

Elektroninen painoviestintä Ympäristövaikutukset ja ympäristöhallinnan tarve

Juha-Matti Katajajuuri & Torsti Loikkanen
VTT Kemiantekniikka



ISBN 951-38-5434-5 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5435-3 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1999

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Kemianteeniikka, Ympäristötekniiikka, Tekniikantie 4 B, PL 14031, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 7043

VTT Kemiteknik, Miljöteknik, Teknikvägen 4 B, PB 14031, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 7043

VTT Chemical Technology, Environmental Technology,
Tekniikantie 4 B, P.O.Box 14031, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 7043

Kansikuva: Tuomo Hokkanen

Toimitus Kerttu Tirronen

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1999

Katajajuuri, Juha-Matti & Loikkanen, Torsti. Elektroninen painoviestintä. Ympäristövaikutukset ja ympäristöhallinnan tarve [Environmental impacts in electronic publishing and printing]. Espoo 1999, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1956. 53 s. + liitt. 4 s.

Avainsanat electronic publishing, printing, digital techniques, environmental impacts, environmental effects, pulping, papermaking, wastepapers, waste management

Tiivistelmä

Tämän esitutkimuksen tavoitteena oli selvittää, liittyykö digitaaliseen painamiseen merkittäviä ympäristökysymyksiä, ja jos niin minkälaisia. Tutkimus toteutettiin TEKES:n Elektronisen painoviestinnän (EPP) teknologiaohjelmassa. Elektronisella painoviestinnällä tarkoitetaan elektronisen julkaisemisen ja painamisen yhdistävää prosessia, jossa tieto on digitaalisessa muodossa tiedon luontihetkestä paperille tulostukseen asti. Tutkimuksessa jäsennetään ja analysoidaan elektronisen painoviestinnän kokonaisuutta ympäristökuormitusten kannalta kiinnittäen huomiota materiaali- ja energiavirtoihin. Tutkimus antaa ympäristönäkökohdista alustavan yleiskuvan, joka palvelee jatkotutkimuksen suuntaamista.

Tutkimus jakautuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa hahmotellaan elektroniseen painoviestintäketjuun liittyviä ympäristönäkökohtia haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella. Toisen osan tapaustutkimuksessa kvantifioidaan esimerkinomaisesti digitaalisen painoprosessin materiaali- ja energiavirtoja sekä ketjun eri vaiheiden ympäristökuormitusten suuruusluokkia painotuotteen arvonmuodostusketjussa siirrettyä bittimäärää kohti.

Elektronisen painoviestintäketjun ympäristövaikutuksia dominoi odotetusti massan ja paperin valmistus. Digitaalinen neliväripainaminen todettiin alustavien tulosten mukaan runsaasti energiaa kuluttavaksi. Sähkönkulutusarvot perustuvat laitevalmistajien ilmoittamiin tietoihin. Myös toonereiden eli väriaineiden valmistuksen ympäristökuormitukset ovat merkityksellisiä tarkasteltaessa tuotteen koko elinkaarta. Muita merkittäviä digitaalisen painamisen ympäristökysymyksiä ovat toonereihin liittyvät ympäristö- ja terveysseikat, käytetyt värikasetit ja -patruunat sekä fotojohderummut käytöstä poistamisen osalta, paperin siistattavuus sekä elektroniikkajäte. Tietokoneiden käyttöön kuluva energia voi myös olla merkittävä tietyissä tapauksissa.

Toisaalta elektronisella painoviestintäketjulla on perinteiseen verrattuna ympäristövaikutuksiin liittyviä etuja. Siinä ei tarvita perinteisessä painoprosessissa käytettäviä filmejä, kemikaaleja, liuottimia eikä vettä. Myöskään perinteisessä painamisessa haihtuvia hiilivetypäästöjä (VOC) ei digitaaliseen painamiseen merkittävästi liity. Ongelmajätteitäkin syntyy vain vähän, lähinnä toonereista. Lisäksi digitaalinen painaminen mahdollistaa painoksiltaan pientenkin täsmätuotteiden valmistamisen. Siten voidaan välttää turhaa tuottamista ja varastointia sekä hukkakappaleita, jolloin voidaan saavuttaa merkittäviä ympäristöllisiä etuja.

Digitaalisen ja perinteisen painamisen tuotteet korvaavat harvoin suoraan toisiaan, joten eri painotekniikoiden vertailu on melko teoreettista. Tämä esitutkimus antaa syytä ajatella, että digitaalinen painotekniikka rasittaisi ympäristöä vähemmän kuin perinteinen painotekniikka, mutta tutkimuksen luonne ja vertailutiedon riittämättömyys eivät vielä anna yksiselitteisiä perusteita varsinaiseen päätelmään. Tarkemman kuvan saamiseksi tulisi toteuttaa vertaileva elinkaariarviointi, jolle tämä esitutkimus antaa hyvät lähtötiedot. Tutkimuksen johtopäätöksissä esitetään myös joitain muita aihepiiriin liittyviä jatkotutkimusaiheita.

Katajajuuri, Juha-Matti & Loikkanen, Torsti. Elektroninen painoviestintä. Ympäristövaikutukset ja ympäristöhallinnan tarve [Environmental impacts in electronic publishing and printing]. Espoo 1999, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1956. 53 p. + app. 4 p.

Keywords electronic publishing, printing, digital techniques, environmental impacts, environmental effects, pulping, papermaking, wastepapers, waste management

Abstract

The aim of this preliminary study was to evaluate environmental aspects of digital printing. The study was carried out in the technology programme Electronic Publishing and Printing (EPP) 1995-1999, launched by the Technology Development Centre of Finland (TEKES). EPP is defined as an integrated process of publishing and printing, in which the digital information is directly transferred to paper by a digitally controlled printing machine. The entire EPP chain is analysed from an environmental point of view, focusing especially on energy and material flows. The study gives a preliminary overview of environmental aspects, and is aimed at identifying future research needs in the EPP field.

The study is divided into two parts. The first part outlines environmental aspects connected to the EPP chain on the basis of interviews and literature survey. The second part is a case study, in which energy and material flows of the digital printing process are preliminarily quantified, and magnitudes of environmental burdens of printed products are evaluated per transmitted bits in the EPP value chain.

The pulp and paper production dominates the environmental impacts in the EPP chain as expected. On the basis of preliminary results, the digital multicoloured printing process seems to be very energy intensive. The electricity consumption data was received from machine manufacturers. Moreover, the production of toners or printing ink contributes significantly to the total environmental burdens of the product life cycle. Other notable issues are health effects of toners, environmental impacts of used ink cartridges and photo conductor drums, deinkability of paper, as well as those related to electronic hardware waste. The electricity consumption of personal computers in the EPP chain may in some cases appear as an important impact contributor.

When compared to traditional printing methods, the EPP value chain has nevertheless positive environmental characteristics. No films, chemicals, solvents nor water are needed. Neither do volatile organic compounds (VOC) appear in digital printing, and only some fractionally hazardous waste, mainly toners emerge. In addition to the above facts, the digital printing allows the production of 'precision products', and consequently it gives a possibility to avoid excess products and environmental impacts of unnecessary production and storing.

Digitally and conventionally printed products can seldom directly substitute each other, and thus the comparison of different printing technologies is a fairly theoretical question. However, this preliminary study gives an indication that digital printing could be environmentally less harmful than traditional printing. Nevertheless, it is too early to draw such a conclusion due to the preliminarily nature of the study and due to the inadequacy of comparable data. In order to be able to make such a conclusion, a detailed life cycle assessment (LCA) should be carried out. The present preliminary study gives a good starting point for such a LCA study. Some other research ideas related to this issue are presented in the conclusions of this study as well.

Alkusanat

Elektronisen painoviestinnän osuuden painoviestinnässä ennakoidaan kasvavan, millä on heijastuksensa myös ketjuun liittyviin ympäristönäkökohtiin. Koska näitä on tutkittu verrattain vähän, katsottiin Tekesin Elektronisen painoviestinnän (EPP) teknologiaohjelmassa (1995-1999) tarpeelliseksi tehdä esitutkimus digitaaliseen painamiseen ja koko elektroniseen painoviestintäketjuun liittyvistä ympäristökysymyksistä. Tutkimusta rahoittivat myös Graafisen teollisuuden tutkimussäätiö, Enso Fine Papers Oy, Metsä-Serla Oy, UPM-Kymmene Oy, Oy Edita Ab ja Telecom Finland Oy. Esitutkimusta ohjanneeseen ja valvoneeseen johtoryhmään kuului em. tahojen edustajien ohella Teknillisen Korkeakoulun (TKK) viestintätekniiikan ja Graafisen Teollisuuden Liiton asiantuntijoita.

Tutkimus perustuu osittain asiantuntijahaastatteluihin, joista tekijät haluavat kiittää lukuisaa aktiivista haastateltujen ja tutkimukseen tietoa luovuttaneiden joukkoa. Erityiskiitoksen ansaitsee hankkeen vireille saanut TKK:n viestintätekniiikan professori Pirkko Oittinen.

Tutkimus suoritettiin vuosien 1997 loppu- ja 1998 alkuvuoden aikana. Hypoteesiksi otettiin se, että esitutkimuksen pohjalta osattaisiin esittää oikeita kysymyksiä jatkotyötä ajatellen. Toivottavasti tämä tavoite on saavutettu.

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1. Johdanto	8
1.1 Tausta, rajaukset ja tavoitteet	8
2. Elektroninen painoviestintä: nykytila, kehitysnäkymät ja ympäristönäkökohdat	10
2.1 Viestintäteollisuuden teknologiamuutos ja digitaalinen painaminen	10
2.2 Elektronisen painoviestinnän kehitys tulevaisuudessa	11
2.3 Elektronisen painoviestinnän tekniikka ja talous: edut ja ongelmat	12
2.4 Elektronisen painoviestinnän arvonmuodostusketju ja toimintamallit	14
2.5 Elektronisen painoviestinnän ympäristönäkökohdat ja alan toimijoiden yhteistyö	15
3. Ympäristökuormitukset ja -näkökohdat elektronisen painoviestintäketjun eri vaiheissa	17
3.1 Sisällön tuottaminen, graafinen suunnittelu ja sivunvalmistus	19
3.2 Tiedon lähetys, siirto ja vastaanotto	19
3.3 Massan ja paperin valmistus	20
3.4 Painamisen eri hajautusasteet	20
3.4.1 Keskitetty painaminen	21
3.4.1.1 Digitaalinen painoprosessi	21
3.4.1.2 Jälkikäsittely, varastointi ja jakelu	25
3.4.2 Hajautettu painaminen	26
3.5 Jätepaperin keräys ja kuitujen kierrätys	28
3.6 Elektroniikka	29
3.7 Yhteenveto	30
4. Tapaustutkimus: Digitaalisen painoprosessin ja siihen liittyvän arvoketjun energia- ja materiaalivirtojen määrittäminen	31
4.1 Rajaukset ja oletukset	32
4.2 Tulokset	35
4.2.1 Painoprosessin ympäristökuormitukset	35
4.2.2 Painoviestintäketjun ympäristökuormitukset	37
4.3 Yhteenveto	44

5. Johtopäätökset	47
5.1 Yleiset tulokset	47
5.2 Ympäristöhallinnan tarve ja jatkotutkimuskohteita	48

LIITTEET

Liite A: Keskeisiä tutkimuksessa käytettyjä käsitteitä ja lyhenteitä

Liite B: Haastattelut ja yhteydenotot

1. Johdanto

1.1 Tausta, rajaukset ja tavoitteet

Tämä esitutkimus on osa Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) Elektronisen Painoviestinnän 1995-1999 teknologiaohjelmaa (Electronic Publishing and Printing, EPP). Elektronisen painoviestinnän osuuden painoviestinnässä ennakoidaan kasvavan, millä on heijastuksensa myös ketjuun liittyviin ympäristönäkökohtiin. Elektronisen painoviestinnän ympäristökysymyksiä on tutkittu vähän, ja niiden nykytuntemus on siten vähäistä. Siksi Tekesin EPP-teknologiaohjelmassa katsottiin tarpeelliseksi tehdä esitutkimus elektronisen painoviestinnän koko ketjun ympäristökysymyksistä.

Elektronisella painoviestinnällä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa elektronisen julkaisemisen ja painamisen yhdistävää prosessia, jossa tieto on digitaalisessa muodossa tiedon luontihetkestä paperille tulostukseen asti. Käytettyjen käsitteiden määrittelyt on esitetty liitteessä 1. Määritelmän perusteella tutkimuksen ulkopuolelle jäävät sellaiset uudet painotekniikat, joissa painoaihiot valotetaan tietokoneen muistista suoraan painolevyille. Nämä CTP-menetelmät (Computer-To-Plate) ovat periaatteessa analogisia perinteisten offsetpainotekniikoiden kanssa. Siksi tutkimuksen ulkopuolelle jäävät myös esimerkiksi kopiokoneet.

EPP-prosessin lopputuote kuluttajalle on paperimuodossa oleva viesti. Prosessin ympäristönäkökohtien tutkiminen tapahtuu seuraamalla lopputuotteen arvonmuodostuksen ketjua. Teollisuuden toimialaluokituksessa elektroninen painoviestintä ei ole oma toimiala tai alatoimiala, vaan suppea, useita toimialoja kattava toimintaketju. Tämä aiheuttaa ongelmia ketjun erittelylle ja analysoinnille. Elektronisesta painoviestinnästä ei ole saatavissa toimialakohtaista tilastotietoa, joka helpottaisi vastausten saamista ketjun ympäristökysymyksistä sekä ketjun eri osissa olevien yritysten että koko ketjun kannalta. Tekesin EPP-teknologiaohjelman ja siihen osallistuvien yritysten kannalta on kuitenkin tärkeitä saada käsitys siitä, liittykö EPP-prosessiin olennaisia ympäristökysymyksiä ja jos, niin millaisia.

Esitutkimuksessa *jäsennetään ja analysoidaan elektronisen painoviestinnän kokonaisuutta ympäristökuormitusten kannalta* kiinnittäen huomiota lähinnä materiaali- ja energiavirtoihin. Tutkimuksessa hahmotetaan, millaisia ja missä kohdassa ketjua ympäristökuormituksia on, miten niitä nykyisin hallitaan ja miten hallintaa voitaisiin kehittää sekä miten merkittäviä vaikutukset ovat kokonaisuuden kannalta. Esitutkimuksen tavoitteena on antaa ympäristönäkökohdista alustava yleiskuva, joka tarvittaessa palvelee aiheeseen liittyvän jatkotutkimuksen suuntaamista ja sen painopisteiden asettamista.

Esitutkimus jakautuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa (luvut 2 ja 3) hahmotetaan elektroniseen painoviestintäketjuun liittyviä ympäristönäkökohtia haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella. Toisessa osassa (luku 4) kvantifioidaan tapaus selvityksen puitteissa digitaalisen painoprosessin materiaali- ja energiavirtoja sekä ketjun eri vaiheiden ympäristökuormitusten (energia, resurssien kulutus, päästöt) suuruusluokkia ja pyritään siten hahmottamaan elektroniseen painoviestintään mahdollisesti liittyvät merkittävät ympäristöongelmat. Toisen osan toteuttamistapa, tavoitteet ja rajaukset tarkennetaan ensimmäisessä osassa tehtyjen haastattelujen ja kirjallisuus selvityksen perusteella. Osat tukevat ja täydentävät toisiaan.

Esitutkimus *keskittyy elektronisen painoviestinnän vaiheisiin*, kuten painoprosessiin, erilaisiin valmistus- käsittelyprosesseihin sekä tiedonsiirtoon ja kuljetuksiin liittyviin toimintoihin, *joista aiheutuu suoria ympäristökuormituksia*. Toisin sanoen ketjussa käytettävien erilaisten pääomalaitteiden ja tekniikoiden (mikrotietokoneet, digitaaliset kamerat, päätteet, televerkko, painokoneet) valmistus jätetään tässä vaiheessa pääsääntöisesti tarkastelun ulkopuolelle. Digitaalinen painaminen tapahtuu muun painamisen tapaan paperille. Digitaalisesti painettavaan paperiin liittyviä ympäristönäkökohtia tarkastellaan lähinnä siihen liittyvien erityiskysymysten, kuten siistättävyyden, osalta.

Esitutkimuksen tarkoituksena on myös tutkia vaihtoehtoisen toiminnallisen yksikön soveltuvuutta perinteisen tuotelähtöisyyden rinnalle, jota kohti erilaisten painovaihtoehtojen ympäristökuormituksia voitaisiin tarkastella.

2. Elektroninen painoviestintä: nykytila, kehitysnäkymät ja ympäristönäkökohdat

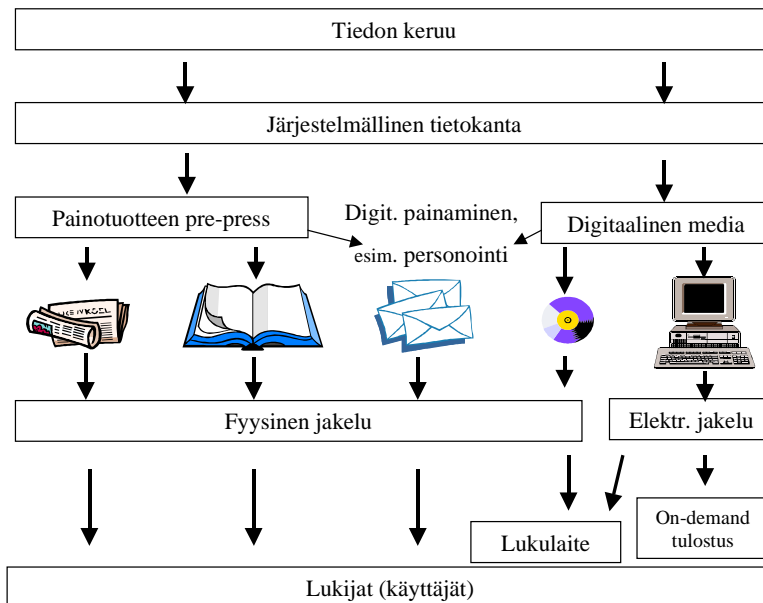
2.1 Viestintäteollisuuden teknologiamuutos ja digitaalinen painaminen

Viestintäteollisuus elää parhaillaan uuden digitaalitekniikan monipuoliseen hyödyntämiseen perustuvaa teknologiamuutoksen vaihetta. Tiedon kasvava tuottaminen, levittäminen ja vastaanottaminen elektronisessa muodossa uudistaa aikaisempia tuotantomenetelmiä, työtapoja ja rakenteita. Digitaalisen viestinnän osuus kaikesta viestinnästä on hiljalleen kasvanut, ja tähän tekniikkaan perustuvia uusia viestintämuotoja on kehittynyt (Internet, digitaalinen puhelin, interaktiivinen viestintä jne). Digitaalisen viestinnän kasvu ei ole vienyt markkinoita merkittävästi sanoma- ja aikakauslehdiltä ym. perinteiseltä graafiselta viestinnältä, vaan perinteisenkin viestinnän ja siten koko viestinnän määrä on kasvanut. Painotuotteiden markkinat ovat kuitenkin vähitellen saturoitumassa. Sähköisen joukkoviestinnän kasvun myötä graafisen joukkoviestinnän suhteellinen osuus koko joukkoviestinnän liikevaihdosta on pudonnut viimeisen kuuden vuoden aikana vajaat neljä prosenttiyksikköä (Antikainen ja Siivonen 1997 ja Graafiset faktat 1997).

Chisholmia ja O'Callaghania (1995) mukaillen perinteistä ja digitaalista julkaisuketjua voidaan esittää kuvan 1 mukaisesti. Digitaalinen painaminen on toimintatapa, jossa on yhdistetty perinteisen ja digitaalisen viestinnän osia, joten sen voidaan ajatella sijoittuvan näiden väliin. Digitaalisen julkaisuketjun loppupäässä tieto saatetaan myös siirtää paperille on-demand-tulostuksena, mikä kuuluu digitaaliseen painamiseen ja tämän tutkimuksen alueeseen. Digitaalisen painamisen osuus painoviestinnästä on kasvanut viime vuosina. Tulevaisuudessa elektronisen viestinnän ja painamisen käytön kehitys riippuu tekniikan kehityksen mahdollisuuksien ohella liiketaloudellisista toimintamalleista ja ratkaisuista. Suomessakin toimii jo joitakin vain elektroniseen painamiseen erikoistuneita yrityksiä. Toisaalta on yrityksiä, joiden liiketoiminta kattaa perinteistä ja elektronista painamista sekä muita sekä elektronisia että perinteisiä viestintämuotoja (mm. sanomalehti- ja painotalot kaapelitelevisioineen ja Internet-palvelumuotoineen). Elektroniseen painamiseen perustuva liiketoiminta perustuu tällä tekniikalla tuotettuihin tuotteisiin, kun taas monipuolisempaan tekniikkaan perustuvan liiketoiminnan harjoittajat voivat väljemmin harkita, mitä tuottaa elektronisella painamisella ja mitä muilla tekniikoilla.

