

Annakaisa Jalkanen

# Ympäristövastuullinen heatset-offsetrotaatiopainoprosessi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

4.3.2017

Tekijä Otsikko	Annakaisa Jalkanen Ympäristövastuullinen heatset-offsetrotaatiopainoprosessi
Sivumäärä Aika	67 sivua 4.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaaja	Yliopettaja Pentti Viluksela
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka painolaitoksen heatset-offsetrotaatioprosessi voitaisiin toteuttaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Työssä pyrittiin selvittämään, kuinka ympäristövastuullinen painoprosessi toimii käytännössä prosessin jokaisessa vaiheessa.</p> <p>Aluksi työssä tutkittiin maapallon ympäristöhaasteita ja mittareita, joilla niitä mitataan, sekä ympäristöjärjestelmiä ja -merkkejä, joiden avulla yritykset voivat viestiä omasta sitoutumisestaan ympäristöasioiden hoitamiseen sekä ympäristölakien ja -asetusten noudattamiseen. Tämän jälkeen työssä perehdyttiin painamisen ja paperin tuotannon ympäristövaikutuksiin sekä yksityiskohtiin, joilla niihin voidaan vaikuttaa.</p> <p>Työn tavoitteena oli laatia ohjeistus asioista, jotka ympäristövastuullisessa heatset-offsetrotaatioprosessissa tulisi ottaa huomioon. Graafisen alan ympäristövaikutukset on iso kokonaisuus, johon ei ole valmiita yksiselitteisiä vastauksia. Konkreettisia käytännön toimia, joilla painotuotteen ympäristöystävällistä suunnittelua ja valmistusta voidaan tehostaa, kuitenkin löytyy, ja niiden avulla painamisen ympäristökuormaa saadaan vähennettyä.</p> <p>Painotuotteiden suunnittelussa ympäristökuormaan vaikuttavia valintoja ovat painotuotteen koko, painopaperi, värillisyyys, sidosasu ja painosmäärä. Painotuotannossa ympäristön kannalta vaikuttavin teko on paperihävikin pienentäminen, joka vähentää hieman myös painovärin kulutusta. Jälkikäsitteilyn automatisointi on myös vähentänyt materiaalihävikkiä ja tarvetta painaa niin sanottuja yliarkeja. Pelkkä säästävä teknologia ei kuitenkaan yksin riitä, vaan painon työntekijöitä on myös perehdytettävä ympäristöystävällisiin työtapoihin. Ympäristövaikutusten ja hiilijalanjäljen pienentämiseksi painojen tulisi pelkistää prosessejaan energiankulutusta vähentämällä, hukkaa pienentämällä ja kierrättämällä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi ohjeistus, jota prosessiin kuuluvat työntekijät voivat käyttää omaa työtä tehdessään. He voivat prosessin eri vaiheissa tarkastaa, onko kyseisessä vaiheessa jotain, minkä voisi tehdä ympäristöystävällisemmin. Ideaalitapauksessa tämä insinööriyö herättelee lukijaansa ja antaa ideoita ympäristöystävällisempien prosessivaiheiden kehittämiseen.</p>	
Avainsanat	graafinen teollisuus, ympäristövaikutukset, hiilijalanjälki, ekotehokkuus, kestävä suunnittelu

Author Title	Annakaisa Jalkanen Environmentally Responsible Heatset Web Offset Process
Number of Pages Date	67 pages 4 <sup>th</sup> March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructor	Pentti Viluksela, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to find out how heatset web offset process could be implemented as environmentally friendly as possible. The aim was to find out how an environmentally responsible offset printing process works in practice at every stage of the process.</p> <p>Initially, the environmental challenges of the Earth and indicators to measure them were studied. Also, the environmental systems and labels were researched. These help companies to communicate about their commitments to the environmental issues and the environmental laws and regulations. After that the environmental impacts of printing and paper production were studied as well as the actions how they can be affected.</p> <p>The aim of the thesis was to create guidelines on the things which should be taken into account in an environmentally responsible heatset web offset process. Environmental impacts of the graphic industry are a large entity which do not have clear answers. There are actions which can be taken in environmentally friendly design and manufacturing of a printed product to carry out work more efficiently and reduce the environmental load.</p> <p>Choices which affect the environmental load of designing printed products are size, printing paper, colours, binding and print run. Reduction of waste paper in printing process has the most significant effect on the environment. This will also reduce the amount of ink used. Automation of finishing has also reduced the amount of material loss and need to print extra sheets. Sustainable technology is not enough itself if workers of printing house have not been introduced to environmental friendly working principles. Printing houses should simplify their processes by energy efficiency, minimizing the amount of waste paper and by recycling in order to reduce environmental impacts and carbon footprint.</p> <p>This thesis resulted in guidance which people belonging to process can use while doing their work. People can check in every stage of the process if there are something which could be done more environmentally friendly. Ideally, this thesis awakens the reader and gives ideas to develop more environmentally friendly process stages.</p>	
Keywords	graphic industry, environmental impacts, carbon footprint, eco-efficiency, sustainable design

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ympäristövaikutukset ja niiden hallinta	2
2.1	Ympäristöhaasteet	2
2.2	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	7
2.3	Painotuotteen ympäristövaikutusten mittaaminen	9
2.3.1	Elinkaariarviointi	9
2.3.2	Hiilijalanjälki	11
2.4	Kestävä kehitys	13
2.5	Ympäristöjärjestelmät	15
2.5.1	ISO 14001 -standardi	15
2.5.2	EMAS-ympäristöjärjestelmä	17
2.6	Ympäristömerkit	18
2.6.1	Joutsenmerkki	18
2.6.2	PEFC-järjestelmä	19
2.6.3	FSC-järjestelmä	20
2.7	Lainsäädäntö	21
3	Offsetpainaminen	22
3.1	Offsetpainomenetelmän esittely	22
3.1.1	Heatset-offsetrotaatioprosessi	23
3.1.2	Prepress	23
3.1.3	Painaminen	26
3.1.4	Jälkikäsittely	27
3.1.5	Pakkaaminen ja jakelu	28
3.2	Ympäristövaikutukset	29
3.2.1	Paperinvalmistuksen ympäristövaikutukset	29
3.2.2	Painamisen ympäristövaikutukset	32
4	Ympäristövastuullinen painoprosessi	39
4.1	Kestävä suunnittelu	39
4.2	Painotuotteiden kestävä suunnittelu	41

4.3	Kierrätyskuiduista valmistettu paperi	43
4.4	Ekotehokkuus	45
4.5	Hiilijalanjäljen pienentäminen	46
4.6	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT)	47
4.7	Ympäristöystävällisempi heatset-offsetraatioprosessi	49
4.7.1	Kasviöljypohjaiset painovärit	49
4.7.2	Isopropanolin korvaaminen painoprosessissa	49
4.7.3	Kasviöljypohjaiset pesuaineet	51
4.7.4	Työnkulun tehostaminen	52
5	Painotuotteen ympäristöystävällinen suunnittelu ja valmistus	53
5.1	Graafisen alan säästömahdollisuuksia	53
5.2	Ohjeistuksia painotuotteen ympäristöystävälliseen suunnitteluun ja valmistukseen	54
5.2.1	Prepress	54
5.2.2	Painaminen	57
5.2.3	Pakkaaminen ja jakelu	60
6	Yhteenveto	62
	Lähteet	64

## Lyhenteet

AOX	Adsorbable Organic Halogenated Compounds. Myrkylliset orgaaniset klooriyhdistepäästöt.
BAT	Best Available Technology. Paras käytettävissä oleva tekniikka.
COD	Chemical Oxygen Demand. Kemiallinen hapenkulutus.
CTP	Computer To Plate. Painolevyn tulostus tiedostosta.
ECF	Elemental Chlorine Free. Klooridioksiinilla valkaistu paperi.
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme. Ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmä.
EPA	United States Environmental Protection Agency. Yhdysvaltain liittohallituksen virasto, joka edistää ihmisten terveyden ja ympäristön suojelua.
FSC	Forest Stewardship Council. Kansainvälinen kansalaisjärjestö, joka edistää vastuullista metsien käyttöä.
IPA	Isopropanoli.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
MIPS	Material Input Per Service. Menetelmä materiaali- ja ekotehokkuuden mittaamiseksi.
PCF	Processed Chlorine Free. Kierrätyskuidusta valmistettu, ilman klooria tai klooriyhdisteitä valkaistu paperi.

PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification. Kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä.
PMS	Pantone Matching System. Värimääritysjärjestelmä.
RIP	Raster Image Processor. Laite tai ohjelmisto, joka muuntaa painotyön tiedoston rasterikuvaksi.
TCF	Totally Chlorine Free. Neitseellisistä kuiduista valmistettu, ilman klooria tai klooriyhdisteitä valkaistu paperi.
VOC	Volatile organic compound. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.
VTT	Teknologian tutkimuskeskus.
WWF	World Wildlife Fund. Maailman luonnonsäätiö.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää, kuinka heatset-offsetrotaatiopainoprosessi toteutettaisiin mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Työssä pyritään selvittämään, miten ympäristövastuullinen painoprosessi toimii käytännössä, ja laatimaan ohjeistus asioista, jotka siinä tulisi ottaa huomioon. Ohjeistusta voivat käyttää prosessiin kuuluvat henkilöt, kuten graafiset suunnittelijat, painotalojen myyntiedustajat ja painon työntekijät, omaa työtä tehdessään. Aihetta käsitellään tutkimalla maapallon ympäristöhaasteita ja mittareita, joilla niitä mitataan, sekä ympäristöjärjestelmiä ja -merkkejä ja perehtymällä painamisen ja paperin tuotannon ympäristövaikutuksiin sekä yksityiskohtiin, joilla niihin voidaan vaikuttaa.

Ilmastonmuutos ja muut maapallon ympäristöhaasteet asettavat rajoja maapallon kantokyvylle. Näiden rajojen ylittäminen voi aiheuttaa odottamattomia ja peruuttamattomia muutoksia ympäristöömme. On yhä enemmän näyttöä siitä, että ihmisen toiminta vaikuttaa maapallon järjestelmien toimintaan ja uhkaa sen kantokykyä. Ympäristöystävällisten toimintamallien käyttöönotto mahdollisuuksien mukaan on siis ensisijaisen tärkeää. [1; 2, s. 736; 3, s. 52–53, 92.]

Tuotteiden ympäristövaikutuksia mitataan elinkaariarvioinnilla. Painotuotteen elinkaariarvioinnin tulokset antavat hyvän lähtökohdan ympäristönsuojelutyölle. Painotuotteen elinkaari alkaa raaka-aineen hankinnasta ja etenee graafisen materiaalin valmistuksesta painotuotantoon, valmiin painotuotteen jakeluun, käyttöön ja loppusijoitukseen. Graafisen alan merkittävin ympäristöhaaste on hiilijalanjäljen pienentäminen. Hiilijalanjäljen laskenta on tärkeä osa elinkaariarviointia, ja se kuvaa tuotteen aiheuttamaa kasvihuonekaasukuormaa. [3, s. 48, 95; 4, s. 8; 5, s. 26; 6; 7.]

Ympäristöjärjestelmät ja -merkit ovat tärkeitä työkaluja ympäristöystävällisessä toiminnassa, mutta ne eivät yksin riitä, jos esimerkiksi kaikki yrityksen työntekijät eivät sitoudu toimimaan niiden mukaisesti. Niiden lisäksi tarvitaan myös konkreettisia käytännön toimia, joilla voidaan tehostaa painoprosessin ympäristöystävällisyyttä. [3, s. 29–30; 4, s. 10; 8; 9; 10, s. 86.]

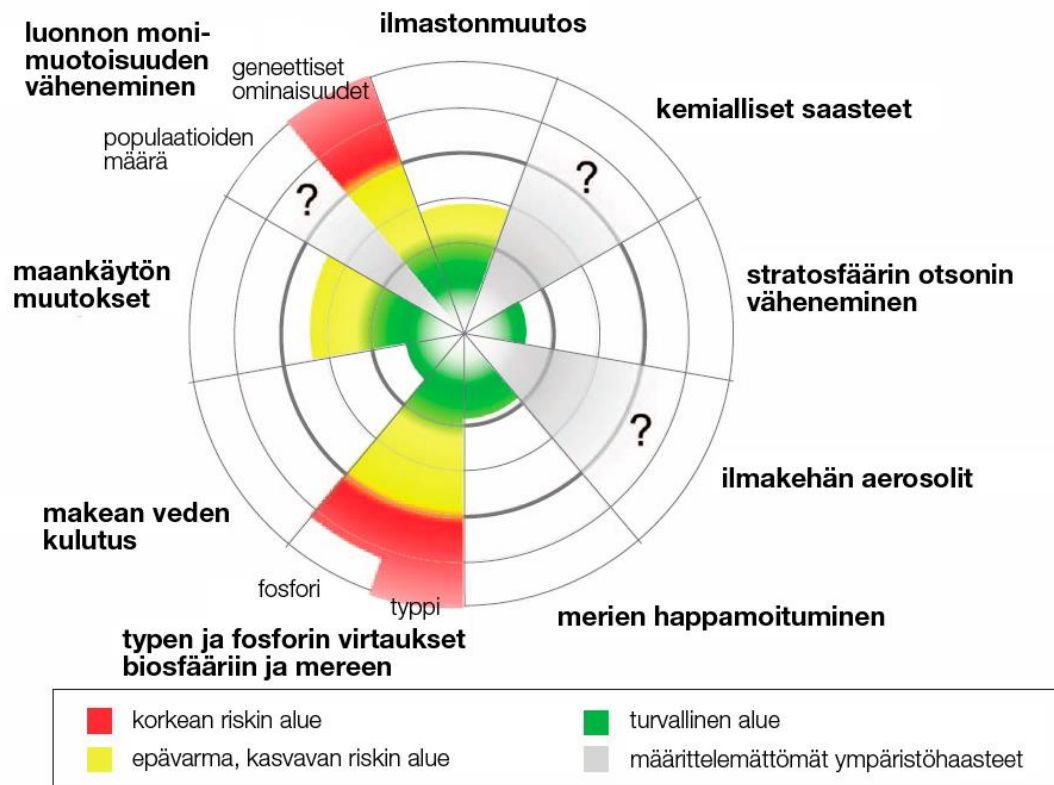


## 2 Ympäristövaikutukset ja niiden hallinta

### 2.1 Ympäristöhaasteet

Johan Rockströmin mukaan [1] maapallolle voidaan luokitella yhdeksän ympäristöhaastetta, jotka huomioimalla ihmiskunta voi edelleen jatkaa kehitystään ja turvata tulevien sukupolvien olot. Ympäristöhaasteet asettavat rajat maapallon kantokyvyille, ja näiden rajojen ylittäminen voi aiheuttaa odottamattomia ja peruuttamattomia muutoksia ympäristöön. Rajojen sisällä toimiminen taas vähentää riskiä tämän kynnyksen ylittämiseen. Maapallon kantokyvyn rajojen arviointi tarjoaa puitteet tieteellisesti perusteltuun analyysiin riskeistä, joissa ihmisen aiheuttama häiriö tulee horjuttamaan maapallon järjestelmiä maailmanlaajuisesti. [1; 2, s. 736.]

On yhä enemmän näyttöä siitä, että ihmisen toiminta vaikuttaa maapallon järjestelmien toimintaan ja uhkaa näin maapallon kantokykyä eli kykyä ylläpitää meneillään olevan holoseenin aikakauden kaltaista tilaa. Yhdistämällä kehittynyttä tieteellistä ymmärrystä maapallon järjestelmien toiminnasta ja ennalta varautumisen periaatetta tunnistetaan ne rajat, joiden alle ihmisen toiminnan tuotosten pitää jäädä, jotta riski maapallon järjestelmien vinoutumisesta jää pieneksi. Kuvassa 1 esitellään kaikki yhdeksän ympäristöhaastetta ja tämänhetkinen tila seitsemälle niistä. Kaikkia haasteita ei ole vielä saatu määriteltyä. Vihreä alue on turvallinen, maapallon kantokyvyn rajat alittava, keltainen on epävarma, kasvavan riskin alue ja punainen on korkean riskin alue. Määrittelemättömät ympäristöhaasteet on merkitty harmaalla. [1; 2, s. 736; 11.]



Kuva 1. Yhdeksän ympäristöhaastetta [1, s. 736].

## Ilmastonmuutos

Todisteet puhuvat sen puolesta, että ilmastonmuutoksen raja on jo ylitetty ja usean maapallon järjestelmän rajaa lähestytään. On saavutettu piste, jossa napajäätikön pieneneminen on miltei peruuttamatonta. IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) arvion mukaan maapallon keskilämpötila nousee nykyinenolla seuraavan sadan vuoden aikana todennäköisesti 1,8–4,5 astetta. Ilmastonmuutos tarkoittaakin ihmiskunnan toiminnan aiheuttamaa ilmaston lämpenemistä, joka johtuu kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin ja metaanin määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Ihmiskunnan ilmakehään päästämät kasvihuonekaasut voimistavat kasvihuoneilmiötä, joka nostaa maapallon keskilämpötilaa. Luonnollinen kasvihuoneilmiö on elämän ehto, koska ilman sitä maapallon pintalämpötila olisi noin  $-18$  astetta. Kasvihuonekaasujen voimakas lisääntyminen kuitenkin tehostaa sitä liikaa, ja maapallo lämpenee, koska kasvihuonekaasut estävät auringon lämpösäteilyn poistumista maapallolta. Auringon lämpösäteily pääsee ilmakehän läpi maan pinnalle, mutta lämpö ei poistu samassa suhteessa takaisin avaruuteen. Luonnossa kiertävän hiilidioksidin määrä kasvaa, koska ihmisen toiminnan aiheuttama hiilidioksidi kiihdyttää kasvien kasvua. Tämä taas lisää biomassaa ja sen hajoa-

mista, mikä taas synnyttää lisää hiilidioksidia. Noin puolet hiilidioksidista sitoutuu nopeasti kasveihin ja valtameriin, mutta loppu poistuu vasta vuosisatojen kuluessa, kun merien pintavesi sekoittuu alempien vesikerrosten kanssa ja hiili hautautuu meren pohjaan. [3, s. 11; 4, s. 5–6; 12; 13; 14.]

Kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry ( $H_2O$ ), hiilidioksidi ( $CO_2$ ), metaani ( $CH_4$ ), dityppioksidi ( $N_2O$ ), otsoni ( $O_3$ ), rikkiheksafluoridi ( $SF_6$ ) ja halogenoidut hiilivedyt. Hiilidioksidin maapalloa lämmittävä vaikutus on suurin. Hiilidioksidipitoisuus on kasvanut teollistumista edeltäneestä ajasta lähes 40 % ja kasvu jatkuu edelleen. Merkittävin ihmiskunnan tuottaman hiilidioksidin lähde on fossiilisten polttoaineiden käyttö, joka kattaa energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen. Toinen merkittävä lähde on trooppisten metsien hävittäminen ja muu maankäytön muuttuminen. Viimeisen 50 vuoden aikana ihmiskunnan hiilijalanjälki on 11-kertaistunut ja ihmisen toiminta on kolminkertaistanut luontoon kohdistuvan rasituksen. Tiedemaailma ennustaa, että ilman merkittävää hiilidioksidipäästöjen vähennystä ilmastolle ja luonnon monimuotoisuudelle aiheutetaan vakavia seurauksia. Tuhoisat seuraukset näkyvät esimerkiksi merenpinnan nousuna rannikkoalueilla. [3, s. 11; 4, s. 6–7; 8; 15; 16; 17.]

#### Kemialliset saasteet

Ihmisen aiheuttamia keskeisiä muutoksia maapallon ympäristölle ovat muun muassa myrkylliset päästöt ja pitkäikäiset aineet, kuten synteettiset orgaaniset saasteet, raskasmetalliyhdisteet ja radioaktiiviset aineet. Näillä yhdisteillä voi pahimmassa tapauksessa olla peruuttamattomia vaikutuksia eläville organismeille ja fyysiselle ympäristölle (vaikuttavat ilmakehän järjestelmiin ja ilmastoon). Vaikka kemikaalien kerääntyminen elimistöön ei ole kuolettavalla tasolla, niiden vaikutukset hedelmällisyyteen ja pysyviin geneettisiin vaurioihin voivat olla vakavia ekosysteemille, vaikka saasteen lähde olisi kauempana. Esimerkiksi pysyvät orgaaniset yhdisteet ovat aiheuttaneet lintupopulaatioiden huomattavaa pienenemistä ja heikentäneet merinisäkkäiden lisääntymistä ja kehittymistä. On monia esimerkkejä siitä, miten lisäaineet ja niiden yhteisvaikutukset vaikuttavat ihmisiin, mutta ne tunnetaan edelleen huonosti. Vielä ei ole pystytty ilmaisemaan yksittäisen kemikaalipäästön rajaa, mutta maapallon kantokyvyn ylittämisen riski on määritelty riittävän hyvin, jotta kemikaalit voidaan ottaa mukaan ennaltaehkäiseviin toimiin ja tuleviin tutkimuksiin. [12.]

## Stratosfäärin otsonin väheneminen

Stratosfäärin otsonikerros suodattaa auringon ultraviolettisäteilyä. Jos otsonikerros ohenee, ultraviolettisäteilyn määrä maanpinnalla kasvaa. Tämä voi aiheuttaa ihosyövän yleistymistä ja vahingoittaa maan ja meren biologisia järjestelmiä. Etelämantereen otsoniaukon suureneminen ihmisen tuottamien freonien takia on jo vahingoittanut Etelämantereen stratosfääriä. Laajamittainen otsonikato on kuitenkin pystytty estämään Montrealin pöytäkirjan avulla. Montrealin pöytäkirja on kansainvälinen sopimus, jolla suojellaan otsonikerrosta otsonikatoa aiheuttavien aineiden tuotantoa ja käyttöä vähentämällä. Pöytäkirja hyväksyttiin 16.9.1987 ja nykyisin sen ovat allekirjoittaneet kaikki maailman maat. Otsonikerrosta tuhoavien aineiden kulutus ja tuotanto on vähentynyt, minkä ansiosta on pysytty maapallon kantokyvyn rajojen sisällä. [12; 18.]

## Ilmakehän aerosolit

Ilmakehän aerosolit on listattu ympäristöhaasteeksi, koska ne vaikuttavat maapallon ilmastojärjestelmään. Vesihöyryn ja aerosolien vuorovaikutuksen vuoksi aerosoleilla on suuri rooli veden kiertokulussa, mikä vaikuttaa pilvien muodostumiseen ja ilman kierto-kuuluun, esimerkiksi trooppisten alueiden monsuuniin. Aerosoleilla on myös suora vaikutus ilmastoon, sillä ne vaikuttavat siihen, kuinka paljon auringon säteilyä heijastuu tai imeytyy ilmakehään. Ihmisten toiminta muuttaa ilmakehän aerosolipitoisuutta. Aerosolit lisääntyvät ilmansaasteiden ja maankäytön muutosten vuoksi, jotka lisäävät ilmaan vapautuvan pölyn ja savun määrää. Ilmastojärjestelmän ja monsuunin muutoksia on jo havaittu erittäin saastuneessa ympäristössä. Aerosoleilla on myös haitallinen vaikutus moniin eläviin organismeihin. Saastuneen ilman hengittäminen aiheuttaa karkeasti arvioiden noin 800 000 ihmisen ennenaikaisen kuoleman vuosittain. Aerosolien toksikologiset ja ekologiset vaikutukset voivat liittyä myös muihin maapallon järjestelmiin. Aerosolien käyttäytyminen ilmakehässä on kuitenkin äärimmäisen monimutkaista, ja siihen vaikuttaa niiden kemiallinen koostumus, maantieteellinen sijainti ja korkeus ilmakehässä. Vaikka monet aerosolien, ilmaston ja ekosysteemien väliset suhteet tunnetaan, ovat monet syy-yhteydet vielä määrittelemättä. [12.]

## Merien happamoituminen

Noin neljännes ihmisten tuottamasta hiilidioksidista liukenee lopulta mereen, jossa siitä muodostuu hiilihappoa. Hiilidioksidi myös muuttaa meren kemialla ja alentaa pintaveden

pH-arvoa. Lisääntyvä happamuus vähentää karbonaatti-ionien määrää, joka on olennainen tekijä monen merieläinlajin kuoren ja luuston muodostumisessa. Lisääntyvä happamuus hankaloittaa meren organismien, kuten korallien, joidenkin äyriäisten ja planktonlajien, kasvua ja selviytymismahdollisuuksia. Näiden lajien häviäminen muuttaisi meren ekosysteemien rakennetta ja dynamiikkaa ja voisi mahdollisesti johtaa kalakantojen huomattavaan vähenemiseen. Meren pinnan happamuus on lisääntynyt jo 30 % verrattuna esiteolliseen aikaan. Meren happamoitumisesta tulee seurauksia koko maapallolle, toisin kuin monista muista ihmisten paikallisesti aiheuttamista vaikutuksista mereen. Tämä on myös hyvä esimerkki siitä, kuinka ympäristöhaasteet ovat yhteydessä toisiinsa, koska ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on taustalla ohjaava muuttuja, joka vaikuttaa niin ilmastoon kuin mereen, vaikka ne on määritelty erillisiksi ympäristöhaasteiksi. [12.]

#### Typhen ja fosforin virtaukset biosfääriin ja mereen

Typhen ja fosforin biogeokemiallinen kierto on muuttunut huomattavasti monen teollisuus- ja maatalousprosessin seurauksena. Typpi ja fosfori ovat molemmat keskeisiä elementtejä kasvien kasvussa, joten lannoitteiden tuotanto ja lannoitus ovat huolenaiheena. Ihmisten toimet muuttavat ilmakehän typpeä reaktiiviseen muotoon enemmän kuin kaikki maapallon luonnonjärjestelmät yhteensä. Suuri osa tästä uudesta reaktiivisesta tyypestä vapautuu ilmakehään eikä sitoudu kasveihin. Sateessa reaktiivinen typpi huuhtoutuu valumaveden mukana saastuttaen vettä ja rannikkoalueita tai kerääntyy biosfääriin. Samoin suhteellisen pieni annos ruuantuotannossa käytetystä fosforilannoitteesta tarttuu kasveihin, joten suuri osa ihmisten liikkeelle laittamasta fosforista päättyy myös vesijärjestelmiin. Merkittävä osa käytetystä tyypestä ja fosforista päättyy mereen, ja ne voivat aiheuttaa vesijärjestelmien ekologisen kestävyuden rajan ylittämisen. Yksi paikallinen esimerkki tästä on Meksikonlahden ”kuolleella alueella” pienentynyt katkarapusaalis, minkä ovat aiheuttaneet Yhdysvaltojen keskilänneestä jokia pitkin kulkeutuneet lannoitteet. [12; 19.]

