http://www.kierratys.info). Linkistä löytyviin kierrätyspisteisiin palautus on maksutonta. Kaikki jätteenkeräyspisteet eivät sitä kuitenkaan Suomessa ole. (SER-kierrätys 2014e, viitattu 12.10.2014.)

## **Kuluttajan vaihtoehdot**

Mikäli kuluttajalla on tarpeettomaksi jääneitä, täysin toimivia tietokonelaitteita, on niiden käytöstä poistamiselle toki muitakin vaihtoehtoja kuin pelkkä palautus kauppoihin, kierrätyskeskuksiin, tai muihin niitä vastaanottaviin yrityksiin. Laitteita voi yleensä tuoda myyntiin paikallisille kirpputoreille, tai ne voidaan laittaa oman harkinnan mukaisesti luovutettaviksi tai myyntiin Internetin suosituille myyntipalstoille. Mikäli ei ole myymässä arvokasta tavaraa, tai karsastaa myyntipalstojen

hankaluutta ja mahdollista lähettämisen vaivaa, on nykyään olemassa myös monia sosiaalisessa mediassa toimivia paikallisia myyntipalstoja. Näissä toimitaan yleensä omalla nimellä.

Myös monet kehitysapua tarjoavat järjestöt ottavat usein vastaan vanhaksi käyneitä laitteita. Vanhan tietokoneen, tai miksei mobiililaitteenkin, voi myös pitää itsellään kakkoslaitteena. Mikäli tietokoneen tehot eivät riitä uudempien Windows-käyttöjärjestelmien pyörittämiseen, eikä halua ottaa riskiä vanhentuneen Windows XP:n käytöstä, tai kaipaa muuten vaihtelua, voi vanhaan koneeseen laittaa myös Linuxin. Linuxeja löytyy monentyyppisiä, ja monet niistä on suunniteltu toimimaan mahdollisimman vanhoissakin tietokoneissa, uutuudestaan ja toimivista päivityksistään huolimatta.

### **Yritystuotteen palautus**

Yritystuotteista ei ole maksettu ostohetkellä kierrätysmaksua, joten niistä peritään maksu kierrätykseen viennin yhteydessä. Tämä maksu tulee yleensä tuottajan maksettavaksi, mutta se on voitu ostosopimuksessa määritellä myös toisin. Yrityksen tulisi laitteista luopuessaan ottaa ensin yhteyttä laitevalmistajaan, joka osaa kertoa yritystuotteille oikean palautuspisteen. Yritystuotteisiin kuuluvat ainoastaan ne tuotteet, mitä ei voida muuttamattomina käyttää kotitalouksissa, tai mitä ei yleensä käytetä kotitalouksissa. Yritystuotteisiin lasketaan näin ollen esimerkiksi palvelimet, erilaiset automaatit, isot yritystulostimet ja sairaalalaitteet. (Elker Oy 2014d, viitattu 17.10.2014; Elker Oy 2014a, viitattu 17.10.2014.)

### **Muistilista palauttajalle**

- Pölynimureista tulisi poistaa ensin pölypussit
- Valaisimista poistetaan hehkulamput ja loisteputket
- Akkuja tai paristoja ei tarvitse poistaa laitteista
- Älä tuo laitteita pakkauksissaan, tai niiden palautus saattaa muuttua maksulliseksi
- Väripatruunoita- tai kasetteja ei tarvitse poistaa tulostimista
- Tuo laitteet pääsääntöisesti ehjinä (ei purettuina, tai ne voivat muuttua maksulliseksi kaatopaikka- tai metallijätteeksi) (Elker Oy 2014c, viitattu 16.10.2014.)



## 5.1 SER-palautus Oulussa

Sähkö- ja elektroniikkalaitteet (esimerkiksi tietokoneet, pesukoneet ja mikroaaltouunit) on mahdollista palauttaa maksutta Oivapisteelle Ruskon jätekeskukseen, riippumatta niiden koosta tai kunnosta. Sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin lasketaan kaikki laitteet, jotka käyttävät sähkövirtaa, tuli se sitten verkkovirrasta, tai paristoista / akuista. (Oulun Jätehuolto 2014c, viitattu 9.10.2014.)

Myös myyjäliikkeisiin voi palauttaa pieniä sähkölaitteita (jokainen sivu alle 25 senttimetriä), vaikka ei ostaisikaan mitään tilalle. Kaupan tulee silloin kuitenkin olla riittävän iso, mikä tarkoittaa yli 200 neliometriä pinta-alaltaan olevaa alan erikoisliikettä, tai yli 1000 neliömetrin kokoista päivittäistavarakauppaa. Tämä asetus tuli voimaan helmikuussa 2014. Oulussa elektroniikkalaitteita voi palauttaa esimerkiksi niitä myyviin Limingantullin Giganttiin ja Kaakkurinkulman Verkkokauppaan. Isompia laitteita voi palauttaa samalla, kun ostaa uuden. Jotkut myymälät tosin ottavat vastaan isojakin laitteita ilman ostovelvoitetta. (Oulun Jätehuolto 2014a, viitattu 9.10.2014; Oulun Jätehuolto 2014.)

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromua voi palauttaa myös muille kuntien jäteasemille ja vaarallisten jätteiden keräykseen, jolloin siitä saatetaan veloittaa maksu. Oulun jätehuollon toimialueen seitsemään jäteasemaan voi viedä sähkölaitteita 1-3 kerrallaan ilman maksua. (Oulun Jätehuolto 2014.)

Yrityksiltä sen sijaan peritään jätteistä maksua, painon perusteella hinnaston mukaisesti. (Oulun Jätehuolto 2014c, viitattu 9.10.2014.)

### **Sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin kuuluvat**

- Suuret kodinkoneet
- Hellat, pesukoneet, sähkökiukaat, mikrot
- Kylmälaitteet
- Jääkaapit ja pakastimet
- Kuvaputkelliset laitteet
- Televisiot, näytöt

- Sähkölaitteet
- Tietokoneet, näppäimistöt, laskimet
- Sähkökirjoituskoneet, pienet kopiokoneet
- Puhelimet, tulostimet
- Videot, stereot, radiot
- Kahvinkeitimet ja muut kodin pienet sähkölaitteet
- Loisteputket, energiansäästölamput ja valaisimet (Oulun Jätehuolto 2014a, viitattu 9.10.2014.)

### **Akkujen / paristojen ja lamppujen kierrätys**

- Akut kuuluvat vaarallisen jätteen kierrätykseen (ilmainen Ruskon jätekeskuksessa)
- Paristot voi viedä kauppojen paristonkeräysastiaan, tai mahdollisesti kiinteistön omaan
- Energiansäästölamppu: Oivapisteelle, kauppojen keräysastiaan, tai jäteasemalle
- Hehkulamppu: Polttokelpoiseen jätteeseen
- Halogeenilamppu: Polttokelpoiseen jätteeseen
- Led-lamppu: Oivapisteelle, kauppojen keräysastiaan, tai jäteasemalle
- Loisteputki: Oivapisteelle, kauppojen keräysastiaan, tai jäteasemalle (Oulun Jätehuolto 2014.)

Oulussa toimii myös kierrätyskeskus, joka sijaitsee Värtössä. Kierrätyskeskukseen voi tuoda vanhoja tietokoneita ja litteitä näyttöjä, mutta kuvaputkinäyttöjä ei huolita. Samoin muita pieniä kodin sähkölaitteita voi tuoda. Myöskään mustesuihkutulostimia, kylmälaitteita, tai mitään rikkiäisiä sähkö- ja elektroniikkalaitteita ei huolita. Rikkiäiset laitteet viedään siis Ruskon jätekeskukseen, mutta ehjiä laitteita voi halutessaan tuoda rajoitetusti kierrätyskeskukseen, tai kirpputoreille. Erikseen kerättyjen laitteiden materiaaleja voidaan hyödyntää teollisuudessa. (Oulun Jätehuolto 2013b, viitattu 9.10.2014; Oulun kaupunki 2014, viitattu 9.10.2014.)

## **Muut jätteitä vastaanottavat yritykset**

Oulussa toimii kunnallisen jätehuollon ja kauppojen lisäksi myös muita sähkö- ja elektroniikkalaitteita vastaanottavia yrityksiä. Näitä ovat ainakin Tramel, sekä Kuusakoski Oy. Molemmat vastaanottavat kuluttajien vanhat laitteet yleensä ilmaiseksi ja perivät maksua yrityksiltä, taloyhtiöiltä ja noutopalvelun käytöstä. (Tramel Oy 2014, viitattu 18.10.2014; Kuusakoski Oy 2014, viitattu 18.10.2014.)

## **5.2 Elektroniikkajätteen käsittely Suomessa**

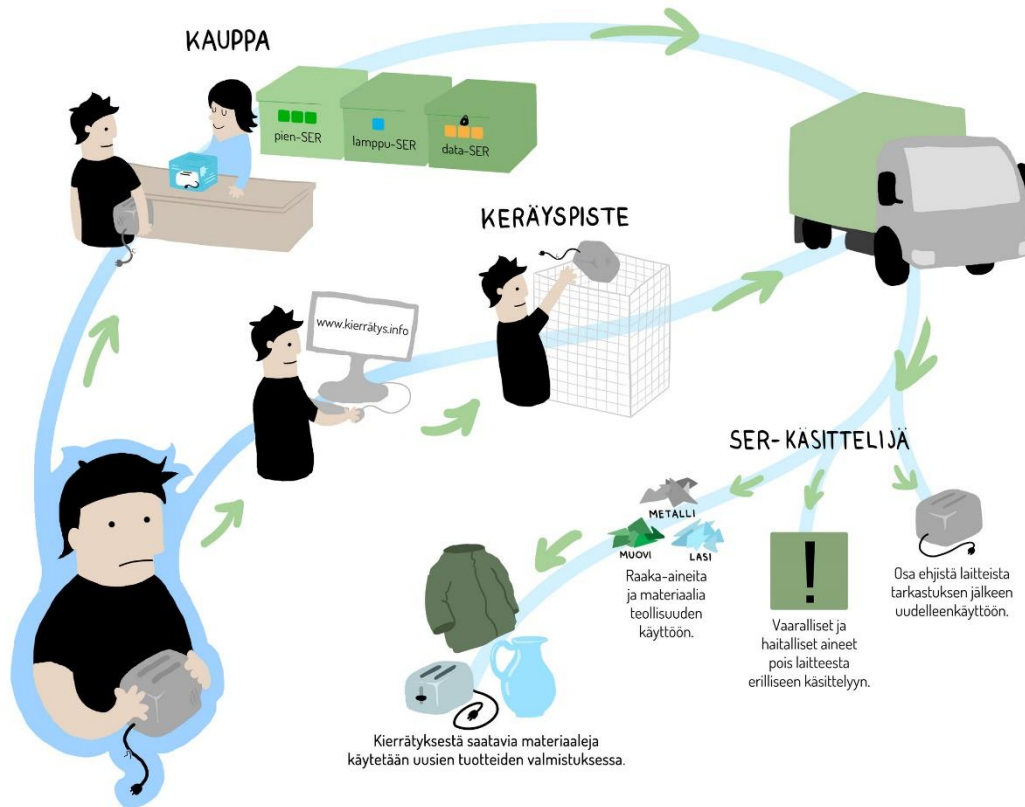
Vanhoista laitteista saadaan myös poistettua vaaralliset ja haitalliset aineet kierrätyksen avulla. Näitä aineita ja niiden vapauttamiseen liittyviä prosesseja joudutaan usein erilliskäsittämään. Pyrkimyksenä on estää haitallisten aineiden pääsy luontoon. Osa ehjänoloisista kierrätykseen päätyneistä laitteista voidaan tarkastaa, ja ne voivat päätyä uudelleenkäytettäviksi. (SER-kierrätys 2014c, viitattu 14.10.2014.)

Kerätyt laitteet kuljetetaan ensin käsittelylaitoksiin, joissa heti ensimmäiseksi poistetaan niissä mahdollisesti olevat vaaralliset aineet. Näihin kuuluvat mm. elohopea ja lyijy. Tämän jälkeen erotellaan laitteissa olevat uusiokäyttöön sopivat materiaalit; kuten lasi, metallit ja muovit. Näitä voidaan käyttää uusien laitteiden valmistukseen, tai niiden osana. Käsittelylaitoksessa tapahtuu myös suoraan myytäväksi kelpaavien laitteiden erottelu, näitä laitteita ei tietenkään käsitellä (Kuvio 12), (SER-kierrätys 2014f, viitattu 14.10.2014.)

Kotimaassa toimii ainakin yhdeksän käsittelylaitosta, joiden kanssa tuottajayhteisöt tekevät yhteistyötä. Yhteistyötä tehdään myös joidenkin kierrätyskeskusten, sekä tukityöllistettyjä käyttävien toimintakeskusten kanssa. Kaikki virallisten teiden (keräyspisteet, kaupat) kautta kierrätetyt laitteet pyritään käsittelemään Suomessa. (SER-kierrätys 2014f, viitattu 14.10.2014.)

Suomessa sähkö- ja elektroniikkalaitteiden jatkokäsittely on rahoitettu kierrätysmaksuilla, jotka on sisällytetty jo valmiiksi tuotteiden myyntihintoihin. Tämän järjestelyn ansiosta kuluttaja voi viedä vanhat laitteensa SER-keräyspisteisiin kautta maan maksutta. (SER-kierrätys 2014f, viitattu 14.10.2014.)

Kerätyt laitteet käsitellään pääsääntöisesti Suomessa. Kierrätettävistä laitteista saadaan raaka-aineita ja materiaalia teollisuuden käyttöön, jota voidaan hyödyntää uusien laitteiden valmistuksessa. (SER-kierrätys 2014c, viitattu 14.10.2014.)



KUVIO 12. SER-kierto Suomessa. (SER-kierrätys 2014c, viitattu 14.10.2014).