Tehdyissä haastatteluissa esitettyjen arvioiden ja kirjallisuuden perusteella sähköiset ja perinteiset viestintämuodot eivät näyttäisi olevan vaihtoehtoisia tai toisiaan suoraan korvaavia tulevaisuudessa. Sen sijaan niitä käytetään rinnakkain ja monesti myös

monipuolisesti toisiaan tukevana (Puirava 1997). Elektronisen tiedon vähäisestä tilantarpeesta ja kätevistä käyttömahdollisuuksista huolimatta painetulla viestinnällä uskotaan jatkossa olevan tärkeä rooli elektronisen viestinnän rinnalla. Joka tapauksessa viestintäteollisuuden teknologinen muutos voi heijastua alan ympäristökysymyksiin, joita on syytä tuntea ja selvittää.



Kuva 1. Perinteisen ja digitaalisen median sisältävä julkaisumalli (Chisholm ja O'Callaghan 1995, sovellus).

2.2 Elektronisen painoviestinnän kehitys tulevaisuudessa

Elektronisen painamisen ympäristökysymysten tarkastelun lähtökohtana ovat alan nykytila sekä nähtävissä olevat kehitystrendit ja niihin liittyvät visiot. Elektronisen painoviestintäketjun tulevaisuudennäkymien arviointiin liittyy useita epävarmuuksia. Haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella alan tuotteet ja myös uuden tekniikan tuomat muutokset ovat osittain vasta kehittymässä ja suurin osa kenties vielä peräti keksimättä. Tässä vaiheessa tuottajat kehittelevät jatkuvasti uusia personoituja ja räätälöityjä tuotteita, joiden tarvetta ja hyväksikäyttömahdollisuuksia ei ole vielä edes tiedostettu.

Arvioita elektronisen painamisen osuuden kasvusta painoviestinnästä on useita. Erilaisiin arvioihin vaikuttavat mm. elektronisen painoviestinnän toisistaan poikkeavat määritelmät ja erityyppisten tilastojen tulkinnat (esim. laitekanta tai painamisvolyymit). Siivosen et al. (1997) mukaan digitaalisen painamisen tämän päivän markkinaosuus – noin 5 % kaupallisen painamisen volyymistä Euroopassa (32 mrd ECU) – kaksinkertaistuu vuoteen 2000 mennessä. Painamista harjoitetaan myös monilla muilla toimialoilla, jotka eivät sisälly em. lukuihin. Graafisen alan ulkopuolella tapahtuvan painamisen on arvioitu nostavan digitaalisesti painettujen tuotteiden määrää noin 30 %.

Laitevalmistajat arvioivat digitaalisen painamisen kasvun olevan selvästi suuremman ja muodostavan jopa 25-30 prosenttia painamistoiminnasta vuoteen 2005 mennessä. Vaikka tuotannon volyymit ovat perinteisessä painamisessa selvästi suuremmat kuin digitaalisessa, niin digitaalisten painokoneiden (ml. pienemmätkin printterit) myynnin on arvioitu olevan 76 % kaikkien 'painokoneiden' myyntiarvosta vuonna 1997 (GT-lehti 7/97). Tällöin myyntiarvoon on ilmeisesti laskettu mukaan myös kaikenlaiset tulostimet.

Tekesin elektronisen painoviestinnän teknologiaohjelmassa meneillään olevassa hankkeessa 'Elektroninen painaminen osana toimintoketjua' on arvioitu, että digitaalisen painamisen volyymi Suomessa vuonna 2000 olisi 300-400 Mmk eli 6-10 % kaupallisen painamisen kokonaisvolyymistä. Elektroninen painoviestintätekniikka on siten sen levinneisyyttä ajan funktiona kuvaavan S-käyrän alkuvaiheessa, kun taas perinteinen tekniikka on jo S-käyrän kypsässä vaiheessa.

Yksi elektronisen painoviestinnän kehityksen merkittävä mahdollinen vaikutus liittyy paperin ja eri paperilaatujen kulutukseen ja muutostrendeihin. Paperin kulutuksen kasvua on pidetty yhtenä hyvinvoinnin paranemisen indikaattorina. Länsi-Euroopan paperin kulutus on kasvanut suhteellisen tasaisesti ja on nyt 65 % suurempi kuin vuonna 1980 (Metsäteollisuuden vuosikirja 1996). Elektronisen painoviestinnän nousu voi kuitenkin muuttaa erilaisten paperilaatujen välisiä käyttömääriä. Toistaiseksi elektronisessa painamisessa käytetään pitkälti sellupohjaisia (puuvapaita) erityisiä hienopapereita. Jatkossa on pyrkimyksenä päästä tavanomaisiin papereihin ja mahdollisesti myös puupohjaisiin papereihin. Yksiselitteisten tietojen saaminen tilastojen avulla mahdollisista muutoksista on kuitenkin hankalaa paperilaatujen ja niiden käyttäjien käyttäytymisen muutosten vuoksi.

2.3 Elektronisen painoviestinnän tekniikka ja talous: edut ja ongelmat

Elektronisella painamisella tarkoitetaan painamista digitaalitekniikan avulla tietojärjestelmästä suoraan paperille. Tämä tekee mahdolliseksi tuottaa esimerkiksi kirjan, lehden, manuaalin tms. tuotteen perättäiset sivut erilaisiksi. Siten elektronisen painamisen keskeisenä etuna on joustavuus, joka mahdollistaa tuotteiden räätälöinnin ja personoinnin tapauskohtaisesti asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Asiakaskohtainen joustava on-demand-räätälöinti on myös tällä alalla vahva kilpailuvaltti erilaisissa markkinointitilanteissa ja -kampanjoissa. Luonteeltaan elektroninen painaminen sopii hyvin pieniin painosmääriin, jotka esimerkiksi Suomessa ovat melko yleisiä (kadunvarsimainokset, runokirjat, jne.) että tietosisällöltään hyvin usein tai nopeasti muuttuviin painettaviin tietoihin (esimerkiksi pörssikurssit, tuote- ja hintaluettelot, esitetyt vero- yms. ilmoitukset, jne.).

Elektroninen painaminen sallii siirtymisen perinteisestä skaalaetuihin perustuvasta painetun tiedon suurtuotannosta yksittäisten asiakkaiden, asiakasryhmien, alueiden tms. mukaisesti kohdennettuihin täsmätuotteisiin. Asiakaskohtaisten täsmätuotteiden tuottaminen voi vähentää turhaa tuottamista ja olla siten ainakin periaatteessa myönteinen seikka ympäristökuormituksia ajatellen. Esimerkiksi esite- yms. mainonta on perustunut paljolti massajakeluun, jolloin yksittäisten mainosten tms. läpikäymis- ja hyödyntämisprosentti voi jäädä hyvinkin alhaiseksi eli huomattava osa niistä voi päätyä käyttämättöminä kaatopaikoille. Tällaisessa tapauksessa painetun sekä tarvittavan ja käytetyn tiedon välillä voi olla hyvinkin merkittävä kuilu.

Elektroninen muoto mahdollistaa tiedon siirtämisen lähelle loppukäyttäjää. Merkittävänä etuna ovat digitaalisen painamisen mahdollistamat kuljetusten välttämisestä syntyvät säästöt, joilla on myös myönteiset ympäristönäkökohtansa. Erityisesti kansainvälisiä pitkiä kuljetuksia vaativissa tapauksissa energian- yms. taloudelliset säästöt voivat olla merkittäviä myös ympäristöä kannalta. Siten elektroninen painaminen antaa mahdollisuuksia hakea logistiikan avulla joustavasti optimaalisia ratkaisuja tiedon tuottamisen, painamisen ja jakelun välillä. Toisaalta pienemmät eräkoot (ml. koti- ja toimistopaperit) aiheuttavat painettavan tai tulostettavan paperin kuljettamista pienemmissä erissä ja mahdollisesti lisäävät paperin jakelun ympäristörasituksia. Siten koko ketjun kuljetusten kokonaisvaikutus on tapauskohtaista.

Elektronisen painamisen nykytekniikalla on eräitä tärkeitä rajoituksia. Yksittäisenä rajoituksena on tällä hetkellä esimerkiksi se, että tietyillä painokoneilla on vain yksi käyntinopeus. Elektronisen painamisen laatu on haastattelujen perusteella jo hyvin lähellä perinteistä painolaatua. Tiedonsiirron yhdeksi ongelmaksi ovat puolestaan nousseet esimerkiksi televerkon käyttöliittymien kapasiteettiongelmat siirrettäessä monivärikuvia.

Elektronisen painokoneen kannattavuuden break-even-kohdan arvioidaan liikeloudellisesti olevan kirjan tms. tuotteen kohdalla (painaminen ja sidonta) tällä hetkellä noin 1000 kappaleessa. Suuremmissa painoksissa perinteinen painaminen on taloudellisempaa (Siivonen et al. 1997). Laskelmaan vaikuttaa mm. se, onko kyse väri- vai mustavalkopainamisesta. Haastatteluissa annetut arviot ja kirjallisuus viittaavat siihen, että break-even-kohta olisi vuonna 2000 olennaisesti nykyistä suuremmassa kappalemäärässä.

Elektronisen painokoneen rajoittavat ominaisuudet liittyvät luonnollisesti nykytekniikkaan. Valmistajien kehitystyö parantaneekin ominaisuuksia ja kannattavuutta lähivuosina.

2.4 Elektronisen painoviestinnän arvonmuodostusketju ja toimintamallit

Elektroninen painoviestintäketju on yritysten välinen arvonmuodostusketju, jonka myötä tietotuote, viesti, jalostuu ja kasvaa arvoltaan vaihe vaiheelta ennen kuin päätyy loppukäyttäjälle. Arvoketju voi vaihdella tekniikan ja liiketoimintatavan ratkaisujen, omistussuhteiden yms. seikkojen mukaan. Nämä voivat heijastua myös alan ympäristökysymyksiin.

Elektronisesti painavat yritykset tekevät sivunvalmistusta tai graafista suunnittelua, joka aiemmin jäi ketjun alkupään yrityksille. Tiedon elektroninen muoto mahdollistaa muotoilun painotalossa. Elektronisen painoalan yritykset voivat nykyisin tehdä painotuotteita täyden palvelun periaatteella saamastaan raakatiedosta. Toisaalta viestinnän suunnitteluyritykset voivat hankkimalla elektronisen painokoneen tarjota aiempaa kokonaisvaltaisempia palveluita. Reprot ovat olleet värituotteiden digitaalisen painamisen kehityksen kärjessä, mitä on pidetty jopa niiden tulevaisuuden elinehtona.

Informaatioteollisuuden yhdentymismyllerryksen seurauksena myös tiedonsiirtoon saattaa tulla muutoksia. Teleoperaattorien toiminta-alue voi laajentua myös tiedon tuottamiseen tai muokkaamiseen. Toisaalta elektroninen tieto lienee jatkossa mahdollista siirtää televerkon sijaan sähköverkossa, jolloin tiedonsiirto voi nopeutua kymmenkertaiseksi esimerkiksi ISDN-linjasiirtoon verrattuna.

Yhdeksi digitaalisen painamisen sovellusalueeksi ovat nousseet talokohtaiset, in-house, ratkaisut, joissa graafisen alan ulkopuoliset yritykset tuottavat painotuotteita, kuten manuaaleja. In-house-ratkaisuja on toteutettu jo suhteellisen paljon, kuten luvussa 2.2 todettiin. Lisäksi elektroninen painaminen mahdollistaa 'printtikioskin' tyyppisiä uusia ja pienimuotoisia painoyritysten muotoja.

Yksi elektronisen painoviestinnän jatkossa kasvava ja monipuolistuva käyttömuoto on kotitulostus kotitietokoneiden määrän lisääntymisen myötä. Kotitulostimien määrä on jatkuvassa kasvussa ja nykyisin niitä on Suomessa jo noin 400 000 kpl. Vastaavasti kotitalouksissa on mikrotietokoneita noin 560 000 kpl (Nurmela 1997). Kotitulostimien määrä voi kasvaa nykyisestään, ja tulevaisuuden yhtenä mahdollisena kehitystrendinä voisikin olla esimerkiksi sanomalehtien asteittainen korvautuminen kotitulostuksella. Tämäntapaisia trendejä on vaikea ennakoida, mutta niitä tulisi tutkia. Hallitsemattomana niihin voi liittyä merkittäviäkin ympäristöongelmia. Kysymys on mm. painopaperin hinnasta. Kotitulostuksen kasvu luo tarpeita kehittää papereita, joita voidaan käyttää kannattavasti sekä kotitulostimissa että myös muissa käyttötarkoituksissa. Toisaalta tulostamista koti- ja työpaikoilla voidaan pitää sähköisen on-line-viestinnän lisäarvopalveluna eikä niinkään itsenäisenä toimintona.

2.5 Elektronisen painoviestinnän ympäristönäkökohdat ja alan toimijoiden yhteistyö

Elektronisen painoviestintäketjun joidenkin osien ympäristönäkökohtia ja -vaikutuksia erityisesti paperin valmistuksen osalta tunnetaan jo melko hyvin. Toisaalta ketjussa on vielä runsaasti osia, joiden ympäristökysymyksiä ei tunneta eikä niitä ole toistaiseksi julkisesti tutkittu. Systemaattista ja kattavaa tutkimusta koko elektronisen painoviestintäketjun ympäristökuormituksista tai -vaikutuksista ei ole tiettävästi missään tehty. Kuitenkin ketjun kaikkien eri osien ympäristökysymyksiä on ainakin jossain määrin erillisesti selvitetty.

Elektronisen painoviestinnän ympäristökysymysten merkitys ja ajankohtaisuus kasvavat volyymin kasvaessa. Alan toimijoiden tulisi varmistaa jatkuvuutensa selvittämällä toimintaansa liittyvät ympäristökysymykset ja niihin mahdolliset liittyvät riskit. Ympäristönäkökohtien merkitys korostuu muita enemmän alan vientiyrityksissä. Pienille ja keskisuurille yrityksille näyttäisi olevan tärkeää, että ne pystyisivät todentamaan ympäristöllisen suorituskykynsä parantumisen siirtyessään perinteisistä elektronisiin menetelmiin.

Elektronisen painoviestintäketjun kanssa läheisessä yhteistyössä toimivilla yrityksillä on hyvät edellytykset keskinäisen yhteistyön avulla kehittää alan tekniikkaa ja kilpailuetuja sekä myötävaikuttaa ympäristöasioiden parempaan hallintaan. Ketjun yksittäisen yrityksen voi olla suhteellisen helppoa löytää ympäristöä vähemmän rasittavia toimintatapoja ja toistaiseksi yritykset tekevätkin päätöksiä pääasiassa omasta näkökulmastaan. Yhden yrityksen ympäristöä vähemmän rasittava ratkaisu ei välttämättä ole koko ketjulle paras mahdollinen, vaan sellaisen löytämiseksi tarvitaan koko ketjun tarkastelua ja keskinäistä yhteistyötä. On tärkeää tarkastella ympäristönäkökohtia jo toiminnan suunnitteluvaiheessa koko painoviestintäketjun osalta. Siirryttäessä perinteisestä painoviestinnästä elektroniseen alan yritysten ja muiden toimijoiden yhteistyön tarve kasvaa myös ympäristöllisistä syistä.

Digitaalisten painokoneiden ja niissä käytettävän paperin kehittäminen edellyttää laite- ja paperinvalmistajien yhteistyötä papereiden konekelpoisuuden takaamiseksi. Nykyisin paperituottajat ja digitaaliset painoyritykset kehittävät yhdessä hyvän konekelpoisuuden omaavia paperilaatuja, mutta olemassa oleva laitekanta määrää pitkälti toiminnan reunaehdot. Laitevalmistajien yhteistyö myös toonereiden eli digitaalisessa painamisessa käytettävien värien valmistajien kanssa olisi hyödyllistä, jotta uusiin laitteisiin soveltuvat tonerit olisivat ympäristöä mahdollisimman vähän rasittavia niin valmistuksen ja käytön kuin paperin siistättävyyden osalta. Laitteiden valmistajat pyrkivät ottamaan kasvavasti huomioon kehitystyössään myös asiakkaidensa eli painokoneiden käyttäjien toiveita. Myös eräät suomalaisyritykset ovat olleet tällaisessa yhteistyössä laitevalmistajien

kanssa. Haastattelujen perusteella myös ympäristönäkökohtien huomioon ottaminen tuottaja-käyttäjä -yhteistyössä on kuitenkin vielä uutta.

Elinkaariarvioinnissa ja muussa ympäristövaikutusten arvioinnissa selville saadut vaikutukset suhteutetaan tavallisesti johonkin ns. toiminnalliseen yksikköön kokonaiskäsitteen saamiseksi. Elektronisessa painoviestinnässä tämä voi olla esimerkiksi sivu tekstiä, tietty bittimäärä, tms. yksikkö. Tässä esitutkimuksessa päätettiin kokeilla perinteisestä poikkeavaa toiminnallista yksikköä, arvonmuodostusketjussa siirtyvää bittimäärää, jonka suhteen tapaustutkimuksessa määriteltyjä ympäristökuormituksia tarkasteltiin.

3. Ympäristökuormitukset ja -näkökohdat elektronisen painoviestintäketjun eri vaiheissa

Perinteisen painamisen ja myös koko painoviestinnän elinkaaren ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia on verrattain kattavasti selvitetty ainakin Pohjoismaissa. Perinteisiä painotekniikoita käytettäessä massan ja paperin tuotanto on ympäristövaikutuksiltaan graafisen tuotteen elinkaaren selvästi merkittävin vaihe (Drivsholm et al. 1997, Dalhielm ja Axelsson 1995, Juntunen et al. 1994 ja Rissa, K. 1997). Perinteisen painamisen suurimmat ympäristöongelmat ovat kemikaalipäästöt viemäriin, liuottimien ja pesunesteiden kulutus ja hylkypaperin suuri määrä. Siirtymällä perinteisestä painotekniikasta elektroniseen saavutetaan selkeitä parannuksia ainakin kemikaalipäästöissä ja erilaisten liuottimien kulutuksessa. Kehitteistä ja filmeistä päästään eroon kokonaan. On myös paljon avoimia kysymyksiä. Esimerkiksi elektroniikkajätteen määrä lisääntyy, ja elektronisessa painamisessa käytettävien toonereiden ympäristökysymyksiä ei tunneta vielä kovinkaan hyvin.