#### Makean veden kulutus ja veden kiertokulku

Ilmastonmuutos vaikuttaa vahvasti makean veden kiertokulkuun, ja nämä ympäristöhaasteet ovat yhteydessä toisiinsa. Ihmisten aiheuttama paine vaikuttaa kuitenkin tällä hetkellä eniten maapallon makean veden jakeluun ja järjestelmiin. Muutokset jokien virtauksissa ovat seurausta ihmisten vesistöihin tekemistä muutoksista. Muutokset vesiekosysteemeissä voivat olla odottamattomia ja peruuttamattomia. Vettä tulee olemaan

yhä niukemmin: vuoteen 2050 mennessä noin puoli miljardia ihmistä todennäköisesti kärsii vesipulasta, joka taas lisää ihmisten vaikutusta vesistöihin. [12.]

### Maankäytön muutokset

Ihmiset ovat ottaneet maan käyttöönsä joka puolella maapalloa. Metsät, niityt, kosteikot ja muut luonnolliset maa-alueet on muutettu pääasiassa maatalousmaaksi. Tämä maankäytön muutos on syy luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen, ja se vaikuttaa myös veden virtauksiin sekä hiilen, typen ja fosforin biogeokemialliseen kiertoon. Vaikka maankäytön muutokset tapahtuvat paikallisesti, voi niiden yhteisvaikutuksella olla seurauksia maapallon järjestelmiin maailmanlaajuisesti. Ihmisten aiheuttamaa maankäytön muutosta mitattaessa täytyy maan määrän lisäksi huomioida sen käyttötarkoitusta, laatua ja alueellista jakautumista. Metsillä on erityisen tärkeä rooli maankäytön ja ilmaston dynamiikan säätelyssä, ja siksi ne ovatkin painopisteenä maankäytön muutoksissa. [12.]

### Luonnon monimuotoisuuden väheneminen

Ihmisten toiminnan aiheuttamat muutokset luonnon ekosysteemeissä ovat olleet viimeisen 50 vuoden aikana nopeampia kuin koskaan aiemmin ihmiskunnan historiassa, mikä kasvattaa odottamattomien ja peruuttamattomien muutosten riskiä. Muutosten pääsyy on ollut ihmisten ruuan, veden ja luonnonvarojen kulutus, joka on aiheuttanut vakavaa luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä ja johtanut ekosysteemin muutokseen. Tämä kulutus näyttää jatkuvan tasaisesti: se ei vaikuta vähenevän vaan päinvastoin kulutuksen intensiteetti lisääntyy. Luonnon vahingoittumista voidaan hidastaa suojelemalla biosfääriä ja löytämällä tasapaino ihmisten tarpeiden ja ekosysteemien välille niin, että samalla säilytetään maatalouden tuottavuus, jota ihmiskunta tarvitsee. Aihetta tutkitaan, jotta sen kontrollimuuttujista saadaan lisää luotettavaa tietoa. [12.]

## 2.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

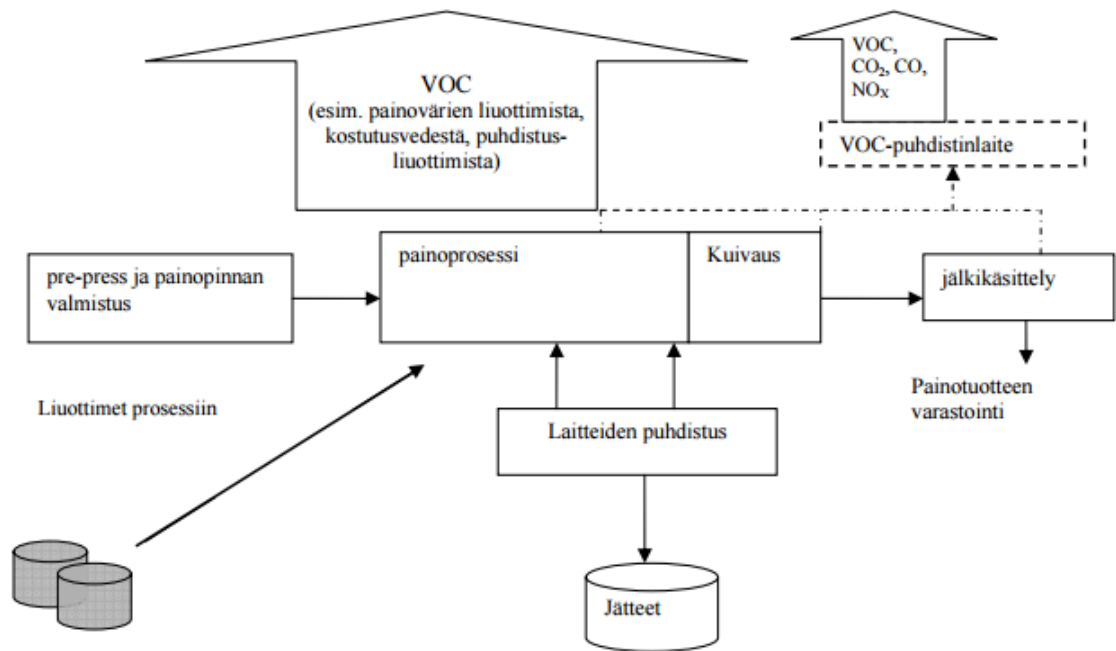
VOC-yhdisteet eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat kemiallisia yhdisteitä, joita käytetään ja joita syntyy useissa teollisuuden prosesseissa sekä luonnossa. Ihmisten toiminnan aiheuttamat VOC-päästöt syntyvät moottoriajoneuvojen pakokaasuista, öljytuotteiden haihtumisesta, liuottimien käytöstä, useista teollisuuden prosesseista, maataloudesta ja kaatopaikoista. Ilman VOC-pitoisuudet ovat kaupunkialueilla kolme kertaa suuremmat kuin syrjäisillä maa- ja rannikkoseuduilla. Kaupunki-ilman yleisimmät yhdisteet

ovat eteeni, butaani ja pakokaasuista syntyvä etyyni, kun taas meri-ilmassa hallitsevat etaani ja propaani. VOC-pitoisuuksien päivittäinen ja kausittainen vaihtelu on selvästi nähtävillä: esimerkiksi ruuhka-ajan synnyttämät pakokaasut näkyvät kaupunkialueen bentseenipitoisuudessa päivän aikana. Luonnon VOC-päästöt ovat peräisin kasveista, puista, eläimistä, metsäpaloista ja anaerobisista biogeenisistä prosesseista (mädäntyminen). Yleisimmät syntyvät yhdisteet ovat isopreeni ja monoterpeeni, mutta myös hapot, alkoholit, esterit ja ketonit ovat yleisiä. Nämä yhdisteet vaikuttavat troposfääriin fotolyysiin ja otsonin muodostumiseen. Päästömääriin vaikuttaa voimakkaasti vallitseva lämpötila ja valon intensiteetti. [5, s. 32–33.]

VOC-yhdisteillä on merkittävä rooli monessa ympäristön ilmiössä. Stratosfäärin otsonikerros ohenee, kun VOC-yhdisteitä sisältävä kloori tai bromidi nousee alailmakehän eli troposfäärin läpi stratosfääriin ja muodostaa otsonia vähentäviä yhdisteitä fotolyysissä. Reagoidessaan typen oksideihin VOC-yhdisteet aiheuttavat otsonin muodostumista troposfääriin. VOC-yhdisteillä on myös suoria myrkyllisiä ja karsinogeenisiä terveysvaikutuksia. VOC-yhdisteet edistävät kasvihuoneilmiötä kerääntymällä troposfääriin ja absorboimalla infrapunasäteilyä auringosta tai maasta. Joidenkin VOC-yhdisteiden kertyminen ja pysyvyys yhdistettynä niiden taipumukseen absorboitua hiukkasten pintaan johtaa herkkien napa-alueiden saastumiseen. VOC-yhdisteet poistuvat troposfääristä joko kuivana ja märkänä laskeutumaan tai kemiallisena reaktiona, kuten fotolyysinä. [5, s. 33.]

Painotuotannossa syntyy VOC-päästöjä ilmaan painovärien, lakkojen ja liimojen sisältämistä orgaanisista liuottimista, viskositeetin säätöön käytetyistä liuottimista, laitteistojen pesu- ja puhdistusliuottimista sekä kostutusveden sisältämistä alkoholeista. VOC-päästöjä syntyy painoprosessin eri vaiheissa: poistokaasupäästöinä varsinaisessa painatuksessa ja sen jälkeisessä painopinnan kuivauksessa sekä hajapäästöinä painolaitteistojen pesuliuottimien käytöstä huoltojen ja seisokkien aikana. [20.]

Kuvassa 2 esitellään heatset-offsetpainoprosessin VOC-päästöjen muodostumista. Yhdessä painotalossa voi olla käytössä useampia painomenetelmiä, joista tietyille ympäristöluvan VOC-asetus (435/2001) määrittelee raja-arvot haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöille. Ympäristöluvassa voidaan rajoittaa myös koko painotalon toiminnasta aiheutuvia päästöjä. [20.]



Kuva 2. Heatset-offsetpainoprosessista syntyvät päästöt [20].

## 2.3 Painotuotteen ympäristövaikutusten mittaaminen

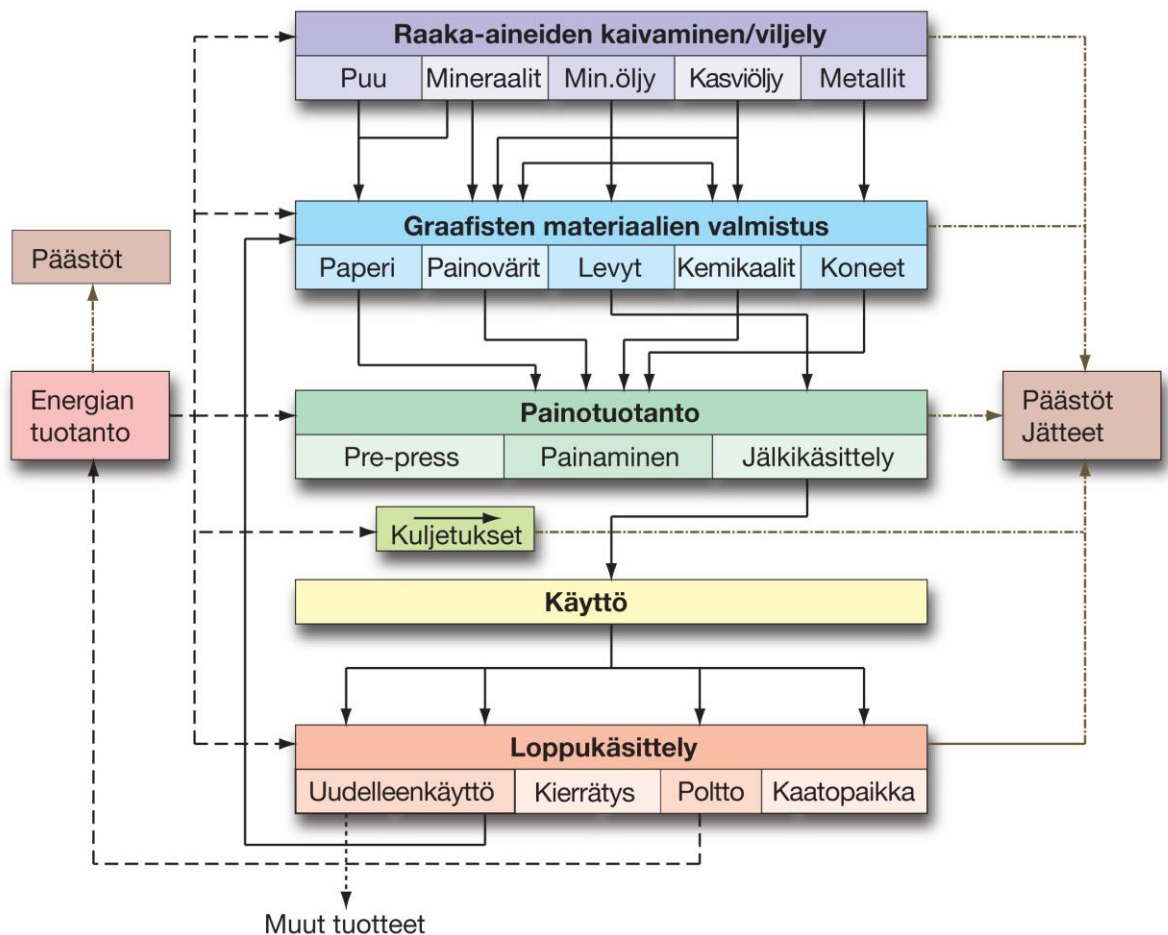
### 2.3.1 Elinkaariarviointi

Elinkaariajattelussa seurataan tuotetta koko sen elinkaaren ajan kehdestä hautaan tai kehdestä kierrätyksen kautta uuteen kehtoon. Tuotteen elinkaari alkaa tarvittavan raaka-aineen hankinnasta ja päättyy tuotteen hylkäämisen kautta uusiokäyttöön tai jätteiden käsittelyyn. Elinkaariarviointi on menetelmä, jonka avulla arvioidaan tuotteen koko sen elinkaaren aikana aiheuttamat ympäristövaikutukset. Tavoitteena on selvittää ympäristövaikutukset elinkaariajattelun mukaisesti kehdestä hautaan eli tuotteen valmistuksen ja käytön vaikutukset. Täydellinen elinkaari kattaa materiaalien hankinnan luonnosta, niiden prosessoinnin ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleen-käytön, huollon, kierrätyksen ja hylkäämisen. [3, s. 48; 4, s. 8; 5, s. 26; 6; 7.]

Tuotteen tarvitsemia luonnonvaroja, sen valmistuksessa tarvittavaa energiaa ja prosessista syntyviä päästöjä seurataan koko matkan ajan. Painotuotteen elinkaari alkaa raaka-aineen hankinnasta ja etenee graafisen materiaalin valmistuksesta painotuotantoon, valmiin painotuotteen jakeluun, käyttöön ja loppusijoitukseen. Kuvassa 3 esitellään



painotuotteen elinkaaren päävaiheet. Elinkaariarviointia voidaan hyödyntää tuotesuunnittelussa ja ympäristönsuojelun kehittämisessä. Tuotteen tuotanto- ja käyttöhistorian hallitseminen kokonaisuutena on painotalojen tavoitteena. Graafisen alan yritysten ympäristövaatimukset ulottuvat elinkaariajattelun mukaisesti metsistä aina kaatopaikoille. [3, s. 48; 4, s. 8; 5, s. 26; 6; 7.]



Kuva 3. Painotuotteen elinkaaren päävaiheet [5, s. 26].

Elinkaariarviointi sisältää useita vaiheita. Aluksi määritellään elinkaarianalyysin tavoitteet ja laajuus. Seuraavaksi selvitetään tuotteen elinkaaren aikaiset raaka-aine- ja energiatarpeet sekä päästöt ja jätteet ja laaditaan ekotase. Ekotaseella saadaan hyvä kuva siitä, missä vaiheessa ja miten painotuote kuormittaa ympäristöä. Lopuksi tuotteen ympäristövaikutuksista tehdään päätelmiä ja mietitään ratkaisuja havaittuihin ongelma-kohtiin. Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan käyttää yrityksen sisäisiin ja ulkoisiin tarkoituksiin. Esimerkiksi kehitettäessä tuotannon ekotehokkuutta tulosten perusteella valitaan ne ominaisuudet, joita lähdetään jatkossa parantamaan. Elinkaariarvioinnin tekeminen on usein työlästä, ja tuloksia arvioitaessa on aina selvitettävä, minkä osan valmistusketjusta

se kattaa ja mitä ei. Keskeiset vaikeudet liittyvät käytetyn tiedon laatuun ja menetelmien luotettavuuteen. On myös huomioitava, että eri tahojen laatimat elinkaariarviointit eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Elinkaariarvioinnin tekemiseen ei ole vain yhtä yksiselitteistä mallia, ja tulosten soveltaminen käytäntöön on aina yrityskohtaista. Elinkaariarvioinnin tekeminen kannattaa: parhaimmillaan se on oppimisprosessi, jossa yritys voi itse selvittää tuotantonsa ympäristövaikutukset ja pyrkiä itse ratkaisemaan ilmenneet ongelmat. Hiilijalanjäljen laskenta on tärkeä osa elinkaariarviointia. Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen aiheuttamaa kasvihuonekaasukuormaa. [3, s. 48–51; 4, s. 8.]

Graafisen alan ongelma-alueet on tunnustettava rehellisesti ja tuotantoa on kehitettävä vastuullisesti kestävä kehityksen periaatteita noudattaen. Painotuotteen elinkaariarvioinnin tulokset antavat hyvän lähtökohdan ympäristönsuojelutyölle. Painotuotteessa yhdistyvät graafinen teollisuus ja metsäteollisuus. Painotuotteen elinkaareen vaikuttaa moni tekijä:

- metsän kasvu ja puun korjuu
- massan ja paperin tuotanto
- energian tuotanto
- painotuotteen valmistaminen
- kuljetukset
- loppukäyttö ja sijoitus. [3, s. 49.]

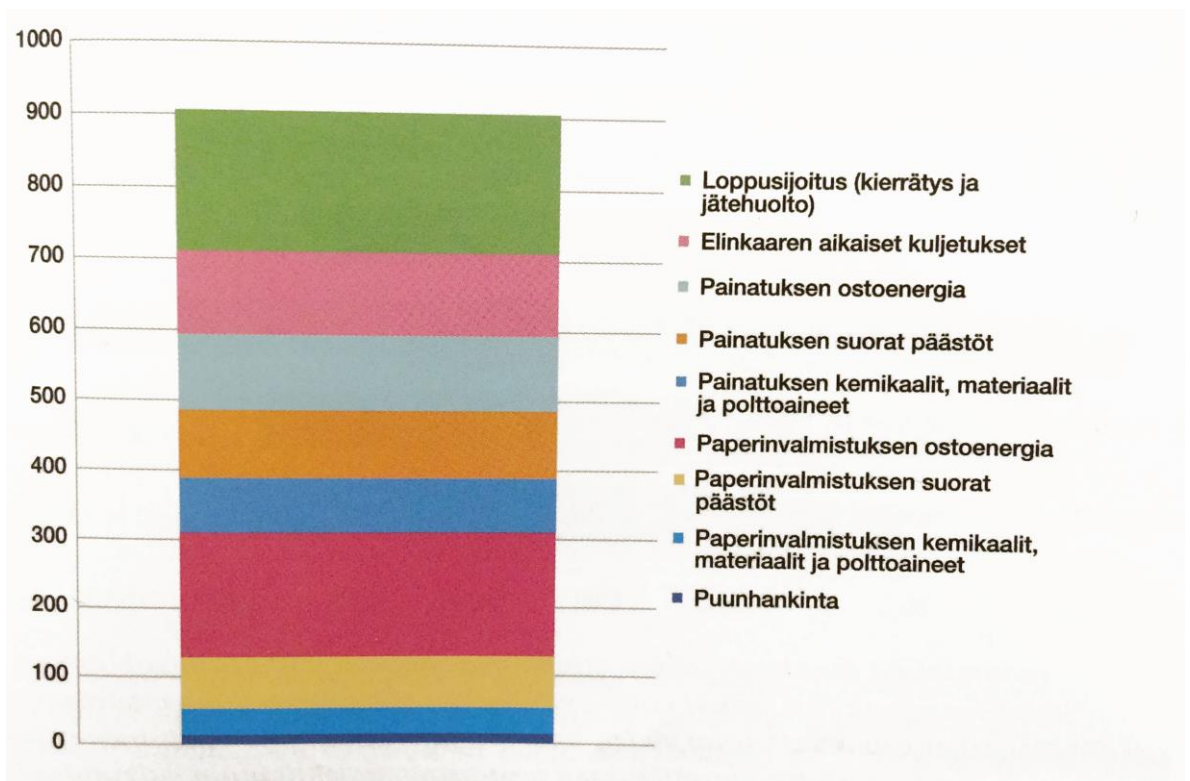
Graafisen alan keskeiset ympäristöongelmat ja niiden ratkaisut voidaan selvittää seuraamalla painotuotteiden ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajan. Painamisen ja painotuotteiden ympäristövaikutukset syntyvät luonnonvarojen kulutuksesta, prosessipäästöistä ja jätteistä. [3, s. 49.]

### 2.3.2 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki on suure, jolla kuvataan tuotteen elinkaaren aikana syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Vain fossiilisista lähteistä peräisin olevat kasvihuonekaasut huomioidaan hiilijalanjälkilaskelmissa. Merkittävimpiä painotuotteen elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä ovat muun muassa hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O). Hiilijalanjälki ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenteina (CO<sub>2</sub> ekv.).

Kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutus muutetaan vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutuksia. Noin puolet painotuotteen hiilijalanjäljestä muodostuu paperin valmistuksessa ja painamisessa käytetyn sähkön- ja lämmöntuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Sähkön tuotannossa käytetyt energianlähteet vaikuttavat siis erityisesti hiilijalanjäljen suuruuteen. Uusiutuvilla energianlähteillä on pienin hiilijalanjälki kun taas kivihiihellä ja öljyllä suurin. Hiilijalanjälkeen vaikuttavat myös tuotteen käytöstä muodostuvat ja liikenteessä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Lisäksi kaatopaikalle loppusijoitetuista painotuotteista syntyy hajoamistuotteena metaania. [3, s. 59; 4, s. 7.]

VTT:n laskelmien mukaan yhden, 48 kertaa vuodessa ilmestyvän aikakauslehden elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat 7,5 kg CO<sub>2</sub> ekv. Yhden 56-sivuisen heatsetrotaatiolla painetun aikakauslehden hiilijalanjälki on noin 154 g. Määrä vastaa noin yhden kilometrin ajomatkaa henkilöautolla. Aikakauslehden hiilijalanjäljestä 33 % syntyy paperin valmistuksessa, 31 % painamisessa, 22 % kierrätyksen ja jätehuollon aikana ja 13 % kuljetuksista. Aikakauslehden hiilijalanjälki on noin 905 kg CO<sub>2</sub> ekv./1000 kg aikakauslehtiä. Kuvassa 4 havainnollistetaan aikakauslehden hiilijalanjäljen muodostumista. Aikakauslehden hiilijalanjälki pienenisi noin 10 %, jos kaikki painotalon aikakauslehden valmistuksessa käytetty ostosähkö tuotettaisiin vihreästi. [3, s. 63.]



Kuva 4. Aikakauslehden hiilijalanjälki [3, s. 63].

Hiilijalanjäkilaskelmia tarkasteltaessa on tärkeää muistaa, että todellisuus on laskelmia ja laskentatilannetta monimutkaisempi. Edes eri tahojen samalle tuotteelle tekemiä laskelmia ei voi verrata toisiinsa, ja laskelman rajauksista riippuen jopa saman tutkijatahon samasta elinkaariarvioinnista lasketut hiilijalanjäljet voivat vaihdella. Laskelmia kuitenkin tarvitaan tuotteiden ympäristökuormituksen ymmärtämiseksi ja yritysten ja kuluttajien valintojen ohjaamisessa ekologisempaan vaihtoehtoon. [4, s. 7.]

Elinkaariarviointi, joka sisältää hiilijalanjäljen laskennan, antaa hyvän kokonaiskuvan ja auttaa ymmärtämään, missä painotuotteen elinkaaren vaiheessa syntyy suurimmat ilmastovaikutukset ja kuinka niitä voidaan lähteä vähentämään. Paras tapa hiilijalanjäljen pienentämiseen on energiankulutuksen vähentäminen ja energiatehokkuuden parantaminen koko painotuotteen elinkaaren ajan. Tärkeää on myös materiaalitehokkuuden parantaminen ja raaka-aineiden käytön vähentäminen. Käytetty paperi, painomenetelmä, painosmäärä, tuotteen rakenne ja käyttötilanne vaikuttavat painotuotteen ympäristövaikutuksiin. VTT:n LEADER-tutkimuksen mukaan painotuotteen ympäristövaikutuksia on mahdollista vähentää. Hiilijalanjäkilaskelman perusteella energian hankinta on asia, johon painojen tulee tulevaisuudessa kiinnittää suurempi huomio. Keskeistä on, millä tavalla painon käyttämä lämpö ja sähkö on tuotettu sekä energiatehokkuus. Vuonna 2005 niin sanotun ENVIMAT-mallin mukaan suomalaisten kotitalouksien kulutuksen aiheuttamista ilmastovaikutuksista sanomalehtien, kirjojen ja paperituotteiden osuus oli vain 0,89 %, kun suurimmat ilmastovaikutukset aiheutuivat asumisesta (28 %), elintarvikkeista (16 %) ja liikenteestä (13 %). Vuonna 2005 koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä kustannustoiminnan ja painoteollisuuden lopputuotteiden osuus oli noin 0,54 %. [3, s. 60, 67–68.]

## 2.4 Kestävä kehitys

Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Ympäristö, ihminen ja talous huomioidaan päätöksenteossa ja toiminnassa tasavertaisesti. Ekologisen kestävän kehityksen päämäärä on luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ja ihmisen taloudellisen ja aineellisen toiminnan sopeuttaminen maapallon luonnonvaroihin ja luonnon kestokykyyn. Taloudellinen kestävyys taas on tasapainoista kasvua, joka ei perustu pitkällä aikavälillä velkaantumiseen tai varantojen hävittämiseen. Kestävä talous on edellytys yhteiskunnan

toiminnalle. Sosiaalisessa ja kulttuurisessa kestävydessä keskeistä on taata hyvinvoinnin edellytysten siirtyminen sukupolvelta toiselle. Yhä jatkuva väestönkasvu, köyhyys, ruoka- ja terveydenhuolto, sukupuolten välinen tasa-arvo ja koulutuksen järjestäminen ovat maailmanlaajuisia sosiaalisen kestävyden haasteita, joilla on merkittäviä vaikutuksia myös ekologiseen ja taloudelliseen kestävyteen. [3, s. 6–7; 17; 21.]