## Tuottajavastuu

13.8.2005 voimaan tulleen asetuksen mukaan (EU:n WEEE-direktiiviin perustuva Suomen jätelainsäädäntö) sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tuottajan velvollisuutena on järjestää markkinoille luovuttamistaan laitteista syntyvän jätteen uudelleenkäyttö ja jätehuolto, sekä maksaa niistä aiheutuvat kustannukset. (Elker Oy 2014b, viitattu 17.10.2014.)

Tuottajalla tässä tarkoitetaan sähkö- ja elektroniikkalaitteiden valmistajia, ammattimaisia maahantuojia, sekä omalla tuotemerkillään laitteita myyviä myyjiä. Tuottajavastuun piiriin kuuluvista sähkö- ja elektroniikkalaitteista löytyy lista valtioneuvoston asetuksen 852/04 liitteestä 1. Valtioneuvoston sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskevassa asetuksessa niillä tarkoitetaan kaikkia laitteita, joita pidetään jätelain 3 §:n 1 momentin mukaisena sähkö- ja



## 6 SER ULKOMAILLA

Vuonna 2009 Yhdysvalloissa syntyi noin 3.2 miljoonaa tonnia elektroniikkajätettä, josta EPA:n mukaan (2011) vain 600 000 tonnia, eli 17.7% kierrätettiin. Loput jätettiin lojumaan kaatopaikoille, tai poltettiin jätteenpolttolaitoksissa. (Murugesan ym. 2012, 35.)

Jätteitä rahdetaan kehitysmaihiin, koska käsittelyfirmat saavat siitä rahaa, ja koska kierrätys on siellä paljon halvempaa. Esimerkiksi yhden tietokoneen kierrätys maksaa Yhdysvalloissa 20 dollaria, ja Intiassa tai Kiinassa 2 dollaria. Jätteitä ei kuitenkaan valitettavasti yleensä kierrätetä siellä oikein, vaan usein poltetaan tavoitteena kerätä talteen komponentit ja metallit, tai heitetään jokiin. Tästä seuraa valtavia ympäristöhaittoja niin ekosysteemille, kuin myös käsittelijöille itselleen. Turvamääräyksiä kun ei ole, eikä tietoa prosessin aiheuttamasta terveyshaitasta. (Murugesan ym. 2012, 36.)

Kehitysmaissa elektroniikkajätteen keräyksestä, kuljetuksesta ja kierrätyksestä on tullut tuottoisa liiketoimi järjestäytymättömässä / epävirallisessa sektorissa, missä elektroniikkajätteen kauppias / kerääjä / kierrättäjä maksaa kuluttajalle tuotteesta. Koska pienellä rahalla pääsee aloittamaan epävirallisen toimen, pienet toimijat voivat pitää kauppaa hyvänä bisnesideana. Pääkannustimena toimii tietenkin raha, eikä ympäristöä, ammatillisia puolia tai terveysriskejä useinkaan oteta, tai voida ottaa huomioon. (UNEP 2007a, 47.)

Suurimmassa osassa kehitysmaita epävirallisen lohkon osuus alkaa jätteen keräämisestä, ja jatkuu ainakin jossain määrin aina loppuun saakka. Kuitenkin, jotkut operointivaiheet saattavat puuttua kokonaan osasta maita. Eli jätettä esimerkiksi tuodaan maahan, mutta siitä otetaan irti vain toimivat osat, ja loput viedään toiseen maahan kierrätettäväksi. Joissain maissa jätteen tuonti, tai jätteen tuonti kierrätystä varten onkin kielletty. On raportoitu, että paikalliset toimijat keräävät jätettä ilman mitään laillista säädöstä kehitysmaissa, kuten Kambodzassa, Kiinassa, Malesiassa, Sri Lankassa ja Thaimaassa. Usein kerätään myös vain arvokasta, kierrätyskelpoista jätettä ja muut jätetään. (UNEP 2007b, 17.)

Kehitysmaihiin viennin lisäksi on olemassa varsinaisia keskittymiä, jopa kaupunkeja, jotka ovat keskittyneet jätteen käsittelyyn. Näille alueille keskittyvät myös pahimmat terveys- ja ympäristöongelmat, jotka johtuvat myrkyllisten aineiden käsittelystä. Jättemäärät kasvavat kaiken

aikaa, mutta valmistajat voivat vähentää terveysvaikutuksia pyrkimällä minimoimaan haitallisten aineiden käytön, sekä mahdollisesti osallistumalla niiden kierrätykseen. Teollisuusmaat taas voivat tehdä itse enemmän haitallisten aineiden poistamiseksi. (Wikipedia 2014c, viitattu 13.7.2014.)

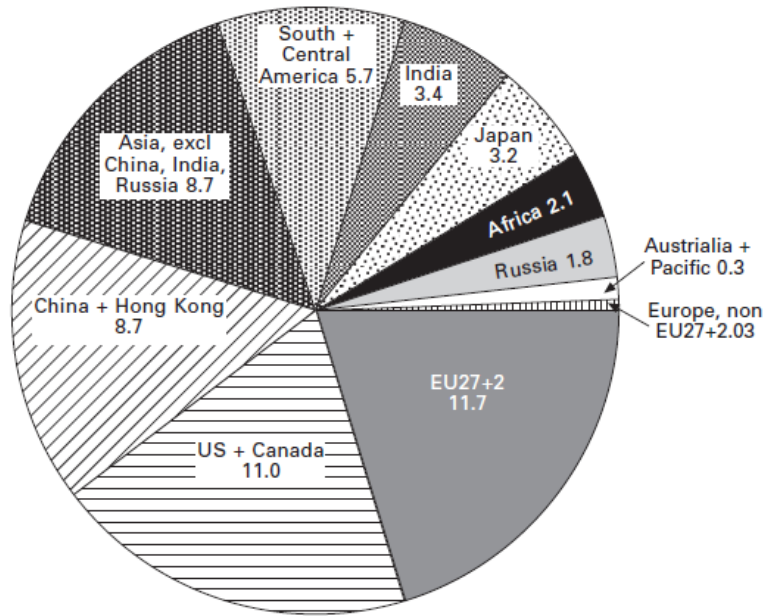
Huomattava kasvu elektroniikkatuotteiden valmistuksen määrässä on tehnyt valtavat vaatimukset niiden materiaalien tarjonnalle, joita valmistukseen tarvitaan. Joissakin tapauksissa ei ole välitöntä ongelmaa tarvittavien materiaalien toimittamiseksi, mutta joitain toisia harvinaisempia, mutta usein tarvittavia materiaaleja koskevat jatkuvat huolet tarjonnan jatkuvuuden suhteen, sillä tunnetut saatavilla olevat varannot ovat joko rajallisia, tai niiden tuottajamaat ovat voineet rajoittaa niiden käyttöä. Viimeisen noin 20 vuoden aikana on tapahtunut merkittävä muuttoliike elektroniikan valmistuksen kapasiteetissa lännestä, eli Euroopasta ja Yhdysvalloista kaukoitään ja erityisesti Kiinaan. Tuloksena on ollut, että useimmat länsimaisten kuluttajien sähkö- ja elektroniikkatuotteista on valmistettu Kiinassa. (Goodship ym. 2012, 132-133.)

Tämä on johtanut siihen skenaarioon, että vaikka tuotteiden valmistuksessa tarvittavia materiaaleja tarvitaan Kiinassa, elinkaarensa päässä ne ovat usein kaukana sieltä, missä niitä voitaisiin käyttää uudelleen. Näihin materiaaleihin käsiksi pääsemisellä on myös strategisia seurauksia, ja toimitusvarmuuden takaamisen kanssa voi tulla ongelmia, jos kehitysmaat, kuten Kiina, ohjaavat keskeisten elementtien ja mineraalien toimitusketjuja vientitullien ja rajoitusten avulla, jotta pystyvät suojelemaan omia sisäisiä vaatimuksiaan, jotka johtuvat nopeasta teknologisesta kasvusta. Lisäksi, jotkut tärkeämmistä nykyisten elektroniikkatuotteiden valmistamiseksi tarvittavista elementeistä ovat suurelta osin louhittu malmiesiintymiltä Kiinasta. British Geological Surveyn mukaan Kiina toimittaa noin 96% kaikista maailman harvinaisista maametalleista, ja se on alkanut viime aikoina rajoittaa vientiään näiden tärkein materiaalien suhteen. Tämä johtuu osittain siitä, että Kiinalla itsellään on suuri tarve näille materiaaleille, kuten neodyymille, dysprosiumille ja terbiiumille. (Goodship ym. 2012, 132-133.)

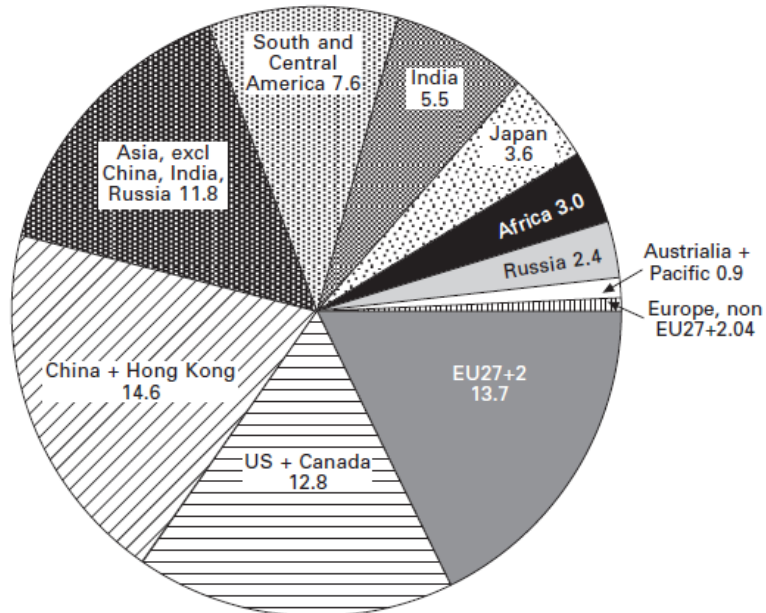
Kuviossa 13 on kuvattu vuosien 2010 ja 2015 (arvion) kehitystä markkinoille tulevien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden määrässä maittain ja alueittain. Arvio perustunee edellisten vuosien kehityksiin. Ympyrädiagrammeista nähdään, että vuonna 2010 kaksi suurinta osuutta kuuluu EU:lle, sekä Pohjois-Amerikalle, mutta vuoden 2015 arviossa Kiinan ja Hong Kongin alueiden osuus kasvaa kaikista suurimmaksi. Myös Intian suhteellinen osuus kasvaa huomattavasti. Muiden alueiden osuudet pysyvät likimain samana, vaikka kaikkien todelliset määrät kasvavatkin, paitsi

Euroopan ja Pohjois-Amerikan suhteelliset osuudet pienenevät. Saman trendin voi olettaa jatkuvan myös tulevaisuudessa.

**Markkinoille tulleet sähkö- ja elektroniikkalaitteet 2010 (57.4Mt)**



**Markkinoille tulevat sähkö- ja elektroniikkalaitteet 2015 - arvio (76.1Mt)**



*KUVIO 13. Markkinoille tulevien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden markkinakehitys. (Goodship ym. 2012, 107.)*



## 7 JÄTTEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Jätettä rahdataan yleensä rikkaammista teollisuusmaista köyhempiin kehitysmaiin. Tällä on sekä hyviä, että huonoja seurauksia. Vastustajien mielestä teollisuusmaat käyttävät kehitysmaita roskiksenaan haitallisille ympäristömyrkyille, koska niiden oikeaoppinen hävittäminen on liian kallista ja ympäristölle haitallista. Kehitysmaissa taas jätteet usein poltetaan luonnosta piittaamatta. Puolustajien mielestä taas vienti tuo uusia työpaikkoja ja käytettyjä laitteita kehitysmaiin edullisesti saataville, mikä johtaa kehitykseen. Lisäksi heidän mukaansa kierrätyksessä saatavat metallit kuormittavat ympäristöä vähemmän kuin vastaava kaivosteollisuus. Valmistajat ovat luonnollisesti uusiokäyttöä vastaan, ja ovat mahdollisesti pyrkineet saamaan aikaan tuontikieltoja kehitysmaiin. (Wikipedia 2014c, viitattu 13.7.2014)

Ilma yhdellä maailman suurimmista elektroniikkajätteen kierrätysalueista, Kiinan Guiyussa on erittäin saastunut. Siitä on mitattu ennätysmäärä dioksiineja, 9 kilometrin päässä sijaitsevassa Chendianissa on dioksiinimäärä 12-18 kertaa matalampi, mutta 450 kilometrin päässä sijaitsevassa Guangzhoussa pitoisuudet ovat jo 37-133 kertaa matalammat. Tämä viittaa siihen, että saasteet leviävät myös alueen ulkopuolelle. Aikuisen ihmisen saamat dioksiinimäärät on todettu alueella olevan 15-56 kertaa korkeammat, kuin WHO:n suositukset sallivat. (UNEP 2007a, 48-49.)

Maailmanlaajuiset määrät uusien, markkinoille tulleiden elektroniikkalaitteiden osalta ovat moninkertaistuneet vuoden 1990 20 miljoonasta tonnista vuoden 2015 arvioon yli 75 miljoonasta tonnista. Toistaiseksi, tiedot kansainvälisistä elektroniikkajätteen määristä ovat erittäin epävarmoja. Lisäksi, tiedot kansainvälisistä virroista ovat yhtä epävarmoja, mikä yhdistettynä laitteissa oleviin ympäristöä vahingoittaviin aineisiin, ja toisaalta niissä oleviin arvokkaisiin materiaaleihin, tekevät elektroniikkajätteestä erittäin monimutkaisen jätteen lajin. (Goodship ym. 2012, 93-94.)