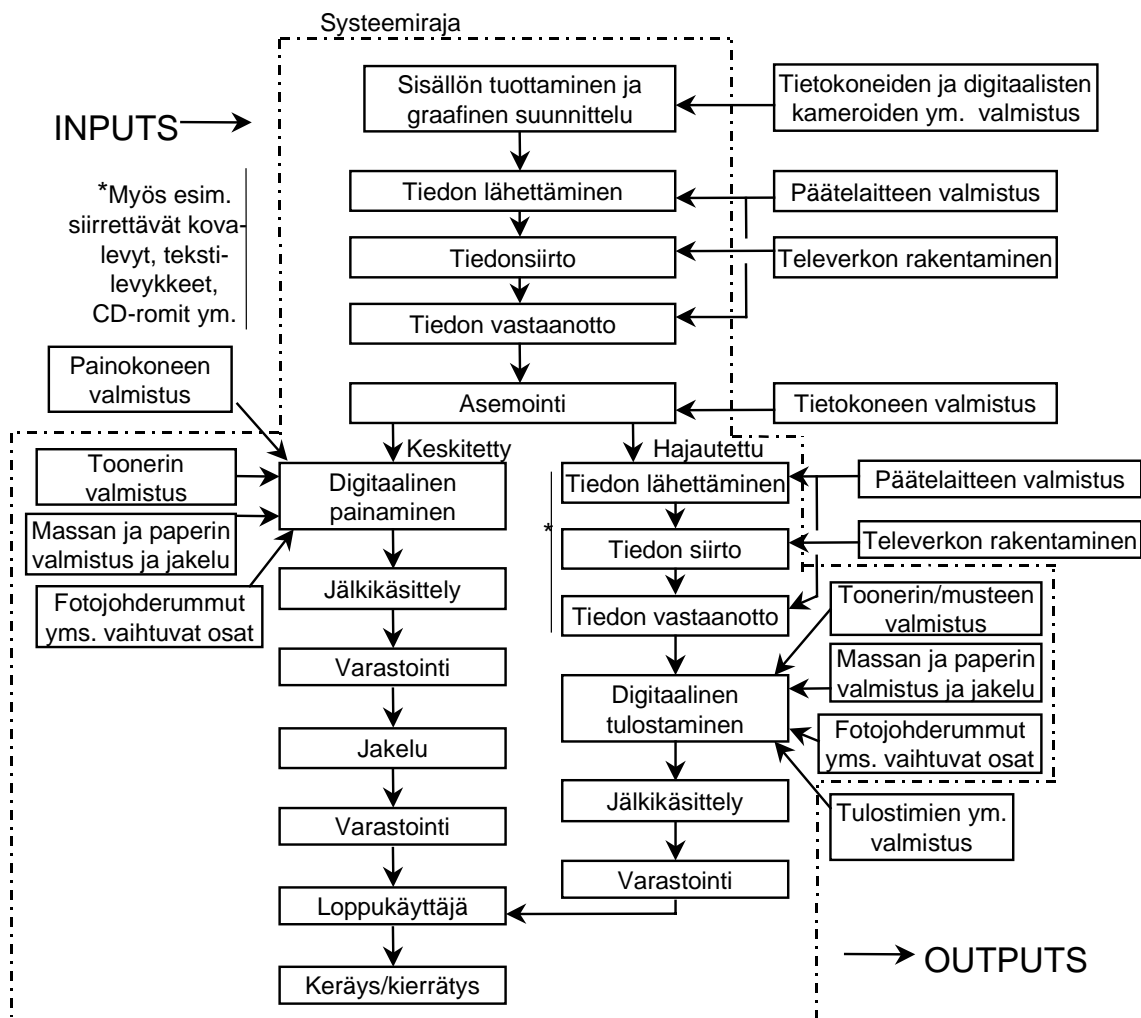
Esitutkimuksen tarkoituksena on *selvittää digitaaliseen painamiseen ja koko EPP-ketjuun liittyviä ympäristökuormituksia ja -näkökohtia*, muttei varsinaisesti verrata elektronista painamista perinteisiin painomenetelmiin, koska tuotteet eivät korvaa suoraan toisiaan. Tutkimuksen tärkeänä tavoitteena on, että jatkossa osattaisiin esittää elektronisen painoviestintäketjun ympäristönäkökohdista oikeita kysymyksiä. Mikä tarkastelutapa olisi metodologisesti järkevintä ottaen huomioon alan erityispiirteet? Jotta ympäristöaristusten merkitys laajemman kokonaisuuden kannalta kävisi ilmi, jonkinlaiset vertailukohteet myös perinteisen painamisen puolelta ovat hyödyllisiä.

Tässä esitutkimuksessa keskitytään nimenomaan elektronisen painoviestintäketjun niihin osiin, joihin liittyviä ympäristökysymyksiä tunnetaan huonosti. Selvitetäviin vaiheisiin kuuluvat mm. elektronisen tiedon luominen tietokoneilla ja elektronisilla kameroilla, elektroninen tiedonsiirto televerkossa sekä pre-press-vaiheet ennen digitaalista painamista. Ympäristökysymyksiä tarkastellaan erilaisilla painamisen hajauttamisasteilla. Painotuote voidaan painaa keskitetysti painotalossa tai siirtää elektronisesti yrityksiin tai kouluihin, joissa tuote tulostetaan pienelle joukolla tai tulostus voi tapahtua vasta loppukäyttäjän luona. Myös digitaalisesti painetun paperin siistattavuutta tarkastellaan.

Tarkastelu keskittyy elektronisen painoviestintäketjun niihin vaiheisiin, joista aiheutuu suoria ympäristökuormituksia. Ne ovat vain pieni osa laajempaa kokonaisuutta, johon kuuluvat esimerkiksi erilaisten tuotantohyödykkeiden ja laitteiden (kuten painokoneiden, tietokoneiden ja televerkkojen) valmistaminen ja hävittäminen.

Tässä luvussa elektronisen painoviestintäketjun eri vaiheiden ympäristökysymyksiä pyritään tarkastelemaan geneerisesti eli hakemalla erilaisissa tapauksissa erilaisille painoviestintäketjuille yhteisiä piirteitä. Käytännössä erilaiset ketjut luonnollisesti poikkeavat mm. erilaisten tuotteiden sekä yritysten toimintamallien ja käytäntöjen mukaan. Niissä onkin runsaasti eroja digitaalisen painamisen suhteellisen uutuuden ja laitteiden jatkuvan kehittymisen vuoksi. Digitaalisia painokoneita sinänsä ei vertailla keskenään.

Kuvassa 2 on esitetty elektronisen painoviestintäketjun elinkaariajatteluun perustuva geneerinen kuvaus. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuvassa rajattuihin vaiheisiin. Kuvan mukaisesti painotetaan varsinaista painoprosessia ja siihen liittyviä ympäristönäkökohtia.



Kuva 2. Elektronisen painoviestintäketjun elinkaariajatteluun perustuva geneerinen kuvaus. Katkoviivalla on erotettu tässä esitutkimuksessa tarkastelun kohteena oleva alue.

Syötteet, inputit, ovat järjestelmän tarvitsemia raaka-aineita ja materiaaleja sekä energiaa. Tuotoksiin, outputeihin, kuuluvat itse painotuote, päästöt ilmaan ja veteen sekä kiinteät jätteet. Lisäksi panoksiin ja tuotoksiin voidaan lukea kuuluviksi muut mahdolliset ympäristöhaitat kuten maisemalliset näkökohdat. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan edellä hahmoteltua elektronisen painoviestintäketjun geneeristä kuvausta vaiheittain.

3.1 Sisällön tuottaminen, graafinen suunnittelu ja sivunvalmistus

Elektronisessa painoviestinnässä tuotteen tietosisällön tuottaminen, graafinen suunnittelu sekä sivuntaitto ja -valmistus tapahtuvat tietokoneen avulla pitkälti samalla tavalla kuin perinteisessä painoviestinnässä. Tuotteesta ja yritysten välisistä sopimuksista riippuen aineisto voi olla valmis asemoitavaksi ja painettavaksi tai vaihtoehtoisesti painajalle jää vastuu joistakin näistä työvaiheista. Työn suorituspaikasta riippumatta aineisto valmistetaan ja kootaan erilaisilla tekstin- ja kuvankäsittelyohjelmilla sekä grafiikkaohjelmilla. Sisältöä luodaan tietokoneen ohella digitaalisilla kameroilla ja skannereilla, mutta niiden käyttö on huomattavasti vähäisempää tietokoneen käyttöön nähden.

Tietokoneiden ja muiden elektronisten laitteiden käytössä kuluu sähköä. Kulutuksen ympäristöllisen merkityksen suuruus aiheutuu tietokoneen käyttöajan mukaan, mikä on hyvin tapauskohtaista. Tietokoneiden käyttöaikaan vaikuttavat puolestaan laitteiden väliset tehoerot. Merkittäviä muutoksia elektronisen painamisen käytön aikaisiin ympäristövaikutuksiin tuo kuitenkin se, jos tarkastelu laajennetaan tietokoneiden ja muun elektroniikan valmistukseen sekä niiden hävitykseen. Toisaalta samoja tietokoneita voidaan käyttää lukuisiin muihinkin käyttötarkoituksiin, joten ympäristöaristuksen kohdentaminen tietylle tuotteelle varsinkin valmistusvaiheen osalta on hyvin hankalaa. Ainakin Yhdysvalloissa ja Ruotsissa tehdyissä elinkaaritarkasteluissa on päädytty siihen, että tietokoneen käyttövaihe kuluttaa selvästi suurimman osan elinkaaren aikaisesta energiastaan. Siten myös ympäristökuormitukset keskittyvät pitkälti käyttövaiheeseen.

3.2 Tiedon lähetys, siirto ja vastaanotto

Tiedonsiirto sisällöntuottajalta eteenpäin voi tapahtua levykkeellä, vaihtokovalevyllä, CD-levyillä, Jazzeilla ja Zipeillä tai televerkkoa pitkin. Vastaanottaja voi olla painajan ohella myös esimerkiksi kustantaja, joka taas siirtää tiedon eteenpäin painajalle. Tässä tarkastellaan pääasiassa televerkon kautta tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Esimerkiksi levyke ei sinänsä kulu käytössä, vaan se voidaan pyyhkiä ja kirjoittaa uudestaan. CD:lle puoles-

taan mahtuu hyvin paljon tietoa. Siirto valittiin tapahtuvaksi televerkon kautta, koska sen käyttöön liittyy välittömiä ympäristökuormituksia (energian kulutus), kun taas levykkeiden ym. käytön välittömät ympäristökuormitukset liittyvät tavallaan tietokoneen käyttöön, jota tarkastellaan tässä selvityksessä tiedon tuottamisen osalta.

Televerkon keskeiset osat ovat pääkeskus, keskitin eli pienempi keskus, verkkopääte ja päätelaite. Tieto kulkee verkossa radioteitse tai kuitu- tai kuparijohtoa pitkin joko maassa tai ilmassa. Päätelaitteet kuluttavat sähköä lähettäessään ja vastaanottaessaan dataa. Sähkön kulutus määräytyy käytetyn ajan mukaan. Lisäksi itse televerkko ja sen ylläpito kuluttavat sähköä. Kokonaiskulutus määräytyy rakennetun kapasiteetin mukaan. Muita televerkkoon liittyviä ympäristönäkökohtia ovat keskusten jäähdytykseen käytettävät freonit, mutta niidenkin käytöstä ollaan luopumassa. Toisaalta verkkojohdot rakennelmineen voidaan mieltää esteettiseksi ympäristöhaitaksi.

Mikäli tarkastelu laajennetaan televerkon rakentamiseen, tilanne monimutkaistuu. Verkon ja sen osien rakentamiseen liittyvät omat ympäristörasitteensa, mutta niitä on vaikea kohdentaa yksittäisille tiedonsiirto-operaatioille. Verkon toimittajan arvion mukaan suurin osa televerkon elinkaaren aikaisesta energiankulutuksesta aiheutuu kuitenkin käyttö- ja ylläpitovaiheessa.

3.3 Massan ja paperin valmistus

Massan ja paperin tuotannon ympäristövaikutuksia tunnetaan hyvinkin seikkaperäisesti, ja alan tuotantoprosesseja on kehitelty jatkuvasti ympäristöä vähemmän kuormittaviksi. Tässä tutkimuksessa massan ja paperin valmistuksen osalta nojataan pitkälti olemassa oleviin tutkimuksiin ja tehtyihin haastatteluihin. Mustavalkopainamisessa ollaan osittain siirtymässä hienopaperin käytön ohella nyt myös hiokkeellisen paperin käyttöön. Toisaalta väripainatuksen suuntauksena lienee etenevästi erikoispaperien kehittäminen. Paperinvalmistajien haasteena olisikin kehittää 'normaaleja paperilaatuja', jotka soveltuvat myös digitaaliseen painamiseen. Tällöin saavutettaisiin mittakaavaetuja, jotka voisivat vaikuttaa myönteisesti myös ympäristölliseen suorituskykyyn.

3.4 Painamisen eri hajautusasteet

Elektroninen painaminen voi tapahtua joko keskitetysti painolaitoksessa tai enemmän tai vähemmän hajautetusti. Keskitetyn painamisen vaiheet on esitetty kuvan 2 alaosassa vasemmalla ja hajautetun vaiheet samassa kuvassa alaoikealla.

Pre-press-vaiheessa painotuote asemoidaan digitaalisesti. Sähkön kulutus riippuu asemointiin kuluvasta ajasta. Parhaimmillaan painossa ei käytetä asemointiin kuin muuta-

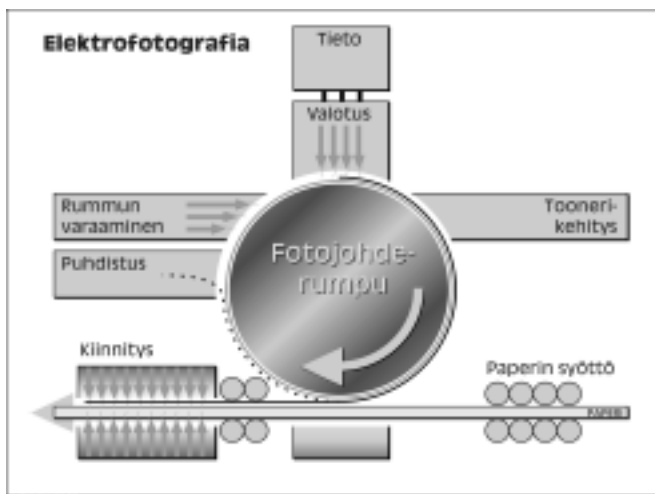
ma minuutti asemointiin, mutta usein selvästi enemmän. Toisaalta tietokoneita pidetään päällä koko työpäivän ajan, joten asemointiin kuluva aika on vaikea erotella muusta tietokoneen käyttöajasta.

3.4.1 Keskitetty painaminen

Keskitetty painaminen tapahtuu asemoinnin jälkeen. Digitaaliselle painamiselle on tyyppillistä, että painoaihio muodostetaan painoalustalle joka kerta uudestaan. Tällöin useasivuisen painotuotteen sivut voidaan painaa sivujärjestyksessä. Tässä tarkastelussa keskitytään tooneriperustaiseen elektrofotografiaan, koska se on nyt ja myös lähitulevaisuudessa digitaalisten painokoneiden hallitseva ratkaisu. Ink jet- eli mustesuihkumenetelmiä käytetään teollisesti ainakin suoramarkkinoinnin personoidussa kohdeviestinnässä.

3.4.1.1 Digitaalinen painoprosessi

Painokoneen käytön välittömät ympäristökysymykset liittyvät sähkönkulutukseen, väriaineiden eli toonereiden ja paperin käyttöön sekä laitteissa vaihdettaviin osiin, kuten fotojohderumpuihin tai kuvahihnoihin. Koska ympäristökysymykset liittyvät oleellisesti tekniikkaan, kuvataan sitä tässä lyhyesti. Elektrofotografiamenetelmän periaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Elektrofotografiamenetelmä (Eteläaho et al. 1997).

Painojäljen muodostus tapahtuu seuraavien vaiheiden mukaisesti:

- 1) latentin eli piilevän painoaihion muodostus rummulle
- 2) piilevän painoaihion kehitys toonerilla
- 3) painoaihion siirto painoalustalle
- 4) painoaihion kiinnitys.

Elektrofotografia on epäsuora painomenetelmä, jossa painoaihion muodostus tapahtuu varaamalla ensin fotojohteisella reseptorilla päällystetty kuvarumpu tasaisella sähkövarauksella ja purkamalla sen jälkeen rummun varausta painoaihion mukaisista kohdista tietokoneen ohjaaman valon avulla, jolloin reseptorille muodostuu painoaihiosta latentti kuva.

Latentin kuvan muodostamisen jälkeen sähköisesti varautuneet toonerihiukkaset siirretään magneettiharjan avulla reseptorirummulle, jossa tooneri kiinnittyy sähköä johtaviin alueisiin muuttaen latentin painoaihion näkyväksi. Sen jälkeen aikaansaatu toonerikuvio siirretään sähkökentän ja puristuksen avulla paperille. Ennen seuraavan kierroksen varaamista reseptorirumpu puhdistetaan toonerista ja sähkövarauksista mekaanisen käsittelyn ja sähkökenttien avulla, minkä jälkeen rumpu on valmis seuraavaan käsittelyyn (Eteläaho et al. 1997). Nestemäistä tooneria käyttävien digitaalisten painokoneiden tekniikka muistuttaa kuvanmuodostuksen osalta enemmänkin perinteistä offset-tekniikkaa.

Sähköä kuluu siis esimerkiksi varaamiseen, valottamiseen ja muuhun elektroniikkaan ja mekaniikkaan. Joissakin painokoneissa on lisäksi kiiltotelat kuvapinnan kiillottamiseksi, mikä lisää sähkönkulutusta. Lisäksi nestemäistä tooneria käyttävissä digitaalisissa painokoneissa on jäähdytysjärjestelmä, mikä jäähdyttää värin estäen sen leviämisen paperilla. Sähkön kulutuksen jakaantumista painokoneen toimintojen välillä ei tässä tutkimuksessa tarkastella, vaan sähkön kulutusta pyritään tarkastelemaan painokoneen kokonaiskulutuksena, jota verrataan painoviestintäketjun muihin osiin. Myöskään tilojen lämmitykseen yms. kuluva energia ei tässä pääsääntöisesti tarkastella. Toisaalta laitteet myös luovuttavat lämpöä ympäristöönsä. Energian kulutuksen jakautumista graafisen teollisuuden prosesseissa on tarkasteltu Motivan (1997) julkaisemassa tutkimuksessa.

Haastateltavien arviot esimerkiksi *paperi- ja värijätteiden* määrien muuttumisesta siirtäessä perinteisistä elektroniisiin menetelmiin olivat hyvin kirjavia. Eräs tähän vaikuttava seikka lienee jätemäärien tuote- ja prosessikohtaisuus. Paperivedoksien määrät vähentyvät, mutta enemmän asiaan kuitenkin vaikuttanee se, miten hyvin sivujen asemointi pystytään tekemään, jottei ylimääräisiä reunoja tarvitsisi leikata pois. Tähän vaikut-

tavat osaltaan käytännön seikat, kuten millaiset resurssit painajalla on tilata useita erilaisia paperikokoja. Käytetty tekniikka ei niinkään vaikuttane asiaan.

Haastatteluissa nousi vahvasti esiin, että *toonereista* eli elektrofotografiassa käytettäviä väriaineista ei tiedetä tarpeeksi. Niiden merkitys ympäristön kannalta voi olla merkittävä niin niiden valmistuksen, käytön kuin hävittämisen osalta. Tutkimuksen toisessa osassa tarkastellaan toonereiden ja niiden ohella muiden pieniä määriä kuluvien yhdisteiden kulutusta painoprosessissa sekä arvioidaan niiden valmistuksen ympäristökuorimituksia.

Toonerit ovat joko nestemäisiä tai kuivaa pulveria. Pulveritonerit ovat 1- tai 2-komponenttisia, ja niiden keskimääräinen hiukkaskoko on 7,5 µm. Toonerit koostuvat pigmentistä (orgaanisia ja epäorgaanisia) ja polymeerihartsia (75-95 %) sisältävästä sideaineesta sekä kantoaineesta, joka on rautaa, jotta toneri voidaan varata sähköiseksi. Lisäksi toonereissa on varauksensäätö- ja voiteluaineita. Joihinkin laitteisiin voiteluaineita lisätään erikseen, jotta rumpu saataisiin helpommin puhdistettua. Toonereiden ohella tarvitaan kehitettä, jonka toiminta perustuu sähkövaraukseen. Kehitettä ei prosessissa varsinaisesti kulu, mutta kehitteen menettäessä varauksensa se vaihdetaan uuteen. Laitteistoissa kerääntyy vähitellen hukkaväriä, joka kerätään talteen. Vastaavasti kehitteet tulisi kerätä talteen, sillä myös niihin kertyy väriaineita. Nestemäisiä toonereita käyttävissä koneissa tarvitaan värien lisäksi mineraaliöljypohjaista liuotinta värien laimentamiseen sekä minimaalisia määriä erillistä stabilisointiaineita. Kehitettä ei tarvita, koska tekniikka on perinteistä painamista muistuttava. Nestemäisen tonerin kantoaineen haihduttamisessa vapautuu liuotinta, mutta se kerätään suljetussa laitteistossa talteen ja nesteytetään. Kerätyt liuottimet ja hukkavärit tulisi toimittaa ongelmajätelaitokseen. Näin ilmeisesti pitkälti tapahtuukin, mutta poikkeuksiakin tuntuu olevan. Ongelmajätemäärät ovat suhteellisen pieniä, mutta siitä huolimatta ne pitäisi kerätä ja toimittaa eteenpäin asiaan kuuluvasti.