Viestintäalan Keskusliitto on laatinut ympäristölinjaukset, jotka hyväksyttiin vuonna 2010. ”Matkalla kestävämpään” -linjauksen lähtökohta on, että viestintäala sitoutuu kestäväan kehitykseen ja sen mukaiseen vastuulliseen yritystoimintaan. Ympäristöasioita tulee kehittää, ja tavoitteena on, että tuotteet ja palvelut aiheuttaisivat mahdollisimman pienen ympäristökuorman elinkaarensa aikana. Yksittäisten prosessien sijaan keskityttäisiin elinkaariajattelun mukaisesti koko tuotantoketjun optimointiin. Ympäristövastuun painopisteitä ovat

- luonnonvarojen ja raaka-aineiden käytön tehostaminen
- energian käytön tehostaminen
- ympäristöä vähemmän kuormittavien kemikaalien käyttöönotto
- jätteiden määrän vähentäminen ja jätteiden asianmukainen käsittely
- ympäristöasioiden huomioiminen jo palvelua ja tuotteita sekä niiden tuotantoprosesseja suunniteltaessa. [3, s. 10.]

Ympäristötavoitteet aiotaan saavuttaa seuraavilla alan yritysten ja järjestöjen toimenpiteillä:

- Kehitetään ympäristöasioiden järjestelmällistä johtamista.
- Viestitään aktiivisesti tuotteiden ja palveluiden ympäristönäkökohdista.
- Parannetaan energia- ja materiaalitehokkuutta.
- Kehitetään ympäristöosaamista. [3, s. 10.]

Useat ympäristönsuojelutoimet ovat riippuvaisia yrityksistä ja niiden päätöksistä, kuten investoinneista ja teknologisista ratkaisuista. Ympäristönsuojelu on vahvasti sidoksissa yritysten toimintaan, ja sen onnistuminen riippuu ensisijassa yritysten halusta ja kyvystä. Yritysten tulisi

- omaksua ympäristönsuojelu keskeiseksi osaksi jokapäiväistä toimintaansa ja toimia ekotehokkaasti
- edistää säästävän tekniikan mukaista tuotantoa
- edistää vastuullista yrittäjyyttä. [3, s. 17–18.]

Luonnonvaroja on käytettävä teollisuudessa entistä tehokkaammin, jätteitä tulee tuottaa entistä vähemmän ja päästöjä ympäristöön pitää vähentää. Tuotteen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset tulisi ottaa huomioon jo tuotteita ja tuotantotapoja suunniteltaessa. Teollisuusyritysten pitäisi ottaa ympäristönsuojelu huomioon kaikessa päätöksenteossa. On kehitettävä ja otettava käyttöön uusia tuotteita ja tuotantotapoja, jotka ovat mahdollisimman turvallisia ja haitattomia ympäristölle ja terveydelle. [3, s. 17–18.]

## 2.5 Ympäristöjärjestelmät

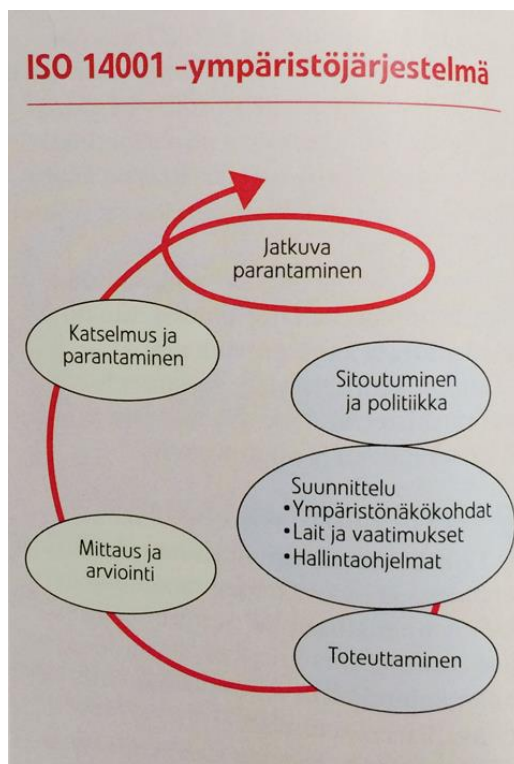
Ympäristöjärjestelmien ja ympäristömerkkien avulla yritys voi viestiä omasta sitoutumisestaan ympäristöasioiden hoitamiseen ja ympäristölakien ja -asetusten noudattamiseen. Ympäristöjärjestelmä on systemaattinen tapa parantaa ympäristöasioiden hallintaa ja ympäristönsuojelutoimien tuloksellisuutta. Ympäristöjärjestelmille ominaista on vakioitu sisältö, joka luo edellytykset ulkopuolisten audittoijien todentamistyölle ja sertifiointille. Sertifiointin avulla osoitetaan, että yrityksen toiminta täyttää standardin asettamat vaatimukset. Ympäristöjärjestelmät kattavat organisaation toimintatavat, hankinnat, tuotannon ja jakelun. Niihin sisältyy ympäristösuorituskyvyn seuraamista, korjaavia toimia ja tulosten raportointia. Ympäristöjärjestelmä asettaa vaatimuksia yrityksen johdolle ja henkilöstölle. Kaikkien on tiedettävä oman työnsä ympäristövaikutukset ja ymmärrettävä ohjeiden noudattamisen tärkeys. Toimiva ympäristöjärjestelmä edistää myös työturvallisuutta. [3, s. 29–30; 4, s. 10; 8; 9.]

### 2.5.1 ISO 14001 -standardi

ISO 14000 on ympäristöasioiden hallintaa käsittelevä kansainvälinen standardisarja, jota käyttävät yritykset ovat sitoutuneet minimoimaan toimintansa ympäristölle aiheuttamat haitat ja jatkuvasti kehittämään ympäristötoimintaansa. Yksi ISO 14000 -sarjan standardi on ISO 14001. Siihen perustuva ympäristöjärjestelmä on tehokas tapa yrityksen ympäristöasioiden hoitamiseen. Järjestelmä osoittaa, että yritys on sitoutunut jatkuvasti kehit-

tämään toimintaansa ympäristöystävällisempään suuntaan. Ympäristöjärjestelmän tehokas toiminta ja standardinmukaisuus on mahdollista osoittaa auditoinnilla tai sertifiointilla. [3, s. 29–30; 4, s. 10; 9; 22, s. 50; 23.]

ISO 14001 -standardi on hyvä työkalu ympäristötoimintojen suunnitteluun ja johtamiseen. Se on tehty riittävän joustavaksi, jotta sitä voidaan soveltaa eri organisaatioissa toimialasta ja koosta riippumatta sekä yksityisellä että julkisella sektorilla. Sillä voidaan myös yhdistää yrityksen laatu- ja ympäristöjärjestelmät. Toimiva ja hyvin tehty toimintajärjestelmä helpottaa ympäristöjärjestelmän kehittämistä ja toteuttamista. Ympäristöjärjestelmää käyttävä yritys sitoutuu jatkuvasti parantamaan ympäristötoimintaansa. Niin sanottu jatkuvan parantamisen vaatimus kohdistuu yrityksen koko toimintaan, kuten tuotekehitykseen, jätemäärän ja energiankulutuksen vähentämiseen ja onnettomuusriskien pienentämiseen. Kuvassa 5 esitellään ISO 14001 -ympäristöjärjestelmän jatkuvan parantamisen malli. Toimivan ympäristöpolitiikan tulisi näkyä yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa, ja sen pitäisi vaikuttaa myös pidemmän aikavälin päätöksenteossa. [3, s. 29–30; 4, s. 10; 9; 22, s. 50; 23.]



Kuva 5. ISO 14001 -ympäristöjärjestelmän jatkuvan parantamisen malli [3, s. 30].

## 2.5.2 EMAS-ympäristöjärjestelmä

EMAS (the Eco-Management and Audit Scheme) on Euroopan unionin asetukseen perustuva vapaaehtoinen ympäristöasioiden hallintajärjestelmä. Se on tarkoitettu kaikille yrityksille ja organisaatioille, ja se on laajin ympäristöasioiden hallintajärjestelmä, johon liittyy sekä ulkopuolinen arviointi että tietojen julkisuus. EMAS-järjestelmän avulla ympäristöasiat saadaan osaksi yritysten normaalia toimintaa. Toiminnan lähtökohta on, että yritykset ottavat vapaaehtoisesti vastuuta toimintansa ympäristövaikutuksista ja asettavat ympäristönsuojeluun liittyviä tavoitteita. Yritykset pyrkivät aktiivisesti vähentämään aiheuttamiaan ympäristöhaittoja. Tämän tavoitteellisen toiminnan tuloksena yrityksen toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset vähenevät ja kustannukset pienenevät. EMAS-järjestelmässä yritykset saavat itse valita keinot, joilla ne etenevät asettamiinsa tavoitteisiin. [3, s. 30; 24.]

Ympäristönhallintajärjestelmän rakentaminen etenee vaiheittain. Aluksi tehdään alustava katselmus, jossa arvioidaan yrityksen toiminnan välittömät ja välilliset ympäristövaikutukset. Seuraavaksi laaditaan ympäristöpolitiikka, jossa yritys sitoutuu ympäristölainsäädännön noudattamiseen ja ympäristönsuojelun tason jatkuvaan parantamiseen. Yritys ottaa ympäristöpolitiikan ja alustavan katselmuksen tulosten perusteella käyttöönsä ympäristöohjelman. Ohjelma sisältää päämäärät, tavoitteet ja toimet ympäristönsuojelun tason parantamiseksi. [3, s. 30–31; 24.]

Tämän jälkeen luodaan toimiva ympäristöasioiden hallintajärjestelmä, jonka avulla ympäristöohjelma voidaan toteuttaa. Sisäisillä auditoinneilla yritys arvioi ja kehittää ympäristötoimintaansa. Yritys laatii sidosryhmilleen ympäristöselonteon, joka sisältää muun muassa kuvauksen yrityksen ympäristövaikutuksista, sen aiheuttamista päästöistä sekä toimenpiteistä, joihin se on ryhtynyt ympäristönsuojelun tason parantamiseksi. Ulkopuolinen, päteväksi todettu todentaja varmistaa, että yrityksen ympäristöjärjestelmä ja -selonteko täyttävät EMAS-asetuksen vaatimukset. Tämän jälkeen yritys rekisteröidään ja se saa käyttöönsä EMAS-sertifikaatin ja EMAS-logon. [3, s. 30–31; 24.]

EMAS-järjestelmään kuuluvan yrityksen säännöllisiin tehtäviin kuuluvat ympäristötarkastukset, joiden avulla valvotaan, että ympäristöpolitiikkaa ja -järjestelmää noudatetaan. Auditointien väli vaihtelee yritysten ympäristövaikutusten merkittävyyden mukaan, mutta se saa olla enimmillään kolme vuotta. Ympäristönhallintajärjestelmän käyttö ei kuitenkaan välttämättä kerro yrityksen ympäristönsuojelun tasoa, koska mikään ympäristöjär-



jestelmä ei sisällä ympäristönsuojelun tasovaatimuksia. Vapaaehtoiset ympäristöjärjestelmät edellyttävät kuitenkin, että yritys ensinnäkin noudattaa lakien ja asetusten määräyksiä. Yritys määrittelee myös itse, annettujen rajojen puitteissa, ympäristönsuojelun tason, kehittämiskohteet ja aikataulun. Yrityksen on myös jatkuvasti parannettava ympäristönsuojelun tasoaan ja osoitettava toimintaohjeilla, katselmuksilla ja auditoinneilla, että ilmoitettu ympäristönsuojelun taso on pysyvä. [3, s. 30–31; 24.]

## 2.6 Ympäristömerkit

Ympäristömerkkien tarkoitus on kertoa kuluttajille, että tuotteen valmistus kuormittaa ympäristöä vähemmän kuin tavallinen tuote. Painoilla voisi periaatteessa olla useankin ympäristömerkin käyttöoikeus, mutta merkkien hankintaa hillitsevät niiden synnyttämät kustannukset. Eri ympäristömerkeillä voitaisiin vastata erilaisten asiakkaiden tarpeisiin ja painotuksiin. Painoalalla käytetyin ympäristömerkki on Pohjoismainen ympäristömerkki eli Joutsenmerkki. Puukuidun alkuperästä kertovat merkinnät ovat FSC ja PEFC. Ne kertovat, että metsää, josta paperin kuitu on peräisin, on hoidettu kestävän kehityksen periaatteen mukaisesti. Merkit eivät kerro mitään paperinvalmistus- tai painoprosessin ympäristöystävällisyydestä. [4, s. 10, 20.]

### 2.6.1 Joutsenmerkki

Pohjoismaiden yhteinen ympäristömerkki, Joutsenmerkki, syntyi vuonna 1989. Sen tavoitteena on edistää kestävä kehitystä ja ohjata kuluttajia ympäristöystävällisiin valintoihin. Joutsenmerkki voidaan myöntää tuotteelle, joka täyttää ympäristömerkille asetetut vaatimukset. Ympäristömerkin vaatimuksissa huomioidaan tuotteen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Lisäksi vaatimuksia asetetaan laadulle, terveydelle ja turvallisuudelle. Joutsenmerkin myöntämisperusteet on tarkoitus pitää tiukkoina, jotta merkin saaneet tuotteet ovat jatkuvasti ympäristön kannalta parhaiden joukossa. Joutsenmerkin vaatimukset tarkistetaan 3–5 vuoden välein, jotta ne ovat ajan tasalla lainsäädännön kiristyessä ja teknologian kehittyessä. [3, s. 41–42; 4, s. 13; 25.]

Painolaitos ja sen painotuotteet voivat olla joutsenmerkittyjä. Joutsenmerkki haetaan itse painolaitokselle, ja vain joutsenmerkitty painolaitos voi painaa joutsenmerkittyjä painotuotteita. Painopalveluita tarjoavat yritykset voivat saada Joutsenmerkin painamilleen painotuotteille, jos ympäristömerkin kriteerit täyttyvät. Joutsenmerkin vaatimukset on asetettu painotuotteiden ympäristövaikutuksille, jotka syntyvät paperin ja muiden raaka-

aineiden tuotannossa ja painotuotteiden valmistuksessa. Painopapereiden Joutsenmerkin myöntämisessä painottuvat kestävänsä metsätalouden kuitujen käyttö, ympäristölle vaarallisten kemikaalien käyttörajoitukset sekä vesi- ja ilmapäästöjen vähäisyys. [4, s. 13; 26.]

Painotalon toiminnan tulee täyttää tiukat vaatimukset, jotka koskevat muun muassa käytettyjen papereiden ja kemikaalien laatua ja määrää, painoprosessissa syntyviä päästöjä ja jätteitä, energiankäyttöä sekä työturvallisuutta ja laadunvarmistusta, jotta sille voidaan myöntää Joutsenmerkki. Vaatimuksia asetetaan myös sivun- ja painopinnanvalmistukselle sekä energiankulutukselle ja syntyvän jätteen määrälle. Lisäksi tuotteiden on oltava kierrätettäviä. Käytetyt paperit ja kemikaalit ovat tarkastettuja, joten ne eivät ole oikein käytettyinä vahingollisia ympäristölle tai terveydelle. Kaikille yrityksen käytössä oleville painomenetelmille ei ole pakko hakea Joutsenmerkkiä. [4, s. 14; 26.]

Joutsenmerkitty paino voi lisätä Joutsenmerkin painotuotteeseen silloin, kun painotuotteen paperista vähintään 90 % täyttää painopapereita koskevat ympäristömerkkivaatimukset eikä painotuote tai sen pakkaus sisällä PVC:tä. Joutsenmerkin myöntämisen jälkeen painon tulee sitoutua niin sanottuun jälkivalvontaan, joka kattaa myös lainsäädännön noudattamisen. Painotalon kaikilla alihankkijoilla, joita käytetään joutsenmerkityn tuotteen tuotannossa, täytyy olla Joutsenmerkin käyttö lupa. Poikkeuksena ovat painolaitokset, joita käytetään painamaan pieni osa painotuotteesta. Tuotteesta riippuen 10–20 % sen painosta voi olla ei-hyväksyttyä paperia. [4, s. 14; 26.]

## 2.6.2 PEFC-järjestelmä

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) on teollisuuden ja metsänomistajien vuonna 1999 perustama riippumaton, voittoa tavoittelematon kansalaisjärjestö, jonka tavoitteena on edistää kestävästä metsänhoitoa riippumattoman kolmannen osapuolen sertifiointin avulla. PEFC-järjestelmä edistää maailmalaajuisesti ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävästä metsätaloutta. PEFC on maailman suurin metsäsertifiointijärjestelmä, ja siihen kuuluu jäsenorganisaatioita maailmalaajuisesti yli 40 maasta. [3, s. 42; 4, s. 15; 27, s. 276; 28; 29.]

PEFC-sertifikaatin vaatimukset kohdistuvat muun muassa metsien monimuotoisuuden turvaamiseen, metsien terveyden ja kasvun ylläpitoon sekä virkistyskäyttöön. PEFC-ser-

tifikaatti asettaa vaatimuksia myös sertifioidun puuraaka-aineen ja puutuotteiden seurannalle toimitusketjuissa. Puutavaran seuranta koskevilla vaatimuksilla taataan, että puuraaka-aine on peräisin sertifioiduista metsistä. Kun painolla on PEFC-sertifikaatti, painotuotanto on puukuidun alkuperän osalta seurannan piirissä. Käytännössä yritys ei voi myydä omille asiakkailleen PEFC-sertifioituja tuotteita enempää, kuin se on hankkinut PEFC-sertifioitua raaka-ainetta. Sama periaate koskee myös paperitehtaita. Jos asiakas haluaa painotuotteeseen PEFC-merkin, painotalo varmistaa, että työhön käytetään PEFC-merkittyä paperia. [3, s. 42; 4, s. 15; 27, s. 276; 28; 29.]

PEFC-sertifioinnin tunnistaa tuotteessa, tuotepakkauksessa tai tuotetta koskevissa asiakirjoissa olevasta PEFC-merkistä. Tuotteita valmistava yritys voi saada merkin käyttöoikeuden, kun yrityksen toiminta on sertifioitu. Vuonna 2010 noin 95 prosenttia Suomen metsistä oli PEFC-sertifioitu. Ympäristöjärjestöt eivät ole mukana PEFC-järjestelmässä, vaan ne suosivat kansainvälistä FSC-sertifiointijärjestelmää. FSC-sertifiointi vaatii metsien hoidolta ja hakkuilta tiukempaa luontoarvojen huomioimista kuin PEFC-järjestelmä. FSC-sertifioinnit alkoivat Suomessa vasta 2010-luvun alussa. [3, s. 42; 28.]

### 2.6.3 FSC-järjestelmä

FSC (Forest Stewardship Council) on arvostetuin ja laajalti kansainvälisesti tunnetuin ympäristösertifikaatti. FSC-järjestelmä perustettiin 1990-luvun alussa kansalaisjärjestöjen aloitteesta tukemaan ympäristön, yhteiskunnan ja talouden huomioivaa hyvää metsänhoitoa. Siitä tuli muiden maiden tukemana nopeasti maailmanlaajuinen sertifikaatti ja akkreditointijärjestelmä. FSC on riippumaton, voittoa tavoittelematon järjestö, jonka tavoitteena on vastuullisen metsänhoidon edistäminen. Järjestö asettaa standardit, joilla varmistetaan, että metsänhoito on ympäristön kannalta vastuullista, yhteiskunnalle edullista ja taloudellisesti kannattavaa. Järjestö toimii yhteistyökumppaneidensa kanssa maailmalaajuisesti varmistaakseen, että metsien ekosysteemit säilyvät vahingoittumattomina hakkuiden jälkeen. FSC ei hyväksy suurimittaisia hakkuita, kuten avohakkuita. [4, s. 15; 22, s. 47; 27, s. 272–273.]

FSC-merkityt tuotteet sisältävät FSC:n sääntöjen mukaisesti sertifioitujen metsien puuta. Paperin valmistuksessa käytetään joko neitseellistä FSC-kuitua tai FSC-kierrätyskuitua. Jokainen FSC-merkitty tuote on sertifioitu erikseen. Merkillä vakuutetaan, että tuote on peräisin metsistä, joiden hoidossa kohtaavat niin sosiaaliset ja taloudelliset kuin ekologi-

set tarpeet. FSC:n vaatimusten täyttäminen edellyttää riippumatonta tarkastusta metsänhoidon ja puun valmistusketjussa sekä painotaloissa. Painoilta FSC-merkin käyttö edellyttää puukuidun alkuperän seurantarjestelmää. FSC käyttää valtuutettuja kolmannen osapuolen sertifioijia ympäristötoiminnan arviointiin. FSC-sertifikaatti täyttää parhaiten WWF:n vaatimukset metsänhoidon laadusta ja auditointien luotettavuudesta. [4, s. 15; 8; 22, s. 47; 27, s. 272–273.]

## 2.7 Lainsäädäntö

Painotalojen toiminnassa on huomioitava jätteisiin, ilman- ja vesiensuojeluun, kemikaaleihin ja vaarallisiin aineisiin sekä työsuojeluun ja paloturvallisuuteen liittyvät lait ja asetukset. Jätelaissa ensisijainen tavoite on jätteen syntymisen ehkäisy, tämän jälkeen jätteen kierrättäminen hyötykäyttöön ja polttaminen energiaksi. Viimeinen vaihtoehto on jätteen hävittäminen kaatopaikoille tai tarvittaessa ongelmajätelaitokselle. Tuotantoprosessissa jätteiden synnyn ehkäisy ja kierrättäminen ovat kannattavia toimenpiteitä, koska ne säästävät materiaali- ja jätehuoltokustannuksia. Tuotannossa käytettäviin kemikaaleihin liittyviä velvollisuuksia on muun muassa toiminnassa tarvittavien kemikaalien luetteloiminen. [4, s. 16.]

Jos yritystoiminta aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaran, tarvitaan ympäristölupa. Tällainen vaara syntyy painoissa, joissa käsitellään liuottimia ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Painotaloissa VOC-päästöjä syntyy painovärien, lakkojen ja liimojen sisältämistä orgaanisista liuottimista, laitteistojen pesuaineissa käytetyistä liuottimista ja kosteusveden sisältämistä alkoholeista. VOC-päästöjä syntyy siis sekä varsinaisessa painamisessa että hajapäästöinä painolaitteistojen pesuliuottimien käytöstä huoltojen ja seisokkien aikana. Vuodesta 1999 lähtien on Euroopan unionin alueella ollut voimassa painolaitosten poistokaasujen päästöille rajat asettava VOC-direktiivi. Nykyisin se sisältyy teollisuuden päästöjä koskevaan direktiiviin 2010/75/EU, joka on Suomessa otettu käyttöön ympäristönsuojelulain 527/2014 muutoksessa vuonna 2014. Sen määrittelemät raja-arvot ovat painomenetelmäkohtaisia. Ympäristölupaa edellytetään offsetpainoilta, joiden VOC-päästöt ylittävät 15 tonnia vuodessa. Eniten haihtuvia orgaanisia yhdisteitä syntyy heatset-painoissa. Uusissa heatset-koneissa täytyykin olla jälkipolttimeet, jotta VOC-päästöissä päästään raja-arvojen mukaiselle tasolle. Päästöjä kannattaa rajoittaa liuotinaineiden käyttöä vähentämällä. Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä myös päästöjen vähentämisestä, huomioidaan energiatehokkuus ja edellytetään parhaan käytettävissä olevan tekniikan soveltamista. [4, s. 16; 30; 31; 32.]

### 3 Offsetpainaminen

#### 3.1 Offsetpainomenetelmän esittely

Offsetpainomenetelmä perustuu periaatteeseen, että vesi ja öljy eivät sekoitu keskenään vaan ne hylkivät toisiaan, koska niiden pintajännitykset ovat erilaiset. Offset on laakapainomenetelmä, eli painava ja ei-painava pinta ovat samassa tasossa, mutta niiden pintajännitykset ovat erilaiset. Painotapahtumassa painolevy kastellaan ensin kostutusvedellä, joka leviää levyn ei-painaville pinnoille, joiden pintajännitys on korkeampi kuin vedellä. Seuraavaksi painolevylle levitetään öljypohjainen painoväri, joka tarttuu ainoastaan painaville pinnoille. Painoväri siirretään levytä kumisyylinterin pinnalle ja siitä paperille. Painolevyn painava pinta on oleofiilinen, öljyä vastaanottava, ja ei-painava pinta on hydrofiilinen, vettä vastaanottava. [5, s. 18; 33, s. 47.]

Painotapahtumassa kostutusveden päätehtävä on ei-painavien pintojen pitäminen puhtaana painoväristä. Kostutusveden oikea pintajännitys on erittäin tärkeä, ja sitä alennetaan tasolle, jossa painolevy kastuu hyvin ja veden emulgoituminen väriin on hallittua. Kostutusveden pintajännityksen alentamiseen käytetään isopropanolia (IPA) ja tensidejä. Isopropanoli on herkästi haihtuva orgaaninen VOC-yhdiste, joka aiheuttaa ympäristö- ja terveyshaittoja. Kostutusvesi säilytetään jäähdytetyssä astiassa, josta se pumpataan koneelle. Säiliön isopropanolikonsentraatiota mitataan jatkuvasti, ja isopropanolia lisätään automaattisesti konsentraation laskettua halutun pitoisuuden alle. [3, s. 105; 20; 33, s. 50.]

Offsetpainomenetelmä on epäsuora, koska painoväri ei siirry suoraan painolevyltä paperille vaan kumisyylinterin kautta. Offsetpainoyksikkö koostuu vesi- ja värilaitteesta sekä levy-, kumi- ja puristussyylinteristä. Vesi- ja värilaitteet koostuvat kaukalosta ja teloista. Levussyylinteriin kiinnitetään 0,1–0,4 millimetrin paksuinen painolevy, kumisyylinteri on päällystetty kumikankaalla ja sen tehtävä on siirtää painoväri painolevyltä paperille. Puristussyylinteri kuljettaa paperia. Värsiirto pinnalta toiselle tapahtuu kahden telan ja sylinterin välisessä nipissä, jossa väritelat ja sylinterit osuvat toisiinsa. [5, s. 18; 33, s. 47–49, 189.]

### 3.1.1 Heatset-offsetrotaatioprosessi

Tässä insinööriyössä tutkitaan heatset-offsetrotaatiopainomenetelmän ympäristövaikutuksia. Heatset-offsetrotaatio on nimensä mukaisesti laakapainomenetelmä, jossa painoväri kuivataan kuuman ilman avulla kuivausyksikössä ja jossa käytetään rullapaperia. Heatset-offsetrotaatioprosessi koostuu kolmesta eri päävaiheesta, jotka ovat prepress, painaminen ja jälkikäsitteily. Prosessiin lasketaan tässä insinööriyössä mukaan myös jakelu, koska painotuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa on mukana kuljetuksia ja ne aiheuttavat ympäristöpäästöjä. [3, s. 54; 33, s. 9; 34, s. 131.]