Elektroniikkajätteen ympäristövaikutukset ovat yhteyksissä moniin ympäristöteemoihin samanaikaisesti. Merkittäviä määriä myrkyllisiä ja ympäristöä kuormittavia materiaaleja, kun niitä ei hävitetä tai kierrätetä oikein (kuten kadmium, beryllium, lyijy, elohopea, palonestoaineet) sisältävien jätteen lisäksi huolta aikaansaavat ilmastonmuutosta aiheuttavat yhdisteet (CFC:t) jääkaapeissa, ja materiaalit, joita pidetään yhä etenevässä määrin kriittisinä resurssien ehtymisen

kannalta (indium, gallium jne.). Vaikkakaan elektroniikkalaitteet eivät ole luonnostaan myrkyllisiä käytössä ollessaan, tai poissa käytöstä, saattaa materiaalien kierrätysprosessi itsessään aiheuttaa niin teollisuusmaissa, kuin etenkin kehitysmaissa, vakavasti ympäristöä vaurioittavia saasteita. (Goodship ym. 2012, 93-94.)

Ympäristövaikutuksia yritetään hillitä useiden eri periaatteiden ja lainsäädäntöjen mukaan, kuten Baselin yleissopimuksen ja Euroopan WEEE-direktiivin voimin. Kuitenkin, luontaiset materiaalit ja korjaus tai uudelleenkäyttöarvo epävirallisella sektorilla on tärkeä markkina-ajuri kaupankäymiseksi virallisten ja ohjattujen kanavien ulkopuolella. Lisäksi elektroniikkajäteongelman korjaamiseen tarvitaan kattava lähestymistapa ja yhteistyötä monien eri toimijoiden välillä (suunnittelu, kulutus, kerääminen, kierrätys, kaupankäynti, rahoitus, valvonta ja tutkimus), eli elektroniikkatuotteiden koko elinkaaren osalta. Valitettavasti useimpia käytänteitä ja lainsäädäntöjä voidaan pitää kansallisina, tai osavaltioiden välisenä tilkkutäkinä, jossa ratkaisut ovat puutteellisia periaatteiden, vastuun, täytäntöönpanon ja valvonnan selkeyden puuttumisen vuoksi. Sen lisäksi kansainväliseltä elektroniikkajätteen tilalta puuttuvat markkinoiden kannustimet tilanteen parantamiseksi. (Goodship ym. 2012, 93-94.)

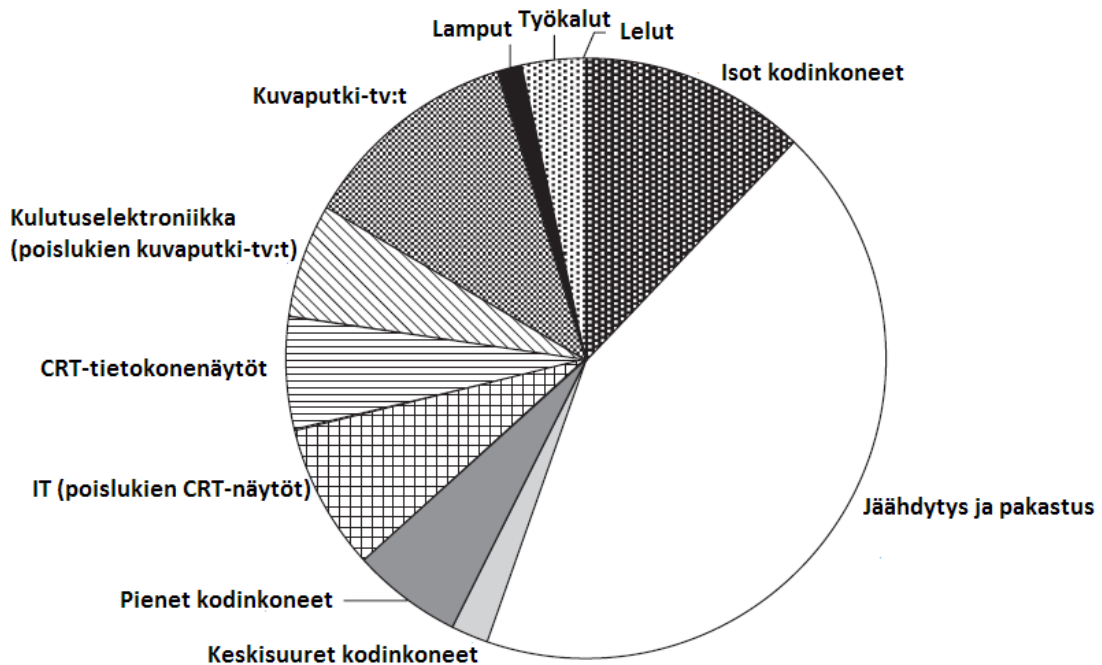
Avainsana tähän kansainväliseen tilanteeseen on tieteelliset tehtävät, joissa pitäisi tehdä tarvittavat selvitykset ja riippumattomat vastaukset siitä, mitä näissä monimutkaisissa järjestelmissä on tosiasiasa tapahtumassa. Tarkemmin sanottuna, mitä tarkoituksia ja interventioita voitaisiin käyttää helpottamaan pitkäaikaisia muutoksia järjestelmään yhteiskunnallisen ja yleisen kestävän kehityksen näkökulmasta? Haetaan vastauksia mm. näihin peruskysymyksiin:

1. Kuinka paljon elektroniikkajätettä on?
2. Kuinka vaarallista se on? Miten erilaisia ympäristövaikutuksia tulisi priorisoida?
3. Kenen pitäisi maksaa mistäkin?

Nämä kolme kysymystä ovat lähtökohtana elektroniikkajätteen vaikutusten arvioinnille, sekä myös tarjoavat faktaan perustuvia ohjeita siitä, miten jätteiden takaisinottoa ja kierrätystä voitaisiin kehittää. (Goodship ym. 2012, 93-94.)

Kuviossa 14 on kuvattu eri SER-jätekategorioiden aiheuttamia suhteellisia ympäristövaikutuksia. Ympyrädiagrammista huomataan, että lähes puolet ympäristövaikutuksista on seurausta

jäähdytys- ja pakastustuotteiden käytöstä poistamisesta. Myös kuvaputki-tv:t ja isot kodinkoneet aiheuttavat suuria ympäristövaikutuksia.



KUVIO 14. Eri jättekategorioiden ympäristövaikutukset. (Goodship ym. 2012, 110.)

### Ympäristöystävällisen tuotteen valmistaminen

Suunnitteluvaiheessa ideasta muodostetaan konsepti, ja tuote suunnitellaan, toteutetaan prototyyppi ja testataan. Vaikka suunnitteluvaihe ei suoranaisesti vaikuta ympäristöön, siinä tehdyillä valinnoilla esim. materiaaleilla on suuri merkitys seuraavissa vaiheissa. Siksi on tärkeää pyrkiä pitämään ympäristövaikutukset jokaisessa vaiheessa mahdollisimman pienenä, säilyttäen kuitenkin suorituskyvyn ja muut vaatimukset. Jos halutaan tehdä ympäristöystävällinen tuote, täytyy tavoitteet ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, rinnakkain muun konseptoinnin kanssa. Tuotteen koko elinkaari tulee kartoittaa, jotta saadaan selville sen arvioidut ympäristövaikutukset, valmistuksesta ja kuljetuksesta käyttöön sekä hävittämiseen. Jotta tavoitteet saadaan täytettyä, joudutaan tuotteen suunnitelmaa yleensä muuttamaan. (Murugesan ym. 2012, 25-26.)

Valmistusvaiheessa toteutetaan suunnitelmaa, pyrkien käyttämään mahdollisimman vähän ympäristövaikutuksia aiheuttavia materiaaleja. Tuotteista voidaan myös tehdä komponenttivalinnoilla mahdollisimman kestäviä (jos valmistaja niin haluaa). Pidempään käyttöä

kestävät tuotteethan ovat ympäristön kannalta parempia, mutta usein esimerkiksi tietokoneissa se ei ole välttämätöntä, sillä komponentit vanhenevat joka tapauksessa tekniseltä kannalta. Pienemmät tuotepakkaukset säästävät paketoinnissa ja kuljetuksessa, ja lisäksi tuottavat lopuksi vähemmän jätettä. Jonkinlainen suunnitelma käytön lopetuksen suhteen on yleensä jo myös tehty. (Murugesan ym. 2012, 26, 28-29.)

## 8 TALOUDELLINEN VASTUU ELEKTRONIIKKAJÄTTEESTÄ

Jätettä syntyy koko ajan enemmän. Tämä yhdistettynä kasvavaan huoleen ilmastonmuutoksesta, on tehnyt elektroniikkajäteongelmasta vakavan ja kiireisen. Yksi hyvä kysymys on se, mikä on valmistajan vastuu kierrätykseen liittyen. Kuten jo mainittu, valmistaja voi vaikuttaa materiaalivalintoihin. Suoraan valmistajan vastuulla oleva kierrätys olisi siinä mielessä hyvä, että materiaali saataisiin tehokkaasti takaisin uusiokäyttöön ja valmistaja saisi "omansa pois". Näin toimivaa kierrätystä olisi kuitenkin vaikea toteuttaa, eivätkä valmistajat siitä luultavasti innostuisi kustannusten vuoksi. (Wikipedia 2014c, viitattu 14.7.2014; Murugesan ym. 2012, 36.)

Talouselämä ohjaa elektroniikkajätteen arvoketjua kaikissa maissa. Suurimmassa osassa teollisuusmaita on käytössä "saastuttaja maksaa" -periaate, jolla ohjataan jätteen kiertoa, ja kuluttajilta se peritään tuotteen hintoihin lisättyllä kierrätysmaksulla, joka ohjataan tuottajavastuun järjestöille (Producer Responsibility Organisations = PROs). PRO toimii tuottajien ja valmistajien kanssa, ja on vastuussa jätteiden keräämisestä, kuljetuksesta ja kierrätyksestä. EPA:n (Extended Producers Responsibility = pidennetty valmistajan vastuu) säännösten mukaisesti, niin oikeudellisesti kuin myös toiminnallisesti. EPA on ympäristönsuojelun strategia, jossa elektroniikkatuotteen valmistaja on vastuussa tuotteensa koko elinkaaresta, erityisesti sen takaisin otosta, kierrätyksestä ja loppusijoituspaikasta pystyäkseen saavuttamaan ympäristötavoitteet liittyen tuotteesta johtuvan ympäristövaikutteen vähentämiseen. (Murugesan ym. 2012, 47.)

### 8.1 Direktiivit ja lainsäädäntö

Tuotekohtainen lainsäädäntö on kansainvälistä, koska tuotteita myydään kaikkialla maailmassa. Esimerkiksi RoHS on Eurooppa-pohjainen direktiivi, joka vaikuttaa myös tuotteiden valmistukseen Yhdysvalloissa. Tämä johtuu siitä, että Yhdysvaltalais-valmistajien tuotteiden tulee täyttää EU:n vaatimukset, jos haluavat myydä tuotteitaan EU-alueella. (Calder 2009, 17.)

Envirowise on laskenut, että UK:n taloudelle syntyy direktiivien takia kuluja 120 miljoonaa puntaa vuodessa yli 10 vuoden ajan RoHS direktiivin aiheuttamiin tutkimus- ja kehitysmenoihin, 217-455 miljoonaa puntaa vuodessa WEEE-direktiivin noudattamiseksi, ja 55-96 miljoonaa puntaa vuodessa lisäkuluja RoHS:in vaatimien vaihtoehtoisten materiaalien käytön takia. (Calder 2009, 18.)

Tärkein direktiivi Euroopassa on nykyään WEEE-direktiivi. Sen tavoitteena on parantaa tuotteen koko elinkaaren vaiheita, pitäen silmällä sen korjausta, mahdollista päivitystä, uudelleenkäyttöä, purkamista sekä kierrätystä. WEEE-säännökset koskevat niin tuottajia, jälleenmyyjiä, jakelijoita, viranomaisia, maastavientiä, jälleenkäsittelyä, yrityksiä ja muita ei-kotitalouksien käyttäjiä. WEEE-tuotteista löytyy logo merkinä siitä, ettei niitä tule hävittää kunnallisissa jätteenkeräyslaitoksissa. WEEE koskee ICT:stä IT- ja tietoliikennelaitteita, sekä myös tarvikkeita, kuten näppäimistöjä ja kaapeleita. (Calder 2009, 23.)

WEEE:ssä valmistajien tulee ottaa vastuuta tuotteidensa jälkikäsittelystä joko itsenäisesti, tai hallituksen hyväksymän jätteenkäsittelyfirman kautta. Tätä kutsutaan pidennetyksi valmistajan vastuuksi (EPR). Valmistajan tulee lisäksi antaa informaatiota uudelleenkäytöstä ja käsittelystä oppaiden muodossa jokaisesta uudentyyppisestä markkinoille tulevasta tuotteesta. Tähän informaatioon kuuluu myös eri komponenttien ja materiaalien tunnistus, sekä kaikkien vaarallisten aineiden sijainnit tuotteessa. Jälleenmyyjien taas täytyy ottaa vastaan vanhoja tuotteita, tai kuulua jätteenkeräysfirman piiriin. (Calder 2009, 24.)