Pulveritoonereiden käytöstä nousivat haastatteluissa esiin mm. partikkelien pölyävyys työhygienian heikentäjänä. Jotkut laitevalmistajat ilmoittavat standardikokeissa määritellyjä pölypäästöjä, mutta kaikilta laitevalmistajilta ei tällaisia tietoja löydy. Elliott (1994) on esittänyt, että orgaanisten pigmenttien epäpuhtauksien myötä on olemassa riski, että toonereissa esiintyy raskasmetalleja aivan kuten painoväreistä aikanaan todettiin. Raskasmetallien valvonnasta on siis mahdollisesti tulossa väripuolen kriittinen kohta. Toistaiseksi toonereiden käyttömäärät eivät ole kovin suuria perinteisessä painamisessa tarvittavien värien rinnalla. Käytön kasvaessa niiden kriittisyys ympäristölle voi nousta merkittävämmäksi. Tässä tutkimuksessa on turvauduttu kirjallisuuden (Korhonen ja Grönlund 1992 sekä Äikäs 1994) ohella laitevalmistajien ja käyttäjien antamiin tietoihin. Laitevalmistajien käyttöturvallisuustiedotteista tms. *toonereiden tarkat koostumukset eivät ilmene tuotesalaisuussyistä*. Siten täysin luotettavia johtopäätöksiä toonereiden

ympäristökysymyksistä on mahdoton tehdä. Käytössä olevista toonereista saattaisi olla mielekästä analysoida ainakin niissä mahdollisina epäpuhtauksina olevien pahimpien raskasmetallien määrät (elohopea, kadmium, kromi (VI) ja lyijy). Vaihtoehtoisesti painajat voisivat vaatia toonereiden toimittajaa tekemään tarvittavat raskasmetallianalysit. Käyttäjien tulisi laitteistoja (ja samalla myös toonereita) valitessaan ottaa tällä tavoin huomioon myös ympäristönäkökohdat. Siirtyminen perinteisestä ympäristönsuojelusta kokonaisvaltaisempaan ympäristöhallintaan voi jatkossa tarjota yrityksille esimerkiksi kilpailukykyetuja.

Digitaalisen painoprosessin todellisia päästöjä ei ole Suomessa juurikaan mitattu. Lähinnä laitevalmistajat ovat teettäneet joitain mittauksia esimerkiksi otsonipitoisuuksista laitteiden ympärillä. Laitteita käytettäessä niistä vapautuu jonkin verran otsonia sekä partikkeleja ja pölyä (toonereista, kehitteistä ja paperista). Erään laitevalmistajan mukaan pulveritöonereista aiheutuvat haihtuvat hiilivedyt (VOC) ovat alle 1 ppm:n luokkaa. *Digitaaliseen painoprosessiin ei muutoin näyttäisi liittyvän sellaisia välittömiä päästöjä kuin perinteiseen painamiseen, vaan digitaalisen painoprosessin ympäristökuormitukset aiheutuvat käytännössä käytetyn sähkön tuotannosta.* Yleinen käsitys on ilmeisesti ollut se, ettei digitaaliseen painamiseen liittyisi minkäänlaisia päästöjä, mutta se ei näytä olevan täysi totuus. Tämän esitutkimuksen pohjalta ei voi varmasti sanoa, mikä näiden päästöjen merkitys on. Joka tapauksessa ainakin useimmat laitevalmistajat ovat tietoisia päästöistä ja tehneet työtä niiden pienentämiseksi.

Laitevalmistajien ilmoitusten pohjalta laitteiden pölypäästöt ovat olleet alle kopiokoneille ja tulostimille asetettujen pohjoismaisten ympäristömerkkikriteerien. Nämä laitteet ovat lähimpänä digitaalisia painokoneita. Sittemmin on laadittu ympäristömerkkikriteerit painotuotteille myös painomenetelmakohtaisesti (Painotuotteet 1998, Versio 2.0). Niissä ei ole asetettu digitaaliselle painotekniikalle päästöjen vaatimusarvoja. Laitevalmistajien ilmoittamat otsonipitoisuudet olivat pienempiä kuin em. ympäristömerkkikriteereissä (Nordic ecolabeling of copying machines 1997), mutta otsonipäästöt näyttivät kuitenkin ylittävän rajat todella roimasti. Tarkemman selvittelyn jälkeen näyttäisi pikemminkin siltä, että ympäristömerkkikriteereissä on otsonipäästön (mg/min) osalta kömmähdys, ja tällöin laitteen päästöt täyttäisivätkin kyseisen kriteerin. Ainakin osassa laitteissa käytetään otsonisuodattimia otsonin vähentämiseksi.

Koneiden puhdistukseen käytetään liuottimia (kuten isopropanoli) ja pesunesteitä, jotka sisältävät haihtuvia hiilivetyjä (VOC). Käytettävät määrät ovat kuitenkin hyvin pieniä verrattuna perinteisissä painoissa käytettäviin määriin. Lisäksi ne imeytetään pesurätteihin, jotka toimitetaan puhdistettavaksi. Perinteiseen painamiseen liittyvät VOC:t lienevät merkittävien perinteisen painamisen ympäristöongelmista. VOC:t ovatkin tulossa entistä tarkempaan valvontaan EU:ssa valmisteilla olevan teollisuuslaitoksia koskevan

VOC-direktiivin myötä. Tämä ei koske kuitenkaan digitaalista painamista, koska hiilivetyjen määrät ovat siinä hyvin pieniä.

Elektrofotografiassa käytettävät rummut ovat alumiinipohjaisia. Ne on päällystetty orgaanisella, seleeni- tai piipohjaisella fotojohteella. Niiden kehityssuuntia ovat ohjanneet myös ympäristöasiat. Painokoneiden rummut vaihdetaan tietyin välein. Käytettyjä rumpuja on ainakin aiemmin pinnoitettu uudella fotojohdekalvolla ja otettu uudestaan käyttöön. Nykyisin rummut päätyvät ilmeisesti tavallisten jätteiden joukkoon. Nestemäistä tooneria käyttävissä laitteissa vaihdetaan painolevyt ja kumikankaat, muttei koko rumpua. Muita mahdollisesti vaihdettavia osia ovat kiiltotelat ja kehitysyksikön harjat. Rumpujen ym. osien vaihtotiheys on selvästi suurempi kuin perinteisissä menetelmissä, millä on oma ympäristömerkityksensä. Tyhjiä värikasetteja ja -putkiloita kerätään, ja niiden palautus- ja kierrätysaste vaihtelee paljon valmistajan mukaan. Kehityksenä laitevalmistajien keskuudessa näyttää olevan pyrkimys kierrättää tai uudelleenkäyttää materiaaleja ja osia mahdollisimman paljon. Poikkeuksena ovat ainakin joiden laitevalmistajien kuvarummut.

Kaiken kaikkiaan näyttäisi siltä, että alan painajien lienee ympäristömielessä tärkeintä toimittaa liuosmaiset ja kiinteät ongelmajätteet asianmukaiseen käsittelyyn.

Perinteiset painokoneet eroavat digitaalisista melko paljon. Tämä vaikuttaa myös digitaalisten painokoneiden ja niiden osien kierrätettävyyteen. Mikäli digitaalisten painokoneiden tekniikka kehittyy yhtä nopeasti kuin esimerkiksi tietokoneiden, saattavat laitteiden lyhentyvät käyttöiät aiheuttaa merkittäviä ympäristöllisiä seurauksia. Perinteiset painokoneet on mahdollista esimerkiksi sulattaa ja kerätä niistä hyötymetallit talteen. Digitaalisen painokoneen ja muiden elektroniikkalaitteiden materiaalikierrätys on huomattavasti vaikeampaa.

3.4.1.2 Jälkikäsittely, varastointi ja jakelu

Jälkikäsittely on hyvin tuote- ja tapauskohtaista. Se voi olla esimerkiksi lankanidontaa tai liimasidontaa. Toistaiseksi digitaalisen painamisen jälkikäsittely tehdään pitkälti samalla tavalla kuin perinteisen painamisen. Siksi tässä tutkimuksessa ei käsitellä jälkikäsittelyä tai siinä tarvittavia laitteita eikä esimerkiksi tuotteiden pakkaamista.

Jälkikäsittelyn jälkeen painotuotteet lähetetään eteenpäin tai varastoidaan. Varastointi vie tilaa ja kuluttaa sähköä. Digitaalisen painamisen erityispiirteisiin kuuluvat pienet eräkoot, jolloin varastointitarve painajan tiloissa pienenee oleellisesti.

Jakelukuljetuksissa ajoneuvot kuluttavat polttoainetta ja aiheuttavat tietyt ilmapäästöt. Keskitetyssä painamisessa jakelulla on perinteinen rooli. Perinteiseen painoviestintään verrattuna eräkoot ovat huomattavasti pienempiä, ja tällöin esimerkiksi samalla kuljetusmatkalla digitaalisesti painettu pieni erä aiheuttaa suuremmat ympäristörasitukset tuoteyksikköä kohti kuin perinteisesti painetut isommat erät. Tilanne on kuitenkin huomattavasti monitahoisempi. Oleellista jakelun ympäristörasituksissa ovat luonnollisesti kuljetusmatkojen pituudet. Näiden arviointi digitaalisen painamisen laajentuessa esimerkiksi suhteessa perinteisen painoviestintään kuljetusmatkoihin on hankalaa. Jakelun jälkeinen osa tuotteista päättyy varastoon myös digitaalisessa painatusketjussa, mutta pienpainosten varastojen kiertonopeudet ovat moninkertaiset perinteisen painoviestintään nopeuksiin verrattuna. Pienet, suuren kiertonopeuden, omaavat varastot tuovat taloudellisten näkökohtien ohella etuja myös ympäristöllisesti.

Perinteisillä menetelmillä painetuista tuotteista suuri osa siirtyy varastoihin, joista osa päättyy suoraan kierrätykseen tai kaatopaikalle täysin käyttämättömänä. Tämä johtuu siitä, että perinteisillä menetelmillä painettaessa pienpainoksen hinta on käytännössä sama kuin suuremmallakin painomäärällä. Tällöin tilataan samalla hinnalla mieluummin suurempi painos. Digitaalinen joustava painotekniikka vähentää hukkakappaleiden painamista, koska hinta määräytyy pitkälti suoraan painoksen koon mukaan. On-demand-tuotteet painaankin tarpeen mukaan. Siten täsmätuotteiden tuottamisella voi olla kokonaisuuden kannalta hyvin merkittävä ympäristöllinen vaikutus.

3.4.2 Hajautettu painaminen

Hajautetussa painamismallissa ketjun jotkut osat ovat identtisiä keskitetyn painamisen kanssa, joten niihin ei enää tässä puututa. Hajautetun painamisen malli vaikuttaa ketjuun monella tavalla. Itsestäänselvyytenä on logistiikan täydellinen erilaisuus painamisen vaihtoehtoisilla hajautusasteilla. Tieto voidaan toimittaa sähköisessä muodossa käyttäjälle, joka itse tulostaa tuotteen. Tällöin vältetään kuljettaminen painolaitoksesta edelleenmyyntiin.

Toisaalta haastatteluissa nousi usein esiin, että kotitulostamisella saattaa olla suurikin ympäristöllinen merkitys kokonaisuuden kannalta, eikä sitä ole toistaiseksi kovinkaan systemaattisesti selvitetty. Ilmeistä on, että taustalla on ainakin osittain työpaikoilla ja kouluilla saatavissa oleva 'ilmainen' tulostus- ja kopiopaperi. Näiden paperien toimittamiseen liittyvät kuljetukset tapahtuvat myyjäliikkeistä eteenpäin mm. henkilöautoilla, jolloin ympäristörasitus yksikköä kohden – suhteessa kuorma-autoilla vastaaviin määriin kuljetettavia papereita – on moninkertainen. Kopiopaperin lisääntyvä käyttö vaatii myös paperin toimittajilta uusia logistisia ratkaisuja. Näiden ratkaisujen ympäristövaikutukset olisi syytä selvittää. Kohdissa 3.4.1.2 ja 3.4.2 tarkastellut jakelun aiheuttamat

ympäristökuormitukset esimerkiksi perinteisen ja digitaalisen painamisen välillä tai keskitetyn digitaalisen painamisen ja on-demand -tulostuksen välillä ovat tärkeitä kysymyksiä niin logistiikan tehokkuuden kuin ympäristöllisen suorituskyvyn vuoksi. Mikä toimintatapa - keskitetty vai hajautettu - kuljetuksia silmällä pitäen olisikaan loppujen lopuksi ympäristöä vähiten rasittava vaihtoehto? Sen selvittämiseksi tarvittaisiin hyvin perusteellinen tutkimus.

Kotitulostimista on nykyisin 13 % lasertulostimia ja 62 % ink jet- eli mustesuihkulaitteita, jolloin niihin kuuluu 75 % kotitulostimista. Näiden todellisista käyttöistä tulisi hankkia tietoa, jolloin voitaisiin hahmottaa, millaisia määriä näitä laitteita päätyy vuosittain esimerkiksi kaatopaikoille. Esimerkiksi mustesuihkutulostimien laitevalmistajat ovat arvioineet laitteiden eliniän olevan keskimäärin viisi vuotta. Jättemäärien arvioimiseksi myös kotitietokoneiden ja vastaavien toimistolaitteiden eliniät tulisi arvioida. Koti- ja toimistotulostuksen kasvaessa tulisi sen ympäristöllinen merkitys selvittää perinpohjaisesti. Tämän hetkistä koti- ja toimistotulostamisen volyyymiä on kokonaisuudessaan hyvin vaikea arvioida. Ilmeisesti kotitulostaminen on kuitenkin suhteellisen pientä toimistotulostamisen rinnalla.

Koti- ja toimistolasertulostimissa vaihdetaan musteen loputtua mustavärikasetti, joka sisältää musteen ja rummun. Rummut ja väripatruuna ovat väritulostimissa erikseen, joten värin loppuessa vaihdetaan laitteeseen uusi väripatruuna. Ainakin jotkut laitetoimittajat huolehtivat ilmeisen hyvin tyhjien kasettien ja patruunoiden palauttamisesta takaisin Euroopan tehtaille. Siellä ne mahdollisesti täytetään uudestaan tai kierrätetään materiaalina (ainakin muoveja). Myös mustesuihkupatruunoille on etsitty mielekkäitä ja kannattavia kierrätystapoja, mutta yleensä ne päätyvät kaatopaikalle. Useimmat laitevalmistajat eivät suosittele patruunoiden uudelleentäyttöä laatuongelmien vuoksi. Koti- ja toimistotulostimet on periaatteessa suunniteltu kestämaan niiden koko käyttöiän ilman, että laitteiden muita osia tarvitsisi vaihtaa. Ink jet -värit ovat vesipohjaisia eikä niiltä vaadita samanlaisia käyttöturvallisuustietoja kuin esimerkiksi painoväreiltä tai toonereilta. Erilaisten tulostimien käytössä vapautuvista aineista ei tässä tutkimuksessa onnistuttu saamaan tietoa. Aikaisemmin on lasertulostimista todettu vapautuvan otsonia, mutta tilannetta on korjattu otsonisuodattimin. Tulostintekniikan kehittymisen myötä on joissain laitteissa voitu luopua kokonaan suodatinten käytöstä.

Esimerkiksi kirjojen jälkikäsitteily poikkeaa oleellisesti hajautetussa mallissa. Tässä tutkimuksessa jälkikäsitteilyyn ei kuitenkaan perehdytä.

3.5 Jätepaperin keräys ja kuitujen kierrätys

Suomessa on järjestetty hyvin tehokkaasti kotitalouspaperin keräys kuitujen kierrättämiseksi. Painolaitoksissa digitaalisesti painetut paperit päätyvät suurelta osin kotikeräyspaperin joukkoon. Suomessa käytetään nykyisin pesu- ja vaahdotussiistausta kotikeräyspaperiin. Haluttu vaaleusaste ja käytettävä siistausmenetelmä riippuvat kierrätettyjen kuitujen jatkokäyttökohteesta. Toinen kerättävä paperijae on toimistopaperi, johon suurin osa työpaikalla tulostetusta ja kopioidusta paperista päätyy. Toimistopaperin siistaamiseen käytetään Suomessa pääasiassa pesumenetelmää. Toimistopaperin kierrätyskuidut hyödynnetään ainakin Suomessa pehmopapereiksi.

Digitaalisesti painetun paperin siistattavuudesta oli haastateltavien kesken osittaisia näkemuseroja. Digitaalisessa painamisessa käytettävät värit tai toonerit eroavat huomattavasti perinteisissä menetelmissä käytettävistä väreistä. Esiin nostettiin myös pulveri- ja nestemäisillä toonereilla painettujen paperien siistattavuuksien erot. Tässä tutkimuksessa nojaututaan asiantuntijahaastatteluihin ja aiemmin tehtyihin siistattavuustutkimuksiin.

Perinteisiä siistausmenetelmiä, vaahdotus- ja pesusiistausta, ei ole kehitetty digitaalisessa painamisessa käytettäviä non-impact-värejä silmällä pitäen. Perinteisissä siistausmenetelmissä non-impact-värit ovatkin huomattavasti siistautuvia kuin painovärit keskimäärin (Hartus 1997).

Elektrofotografisesti painetun paperin siistattavuutta hankaloittavat toonereiden iso partikkelikokojakauma ja ennen kaikkea suhteellisen isot partikkelit (verrattuna perinteisiin väreihin). Digitaalisten painotuotteiden nykyiset volyymit perinteisesti painettuihin tuotteisiin nähden ovat niin pieniä, etteivät ne aiheuta normaalia suurempia teknisiä ongelmia kotikeräyspaperin siistattavuudelle. Koska non-impact-värien käyttö on kuitenkin yleistymässä eikä niillä painettua paperia voida eikä ole järkevää erotella muusta kerättävästä paperista, on ilmeinen tarve kehittää perinteisiä siistausprosesseja siten, että ne soveltuisivat kaikille painotuotteille. Esimerkiksi Saksassa ja Ranskassa on tätä selvitetty jo enemmänkin. Siellä kehitellään menetelmiä myös yksinomaan esimerkiksi toimistopaperien siistaukseen. Vaihtoehtoinen näkökulma siistattavuuden parantamiseksi on kehittää toonereita sellaisiksi, että ne eivät aiheuta ongelmia siistausprosessissa. Esimerkiksi Kubota ja Ozeki ovat patentoineet biohajoavan toonerin valmistusprosessin. Tämä toneri mahdollistaa esimerkiksi kopiopaperin helpon siistattavuuden nykyisellä siistausprosessilla.

Ink jet -menetelmillä aikaansaadut partikkelikoot ovat pienempiä kuin perinteisillä menetelmillä painetut. Ink jet -menetelmillä painetut paperit tarvitsevat siistaukseen parhaan tuloksen saamiseksi normaalista jonkin verran poikkeavat prosessiolosuhteet

musteen poistamiseksi. Nykyisillä määrillä ne eivät aiheuta siistattavuusongelmia, vaikka menevätkin kotikeräyspaperin joukossa jatkokäsittelyyn.

Siistauslietteen määrä riippuu käytetystä tekniikasta ja siten jatkokäyttökohteesta. Osa lietteistä päätyy kaatopaikalle, mutta niille on kehitelty myös hyötykäyttökohteita (maantiet, energiakäyttö). Lienee vaikea arvioida non-impact-värien vaikutusta lietteiden määriin, koska volyymit ovat vielä niin pienet ja koska ne ovat siistauksessa sekaisin muun keräyspaperin kanssa.

3.6 Elektroniikka

Yleinen, jo edellisissä kappaleissa sivuttu huolenaihe siirryttäessä perinteisistä painomenetelmistä elektroniisiin menetelmiin on elektroniikan lisääntyvä käyttö. Myös digitaalinen painaminen ja sen sovellukset lisäävät elektroniikan käyttöönoton määrää. Mikäli digitaalisen painamisen ympäristökysymykset halutaan selvittää kattavasti, tulee elektroniikka koko ketjun oleellisena osana selvittää myös valmistuksen ja hävittämisen osalta.

Tietoyhteiskunnan kehittyessä tulisi pohtia laajemminkin, millä tavoin varmistetaan elektroniikan lisääntyessä sen kestävä käyttö myös ympäristön kannalta. Esimerkiksi EU:n alueella on arvioitu syntyvän 7 000 000 tonnia sähkö- ja elektroniikkaromua vuonna 1998 (KOTEL 1997). Suomessa on sähkö- ja elektroniikkaromua arvioitu muodostuvan vuosittain 80 000–100 000 tonnia, mikä on 1–2 prosenttia kotitalouksien jätevirrasta. Elektroniikan ympäristökysymyksiä on julkisesti tutkittu verrattain vähän, mutta ainakin elektroniikka-alan suurimmat yritykset ovat tehneet aktiivisesti omia sisäisiä ympäristöselvityksiään.

Elektroniikkajätteen kierrätyskokeilu on aloitettu Suomessa syksyllä 1997. Kokeilulla halutaan selvittää, olisiko valtakunnalliselle laitteiden kierrätysjärjestelmälle edellytyksiä. Kokeilu on saanut toistaiseksi hyvän vastaanoton niin laitevalmistajien kuin kuluttajienkin silmissä. Mikäli kierrätystä ei järjestetä, päätyvät käytöstä poistuvat laitteet jatkossakin kaatopaikalle. Siellä niistä saattaa vapautua luontoon esimerkiksi myrkyllisiä raskasmetalleja. Mikä elektroniikkajätteiden merkitys olisi elinkaariarviointitarkastelussa? Sen arvioiminen on hyvin hankalaa, mutta ilmeistä on, että elektroniikkajätteiden käsittelyyn olisi kehitettävä parempia ratkaisuja.