### 3.1.2 Prepress

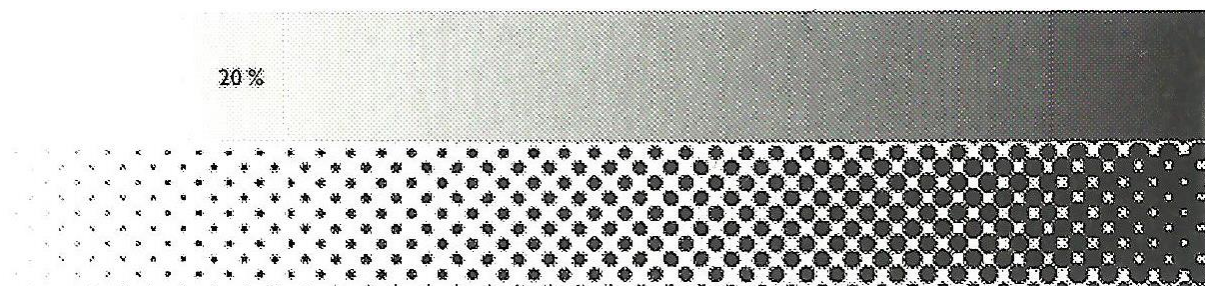
Prepress tarkoittaa painotuotteen valmistusprosessissa painamista edeltäviä työvaiheita. Se sisältää painotuotteen graafisen suunnittelun, kuvankäsittelyn, arkkiasemoinnin, vedostuksen, painoaineiston rasteroinnin ja painolevyn valmistuksen. Graafinen suunnittelu on painotuotteen ulkoasun visuaalista suunnittelua tekstin ja kuvaelementtien avulla. Painotuotteen sanoma pyritään välittämään lukijalle mahdollisimman tehokkaasti ulkoasun avulla. Se auttaa lukijaa jäsentämään julkaisua, sillä ilmaistaan, mikä on tärkeää ja mikä ei, se herättää kiinnostusta, innostaa ja motivoi. Painotuotteen kuvat tulee aina käsitellä painovalmiiseen muotoon. Kuvien painoteknisten säätöjen tavoitteena on säätää kuvat niin, että alkuperäisen kuvan värit ja sävyt jäljentyvät mahdollisimman tarkasti painoalustalle. Kuvien tärkeimmät painotekniset säädöt ovat sävyntoiston säätö, värikorjailu, värierottelu ja terävöitys. [33, s. 15–16, 29, 34, 38, 52, 190; 34, s. 103; 35, s. 9; 36, s. 70.]

Arkkiasemointi tarkoittaa sivujen sijoittamista painoarkille siten, että valmiin tuotteen sivut ovat oikeassa järjestyksessä taiton ja sidonnan jälkeen. Arkkiasemointi tehdään yleensä tietokoneella, asemointia varten kehitetyllä sovellusohjelmalla. Heatset-offsetrotaatiopainokoneessa käytetään rullapaperia. Painokoneen jokainen painoyksikkö muodostuu kahdesta päällekkäin olevasta painolaitteistosta. Rullassa oleva paperi kulkeutuu yhtenäisenä rainana kaikkien näiden painoyksiköiden läpi, ja se painetaan yhdellä kertaa molemmin puolin. Tämän vuoksi painoarkin toisen puolen painatusta ei tarvitse miettiä asemoinnin kannalta erikseen. Rotaatiokoneen paperiradan leveys ja painosylinterin halkaisija asettavat rajat julkaisun minimi- ja maksimisivumäärille. Tyypillisesti käytetään 16-, 32- tai 64-sivuisia koneita. [10, s. 110; 33, s. 34, 37; 34, s. 130–131.]

Vedostus tarkoittaa painotuotteen simulointia ennen varsinaista painamista. Asiakas voi tarkastaa vedoksesta painotuotteen ulkoasun ja sisällön oikeellisuuden, ja painon työntekijä voi käyttää vedosta asemoinnin tai värivastaavuuden tarkastelussa. Vedokset voidaan jakaa kahteen luokkaan, paperi- ja näyttövedoksiin. Yleisin paperivedos on näköisvedos, jonka tarkoituksena on antaa yleiskuva painotuotteen ulkoasusta ja elementtien sijoittelusta. Asemointivedoksesta taas voidaan tarkastaa arkkiasemoinnin oikeellisuus sivujärjestyksen perusteella. Edellä mainitut vedostyyppit tulostetaan laser- tai mustesuihkutulostimella, koska niiden värivastaavuus ei ole olennaista. [33, s. 38–40.]

Kun painotuotteesta halutaan värivastaava ja painojälkeä simuloiva vedos, kyseessä on sopimusvedos. Sopimusvedosta käytetään, kun halutaan korkeaa laatua tai käytetään esimerkiksi erikoisvärejä. Näyttövedoksella tarkoitetaan tietokoneen näytöltä tarkasteltavaa vedosta, joka on yksinkertaisimmillaan kuva tai pdf-dokumentti, jota tarkastellaan väriprofiilien avulla. Värivastaavuuden saavuttamiseksi näyttövedostus edellyttää näytön kalibrointia ja profilointia. Näyttövedostuksessa voidaan käyttää myös erillisiä näyttövedossovelluksia, jotka voivat olla itsenäisiä ohjelmia tai työnkulkuun integroituja ratkaisuja. Väritarkka paperinen sopimusvedos voidaan korvata näyttövedossovelluksella, jos käytössä on laadukas, kalibroitu näyttö. Sovellusten etuna on, että vedoksia voidaan niiden avulla sekä tarkastella että muokata ja mahdolliset muutokset ja töiden hyväksynyt voidaan tallentaa tietokantaan. [33, s. 38–40.]

Painovalmis pdf-tiedosto siirretään tulostimen RIP:iin (Raster Image Processor), jossa painoaineisto rasteroidaan. Rasterointi on menetelmä, jossa painotuotteessa olevien sävykuvien sävyt toistetaan erikokoisten ja eriväristen rasteripisteiden avulla. Tämän menetelmän avulla eri sävyt saadaan siis toistettua painoalustalle värillisen ja värittömän pinnan suhdetta säätämällä. Nelivärikuvissa rasteripisteet painetaan neljällä osavärillä, jotka ovat syaani, magenta, keltainen ja musta. Tummia sävyjä varten muodostetaan suuria rasteripisteitä ja vaaleita sävyjä varten pieniä, kuten kuvassa 6 esitellään. [33, s. 20–21; 35, s. 367.]

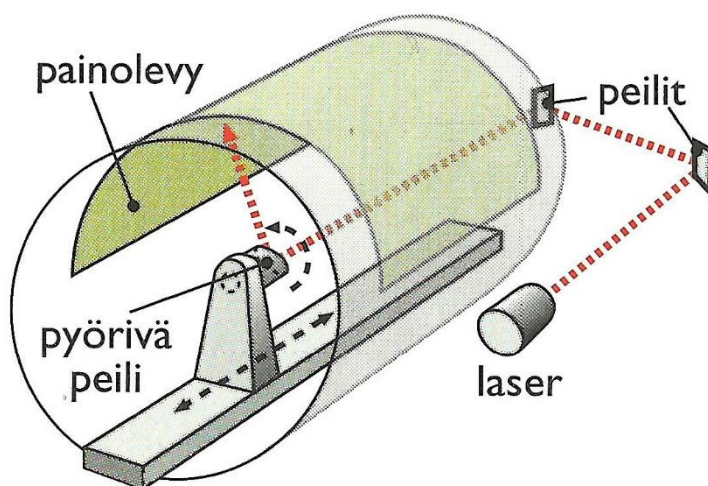


Kuva 6. Jatkuvasävyinen ja rasteroitu harmaakiila [33, s. 21].

Rasteripisteiden etäisyyttä toisistaan kutsutaan rasterin linjatiheydeksi, ja se ilmoitetaan yksiköllä linjaa/cm tai linjaa/tuumaa. Mitä tiheämmin rasteripisteet ovat, sitä enemmän sävyjä ja yksityiskohtia voidaan toistaa. Ihmisen silmä ei normaalilta lukuetäisyydeltä erota yksittäisiä rasteripisteitä vaan jatkuvan sävypinnan. [33, s. 21.]

Painolevy valmistetaan tulostamalla painotuotteen tiedosto suoraan painolevylle erillisellä levytulostimella. Tätä menetelmää kutsutaan CTP-tekniikaksi (Computer To Plate). Levytulostin toimii laservalolla ja on automaattinen, eli tulostin ottaa työhön sopivan painolevyn kasetista, poistaa välipaperin, siirtää levyn valotukseen ja sen jälkeen kehitykseen sekä rei'ittää levyn painokoneen painoyksikön kohdistusnastoihin sopivalla rei'ityksellä. Heatset-prosessissa käytettävä levytulostin toimii sisärumputekniikalla, eli painolevy kiinnitetään valotusrummun sisäpintaan ja valotustapahtumassa rummun sisällä levy pysyy paikallaan ja valottavaa lasersädettä ohjataan pyörivän ja sivusuunnassa liikuvan peilin avulla. Peilin pyörimisnopeus on 12 000–45 000 kierrosta minuutissa ja tulostusnopeus noin 10–15 levyä tunnissa. [33, s. 52–53; 34, s. 124, 127.] Kuvassa 7 on sisärumputulostimen toimintaperiaate.





Kuva 7. Sisärumputulostimen toimintaperiaate [33, s. 52].

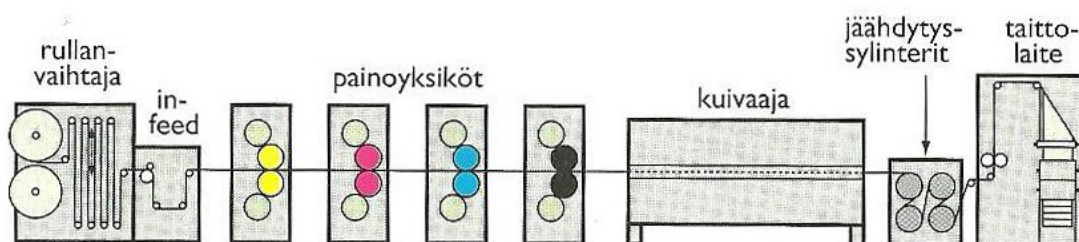
CTP-menetelmässä käytettävät painolevyt on valmistettu alumiinista. Heatset-prosessissa käytetään lämpölevyä, jonka painopinta muodostetaan levyllä lämpöenergian avulla. Valotuksessa käytettävän valon aallonpituus on 700–1200 nm, eli valo on näkyvän valon alueella, joten painopinnanvalmistus voidaan tehdä tavallisessa huonevalaistuksessa. Lämpölevyn pintaan on valettu polymeeria, jonka rakennetta levytulostimen lasersäde muuttaa kehitysprosessissa liukenevaan muotoon, mutta valottumattomat alueet pysyvät liukenemattomina. Kehitysprosessin jälkeen painolevy huuhdellaan ja kumi-tetaan. [34, s. 124–125.]

### 3.1.3 Painaminen

Heatset-offsetrotaatiopainokoneessa jokainen painoyksikkö muodostuu kahdesta päällekkäin olevasta painolaitteistosta. Laitteistojen kumisylinterit ovat toisiaan vasten, ja paperin kulkeutuessa yksikön läpi painoaiho jäljentyy kumisylinteriltä samanaikaisesti paperin molemmille puolille. Samassa painokoneessa voi olla yhdestä kahdeksaan painoyksikköä, mutta yleisimmin käytössä on neljä, koska näin saadaan yhdellä painamiskerralla neljä eri väriä paperin molemmin puolin. [20; 33, s. 58–59; 34, s. 130–131.]

Heatset-rotatiiossa käytetään rullapaperia, ja paperi kulkeutuu yhtenäisenä rainana painoyksiköiden läpi kuivausyksikköön, jossa painovärit kuivataan kuumun ilman avulla. Kuivaajassa painoväreistä haihdutetaan liuotinkomponentti ja painoyksiköissä paperiin tarttunut kostutusvesi. Haihtuvat kaasut sisältävät runsaasti VOC-yhdisteitä, ja ne ovat

ympäristölle haitallisia, joten ne poltetaan energiaksi jälkipolttimessa. Kaasujen talteenotto on teknisesti vaikeaa, koska haihtuva osa koostuu monista eri aineista. Seuraavaksi kuivausyksikössä lämmennyt paperi ja painoväripinta jäädytetään vesijäähdytteisillä jäähdytys sylinterillä, jotta painoväri kovettuu kosketusta kestäväksi. [20; 33, s. 58–59; 33, s. 130–131.] Kuvassa 8 esitellään heatset-offsetrotaatiopainokoneen rakenne.



Kuva 8. Heatset-offsetrotaatiopainokoneen rakenne [33, s. 58].

#### 3.1.4 Jälkikäsittely

Jälkikäsittely tarkoittaa kaikkia painamisen jälkeisiä työvaiheita, joilla painotuote saadaan valmiiksi käyttöä varten. Vihko- ja kirjatyyppisten tuotteiden jälkikäsittelyn lähtökohdaksi on painettu arkki. Painotuote koostuu yhdestä tai useammasta arkista ja usein erillisestä kansiarckista, jotka kootaan ja nidotaan yhteen. Rotaatiopainokoneella painetut arkit tulevat yleensä painokoneen taittolaitteelta taitettuina. Painotuote voidaan myös tehdä valmiiksi rotaatiopainokoneen taittolaitteen perään liitetyillä lisälaitteilla. Tällöin kyseessä on in-line-jälkikäsittely. Nidonnan jälkeinen vaihe on puhtaaksileikkaus, jonka jälkeen tuotteeseen voidaan lisätä osoite. Yleisin tapa osoitetietojen lisäämiseen on mustesuikkulostus suoraan lehteen. Lopuksi tuotteet niputetaan ja pakataan kuljetusta varten. Automatisoitu jälkikäsittely vähentää ja helpottaa arkkien sekä puolivalmiiden tuotteiden käsittelyvaiheita. Hallittu välivarastointi on tärkeää, koska tuotteen nidonta voi alkaa vasta, kun tuotteen kaikki arkit on painettu. Irto- tai pitkänipuissa olevat arkit pinotaan yleensä kuormalavoille, jotka voidaan varastoida. Tieto varastopaikoista ja lavojen merkintä helpottavat logistiikkaa. [33, s. 105–107.]

Vihko-, aikakauslehti- ja kirjatyyppisissä tuotteissa käytetään useimmiten hakas- tai liimanidontaa. Hakasnidonnassa eli stiftauksessa arkit kootaan keskiaukeamasta lähtien sisäkkäin ja nidotaan toisiinsa selkätaitteen läpi 2–4 metallihakasella. Hakasnidonta soveltuu ohuehkoille tuotteille, joiden selän paksuus on enintään 6 mm. Liimanidonnassa

painotuotteen sisäsivut ilman kansia eli blokki alistetaan liimanidontakoneeseen tai -linjalle. Tämän jälkeen blokin selkä leikataan ja rouhitaan, jotta liimaa levittyy jokaiseen arkkiin. Liiman levityksen jälkeen kannet yhdistetään blokkiin. Liimanidontaa käytetään etenkin pehmeäkantisten kirjojen tuotannossa, mutta myös kovakantisissa kirjoissa ja aikakauslehdissä. [33, s. 107, 113–116.]

Aikakauslehtimäisiin tuotteisiin voidaan lisätä erilaisia liitteitä muun muassa tuotenäytteitä tai mainoslehtisiä. Liitteitä voidaan lisätä kolmella perustekniikalla. Niitä voidaan joko stiftata arkkien sekaan keskiaukeamalle, kiinnittää liimapisaralla tai heittää sivujen väliin sisäänpistokoneessa. Aikakauslehtimäiset tuotteet voidaan myös yksittäispakata. Tällöin lehden ja mahdollisten liitteiden ympärille kääritään muovikalvo. Valmiit tuotteet niputetaan määränippuihin tai jakoalueiden mukaisesti. Lehtien osoitteistusta ohjaa tietokanta, jonne on listattu lehden vastaanottajat. Niput voidaan sitoa narulla tai muovivanteilla. [33, s. 107–109.]

### 3.1.5 Pakkaaminen ja jakelu

Valmiit painotuotteet voidaan pakata joko laatikoihin tai lavoille. Laatikkopakkausta käytettäessä laatikoiden päätyyn on hyvä kiinnittää selvite pakkauksen sisällöstä, jotta mahdollisilta turhilta avaamisilta vältytään. Lavapakkauksessa painotuotteet kootaan nipuiksi ja niput sijoitetaan kahden kuljetuslavan väliin, minkä jälkeen lavat kiristetään vanteilla toisiaan vasten. Tarvittaessa lavan ympärille voidaan laittaa suojakääre, joka on yleisimmin läpinäkyvää muovia. Painotuotteet voidaan myös niputtaa määräeriin ja laittaa niiden ympärille paperista valmistettu vyöte tai kumilanka. Niput voidaan myös suojata muovikääreellä, esimerkiksi kutistemuovituksella. Lavapakkauksessa käytetään erikoisia lavoja, ja lavan koon määrittämiseksi painolle on kerrottava, miten tuotteet sille pinotaan. Yksi vaihtoehto on vyötteellä niputtaminen aina 100 kappaleen nippuihin. Jos yksittäisiä nippuja ei muoviteta, lavan ympärille voidaan laittaa muovi. [34, s.186–187.]

Jos painotuotteet jaetaan painosta suoraan yksittäisille henkilöille, yleisin jakelukanava on posti. Tällaisessa osoitteellisessa jakelussa kustannusten perustana on yksittäisen tuotteen paino. Jos vastaanottajien osoitteita on enemmän kuin tuhat, yksi jakelupalveluratkaisu on postin joukkokirjelähetys. Tätä varten painotuotteet kerätään painossa nippuihin postipiireittäin ja niiden päälle laitetaan lappu, johon on merkitty kunkin alueen

postinumero. Kun niput toimitetaan postiin tällaisena, niitä ei tarvitse enää käsitellä postin lajittelukoneessa, vaan posti toimittaa niput sellaisenaan postipiirien jakelupisteisiin ja sieltä lopullisiin osoitteisiin. [34, s. 187.]

Painotuotteen valmistusaikataulua suunniteltaessa on huomioitava valmiin painotuotteen siirtoon tarvittava aika. Pienimuotoisissa painotuotteissa, joissa kohteet ovat lähellä painoa, jakelu saadaan suoritetuksi yhden vuorokauden aikana. Jos jakelukohteita on paljon ja ne sijaitsevat kauempana, jakeluun tarvittava aika on noin 2–5 työpäivää. Painotalojen palveluun kuuluu myös huolehtia valmiiden painotuotteiden siirtämisestä painosta loppukäyttäjälle. Siirron voivat suorittaa joko painon omat henkilöt tai siirto voidaan ostaa palveluna postilta tai joltain muulta jakeluyritykseltä. [34, s. 187.]

## 3.2 Ympäristövaikutukset

### 3.2.1 Paperinvalmistuksen ympäristövaikutukset

Ympäristövaikutuksilta painotuotteen elinkaaren merkittävin vaihe on massan ja paperin valmistus. Noin puolet painotuotteen kokonaispäästöistä syntyy niistä. Tapa, jolla metsää yleensä kaadetaan ja paperia valmistetaan, on haitallista ympäristölle. Maapallon vanhoja metsiä on kaadettu paljon paljaaksi, jotta ihmisten paperin tarve on saatu tyydytettyä. Jo vuonna 1997 World Resources Instituten raportissa arvioitiin, että 76 valtiota on menettänyt kaiken alkuperäisestä metsäpeitteestä ja 11 valtiolla on sitä enää alle 5 % jäljellä. Kestävällä metsänhoidolla tätä saadaan onneksi paikattua. PEFC- ja FSC-sertifikaatit edistävät maailmanlaajuisesti ympäristön kannalta vastuullista metsänhoitoa, jolla turvataan metsien monimuotoisuutta, terveyttä ja kasvua. FSC ei hyväksy suurimittaisia hakkuita, kuten avohakkuita, ja järjestö toimii yhteistyökumppaneidensa kanssa maailmanlaajuisesti varmistaakseen, että metsien ekosysteemit säilyvät vahingoittumattomina hakkuiden jälkeen. [3, s. 42, 51–52; 4, s. 15; 8; 22, s. 47, 59; 27, s. 272–273, 276; 28; 29; 37, s. 123–124.]

Paperin kulutus ei ole vähentynyt digitalisaation myötä. Paperituotteiden käyttö jatkaa kasvuaan alhaisen tulotason maissa, jotka ovat perinteisesti käyttäneet paljon vähemmän paperia kuin kehittynyt maailma. Massan ja paperin valmistukseen tarvitaan suuria määriä vettä ja energiaa. Paperiteollisuus onkin yksi maailman suurimmista teollisista energiankäyttäjistä. Suurin osa energiasta tuotetaan uusiutumattomista fossiilisista

raaka-aineista, kuten kivihiilestä, öljystä ja maakaasusta. Ilmanpäästöt syntyvätkin pääasiassa tarvittavan energian tuotannosta eikä itse massan ja paperin valmistuksesta. Paperiteollisuus on globaalisti merkittävä hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja. Sähköä kuluu erityisen paljon mekaanisen massan valmistuksessa. Mekaanista massaa tehdään joko hiertämällä tai hiomalla puuta, ja puun kuitujen irrottamisessa käytetään lämpöä ja höyryä. Fossiilisia polttoaineita korvataan yhä enemmän uusiutuvilla energianlähteillä ilmastonmuutoksen torjumiseksi. [3, s. 42, 51–52; 4, s. 15; 8; 22, s. 47, 59; 27, s. 272–273, 276; 28; 29; 37, s. 123–124.]

Selluteollisuus on energiaomavaraista, koska sellunvalmistuksen sivutuotteita voidaan hyödyntää energiantuotannossa. Valmistusprosessissa poltetaan osa puusta (mustaliipeä ja kuoripuu), mikä tuottaa lämpöenergiaa. Suomessa monet kemiallisen sellun valmistajat pystyvät tuottamaan kaiken energiansa puusta, jolloin hiilidioksidipäästöjä ei synny lainkaan. Tulevaisuudessa sellun- ja paperinvalmistuksen energiankäyttöä voidaan edelleen vähentää tehokkaalla energiankulutuksen seurannalla ja koneinvestoinneilla. Paperitehtaat saattavat tuottaa haitallisia päästöjä niin vesistöihin kuin ilmaan ja synnyttää kiinteää jätettä. Sellun- ja paperinvalmistuksessa syntyy kasvihuonekaasupäästöjä fossiilisista polttoaineista (hiilidioksidi- ja metaanipäästöt), vesistöjä rehevöittäviä fosforipäästöjä, happea kuluttavia vesistöjä klooriyhdisteistä (dioksiinit ja orgaaniset materiaalit) ja ilman kautta leviäviä vesistöjä happamoittavia päästöjä (rikkidioksidi ja typpi). [3, s. 51–52; 8.]

Kasvihuonekaasupäästöt kiihdyttävät ilmastonmuutosta, ja osa päästöistä on pistemäisiä, eli ne vaikuttavat haitallisesti tehtaiden lähiympäristöön ja paikallisten asukkaiden elinolosuhteisiin. Paperitehtaiden välillä on maailmanlaajuisesti suuria eroja, ja päästö- onnettomuuksia sattuu edelleen, vaikka uusi sellun- ja paperivalmistuksen tekniikka on asteittain vähentänyt useiden tehtaiden päästöjä. Suomen massa- ja paperiteollisuuden päästöt ovat pienentyneet huomattavasti viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana. Ilmaan päässeet typpioksidit ovat vähentyneet 25 %, rikki 85 %, hiukkaset 85 % ja fossiilinen hiilidioksidi 44 % tuotettua tonnia kohden vuoden 1992 tasoon verrattuna. Myös kaatopaikkajätteen määrä on vähentynyt 85 % ja prosessiveden käyttö 50 % tuotettua tonnia kohden. [3, s. 51–52; 8.]

Vastuulliseen sellun- ja paperinvalmistukseen kuuluu jatkuva tehdaspäästöjen seuranta ja päästöjen aiheuttamien ympäristövaikutusten vähentäminen. Useat paperinvalmistajat käyttävätkin riippumattoman kolmannen osapuolen todentamaa ympäristönhallinta-

järjestelmää, kuten ISO 14001 tai EMAS, työnsä lähtökohtana. Järjestelmien avulla pystytään erottamaan tuottajat, jotka ovat tunnistaneet omat heikkoutensa ja sitoutuneet puuttumaan näihin epäkohtiin. Paperinvalmistajat, jotka ovat sitoutuneet ympäristöasioihin, toimivat läpinäkyvästi ja tiedottavat yritysraporteissaan ympäristötoimistaan. Hyvä yritysraportti esittää paperinvalmistuksen aiheuttamat päästöt selkeästi ja vertailukelpoisesti ja tuo esille ympäristöpäästöjä koskevat tavoitteet ja niissä edistymisen. Yritysraportissa tulee kuvata myös muita yrityksen toiminnan osa-alueita, kuten työturvallisuusasioita, kuljetuksia ja vuorovaikutusta paikallisten asukkaiden kanssa. Paperin tuotannon jokaisessa vaiheessa on mahdollisuus minimoida tai eliminoida ympäristövaikutuksia. [3, s. 51–52; 8; 22, s. 59.]

Massanvalmistuksen jälkeen kuidut pestään epäpuhtauksien ja ligniinin poistamiseksi. Tämän jälkeen massa valkaistaan useita kertoja, jotta saavutetaan valkoisen paperin vaadittu kirkkaus. Sellun valkaisu kloorilla tai klooripohjaisilla kemikaaleilla aiheuttaa myrkyllisiä orgaanisia klooriyhdistepäästöjä tehtaiden jätevesiin. Noin 20 % kaikesta valmistetusta valkaistusta kemiallisesta sellusta valkaistaan edelleen haitallisella alkuainekloorilla. Syntyviä päästöjä kuvataan kirjainyhdistelmällä AOX (Adsorbable Organic Halogenated Compounds), ja ne saattavat sisältää pitkävaikutteisia ja hyvin myrkyllisiä karsinogeenisiä eli syöpää aiheuttavia dioksiineja. [8; 22, s. 61.]