## **EU:n lainsäädäntö**

Euroopan unionin tapa käsitellä jäteasiaa viimeisen 30 vuoden ajalta on ollut sarja ympäristötoimintaohjelmia. Lainsäädäntö asetusten ja direktiivien muodossa jätteiden käsittelemiseksi, kuten "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) on vain yksi niistä lukuisista työkaluista, joita Euroopan unioni on käyttänyt yrityksissään hallita tiettyjä jätevirtoja. Koska elektroniikkalaitteet, ja sitä kautta elektroniikkalaiteromu voi sisältää vaarallisia kemikaaleja, on siihen sovellettava vaatimuksia ei ainoastaan WEEE-direktiivistä, vaan myös "Restriction on Hazardous Substances" (RoHS)-direktiivistä (eli vaarallisten aineiden rajoittamisesta), sekä "the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of CHemicals" (REACH)-määräyksestä (eli kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, valtuutuksesta ja rajoittamisesta). Sen vuoksi, että EU:n lainsäädännöllistä perussopimusta on tulkittu sanamuotojen mukaan, on nykyisestä lainsäädännöstä tullut hyvin erilaisia tulkintoja eri EU:n jäsenmaissa. Tämä on johtanut hyvin vaihteleviin käytäntöihin ympäri EU:ta ja direktiivien hajanaiseen toimeenpanoon. Lopputuloksena on ollut kehnot keräystasot, matala täytäntöönpano ja jatkunut laitton elektroniikkajätteen vienti. Näihin ongelmiin puuttuakseen, Euroopan komissio päätti laatia uudelleen sekä WEEE-, että RoHS-direktiivit, ja ehdotti REACH-määräyksiin lakimuutoksia. Ehdotettujen muutosten tavoitteena on vähentää nykyisen lainsäädännön epäselvyyksiä, sekä asettaa tuotteiden valmistajille entistäkin

suurempi vastuu, eli valmistajien toivotaan pitävän huolta tuotteistaan ja niistä syntyneistä jätteistä. (Goodship ym. 2012, 17.)

#### *WEEE-direktiivi*

WEEE-direktiivin tavoitteena on estää ja minimoida elektroniikkajäte ”the Waste Framework Directive”:ssä julkaistujen periaatteiden mukaisesti (uudelleenkäyttö, kierrätys ja materiaalien palautus). Vastuu elektroniikkajätteen keräämisestä, käsittelystä, kierrätyksestä ja materiaalien palautuksista aiheutuneista kustannuksista on laitettu valmistajille, sekä jakelijoille. Jotta tämän onnistuminen voitaisiin varmistaa, direktiivi edellyttää valmistajia perustamaan joko omakohtaisen, tai osallistumaan yhteiseen teemaan jätteiden keräämisen ja käsittelyn rahoittamiseksi. Direktiivi koostuu 19 eri artiklasta. (Goodship ym. 2012, 26-27.)

#### *RoHS-direktiivi*

”Restriction on Hazardous Substances”-direktiivi on WEEE-direktiivin kanssa yhteistyössä toimiva lainsäädäntö. Toisin kuin WEEE-direktiivi, RoHS-direktiivi on säädetty artiklan 95 mukaan Euroopan yhteisön sopimuksella, jossa on paljon vähemmän joustavuutta, kuin artiklan 175 säädöksissä, kuten WEEE-direktiivissä. Tarkoituksena on, että lainsäädäntö artiklan 95 takana tultaisiin ottamaan käyttöön yhdenmukaisesti koko Euroopan unionin alueella. Kuitenkin myös RoHS-direktiivi on jouduttu WEEE-direktiivin tavoin laatimaan uusiksi. (Goodship ym. 2012, 38.) RoHS-direktiivi koostuu kymmenestä artiklasta ja siihen liittyvästä liitteestä, ja se tulisi lukea rinnan kanssasisaruksensa WEEE-direktiivin lainsäädännön kanssa. Direktiivin tavoitteina on suojella ihmisten ja eläinten terveyttä, ja varmistaa ympäristön kannalta järkevä elektroniikkajätteen materiaalien palautus ja hävittäminen. (Goodship ym. 2012, 38.)

#### *REACH-direktiivi*

”Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals Directive” eli REACH on pitkä ja monimutkainen EU-asetus, jonka tarkoituksena on suojella ihmisten terveyttä ja ympäristöä, samanaikaisesti myös tukien kemianteollisuuden välistä kilpailua. Säännökset julkaistiin vuonna 2006 samanaikaisesti sen sisaruslainsäädännön ”Dangerous Substances Directive”:n lakimuutosten kanssa. Asetus koostuu 141 artiklasta ja 17 liitteestä ja on 849 sivua pitkä. (Goodship ym. 2012, 44-45.)

REACH-asetus määrittää kemianteollisuuden lainsäädännön, ja sitä kautta myös elektroniikkalaitteiden teollisuuden, ja sitä hallitsee European Chemicals Agency (ECHA), jonka vastuulla on yhtenäisyyden varmistaminen kaikkialla Euroopan unionissa. Ennen REACH:ia kemikaaleja koskevat riskit oli kuvattu lukuisissa eri direktiiveissä ja asetuksissa, jotka lopulta kumottiin ja korvattiin REACH-järjestelmällä, jotta pystyttäisiin yhdenmukaistamaan käytäntöjä ympäri Eurooppaa. (Goodship ym. 2012, 44-45.)

Vanhojen säännösten mukaisesti kemikaalit jaoteltiin joko entisiin, tai uusiin kemikaaleihin, riippuen siitä, olivatko ne EU:n markkinoilla vuosien 1971 ja 1981 välillä, vai vasta sen jälkeen. Kaikki olemassa olevat kemikaalit oli kirjattava European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances:sa (EINECS), mutta vaatimuksiin ei kuulunut niiden pakollinen testaaminen ennen markkinoille tuloa. Uudet aineet sen sijaan vaadittiin testaamaan ennen markkinoille asettamista. Aiempiin käytänteisiin liittyi paljon ongelmia, kuten erilaiset raportointi- ja valvontamekanismit nykyisten ja uusien kemikaalien välillä, mikä teki yhtenäisen ja kattavan informaation keräämisestä, liittyen kemikaalien käyttöön liittyviin riskeihin, hyvin hankalaa. Sen lisäksi, vastuu säännösten käytäntöönpanosta viranomaisten, valmistajien, maahantuojien jne. kesken olivat epäselvät. (Goodship ym. 2012, 44-45.)

Kuten monet muut aiemmin mainitut direktiivit, REACH asettaa vastuuta valmistajille ja tuottajille, varmistaakseen, että kaikki kemikaalit, joita he asettavat markkinoille, ovat kunnollisesti arvioituja ja hallittuja niihin liittyvien riskien osalta. Viranomaisten tehtäväksi jää varmistaa, että teollisuus täyttää nämä velvollisuudet. REACH-asetukset soveltavat edelleen aiemmin mainittuja nykyisten ja uusien kemikaalien määräyksiä, mutta niitä kutsutaan nyt "non-phase in" ja "phase in" aineiksi. (Goodship ym. 2012, 44-45.)

## **Ongelmia**

Monien materiaalien, jotka ovat yleisiä monissa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, suhteen on jouduttu tekemään muutoksia lainsäädäntöjen (kuten RoHS-direktiivin) takia. Ehkä parhaiten tunnettu esimerkki tästä on ollut siirtyminen lyijypohjaisesta juotosaineesta lyijyttömään, mikä on ollut vaatimuksena suurimmalle osalle Euroopassa myytäviä tuotteita vuodesta 2006, ja mikä koskee nyt valmistajia maailmanlaajuisesti. Vaikkakaan monia pitkäikäisiä tuotteita, kuten televisioita tämä ei välttämättä vielä koske, niin jätteiksi päätyvät lyhyen käyttöajan tuotteet, kuten matkapuhelimet tulevat todennäköisesti sisältämään vaihtelevia metallikoostumuksia ja laajempia



metallien kirjoja, kuin perinteiset lyijyä sisältävät tina-lyijy-kupari -pohjaiset juotokset ja niihin liittyvät komponentit ja piirilevyt. Vastaavasti kadmiumin, elohopean ja kuusiarvoisen kromin, sekä joidenkin bromattujen palonestoaineiden kieltäminen on johtanut koostumuksien muutoksiin, josta taas seuraa laajempi valikoima erilaisia materiaaleja jätevirtaan. Tällä puolestaan on vaikutuksia kaikkiin uusiin kierrätyksen teknologioihin, jotka on kehitetty suuntautumaan yksittäisiin jätevirtoihin. Tämä tarkoittaa erityisesti myös sitä, että uudelleenkäyttöön uusiin elektroniikkatuotteisiin tarkoitettu kierrätysmateriaali ei saa sisältää mitään lainsäädännön kieltämiä materiaaleja. Esimerkiksi, voi olla tarpeen varmistaa, että kierrätetyt muovimateriaalit eivät sisällä mitään kiellettyjä bromattuja palonestoaineita, jos niitä on tarkoitus käyttää kierrätysmateriaaleina polttamisen ja energian talteenoton sijaan. (Goodship ym. 2012, 124.)

## Yhteenveto

Kuviossa 15 on kuvattu kansainvälisesti merkittäviä lainsäädäntöjä ja ympäristöaloitteita elektroniikkajätteeseenkin liittyen.

Nimi	Kuvaus	Missä käytetään	Nimi	Kuvaus	Missä käytetään
RoHS	Vaarallisten materiaalien käyttö tuotteiden valmistuksessa	EU, Kalifornia, Kiina	The Resource Recycling of Electrical and Electronic Equipment and Vehicles	Elektroniikkatuotteiden hävittäminen	Etelä-Korea
Top Runner program	ICT-tuotteiden energiatehokkuus	Japani			
WEEE	Elektroniikkatuotteiden hävittäminen	EU	Lieberman-Warner Climate Security Act	Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen (siirretty)	US
Electronic Waste Recycling Act (EWRA)	Elektroniikkatuotteiden hävittäminen	Kalifornia	Climate Change Levy	Parantunut energia- tehokkuus ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	UK
The Promotion of Effective Utilization of Resources	Elektroniikkatuotteiden hävittäminen	Japani	REACH	Kemikaalien käyttö ja sääntely	EU

KUVIO 15. Keskeisiä kansainvälisiä lainsäädäntöjä ja ympäristöaloitteita. (Calder 2009, 16-17.)

## 8.2 Keräysjärjestelmät ja mallit

### 8.2.1 Sidosryhmät

Tuotteen elinkaareen liittyvät monet eri ryhmät ja sitä kautta myös jätteen syntyyn ja kulkuun. Tärkeimpiä näistä ovat valmistajat, tuottajat, maahantuojat, jälleenmyyjät (yritykset / valtio / muut), kuluttajat (yksityiset / yritykset / valtio / muut), kauppiaat, jälleenmyyjät (toiset), romukauppiaat, purkajat, korjaajat ja kierrättäjät. Jokaisella askeleella käydään tuotteista kauppaa. Kehitysmaissa suurin osa näistä sidosryhmistä on epävirallisia. Monissa maissa ei edes myydä tavaraa uutena. Joitain sidosryhmiä, kehitysmaan kontekstissa (UNEP 2007b, 20-21.):

#### *Valmistajat ja jälleenmyyjät*

Elektroniikkajätettä syntyy jo tässä rikkinäisistä IC-siruista, emolevyistä, näytöistä ja muista oheislaitteista valmistusprosessin yhteydessä. Siihen kuuluvat myös takuuajana kuluttajilla hajonneet ja palautetut laitteet, jotka eivät ole päässeet läpi laatuksia.

#### *Maahantuojat*

Valtava määrä elektroniikkajätettä, kuten näyttöjä, tulostimia, näppäimistöjä, prosessoreita, kirjoituskoneita, projektoreita, kännyköitä, PVC kaapeleita jne. tuodaan maahan. Tavaraa on monenlaista ja kokoista, ja osa on täysin toimivaa, kun taas osa ei kelpaa edes kierrätysmateriaaliksi (taloudellisesti).

#### *Yksityistaloudet*

Suurin osa talouksista ei suoraan myy vanhentunutta elektroniikkajätettä romukauppaan. Toivottu tapa on saada se vaihdettua jälleenmyyjällä, kun ostetaan uutta laitetta, tai antaa se sukulaisille tai ystäville. Jälleenmyyjälle vaihdettaessa tulee jätteen jatkokäsittely hänen vastuulleen.

#### *Yritykset / Valtio*

Yrityssektori (valtion virastot, julkiset tai yksityiset sektorit, kansainväliset yritykset jne.) olivat ensimmäisiä IT:n ja IT-tuotteiden käyttäjiä, ja nykyään ne muodostavat merkittävän osan kaikista asennetuista ICT-laitteista. Järjestelmien muuttuessa, vanhat laitteistot eivät enää ole

yhteensopivia uusien tarpeiden ja vaatimusten kanssa, ja niistä joudutaan luopumaan antamalla ne purku- tai kierrätysyrityksille, jotka hakevat ne huutokaupan, tai muun liiketoiminnan käytännön mukaan.

#### *Kauppiaat / Romukauppiaat / Purkajat*

Suurin osa sidosryhmistä tässä kategoriassa kuuluu järjestäytymättömään / epäviralliseen sektoriin. Heti kun elektroniikkajäte on saatu haltuun eri lähteistä, romukauppiaat päättävät mitkä tuotteet voidaan purkaa, ja mitä voidaan säilyttää jälleenmyyntiä varten. Tämä päätös perustuu siihen, mikä on toimivaa ja millä käytetyillä tuotteilla on jälleenmyyntiarvoa. Ne jätteet, mitä ei aiota myydä, varastoidaan purkamista varten.