Toistaiseksi useimpien sähkö- ja elektroniikkajätteiden kierrätys on kannattamatonta työlään käsittelyn vuoksi. Elektroniikkalaitteita pitäisi pyrkiä valmistamaan esimerkiksi kierrätettävänä moduuleina, jolloin niitä voitaisiin tarpeen mukaan vaihtaa romuttamatta koko laitetta. Tulevaisuudessa käytöstä poistuvien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden

takaisinotto ja kierrätys muotoutuu mahdollisesti vasta asiaa koskevan EU-direktiivin ohjaaman lainsäädännön avulla.

3.7 Yhteenveto

Edellisissä luvuissa on esitetty digitaaliseen painoviestintään liittyviä ympäristökysymyksiä. Tarkasteltaessa laajempaa kokonaisuutta (ml. laitteistojen valmistaminen ja hävittäminen) on tässä vaiheessa mahdotonta sanoa, tarjoaako se esimerkiksi perinteiseen painamiseen verrattuna ympäristöllisiä etuja tai haittoja. Nüsselin (1995) mukaan elektroninen painaminen ei tarjoa ympäristöetuja eikä -haittoja perinteiseen painamiseen nähden.

Elektronisen painoviestinnän ympäristönäkökohtiin sisältyvät mm. toonereihin liittyvät ympäristö- ja terveysseikat, ink jet -musteet sekä käytetyt värikasetit ja -patruunat hävittämisen osalta, paperin siistattavuus, fotojohderumpujen kierrätys tai hävitys, ketjun eri vaiheiden energiankulutus (ml. jakelu) sekä elektroniikkajäte.

Valmistamalla täsmätuotteita voidaan saavuttaa ympäristöetuja varastoinnin ja hukkatuotteiden tuottamisen vähentämisen kautta. Kuljetusten kokonaisympäristövaikutusta keskitetyn ja hajautetun mallin välillä on hyvin vaikea arvioida. Sen selvittäminen vaatii hyvin perusteellisen tutkimuksen.

Ympäristökysymyksiä pyritään valottamaan tutkimuksen toisessa osassa tapaustutkimuksella, jossa tarkastellaan elektroniseen painoviestintäketjuun liittyviä energia- ja materiaalivirtoja. Tutkimuksen II osan (luku 4) runkona käytetään kuvan 2 (sivulla 18) rajausta. II osa toteutetaan tarkastelemalla kuvan 2 eri vaiheiden materiaali- ja energiavirtoja koko arvonmuodostusketjun läpi kulkevaa bittimäärää kohden.

4. Tapaustutkimus: Digitaalisen painoprosessin ja siihen liittyvän arvoketjun energia- ja materiaalivirtojen määrittäminen

Tutkimuksen toisessa osassa kvantifioidaan digitaaliseen painamiseen liittyviä energia- ja materiaalipanoksia koeluonteisesti. Laskelmat perustuvat muutamilta yrityksiltä saatuihin vuositason tietoihin sekä laitevalmistajien antamiin arvoihin. Jälkimmäisen tiedonkeruutavan etuna on se, että saadaan suoraan prosessi-, laite- tai tuotekohtaisia arvoja. Huonoa on taas se, että laitevalmistajien tiedot eivät aina täysin vastaa todellisia olosuhteita, joten niihin tulee suhtautua varauksellisesti. Yritysten vuositason arvoissa on hyvää taas se, että ne ainakin periaatteessa vastaavat todellista kulutusta. Ongelmaksi muodostuu se, miten erilaiset syötteen (esim. energia) ovat kohdennettavissa tuotteille. Esimerkiksi Motivan julkaisussa (1997) on päädytty siihen, että jopa yli puolet perinteisten painotalojen energiasta on mennyt muuhun kuin varsinaiseen tuotantoon. Vertailtaessa erilaisia painotekniikoita ei ole relevanttia ottaa mukaan esimerkiksi painotalon toimitilojen lämmittämiseen kuluvaa energiaa, koska se saattaa vaihdella suurestikin painotalojen välillä. Tässä tutkimuksessa on pyritty käyttämään sopivasti sekä painokoneiden käyttäjien että laitevalmistajien tietoja.

Digitaaliseen painamiseen kuluvaa energiaa vertaillaan myös perinteisen painamisen energiankulutukseen. Kokonaiskuvan luomiseksi painamiseen käytettyä energiaa sekä joitakin sen tuotannosta aiheutuneita päästöjä vertaillaan muihin elektronisen painoviestintäketjun vaiheisiin, mm. tiedon luomiseen ja tiedonsiirtoon, paperin ja toonereiden valmistukseen sekä kuljetuksiin. Tässä tapaustutkimuksessa kyseisiä vaiheita päätettiin tarkastella elektronisen painoviestinnän arvonmuodostusketjussa siirrettyä bittimäärää kohden. Lähestymistavan tarkoituksena oli hahmotella perinteiselle tuotelähtöisyydelle vaihtoehtoista toiminnallista yksikköä.

Tarkastelun kohteeksi valittu ketju käsitellään yksinkertaistetulla tavalla, jotta laskelmien perusoletukset käyvät selvästi ilmi. Valittu toimintaketju on esimerkkitapaus elektroniseen painoviestintäketjuun liittyvistä materiaali- ja energiavirroista. Kuvan 2 elinkaarikehikosta tarkastelussa ovat mukana tiedon tuottaminen, tiedonsiirto, pre-press-vaiheet, paperin ja toonerin valmistus, digitaalinen painamisprosessi sekä tärkeimmät kuljetukset. Ketjua on tarkasteltu kvalitatiivisesti huomattavasti kattavammin luvussa 3. Laitteiden (kuten tietokoneet, digitaaliset painokoneet, televerkko jne.) valmistaminen ei ole tutkimuksessa mukana. Käytön jälkeisiä elinkaaren vaiheita, kuten kuitujen kierrättämistä tai loppusijoitusta, ei ole sisällytetty tapaustutkimukseen. Tässä neljännessä luvussa käsitellään lähinnä ympäristökuormitusten kvantifiointiin liittyviä seikkoja, kuten keskeisimpiä laskelmiin liittyviä oletuksia ja tietolähteitä. Jottei lukijalle muodostu liian yksipuolista kuvaa digitaalisen painamisen ympäristökysymyksistä ja niiden problematiikasta, tulisi tämän luvun rinnalla seurata lukua 3.

Esitutkimusvaiheessa ei ollut mahdollisuutta yritysten käyttämien panosten systemaattiseen selvittämiseen, vaan tarkastelun perustan muodostavat pitkälti laitevalmistajien antamat tiedot yrityksiltä saadun tiedon ohella. Materiaali- ja energiavirtojen tarkempi kvantifiointi on huomattavasti ongelmallisempaa ja vaikeampaa kuin tässä esiselvityksessä on ollut mahdollista tehdä. Energia- ja materiaalivirtojen määrittäminen yksikäsittéisesti on alan uutuuden, toimintatapojen ja käsitysten erilaisuuden vuoksi hankalaa. Hankalaksi kvantifioinnin tekee myös se, että suuri osa digitaalisesta painokoneista on reproissa ja pienissä pikapainoissa, joissa näitä asioita ei ole seurattu, eikä varsinkaan tuotekohtaisesti. Monilla pienillä yrityksillä ei ymmärrettävästi ole aikaa selvittää näitä seikkoja niin systemaattisesti kuin tutkimuksen kannalta olisi tarpeen. Ympäristömerkkiä hakeneilla yrityksillä oli jo runsaammin olennaista tietoa, mutta tuotekohtaisuus on niillekin vielä vieras lähestymistapa. Koska kuitenkin esimerkiksi toonereiden kulutus värikoneissa GT-raportin 2/96 mukaan muodostaa suurimman osan arkkikohtaisista muuttuvista kustannuksista, vastaavia selvityksiä tehdään jatkossa enenevästi. Niistä olisi hyötyä myös tämän tyyppisille ympäristöselvityksille painoprosessin osalta. Toisaalta em. raportissa lasketut toonerin kulutukset eivät enää ole relevantteja, koska kyseisen Xeikon-koneistoon perustuvien laitteiden toonerit edustavat jo toista sukupolvea, ja niiden kulutus on pienentynyt yli puolella em. GT-raportin arvoihin verrattuna.

4.1 Rajaukset ja oletukset

Tarkastelun kohteena on elektronisen painoviestinnän toimintaketju aineiston digitaalisesta tuottamisesta käyttäjälle päättyvään paperimuotoon. Esimerkkitapauksen aineiston oletetaan sisältävän kymmenestä (10) kolmeensataan (300) megabittia. Tiedoston koko eli bittimäärä riippuu siitä, onko dokumentissa esimerkiksi kuvia vai pelkkää tekstiä. Pienempi bittimäärä voi vastata esimerkiksi kahta sataa sivua mustavalkotekstiä ja suurempi bittimäärä esimerkiksi yhtä nelivärikuvaa.

Aineistoista oletetaan valmistettavan 200 kpl:n sarja. Tiedon tuottamiseen käytetään tekstinkäsittely- ja grafiikkaohjelmia. Tietokoneen käyttöajaksi on oletettu 100 tuntia. Sähköä kuluu tietokoneen ja näyttöpäätteen käyttöön. Tietokoneen käyttö sisältää myös tiedon lähettämiseen kuluvan energian. Tiedon tuottaja muuntaa tiedon painajalle soveltuvaan muotoon (esim. PostScript) ennen painajalle lähettämistä. Bittimäärä voi esimerkiksi kolminkertaistua muunnettaessa tavallinen Microsoft Word -dokumentti PostScript-tiedostoksi. PostScript-tiedoston kokoon vaikuttavat merkittävästi esimerkiksi käytetyt fontit, harmaasävyt jne. Siirrettyiksi tietomääräksi on tässä oletettu 30 megabittia mustavalkotekstin ja 300 megabittia nelivärikuvan osalta.

Tieto siirretään painajalle televerkkoa pitkin. Televerkon kuluttama energia on määritetty kokonaisenergiankulutuksen perusteella, ja siihen sisältyy verkon käyttämien ener-

gian lisäksi laitteiden ylläpitoon kuluva energia. Operaattorin kuluttama kokonaisenergia on jaettu vastaavalla tiedonsiirtomäärällä, jolloin saadaan energian kulutus tiedonsiirtoyksikköä kohden. Valittu lähestymistapa on kokonaisvaltainen kattaaen teleoperaattorin toimintoja (keskusten jäähdytys jne.) laajemminkin kuin verkon käyttämän energian osalta. Vaihtoehtoisesti verkon kuluttamaa energiaa voitaisiin tarkastella teoreettisesti kahden pisteen välillä, joiden välillä tiedonsiirto tapahtuu. Tällöin voitaisiin mahdollisesti eritellä esimerkiksi modeemi- tai ISDN-yhteyden ja runkolinjan kuluttama energia. Laskelmiin tulisi näin ollen huomioitua vain kyseiseen tiedonsiirtoon kuluva energia, jolloin tarkastelu olisi toisaalta myös paikasta riippuvainen.

Digitaaliseen mustavalkopainamiseen käytetty paperi voi olla hienopaperia tai hiokkeellista paperia ja päällystettyä tai päällystämätöntä. Paperin valmistukselle on tässä tapaustutkimuksessa käytetty paperinvalmistajien ja Keskuslaboratorion antamista tiedoista laskettuja keskimääräisiä tietoja. Paperin valmistuksesta saatujen tietojen, esitystapojen ja laajuuden välillä oli suuria eroja. Ne johtuvat esimerkiksi tehtaiden käyttämistä erilaisista polttoaineista ja sähköntuotantotavoista. Paperin valmistus on otettu tutkimukseen mukaan, jotta sen merkityksestä elektronisessa painoviestintäketjussa saataisiin jonkinlainen kokonaiskuva. Kyseiset paperin valmistuksen arvot eivät kuvaa tiettyä paperilaatua. Saman paperin oletetaan käyvän sekä digitaaliseen painokoneeseen että pienempiin tulostimiin. Väripainamiseen käytettävien päällystettyjen paperien valmistusta ei ole erikseen tarkasteltu. Painopaperi on oletettu kuljetettavan täydessä lastissa ja yhdistelmäkuljetuksena rekalla (200 km) ja kuorma-autolla (30 km). Paluukuljetuksia on osittain hyödynnetty muille tuotteille.

Painamisen pre-press-vaiheet sisältävät tiedon vastaanottamisen ja arkkiaseoinnin. Tähän oletetaan kuluvan 30 minuuttia työtä kohden. Painamiseen kuluvia panoksia (paperi, energia, toonerit ja muut väreihin liittyvät lisäaineet, kuvarummut tai hihnat jne.) on tarkasteltu sekä käyttäjien että laitetoimittajien antamien tietojen perusteella. Tietoja ei ollut kenelläkään valmiiksi selvitettyinä, ja tässä tutkimuksessa kerättyjen lukuarvojen välillä oli isoja eroja. Toonerin kulutuksen arviointia vaikeuttaa vielä se, että eri tuotteissa väriä käytetään hyvinkin erilaisia määriä. Toonerin valmistuksen ympäristökuormituksia on arvioitu sitä eniten sisältävän polymeerihartsin valmistuksen perusteella kattaaen aina kaikki raaka-ainehankintaketjut jne. Toonereiden tarkkaa koostumusta on vaikea selvittää, koska toonereita käytetään nimikkotulostimissa, jolloin tietylle toonerille on globaalistikin ehkä vain yksi valmistaja. Tarkemmat koostumukset ja valmistustiedot ovat tällöin liikesalaisuuksia. Uusimmassa painotuotteiden ympäristömerkintäehdotuksessa (Pohjoismainen ympäristömerkintä, painotuotteet, helmikuu 1998) on jo joitain vaatimuksia myös digitaaliselle painamiselle, ml. selvitys väriaineiden ja musteiden koostumuksista, joka saattaa jatkossa helpottaa tällaisten

tietojen hankkimista. Digitaalisessa painamisessa vapautuvaa otsonia eikä pölyä ollut tässä tutkimuksessa mahdollista määrittää.

Tässä tapaustutkimuksessa painamisen oletettiin tapahtuvan mustavalkoisena arkeille ja värillisenä joko arkeille tai rullalle. Siirretyn 30 megabitin oletetaan vastaavan paperilla sataa kaksipuoleista A4-sivua mustavalkotekstiä ja 300 megabitin yhtä A4-värikuva. Bittimäärät voisivat vastata myös monia muita vaihtoehtoisia painotuotteita. Mustavalkopainatuksen lähtökohtana on noin 5 %:n peittoasteen omaava normaali tekstisivu ja väripainatuksessa 100 %:n peitolla tehty nelivärikuva. Osa tuotteista on painettu A3:lle ja osa kaksipuoleisina. Näin saadut luvut on lopulta muutettu vastaamaan valittuja tuotteita. Tuotteet on painettu soveltuvilla digitaalisilla painokoneilla, jotka perustuvat elektrofotografiatekniikkaan. Hajautetun tulostamisen osalta tarkasteltiin lähinnä ink jet -laitteita. Niistä ei tässä hankkeessa onnistuttu saamaan kovinkaan paljoa tietoa. Siksi tulokset ovat vain suuntaa antavia. Digitaalisista väripainokoneista on tarkasteltu sekä nestemäisiä että pulveritoonereita käyttäviä laitteita. Laitteissa käytettävät aineet eroavatkin loppujen lopuksi yllättävän paljon toisistaan, joten tässä selvityksessä ei ollut mahdollista syventyä niihin. Tapausselvityksessä on jouduttu olettamaan, että painamisesta ei aiheutuisi päästöjä, mikä ei pidä täysin paikkaansa.

Varastoinnin, paperijätteen ja mahdollisten hukkapainosten merkitystä ei tässä yhteydessä ole mielekästä edes yrittää kvantifioida. Ne riippuvat pitkälti yritysten käytännöistä ja tuotteiden menekistä. Paperijätteen määrään vaikuttanee eniten, miten hyvin sivujen asemointi pystytään tekemään, jottei leveitä reunoja tarvitsisi leikata pois. Tähän vaikuttavat myös käytännön seikat, kuten millaiset resurssit ja tarpeet painajalla on tilata vaihtoehtoisia paperikokoja. Jälkikäsitteily ei ollut tarkastelussa mukana.

Painotuotteiden jakelun on oletettu tapahtuvan kuorma-autoilla (50 km) asiakkaille. Tuotteen käyttäjän aiheuttamia ympäristökuormituksia, kuten henkilöauton energiankulutusta, ei tässä tarkastelussa ole määritetty. Paperin keräykseen ja kierrätykseen tai muuhun loppusijoitukseen liittyviä materiaali- ja energiavirtoja ei ole selvitetty. Paperin kierrätykseen liittyviä elinkaariselvityksiä on tehty aiemmin esimerkiksi Virtasen ja Nilssonin (1993) toimesta.

Hajautetussa vaihtoehdossa oletetaan paperin kuljetusmatkojen olevat samat kuin keskitetyssä eikä oteta huomioon esimerkiksi mahdollisia henkilöautomatkoja. Keskitetyn ja hajautetun vaihtoehdon vertailu vaatisi seikkaperäiset selvitykset eri vaihtoehtojen kuljetusrakenteista.

Hajautetun mallin painamisen oletettiin tapahtuvan ink jet -tulostimilla. Tarkastellut laitteet ovat tarkoitettut toimistokäyttöön. Mustavalkopainatuksessa 200 Mb tulostetaan A4-arkeille yksipuoleisina, jolloin paperia kuluu kaksinkertainen määrä keskitettyyn

painamiseen verrattuna. Hajautetun mallin väripainamisen paperin kulutus on sama kuin keskitetyssä vaihtoehdossa.

Energian tuotanto on laskettu mukaan aina primääripolttoaineiden tuotannosta saakka, ja sisältää myös polttoaineiden hankintaan kuluvan energian. Sähkön osalta on käytetty Suomen keskiarvosähkön mukaista tuotantoa, jonka kaikki päästöt on kohdennettu sähkölle. Massan ja paperin valmistuksessa käytetty sähkö perustuu tehtaiden ilmoittamiin arvoihin.

4.2 Tulokset

4.2.1 Painoprosessin ympäristökuormitukset

Mustavalkoarkkipainaminen

Mustavalkopainamisen osalta on käsitelty arkkeja käyttäviä koneita, koska rullalle painavat mustavalkolaitteet eivät ole yleistyneet Suomessa. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkinä digitaalisen mustavalkopainamisen keskimääräisiä kulutuksia kaksipuoleista A4-arkkia kohti. Kulutukset ovat sekä painajien että laitevalmistajien antamien tietojen perusteella laskettuja arvoja. Arvojen välillä oli jonkin verran hajontaa laskentaperiaatteen ja tietolähteen mukaan.

Taulukossa oleva sähkönkulutus on itse painamisprosessiin kuluva sähköä, eikä se siis sisällä esimerkiksi toimitilojen lämmitystä. Saatujen tietojen valossa vaikuttaisi siltä, että laitevalmistajan teoreettisista arvoista laskettuna saadaan energiankulutukselle hie-man alakanttiin oleva luku. Painajat eivät ilmeisesti käytä laitteitaan maksiminopeudella. Toonerin kulutuksessa tilanne on taas päinvastoin. Laitevalmistajan mukaan väriä kuluisi enemmän suhteessa siihen, mitä todellisuudessa näyttäisi kuluvan. Toonerin kulutus on toisaalta hyvin riippuvainen tuotteesta. Kaiken kaikkiaan taulukon 1 lukuarvot ovat lähinnä suuntaa antavia. Tarkempien arvojen saamiseksi tulisi painajilta kerätä kulutustietoja systemaattisesti tarpeeksi pitkältä ajalta. Myös kuvahihnan kestosta oli hyvin erilaisia näkemyksiä. Kuvahihnan kestäminen riippuu monesta tekijästä, mutta suuntaa antavasti sen voitaisiin olettaa kestävän keskimäärin miljoonan A4-sivun painamisen.

Painajat kokevat, ettei digitaalisesta painamisesta aiheutuisi päästöjä. Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista suorittaa esimerkiksi päästömittauksia, mutta laitevalmistajien mukaan päästöt ovatkin hyvin pieniä. Myös laitevalmistajien ilmoittamat päästöarvot tukevat tätä käsitystä. Otsonia vapautuisi erään laitevalmistajan mukaan noin 0,6 µg kaksipuoleista A4-sivua kohden. Lisäksi painamisesta voi aiheutua jonkin verran mm. pölyä (partikkeleja).

Taulukko 1. Esimerkki kaksipuoleisen A4-arkin mustavalkopainamisen kulutuksista.