Ensisijaisesti kannattaa valita kokonaan valkaisemattomia papereita, jotka täyttävät paperille asetetut tekniset vaatimukset. Jos valkaisematon paperi ei täytä vaatimuksia, paperitoimittajalta kannattaa pyytää paperivaihtoehto, joka on valkaistu ilman klooria tai klooriyhdisteitä. Tällaisia papereita kutsutaan nimellä TCF (Totally Chlorine Free), jos ne on valmistettu neitseellisistä kuiduista, ja PCF (Processed Chlorine Free), jos ne on valmistettu kierrätyskuidusta. Niiden valkaisussa käytetään happea, otsonia tai vetyperoksidia, joten prosessista ei synny AOX- tai dioksiinipäästöjä. [8; 22, s. 61.]

Jos TCF- tai PCF-paperia ei ole saatavilla, seuraavaksi paras vaihtoehto on käyttää klooridioksiinilla valkaistua ECF-paperia (Elemental Chlorine Free). Klooridioksiinin käyttö alkuainekloorin sijaan vähentää useiden haitallisten kemikaalien muodostumista, mutta joistakin ECF-prosesseista vapautuu silti merkittäviä määriä klooriyhdisteitä. ECF-paperia käytettäessä kannattaa varmistaa vertailemalla, että AOX-päästöt ovat mahdollisimman pienet. On myös hyvä tiedostaa, että jotkut paperinvalmistajat ja -myyjät käyttävät harhaanjohtavasti ECF-paperista nimeä kloorivapaa, vaikka ECF-paperin valkaisussa on käytetty klooriyhdisteitä. Suunnittelijoiden, jotka ovat huolissaan paperin valkaisun

ympäristövaikutuksista, pitäisi etsiä paperituotteita, jotka ovat kloorittomia tai klooridioksidittomia tai käyttää paperia, joka ei ole niin valkoista. [8; 22, s. 61.]

Elinkaarianalyysien ja ekotasetutkimusten perusteella paperinvalmistuksen suurimmat ympäristöongelmat ovat

- vanhojen metsien monimuotoisuuden säilyminen
- talousmetsien hoidon saaminen ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväksi
- energiantuotannon hiilidioksidipäästöt
- tuotannon saaminen ekotehokkaaksi
- päästöt vesistöihin [3, s. 52].

Paperinvalmistuksen ympäristövaikutuksia voidaan vähentää seuraavin keinoin:

- kehittämällä ja tehostamalla metsien suojelua
- hoitamalla talousmetsiä niin, että ne voidaan sertifioida
- kehittämällä uusia aiempaa ekologisempia menetelmiä talousmetsien hoitoon
- kehittämällä uusia aiempaa ekologisempia hakkuumenetelmiä
- suosimalla uusiutuvia energianlähteitä ja maakaasua energiantuotannossa
- sähkön ja lämmön yhteistuotannolla
- tehostamalla jätevesien käsittelyä edelleen tehdasprosessien suljettuja kiertoja kehittämällä
- kehittämällä uusia entistä ekotehokkaampia prosesseja ja ekologisia tuotteita [3, s. 52].

### 3.2.2 Painamisen ympäristövaikutukset

Vuonna 2010 graafisen alan yritykset käyttivät Suomessa painopaperia yhteensä noin 512 000 tonnia. Se vastaa noin 2,2–2,8 miljoonaa puukuutiometriä. Metsää kaadettiin tätä varten arviolta noin 10 000 hehtaarin alueelta. Suomalainen kuluttaa vuodessa keskimäärin noin 230–240 kiloa paperia ja kartonkia. Tähän kuluu puuta arviolta noin 200 kiloa. Yhtä valmista tuotetonna kohden painamisessa tarvitaan paperia keskimäärin

1,1–1,5 tonnia. Paperitarve on pienimmillään sanomalehtien tuotannossa ja suurimmillaan kirjojen tuotannossa. Tarve riippuu tuotteen rakenteesta, painosmäärästä ja käytetystä painotekniikasta. Graafinen ala käytti vuonna 2010 erilaisia painovärejä yhteensä 10,7 miljoonaa kiloa. Yhtä paperitonnia kohden painovärejä kuluu keskimäärin 18–20 kiloa. Painoväriin osuus valmiin painotuotteen kokonaispainosta on alle kaksi prosenttia. Painoväriin kulutus on vähentynyt merkittävästi aikakauslehti-, kirja- ja mainospainotuotepainoissa. Painovärien tarvetta ja hukkapaperin määrää ovat vähentäneet tietokonepohjaiset värienhallintaohjelmat. [3, s. 52–53.]

Graafinen teollisuus tuottaa Tilastokeskuksen selvityksen mukaan vain vähän jäteaineita Suomessa. Teollisuuden kokonaisjätelmäärästä sen osuus on alle prosentin. Suurin osa painoprosessissa syntyvistä jätteistä voidaan kierrättää, ja ympäristöasiansa hyvin hoidaneen painon jätteiden kokonaismäärästä kaatopaikalle menevää jätettä syntyy alle prosentti. Nykyisin lähes 99 prosenttia jätteestä menee hyötykäyttöön. Alan parhaista tuotantolaitoksista kaatopaikoille viedään vain ruokajätteitä. Syntyvän jätteen määrä riippuu tuotteen raaka-aineesta ja valmistustekniikasta. Sekajätteeseen menee välillä paperia, jota ei voida kierrättää tai polttaa. Näitä ovat esimerkiksi metalloidut etiketit ja pakkauspaperit, joissa on ohut kerros alumiinia. Merkittävin graafisen alan tuottama jäte on paperi. [3, s. 54–55; 5, s. 29, 34.]

Ajan ja rahan säästämiseksi hylkypaperin määrää on pyritty vähentämään. Esimerkiksi aloitushylyn määrää saadaan vähennettyä painokoneen automaatiota parantamalla. Jätteen talteenotto ja kierrätys on järjestetty painotaloissa hyvin, eikä paperia juurikaan kuljeteta kaatopaikoille. Hylkypaperi voidaan useimmissa tapauksissa myös polttaa ja siitä syntyvä energia ottaa talteen, mikä vähentää sen elinkaaren energiatasetta. Aluminiinisten painolevyjen talteenotto ja kierrätys toimii myös tehokkaasti. Jätteiden hyödyntäminen on mahdollista, kun ne lajitellaan tehokkaasti syntypaikalla. Se on myös monen jätelajin, kuten paperin, pahvin ja alumiinin, osalta taloudellisesti kannattavaa. [3, s. 54–55; 5, s. 29, 34.]

Jätelain mukaan tuotantolaitosten tulee pyrkiä ensisijaisesti jätteiden määrän vähentämiseen, koska materiaalien käytön minimointi säästää luonnonvaroja ja pienentää ympäristökuormitusta. Jätelain mukaan toissijainen tavoite on syntyvän jätteen hyödyntäminen ja kierrätys, ja vasta kolmas vaihtoehto on jätteiden asianmukainen loppukäsittely, kuten poltto tai kaatopaikalle sijoittaminen. Jos jätteitä poltetaan, on käytettävä uusinta tekniikkaa ja savukaasut on puhdistettava. Eloperäinen jäte tulisi kompostoida. [3, s. 54–55; 5, s. 29, 34.]



Paperi, painovärit ja alumiiniset painolevyt eivät ole ainoa jäte, jota painossa syntyy, vaan niiden lisäksi jätettä ovat myös levyn valmistuksessa käytetyt kemikaalit, liuottimet, pinta-aktiiviset aineet, jätevesi ja liimat, jotka täytyy hävittää turvallisesti. Painoprosessissa muodostuu pääasiassa kahdenlaista myrkyllistä jätettä, painokoneen puhdistuksessa käytettyä liuotinta, joko nestemäisenä tai käytettyihin rätteihin imeytyneenä, ja jäljelle jäävää painoväriä, jota ei voi enää käyttää. [3, s. 55; 5, s. 28–29, 31; 22, s. 73.]

Vaarallisen jätteen käsittelyyn valtuutettu yritys huolehtii jätteen keräyksestä, kuljetuksesta, käsittelystä ja kierrätyksestä. Painoissa syntyy ongelmajätteitä noin 2–10 kiloa tuotetonna kohden. Se on alle prosentti koko alan tuotantomäärästä ja vähemmän kuin viisi prosenttia syntyvän jäte- ja jäteraaka-aineen määrästä. Vaarallisia ongelmajätteitä ovat ympäristöministeriön päätöksen mukaan muun muassa kaikki käytöstä poistetut kemikaalit, vaarallisten aineiden jäämiä sisältävät pakkaukset ja valokuvakemikaalijätteet. Kaikki vaaralliset jätteet on toimitettava jätelain mukaisesti erilliseen käsittelyyn. [3, s. 55; 5, s. 28–29, 31; 22, s. 73.]

Ylijäämäpainovärit on otettava talteen. Ne toimitetaan ongelmajätelaitokselle tai kierrätetään uusiokäyttöön suodattamalla ja sekoittamalla ne väritehtaalla mustan painoväriin joukkoon. Tuotetonna kohden syntyy painovärijätettä enää noin 100–400 grammaa. Painoväritankit ovat nykyisin uudelleentäytettäviä. Pesurätit voidaan toimittaa pesulaan, joka pesee ne ja poistaa niistä liuottimet. Osa painoista käyttää kertakäyttöisiä kuituliinoja. [3, s. 55; 5, s. 28–29, 31; 22, s. 73.]

Tietokonepohjainen sivunvalmistus on vähentänyt myös ongelmajätteiden syntyä merkittävästi. Teknisen kehityksen myötä kemikaalien sekä valoherkkien filmien ja papereiden käyttö on loppunut. Täysin sähköinen sivunvalmistus säästää ympäristöä merkittävästi. Jätteestä on tullut tärkeä asia painajille, koska jätteenkäsittelyn kustannukset ovat nousseet. Painajat valvovat materiaalinkulutustaan ja jätteen prosentuaalista osuutta, koska se on merkittävä kustannustekijä. Materiaalikululla on usein merkittävä osuus tuotantokustannuksissa, joskus jopa 70 %. [3, s. 55; 5, s. 28–29, 31; 22, s. 73.]

Painovärit koostuvat sideaineista, liuottimista, pigmenteistä ja lisäaineista. Pigmentin tehtävänä on tuottaa kuva ja haluttu värivaikutelma. Sideaine sitoo pigmentin painoalustaan ja liuotin muuttaa värin juoksevaksi, mikä mahdollistaa värin siirtämisen painopin- nalle. Painovärien koostumus riippuu käytettävästä painomenetelmästä. Kaikissa paino-

väreissä käytetään yleisesti samoja, etupäässä orgaanisia pigmenttejä värisävyn antajina. Kuvassa 9 esitellään perinteisten painovärien tyypillisiä koostumuksia. Offsetvärit ovat korkeaviskoosisia ja tahmeita, ja niiden pigmenttipitoisuus on korkea. [20; 22, s. 70.]

Offsetmenetelmä perustuu öljypohjaisiin painoväreihin, joiden on myös emulgoitava sopiva määrä kostutusvettä toimiakseen moitteettomasti. Värit eivät sisällä nopeasti haihtuvia liuottimia, jotta ne eivät kuivuisi väriteloille. Heatset-painovärit kuivuvat liuotinkomponentin haihtuessa kuuman ilman vaikutuksesta, jolloin 85 % liuottimesta haihtuu lopuosan absorboituessa painoalustaan. Pigmenteissä on aiemmin ollut raskasmetalleja, mutta niiden käytöstä on luovuttu. Raskasmetalleja saattaa löytyä vielä joistakin erikoisväreistä hyvin pieninä määrinä epäpuhtauksia (alle 100 ppm). Pigmentti kiinnitetään painoalustaan sideaineella, jona käytetään hapettuvia kasviöljyjä ja alkydeja, modifioituja luonnon tai tekohartseja, nitroselluloosaa, polymeerejä tai reaktiivisia akrylaatteja. [20; 22, s. 70.]

Painoväriin koostumus	Offsetvärit			Muut värit		
	sanomalehti-%	arkki-%	heatset %	fleksopaino-%	syväpaino-%	seripaino-%
pigmentit	10 – 20	15 – 25	10 – 20	5 – 30	5 – 15	5 – 8
sideaineet	10 - 35	20 – 40	20 – 40	15 - 30	20 – 35	30 – 40
liuottimet	25 – 75	30 – 50	30 – 50	40 – 70	50 – 70	54 – 60
lisäaineet	0 - 5	0 - 5	0 – 6	0 - 8	0 - 5	1 - 2

Kuva 9. Perinteisten painovärien tyypillisiä koostumuksia [20].

Painotuotteessa käytetyn painoväriin määrä riippuu suunnittelusta ja musteen paperiin imeytymisestä. Tekstisivulla paperin pinnasta voi olla vain 5 % peittyneenä painoväriin, kun taas sivulla, jossa on suuri tumma valokuva, painoväriin peittävyys voi olla jopa 200 % (50 % jokaista osaväriä). Tasainen painovärikerros saavutetaan päällystettyyn paperiin yhdellä grammalla painoväriä/neliometri, päällystämättömään paperiin tarvitaan kaksi grammaa. Painoväriin valmistusprosessia ja kemiallisia yhdisteitä ei ole dokumentoitu yhtä hyvin kuin paperi. Elinkaariarviointi vuodelta 2004 korostaa biosidien, painovärien ja puhdistusaineiden ympäristö- ja toksikologisia vaikutuksia. Biosideja käytetään offsetprosessin kostutusvedessä lisäaineena, jonka avulla estetään mikrobien kasvu. [5, s. 28–29.]

Painossa tarvitaan verrattain paljon energiaa painokoneiden pyörittämiseen, painovärien kuivaukseen, savukaasujen polttoon, kiinteistön lämmitykseen, ilmanvaihtoon, valaistukseen ja paineilmaan. Noin puolet energiasta menee painoprosessiin ja noin puolet lämmitykseen. Tuotetonnin kohden energiaa kuluu painotalossa keskimäärin noin 0,5 MWh. Paperinvalmistuksessa energiaa kuluu tuotetonnin kohden noin 3–5 MWh. Painon energian kulutukseen vaikuttavat merkittävästi integroitumisaste, talotekniikka ja ilmanvaihtoratkaisut. Uudemmissa kiinteistöissä energiaa kuluu yleensä selvästi vähemmän kuin vanhoissa. Graafisella alalla on selkeitä säästökohteita energian kulutuksessa. Hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää muun muassa lämmön talteenoton ja ilmastointiautomaation avulla. Sähkönkulutusta voitaisiin vähentää esimerkiksi uuden ohjaustekniikan ja automaation avulla. [3, s. 53; 5, s. 28.]

Vuonna 2005 graafisen alan kasvihuonekaasupäästöt olivat noin 670 000 tonnia. Niin sanotun ENVIMAT-mallin mukaan paperi- ja painotuotteiden osuus koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli noin 0,5 %. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-päästöjä syntyy painossa pääasiassa painovärien kuivuessa ja pesunesteiden ja kostutusvesien orgaanisten yhdisteiden haihtuessa. Vuonna 2010 painojen osuus Suomen VOC-päästöistä oli vain muutaman prosentin suuruusluokkaa. Liikenteen palamattomista polttoainejäämistä syntyy suurin osa maamme VOC-päästöistä. [3, s. 53–54; 5, s. 27–28, 29–30; 20.]

Käyttämällä mahdollisimman vähän haihtuvia liuottimia sisältäviä painovärejä ja pesunesteitä voidaan vähentää VOC-päästöjä. Isopropanolin käytölle on vaihtoehtoja, mutta ne vaativat prosessin säätöä ja työtapojen muuttamista. Heatset-painoissa haihtuvista liuottimista päästään lähes kokonaan eroon jälkipolttimilla. Täydellisessä palamisessa VOC-yhdisteet hajoavat vesihöyryksi ja hiilidioksidiksi. Palamisessa syntyvä hiilimonoksidi puolestaan kertoo epätäydellisestä palamisesta. [3, s. 53–54; 5, s. 27–28, 29–30; 20.]

Kuivaajien ja jälkipoltinten synnyttämä lämpöenergia kannattaa ottaa talteen ja joko käyttää kiinteistön lämmittämiseen tai myydä eteenpäin. Uusissa heatset-rotatioissa jälkipoltin on integroitu kuivaajaan ja vanhojen painokoneiden poistokaasut voidaan puhdistaa ohjaamalla ne erilliseen jälkipoltinlaitteistoon. Integroidut jälkipolttimet ovat energiatehokkaita, ja niiden käyttövarmuus on hyvä. Erillisten jälkipolttimien ongelmana on ollut korkea energiankulutus, toiminnan epävarmuus ja mahdollisuus ohjata poistokaasut puhdistamattomina ulkoilmaan mahdollisten polttimen häiriötilanteiden aikana. Erillisten jälkipolttimien käyttövarmuutta voidaan parantaa järjestelmällisellä ennakkohuollolla ja

huoltotoimenpiteiden ajoittamisella painokoneiden seisokkeihin. Heatsset-painokoneen jälkipolttimen puhdistusasteen tulisi olla yli 95 prosenttia, jotta päästään VOC-asetuksen edellyttämiin puhdistustasoihin. [3, s. 53–54; 5, s. 27–28, 29–30; 20.]

Osa VOC-päästöistä, kuten painoväristä kuivaajassa haihtuvat kaasut, on paikallisia ja helposti hallittavissa. Osa, eli niin sanotut hajapäästöt, syntyvät hajallaan olevista lähteistä, ja niitä on usein erittäin vaikea hallita. Painoprosessin VOC-päästöt ovat peräisin pääasiassa kolmesta lähteestä. Monet painovärit kuivuvat liuottimen haihtuessa. Liuotinta sisältävät kaasut johdetaan kuivaajasta joko puhdistettavaksi tai poltettavaksi. Isopropanolia käytetään offset-prosessissa kostutusveden lisäaineena, ja suurin osa siitä haihtuu joko painokoneen sisällä tai sen lähellä. Liuottimia, joissa on eri haihtumisnopeuksia, käytetään painosalissa painokoneiden osien puhdistamisessa, ja ne tuottavat hajapäästöjä. [3, s. 53–54; 5, s. 27–28, 29–30; 20.]

Painotaloissa vettä kuluu ilmankostutukseen, pesuihin, kemikaalien laimennukseen, painolevyjen kostutukseen sekä talous- ja saniteettivesinä. Painossa käytetyt kemikaalit on tyypillisesti laimennettu runsaalla vedellä ja kemikaalien käyttömäärät jäävät usein vähäisiksi tuotetonnin kohden. Kemikaaleista syntyvän nestemäisen jätteen määrä on kymmenen viime vuoden aikana vähentynyt. Käytetyt pesunesteet ja liuottimet ovat ongelmajätettä, ja ne toimitetaan erilliseen käsittelyyn. Offsetpainoille on kehitetty pesunesteen tislauslaite, joka avulla käytetty pesuneste voidaan ottaa uudelleen käyttöön ja tarvittavan pesuaineen määrä vähenee. [3, s. 54; 5, s. 30–31; 20.]

Painotaloissa pesuaineiden tarkoituksena on helpottaa paperi- ja painovärikertymien sekä liiman, lakan ja voiteluöljyn mekaanista poistoa painokoneen useista eri osista. Painokoneen pestävissä osissa on useita eri materiaaleja, kuten erilaisia kumilaatuja (kumikangas ja -telat), terästä (puristussylinteri ja värilaite) ja pinnoitettua terästä (kostutusvesilaite ja painokoneen runko). Pesuaineen tulee sopia yhteen kaikkien näiden materiaalien kanssa. Pesu tehdään tavallisesti seisokkien ja työn vaihdon yhteydessä. Vedenkulutuksen vähentäminen on tulevaisuuden haaste graafisen alan yrityksille. Se edellyttää hyvää prosessisuunnittelua ja -hallintaa sekä hyvää tuotantotekniikkaa. Jotkin painoprosessissa käytetyistä kemikaaleista saattavat päätyä jäteveeteen. Näitä ovat esimerkiksi biosidit, joita käytetään kostutusvedessä, ja muut kemikaalit, joita läikkyvä vahingossa. [3, s. 54; 5, s. 30–31; 20.]

Painotuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa on mukana kuljetuksia. Puu haetaan metsästä paperitehtaalle, valmiit paperirullat kuljetetaan tehtaalta painotaloon, valmiit tuotteet painosta asiakkaille ja lopuksi jätepaperi täytyy kerätä ja kuljettaa kierrätyslaitokseen tai kaatopaikalle. Osa raaka-aineista hankitaan maailmanlaajuisesti, ja nykyään graafisten materiaalien tuotanto on keskitetty ja tuotantolaitoksia on vain rajallinen määrä. Kuljetukset kuormittavat ympäristöä tuottamalla hiilidioksidi- ja VOC-päästöjä sekä typen oksidipäästöjä ilmaan. [3, s. 54; 5, s. 31.]

Elinkaarianalyysien ja ekotaselaskelmien mukaan painotuotteiden valmistuksen suurimpia ympäristöongelmia ovat

- verrattain suuri raakaveden tarve
- liuottimet ja pesunesteiden kulutus
- hylkypaperin (painettu makulatuuri) määrä
- verrattain suuri energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt [3, s. 55].

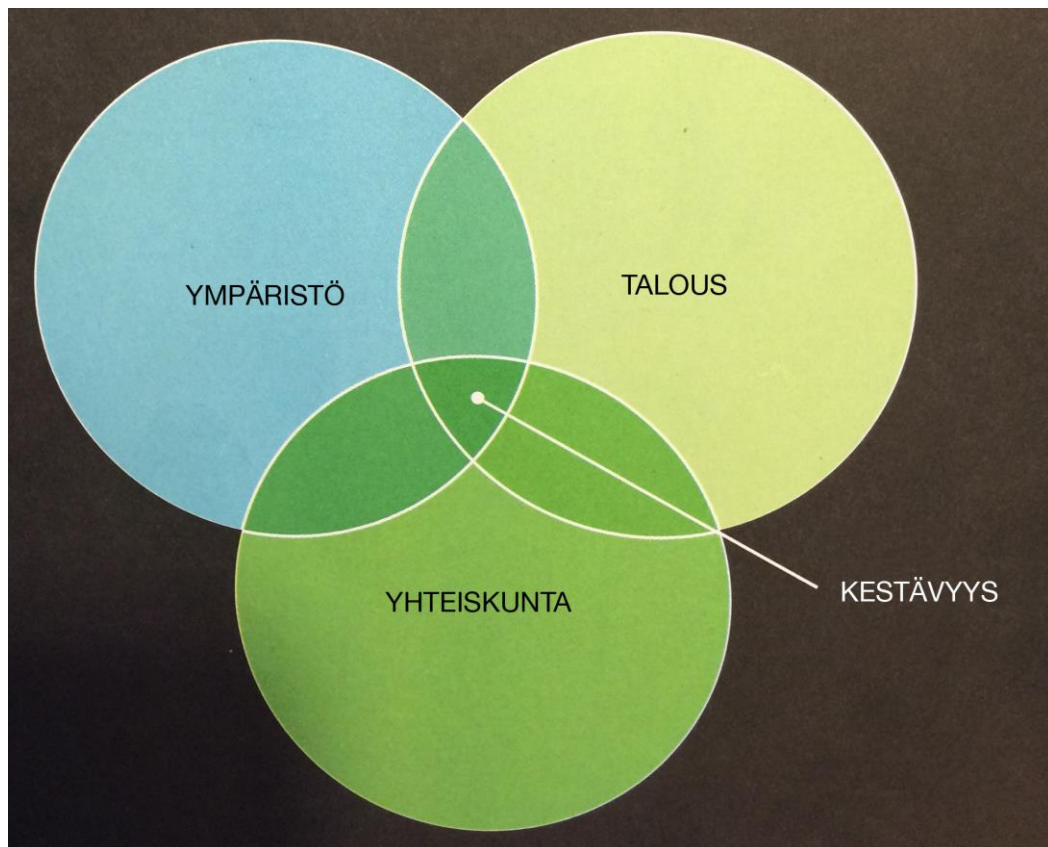
Painotuotteiden valmistuksen ympäristövaikutuksia voidaan vähentää

- käyttämällä uusiutuvia energiamuotoja
- panostamalla energiansäästöön ja tuotannon ekotehokkuuteen
- vähentämällä materiaalien ja raakaveden käyttöä
- uusilla lämmön talteenottojärjestelmillä
- käyttämällä ympäristöä vähemmän kuormittavia materiaaleja, esimerkiksi kasviöljypohjaisia pesunesteitä ja isopropanolin korvikkeita
- pyrkimällä vähäkemikaaliseen tai kokonaan kemikaalittomaan painamiseen
- automaatiolla ja säätämällä prosessit kuntoon
- kehittämällä uusia talteenottojärjestelmiä ja puhdistusmenetelmiä, erityisesti haihtuville liuottimille ja kemikaaleille
- painamalla tarpeen mukaan (POD)
- integroimalla paperinen ja sähköinen viestintä [3, s. 55].

## 4 Ympäristövastuullinen painoprosessi

### 4.1 Kestävä suunnittelu

Kestävän suunnittelun lähtökohtana on tasapainoinen luonnonvarojen sekä sosiaalisen ja taloudellisen pääoman käyttö maapallon terveyden ja tulevien sukupolvien turvaamiseksi. Kuvassa 10 kuvataan tätä eri tekijöiden yhteyttä. Suunnittelijoiden kannattaisi aloittaa kestävien toimintamallien omaksuminen mahdollisuuksiensa mukaan. Kestävässä suunnittelussa ympäristönäkökohdat otetaan olennaiseksi osaksi tuotesuunnittelua. Siinä huomioidaan tuotteen koko elinkaari aina raaka-aineista tuotantoon, käyttöön ja lopulta jätteeksi. Tuotteet aiheuttavat jokaisessa elinkaarensa vaiheessa ympäristöhaittoja, joiden määrään ja laatuun voidaan vaikuttaa suunnittelulla. [22, s. 12; 38.]



Kuva 10. Eri tekijöiden yhteys kestävässä suunnittelussa [22, s. 12].