#### *Kierrättäjät*

Kierrättäjien luonne ja tyyppi vaihtelee huomattavasti teollisuusmaiden ja kehitysmaiden välillä. Teollisuusmaissa kierrätysoperaatiot saattavat olla kombinoituja toimintoja purkamisen kanssa integroiduissa laitoksissa, tai vaihtoehtoisesti romukauppiaat saattavat hoitaa purkuoperaation, erotella jätteet ja lähettää ne isoihin sulattoihin, joissa niistä saadaan irti eri materiaalit käyttäen hyväksi tekniikoita, kuten avointa paahtoa (open roasting), pienen mittakaavan sulatusta (small scale smelting), tai happokylpyä (acid bath). Jätteet leviävät eri alueille organisoidussa ja epävirallisessa sektorissa, ja yksi kierrättäjä ottaa yleensä hoitaakseen yhden metallin kierrätysoperaatiossa. Yleensä nämä sidosryhmät eivät ole keskittyneet tiettyyn paikkaan, vaan levinneet eri alueille, niin että jokaisen tehtäväksi tulee eri kierrätyksen muoto. Yleisesti ottaen on havaittu, että kehitysmaissa kierrätystä tehdään käytänteillä avoin paahto, sulatus ja happokylpy epävirallisen sektorin toimesta, eri metallien palauttamiseksi.

Yllä lueteltujen eri sidosryhmien vaarallisten kierrätys- ja hävittämismenetelmien lisäksi kehitysmaissa ei ole myöskään organisoitua keräys- lajittelu- tai kuljetussysteemiä. (UNEP 2007b, 20-21.)

### **8.2.2 Keräysjärjestelmät**

Jokaisen maan lainsäädäntö on perustana elektroniikkajätteen keräysjärjestelmälle. Kansallisella tasolla on yleisesti ottaen kaksi eri kategorialla jätteen keräämiseksi; kollektiivinen järjestelmä

(monopoli), sekä kilpailuun tai kilpailutukseen perustuva järjestelmä. Kummankin järjestelmän tavoitteena on tuoda jätteenhallintapalveluita alennetuilla hinnoilla käyttäjien (yksityisten ja yritysten) saataville ja varmistaa määräysten noudattaminen kansallisella tasolla.

### *1. Kollektiivinen järjestelmä*

Kollektiivinen järjestelmä on järjestelmä, joka on vastuussa kaiken, tai suurimman osan valtion rajojen sisällä tapahtuvasta elektroniikkajätteen keräyksestä, kierrätyksestä ja muusta rahoituksesta. Tämä on oletusjärjestelmä valtioissa, joissa on muodostettu elektroniikkajätteen indeksointi kansallisella tasolla. Järjestelmän toteuttajien oikeudet vaihtelevat maasta maahan, mutta ne ovat yleensä ei-valtiollisia, ei-voittoa tavoittelevia yhtiöitä, jotka ovat perustaneet ja omistavat yksi tai useampi kauppayhdistys. Ne ovat järjestäytyneet tuotekategorioiden, jotta saavutettaisiin maksimaalinen tehokkuus kierrätysoperaatioissa, ja jotta saataisiin tietoa markkinoista kierrätetyn materiaalin ja tuotteiden uusiokäytön suhteen.

### *2. Kilpailullinen järjestelmä*

Kilpailullinen järjestelmä on järjestelmä, jossa useat yhteistyökumppanit (tuottajat, kierrättäjät ja muut jätteenhoito-organisaatiot) voivat tuottaa palveluita kilpailun perusteella. Valtion tehtäväksi jää varmistaa, että tuottajista pidetään rekisteriä, ja lisäksi se määrittelee jakamismekanismit, sekä raportointi- ja seuranta järjestelmän. Keskeisen kansallisen koordinoivan elimen vastuuna on määrittää jokaisen tuottajan keräysvelvollisuus (kansallisen rekisterin kautta) ja määrätä tämä velvollisuus noudattamaan järjestelmän toimintaa tuottajan puolesta. Tämä elin muodostaa myös jakomekanismin, joka mahdollistaa järjestelmän toteuttajien todellakin kerätä elektroniikkajätettä tasapuolisesti kaikilta alueen keräyspisteiltä. (UNEP 2007b, 24.)

## **8.2.3 Jätteen keräysmallit**

Elektroniikkajätteen keräysmallit on selitetty jätteen keräyskanavilla ja tarvittavalla infrastruktuurilla, jotta saadaan nämä kanavat toimiviksi. Näistä lisää alla. (UNEP 2007b, 38-39.)

## **Keräyskanavat**

Kolme tärkeintä elektroniikkajätteen keräyskanavaa, joita käytetään onnistuneesti, ovat kunnalliset keräyspisteet, palautus jälleenmyyjälle, sekä palautus valmistajalle. Alla on selitetty jokaisen keräyskanavan toimintaa (UNEP 2007b, 38-39.)

### *Palautus jälleenmyyjälle*

Tässä keräysmallissa kuluttajat voivat palauttaa elektroniikkajätteet jälleenmyyjille, jotka myyvät vastaavia tuotteita. Tuotteita voidaan palauttaa joko niin, että ostetaan samalla uusi tuote, tai joissain tapauksissa voidaan palauttaa myös ostamatta mitään uutta. Joskus tuotteita palautetaan myös samalla, kun uusia tuodaan palveluna kotiin ja asennetaan. Takaisinotto on yksityiskuluttajalle yleensä maksuton. Toimivista, entisistä laitteista voidaan myös maksaa väliä, mutta tämä on tapauskohtaista.

### *Palautus valmistajalle*

Tässä keräysmallissa elektroniikkajäte palautetaan suoraan valmistajalle, joko suoraan tiloihin, tai päätettyihin keräyskeskuksiin, joista se kulkeutuu edelleen jätteenkäsittelyyn. Tämä koskee yleensä suurempia kaupallisia laitteita, ja toimii yleensä siten, että samalla täytyy ostaa valmistajalta uusia laitteita.

### *Kunnalliset keräyspisteet*

Tässä keräysmallissa kuluttajat, tai yritykset, voivat jättää elektroniikkajätettä kunnan keräyspisteisiin. Keräyspisteillä on useita lajittelukontteja ja / tai kuormalavoja jätteen keräämiseksi, tuotteen määritelmän ja kierrättäjien ja kuljettajien tekemien logististen järjestelyiden mukaisesti. Tämä keräysmalli on yleensä ilmainen kotitalouksien elektroniikkajätteelle, mutta kaupallisille yrityksille ja isommille määrille muutenkin se voi olla maksullinen.

### *Muut keräyspisteet*

Kuluttajat ja yritykset voivat jättää elektroniikkajätettä erityisesti sitä varten tehtyihin pisteisiin tai keskuksiin. Nämä voivat olla erikoistuneita lajittelukeskuksia, joita ohjaa valtio, tai yleisemmin kolmannen osapuolen pisteitä, joiden toimijoita voidaan palkita varaamalla heille tilat.

Lajittelukontteja ja kuormalavoja voidaan tarjota toiminnan laajuuden ja kierrättäjien ja kuljettajien välisten logististen järjestelyiden mukaan. Tämäkin on yleensä ilmaista kotitalouksille, mutta taas yrityksille joskus maksullista. (UNEP 2007b, 38-39.)

Suurin osa järjestelmistä Euroopassa käyttää kunnallisia keräyspisteitä, esimerkiksi ICT Milieu Tanskassa ja El Kretsen Ruotsissa käyttävät pelkästään tätä. Toiset taas, kuten Recupel Belgiassa, NVMP Alankomaissa ja El-Retur Norjassa suosivat palautusta jälleenmyyjälle. Jotkut ei-EU pohjaiset järjestelmät, kuten SWICO Sveitsissä, saavuttivat paljon suuremmat keräysmäärät jälleenmyyjä-ketjun kautta. (UNEP 2007b, 38-39.)

Kunnalliset kiinteän jätteen keräyspisteet, joita käytetään elektroniikkajätteen keräämiseen, on todettu olevan erittäin kustannustehokas tapa kerätä jätettä, sillä ne ovat jo valmiiksi olemassa ja niiden pohjalle on helppo jatkokehittää infrastruktuuria. Myöskin muut keräyspisteet ja pysyvät keräyspisteet vähittäismyyjillä on todettu erittäin toimiviksi tavoiksi. Yllä selitetyt keräysmallit tarvitsevat rinnalleen säilytys- ja kuljetusinfrastruktuuria, mistä lisää seuraavassa. (UNEP 2007b, 38-39.)

### **Keräysinfrastruktuuri**

Keräysinfrastruktuuri tarvitsee elektroniikkajätteen keräyspisteiden perustamisen, sekä säilytysalueen kaupungissa / maantieteellisellä alueella. Seuraavat EU:n WEEE-direktiivissä mainitut piirteet antavat neuvoja käsitteellisellä tasolla keräyspisteiden, sekä säilytysalueiden luomiseen:

- Asianmukaisia toimia tulisi ottaa käyttöön, jotta voidaan minimoida elektroniikkajätteen joutuminen lajittelemattoman kunnallisen sekajätteen sekaan, ja jotta saadaan mahdollisimman iso osa elektroniikkajätteestä lajiteltua omaan osioonsa.
- Tarvittavien keräyslaitosten saatavuus ja saavutettavuus tulisi varmistaa ottaen erityisesti huomioon asukastiheyden.
- Erillään kerätyn elektroniikkajätteen kerääminen ja kuljetus tulisi hoitaa niin, että se tehostaa uudelleenkäyttöä ja kierrätystä niiden komponenttien, tai kokonaisten laitteiden osalta, jotka ovat kykeneviä uudelleenkäyttöön tai kierrätykseen.

- Suosituksena olisi saavuttaa erilliskeräyksenä keskimäärin vähintään 4 kilogrammaa elektroniikkajätettä asukasta kohden vuodessa kotitalouksista.
- Kotitalouksien ei pitäisi hävittää elektroniikkajätettä lainkaan lajittelemattoman kunnallijätteen mukana, vaan ne pitäisi kerätä erillisjätteenä.
- Elektroniikkajätteen varastointipaikoissa (mukaan lukien väliaikainen varastointi), ennen niiden käsittelyä, tulisi olla tarvittavilla alueilla läpäisemätön pinta varustettuna nesteuotojen kerääjällä, sekä tarvittaessa nesteiden ja rasvojen erottimet.
- Elektroniikkajätteen varastointipaikoilla ennen niiden käsittelyä (mukaan lukien väliaikainen varastointi) tulisi olla vedenkestävä suojaus tarvittavilla alueilla. (UNEP 2007b, 38-39.)

### 8.3 Rahoitusmekanismit

#### Elektroniikkajätteen käsittelyn rahoitusmekanismit

Elektroniikkajätteen käsittelyn kestävyys riippuu sen keräämisen, kuljetuksen, käsittelyn ja loppusijoituksen taloudellisesta elinkelpoisuudesta. Taloudellinen kestävyys on puolestaan riippuvainen käytössä olevasta sääntelyjärjestelmästä, sillä se määrittää jätteen käsittelyn standardit ja institutionaaliset mekanismit. Seuraavassa osiossa kuvaillaan teollisuusmaissa käytössä oleva taloudellinen mekanismi, jota seuraa kehitysmaissa käytössä oleva mekanismi, sekä vertaileva analyysi näistä kahdesta, jotta tunnistetaan ne ajurit, jotka tarvitaan elektroniikkajätteen taloudellisen mallin perustamiseen. (UNEP 2007b, 78-79.)

Teollisuusmaiden elektroniikkajätteen käsittelyn rahoitusjärjestelmä on kehittynyt saatuaan kokemusta vuosien pituisesta toiminnasta. Se on dynaaminen järjestelmä, sillä elektroniikkajätteen generaation kaava vaihtuu sekä kasvavan määrän, että uusien tuotteiden jätevirtaan lisäämisen myötä. Rahoitusmekanismi kattaa elektroniikkajätteen hallinnan jokaisen osa-alueen, kuten keräämisen, kuljetuksen ja käsittelyn kulut. Seuraavissa osioissa kuvaillaan rahoitusjärjestelmän perusteet, kuten rahoitusmallit, maksurakenne, jätteen toimitusketjun rahoitus, sekä vakuussuoja mallin noudattamisen ja kestävyuden varmistamiseksi. (UNEP 2007b, 78-79.)

## Rahoitusmallit

Koko Euroopan taloudellinen malli perustuu EPR:ään, jossa tuottavat organisaatiot vastaavat elektroniikkajätteen takaisinotosta ja käsittelystä. Se on integroitu malli, joka koostuu jätteen keräämisestä, kuljetuksesta ja käsittelystä. EU:n direktiivissä on annettu kaikkien näiden järjestelmien rahoituksesta käsitteellistä neuvontaa. Seuraavassa on kerrottu näistä ohjeista EU direktiivin mukaan (UNEP 2007b, 78-79.):

- Tuottajat ovat vastuussa elektroniikkajätteen keräyskeskuksista hakemisesta aiheutuvista kustannuksista, sekä jätetuotteiden kunnostamisesta uusiokäyttöön, tai kierrätyksestä ja hyödyntämisestä.
- ”Historiallisten tuotteiden” osalta, eli niiden, jotka tulivat markkinoille ennen 13.8.2005 voimaan tullutta muutosta, jätehuollon kustannukset tullaan jakamaan kaikkien niiden tuottajien kanssa, jotka ovat olemassa kulujen syntyminen aikaan. Nämä tuottajat voivat määrätä erillisen ”näkyvän maksun” (joka on selvästi määritelty, ehkä tuotteiden hinnassa) kattamaan nämä kustannukset kahdeksan vuoden ajalta (kymmenen vuoden suurten kodinkoneiden osalta).
- Loppukäyttäjät, muut kuin kotitaloudet, voidaan tehdä osittain tai kokonaan vastuullisiksi historiallisten tuotteiden käsittelyn rahoituksesta.
- Uusien tuotteiden osalta (eli niiden, jotka tulivat myyntiin 13.8.2005 jälkeen) tuottajilla on ”yksilöllinen vastuu”, eli heidän tulee maksaa omien tuotteidensa käsittely. Tuottajat voivat tehdä tämän yksittäisten yritysten luomien ohjelmien kautta, tai osallistumalla yhteisiin keräysjärjestelmiin.
- Uusien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden jätteenkäsittelyn rahoituksessa ei ole sallittua käyttää näkyvää maksua.
- Kun tuottajat laittavat uuden tuotteen markkinoille, heidän täytyy esittää taloudellinen takuu siitä, että tuotteen jätteenkäsittely tullaan maksamaan. Tuottajat voivat saada vapautuksen tästä takuusta osallistumalla tuottajan vastuu -organisaatioon (PRO), maksamalla kierrätysvakuutuksen, tai perustamalla erityisen pankkitilin juuri tätä tarkoitusta varten. (UNEP 2007b, 78-79.)