Sähköä (Wh)	Tooneria (mg)	Silikoniöljyä (ml)
0,7...1,2	40...150	0,002...0,0025

Värijäämiä tai ongelmajätteitä ei arkkikoneista periaatteessa tule (väripatruunaa lukuunottamatta), mutta esimerkiksi mustavalkopainamiseen tarkoitettut rullakoneet muistuttavat enemmän digitaalisia väripainokoneita.

Väripainaminen

Väripainamisen kulutukset vaihtelivat eri lähteiden mukaan selvästi enemmän kuin mustavalkopainamisessa. Väripainamiseen tarkoitetuissa digitaalisissa painokoneissa oli myös selviä eroja. Väripainamisen energiankulutus on joka tapauksessa moninkertainen mustavalkopainamiseen verrattuna. Lisäksi se vaihtelee laitteiden välillä huomattavasti. Taulukossa 2 on esitetty arvio digitaalisen painokoneen energiankulutuksesta laitevalmistajien ilmoittamien tietojen perusteella. Kehitettä kuluu noin viidennes toonerin määrästä. Ongelmajätteitä aiheutuu keskimäärin noin 0,02 ml yhtä kaksipuoleista A4-arkkia kohden.

Digitaalisen ja perinteisen painamisen energiankulutuksen vertailu

Juntunen et al (1994) ovat määrittäneet perinteisten painotalojen keskimääräiseksi kokonaisenergiankulutukseksi (ml. lämpö) 1,3 MWh/t ja sähkönkulutukseksi keskimäärin 0,7 MWh/t. Luvut eivät ole kuitenkaan suoraan vertailukelpoisia tässä tapaustutkimuksessa määritettyihin arvoihin, koska Juntusen tutkimuksessa kaikki syötteet ja tuotokset on laskettu tuoteryhmien keskiarvoina, sisältäen erilaisia painomenetelmiä ja -koneita sekä myös muita koneita, kuten jälkikäsitteilyyn tarkoitettuja laitteistoja. Relevanttia vertailua haittaa myös tieto siitä, että digitaalipainojen tuotteet ovat pitkälti eri käyttötarkoituksiin kuin perinteisten painojen tuotteet. Tuotteet korvaavat harvemmin suoraan toisiaan. Tässä tapaustutkimuksessa digitaalisen painamisen vastaavaksi kokonaisenergiankulutukseksi (ml. lämpö) muutamassa mustavalkopainamiseen keskittyneessä yrityksessä saatiin 0,26 MWh/t. Tässä tapaustutkimuksessa käytetystä muutamain painotalon otoksesta ei voi tehdä suoria päätelmiä. Em. lukua yritettiin myös suhteuttaa tehonkulutusten perusteella arvioituun sähkönkulutukseen, mutta tässä tutkimuksessa ei kyety löytämään syitä havaittuihin epäjohtonmukaisuuksiin.

Koska digitaalisia painokoneita haluttaneen kuitenkin vertailla perinteisiin painokoneisiin, meneteltiin seuraavasti. Vertailukelpoisimpien energiankulutusarvojen saamiseksi määritettiin vastaavatehoisten, samantapaisiin painotöihin soveltuvien, perinteisten offset-painokoneiden sähkönkulutuksia laitevalmistajien ilmoittamien tietojen perusteella.

Perinteinen painoprosessi sisältää kuitenkin lisäksi useita digitaalisessa painamisessa tarpeettomia energiaa kuluttavia laitteita ja työvaiheita, kuten filmien valmistus ja kehitys, joita tässä vertailussa ei ole huomioitu. Suuntaa antavaa vertailua digitaaliseen painamiseen on esitetty taulukossa 2. Laitteiden tehonkulutusten perusteella digitaalinen mustavalkopainaminen kuluttaisi sähköä kaksin-kolmenkertaisesti perinteiseen verrattuna. Väripainamisen osalta ero perinteisen ja digitaalisen välillä olisi huomattavasti merkittävämpi. Digitaalinen neliväripainaminen saattaa kuluttaa energiaa ääritapauksessa jopa yli kymmenen kertaa enemmän kuin perinteinen offset-arkkipainaminen. Digitaalisten neliväripainokoneiden välillä olevat sähkönkulutusarvioerot selittyvät pitkälti rullakoneiden moninkertaisella maksiminopeudella, jolloin sähkönkulutus tuotettua määrää kohden on vastaavasti pienempi. Tuloksia arvioitaessa tulee muistaa tapaustutkimuksen koeluonteisuus. Todellisten sähkönkulutusten selvittämiseksi pitäisi järjestää pitkät painosarjat, joiden aikana kulutusta seurattaisiin. Joka tapauksessa on mahdollista, että siirtyminen samantasoisista offset-koneista digitaalisiin painokoneisiin jopa nostaa painotilojen sähkönkulutusta ja siten myös ympäristökuormitusta. Tosin digitaalisissa painokoneissa on automaattiset virransäästötilat (stand-by), jolloin kulutus on noin 20–30 % painamisen aikaisesta kulutuksesta.

Taulukko 2. Perinteisen offset ja digitaalisen painoprosessin keskimääräisiä suuntaa antavia sähkönkulutuksia (Wh) kaksipuoleista A4-arkkia kohden laitevalmistajien ilmoittamien tietojen mukaan.

Painomenetelmä	Perinteinen	Digitaalinen
Mustavalko (arkki)	0,2...0,4	0,6...0,8
4-väri (arkki/rulla)	0,5...1	3...10

4.2.2 Painoviestintäketjun ympäristökuormitukset

Kokonaiskuvan luomiseksi tarkastellaan digitaalisen painamisen ympäristökuormituksia suhteessa koko painoviestintäketjuun nähden. Ketjun tarkasteluun on otettu seuraavat parametrit: primäärienergian kulutus (E-tot), ilmapäästöt CO₂, NO_x, SO₂, ja vesipäästöistä COD. Mm. paperin ja toonereiden valmistuksessa on toki lukuisa joukko erilaisia ympäristökuormituksia tarkastelussa olleiden lisäksi. Jatkossa arviot ketjun eri vaiheiden ympäristökuormituksista on annettu primäärienergian kulutuksen sekä em. ilmapäästöjen osalta. Mainittuja päästöjä on ketjun kaikissa osissa ainakin energiantuotannon kautta, ja ne riippuvat tietysti käytetyn energian laadusta. COD on otettu mukaan vain yhtenä esimerkkipäästönä, johon vaikuttaa lähinnä paperin valmistus. Ketjun eri vaiheiden merkitystä on esitetty kuvissa 4–7 suhteellisina osuuksina ympäristökuormitusparametreistä.

Koska painamiseen liittyvissä energian- ja toonerinkulutuksissa oli hyvin suuria eroja painajien ja laitevalmistajien välillä, on tässä käytetty laitevalmistajien ilmoittamia arvoja. Siten esimerkiksi energiankulutus sisältää vain varsinaisen painoprosessin energian käytettäessä laitetta maksiminopeudella. Taulukossa 3 on esitetty tapaustutkimuksen vaihtoehtoiset skenaariot. Kussakin vaihtoehdossa tulokset on laskettu lopulta yhtä tuotetta kohden ja siten luovuttu bittinäkökulmasta.

Taulukko 3. Tarkastellut tuotekohtaiset tutkimusskenaariot.

Painoväri	Keskitetty painaminen	Hajautettu painaminen	Skenaariot
Mustavalko	100 kaksipuoleista A4-arkkia	200 yksipuoleista A4-arkkia	- koko ketju - sama, mutta paperin valmistus rajattu pois
Neliväri (yksipuoleisia)	1 A4-arkki	1 A4-arkki	- koko ketju - sama, mutta tiedon tuottaminen rajattu pois

Keskitetty painaminen

Keskitetyn painamisen skenaarioiden tulokset on esitetty kuvissa 4 ja 5. Kuvassa 4 sulkuihin merkityt ketjun vaiheet ovat niin merkityksettömiä, etteivät ne näy kuvassa ollenkaan. Tulosten havainnollistamiseksi kuvien 4 ja 5 viisi ensimmäistä pylvästä kuvaavat koko elinkaaren aikaista räsitusta, ja jälkimmäiset viisi vastaavasti elinkaaren räsitusta siten, että on rajattu pois elinkaaren merkittävin vaihe (kuvasta 4 paperin valmistus ja kuvasta 5 tiedon tuottaminen). Näin tehtiin, koska molemmissa tapauksissa oli tietty elinkaaren vaihe, joka dominoi koko painoviestintäketjun ympäristökuormituksia.

Kuvassa 4 on 10 MB:n tiedostosta painettu 200 kpl:n sarja kaksipuoleisia A4-arkkeja. Paperin valmistuksen osuus ympäristökuormituksesta on noin 60-80 %. Paperin valmistuksen COD-päästöt ovat lähes 100 % kokonaiskuormituksesta. Sekä painamisen että tiedon tuottamisen osuus on noin 5...10 % kokonaiskuormituksesta parametristä riippuen. Toonerin valmistus on keskimäärin hieman yli 10 % kokonaiskuormituksesta. Toonerin kulutus oli tässä arvioitu laitevalmistajien antamien tietojen perusteella, ja ne olivat huomattavasti suurempia kuin painajilta saadut vastaavat arviot. Paperin jakelulla näyttäisi olevan oleellista merkitystä ainoastaan NOx-päästöihin. Kuljetukset ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä. Tässä niitä on arvioitu keskimääräisten täysien kuljetusten perusteella. Televerkon, pre-press-vaiheen ja tuotteen jakelun ympäristökuormitukset jäivät merkityksettömiksi.

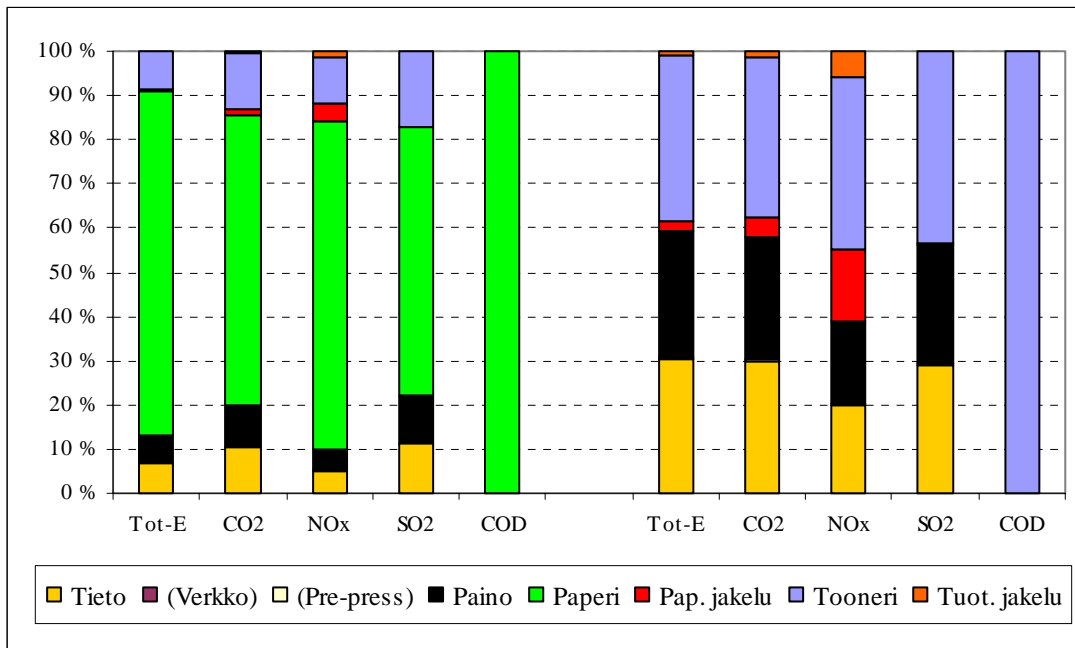
Rajattaessa paperin valmistus ketjusta pois toonereiden valmistuksesta aiheutuisivat suurimmat ympäristökuormitukset, noin 40 %. Painamisen ja tiedon tuottamisen ympäristökuormitukset olisivat tällöin molemmat hieman alle 40 %. Näistä tiedon tuottamisen osuus on hyvin tapauskohtainen. Mikäli tuotantosarja olisi esimerkiksi kymmenkertainen (2 000 kpl), putoaisi tiedon tuottamisen osuus tuotetta kohden jo melko pieneksi. Toisaalta 200-sivuisen kirjan (esim. oppikirja) sisällön tekemiseen saattaisi kuluu myös moninkertainen aika tässä oletettuun verrattuna, ja tällöin pienellä painosmäärällä tiedon tuottamisen osuus olisi koko elinkaaren ajalta hyvinkin merkitsevä. Tämä on vain esimerkki siitä, että myös tiedon tuottamisella voi olla merkittäviä ympäristökuormituksia. Tästä ei kuitenkaan tule tehdä esimerkiksi sellaisia johtopäätöksiä, että nykyinen tietokoneiden runsas käyttö (esim. sisällön luomiseen) olisi johtanut väärään suuntaan kestävä kehityksen kannalta.

Loput ympäristörasitukset aiheutuisivat kuljetuksista. Ne muodostavat NOx-päästöistä yli 20 %. Koska COD:tä ei tässä oltu määritelty kuin paperin ja toonereiden valmistuksen osalta, kaikki COD:t näyttäisivät kuvan mukaan 5 aiheutuvan toonereiden valmistusketjusta.

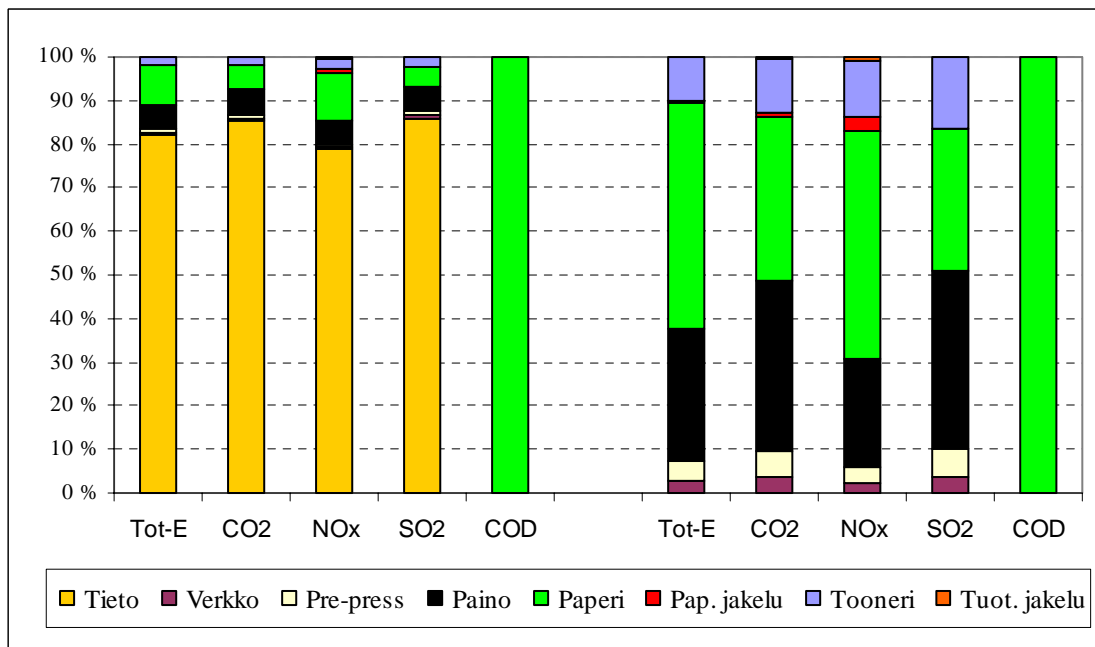
Vertailun vuoksi todettakoon, että edellä tarkastellun satasivuisen digitaalisesti painetun mustavalkotuotteen sivujen tuottamiseen kuluva energia (sähköksi muutettuna) koko painoviestintäketjun elinkaaren ajalta vastaa vain reilua kolmanneltä yksikön vuorokauden keskimääräisestä sähkönkulutuksesta.

Jos sama 10 Mb:n tiedosto painettaisiin yhdeksi A4-nelivärikuvaksi, niin päädyttäisiin kuvan 5 mukaiseen tilanteeseen. Tiedon tuottaminen vastaisi keskimäärin yli 80 % kokonaiskuormituksesta. Tarkastelutilanne on teoreettinen, ja voikin kysyä, että voiko minkään kuvan tekemiseen mennä 100 tuntia. Jos voi ja niitä valmistetaan vain 200 kpl:n sarja, niin siihen kuluva tietokoneen käyttöaika hallitsisi ko. tuotteen elinkaaren aikaista ympäristökuormitusta. Tuotemäärän ja valmistussarjan kasvaessa tiedon tuottamisen merkittävyys putoaa nopeasti olemattomaksi, jolloin samalla putoaa jo edellisissäkin tapauksissa hyvin pienen merkityksen omaavan pre-press- ja tiedonsiirtovaiheen merkitys. Kuvan 5 viidessä jälkimmäisessä pylväässä on tulokset esitetty ilman tiedon tuottamisen ympäristökuormituksia.

Yksistään painoprosessin merkittävyys on tässä tapauksessa jo lähes samaa luokkaa kuin paperin valmistuksen koko elinkaaren aikaiset rasitukset. Koska painoprosessin ympäristökuormitukset on arvioitu vain laitteen kuluttaman sähkön perusteella, niin väriä digitaalipainamista voidaan pitää runsaasti energiaa kuluttavana. Selvitettyjen digitaalisten väripainokoneiden sähkönkulutusten välillä oli hyvin suuria eroja. Näissä laskelemissa käytettiin keskimääräisiä arvoja, jotka perustuvat laitevalmistajien ilmoittamiin tehonkulutuksiin.



Kuva 4. Keskitetyn painamisen (10 Mb:n Word-tiedostosta tuotettu 200 kpl satasivuisia kaksipuoleisia A4-mustavalkoarkkeja) elinkaaren eri vaiheiden suhteelliset merkittävyydet kokonaisympäristökuormituksista. Ensimmäiset viisi pylvästä kuvaavat koko elinkaarta, ja jälkimmäiset viisi elinkaarta, josta paperin valmistus on rajattu pois.



Kuva 5. Keskitetyn painamisen (200 Mb:n Word-tiedostosta tuotettu 200 kpl yksipuoleisia A4-neliväriarkkeja) elinkaaren eri vaiheiden suhteelliset merkittävyydet kokonaisympäristökuormituksista. Ensimmäiset viisi pylvästä kuvaavat koko elinkaarta, ja jälkimmäiset viisi elinkaarta, josta tiedon tuottaminen on rajattu pois.

Digitaalisessa väripainamisessa tiedonsiirto televerkossa näyttäisi aiheuttavan suuremmat ympäristökuormitukset kuin mitä paperin ja tuotteiden jakelu aiheuttaa. Tätä tulkittaessa tulee muistaa tapaustutkimuksessa käytetyt rajaukset. Joka tapauksessa suurten tiedostojen (kuten kuvien) siirtämiseen televerkossa tarvitaan jo niin paljon kapasiteettia, että sillä on omat ympäristörasituksensa verkon ylläpidon kautta. Esimerkiksi röntgenkuvan siirtäminen televerkossa olisi moninkertaisesti hitaampaa kuin tässä tutkimuksessa käytetyn kuvan.

Digitaalisen väripainamisen kulutukset on arvioitu laitevalmistajien tiedoilla siten, että luvut koostuvat sekä nestemäisiä että pulveritoneriteitä käyttävistä laitteista. Eri tahoilta saatujen tietojen välillä oli huomattavia eroja. Osa eroista selittyy erilaisilla huoltosopimuksilla, jolloin asioita tarkastellaan yrityksissä eri lailla. Vaikkakin nestemäisillä tonereilla värikerroksen paksuus on vain neljäsosa pulveritoneriä verrattuna, niin tässä päädyttiin siihen, että pulveritoneriteitä kuluu kuitenkin vain noin kaksi kertaa enemmän kuin nestemäisiä suurin piirtein saman kuvan aikaansaamiseksi. Tämä selittyy pulveritoneriteiden keveydellä. Nestemäistä toneria käyttävissä laitteissa kuluu myös liuotinta, ja pulveritoneriteitä käyttävissä laitteissa kehitteitä.

Hajautettu painaminen

Hajautetussa painamisessa tutkittiin toimistokäyttöön tarkoitettuja ink jet -laitteita. Tietoja näistä oli tutkimusta varten vähemmän kuin painotalojen käyttämistä laitteista, ja kaikki painoprosessin tiedot on saatu laitevalmistajien ilmoittamista tiedoista. Ink jet -laitteiden sähkönkulutus sivua kohden on samaa suuruusluokkaa kuin edellä käsitellyssä mustavalkoisessa digitaalipainatuksessa. Värillisten- ja mustavalkoisten ink jet -laitteiden sähkönkulutus ei eroa niin merkittävästi kuin aiemmin käsitellyissä elektrofotografiaan perustuvissa laitteissa.