Tuotteen suunnittelu määrittää pääosan tuotteen elinkaaren aikana syntyvistä päätöistä, joten kestävä suunnittelu on tehokkain tapa tuotteiden ympäristövaikutuksien vähentämiseen. Tämä on ymmärretty myös Euroopan unionin tasolla, jossa tuotelähtöinen

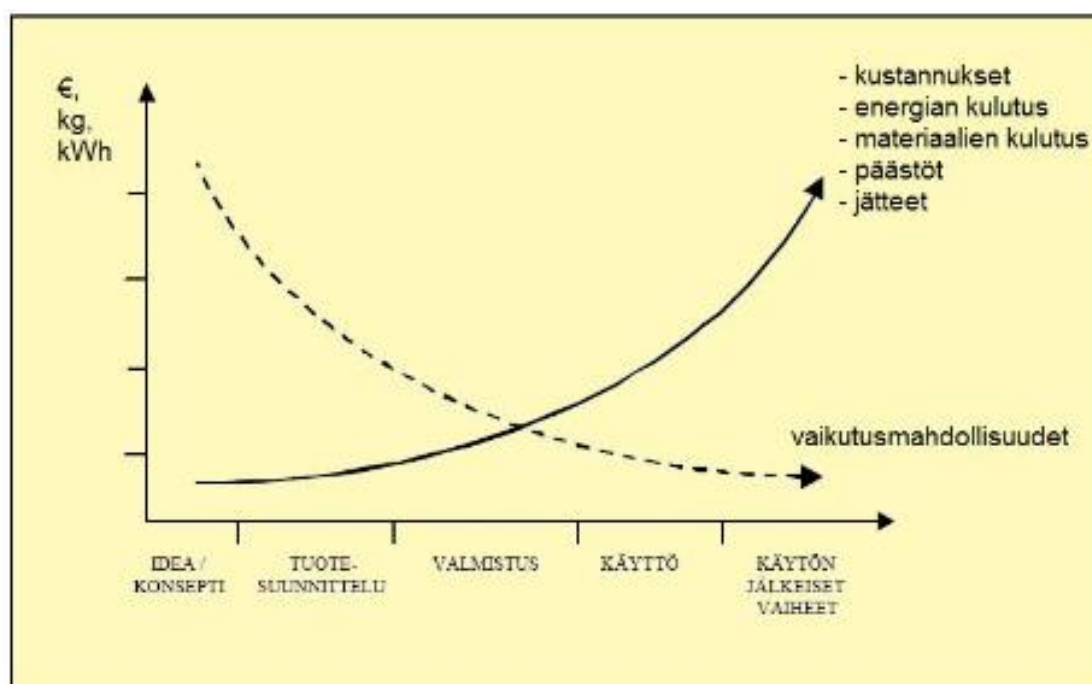
ympäristöpolitiikka on noussut vahvasti esiin viime vuosina. EU:n ympäristölainsäädännössä aiotaan myös tulevaisuudessa kasvattaa ekologisen suunnittelun roolia. Kestävän suunnittelun tavoitteita ovat materiaali- ja energiatehokkuus, kierrätettävyys, käyttöiän optimointi, korjattavuus ja ympäristölle haitallisten aineiden käytön minimointi. Joskus nämä tavoitteet voivat olla ristiriidassa keskenään. Silloin on arvioitava, millä on merkittävin vaikutus ympäristöön. Euroopan komission raportissa *Environmental Impact of Products* on koottu yhteen useiden eri tutkimusten tuloksia tuotteiden elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Materiaalien käytön kannalta tutkimuksissa nousi esiin erityisesti kaksi ryhmää: rakennukset ja autot. Niiden lisäksi sähkö- ja elektroniikkalaitteet, pakkaukset, ruoka ja lämmitys mainittiin paljon luonnonvaroja kuluttavina tuoteryhminä. Kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat eniten lämmitys, liikenne ja ruoka. Materiaalitehokkuus ei korreloi suoraan kasvihuonekaasupäästöjen kanssa, ja siksi eri tuotteiden materiaalitehokkuuden vaikutuksia päästöihin on osittain vaikea vertailla. [38.]

Tuotteiden elinkaarta voidaan pidentää suunnittelemalla tuotteet kestäviksi ja korjauskelpoisiksi. Näin myös luonnonvarojen käyttö vähenee. Tällä on pitkällä aikavälillä suurin vaikutus tuotteiden materiaalitehokkuuteen. Yrityksissä materiaalitehokkuuden edistäminen keskittyy yleensä tuotantovaiheeseen, jossa energiaa ja materiaaleja säästämällä myös tuotannon kustannukset alenevat. Tuotteen elinkaaren pidentämistä ei välttämättä pidetä lisäarvoa tuovana liiketoimintana. Yrityksen talouden kannalta voi olla vain hyvä, että kuluttajan täytyy ostaa uusi tuote mahdollisimman usein. Tällaisen ympäristön kannalta epäsuotuisan kehityksen ehkäisemiseksi tarvitaan lainsäädäntöä. Tuotteiden materiaalitehokkuutta voidaan lisätä myös käyttämällä tuotteen valmistuksessa uusiutuvia tai kierrätettyjä materiaaleja. [38.]

Suunnitteluvaiheessa voidaan vertailla eri vaihtoehtoja ja valita ympäristön kannalta sopivin siten, että myös muut tuotteen vaatimukset, kuten turvallisuus, toiminnallisuus ja esteettisyys toteutuvat. Vertailussa voidaan käyttää apuna esimerkiksi materiaali- ja ekotehokkuuden mittariksi kehitettyä MIPS-menetelmää (*Material Input Per Service*). MIPS kuvaa tuotteen kokonaismateriaalikulutuksen ja sillä aikaan saadun hyödyn suhdetta. Myös tuotteen kierrätettävyydellä voidaan lisätä materiaalitehokkuutta, jos se vähentää luonnonvarojen käytön tarvetta. [38.]

Tuotteen elinkaariarviointi ja tuotteen suurimpien ympäristövaikutusten tunnistaminen sen avulla on kestävä suunnittelun lähtökohta. Tuotteelle voidaan asettaa tarkat ympäristötavoitteet sen mukaan, mikä on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja kannatta-

vaa. Kuvassa 11 esitellään, kuinka tuotteen ympäristövaikutuksiin voidaan vaikuttaa eniten tuotesuunnitteluvaiheessa. Elinkaariarviointi voidaan kohdentaa myös vain tiettyyn ympäristövaikutukseen, kuten kasvihuonekaasupäästöihin, jolloin suunnittelussa voidaan keskittyä niiden vähentämiseen. Kestävä suunnittelu on vaikeampaa kuin perinteinen niin sanotusti normaali suunnittelu. Suunnittelijan täytyy opetella uutta, ponnistella totuttua toimintamallia vastaan ja mahdollisesti kokeilla uusia asioita, joita kukaan ei ole yrityksessä aiemmin kokeillut. Esimiehellä tai asiakkaalla ei ole antaa valmiita vastauksia, eivätkä he välttämättä arvosta suunnittelijan saavutusta. Kestävä suunnittelu, kuten minkä tahansa syvälle juurtuneen toimintamallin muuttaminen, on haastavaa. [37, s. 18; 38.]

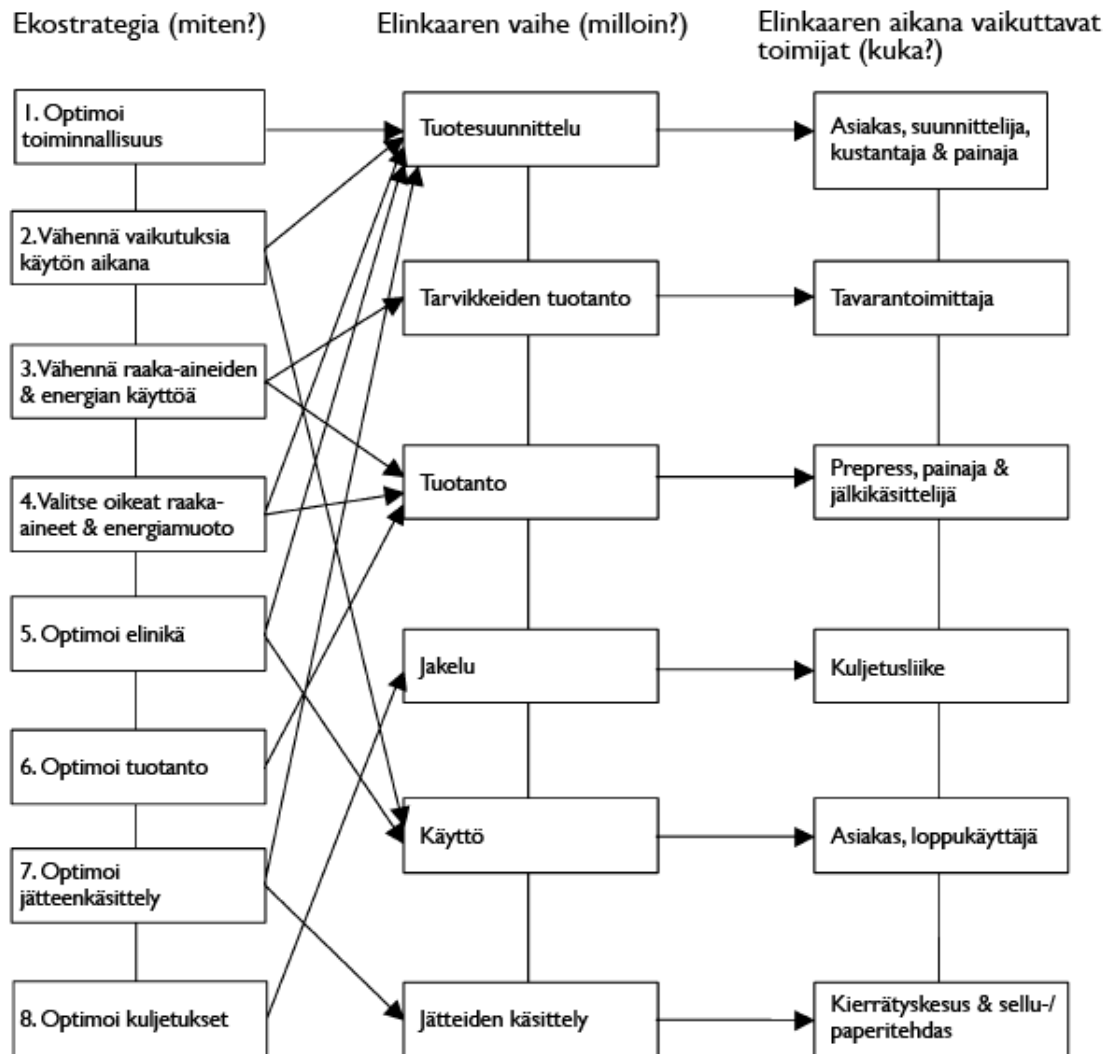


Kuva 11. Ympäristövaikutusten ja vaikutusmahdollisuuksien kehitys tuotteen elinkaaren aikana [38].

#### 4.2 Painotuotteiden kestävä suunnittelu

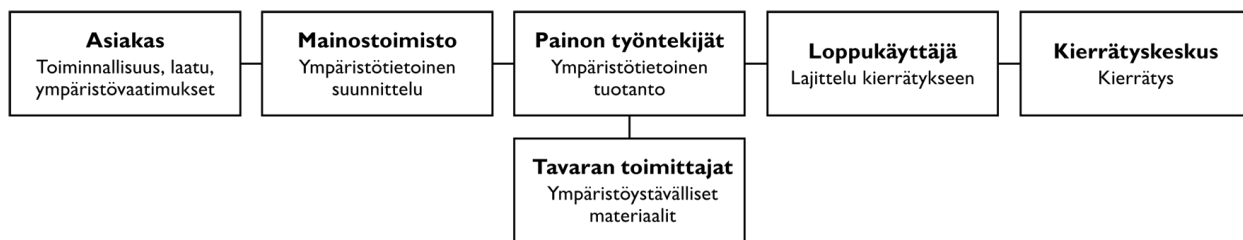
Kestävän suunnittelun pohjana käytetään tiettyjä strategioita. Näitä strategioita voidaan pitää nyrkkisääntöinä, joiden avulla tuotteen ympäristövaikutuksia voidaan vähentää, ja ne tulisivat ottaa huomioon tuotteen jokaisessa elinkaaren vaiheessa. Kuvassa 12 näitä strategioita sovelletaan graafiseen alaan. Painotuotteen elinkaari voidaan jakaa useisiin vaiheisiin, ja useat eri toimijat vaikuttavat niihin. [39, s. 83.]





Kuva 12. Kestävän suunnittelun strategiat ja yleisimmät painotuotteen elinkaaren vaiheet sekä niihin vaikuttavat toimijat [39, s. 84].

Painotuotteet tehdään yhteistyössä asiakkaiden, suunnittelijoiden ja painolaitoksen kesken. Yhteistyö eri toimijoiden välillä tuotantoketjun kaikissa vaiheissa on olennainen osa onnistunutta kestävästä suunnittelusta. [39, s. 84.] Kuvassa 13 esitellään kestävästä suunnittelusta mukainen tuotantoketju.



Kuva 13. Kestävän suunnittelun mukainen tuotantoketju [39, s. 85].

Painotuotteen kestävä suunnittelu voidaan jakaa kahteen osaan, ympäristötietoiseen suunnitteluun ja ympäristötietoiseen tuotantoon. Ympäristötietoinen suunnittelu on tuotekohtaista suunnittelua, jossa yhdistyvät painotuotteen ulkoasun suunnittelu, originaalien tuotanto, kuvankäsittely ja materiaalivalinnat, esimerkiksi paperi, jota käytetään, painovärit ja painomenetelmä. Ympäristötietoiseen suunnittelun tulisi olla jatkuva prosessi. Ympäristötietoinen tuotanto taas on laitteistokohtaista optimoitua tuotantoa. Se on kehittyneen teknologian käytön, kemikaalien ja muiden materiaalien ympäristöystävällisillä vaihtoehdoilla korvaamisen sekä energiankulutuksen vähentämisen tulos. Tuotanto pitää sisällään prepress-vaiheen, painamisen ja jälkikäsittelyn. [39, s. 85.]

Jotta painotyö voidaan määritellä tavalla, joka on hyödyllistä ympäristötyölle, tarvitaan useita parametrejä. Ne ovat erittäin tärkeitä tuotteiden ympäristövaikutusten mittaamisessa, arvioinnissa ja kehittämisessä. Tärkeimmät parametrit painotuotteiden määrittelyyn ovat

- tuotteen tyyppi
- kansi
- painosmäärä
- formaatti
- sivumäärä
- paperin grammapaino. [39, s. 86.]

#### 4.3 Kierrätyskuiduista valmistettu paperi

Paperinkulutuksen ympäristövaikutuksia voidaan vähentää käyttämällä kierrätyskuidusta valmistettua paperia. Keräyspaperista saatavia puukuituja voidaan hyödyntää

paperin tuotannossa 4–5 kertaa, ennen kuin kuidut ovat liian kuluneita sitoutumaan toisiinsa. Kun paperi käy läpi useita siistaus- ja uudelleenvalmistusprosesseja, luonnolliset kuidut alkavat hajota, ja lopulta ne tulevat niin lyhyiksi, ettei niitä voi enää käyttää paperin valmistuksessa. Mitä useammin kuituja on käytetty uudelleen, sitä huonompilaatuista paperia niistä voidaan valmistaa ja sitä enemmän neitsytkuitua pitää lisätä, jotta kierrätysmateriaalin huono laatu saadaan tasattua. Sanomalehtipaperia ja pahvia voidaan valmistaa huonompilaatusistakin materiaaleista, ja niihin soveltuu erinomaisesti materiaali, joka sisältää paljon kierrätyskuituja. [8; 37, s. 36–38, 85, 136.]

Kierrätyskuiduista valmistettavan paperin tuotanto ei vaadi läheskään niin paljon energiaa, kemikaaleja ja vettä kuin neitseellisestä kuidusta valmistettavan paperin tuotanto. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto arvioi, että kierrätyskuidusta valmistettavan paperin tuotanto vaatii 64 % vähemmän energiaa kuin neitsytkuidusta valmistettavan. Kierrätyskuidun käyttö ei yleensä aiheuta yhtä paljon päästöjäkään kuin neitseellisen kuidun käyttö. Kierrätyskuidusta valmistetun paperin käytöllä tuetaan myös paperin keräys- ja kierrätysjärjestelmien käyttöä. Niiden avulla uudelleenkäyttöön sopivat paperimateriaalit eivät päädy kaatopaikoille tai poltettavaksi. [8; 37, s. 36–38, 85, 136.]

Kaikkia paperilaatuja ei pystytä valmistamaan kierrätyskuiduista, eikä paperia voi kierrättää loputtomiin. Tämän takia paperin valmistuksessa tarvitaan myös neitseellistä kuitua. Paperia ostettaessa tulisi varmistaa, että sen kuidut ovat peräisin vastuullisesti hoidetuista metsistä. Helpointa on ostaa paperia, joka on sertifioitu luotettavasti. Painotuotteesta saa ympäristöystävällisemmän käyttämällä paperia, jossa on vähintään 50 % kierrätyskuitua. Toinen vaihtoehto on käyttää paperia, jossa on yhdistetty kierrätyskuitua ja kestävästi kaadetun metsän neitsytkuitua, esimerkiksi FSC-sertifioitua. [8; 37, s. 36–38, 85, 136.]

Kerätystä paperijätteestä valmistetun paperin laatu on kasvanut tasaisesti, ja nykyisin 100-prosenttisesti kierrätyskuidusta valmistettua paperia on mahdotonta erottaa paperista, joka on valmistettu neitsytkuidusta. Kierrätysmateriaalia sisältävän paperin kustannukset vaihtelevat, mutta 100-prosenttisesti kierrätyskuidusta valmistettu paperi voi olla jonkin verran kalliimpaa kuin vastaava neitsytkuidusta valmistettu tuote. Kierrätysmateriaalista valmistetun paperin hintaa kannattaa verrata ennemminkin kestävästi hoidetusta metsästä tuotetun paperin hintaan, esimerkiksi FSC-sertifioidusta. [37, s. 82.]

#### 4.4 Ekotehokkuus

Ekotehokkuus tarkoittaa toimintaa, jonka tavoitteena on tuottaa enemmän palvelua ja hyvinvointia vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella. Se on määritelty yksinkertaisesti yhtälöllä *ekotehokkuus = hyödyt : panokset*. Hyötyjä ovat hyvinvoinnin lisääntyminen, elämänlaadun paraneminen ja yritysten tuottavuuden kasvu sekä luonnonvarojen käytön ja ympäristöpäästöjen väheneminen. [3, s. 70, 91–92.]

Ekotehokkuutta voidaan pitää toimintatapana, jolla pyritään saamaan nykyiset tuotanto- ja kulutustavat ekologisesti kestäväälle pohjalle. Luonnonvaroja käytetään sitä tuottavammin, mitä pienempi tuotteeseen tai palveluun tarvittava materiaalipanous on. Ekotehokkuusajattelussa uutta on se, että ympäristönsuojelun toimenpiteet kohdistetaan päästöjen sijaan itse tuotantoprosessiin. Perinteisessä ympäristönsuojelussa toiminta tapahtuu tuotantoprosessien loppupäässä eli päästöjen puhdistamisessa ja jätteiden käsittelyssä. Ekotehokkuusajattelussa tarkastellaan panoksia eli raaka-aineita, energiaa ja luonnonvarojen käyttöä tuotteen koko elinkaaren aikana pelkkien tuotosten sijaan. [3, s. 70, 91–92.]

Ekotehokkuudessa prosessien hyvä hallinta ja säästö ovat keskeisessä asemassa. Hukan syntyä pyritään ehkäisemään parantamalla olemassa olevia tuotantoprosesseja ja tekniikoita sekä kehittämällä materiaalia säästäviä tuote- ja palvelukonsepteja. Ympäristöä säästävä ja ekotehokas toiminta vähentää tuotannon ja tuotteiden hiilijalanjälkeä. Mahdollisimman vähäisiin ainevirtoihin tähtäävät ekotehokkaat innovaatiot voivat merkitä aivan uusia tuotteita ja toimintatapoja. Tuotteista pyritään tekemään nykyistä kestävämpiä ja pitkäikäisempiä. Samalla myös huolto-, korjaus- ja päivytyspalveluita tulee kehittää. Kehittämällä vuokraus- ja lainaustoimintaa voidaan vähentää luonnonvarojen käyttöä. [3, s. 70, 91–92.]

Materiaalivirtoja tarkastellaan kehdosta hautaan. Luonnonvarojen käyttö ja niiden aiheuttamat ympäristöhaitat pyritään minimoimaan tuotteen koko elinkaaren ajan. Graafisella alalla ekotehokkuutta voidaan lisätä korvaamalla tuotteita palveluilla ja muuttamalla kulutustottumuksia. Parantamalla prosessiteollisuuden ekotehokkuutta uusimalla nykyistä laitekantaa ja järjestelmiä, syntyy arvioiden mukaan säästöjä vuosittain. Myös taajuusmuuttajien ja lämmön talteenottojärjestelmien avulla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Teollisuus kulutti vuonna 2010 noin puolet Suomessa käytettävästä kokonaisenergiasta. Metsäteollisuus kulutti teollisuuden tarvitsemasta energiasta noin kaksi kolmas-

osaa. Graafisen alan yrityksissä energian säästö on helpointa toteuttaa uusien investointien yhteydessä. Energiatehokkuutta voidaan lisätä myös niin sanotun ESCO-järjestelmän avulla. ESCO-hankkeissa ulkopuoliset energia-asiantuntijat toteuttavat palvelun tilanneessa yrityksessä toimenpiteitä ja investointeja energian säästämiseksi. Palvelun tarjoava ESCO-yritys vastaa energian käytön tehostumisesta. Itse palvelu maksetaan säästöillä, jotka syntyvät alentuneista energiakustannuksista. [3, s. 70, 91–92.]

Kestävän kehityksen saavuttaminen edellyttää ekotehokkuuden merkittävää lisäämistä. Materiaalien kulutuksen on vähennyttävä merkittävästi keskipitkällä aikavälillä. Tuotteiden muodon, ulkoasun, tuotantoprosessin, pakkauksien, jakeluprosessien, tuotteiden käytön ja käytöstä poiston tulee rasittaa ympäristöä mahdollisimman vähän. Uudelleenkäyttöä tulee suosia ennen materiaalien kierrätystä. Suunnittelulla ja oikeilla materiaali- valinnoilla on keskeinen merkitys kierrätyksen ja uusiokäytön kannalta. [3, s. 52–53, 92.]

Lisäämällä ekotehokkuutta luonnonvarojen käyttöä voidaan vähentää oleellisesti, tinkimättä loppupalvelun laadusta tai tuotetusta hyvinvoinnista. Ekotehokkuuden ja ympäristönsuojelun kannalta keskeistä ovat hyvä prosessinhallinta ja materiaalinkäsittely. Laadukas ja häiriötön tuotanto edistää myös työturvallisuutta. Painotuotteen ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta voidaan vähentää ulottamalla elinkaariajattelu tuotteiden ja tuotannon suunnitteluvaiheeseen. Hyvä suunnittelu auttaa vähentämään hävikkiä, valitsemaan oikean arkkikoon ja tarpeettomien ylipainosten välttämiseen. [3, s. 52–53, 92.]

#### 4.5 Hiilijalanjäljen pienentäminen

Keskimäärin noin puolet keskikokoisen ja suuren painon hiilijalanjäljestä syntyy sähköstä ja lämmityksestä, noin kolmasosa syntyy työntekijöiden työmatkaliikenteestä ja vajaa kolmannes painon tarvitsemista kuljetuksista. Lähivuosikymmeninä graafisen alan merkittävin ympäristöhaaste on hiilijalanjäljen pienentäminen. Energiatehokkuustoimenpiteillä voidaan saavuttaa jopa noin puolet tarvittavista päästövähennyksistä. Tehokkain tapa hiilijalanjäljen pienentämiseen on energian ja polttoaineiden kulutuksen vähentäminen painotuotteen koko elinkaaren ajalta. Sähkön ja lämmön tuotantoon kannattaa valita fossiilisten polttoaineiden sijaan uusiutuvia energiamuotoja, vesi- ja tuulivoimasähköä sekä bioenergiaa. Pelkästään tämä voi pienentää hiilijalanjäljen kokoa yli puolella. Myös raaka-aineiden käytön vähentäminen ja materiaalitehokkuus ovat tärkeitä asioita hiilijalanjäljen pienentämisessä. Tuotannon ekotehokkuus on nousemassa keskeiseen rooliin myös graafisen alan ympäristönsuojelussa ja hiilidioksidipäästöjen kuuriin saamisessa.

Painojen tulisi käyttää mahdollisimman ympäristöystävällistä tuotantotekniikkaa, ja hankintojen tulisi olla ekologisesti kestäviä. [3, s. 95.]

Hiilijalanjäljen pienentämisen tulisi alkaa heti tuotteen, materiaalien ja tuotantotavan suunnitteluvaiheessa. Tuotteiden ympäristövaikutuksia ja hiilipäästöjä voidaan tarkastella järjestelmällisesti elinkaariarvioinnin ja hiilijalanjälkilaskelmien avulla. Yrityksen oman toiminnan synnyttämän hiilijalanjäljen ja päästöjen tuntemus auttaa yrityksiä parantamaan energiatehokkuutta ja vähentämään päästöjä. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen tuo usein mukanaan myös säästöjä, esimerkiksi energian käyttö, raaka-aineiden kulutus ja kuljetukset tehostuvat jopa merkittävästi. [3, s. 95.]

Painotalo voi ostaa itsensä hiilineutraaliksi. Hiilineutraalisuus tarkoittaa sitä, että yritys tuottaa vain sen verran hiilidioksidipäästöjä, kuin niitä pystytään sitomaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yritys laskee ensin omat kasvihuonekaasupäästönsä, ryhtyy vähentämään niitä mahdollisimman paljon ja kompensoi jäljelle jäävät päästöt rahoittamalla hankkeita, jotka esimerkiksi lisäävät uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Kompensaatio voidaan tehdä myös esimerkiksi metsänistutusprojekteilla. Tärkeimmät keinot hiilineutraaliuden saavuttamiseen ovat kuitenkin organisaatioiden omat energiatehokkuuteen tähtäävät toimenpiteet ja investoinnit päästöjen alentamiseksi. Kompensaatiota voidaan lähtökohtaisesti käyttää täydentävänä keinona vain silloin, kun oman toiminnan tehokkuuden parantaminen ei riitä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Tällöin hiilijalanjälkeen ei lasketa raaka-aineiden valmistuksesta eikä tuotteen hävityksestä syntyneitä päästöjä. Liiketoiminta voi olla hiilineutraali, mutta tuote ei. Suomessa on muutamia hiilineutraaleja graafisen alan yrityksiä. Painotuotteen loppukäyttäjä voi vähentää ilmasto-vaikutuksia parantamalla lajittelua ja vähentämällä kaatopaikalle joutuvien painotuotteiden määrää. Painotuotteiden oikea paikka käytön jälkeen on kierrätys. [3, s. 95; 40.]