ICT-sektorin, sekä kodinkonesektorin suosimat rahoitusmallit elektroniikkajätteen käsittelyn suhteen yleensä eroavat. Euroopassa kodinkonevalmistajat ovat tyytyväisiä niihin järjestelmiin, jotka on perustettu kohdistumaan kodinkoneisiin, kun taas IT-tuottajat ovat tyytyväisiä IT-tuotteisiin kohdistettuihin järjestelmiin. Suurin ero rahoitusmalleissa on siinä tavassa, jolla elektroniikkajätteen käsittelyä on rahoitettu, kuten näkyvällä maksulla, tai maksulla perustuen eri elektroniikkatuotteiden markkinaosuuksiin. Suurten kodinkoneiden (jääkaapit, hellat, pesukoneet jne.) valmistajat, sekä jossain määrin myös kuluttajaelektroniikkavalmistajat yleisesti tukevat yleensä näkyvän maksun malleja (kuten Recupel ja NVMP) ja suhtautuvat yleensä vähemmän suotuisasti markkinaosuuksiin perustuviin järjestelmiin (kuten ICT Milieu). ICT-firmit taas suhtautuvat asiaan täysin päinvastaisesti. Ero eri tahojen suhtautumisessa kahden mallin välillä perustuu historiallisten jätelaitteiden käsittelyyn, sekä ”merkittömien” elektroniikkalaitteiden käsittelyyn. ICT-firmit on vähemmän velvoitteita historiallisten laitteiden käsittelystä, sillä ne ovat jo vanhentuneet paljon nopeammin kuin muut kodinkoneet ja hävitetty. ICT-firmit suosivat myös yleensä kilpailuun perustuvia järjestelmiä, toisin kuin kansallisia, koska ne kokevat niistä aiheutuvat kustannukset alhaisemmiksi ja helpommin hallittaviksi. (UNEP 2007b, 78-79.)

### **Maksurakenne**

Maksurakenne koostuu eri osioista. Näihin kuuluvat kierrätyksen todelliset kustannukset, kierrätyksen ennakoitujen kustannukset kategorioittain, sekä ristisubventio. Ristisubventio tapahtuu, mikäli yhdestä elektroniikkajätteen kategoriasta veloittava summa on korkeampi kuin sen kierrätyskustannukset. Tätä eroa käytetään toisen kategorian elektroniikkajätteen kierrätyksen rahoittamisessa, jonka kierrätyskustannukset ovat korkeammat kuin veloittava summa. Mitä monimutkaisempi maksurakenne on (kolmen asian summa), sitä vaativampaa on elektroniikkajätteen kerääminen ja hallinnointi (esim. NVMP ja Recupel eroavat huomattavasti veloittamiensa tuotemaksujen osalta). (UNEP 2007b, 78-79.)

### **Taloudellinen takuu**

Tuottajien tulee esittää taloudellinen takuu heidän kansallisille markkinoille ”uuden jätteen” voimaantulopäivän jälkeen asettamiensa elektroniikkatuotteiden takaisinottovelvollisuuden noudattamiseksi. Tuottajat antavat näyttöä takuusta esimerkiksi sulkupankkitilin tai vakuutuksen voimin tulevan elektroniikkajätteen käsittelyn kustannuksista. Useimmissa Euroopan maissa

erillistä taloudellista takuuta ei tarvita, mikäli tuottaja on yhteisen keräysjärjestelmän jäsen. (UNEP 2007b, 82.)

### **Elektroniikkajätteen käsittelyn rahoitus kehitysmaissa**

Elektroniikkajätteen käsittelyn rahoitusta kehitysmaissa voidaan tutkia opettelemalla nykyisiä jätteen keräys-, kuljetus- ja kierrätysjärjestelmiä ja vertaamalla niitä perustettuihin jätteen keräys- kuljetus- ja kierrätysjärjestelmiin kehitysmaassa. Seuraavassa on tutkittu esimerkkinä toimivassa Intiassa voimassa olevia järjestelmiä (UNEP 2007b, 88-89.):

- Intiassa ei ole säätelymekanismia, mikä määrittäisi maassa kuluttajilta syntyvän elektroniikkajätteen hallitsemista ja käsittelyä.
- Näin ollen Intian järjestelmä on kehittynyt hyvin organisesti, luonnollisesti haarautuneeksi romuteollisuudeksi, joka hyväksyy monenlaista jätettä mukaan luettuina vanhat laivat, entiset ajoneuvot, sekä rakennusjätteet.
- Jo aiemmin perustettu metalliromuteollisuus saa uudelta elektroniikkajätevirralta talteen metalleja, joita voidaan käyttää terästehtaiden ja ei-rautapohjaisten sulattojen ja jalostamoiden raaka-aineena. Näin ollen nykyinen elektroniikkajätteen hallintojärjestelmä on onnistunut esimerkki teollisesta symbioosista, joka on omaehtoista ja markkinalähtöistä.
- Nykyisessä rahoitusmallissa jätteen kerääjät maksavat kuluttajille positiivisen hinnan heidän hylkäämistään laitteista. Pienet kerääjät puolestaan myyvät saaliinsa kauppiaille, jotka yhdistävät ja lajittelevat erityyppiset jätteet, ja myyvät ne sitten kierrättäjille, jotka palauttavat metallit. Näin ollen kierrättäjien tarjoama ostohinta määrittelee elektroniikkajätteiden keräämistä, kuljetusta ja käsittelyä. Keräyksen ja kuljetuksen hinnat ovat sidoksissa kierrättäjien kauppiaille maksamaan hintaan ja kauppiaiden kerääjille maksamaan hintaan. Lopulta raaka-aineen tuottaja tarjoaa kierrättäjille maksua yksittäisistä metalleista, lasista, muovista ja muista raaka-aineista kotimaan tukkukaupan, tai kansainvälisten markkinoiden arvojen mukaan.
- Tämä kierrätysverkosto koostuu sarjasta yksityisten tahojen välisiä suhteita. Näihin kuuluvat mm. jätteen poimijat, kiertävät ostajat, jälleenmyyjät, tukkukauppiat ja kierrätysyritykset. Koko teollisuus perustuu jo olemassa olevaan verkkoon kerääjien, kauppiaiden ja

kierrättäjien välillä, jokainen lisäten arvoa ja tehden työpaikkoja jokaiseen elektroniikkajätteen kaupan arvoketjun haaraan.

- Koska kustannukset aloittaa kerääminen, purkaminen, lajittelu, tai raaka-aineiden palauttaminen ovat alhaiset, on se houkutteleva bisnes monille pienille toimijoille liittyä toimialalle.
- Tärkein kannustin osallisille on taloudellinen voitto, ei ympäristölliset tai sosiaaliset hyödyt. Intian nykyisen systeemin suurin haittapuoli on hallitsemattomat päästöt, vaarallisia myrkyjä leviää ilmaan, veteen ja maaperään. Höyryistä, tuhkasta ja haitallisista kemikaaleista syntyvä terveysvaara ei uhkaa ainoastaan elektroniikkajätteen kanssa tekemisissä olevia työntekijöitä, vaan myös ympäristöä. (UNEP 2007b, 88-89.)

### **Analyysi kehitysmaiden / teollisuusmaiden rahavirroista**

- Elektroniikkatuotteiden valmistajat ja maahantuojat eivät ole vastuussa jätteiden tai niiden osien käsittelystä ja hävittämisestä kehitysmaissa.
- Elektroniikkajätteiden osat ja materiaalit kulkeutuvat myös valmistajilta ja maahantuojilta kerääjille, kauppiaille ja kierrättäjille kierrätystä ja hävittämistä varten kehitysmaissa.
- Kerääjät, kauppiat ja kierrättäjät maksavat elektroniikkajätteistä ja niiden osista jäännösarvon kuluttajille, tuotteiden valmistajille ja maahantuojille kehitysmaissa.
- Teollisuusmaissa, joissa on elektroniikkajätteen hallintajärjestelmä, sääntelyjärjestelmän käyttöönotto mahdollistaa rahavirrat ARF:n muodossa (Advanced Recycling Fee), tai muun rahoitusvälineen muodossa kuluttajilta jälleenmyyjille / jakelijoille, ja jälleenmyyjiltä / jakelijoilta elektroniikkajätteen valmistajille / maahantuojille. Tämä ARF / muu väline on sitten siirtynyt elektroniikkajätteen valmistajilta / maahantuojilta keräyspisteille, vähittäiskauppoihin, kuljetukseen, kierrättäjille ja hävitettäväksi.
- Kierrättäjät saavat tuloja raaka-aineista niin kehitys- kuin teollisuusmaissa. (UNEP 2007b, 90.)

## Rahoitusmallin kehittäminen ja täytäntöönpano

1. Sääntelyjärjestelmän käyttöönotto.
2. Kierrätysstandardit ja käsittely. Kierrätyksen standardoinnin taso, laadunvalvontajärjestelmät ja prosessit vaihtelevat suuresti eri maiden välillä. Esimerkiksi matalat toimittajasopimuksen kustannukset joissain maissa voivat kertoa matalammista urakoitsijan kierrätysstandardeista.
3. Keräys- ja kuljetusjärjestelmien käyttöönotto. Tähän sisältyy etäisyydet ja geografia, väestön koko, asukastiheys ja kuluttajakäyttäytyminen jne.
4. Kierrätysinfrastruktuurin käyttöönotto.
5. Keräyksen ekonomia, kuljetus, käsittely ja hävittäminen. Tähän sisältyy keräyksen kustannukset, kuljetuksen kustannukset, käsittelyn kustannukset ja hävittämisen kustannukset. (UNEP 2007b, 90.)

## Taloudellisen mallin perustaminen ja toiminta

### 1. *Kuulemismenettely*

On yleisesti hyväksytty, että kansallisia järjestelmiä pitäisi pyörittää ja hallinnoida teollisuuden / kierrättäjien / tuottajien kautta, joilla on vakaat lainsäädännölliset puitteet, jotka on muodostettu neuvottelussa sidosryhmien kanssa.

### 2. *Paikallisuuden ymmärtäminen*

Kannattaa rakentaa järjestelmä, joka täyttää paikalliset erityispiirteet kulttuurin, maantieteen ja teollisuuden osalta, ja joka ottaa huomioon nykyisen jätteen keräämisen käytännöt. On olemassa jonkin verran viitteitä siitä, että kansalliset lähestymistavat ovat joutuneet ongelmiin kierrättäjien ja tuottajien kanssa, jotka pyrkivät kehittämään yleiseurooppalaisia tai usean maan järjestelmiä.

### 3. *Rakenna entisen infrastruktuurin päälle*

Käytä nykyisten keräysjärjestelmien tietoutta hyväksesi.

#### *4. Rakenna ensin, mittaa ja seuraa myöhemmin*

Kokemus maista, joissa on elektroniikkajätteen hallintajärjestelmä käytössä, kertoo että maiden kannattaisi saada kaikki järjestelmät käyttökuntoon ennen sitoutumistaan suorituskykyyn ja tavoitteenasetteluun.

#### *5. Tasapainota kustannukset ja ympäristövaikutukset*

Alhaisimman kustannustason ratkaisu voi vaarantaa toivotun tuloksen ympäristön kannalta. Sen vuoksi on tärkeää, että määrien, kustannusten ja normien mallit ovat hyväksyttäviä ja realistisia.

#### *6. Tee asia helpoksi kuluttajalle*

Elektroniikkajätteen ohjelman onnistuminen tai epäonnistuminen on riippuvainen siitä selkeydestä, millä se voidaan selittää kuluttajalle ja sen helppoudesta, miten kuluttaja pystyy sitoutumaan keräys- ja rahoitusjärjestelmään. Erilaiset keräysjärjestelmät eri tuotteille aiheuttavat kuluttajalle hämmennystä ja heikentävät tehokkuutta.

#### *7. Tehokas lajittelu- ja veloitusjärjestelmä*

Nykyinen markkinaosuuden malli, joko myytyjen tuotteiden mukaan, tai osuus markkinoille tuotujen tuotteiden toteutuneista kustannuksista.

#### *8. Erilaisten rahoitustarpeiden tunnistaminen tietyille aloille*

Euroopan unionissa ICT-yritykset kannattavat mallia, missä keräämis-, kuljetus- ja käsittelyjärjestelmien todelliset kustannukset jaetaan markkinaosuuden mukaan, kun taas muut kulutuselektronikan yritykset kannattavat mallia, joka sisältää näkyvän maksun komponentin. (UNEP 2007b, 90-91.)

### **8.4 Tulevaisuuden trendit**

Globaali elektroniikkajäteongelma kasvaa sekä numeroiden, että näytävyyden mukaan. On selvää, että elektroniset komponentit ovat tekemässä tuloaan kaikkiin tavaroihin. Älyvaatteet ovat kasvavassa määrin yleistymässä, samoin kuin sähköautot ja aurinkoenergiaa käyttävät laitteet ovat

kasvavassa suosiossa kehittyneissä maissa. Kehitysmailla ja kehittyvillä mailla on toki vielä pitkä matka edessään saavuttaakseen vastaavan markkinatason, mitä on estämässä (uusio)teollisuusmaiden nopeat tuoteinnovaatiot. Mutta koska kaikki tuotteet ovat oleellisesti riippuvaisia maankuoren rajallisista resursseista, konflikteja näiden resurssien omistuksesta saatetaan nähdä nykyistä enemmän ja hinnat lähteä sitä kautta nousuun. Tämän seurauksena, säilyttääkseen tietyn autonomian, valtiot ja yritykset voivat joutua kehittämään uusia strategioita maksimoidakseen tuotteiden palautuksen, kehittää edelleen komponenttien ja materiaalien uusiokäyttöä, ja kehittää yhteistyötään naapurivaltioiden kanssa. Ongelmia voidaan ratkaista ainoastaan ylikansallisella tasolla yhtenäistämällä toimia. (Goodship ym. 2012, 14-15.)