Hajautetussa painamisessa eli 200-sivuisen tuotteen toimistotulostuksessa paperin valmistuksen ympäristökuormitukset kasvavat keskitettyyn malliin verrattuna samoin kuin paperin käyttö eli kuormitukset kaksinkertaistuvat. Paperin valmistus vastaa tällöin noin 90 % elinkaaren aikaisista ympäristökuormituksista. Tulostettaessa 200 Mb:n tietomäärä yhdelle A4-sivulle värikuvana, ympäristökuormitukset jakautuvat kutakuinkin samalla tavalla kuin painettaessa vastaavasti keskitetyssä vaihtoehdossa. Kuvassa 6 on esitetty hajautetun mallin eri elinkaaren vaiheiden merkittävyydet siten, että 200-sivuisessa tuotteessa paperinvalmistamisen ja yhden neliväriarkkituotteen painamisessa tiedon tuottamisen ympäristökuormitukset on rajattu pois.

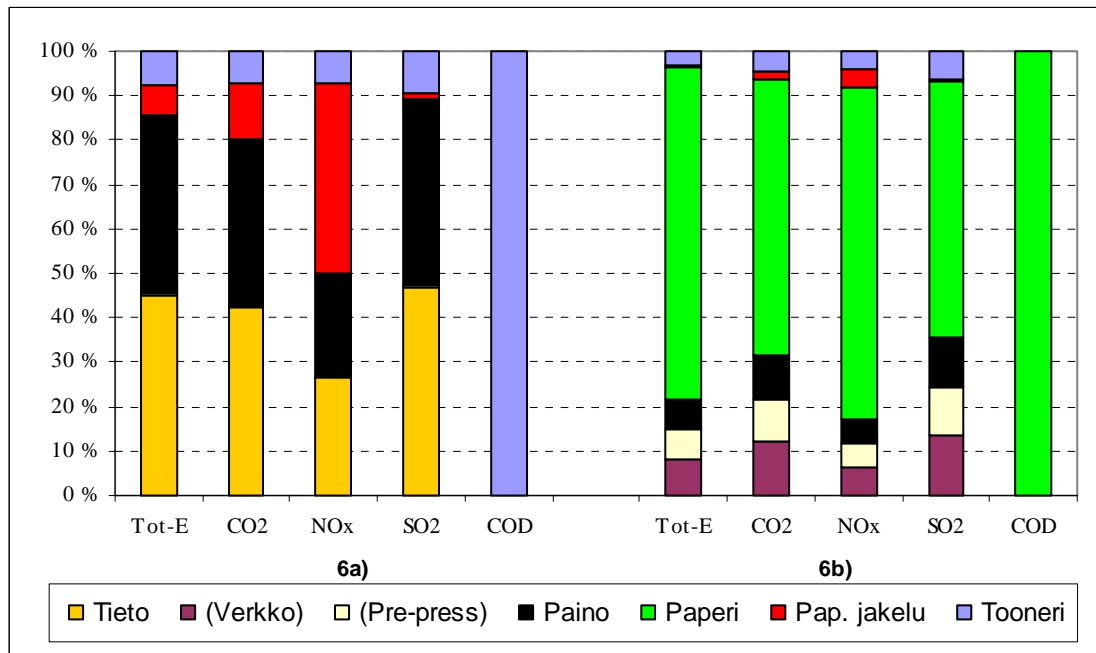
Tässä tapaustutkimuksissa käytetyillä oletuksilla ei tullut kovin merkittäviä eroja keskitetyn ja hajautetun mallin välille. Erojen löytämiseksi tulisi selvittää perinpohjin esi-

merkiksi todellisten logististen ketjujen ja erilaisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettujen eri paperilaatujen valmistusketjujen ympäristökuormitukset.

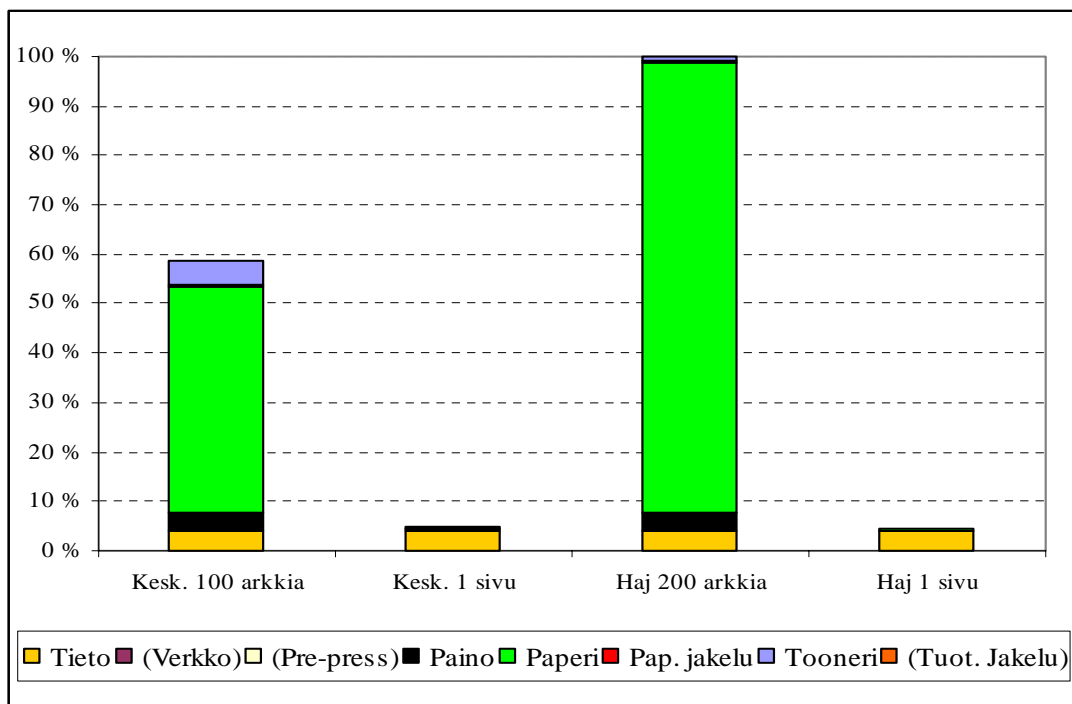
Tarkasteltaessa kuvan 6a mukaista 200-sivuista mustavalkotulostustuotetta havaitaan, että toonerin valmistusketjun merkittävyys suhteessa vastaavaan keskitettyyn malliin on selvästi pienempi. Ero aiheutuu ink jet -laitteissa käytettävästä musteesta ja sen määrästä. Tässä tutkimuksessa tukeuduttiin ink jet -laitteiden osalta laitevalmistajien tietoihin. Näiden perusteella mustetta kuluu sivua kohden jonkin verran vähemmän kuin vastaavaa toneria elektrofotografiamenetelmässä, ja lisäksi muste on noin 75 %:sesti vettä. Paperin jakelun merkitys näyttää olevan melko merkittävä. Muuten tähän tapaukseen soveltuvat samat huomiot kuin keskitettyyn tapaukseen. Mikäli tulostaja haluaisi ensin selailta dokumenttia päätteeltä, niin esimerkiksi jo vajaa puolen tunnin selailu kuluttaa sähköä yhtä paljon kuin dokumentin tulostuksessa kuluu. Vastaavasti Plätzerin ja Götschingin (1997) mukaan painetun päivälehdän elinkaari rasittaa huomattavasti vähemmän ympäristöä kuin sen lukeminen verkosta, puhumattakaan että se vielä tulostettaisiin lukemisen yhteydessä. Verkosta lukemisen ympäristökuormitukset aiheutuvat siis tietokoneiden ja palvelimien ylläpidosta ja käytöstä. Toisaalta em. tutkimuksen mukaan tietokoneiden sähkönkulutus laskee tulevaisuudessa tehokkuuden kasvun myötä.

Kuvasta 6b voidaan havaita jo aiemmin todettu seikka, että ink jet -väritulostus ei kuluta lähimainkaan yhtä paljon energiaa kuin painotalojen käyttämät elektrofotografialaitteet. Siten paperin valmistus ja kuljetus ovat hajautetussa mallissa suhteellisesti merkittävämpiä kuin keskitetyssä. Kuvan 6b hajautetussa mallissa on oletettu, että televerkossa tapahtuvat tiedonsiirrot lisääntyvät. Tuottajat toimittavat tiedon ensin kustantajalle, ja nämä sitten jakelevat tuotetta elektronisessa muodossa eteenpäin. Tämä näkyy kuvassa 6b televerkossa tapahtuvan tiedonsiirron ympäristökuormitusten lisääntymisenä.

Kuvassa 7 on vielä esitetty kaikkien perusskenaarioiden primäärienergiankulutukset suhteutettuna hajautetun mallin 200-sivuiseen mustavalkotuotteeseen. Kuvasta havaitaan paperin valmistuksen energiankulutuksen (ja siten myös useimpien päästöjen) dominoiva vaikutus EPP-ketjussa. Tapaustutkimuksessa ei huomioitu tuotteen loppusijoitusta, jolla saattaa olla painotuotteen elinkaaren joihinkin ympäristökuormitusparametreihin (esim. metaanipäästöt kaatopaikalta) merkittäväkin vaikutus (ks. esim. Painomaa-ilma 8/95).



Kuva 6. Hajautetun painamisen ympäristökuormituksia esimerkkiparametrein (tuotettu 200 kpl:n sarja), a) 10 Mb:n Word-tiedostosta 200-sivuisia, yksipuoleisia A4-mustavalkoarkkeja, paperin valmistus rajattu pois; b) 200 Mb:n tiedostosta yksipuoleisia A4-neliväriarkkeja, tiedon tuottaminen rajattu pois.



Kuva 7. Perustapausten primäärienergiankulutukset elinkaaren vaiheiden mukaan suhteutettuna hajautetun mallin 200-sivuisista mustavalkopainotuotetta kohden.

4.3 Yhteenveto

Luvun 4 tapaustutkimuksessa tarkasteltiin digitaaliseen painoprosessiin liittyviä materiaali- ja energiavirtoja esimerkinomaisesti. Digitaalisesta painoprosessista aiheutuvia päästöjä ei tässä tutkimuksessa ollut mahdollista kvantifioida, mutta laitevalmistajien mukaan ne ovat hyvin pieniä. Päästöjä on tarkastelu kohdassa 3.4.1.1.

Kokonaiskuvan muodostamiseksi painoprosessin materiaali- ja energiavirrat suhteutettiin arvonmuodostusketjussa siirrettyä bittimäärää kohti. Sen perusteella laskettiin muutama vaihtoehtoinen skenaario sekä keskitetystä (painaminen painotalossa) että hajautetusta (toimistotulostaminen) mallista. Selvitykseen sisällytettiin arvonmuodostusketjusta tiedon tuottaminen, elektroninen tiedonsiirto, pre-press-vaiheet, painaminen, paperin ja toonerin valmistus sekä merkittävimmät kuljetukset ja energiantuotantoketjut. Selvityksen ulkopuolelle jäivät laitteiden ja koneiden valmistus sekä tuotteen käytön jälkeiset elinkaaren vaiheet.

Painoprosessi

Tapaustutkimuksessa vertailtiin esimerkinomaisesti digitaalisten, elektrofotografiaan perustuvien painokoneiden sähkönkulutusta suhteessa vastaaviin käyttötarkoituksiin soveltuvien perinteisten offsetkoneiden sähkönkulutukseen. Vertailussa käytettiin laitevalmistajien ilmoittamia konekohtaisia tietoja. Perinteiseen painamiseen liittyvien muiden sähköä kuluttavien työvaiheiden, joita digitaalisessa painamisessa ei tarvita, sähkönkulutusta ei huomioitu. Mustavalkoinen digitaalipainoprosessi olisi tämän mukaan noin kaksi-kolme kertaa sähköä enemmän kuluttavaa kuin perinteinen painoprosessi. Digitaaliset väripainokoneet saattavat kuluttaa sähköä kymmenkertaisestikin vastaaviin offsetkoneisiin verrattuna. Tätä tulkittaessa tulee kuitenkin muistaa, että perinteinen painoprosessi sisältää useita muita digitaalisessa painamisessa tarpeettomia energiaa kuluttavia laitteita ja työvaiheita, kuten filmien valmistus ja kehitys, jotka lisäävät perinteisen painamisen energiankulutusta.

Digitaalisten väripainokoneiden sähkönkulutusarvoissa on suuria eroja. Rullaa käyttävillä värikoneilla sähkönkulutusarvot tuotetta kohden olivat selvästi pienempiä kuin arkkeja käyttävillä värikoneilla. Tämä selittyy mm. rullaa käyttävien koneiden suuremmalla ajonopeudella. Koska vertailu perustuu laitevalmistajien ilmoittamiin tietoihin, olisi tarpeen uusien vertailu todellisten sähkönkulutusten perusteella.

Laitevalmistajien antamien tietojen avulla lasketut sähkönkulutusarvot oli tarkoitus suhteuttaa painotalojen todelliseen sähkönkulutukseen. Tuotekohtaisen keskimääräisen sähkönkulutuksen määrittämisen ongelmia olivat tiedon saantiin liittyvät vaikeudet sekä

sähkökulutuksen kohdentaminen eri koneille ja tuotteille. Tässä esitutkimuksessa ei riittävää tarkkuutta saatu.

Digitaaliseen, elektrofotografiamenetelmään perustuvan mustavalkoarkkipainamisen energia- ja materiaalivirtoja tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin. Sähkön, paperin sekä toonereiden eli väriaineiden ohella digitaaliseen painamiseen liittyvissä toiminnoissa kuluu esimerkiksi silikoniöljyä, kehitteitä, kuvahihnoja ja fotojohderumpuja laitteen ja tekniikan mukaan.

Painoviestintäketju

Painamiseen kuluvat panokset suhteutettiin koko toimintaketjussa seuraaviin vaiheisiin: tiedon tuottaminen, tiedonsiirto, pre-press-vaiheet, paperin ja toonereiden valmistus sekä kuljetukset. *Keskitettyssä mallissa* sadan kaksipuoleisen A4-arkin painamiseen tarvittavan paperin valmistus aiheuttaa keskimäärin noin 70 % elinkaaren aikaisesta kokonaisympäristökuormituksesta. Suuruusluokka on sama kuin perinteisen painamisen tutkimuksissa on todettu. Kyseisen mustavalkotuotteen painamiseen tarvittavan toonerin valmistuksesta aiheutuu jonkin verran enemmän ympäristökuormituksia kuin itse mustavalkopainoprosessista. Mikäli valmistettava tuotevolyyymi on hyvin pieni ja paperin käyttö vähäistä, kuten tuotteen ollessa vain yksisivuinen, voi tietokoneen käytöstä, esimerkiksi tietosisällön kirjoittamis- ja tuottamisvaiheesta, tulla elinkaaren merkittävin ympäristöä rasittava tekijä.

Tapaustutkimuksessa käytetyillä reunaehdoilla digitaalisten, elektrofotografiaan perustuvien neliväripainokoneiden kuluttama sähkö aiheuttaisi arviolta lähes yhtä paljon ympäristökuormituksia kuin paperin valmistus, mitä voitaneen pitää melkoisena yllätyksenä. Tarkemman arvion saamiseksi tulisi digitaalisten neliväripainokoneiden käytön ajalta tehdä sähkökulutusmittauksia.

Hajautetussa mallissa tarkasteltiin tulostamista toimistokäyttöön tarkoitetuilla ink jet -laitteilla. Tulostamiseen kuluu suurin piirtein saman verran sähköä kuin edellä tarkastellussa digitaalisissa mustavalkoarkkipainamisessa. Koska tarkastelluissa ink jet laitteissa käytettävät musteet ovat noin 75 %:sesti vettä, on musteiden valmistuksella selvästi pienempi merkittävyys elinkaaren aikaisiin ympäristökuormituksiin kuin toonereiden valmistuksella on vastaavaan elektrofotografiaan perustuvan painamisen elinkaareen.

Televerkon käytöstä ja ylläpidosta kuten myös pre-press-vaiheista aiheutuvat ympäristökuormitukset olivat kaikissa tapauksissa suhteellisen pieniä. Esitutkimuksessa ei ollut mahdollista selvittää tarkasti kaikkia niitä eroja, joita keskitetyn ja hajautetun toimintamallin välillä voi olla, kuten logistiikkaan liittyvät erityiskysymyksiä. Niiden selvittämi-

seksi tarvittaisiin huomattavasti mittavampi tutkimus. Tällöin saataisiin esiin esimerkiksi täsmätuotteiden merkitys paperin vähäisempänä käyttönä, tuottamisena ja varastoimisena sekä niihin liittyvinä myönteisinä ympäristönäkökohtina.

Tapaustutkimuksessa valittu toiminnallinen yksikkö, tietyn bittimäärän seuraaminen koko arvonmuodostusketjussa, osoittautui lopulta melko epäkäytännölliseksi. Bittimäärän seuraaminen arvoketjun läpi on periaatteessa ja käytännössäkin mahdollista, mutta konkreettisten tuloksien saamiseksi se täytyy lopulta muuttaa vastaamaan jotain tiettyä tuotetta. Yhtä hyvin tuote olisi tällöin voitu valita etukäteen, jolloin myös tiedon hankkiminen olisi ollut suoraviivaisempaa. Toiminnallinen yksikkö lienee viisaampaa valita tuotelähtöisesti ja tulevaisuudessa ehkäpä vielä siten, että tuotteella aikaansaatu vaikutus (esim. mainokset), tehokkuus tai jokin mitattavissa oleva hyöty suhteutettaisiin siitä aiheutuviin ympäristöhaittoihin. Tällöin voitaisiin puhua ekotehokkuudesta. Tällainen kehitys voisi olla hyödyllistä muutenkin kuin vain ympäristötarkastelujen osalta.

Painajan näkökulmasta tuotekohtainen tarkastelu saattaa aluksi tuntua hankalalta ja turhalta, mutta systemaattisen tarkastelun kautta yritykselle muodostuu huomattavasti tarkempi kokonaiskuva sen käyttämisestä raaka-aineista ja hyödykkeistä sekä yleisesti ja myös tuotteisiin nähden. Tuotekohtaisuutta voidaan käyttää ympäristökuormitusten määrittämisen ohella apuna esimerkiksi kustannusten kohdentamisessa tuotteille ja siten tuotteiden hinnoittelussa.

5. Johtopäätökset

Elektronisen painoviestinnän suhteellisen osuuden ennakoidaan kasvavan, millä on heijastuksensa ketjuun liittyviin ympäristökysymyksiin. Alan yritysten on tärkeätä tietää, liittykö elektroniseen painoviestintään olennaisia ympäristökysymyksiä. Esitutkimus antaa ympäristökysymyksistä alustavan yleiskuvan, joka palvelee myös jatkotutkimuksen suuntaamista. Tutkimuksessa analysoidaan erityisesti digitaalisen painoprosessin sekä esimerkinomaisesti elektronisen painoviestintäketjun materiaali- ja energiavirtoja.

5.1 Yleiset tulokset

Yllätyksellisin havainto oli se, että digitaaliset painokoneet ovat runsaasti energiaa kuluttavia. Varsinkin digitaalinen neliväripainaminen näyttäisi kuluttavan runsaasti sähköä. Laitevalmistajien ilmoittamien tietojen perusteella digitaaliset neliväripainokoneet saattavat käyttää huomattavasti enemmän sähköä kuin vastaavaan käyttötarkoitukseen soveltuvat offset-laitteet. Toisaalta perinteisessä painossa on muita energiaa kuluttavia laitteita ja työvaiheita, joita ei digitaalisessa painossa tarvita saman tyyppisen tuotteen valmistamiseksi. Myöskään eri menetelmillä tehdyt tuotteet eivät korvaa toisiaan suoraan.

Energiaintensiivisyyden ohella ei elektronisessa painoviestinnässä havaittu yllättäviä tai odottamattomia ympäristöongelmia. EPP-ketjun ympäristövaikutukset liittyvät odotetusti pääosin massan ja paperin valmistukseen. Arvoketjun kannalta merkittäviä ympäristökuormituksia aiheutuu lisäksi mm. toonereiden valmistuksesta sekä kuljetuksista ja jakelusta. Joissain tapauksessa myös tietokoneen käyttöön kuuluva energia voi olla koko elinkaaren kannalta merkittävä.