#### 4.6 Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT)

Laitosten päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. Sitä määritettäessä on huomioitava kaikki seikat, joilla on merkitystä toiminnan ympäristövaikutuksiin, tekniseen käyttökelpoisuuteen ja taloudellisuuteen. Paras käytettävissä oleva tekniikka arvioidaan tapauskohtaisesti kunkin toiminnan erityispiirteet huomioiden. Yrityksen oman ympäristösuorituskyvyn tunteminen on onnistuneen ja hyvin kohdennetun kehittämistoiminnan perusta. Suomen Ympäristökeskuksen raportissa [20] ”Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT,

Best Available Technology) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä” kerrotaan mahdollisuuksista liuottimien käytön vähentämiseksi painoprosessissa:

### 1. Vähennetään painokoneiden pesemisessä syntyviä hajapäästöjä

- käyttämällä rotaatiopainoissa korkeassa lämpötilassa kiehuvia pesuaineita tai pesuaineita, joiden leimahduspiste ylittää 55 °C
- varastoimalla liuotinta sisältävät pesuaineet ja -rätit sekä jätteet suljetuissa astioissa ja ohjaamalla pesuista kertyvät jätevedet asianmukaiseen käsittelyyn
- huomioimalla pesuaineita valittaessa niiden ominaisuudet sekä työterveyden että ympäristön kannalta ja muun muassa niiden liuotuskyky, haihtuvuus, teho ja vaikutus puhdistettaviin materiaaleihin. [4, s. 16; 20.]

### 2. Vähennetään isopropanolin käyttöä kostutusvedessä seuraavilla tekniikoilla:

- Säilytetään kostutusvesi jäähdytetyssä altaassa.
- Suodatetaan ja kierrätetään kostutusvesi.
- Käsitellään raakavesi tarvittaessa käänteisosmoosilla.
- Selvitetään isopropanolin korvaamismahdollisuudet ja mahdollisesti tarvittavat laiteratkaisut.
- Vältetään korkean otsonimuodostuspotentiaalinen korvikkeita.
- Optimoidaan isopropanolikonsentraatio konekohtaisesti.
- Mitataan ja säädetään automaattisesti isopropanolin konsentraatiota kostutusvedessä uusilla rotaatiopainokoneilla.
- Huolehditaan työntekijöiden kouluttamisesta isopropanolin käytön minimoinnin edellyttämiin työskentelytapoihin. [4, s. 16; 20.]

### 3. Puhdistetaan VOC-poistokaasut heatset-painoissa:

Poistokaasut käsitellään jälkipolttimella siten, että poistokaasuissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuus orgaanisena hiilenä ilmaistuna on alle 20 mgC/Nm<sup>3</sup>. Lisäksi huomioidaan energian käytön tehokkuus ja tarkkaillaan erillisten jälkipoltinten toimintaa. [4, s. 16; 20.]

## 4.7 Ympäristöystävällisempi heatset-offsetrotaatioprosessi

### 4.7.1 Kasviöljypohjaiset painovärit

Painovärien ympäristö- ja työsuojeluhaitat johtuvat niissä olevista liuottimista, jotka haihtuvat ilmaan värin kuivuesssa. Luopumalla liuottimia sisältävien painovärien käytöstä voidaan parhaiten vähentää painoväreistä syntyviä ympäristöpäästöjä. Käyttömenetelmiin, prosesseihin ja materiaaleihin vaikuttaminen on sekä ympäristövaikutuksiltaan että kustannuksiltaan edullisempaa kuin talteenotto- ja puhdistustekniikoiden käyttö. Painoväreistä syntyy myös jätettä. Painoväriasiat, joiden pohjalle jää värin tähteitä, käytetyt pyyhkeet ja pesuliuottimet ovat ongelmajätettä, jotka on toimitettava asianmukaiseen käsittelyyn. [3, s. 104.]

Painovärin mineraaliöljy voidaan korvata ympäristöä vähemmän kuluttavilla uusiutuvilla raaka-aineilla, kuten soija-, rypsi- ja mäntyöljyillä. Ympäristön kannalta kasviöljypohjaiset painovärit ovat perinteisiä painovärejä parempi vaihtoehto, mutta niiden heikkous on se, että raaka-aineita, kuten soijaa ja rypsiä, voitaisiin käyttää myös ravintoaineina. Heatset-painoille on kehitetty kasviöljypitoisia värejä, joiden liuotinpitoisuudet ovat 20–35 %. Väri syötetään nykyisin uusiin painokoneisiin automaattisesti kierrätettävistä tuubeista. Tämä pienentää värihukkaa ja jätteen määrää merkittävästi, kun painajat eivät enää joudu kaapimaan väriä peltipurkeista. Kasviöljypohjaiset värit ovat osoittautuneet siistausprosesseissa parhaiksi. Painovärejä voidaan myös kierrättää. Se onnistuu erityisen hyvin sanomalehtipainoissa. Tähteeksi jääneet sanomalehtivärit voidaan toimittaa tankeissa takaisin väritehtaalle, joka puhdistaa ja käyttää ne niin sanotun sanomalehtimustan valmistukseen. Puhdistettavaksi otetaan mineraali- ja kasviöljypohjaisia värejä. Jätevärin osuus uusiomustassa voi olla jopa 50 %. Sanomalehtirotaatioissa uusiomusta toimii jopa paremmin kuin perinteinen sanomalehtimusta, sillä jäteväri on hyvin pigmenttipitoista, koska se muodostuu etupäässä värillisistä painoväreistä. Uusiovärin käyttöönotto on testattava huolellisesti. Värinvaihto vaatii usein oman totuttelu- ja oppiaikansa sekä koeajoja. [3, s. 104–105; 4, s. 19–20.]

### 4.7.2 Isopropanolin korvaaminen painoprosessissa

Isopropanolin käyttöä voidaan vähentää laskemalla sen pitoisuutta kostutusvedessä tai korvaamalla se kokonaan toisilla pinta-aktiivisilla lisäaineilla, jotka sisältävät moniarvoisia alkoholeja ja polyoleja. Lisäaineiden pitoisuudet kostutusvedessä ovat yleensä pro-



sentin luokkaa tai vähemmän. Tarvittavan lisäaineen valintaan vaikuttaa myös käytetty painoväri. Jotkut korvaavat aineet saattavat aiheuttaa vakavia ympäristö- ja terveyshaittoja. Käyttöturvatiiedotteet onkin syytä tarkastaa, ennen kuin valitsee korvaavan aineen. Lisäaineiden otsoninmuodostuspotentiaali on myös syytä tarkastaa, sillä joidenkin aineiden otsoninmuodostuspotentiaali saattaa olla kymmenkertainen isopropanoliin verrattuna. Isopropanolin vähentäminen edellyttää usein työskentelytapojen muuttamista ja korvaavien lisäaineiden käyttöönottoa tai niiden vaihtamista sellaiseen, joka mahdollistaa painokoneen ajon pienemmällä isopropanolikonsentraatiolla. Käytännössä optimaalinen isopropanolikonsentraatio joudutaan aina testaamaan konekohtaisesti tuotanto-olosuhteissa. Korvaustekniikan käyttö vaatii yleensä huolellista koneiden säätöä ja tarkempaa prosessin hallintaa. Se on monitahoinen prosessi, johon vaikuttavat käytössä oleva kostutusvesiyksikkö, telat, painolevy, painoväri, paperi, raakaveden laatu ja painajan taidot. [3, s. 105; 20.]

Alkoholin korvaaminen prosessissa edellyttää työtapojen muutosta ja painajien kouluttamista. Lisäksi se saattaa vaatia lisäinvestointeja laitteistoratkaisuihin. Perinteinen alkoholiannostelija perustuu usein uimuritekniikalla määriteltävään alkoholin ominaispainoon, mikä epätarkkuutensa vuoksi saattaa nostaa todellista isopropanolikonsentraatiota huomattavasti. Markkinoilla on IR- tai ultraäänimittaukseen perustuvia laitteita, jotka mittaavat jatkuvasti kostutusveden tai kostutusjärjestelmän kammion isopropanolikonsentraatiota ja säätävät isopropanolin määrää sen perusteella. Näillä laitteilla on voitu pienentää isopropanolikonsentraatiota jopa 5 %:n tasolle. Isopropanolikonsentraatiota voidaan vähentää myös kostutusteloja vaihtamalla. Markkinoilla on hydrofiilisiä teloja, joilla konsentraatiota on voitu vähentää 2–3 prosenttiyksikköä. [20.]

Kostutusvesi likaantuu yleensä nopeammin, kun kostutusveden isopropanolikonsentraatiota vähennetään. Riippuen kostutusvesijärjestelmän tyypistä, kostutusveden käyttöikä voidaan pidentää ja samalla vedenkulutusta vähentää suodattamalla ja kierrättämällä kostutusvettä. Kostutusvetenä käytettävän raakaveden tasalaatuisuus veden kovuuden ja pH-arvon osalta vaikuttaa painoprosessin hallittavuuteen. Raakaveden laatu vaihtelee Suomessakin alueellisesti, mutta erityisesti vuodenaikojen mukaan. Tasalaatuisuus voidaan varmistaa esikäsittelemällä raakavesi ioninvaihtimessa tai käänteiseen osmoosiin perustuvalla laitteistolla. [20.]

#### 4.7.3 Kasviöljypohjaiset pesuaineet

Kostutusvesijärjestelmä sekä paino- ja kumisylinterit voidaan puhdistaa automaattipesureilla, jotka kuluttavat vähemmän pesunesteitä kuin käsinpesussa yleensä kuluu. Pesulaitteissa on myös mahdollista käyttää tehokkaampia liuottimia, jolloin työskentelyaika lyhenee. Automaatioasteen lisääntymisestä huolimatta pesu käsin on edelleen yleistä varsinkin pienissä painotaloissa. Pesuaineet voidaan luokitella kuvan 14 mukaisesti. Hyvällä pesuaineella on seuraavia ominaisuuksia:

- Työterveydellinen vaara on vähäinen.
- Liuotuskyky on riittävä.
- Haihtuvuus on kohtuullinen.
- Ei jätä rasvaista pintaa.
- Ei turmele painopeitteitä.
- Ei ärsytä hajulla. [4, s. 20; 20.]

<b>Pesunestetyyppi</b>	<b>Luokka</b>	<b>Kiehumispiste °C</b>	<b>Leimahduspiste °C</b>	<b>Höyrynpaine kPa, 20 °C</b>
Kasvipiperäiset	VCA *)	> 250	> 150	< 0,01
Korkealla kiehuvat (seokset)	VCA/HBS	> 235	> 100	< 0,01
Korkealla kiehuvat	HBS	> 235	> 100	0,001 - 0,1
Keskihaihtuvat	AIII	> 180	> 55	0,05 - 0,4
Hyvin haihtuvat	AII	115 - 190	< 55	0,05 - 4
Erittäin haihtuvat	AI	< 100	< 21	3 - 80
Erittäin haihtuvat (vesiliukoiset)	B	< 100	< 21	3 - 80

Kuva 14. Painojen pesunesteiden luokittelu [20].

1990-luvulla kasviöljypohjaiset pesuaineet tulivat markkinoille, ja ensisijainen tavoite oli parantaa niiden avulla painajien työturvallisuutta erityisesti käsinpesuissa. Alussa useilla pesuaineilla oli kuitenkin ongelmana puutteellinen liuotuskyky ja eräät aineet jopa vahingoittivat painokoneen kumimateriaaleja. Tämän lisäksi joidenkin pesuaineiden todettiin aiheuttavan korroosio-ongelmia. Tuotekehityksen ansiosta markkinoille on tullut paremmin toimivia ja aiempaa ympäristöystävällisempiä pesuaineita. Perinteisiin erittäin haihtuviin pesuaineisiin verrattuna uudentyyppiset kasviöljypohjaiset pesuaineet saattavat olla noin 4–5 kertaa kalliimpia. Jätettä syntyy enemmän, mutta pesuaineita pitäisi kulua

vähemmän. Kasviöljypohjaisilla raaka-aineilla voidaan merkittävästi parantaa pesunesteiden biohajoavuutta ja vähentää VOC-päästöjä, mutta varsinainen pesujäte eli värin ja pesunesteen seos on edelleen ongelmajätettä. VOC-päästöjen rajoittamiseksi on suositeltavaa käyttää taulukossa 1 mainittuihin luokkiin VCA, VCA/HBS, HBS tai AIII kuuluvia pesuaineita. Pesuaineiden käytöstä aiheutuvia VOC-päästöjä voidaan vähentää seuraavilla toimenpiteillä:

- käsittelemällä pesuaineita huolellisesti
- säilyttämällä pesuaineet ja käytetyt pesurätit suljetuissa astioissa
- ottamalla käyttöön haihtumisominaisuuksiltaan korkealla kiehuvia pesunesteitä tai kasviöljypohjaisia pesuaineita
- käyttämällä pesuaineita, joissa ei ole käytetty korkeaa otsoninmuodostuspotentiaalia sisältäviä kemikaaleja. [3, s. 103–104; 20.]

Kasviöljupesunesteitä suositellaan käytettäväksi rotaatiokoneille loppupesuissa työn päätyttyä, koska välipesuissa roiskuva huuhteluvesi voi helposti katkaista paperiradan. Vesitelojen pesuun niitä ei suositella. Puhdistusmekanismi on kolmivaiheinen: pesuneste levitetään ensin värin päälle, odotusajan jälkeen painoväri pestään vedellä ja huuhdellaan. Kasviöljypohjaista pesunestettä ei saa käyttää liikaa, koska silloin sen poistaminen vedellä voi olla vaikeaa. [3, s. 103–104.]

#### 4.7.4 Työnkulun tehostaminen

Painotuotannon työnkulun parannukset ovat myös ympäristölle suotuisia. Asiakkaille tarjottavat, painoaineistojen lähettämiseen tarkoitetut, verkkosivupohjaiset portaalit on helppo perustella ympäristön näkökulmasta: originaalitiedostot siirtyvät verkossa ilman CD- tai DVD-levyjen tekemistä, eikä niiden lähettämiseen tarvita postia tai kuriiripalvelua. Toki on huomioitava, että myös tiedonsiirto verkossa kuluttaa energiaa. Painoprofiilien tarjoaminen asiakkaille varmistaa originaalitiedoston painokelpoisuutta ja vähentää näin uusintatyötä ja materiaalihukkaa. Sähköinen vedostaminen ja hyväksyminen säästävät aikaa, materiaaleja ja kuljetuskustannuksia. Painotalojen tuotantojärjestelmien integroiminen JDF-sanaston avulla varmistaa oikeiden tietojen siirtymisen järjestelmien välillä reaaliajassa tehostaen tuotantoprosessia ja vähentäen virheitä sekä siten uusintatyötä. Työnkulujärjestelmien valmistajat ovat lisänneet sovelluksiinsa moduuleita, joiden avulla osavärien harmaakomponentit voidaan painamisessa korvata mustalla värillä.

Säästöä syntyy, koska painoväriin kulutus vähenee ja ohuemman värikerroksen kuivaamiseen tarvitaan vähemmän energiaa. [4, s. 19.]

## 5 Painotuotteen ympäristöystävällinen suunnittelu ja valmistus

### 5.1 Graafisen alan säästömahdollisuuksia

Uusia painolaitoksia suunniteltaessa pystytään parhaiten vaikuttamaan graafisen alan ympäristöhaittojen, raaka-ainehävikin ja hukkaenergian vähentämiseen. Hyviä tuloksia tuottaa myös laitteiden uusiminen ja painojen saneeraus. Graafisen alan tulisi jatkuvasti pyrkiä etsimään tuotantoon ja materiaaleihin ratkaisuja, jotka ovat nykyisiä vähemmän ympäristöä kuluttavia. Useimmat ekotehokkuustoimenpiteet, joilla vähennetään energiankulutusta ja säästetään raaka-aineita, parantavat myös työympäristöä ja ympäristön-suojelun tasoa merkittävästi. [3, s. 69.]

Ympäristön kannalta graafisen alan merkittäviä säästöä tuovia toimenpiteitä ovat

- materiaalivirtojen hyvä tuntemus (hukan ja päästöjen hallinta)
- painotuotteiden suunnittelu mahdollisimman hyvin valittuun painoprosessiin soveltuvaksi (raaka-ainetehokkuus)
- virheiden ja työvirheiden takia hylättyjen materiaalien tilastointi (vähentää virheiden kertautumista)
- korvaavien, ympäristöä säästävien raaka-aineiden käyttö (vältetään talteenotto- ja puhdistuslaitteinvestoinneilta)
- digitaalinen sivunvalmistus (saavutetaan materiaalisäästöjä ja vältetään ympäristöpäästöiltä)
- uudet talteenotto- ja puhdistustekniikat
- kemikaalien ja pesunesteiden sekä kostutusveden regenerointi (käyttöikä pitenee)
- painovärien ja muiden materiaalien tehokas lajittelu ja uusiokäyttö (säästää rahaa ja ongelmajätteen määrä pienenee)
- liuottimien talteenotto kuivauskaasuista (absorptiomenetelmät, kondensointi ja suodatus)
- kuivakaasujen puhdistaminen (terminen jälkipoltin, katalyyttinen jälkipoltin)

- kuivausilmamäärän pienentäminen
- kuivausilman talteenotto lämmönsiirtimillä ja kierrätys
- kuumailmakuivaajan poistoilman käyttö palamisilmana
- jälkipolttimelta tulevan kaasun käyttö kuivaajan tuloilmana
- lämmön talteenotto ja kierrätys [3, s. 69–70; 4, s. 8].

Graafisella alalla laitteiden säädössä ja käytössä sekä valaistuksessa ja ilmanvaihdossa löytyvät energiansäästön kannalta merkittävimmät säästö- ja parannuskohteet. Avainasemassa on lämpö- ja sähköenergian vähentäminen. Logistiikkaa parantamalla myös kuljetuksissa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. [3, s. 69–70.]

## 5.2 Ohjeistuksia painotuotteen ympäristöystävälliseen suunnitteluun ja valmistukseen

Ympäristöystävällisessä painoprosessissa on paljon erilaisia asioita, jotka tulisi ottaa huomioon. Tässä luvussa esitellään keinoja, joiden avulla painotuotteen ympäristöystävällinen suunnittelu ja valmistus voitaisiin toteuttaa mahdollisimman hyvin heatset-offset-rotaatioprosessissa. [3, s. 119.]

### 5.2.1 Prepress

#### Painotuotteen suunnittelun tehostaminen

Painotuotteiden suunnittelussa ympäristökuormaan vaikuttavia valintoja ovat painotuotteen koko, värillisyyden, sidosasu ja painosmäärä. Painotalojen kannattaisi kouluttaa painotuotteiden suunnittelijoita ja kustantajia, jotta heillä olisi edellytykset tehdä ympäristön kannalta hyviä valintoja. Painot voisivat opastaa, kuinka asiakasyritykset voisivat vähentää omaa ympäristörasitustaan painopalveluiden osalta, koska painotyön tilaajalla on keskeinen vaikutus painotuotteen ympäristövaikutuksiin ja hiilijalanjäljen kokoon. Graafisen suunnittelun tehostaminen hyödyttäisi sekä ympäristöä että taloudellisesti. Jos suunnittelutyö olisi tehokkaampaa, materiaaleja voitaisiin käyttää vähemmän ja saavuttaa silti haluttu lopputulos. Samalla säästettäisiin kustannuksissa ja vähennettäisiin ympäristövaikutuksia. Hyvä suunnittelu on ekologisempaa kuin huono suunnittelu, koska sillä saavutetaan haluttu lopputulos ilman, että maapallo hukkuu huonosti toteutettuihin julkaisuihin. Yksi graafisen suunnittelijan ympäristöystävällisimmistä teoista on kasvattaa vastausprosenttia. [4, s. 17; 37, s. 67–68.]

## Graafinen suunnittelu

Painotuotteen koko kannattaa valita painon paperiradan maksimileveys huomioiden, jotta materiaalihukan määrä olisi mahdollisimman pieni. Paperin molemmat puolet kannattaa myös pyrkiä käyttämään hyödyksi. Jos työlle valitaan erikoiskoko, suuri määrä paperia jää käyttämättä, mikä tuhlaa resursseja ja rahaa, koska paperi on tyypillisesti suurin kulu tuotantoprosessissa. Käyttämätön paperi leikataan ja kierrätetään, joten painotyön formaatin järkevä mukauttaminen mahdollistaa paperin tehokkaan käytön. Jos työn täytyy olla sellaisessa koossa, että ylimääräistä paperia jää paljon, kannattaa harkita toisen projektin sisällyttämistä samoille painoarkeille. Standardikokoisilla tuotteilla jokaisesta painoarkeista saa käytettyä mahdollisimman paljon. Neliömassaltaan pienemmät painopaperit kuormittavat ympäristöä vähemmän. Paperinkulutusta saa vähennettyä paperin grammapainoa pienentämällä. Jos 80 g/m<sup>2</sup> -paperin vaihtaa 70 g/m<sup>2</sup> -paperiin, kulutus pienenee noin 14 %. Jos taas 100 g/m<sup>2</sup> -paperin vaihtaa 80 g/m<sup>2</sup> -paperiin, kulutus pienenee 20 %. Kevyempi painotuote vähentää kuljetus- ja mahdollisesti myös portaittain kasvavia jakelukustannuksia. Tämä edellyttää tuotteen painon laskemista ja optimoimista jo suunnitteluvaiheessa. Painotuote kannattaa suunnitella niin, että se on helppo pakata ja kuljettaa. Painotuote kannattaa myös varustaa merkinnöillä, jotka kehottavat toimittamaan sen käytön jälkeen paperinkeräykseen. [3, s. 119; 4, s. 17; 8; 22, s. 66, 98.]

Ympäristönäkökulmasta ei ole samantekevää, millaiselle paperille painetaan. Minimoidakseen hiilijalanjäljen graafiset suunnittelijat voivat käyttää uusiopapereita tai kierrätyskuitua sisältäviä paperilaatuja, silloin kun mahdollista, koska niiden tuotanto vaatii vähemmän energiaa. Uusiutuvia energianlähteitä käyttäviä paperitehtaita kannattaa myös suosia, koska painotuotteen hiilijalanjälki on sitä suurempi, mitä enemmän paperinvalmistuksen energianlähteenä on käytetty fossiilisia polttoaineita. Paperinvalmistajien prosesseissa on eroja niin jätteiden määrän kuin fossiilisten polttoaineiden käytön suhteen. Kannattaa valita sellainen paperi, jonka valmistajalla on käytössä ympäristönhallintajärjestelmä ja jonka puu on peräisin ympäristösertifioiduista metsistä. Lähellä valmistettu sellu ja paperi kuormittavat ympäristöä vähemmän kuljetusten osalta. Mekaanisesta massasta valmistetut hioke- ja hierrepitoiset paperit vaativat valmistusvaiheessa runsaasti energiaa, mutta vähemmän puuta paperitonnia kohti. 1 000 kilosta puuta saadaan noin 920 kiloa mekaanista massaa, mutta vain 450 kiloa sellua. Paperivalinnan apuna voi käyttää WWF:n vastuullisen paperin hankintaopasta, joka on kehitetty edistämään vastuullisen paperinhankinnan suunnittelua ja toteutusta yrityksissä sekä organisaatioissa, tai paperinvalmistajien paperilajikohtaisia Paper Profile -ympäristöselosteita.

Paper Profile -ympäristöselosteista paperin ostaja saa tietoa eri papereiden ympäristövaikutuksista ja voi niiden perusteella tehdä tietoisin valinnan. [3, s. 119; 4, s.17; 8; 37, s. 136; 41.]

Paperin ympäristökuormituksen vähentämiseksi kannattaa huomioida seuraavat asiat:

- Kierrätyskuidusta valmistettua paperia käyttämällä voi varmistaa, ettei paperivalinta kiihdytä ilmastonmuutosta. Toinen vaihtoehto on käyttää paperia, jossa on yhdistetty kierrätyskuitua ja kestävästi kaadetun, esimerkiksi FSC-sertifioidun, metsän neitsytkuitua.
- Ympäristöä vähän kuluttavia papereita kannattaa suosia (esim. Pohjoismaisella Joutsenmerkillä tai EU:n ympäristömerkillä merkittyjä).
- Valkaisematonta paperia kannattaa käyttää ja jos se ei ole mahdollista, niin kannattaa välttää ainakin kloorivalkaistun paperin käyttöä.
- Paperi kannattaa ostaa tehtailta, joiden COD-päästöt ovat alhaiset eli jätevesien hitaasti hajoavien orgaanisten yhdisteiden määrä on pieni.
- Kaatopaikkojen kuormitusta kannattaa välttää kierrättämällä jätepaperi. Huonoin vaihtoehto paperin loppusijoitukselle on kaatopaikka, koska hapettomissa olosuhteissa paperi mätänee muodostaen metaania. [3, s. 119; 4, s. 20–21; 8; 37, s. 36–38, 85, 136; 42.]

Painotuotteen sidosasu valitaan painotuotteen käyttötarkoituksen mukaan. Stiftaus on suositeltavaa, koska metallihakaset on helpompi poistaa kierrätyksen aikana. Painovärikerroksen paksuus kannattaa minimoida. Erikoistehosteiden käytön, esimerkiksi metallivärit ja värillinen paperi, tulisi olla harkittua, sillä ne voivat haitata kierrättämistä. Lakkaus ja UV-käsittely hankaloittavat kierrätystä siten, että siistausprosessissa tarvittavan energian määrä kasvaa. Ympäristön kannalta paras vaihtoehto on vesipohjainen lakka. Liimoista taas hot-melt on ympäristön ja siistaamisen kannalta ongelmaton, sillä se ei sisällä liuottimia. Painotuotteissa kannattaakin käyttää vesipohjaisia, klooraamattomia liimoja ja päällysteitä. Paperiin ei kannata liittää myöskään turhia muovituksia, laminoitteja tai muita materiaaleja, jotka estävät paperin kierrätyksen. Ympäristöystävälliset vaihtoehdot, kuten kohokuviointi ja stanssaus voivat auttaa suunnittelijaa saavuttamaan viimeistellyn ulkoasun minimaalisilla ympäristövaikutuksilla. [3, s. 119; 4, s. 17; 22, s. 19, 66, 71.]

Paperinkulutusta kannattaa pyrkiä vähentämään suunnitteluprosessin aikana. Joka päivä suunnittelutoimistoissa ympäri maailmaa tulostimet ovat käytössä taukoamatta. Esimerkiksi esitteen otsikon pistekoko muuttuu 24 pt:stä 26 pt:ksi ja suunnittelija tulostaa

uuden vedoksen, josta hän tarkastelee muutosta. Viidentoista minuutin päästä otsikon väri muuttuu PMS 648 -väristä PMS 647 -väriin ja uusi paperi tulostetaan. Vaikka designin yksityiskohdat vaativat tarkkaa tarkastelua, voi työskentelyä tehostaa ja paperijätettä vähentää käyttämällä näyttövedostusta niin paljon kuin mahdollista, ennen kuin päättää tulostaa. EPA (United States Environmental Protection Agency) arvioi, että jätepaperi muodostaa 90 % kaikesta toimiston jätteestä ja se päätyy kaatopaikalle, jos sitä ei kierätetä. Jos tulostaminen on välttämätöntä, yrityksen sisäisiin asiakirjoihin voisi käyttää jo kertaalleen tulostetun paperin toisen puolen. [22, s. 96; 27, s. 221–222.]