Tämän valossa yhä useammat valtiot ympäri maailmaa ovat alkaneet kehittää omia elektroniikkajätteen hoidon käytänteitä ja lainsäädäntöjä. Lisäksi nykyisiin järjestelmiin tarvitaan tiettyjä muutoksia, pois päin lineaarisesta ajattelusta kohti kokonaisvaltaista. Lisäksi tarvitaan testausta uusista ideoista ongelman ratkaisemiseksi, koska se on ollut, ja tulee olemaan avain innovointiin. Yksi mahdollinen tulevaisuuden trendi voisi olla leasingin määrän lisääminen, eli laitteen tarjoaman palvelun osto tuotteen ostamisen sijaan. Tällä tavoin elektroniikkalaitteiden kierron ”silmukat” saadaan suljettua, vältetään vuotoa matalan palautusprosentin takia, ja elektroniikkajätteen laittomia kuljetuksia saadaan huomattavasti vähennettyä. Tuotteiden kunnostuksen, sekä materiaalin lopullisen kierrätyksen mallia voidaan suunnitella eteenpäin, ja digitaalista kuilua saadaan enemmän suljettua tarjoamalla palveluita erikoishintaan sitä tarvitseville. Lisäksi järkevä työn erottelu käänteisessä toimitusketjussa, ja etenkin lukuisissa eri kierrätyksen vaiheissa, voisi myös mahdollistaa kehitysmaiden edistää kotimaan sisällä syntyneen elektroniikkajätteen käsittelyn asianmukaisia keinoja. Tätä StEP:n ”kahden maailman parhaat puolet yhdistävänä” esittämää lähestymismallia on pidetty yhtenä mahdollisena tapana edetä. (Goodship ym. 2012, 14-15.)

Tietoisuuden lisäämisen ja siten psykologisten, kulttuuristen ja käyttäytymiseen liittyvien näkökulmien pitäisi olla paljon suuremmassa painopisteessä elektroniikkajätteen kohdistuviin toimintoihin liittyen. Läheskään kaikki tekniset ja teknologiset ratkaisut eivät saa tarvittavaa hyväksyntää ja tukea kuluttajilta. Toistaiseksi, suurin osa yrityksistä on keskittynyt kierrätyksen näkökohtiin, laiminlyöden pahasti ruohonjuuritason ongelmia. Näihin kuuluvat esimerkiksi uudelleenkäyttö ja suunnittelu, ja syyt kuluttajien alhaisen tuotteiden palautusasteen takana, jopa niissä maissa, missä on kunnollinen elektroniikkajätteen hallintajärjestelmä käytössä. (Goodship ym. 2012, 14-15.)

## 9 TULOKSET

Kaikkiin alussa esitettyihin tutkimusongelmiin ja myös pienempiin kysymyksiin löytyi työn aikana vastauksia melko hyvin. Seuraavassa on kerrattu tärkeimpiä löytyneitä vastauksia kysymyksiin ja ongelmiin, sekä niiden potentiaalisia ratkaisuita ja vaihtoehtoja.

### 1. Tietoturvallisten kierrätyksen keinojen selvittäminen

Tietokoneiden kiintolevyjen tietojen hävittämiseksi on käytännössä kaksi toimivaa tapaa, fyysinen tuhoaminen tai ohjelmalla suoritettu päällekirjoitus (ei tavallinen formatointi). Muiden laitteiden muistien turvallinen tyhjentäminen on vaikeampaa, mutta mahdollista. Älypuhelimet ja tabletit saadaan tehokkaasti tyhjennettyä erillisellä datantyhjennysohjelmalla. Käyttöjärjestelmän omien tyhjennystoimintojen tehokkuus on epävarma. Toki fyysinen tuhoaminen toimii näissäkin laitteissa.

Yrityskäytön mahdollisia tietoturvariskejä ovat ainakin tietomurrot (ulkoiset ja sisäiset), omat ja yhteistyökumppanien työntekijät (virheet, tahalliset ja tahattomat loukkaukset), mobiililaitteiden käyttö (heikompi tietoturva, häviäminen), laitteiden käytöstä poistaminen (tietojen väärinkäyttö), varmuuskopioinnin unohtaminen, leasing (laitteiden palauttamiseen voi liittyä pieni riski), omien laitteiden käyttö työpaikalla (kontrolloinnin vaikeus ja tietoturvan taso) ja pilven käytön riskit.

Cloud computingin tietoturvariskejä (suhteessa perinteisiin konesaleihin) ovat ainakin palveluntarjoajan ja yhteistyökumppanien työntekijät, paikoin epäselvä tietoturvan taso ja fyysinen sijainti, krakkereiden hyökkäykset (voi olla enemmän), toiset asiakkaat, luonnonkatastrofit ja muut onnettomuudet (etenkin kun verrataan vakaaseen Suomeen), palvelun jatkuminen ja tiedonsiirto toiseen järjestelmään palveluntarjoajaa vaihdettaessa. Tietoturvaa voi parantaa se, etteivät tiedot enää sijaitse hajoamis- tai häviämistiltille tietokoneilla ja kiintolevyillä. Palveluntarjoajan tietoturvasta myös yleensä vastaavat alan huippuammattilaiset ja varmuuskopiointi on tehokasta.

### 2. Ympäristön huomiointi laitteista luovuttaessa ja niitä käsitellessä

Ympäristön kannalta lienee sitä parempi, mitä pidempään voidaan käyttää samoja tuotteita. Vaikka vanhemmat tuotteet voivatkin kuluttaa enemmän sähköä, on se silti pienempi rasite kuin uuden tuotteen valmistus, ja tietokone- ja mobiililaitteiden lyhyellä käyttöajalla ei energiatehokkuus juuri

kerkeä parantua. Siksi paras ratkaisu on käyttää itse tuotetta mahdollisimman pitkään, ja mikäli mahdollista, myydä se vielä jollekin toiselle ennen pois viemistä.

Tämänkään jälkeen ei ole parasta palauttaa (rikkinäistä) laitetta raaka-aineiksi, vaan mikäli mahdollista ja järkevää, uusiokäyttää tuote. Uusiokäytön muodot ovat tehokkaimmasta heikoimpaan uudelleenvalmistus – kunnostus – korjaus. Tietokone- ja mobiililaitteiden käyttöaika on tosin sen verran lyhyt, ettei uusiokäyttö ole yhtä tehokasta kuin joidenkin muiden laitteiden ollessa kyseessä. Entisöinnin jälkeen laitetta voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi kehitysmaissa. Kun laite lopulta kierrätetään, olisi se tehtävä mahdollisimman vähillä saasteilla ja menetelmillä, joiden avulla materiaalia saadaan palautettua uudelleenkäyttöä varten mahdollisimman paljon.

Valmistaja on paljolti vastuussa laitteissa käytetyistä materiaaleista, mutta sitä ohjaavat paljon myös direktiivit ja lainsäädännöt. Ympäristölle haitallisten aineiden käyttöä tuotteissa pyritään koko ajan vähentämään ja löytämään korvaavia vastineita. Usein se ei kuitenkaan ole mahdollista. Romun vienti kehitysmaihin on yksi suurimmista ympäristöongelmista, mistä lisää myöhemmin. Eri laitteet ja niiden komponentit joudutaan käsittelemään eri tavoin, mikä yhdessä esimerkiksi direktiivien takia muuttuvien ainesisältöjen kanssa aiheuttaa vaivaa, kustannuksia ja potentiaalisen ympäristöriskin eritoten kehitysmaissa.

### **3. Kuluttajan vaihtoehdot laitteista luopumiseksi (Suomessa / Oulussa)**

Suomessa ja Oulussa, ja miksei muuallakin kuluttajan vaihtoehtoja vanhojen tietokone- ja mobiililaitteiden käytöstä poistamiseen on ainakin kakkoslaitteena pitäminen (ja vaikkapa Linuxin laitto), myynti tai luovutus toiselle yksityishenkilölle esimerkiksi kirpputorin tai nettimyynnin kautta, luovutus jollekin järjestölle, tai palautus jätteenä kauppaan, kierrätyskeskuksiin tai muihin kierrätystä järjestäviin yrityksiin.

Suomessa jaetaan kauppoihin palautettavat laitteet ryhmiin pien-SER, lamppu-SER, data-SER ja muu SER. Sieltä ja keräyspisteistä laitteet kulkevat SER-käsittelyyn, jossa osa ehjäksi todettuja laitteita valitaan tarkastuksen jälkeen uudelleenkäytettäviksi. Vaaralliset ja haitalliset aineet poistetaan laitteista erilliskäsiteltäviksi. Kierrätyskelpoiset raaka-aineet ja materiaalit palautetaan uusien tuotteiden valmistusta varten. Kerätyt laitteet käsitellään pääosin Suomessa.



## Nykytilasta

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrä on ollut kansainvälisesti jatkuvassa kasvussa. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että monien kehitysmaiden väkiluku ja varallisuus on kasvanut nopeasti. Kun laitteita myydään enemmän, niitä myös poistuu ajan myötä enemmän pois käytöstä. Tekniikka myös kehittyy nopeasti, ja isot muutokset yksittäisissä laitteissa (kuten siirtyminen kuvaputkinäyttöistä nestekidenäyttöihin) on tuonut valtavat määrät uutta jätettä.

Jätteitä rahdataan paljon teollisuusmaista köyhempiin kehitysmaihiin, koska käsittelyfirmat saavat siitä rahaa, ja koska kierrätys on kehitysmaissa paljon halvempaa. Kierrätysbisnes kukoistaa kehitysmaissa ja antaa monille elannon. Valitettavasti jätteitä ei ole kuitenkaan mahdollista käsitellä siellä oikein, sillä se vaatii monimutkaista tekniikkaa. Jätteet usein poltetaan, mikä aiheuttaa vakavaa saastumista ja riskin niin luonnolle kuin ihmisillekin. Vaaralliset aineet pääsevät usein vuotamaan maaperään ja pohjavesiin. Lisäksi jätteiden vienti on monin paikoin keskitetty tiettyihin kaupunkeihin, joihin kohdistuu myös kaikista pahimmat terveysriskit. Viennin vastustajien mukaan teollisuusmaat käyttävät kehitysmaita hyväkseen säästääkseen omia kustannuksiaan kalliista erilliskäsittelystä. Puolustajien mukaan taas vienti tuo kehitysmaihiin uusia työpaikkoja, raaka-aineita uusien tuotteiden valmistamiseen ja edullisia käytettyjä laitteita markkinoille, mikä johtaisi ajan myötä teknilliseen kehitykseen.

Vastuun kierrätyksen järjestämisestä voi yksinkertaistetusti ajateltuna olla mahdollista jakaa kolmelle taholle: valmistajalle, asiakkaalle ja kierrättäjälle. Asiakkaan osaksi jää maksaa kierrätyksestä lisämaksua, joka on lisätty jo valmiiksi tuotteen hintaan. Näin on myös Suomessa. Valmistaja joutuu yleensä olemaan mukana järjestämässä ja rahoittamassa myytävien tuotteidensa tulevaa kierrätystä. Tämä on pakollista kaikilla Euroopassa toimivilla yrityksillä. Tulevaisuudessa pyritään sysäämään vastuusta yhä suurempaa osaa valmistajille ja tuottajille. Tämä voisi olla siinä mielessä hyvä, että hoitaessaan kierrätysprosessia saisi valmistaja heti omat raaka-aineensa takaisin. Sen toimintaan saamisessa riittää silti haastetta. Valmistajalla on myös tärkeä vastuu valmistusprosessin ja käytettyjen materiaalien turvallisuudesta.

Tulevaisuudessa markkinoille tulevien laitteiden osuus tulee kääntymään yhä enemmän kohti Aasian kehittyviä maita (kuten Kiina, Intia ja Hong Kong). Tällöin siellä syntyy myös yhä enemmän romujätettä. Samalla teollisuusmaiden suhteellinen osuus pienenee huomattavasti. Jätteen kokonaismäärät kuitenkin kasvavat kaikkialla, ja samalla uusien tuotteiden valmistukseen

tarvittavat resurssivarat hupenevat. Tulevaisuudessa tilannetta voi muuttaa esimerkiksi leasingin (koneiden vuokraus niiden oston sijaan) käytön lisääntyminen, ja todennäköisempänä skenaariona pilven käytön lisääntyminen ja sen uusien käyttömuotojen keksiminen.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

### 1. Tietoturvallisten kierrätyksen keinojen selvittäminen

Jos olisin kuluttajana luopumassa kiintolevystä, en mielelläni myisi sitä kenellekään muulle. Vanhoille kiintolevyille löytyy lähes aina käyttöä, eikä niistä saa paljoa rahaakaan. Tietokonetta myydessä suorittaisin tietysti ohjelmalla päällekirjoituksen kiintolevyn hajottamisen sijaan. Tähän olisi varmaan hyvä olla useampi kiintolevy joista yhtä ei tyhjennetä, joten tuottaa hieman vaivaa. Jos olisin heittämässä kiintolevyä pois, miettisin vähän onko siellä ollut mitään arkaluonteista. Sieltä voi silti löytyä tietämättänikin jotain esimerkiksi haittaohjelmien takia. Luultavasti tästä työstä viisastuneena tekisin joka tapauksessa ohjelmallisen tyhjennyksen, tai jos se ei olisi mahdollista, hajottaisin kiintolevyn. Siitä vain tulee ikävää sotkua. Yrityksessä miettisin myös onko kiintolevyllä ollut mitään tärkeää. Normaalikäytössä olleisiin levyihin olisi hyvä tehdä se päällekirjoitus ja tärkeimmät voisi vaikka varmuuden vuoksi murskauttaa, kunhan on huolehdittu ettei haitallinen pöly pääse leviämään. Normaalikäytössä olleiden mobiililaitteiden turvaamiseen varmaan riittäisi valikon kautta tehty alustus, vaikka hyvä olisi niissäkin ottaa selvää etenkin esimerkiksi pankkipalveluita tai yritystietoja käyttäneiden laitteiden osalta tehokkaammat tavat ja ohjelmat tyhjentää tiedot. On myös hyvä muistaa, että näissä laitteissa on usein mahdollinen muistikortti ja sisäinen muisti erikseen.