Muita elektronisessa painoviestintäketjussa huomioitavia seikkoja ovat mm. toonereiden terveys- ja ympäristövaikutukset, käytöstä poistettavien fotojohderumpujen, elektroniikkajätteen sekä värikasettien ja -patruunoiden käsittely. Digitaalisesti painetun paperin kierrätys ei aiheuta Suomessa ongelmia tällä hetkellä, mutta digitaalisen painamisen yleistymisen myötä tarvitaan uusia teknisiä ratkaisuja, koska nykyisin käytettyä vaahdotus- ja pesusiistausta ei ole kehitetty digitaalisessa painamisessa käytettäviä non-impact-värejä varten.

Elektronisella painoviestintäketjulla on myös ympäristökuormituksiin liittyviä etuja perinteiseen painamiseen verrattuna. EPP-ketju ei sisällä perinteisessä painoprosessissa käytettäviä kehitteitä, filmejä, kemikaaleja, liuottimia tai vettä. Digitaalisessa

painamisessa ei myöskään synny perinteiseen painamiseen liittyviä VOC-päästöjä. Ongelmajätteitäkin syntyy huomattavasti vähemmän, lähinnä toonereista.

EPP mahdollistaa asiakkaiden, asiakasryhmien tms. tarpeiden mukaisesti kohdennettujen täsmätuotteiden valmistamisen. Esim. perinteinen esitemainonta perustuu massajakeluun, jossa yksittäisen kappaleen hyödyntämisprosentti voi jäädä pieneksi ja huomattava osa tuotteita voi päätyä käyttämättöminä kaatopaikalle. Täsmätuottaminen voi vähentää turhaa tuottamista ja on siten edullinen seikka ympäristön kannalta. Lisäksi täsmätuottaminen voi vähentää varastointia ja jakelua.

Tieto- ja viestintätekniiikan nopean kehityksen myötä tietokoneiden ym. elektronisten laitteiden energiatehokkuus kasvaa. Laitteiden energiankulutuksen pienenemisen myötä ympäristövaikutukset vähenevät tältä osin EPP-ketjussakin.

Kaikki edellä mainitut näkökulmat huomioiden esitutkimus antaa syytä ajatella, että digitaalinen painotekniikka rasittaisi ympäristöä vähemmän kuin perinteinen painotekniikka, mutta tutkimuksen luonne ja vertailutiedon riittämättömyys eivät vielä anna yksiselitteisiä perusteita varsinaiseen päätelmään.

5.2 Ympäristöhallinnan tarve ja jatkotutkimuskohteita

Elektronisen painoviestinnän ympäristönäkökohtien jatkotutkimustarpeen harkintaan vaikuttaa olennaisesti digitaalisen painamisen volyymin ennakoitu kasvu. Nykynäkymien mukaan alan merkitys ja siten myös sen ympäristöön liittyvien näkökohtien merkitys ovat kasvamassa eli jatkotutkimusta tarvitaan.

Elektronisen painoviestinnän arvoketjulähtöinen kokonaisvaltainen ympäristöhallinta

Esitutkimuksen jälkeen tarvitaan konkreettisempia ja tarkempia tuloksia, joita voidaan saada keskittymällä EPP-ketjun tuotekohtaisiin tarkasteluihin ja niiden vertailuihin ympäristönäkökulmasta. Myös arvoketjuun liittyvät toiminto- tai ympäristökustannukset tulisi sisällyttää laskelmiin. Samanaikaisella ympäristövaikutus- ja kustannustarkastelulla saataisiin käyttökelpoisempaa tietoa päätöksentekoa varten.

Esimerkiksi digitaalisen ja perinteisen painamisen luotettavan vertailun lähtökohdaksi tulisi valita kokonaisvaltainen elinkaari- ja arvoketjupohjainen lähestymistapa, jolloin myös mm. yksilölliset logistiset ratkaisut voitaisiin huomioida. Vertailu vaatisi tätä esitutkimusta huomattavasti tarkemmat selvitykset mm. painotalojen ja -koneiden energiankulutuksista sekä paperin ja toonereiden valmistuksesta. Kaikki arvoketjun

toimijat kattavassa hankkeessa myös aktiivisen yhteistyön edellytykset paranisivat. Esitutkimuksessa tehtyjen haastattelujen perusteella ainakin EPP-ketjussa tiiviimpi yhteistyö niin tekniikan kuin ympäristöhallinnan kehittämisessä on toistaiseksi puuttunut.

Yksittäisiä elektroniseen painoviestintään liittyviä tutkimustarpeita

Digitaalisten painoprosessien (ennen kaikkea neliväripainokoneiden osalta) todellinen sähkönkulutus olisi syytä selvittää. Mikäli sähkönkulutus on todella niin merkittävää kuin laitevalmistajien ilmoittamien tietojen perusteella on arvioitu, tulisi laitekehityksessä panostaa energiankulutuksen pienentämiseen.

Toonereiden koostumusta ja siihen liittyviä ympäristönäkökohtia ei tunneta vielä riittävästi. Toonereiden käyttöturvallisuustiedotteet tai muut vastaavat tiedot ovat ylimalkaisia, minkä syynä ovat osaltaan myös tuotesalaisuuksiin liittyvät seikat. Tarkkoja reseptitietoja ei haluta luovuttaa ulkopuolisille. Toonereissa on raskasmetalliepäpuhtauksia. Niiden pitoisuuksia tulisi jatkossa analysoida ja seurata tarkemmin. Toisaalta painotalot voisivat vaatia laite- ja toonerivalmistajia tekemään kyseiset mittaukset. Haastatteluissa ja yhteydenotoissa kävi joissakin tapauksissa ilmi, ettei ongelmajätteiden toimittamista käsiteltäväksi oltu pidetty tarpeellisena niiden pienien määrien vuoksi. Koska ympäristönsuojelu ja -hallinta rakentuu myös yksittäisistä pienistä parannuksista ja koska jatkossa vaatimukset lisääntyvät, tulisi myös pieniltä tuntuviin asioihin paneutua. Liuosmaiset ja kiinteät ongelmajätteet tulee siis ehdottomasti ohjata asianmukaiseen jatkokäsittelyyn.

Digitaalisesti painetun tuotteen siistattavuusmahdollisuudet tulisi vastedes selvittää. Tämä on tarpeellista ainakin niin pitkään, kun digitaalisessa painamisessa käytetään omia värejä ja erikoispapereita, jotka poikkeavat perinteisen painamisen väreistä ja papereista. Perinteisiä siistausprosesseja tulisikin kehittää ottamaan huomioon myös non-impact-väreillä painetut tuotteet.

Elektroninen painoviestintä voi perustua keskitettyihin tai hajautettuihin ratkaisuihin. Ympäristökuormitukset syntyvät molemmissa pääosin samoista vaiheista, ja merkittävin ero on logististen ratkaisujen erilaisuudessa. Keskitettyjen tai hajautettujen ratkaisujen välinen vertailu ympäristönäkökulmasta (esim. yksilöllisten kuljetusten osalta) edellyttäisi kuitenkin omaa tarkempaa tutkimusta.

Koti- ja toimistotulostaminen on jatkossa ilmeisen kasvava alue. Sen laajuudesta tai esimerkiksi sen käyttöä koskevista käyttäytymismalleista ja tulevaisuudennäkymistä ei kuitenkaan näytä olevan kovinkaan paljoa tutkittua tietoa. Koska alue on myös

elektronisen painoviestinnän tulevaisuuden kannalta merkittävä, jatkossa olisi ensimmäisenä tehtävänä koota perustiedot tästä aihepiiristä.

Muut EPP-ketjuun läheisesti liittyvät laaja-alaisemmat tutkimustarpeet

Elektroniikkajätteiden käsittelystä ja kierrätyksestä on Suomessa tehty jo joitain tutkimuksia, mutta suomalaisesta elektroniikkateollisuudesta ovat toistaiseksi puuttuneet julkiset kokonaisvaltaisemmat tuotteiden valmistuksen sekä käytön ja käytöstä poistamisen kattavat hankkeet. Koska elektroniikkateollisuus liittyy yhä lähemmin kaikkeen teollisuuteen, kuten myös EPP-ketjuun ja siinä käytettävään elektroniikkaan, tulisi alan julkista tutkimusta käynnistää perustietouden lisäämiseksi. Tällaisessa tutkimuksessa voitaisiin painottaa esimerkiksi elektroniikkateollisuuden ympäristö- ja kustannustekijät integroivaan tuotekehitysnäkökulmaan.

Jatkossa alan tutkimuksen näkökulmia voisi laajentaa ja suuntautua mm. paperin tulevaisuuteen liittyviin aiheisiin, kuten paperin käytön ja kulutuksen trendit osana tietoyhteiskunnan elektronisia ja muita viestintätapoja ja -välineitä. Näillä kaikilla aiheilla on omat liittymänsä myös elektroniseen painoviestintäketjuun ja sen ympäristönäkökohtien tulevaisuuden kehitykseen.

Lähdeluettelo

Anon. 1993. Environmental Consciousness: A Strategic Competitiveness Issue for the Electronics and Computer Industry — Comprehensive Report: Analysis and Synthesis, Task Force Reports and Appendices — A Life Cycle Environmental Assessment of a Computer Workstation 1993. Austin. 359 s.

Anon. 1996. Kopiokoneet, Pohjoismaisen ympäristömerkinnän myöntämisperusteet 1996. 15/1.3. 7 s.

Anon. 1996. Metsäteollisuuden vuosikirja 1996. S. 7.

Anon. 1997. Graafiset faktat 1997. Graafisen teollisuuden liitto. S. 28.

Anon. 1997. GT-lehti 1997. Nro 7 lokakuu 1997. S. 21.

Anon. 1997. Kierrätys- ja ympäristökysymykset elektroniikkatuotannossa. Elektroniikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry, tutkimusraportti 233. S. 9.

Anon. 1997. Kirjoittimet ja telekopiolaitteet, Pohjoismaisen ympäristömerkinnän myöntämisperusteet. 61/1.1. 18 s.

Anon. 1997. Nordic ecolabelling of copying machines. 015/2.0 — 10 December 1997. 16 s.

Anon. 1997. Painotuotteet, Pohjoismaisen ympäristömerkinnän myöntämisperusteet. 41/1.1. 13 s.

Anon. 1997. Teollisuuden energiatehokkuus – graafinen teollisuus. Espoo. Motiva. 43 s.

Anon. 1998. Painotuotteet – versio 2.0, Pohjoismaisen ympäristömerkinnän myöntämisperusteet 1998-06-15. 29 s.

Antikainen, H. & Siivonen, T. 1997. Graafisen alan nykytila ja kehitystrendit 1997-1998. Espoo, GT-raportti, Nro 1 tammikuu 1997, s. 16-22.

Chisholm, J. & O'Callaghan, D. 1995 Online Electronic Publishing: How to Start. International Federation of Newspaper Publishers FIEJ Newspaper Management & Marketing Bureau. August 1995.

Dalhielm, R. & Axelsson, U. 1995. Miljöprofilering – livscykelanalyser av grafiska produkter. Tukholma. Institutet för Medieteknik, Teknikrapport nr 4/95. 117 s.

Drivsholm, T., Maag, J., Christensen, S. & Hansen, E. 1997. Miljøeffekter og ressourceforbruk for 3 grafiske produkter i et livscyklusperspektiv. Kööpenhamina. Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 341. 75 s.

- Elliott, P. 1994. The Impact of Environmental issues on the European Non-Impact Printing Industry, IS&T's Tenth International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies (1994). New Orleans. S. 7-9.
- Eteläaho, A., Gardberg, L., Koskinen, P., Södergård, C., Veilo, J., Veilo, S. & Åberg, K. 1997. Digitaalisen painamisen ja tulostamisen opas. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino. 151 s. ISBN 951-97314-2-3.
- Hartus, T. 1997. Non-Impact –värien siistattavuus. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 45 s.
- Juntunen, S., Helle, T., Vasara, P. & Villikka-Storm, J. 1994. Painetun viestinnän ekotase – loppuraportti. Helsinki. 23 s.
- Korhonen, M. & Grönlund, A. 1992. Painoväriin ekologinen kiertokulku. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 30 s.
- Kubota, H. & Ozeki, E. 1996. Toner for electrophotography and process for the production thereof. United States Patent, Appl. No. 605,962. 12 s.
- Nurmela, J. 1997. Suomalaiset ja uusi tietotekniikka. Helsinki: Tilastokeskus, katsauksia 1997/7. S. 17 ja 73.
- Nurmi, O. & Antikainen, H. 1996. Digitaalinen painaminen. GT-raportti nro 2 toukokuu 1996, s. 19.
- Nüssel, B. 1995. Non-Impact Printing – Wie umweltverträglich sind elektronische Druckverfahren? Deutscher Drucker 1995 vol 31, nro. 10, s. 38-45.
- Painomaailma 1995 nro 8, s. 44-48.
- Plätzer, E. & Götsching, L. 1997. Printmedien im Zeitalder der Informationstechnologie: Wie umweltfreundlich ist die elektronische Zeitung, Institut für Papierfabrikation. 21 s. (Toistaiseksi julkaisematon.)
- Puirava, M. (toim.) 1997. Kuluttajat ja multimediapalvelut, Digitaalisen median raportti. Helsinki: Tekes, 1/97, s. 5-10.
- Rissa, K. 1997. Graafisen alan ympäristöopas. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino. Työturvallisuuskeskus. 95 s. ISBN: 951-810-079-9.
- Siivonen, T., Juhola, H. & Pitkänen, M. 1997. The DP market in the year 2000. Esitelmä IARIGAI-seminaarissa syyskuussa 1997 Lontoossa. 12 s.
- Vallander, L., Åkesson, R. & Öhlström 1992. Livscykelanalys av en personator. Stockholm: Miljövärdscentrum. 21 s.

Virtanen, Y. & Nilsson, S. 1993. Environmental impacts of waste paper recycling. Ipswich: Ipswich Book Co. Ltd. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). 166 s. ISBN: 1 85383 160 3.

Äikäs, N. 1994, Selvitys elektronisen painotekniikan kiinteiden toonereiden valmistuksesta. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, 28 s. (Julkaisematon.)

Liite A: Keskeisiä tutkimuksessa käytettyjä käsitteitä ja lyhenteitä

CTP – Computer to plate, painomenetelmä, jossa käytetään perinteistä analogista offsetpainotekniikkaa sillä erotuksella, että painoaihiot valotetaan suoraan painolevyille.

Digitaalinen painaminen, elektroninen painaminen (digital/electronic printing), elektronisesti muodostettujen mustavalko- tai monivärituotteiden painaminen tietojärjestelmästä suoraan paperille siten, että perättäiset sivut voivat olla erilaisia.

Elektrofotografia, epäsuora painomenetelmä, jossa painoaihion muodostus tapahtuu 1) varaamalla kuvarumpu tasaisella sähkövarauksella, 2) purkamalla varausta valottamalla, 3) kehittämällä toonerin avulla latentti kuva näkyväksi ja 4) siirtämällä ja puristamalla kuva paperille.

Elektroninen painoviestintä (Electronic publishing and printing, EPP), elektronisen julkaisemisen ja painamisen yhdistävä prosessi, jossa tieto on digitaalisessa muodossa tiedon luontihetkestä paperille tulostukseen asti. Ks. digitaalinen painaminen.

Elektroninen painoviestintäketju, EPP-ketju, ‘kehdestä hautaan’ -ketju sisältää digitaalisessa painamisessa tarvittavan massan ja paperin valmistuksen; tiedon luomisen, muokkaamisen, graafisen suunnittelun ja sivunvalmistuksen; elektronisen tiedonsiirron, digitaalisen painamisen; lopputuotteen siirtymisen käyttäjälle ja käytön jälkeiset vaiheet.

Ink jet -menetelmä, mustesuihkumenetelmä

Non-impact-värit, digitaalisessa painamisessa käytettävät värit.

Offsetpainaminen, ks. perinteinen painaminen.

On-demand-painaminen, tarvepohjainen painaminen.

Perinteinen painaminen, tekstin ja kuvien siirtäminen painokoneelta paperille analogisesti. Perinteisiä menetelmiä ovat offset-, koho-, laaka-, seri-, flekso- tai syväpainot.

Tooneri, elektrofotografiassa käytettävä väriaine.

VOC – Volatile organic compounds, haihtuvat hiilivety-yhdisteet.

Liite B: Haastattelut ja yhteydenotot

Haastattelut

- Granstedt, Seppo, myyntijohtaja, Tummavuoren Kirjapaino Oy, 17.11.97.
- Huhtanen, Heikki, varatoimitusjohtaja, Sanoma Osakeyhtiö, 11.11.97.
- Johansson, Allan, tutkimusprofessori, VTT Kemiantekniikka 31.10.97.
- Juhola, Helene, ryhmäpäällikkö, VTT Tietotekniikka, 18.11.97.
- Karhu, Marja-Leena, laatupäällikkö, Oy Edita Ab, 11.11.97.
- Kettunen, Jyrki, professori, Metsä-Serla Oyj, puhelimitse 3.11.97.
- Kauranen, Kirsti, erikoistutkija, Helsingin kauppakorkeakoulu, 13.11.97.
- Laurila, Kristiina, erikoistutkija, TEKES, 9.12.97.
- Lehikoinen, Ari, laatupäällikkö Hansaprint Oy, 18.11.97.
- Leskelä, Markku, Metsä-Serla Oyj, Corporate R & D, 27.11.97
- Lindqvist, Ulf, tutkimuspäällikkö, VTT Tietotekniikka, 17.11.97.
- Malmström, Peter, Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, 17.12.97.
- Moisio, Osmo, kehitysjohtaja, Oy Edita Ab, 11.11.97.
- Oittinen, Pirkko, professori, Teknillinen korkeakoulu, Viestintätekniikka, 10.12.97.
- Saarinen, Juhani, Gummerus Kirjapaino Oy, 4.12.97.
- Sarelin, Peter, tuotekehityspäällikkö, UPM-Kymmene - Kymi, 2.12.97.
- Siivonen, Timo, erikoistutkija, VTT Tietotekniikka, 5.12.97.
- Terho, Markus, Nokia Research Center, 22.1.98.
- Vaihia, Kari, ympäristöpäällikkö, Telecom Finland Oy, 5.11.97.
- Vihikainen, Petri, tehdaspäällikkö, Hansaprint Oy, 18.11.97.
- Villikka-Storm, Jaana, Graafisen Teollisuuden Liitto, 3.11.97.

Yhteydenotot

Dammert, Taina, Teknillinen korkeakoulu, konesuunnittelun laboratorio.

Enroth, Ari, KTA-yhtiöt.

Flydal, Einar, senior adviser, Telenor R&D.

Enbom, Seppo, ryhmäpäällikkö, VTT Kemiantekniikka.

Eteläaho, Anita, Oy Fredr. Wagner Ab.

Helander, Merja, kaupallinen johtaja, Paperinkeräys Oy.

Hotulainen, Harri, ympäristöasiantuntija, SFS-Ympäristömerkintä.

Hänninen, Marko, Agfa-Gevaert Oy Ab.

Komulainen, Unto, EAC Papyrys Oy.

Kähkönen, Veikko, laiteturva-asiantuntija, Hewlett-Packard Oy.

Käär, Liisa, Enso Fine Papers Oy.

Laaksonen, Leo, apulaisjohtaja, Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto.

Lahti-Nuuttila, Kimmo, Metsä-Serla Group.

Leppinen, Jaakko, ryhmäpäällikkö, VTT Kemiantekniikka.

Lerto, Martti, Canon Oy.

Lilja, Sampsa, Digicolor Oy.

Lindström, Matti, Oulurepro Oy.

Linko, Hannele, Suomen markkinointipäällikkö, Xerox Oy.

Martovaara, Jari, tutkija, VTT Kemiantekniikka.

Mäki, Petteri, International Business Machines Oy Ab (IBM).

Nüssel, Barbara, tohtori, Eastman Kodak Company.

Ojala, Risto, toimialajohtaja, Multiprint Oy.

Pakarinen, Heikki, UPM-Kymmene, Valkeakosken tutkimuskeskus.

Peltonen, Juhani, Enso Group.

Rusanen, Outi, tutkija, VTT Elektroniikka.

Sipilä, Esko, Xerox Oy.

Sipilä, Matti, teknologiajohtaja UPM-Kymmene – Kymi.

Säynäväjärvi, Erkko, Oy Edita Ab.

Uimonen, Petri, Lexmark Finland.

Uitto, Tuula, Enso Group.

Valkonen, Timo, kierrätyspääliikkö, Säkkiväline Oy.

Vartiainen, Kirsti, Oy Edita Ab.

Vasara, Petri, Jaakko Pöyry Consulting.

Vehviläinen, Ari, Metsä Tissue Oyj.

Veilo, Jyrki, Tummavuoren Kirjapaino Oy.

Vienola, Ari, Hewlett-Packard Oy.

Virtanen, Jouko, erikoistutkija, VTT Kemiantekniikka.

Voutilainen, Ari, IBM Printing Systems Division.