Ei kannatta painattaa enempää kuin tarvitsee. Painosmäärän optimointi on hyvä keino paperin ja kulujen säästämiseksi. Jos kyseessä on esimerkiksi suorapostitusite, on tärkeää, että käytössä oleva osoitteisto on ajan tasalla ja hyvin kohdennettu halutulle asiakaskunnalle. Poistamalla osoitteistosta ne asiakkaat, jotka eivät ole reagoineet aiempiinkaan postituksiin, tai ne, joiden osoitetiedot ovat muuttuneet, voidaan painosmäärää saada pienemmäksi. Osoitetietojen optimoinnin jälkeen voidaan asiakkailta silti saada sama vastausprosentti kuin aiemmin suuremmalla painomäärällä. Tällä säästöllä voidaan esimerkiksi kompensoida ympäristöystävällisemmän paperin käyttökustannuksia. [3, s. 119; 22, s. 66; 37, s. 36–38.]

## 5.2.2 Painaminen

### Materiaalihävikin pienentäminen

Painotuotannossa ympäristön kannalta vaikuttavin teko on paperihävikin pienentäminen. Hävikin määrää ja myös painoväriin kulutusta voidaan vähentää valitsemalla töiden ajojärjestys sopivalla tavalla. Yksi tapa hävikin vähentämiseen on makulatuuriarkkien uudelleenkäyttö. Painokoneella painoväriin hävikin määrä pienenee, kun käyttöön otetaan offsetpainokoneen väriruuvien esiasettelujärjestelmiä ja värilaadun suljetusta säädöstä ajon aikana huolehtivia järjestelmiä. Uusissa heatset-rotatiopainokoneissa on näitä järjestelmiä ja hävikin vähentymisen lisäksi hyötynä on myös painolaadun tasaisuus ajon aikana. Hukka-arkkien väheneminen vähentää hieman myös painoväriin kulutusta. Myös jälkikäsitteilyn automatisointi on vähentänyt materiaalihävikkiä ja tarvetta painaa niin sanottuja yliarkeja. Tärkeä rooli paperihävikin vähentämisessä sekä makulatuuripaperin ja muun jätteen lajittelussa on johtamisella ja henkilökunnan kouluttamisella. Parempi prosessinhallinta synnyttää vähemmän sekä makkelia että jätettä. Materiaalien käytön



ja hävikin vähentäminen tulisi ottaa kokonaisvaltaiseksi ohjelmaksi painotaloissa, esimerkiksi osaksi jatkuvaan parantamiseen tähtäävää laatutoimintaa. Raaka-aineiden kulutusta ja työvireyttä sekä niistä aiheutuvaa materiaalihukkaa tulisi seurata. Epäkohtien, hävikin ja päästöjen havaitsemiseksi työvaiheet tulisi tarkastaa ajoittain. Puutelistojen avulla ongelmakohdat voidaan jäljittää ja etsiä niihin ratkaisuja. Hävikkiohjelman onnistumisen edellytys on hyvä tiedotus- ja koulutustoiminta sekä henkilöstön opastus ja kannustus ympäristöystävällisiin työtapoihin. Pelkkä säästävä teknologia ei yksin riitä, työntekijöitä on perehdytettävä teknologian lisäksi myös ympäristöystävällisiin työtapoihin. Jätteiden määrää tulisi vähentää ja materiaalihukkaa välttää käyttämällä materiaalit mahdollisimman tarkasti. Painotalon tulee kierrättää niin paljon kuin mahdollista. [3, s. 71, 119; 4, s. 19; 5, s. 28; 22, s. 66.]

#### Isopropanolin korvaaminen

VOC-yhdisteitä sisältäviä kemikaaleja voidaan monessa tapauksessa korvata aineilla, joilla on pienemmät ympäristö- ja terveysvaikutukset. Painotalo voisi käyttää mahdollisuuksien mukaan ympäristöystävällisempiä kasviöljypohjaisia painovärejä ja puhdistusaineita, joissa on hyvin vähän tai ei lainkaan VOC-yhdisteitä. Puhdistuksessa käytettäviä orgaanisia liuottimia voidaan korvata haihtumattomilla kasviperäisillä puhdistusaineilla, ja kostutusveden isopropanoli voidaan korvata muilla kemikaaleilla. [3, s. 119; 5, s. 30; 22, s. 66.]

Isopropanolin vähentäminen ja/tai korvaaminen vaatii käytännössä useita eri toimenpiteitä:

- työskentelytapojen muutos painokoneella
- tarkka isopropanolin annostelujärjestelmä ja IR-antureihin tai ultraääneen perustuvien mittareiden käyttöönotto konsentraation mittauksessa
- tasalaatuinen raakavesi ja usein raakaveden esikäsittely muun muassa käänteisosmoosilla
- painokonetoimittajan suositusten mukaiset telojen säädöt ja kostutusjärjestelmän asetukset
- keraamiset kostutustelat (mahdollistaa isopropanolikonsentraation pienentämisen 2–3 prosenttiyksiköllä)
- säännöllinen kostutusvesijärjestelmän pesu

- kostutusveden jäähdytys 8–10 °C:seen ja uusissa painokoneissa kostutusvesijärjestelmän temperointi. [20.]

Käytännön tapoja vähentää isopropanolin kulutusta ovat

- isopropanolin säilyttäminen suljetussa astiassa
- kostutusveden palauttaminen painokoneelta isopropanolisäiliöön pidempien seisokkien ajaksi (useamman päivän seisokit)
- isopropanolikonsentraatiota mittaavien laitteiden tarkkuuden tarkistaminen säännöllisesti
- erilaisten isopropanolikonsentraatioiden kokeileminen eri koneille
- kostutusvesijärjestelmän telojen kunnossapitäminen [20].

Painotyöltä edellytettävä laatutaso saattaa vaikuttaa painon mahdollisuuteen vähentää isopropanolin käyttöä tai siirtyä korvaavien aineiden käyttöön erityisesti käytettäessä vanhempia painokoneita [20].

Paikallisten VOC-päästöjen rajoittamiseen on neljä tärkeintä menetelmää. Resurssienhallinnan kehittäminen vaatii liuottimien hallintasuunnitelman täytäntöönpanoa, ja ihanetapauksessa se johtaisi jätteen ja päästöjen vähenemiseen. Uudelleenmuotoilemalla tuote liuotinpohjaiset järjestelmät voitaisiin korvata liuotinvapailta, vesipohjaisilla tai kuivilla, järjestelmillä. Prosessimuutoksilla voidaan rajoittaa hajapäästöjä, esimerkiksi parantamalla venttiilien ja putkistojen liitoksia. Putkenpääteknikalla tuotannossa syntyneet päästöt joko tuhotaan esimerkiksi polttamalla tai elvytetään esimerkiksi absorption tai desorption avulla. Kaikki neljä menetelmää ovat olleet käytössä graafisella alalla. Liuotimien hallintasuunnitelma on sisällytetty ympäristölupaan, joka perustuu IPPC:n direktiiviin. Liuotinpohjaiset puhdistusaineet on onnistuneesti korvattu kasviöljypohjaisilla. [5, s. 33–34.]

Painovaiheen ympäristökuormituksen pienentäminen

Yritysten tulisi pelkistää prosessejaan energiankulutusta vähentämällä, hukkaa pienentämällä sekä kierrättämällä ympäristövaikutusten ja hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Merkittävin teko olisi siirtyä käyttämään kokonaan uusiutuvilla energialähteillä tuotettua energiaa. Painokoneet kuluttavat paljon energiaa, ja yksi keino painamisen ympäristövaikutusten vähentämiseen olisi juuri uusiutuvan energian käyttö. Kaikissa hankinnoissa ja työvaiheissa tulisi muistaa ympäristöystävällisyys, ekotehokkuus ja energian säästö.

Painotalo voisi myös toteuttaa suojeleohjelmaa vähentääkseen veden- ja energiankulutusta. [3, s. 119; 4, s.17; 21, s. 66; 27, s. 111.]

Painoväriin kuivaaminen vie painamisessa paljon energiaa. Nopeasti kuivuvien värien käyttö on ympäristökuormituksen näkökulmasta perusteltua, jos niillä voidaan välttää erillisen energiaa kuluttavan kuivaajan käyttö. Hukkalämpö voidaan ottaa heatset-prosessissa talteen. Kuivaajan lämpöä voidaan ottaa talteen ja käyttää esimerkiksi painosalin tai paperivaraston lämmittämiseen. [3, s. 119; 4, s. 20.]

Painokoneita on seurattu tarkasti tehokkaan toiminnan saavuttamiseksi. Nykyisin seuranta on tarpeellista myös ympäristöasioiden näkökulmasta. Painokoneiden huolellinen huoltaminen, etenkin telojen osalta, vaikuttaa koneen suorituskykyyn ja siihen, että väri-laitteelta siirtyy telastoon optimaalinen värimäärä. Näin minimoidaan painolaadun heikkenemisestä johtuvat ylimääräiset, ajonaikaiset pesut. Painotaloa saattaa houkuttaa halvempien painokumien käyttö, mutta tällöin on syytä varmistaa seurannalla, ettei se johda tiheämpään vaihtoväliin, koneajan vähenemiseen tai jätemäärän kasvuun. [4, s. 19.]

On tärkeää, että kemikaalit käsitellään ja varastoidaan painotalossa aina määräysten mukaisesti. Ympäristöystävällisessä painossa kemikaalit ovat Joutsenmerkittyjä. Vaaralliset ongelmajätteet tulee käsitellä asianmukaisesti ja hävittää turvallisesti. Jätteraaka-aineet tulee kerätä talteen ja toimittaa lajittelun jälkeen joko kierrätykseen tai hyötykäyttöön. Kehitteen määrää kannattaa pyrkiä vähentämään. Painossa kannattaa pyrkiä myös käyttämään kuumaliimattavia teippejä liuotinpohjaisten sijaan ja vesiliukoisia lakkoja liuotinpohjaisten lakkojen sijaan. Painotalo voi myös kompensoida painamisesta ja kuljetuksista syntyvät hiilidioksidipäästöt. [3, s. 119; 22, s. 66.]

### 5.2.3 Pakkaaminen ja jakelu

Tuotteen suurempi paino tarkoittaa suurempia kuljetuskustannuksia. Jos kuljetuksissa käytetään fossiilisia polttoaineita, jokainen ylimääräinen gramma vaatii enemmän energiaa, kun tuotetta siirretään paikasta toiseen sen elinkaaren eri vaiheissa. Esimerkiksi CD-levynä toimitettava ohjekirja tarjoaa saman informaation kuin paperinen ohjekirja, mutta sen paino on vain murto-osa paperisen ohjekirjan painosta. Suoraan verkkosivulta ladattava pdf-muotoinen ohjekirja ei sen sijaan paina mitään, eikä sillä ole lainkaan kuljetuskustannuksia. [27, s. 364.]

Painotuotteita kuljetettaessa tyhjänä ajoa voidaan vähentää kehittämällä logistiikkaa ja jakelureittejä. Kuljetusten tarvetta vähentäisi painotalojen keskeinen sijainti mahdollisimman lähellä paperintuotantoa ja kuluttajia. Yhteisjakelut taas tehostaisivat kuljetustoimintaa. VTT:n tutkija Minna Norsin mukaan [5, s. 68] kuljetusten optimointi ja yhteiskuljetusten hyödyntäminen on tärkeää, silloin kun se on mahdollista. Yhteisjakeluiden hiilijalanjälki on pienempi kuin yksittäisten jakeluiden. Yhteisjakelussa voitaisiin esimerkiksi yhdistää painoon saapuvia materiaalitoimituksia, ja tavaraa tuova auto voisi mahdollisesti viedä mukanaan kierrätettäviä jätteitä. Jakeluissa kannattaa myös käyttää oikeankokoista kuljetuskalustoa. Kuljetuskaluston säännöllinen huoltaminen ja tyhjäkäynnin välttäminen vähentävät turhaa energiankulutusta ja päästöjä. Rautatiekuljetusten suosiminen on ympäristövaikutusten kannalta perusteltua, mutta se voi olla käytännössä haastavaa. Kuljetuksista syntyvät hiilidioksidipäästöt tulisi kompensoida. Painotalon kannattaisi myös käyttää kierrätettäviä pakkauksia. [3, s. 54, 68, 119; 4, s. 17.]

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka painolaitoksen heatset-offsetrotaatioprosessi voitaisiin toteuttaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Työssä pyrittiin selvittämään, kuinka ympäristövastuullinen painoprosessi käytännössä toimii, ja laatimaan ohjeistus asioista, jotka siinä tulisi huomioida. Heatset-offsetrotaatioprosessi on monivaiheinen ja jokaisessa vaiheessa on omat ympäristöystävällisyyteen vaikuttavat tekijät. Työn tavoitteena oli luoda aiheesta ohjeistus, jota prosessiin kuuluvat henkilöt, kuten graafiset suunnittelijat, painotalojen myyntiedustajat ja painon työntekijät, voivat käyttää omaa työtä tehdessään. Lähdin käsittelemään aihetta tutkimalla maapallon ympäristöhaasteita ja mittareita, joilla niitä mitataan, sekä ympäristöjärjestelmiä ja -merkkejä. Tämän jälkeen perehdyin painamisen ja paperin tuotannon ympäristövaikutuksiin sekä yksityiskohtiin, joilla niihin voidaan vaikuttaa.

Graafisen alan ympäristövaikutukset on iso kokonaisuus, johon ei ole valmiita yksiselitteisiä vastauksia. Mahdollinen toimintamallien ja -tapojen muuttaminen on vapaaehtoista, ja suuret muutokset riippuvat vahvasti esimerkiksi painotalon valmiudesta investoida uusiin laitteisiin ja mahdolliseen saneeraukseen, puhumattakaan uuden painolaitoksen rakennuttamisesta. Onneksi on myös konkreettisia käytännön toimia, joilla painotuotteen ympäristöystävällistä suunnittelua ja valmistusta voidaan tehostaa ja joilla painamisen ympäristökuormaa saadaan vähennettyä. Lähtökohta on painotuotteen kestävä suunnittelu, joka voidaan jakaa kahteen osaan, ympäristötietoiseen suunnitteluun ja ympäristötietoiseen tuotantoon. Ympäristötietoinen suunnittelu on tuotekohtaista suunnittelua, joka sisältää muun muassa materiaalivalinnat, ja sen tulisi olla jatkuva prosessi. Ympäristötietoinen tuotanto taas on kehittyneen teknologia käytön, kemikaalien ja muiden materiaalien ympäristöystävällisemmällä vaihtoehdoilla korvaamisen sekä energiankulutuksen pienentämisen tulos.

Lisäämällä tuotannon ekotehokkuutta voidaan luonnonvarojen käyttöä vähentää oleellisesti tinkimättä tuotteen laadusta. Ekotehokkuus tarkoittaa toimintaa, jonka tavoitteena on tuottaa enemmän palvelua ja hyvinvointia vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella. Ekotehokkuuden ja ympäristönsuojelun kannalta keskeistä ovat hyvä prosessinhallinta ja materiaalinkäsittely. Ekotehokkuutta voidaan pitää toimintatapana, jolla pyritään saamaan nykyiset tuotanto- ja kulutustavat ekologisesti kestäväälle pohjalle. Ekotehokkuusajattelussa ympäristönsuojelun toimenpiteet kohdistetaan päästöjen sijaan itse tuotantoprosessiin. Tehokkain tapa painotuotteen hiilijalanjäljen pienentämiseen on energian- ja

polttoaineiden kulutuksen vähentäminen painotuotteen koko elinkaaren ajalta. Energia-  
tehokkuustoimenpiteillä voidaan saavuttaa jopa noin puolet tarvittavista päästövähennysistä.

Insinööriä tehtessä tuntui, että aiheesta oli melko haastavaa löytää tietoa. Kaikkiin asioihin ei ollut suoria vastauksia, vaan tietoa piti etsiä monesta eri lähteestä ja koota eri palaset yhteen. Työn tavoite kuitenkin saavutettiin: selvisi, että painamisen ympäristökuormaa voidaan vähentää erilaisin keinoin, esimerkiksi ulottamalla elinkaariajattelu tuotteiden ja tuotannon suunnitteluun. Olen jo pitkään ollut sitä mieltä, että ympäristöasioille pitäisi tehdä jotain vielä nyt, kun se on mahdollista, ja ajatus vahvistui insinööriä aikana. Tämä vaatii ihmisiltä muutosta totuttuun ajattelumalliin, ja yritysten pitäisi pelkän tuloksen tavoittelun lisäksi huomioida enemmän myös ympäristöasioita. Kuluttajien pitäisi saada entistä enemmän tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista, jotta he voivat tehdä tietoisien ostopäätösten. Graafisen alan ekotehokkuutta voidaankin lisätä korvaamalla tuotteita palveluilla ja muuttamalla kulutustottumuksia.

Työn tavoite, eli ohjeistus mahdollisimman ympäristöystävällistä heatset-offsetrotatiopainoprosessia varten, saavutettiin. Työn tuloksena syntyi ohjeistus, jota prosessiin kuuluvat työntekijät voivat käyttää omaa työtä tehdessään. He voivat prosessin eri vaiheissa tarkastaa, onko kyseisessä vaiheessa jotain, minkä voisi tehdä ympäristöystävällisemmin. Ideaalitapauksessa tämä insinööriä herättelee lukijaansa ja antaa ideoita ympäristöystävällisempien prosessivaiheiden kehittämiseen.

## Lähteet

- 1 Planetary boundaries research. Verkkodokumentti. Stockholm Resilience Centre. <<http://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>>. Luettu 27.11.2016.
- 2 Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M.; Biggs, Reinette; Carpenter, Reinette; de Vries, Wim; de Wit, Cynthia A.; Folke, Carl; Gerten, Dieter; Heinke, Jens; Mace, Georgina M.; Persson, Linn M.; Ramanathan, Veerabhadran; Reyers, Belinda; Sörlin, Sverker. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science vol. 347, issue 6223, s. 736–746.
- 3 Rissanen, Kari. 2011. Graafisen alan ympäristöopas. Helsinki: Työturvallisuuskeskus.
- 4 Antikainen, Hannele & Kuusisto, Olli. 2009. GT-Raportti 4/2009. Espoo: VTT.
- 5 Viluksela, Pentti. 2008. Environmental sustainability in the Finnish printing and publishing industry. Thesis for the degree of Licentiate of Science in Technology. Helsinki University of Technology.
- 6 Koskela, Sirkka. 2014. Elinkaariajattelu. Verkkodokumentti. <[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu)>. 13.1.2014. Luettu 29.11.2015
- 7 Nissinen, Ari. 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli. Verkkodokumentti. <[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Tuotesuunnittelu\\_ja\\_tuotteet/Elinkaariarviointi\\_jalanjaljet\\_ja\\_panostuotosmalli](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotosmalli)>. 4.12.2013. Luettu 31.1.2016.
- 8 Opas vastuullisen paperin hankintaan. Verkkodokumentti. WWF. <<http://wwf.fi/mediabank/5959.pdf>>. Luettu 5.9.2016.
- 9 ISO 14001 – maailman tunnetuin ympäristöjärjestelmämalli. Verkkodokumentti. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <[http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/tuotteet\\_valokeilassa/iso\\_14000\\_ymparistojohtaminen/ymparistojarjestelma](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_14000_ymparistojohtaminen/ymparistojarjestelma)>. Luettu 17.9.2016.
- 10 Koskinen, Pertti. 2010. Painotyön ostajan käsikirja. Helsinki: Libris.
- 11 Ennalta varautumisen periaate. 2016. Verkkodokumentti. Euroopan komissio. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=URISERV:I32042>>. Luettu 4.12.2016.

- 12 The nine planetary boundaries. Verkkodokumentti. Stockholm Resilience Centre. <<http://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>>. Luettu 27.11.2016.
- 13 Ilmastonmuutos ilmiönä. Verkkodokumentti. Ilmasto-opas. <<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html>>. Luettu 28.1.2016.
- 14 Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus. Verkkodokumentti. Ilmasto-opas. <<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/420c4ca3-a128-4ae7-882e-3d06e1ea24f5/kasvihuoneilmio-ja-ilmakehan-koostumus.html>>. Luettu 28.1.2016.
- 15 Kasvihuonekaasut lämmittävät. Verkkodokumentti. Ilmasto-opas. <<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>>. Luettu 30.1.2016.
- 16 Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Verkkodokumentti. Ilmasto-opas. <<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>>. Luettu 30.1.2016.
- 17 Ekologinen kestävä kehitys. Verkkodokumentti. Suomen YK-liitto. <<http://www.ykliitto.fi/yk70v/ekologinen>>. Luettu 29.2.2016.
- 18 Otonikerroksen suojelun kansainvälinen menestystarina. 2012. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ym.fi/download/noname/%7B5DBE1C6B-8B07-4351-8B71-8DB8F900AB33%7D/24322>>. Luettu 6.12.2016.
- 19 Hartikainen, Helinä. Maan kasvukunnon osatekijät. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B97BC4542-CF46-40F5-81CF-B0F266330A89%7D/55834>>. Luettu 8.12.2016.
- 20 Antson, Heli; Hakala, Irina; Karjalainen, Anneli; Koivula, Krister; Gyllenberg, Pirjo; Hirvikallio, Hilikka; Lahti, Jarmo; Soljamo, Kari; Silvo, Kimmo; Silander, Sirpa; Tikkanen, Seppo & Villikka, Jaana. 2008. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) liuottimia käyttävässä pintakäsittelyssä. Verkkodokumentti. <[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38357/SY\\_23\\_2008.pdf?sequence=3](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38357/SY_23_2008.pdf?sequence=3)>. Luettu 2.10.2016.
- 21 Mitä on kestävä kehitys. 2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <[http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava\\_kehitys/Mita\\_on\\_kestava\\_kehitys](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Mita_on_kestava_kehitys)>. Luettu 27.2.2016.
- 22 Sherin, Aaris. 2008. SustainAble: A Handbook of Materials and Applications for Graphic Designers and Their Clients (Design Field Guide). Bewerly, Massachusetts: Rockport Publishers.



- 23 Ympäristöjohtamisen standardisarja ISO 14000. Verkkodokumentti. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <[http://issuu.com/sfs.fi/docs/14000-sarja\\_web/3?e=0/32593181](http://issuu.com/sfs.fi/docs/14000-sarja_web/3?e=0/32593181)>. Luettu 17.9.2016
- 24 Suoheimo, Pirke. 2015. EMAS-järjestelmä ja sen toteuttaminen. Verkkodokumentti. <[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Ymparistojarjestelmat\\_ja\\_johtaminen/EMASin\\_toteuttaminen](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Ymparistojarjestelmat_ja_johtaminen/EMASin_toteuttaminen)>. 10.6.2015. Luettu 3.3.2016.
- 25 Joutsenmerkki. Verkkodokumentti. Motiva Services Oy. <<http://joutsenmerkki.fi/joutsenmerkki/>>. Luettu 15.9.2016.
- 26 Mitä ovat Joutsenmerkityt painolaitokset, painotuotteet, kirjekuoret ja muut paperituotteet?. Verkkodokumentti. Motiva Services Oy. <<http://joutsenmerkki.fi/kriteeri/painolaitokset-painotuotteet-kirjekuoret-ja-muut-paperituotteet/>>. Luettu 15.9.2016.
- 27 Jedlicka, Wendy. 2010. Sustainable Graphic Design. New Jersey: John Wiley & Sons.
- 28 Mitä on PEFC-metsäsertifiointi? Verkkodokumentti. PEFC Suomi - Suomen Metsäsertifiointi ry. <<http://pefc.fi/pefc/>>. Luettu 15.9.2016.
- 29 PEFC on kansainvälistä yhteistyötä. Verkkodokumentti. PEFC Suomi - Suomen Metsäsertifiointi ry. <<http://pefc.fi/pefc/kansainvalisesti/>>. Luettu 15.9.2016.
- 30 The Industrial Emissions Directive. 2016. Verkkodokumentti. European Commission. <<http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>>. Luettu 11.1.2017.
- 31 Ympäristönsuojelulaki. 527/27.6.2014.
- 32 Valtioneuvoston asetus eräiden orgaanisia liuottimia käyttävien toimintojen ja laitosten ilman johdettavien päästöjen rajoittamisesta. 64/29.1.2015.
- 33 Viluksela, Pentti; Ristimäki, Seija & Spännäri, Toni. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 34 Koskinen, Pertti. 2001. Hyvä painotuote. Helsinki: Inforviestintä.
- 35 Pesonen, Elisa. 2007. Julkaisijan käsikirja. Jyväskylä: Docendo.
- 36 Loiri, Pekka & Juholin, Elisa. 1998. HUOM! Visuaalisen viestinnän käsikirja. Helsinki: Inforviestintä.
- 37 Dougherty, Brian. 2008. Green graphic design. New York: Allworth Press.

- 38 Kestävä tuotesuunnittelu. Verkkodokumentti. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/e25090fe-19b6-40ae-a65b-78b901433a2a/kestava-tuotesuunnittelu.html>>. Luettu 28.9.2016.
- 39 Enroth, Maria. 2006. Developing tools for sustainability management in the graphic arts industry. Thesis for a Doctoral Degree in Technology. Stockholm KTH Royal Institute of Technology.
- 40 Hiilineutraalisuuden pelisäännöt. 2016. Verkkodokumentti. Suomen ympäristökeskus. <[http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Hiilineutraalisuus/Hiilineutraalisuuden\\_pelisaannot\(33690\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Hiilineutraalisuus/Hiilineutraalisuuden_pelisaannot(33690))>. 7.6.2016. Luettu 23.10.2016.
- 41 Paper Profile. Verkkodokumentti. Paper Profile. <[http://www.paperprofile.com/download/PP\\_Brochure\\_ENG.pdf](http://www.paperprofile.com/download/PP_Brochure_ENG.pdf)>. Luettu 16.1.2017.
- 42 Raportoidut päästöt. Verkkodokumentti. Bookwell. <<http://www.bookwell.fi/Raportoidut%20p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t>>. Luettu 11.1.2017.