Yrityskäytön pahin tietoturvariski tuntui olevan omien työntekijöiden virheet, ja koska niihin on hankala varautua, on täydellistä tietoturvaa hyvin hankala saavuttaa. Tietomurrot ovat tietysti aina vakava riski. Osaavat ammattilaiset auttavat suojaamaan palvelimet. Mobiililaitteiden käyttö on myös merkittävä riski, mutta niihin on hankala varautua. Mobiililaitteita kuitenkin aina tarvitaan. Laitteita ei kannattaisi jättää lojumaan minnekään, ja taskulaitteiden tietoturvaa tulisi kehittää, kuten luultavasti tulee käymäänkin tulevaisuudessa. Laitteiden käytöstä poistaminen aiheuttaa myös riskejä, mutta niihin varautuminen on paljon helpompaa. Kiintolevyt saa helposti turvattua, samoin matkalaitteiden tyhjennykseen löytynee tehokkaita ohjelmia. Varmuuskopiointi on myös helppo järjestää toimivaksi. Leasing ei liene suuri tietoturvariski, kun ottaa laitteet tunnetulta taholta. Omien laitteiden käyttö työpaikalla on aika lailla sama asia kuin mobiililaitteiden käyttö. Pilven käyttöä en myöskään pitäisi suurena riskinä, tärkeää on toimia vakaan palveluntarjoajan kanssa ja ottaa selvää, että tietojen siirto ulospäin tulee onnistumaan tulevaisuudessa. Arkaluonteisimmat tiedot voi toki pitää myös itsellään eikä pilvessä.

Pilvi on nykyaikaa ja tulevaisuutta ja isojen yritysten mukanaolo (Google, Microsoft, Amazon) takaa mielestäni riittävän turvallisuuden. Pilvi lienee myös muutamista epäselvyyksistään huolimatta itseasiassa turvallisempi, kuin mihin tavallinen yritys pystyisi. Kannattaa tosiaan toimia vakaiden toimijoiden kanssa ja ottaa selvää tietojen ulossiirrosta. Amazon käytti ainakin joskus muiden kanssa yhteensopimattomia standardeja.

## **2. Ympäristön huomiointi laitteista luovuttaessa ja niitä käsitellessä**

Ympäristöön liittyen tuli mieleen, että kun kehitysmaissa kukoistaa käytettyjen laitteiden markkinat, niin miksei sellaisia voisi olla myös teollisuusmaissa? Ympäristön kannaltahan oli sitä parempi, mitä pitempään laitteita käytetään. Toki joitakin harvoja sähkö- ja elektroniikkalaitteita myydään myös käytettyinä ja kirpputoreilla ja vastaavilla, mutta ei juurikaan isommissa myyjäliikkeissä. Tämähän johtuu varmasti siitä, että uusista tuotteista saadaan paljon suuremmat katteet ja voitot. Käytettyjen laitteiden myynti olisi silti hyvä asia asiakkaiden ja ympäristön kannalta. Yritysten vanhoja koneita kyllä myydään jossain määrin kuluttajille, mutta kuluttajien vanhoilla koneilla ei tunnu olevan minkäänlaista jälleenmyyntiarvoa.

## **3. Kuluttajan vaihtoehdot laitteista luopumiseksi (Suomessa / Oulussa)**

Tietokone- ja mobiililaitteitahan kannattaisi pitää itsellä käytössä niin pitkään kuin mahdollista, jollain tapaa. Jossain vaiheessa niille ei kuitenkaan enää ole käyttöä. 10 vuoden takaisilla tietokoneilla ja laitteilla ei ole yleensä enää mitään arvoa myytäessä, ja 5 vuoden takaisia saa helposti kymmenesosalla alkuperäisestä hinnasta. Arvo siis tippuu nopeasti. Itse myisin ja myynkin käytettyjä laitteita netissä, jos niiden arvo on edes sellainen, että niistä on järkevää maksaa postimaksut. Jälleenmyynti on hyvä asia myös ympäristön ja raaka-aineiden riittävyden suhteen. Omat laitteeni olen suurimmaksi osaksi myynyt niin hyvin ajoissa, ettei ole tullut tarvetta heittää niitä menemään. Osa toki pölyttyy myös käyttämättömänä, mikä ei ole hyvä tapa toimia, vaan ne pitäisi jaksaa viedä kierrätykseen. Joillain vanhoilla laitteilla voi kuitenkin olla myös tunnearvoa, riippumatta siitäkin toimivatko ne.

## **Nykytilasta**

Jätteiden rahtaus kehitysmaihin ei ole mielestäni hyvä asia, koska se ruokkii maiden välistä eriarvoisuutta ja on haitaksi ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Viennillä on toki myös hyvät

puolensa, mutta ne tuntuvat lähinnä tekohengitykseltä ja tekosyiltä. Köyhiä maita pitäisi auttaa jotenkin toisin. Toimivien laitteiden vienti voisi olla parempi asia, vaikka nekin päätyvät lopulta kierrätykseen.

Mielestäni on todella hyvä, että kuluttajien osuus kierrätyskustannuksista on jo valmiiksi tuotteiden myyntihinnoissa, jolloin palauttaminen on kuluttajalle ilmaista. Maksullinen palauttaminen voisi olla toimivuuden kannalta katastrofi. Muutenkaan en pidä pahana asiana, että osa maksusta kuuluu ostajalle, kunhan osuus ei ole liian suuri. Valmistajan osuus saisi olla hieman suurempi. Olisi hyvä, jos kuluttajan ja valmistajan osuus kattaisi lähes kaiken kierrätyskustannuksista. Idea siitä, että valmistaja saisi omat raaka-aineensa takaisin kuulostaa mielestäni ainakin tietokone- ja mobiililaitteiden osalta mahdottomalta, sillä eihän niitä pysty toistensa seasta erottelemaan.

Tulevaisuudessa kehittyvien maiden laitemäärät ja myös jätteen määrät tulevat kasvamaan nopeasti. Tämä on sekä hyvä että huono asia; toisaalta jätettä syntyy entistäkin enemmän, mikä aiheuttaa lisää ympäristötuhoja, mutta toisaalta kasvavat luvut kertovat vaurastumisesta, mikä johtaa lopulta tilanteen parempaan hallintaan. Tulevaisuudessa joudutaan myös miettimään vaihtoehtoisten raaka-aineiden käyttöä, sillä jo nyt joidenkin aineiden tunnetut esiintymät ovat ehtymässä. Tämä voi aiheuttaa myös kiistoja eri maiden väleillä.

## **Pohdinta**

Tutkimusongelmiin saatiin vastauksia ihan hyvin. Niiden ympärille löytyi myös paljon alakysymyksiä ja muuta olennaista tietoutta. Saatuja tuloksia voi käyttää hyödyksi vaikkapa laitteiden kierrätystä suunniteltaessa, massamuisteja käytöstä poistettaessa ja muutenkin eri sähkö- ja elektroniikkalaitteista luovuttaessa. Työhön olen ihan tyytyväinen, vaikka siitä tulikin pitempi kuin oli tarkoitus. Osa kappaleita menee vähän liiankin syvälle, ja näitä asioita jäi myös esittämättä tuloksissa ja johtopäätöksissä. Aihe on niin laaja, tai ainakin käsitin sen niin laajaksi alun perin, kun työn nimikin muuttui muutamaan otteeseen. Aiheesta on helppo keksiä uusia jatkotutkimusideoita. Tässä työssä keskityttiin lähinnä teoriaan, mutta mieleen tulee heti esimerkiksi kysely kierrätyksestä kuluttajille, tai selvitys jonkun suomalaisen yrityksen toiminnasta tietokonelaitteiden käytöstä poiston suhteen.

## LÄHTEET

Angeles, S. 2014. BYOD Security: 5 Risk Prevention Strategies. Viitattu 2.12.2014, <http://www.businessnewsdaily.com/6924-byod-security-policy.html>.

Calder, A. 2009. Compliance for green IT : a pocket guide. Ely, U.K.: IT Governance Pub.

Data Breach in End of Life IT Assets; The E-Waste Monster!. 2013. Viitattu 5.10.2014, <http://wastetogreen.com/it-assets-data-breach-recycling-e-waste/>.

Elker Oy 2014a. FAQ / Kierrätys. Viitattu 17.10.2014, <http://www.elker.fi/fi/FAQ/Kierratys>.

Elker Oy 2014b. Mitä tarkoittaa tuottajavastuu?. Viitattu 17.10.2014, <http://www.elker.fi/fi/Tuottajayhteisot/Tuottajavastuu>.

Elker Oy 2014c. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromujen (SER) ilmainen palauttaminen kuluttajille. Viitattu 16.10.2014, <http://www.elker.fi/fi/SER-kierratys/SER-vastaanotto>.

Elker Oy 2014d. Yritys- ja kuluttajatuotteiden määrittely. Viitattu 17.10.2014, <http://www.elker.fi/raportointi/b2c-ja-b2b-maarittely>.

Goodship, V. & Stevels, A. 2012. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook. Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing.

Kinnaslampi, E. 2012. Nykyaikaisten mobiililaitteiden tietoturva yrityskäytössä, Case: Etelä-Savon Tietohallinto Oy. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kuusakoski Oy. 2014. Viitattu 18.10.2014, <http://www.kuusakoski.fi/>.

Leppänen, M. 2013. Pilvipalvelut ja tietoturva. Tampereen ammattikorkeakoulu. ICT Engineering. Opinnäytetyö.

Murugesan, S. & Gangadharan, G. R. 2012. Harnessing Green IT: Principles and Practices. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Inc.

Jäteopas 2014. 2014. Oulun Jätehuolto.

Oulun Jätehuolto 2014a. Lajitteluohjeet. Viitattu 9.10.2014, <http://oulu.ouka.fi/jatehuolto/palvelut/lajitteluohjeet/>.

Oulun Jätehuolto 2013b. Lajitteluohjeet 2013. Viitattu 9.10.2014, [http://oulu.ouka.fi/jatehuolto/PDFT/Muut%20oppaat/Lajitteluohjeet\\_20130321.pdf](http://oulu.ouka.fi/jatehuolto/PDFT/Muut%20oppaat/Lajitteluohjeet_20130321.pdf).

Oulun Jätehuolto 2014c. Usein kysyttyä. Viitattu 9.10.2014, <http://oulu.ouka.fi/jatehuolto/faq/>.

Kierrätyskeskus. Oulun kaupunki. 2014. Viitattu 9.10.2014, <http://www.ouka.fi/kierratyskeskus>.

Pratt, A. 2014. Don't Forget Security When It Comes to E-Waste. Viitattu 4.10.2014, <http://tips4tech.wordpress.com/2014/09/24/dont-forget-security-e-waste/>.

Salminen, M. 2014. Kuka pelkää pilveä?. Viitattu 3.12.2014, <http://www.cloudsolutions.fi/kuka-pelkaa-pilvea/>.

SER-kierrätys 2014a. Data-SER. Viitattu 12.10.2014, <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-on-ser/data-ser>.

SER-kierrätys 2014b. Lamppu-SER. Viitattu 12.10.2014, <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-on-ser/lamppu-ser>.

SER-kierrätys 2014c. Mitä kerätyille laitteille tapahtuu?. Viitattu 14.10.2014, <http://serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-kerätyille-laitteille-tapahtuu>.

SER-kierrätys 2014d. Mitä on SER?. Viitattu 12.10.2014, <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-on-ser>.

SER-kierrätys 2014e. Muu SER. Viitattu 12.10.2014, <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitaen-ser/muu-ser>.

SER-kierrätys 2014f. Muut usein kysytyt kysymykset. Viitattu 14.10.2014, <http://serkierratys.fi/fi/kuluttajille/Muut-usein-kysytyt-kysymykset>.

SER-kierrätys 2014g. Pien-SER. Viitattu 12.10.2014, <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitaen-ser/pien-ser>.

Tramel Oy. 2014. Viitattu 18.10.2014, <http://www.tramel.info/>.

UNEP 2007a. E-waste Volume I (Inventory Assessment Manual). Viitattu 1.8.2014, [http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual\\_vol1.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual_vol1.pdf).

UNEP 2007b. E-waste Volume II (E-waste Management Manual). Viitattu 26.8.2014, [http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual\\_vol2.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual_vol2.pdf).

Verkkokauppa. Leasing. 2014. Viitattu 2.12.2014, <http://www.verkkokauppa.com/fi/ohjeet/leasing>.

Wikipedia 2014a. Bring your own device. Viitattu 2.12.2014, [http://en.wikipedia.org/wiki/Bring\\_your\\_own\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Bring_your_own_device).

Wikipedia 2014b. Computer recycling. Viitattu 15.7.2014, [http://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_recycling](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_recycling).

Wikipedia 2014c. Electronic waste. Viitattu 13.7.2014, [http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic\\_waste](http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_waste).

Wikipedia 2014d. Leasing. Viitattu 2.12.2014, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Leasing>.