
**ERÄÄN PAPERINJALOSTUSKONEEN ASETUSAIKOJEN
JA TUOTANTOHYLYN VÄHENTÄMINEN
TYÖTAPOJEN OPTIMOINNILLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Valkeakoski 11.02.2010

Antti Kopola

Tuotantotalouden koulutusohjelma
Valkeakoski

Työn nimi Erään paperinjalostuskoneen asetusaikojen ja tuotantohylyn vähentäminen työtapojen optimoinnilla

Tekijä Antti Kopola

Ohjaava opettaja Erkki Siivola

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Tekijä	Antti Kopola	Vuosi 2010
Työn nimi	Erään paperinjalostuskoneen asetusajkojen ja tuotantohylyn vähentäminen työtapojen optimoinnilla	

TIIVISTELMÄ

Walki Oy:n erästä paperinjalostuskonetta kehitettiin laajasti vuosien 2008 ja 2009 aikana. Kehityksen jälkeen kone pääsi tuotannolliseen toimintaan vuoden 2009 helmikuussa, jonka jälkeen nykyisestä hylkytilanteesta ei ole ollut tarkkaa tietoa. Koneella valmistettavien tuotteiden kovan kysynnän vuoksi myös asetusajkojen pituudet pitäisi saada minimoitua.

Tämän työn tarkoituksena oli kerätä tietoa erään paperinjalostuskoneen tuotantohylyn ja asetusajkojen nykytilasta. Mittausten ja havaintojen pohjalta oli tavoitteena löytää työtavat, joiden avulla tuotantohylkyä ja asetusajkoja saataisiin vähennettyä. Työn kautta tuli myös löytää paperinjalostuskoneen hylkyä parhaiten kuvaava mittari.

Tutkimus suoritettiin asetusajkojen ja tuotantohylyn nykytilan arvioimisella, työntekijöiden haastatteluilla, eri järjestelmien antamien tietojen analysoinnilla sekä omalla havainnoinnilla. Työn tuloksena saatiin kartoitettua asetusajkojen ja tuotantohylyn nykytila sekä tarvittavat työtapa muutokset, joilla asetusajkoja ja tuotantohylkyä saadaan oleellisesti pienennettyä.

Tutkimustulosten perusteella työtapojen ja toiminnan muutoksilla voidaan vähentää asetusajkoja noin X min ja tuotantohylkyä noin Y kg vuodessa. vuodessa. Asetusajkojen ja tuotantohylyn pienentämiseksi tulisi muutoksia tehdä myös teknisissä laitteissa sekä tuotannon ja sen sidosryhmien yhteistoiminnassa.

Avainsanat asetusajka, tuotantohylky, työtapa muutokset.

Sivut 45 s. + liitteet 6 s.

VALKEAKOSKI

Industrial Management and Engineering

Author

Antti Kopola

Year 2010

Subject of Bachelor's thesis

Reducing the set-up times and production waste at one paper-converting machine by optimizing the working methods

ABSTRACT

One paper-converting machine of Walki Oy was extensively developed between the years 2008 and 2009. After the development work, the machine started producing again in February 2009, and now the factory does not have the exact information on the current situation of the production waste. Because of the strong demand for the products manufactured by the paper-converting machine, the set-up time lengths should also be minimized.

This final thesis was designed to collect information on the production waste and set-up times of the paper-converting machine. On the basis of measurements and observations, the aim was to find working methods that would reduce production waste and minimize set-up times. With this work, I also had to find a method that describes the real production waste of the paper-converting machine in the best way.

The study was carried out by evaluating the current situation of the set-up times and production waste using employee interviews, analysis of information by different systems and my own observations. With this evaluation, I was able to find out the current situation of set-up times and how much production waste the machine made, and which working methods should be changed to help substantially reduce the set-up times and production waste.

According to the results of this study, with changes in working methods and activities the set-up times of the machine can be reduced by about X minutes, and production waste around Y kg per year. To reduce set-up times and production waste, the factory should also make changes in technical equipment and increase cooperation with its interest groups.

Keywords set-up time, production waste, change of working methods

Pages 45 p. + appendices 6 p.

ALKUSANAT

Vietettyäni usean kesän sekä edellisen oppilaitoksen työharjoittelun Walki Oy:n Valkeakosken tehtaalla erilaisten töiden parissa kiinnostuin opinnäytetyön tekemisestä kyseiselle tehtaalle. Vuoden 2009 kesälomituksen aikana tiedustelin opinnäytetyön mahdollisuuksista työn johdolta ja elokuun lopussa sain tiedon opinnäytetyöpaikasta.

Vuoden 2009 helmikuussa uudistettu eräs paperinjalostuskone valmistui nykyisillä toiminnoillaan jalostuskäyttöön, jonka jälkeen konetta harjoiteltiin käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Tehtaan johto päätti teettää tutkimuksen jalostuskoneen asetusajkojen ja tuotantohylyn määrästä, jossa samalla tarkkailtaisiin työtapoja ja pyrittäisiin löytämään tehokkuutta parantavia tuotantotapoja.

Opinnäytetyön monipuolisuus ja tutkimusten käytännölläisyys tekivät työstä erittäin mielenkiintoisen. Opinnäytetyöni kautta pääsin tutustumaan erittäin läheisesti erääseen paperinjalostuskoneista monipuolisimpaan ja lajinsa ainoaan jalostuskoneeseen.

Lausunkin parhaat kiitokseni tehdaspäällikkö Heikki Korpelalle, joka mahdollisti työni tekemisen näinä vaikeina talouden aikoina Walki Oy:lle. Häneltä sain aiheeksi mielenkiintoisen ja haasteellisen työn, jossa pystyin käyttämään hyväksi omia kokemuksiani paperinjalostuksesta sekä soveltamaan Hämeen ammattikorkeakoulussa oppimia asioita. Haluan myös kiittää Walki Oy:n työnvalvojaa päivämesteri Heimo Kanarvaa rakentavista keskustelutuokioista ja tuesta työn valmistumiseksi. Olen myös kiittollisuuden velassa kaikille niille lukuisille toimihenkilöille ja työntekijöille, jotka auttoivat minua rakentamaan työtäni.

Haluan myös kiittää oppilaitoksen työni ohjaajaa yliopettaja Erkki Siivolaa monipuolisista ja rakentavista keskusteluista, joita kävimme prosessin aikana. Keskustelut antoivat uusia perspektiivejä työlle ja laittoivat ajattelemaan joidenkin asioiden oleellista merkitystä koko työssä.

Valkeakoskella 11.02.2010

Antti Kopola

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
1.1 Työn taustat.....	1
1.2 Työn tavoitteet.....	1
1.3 Työn rajaukset.....	2
2. WALKI OY.....	2
2.1 Yritys.....	2
2.2 Tuotteet.....	2
3. PAPERINJALOSTUS.....	3
3.1 Paperinjalostuksen tarkoitus.....	4
3.2 Käytettävät raaka-aineet.....	4
3.2.1 Paperit ja kartongit.....	4
3.2.2 Kalvot.....	5
3.2.3 Alumiini.....	6
3.2.4 Ekstruusiomuovit.....	7
3.2.5 Lakat ja liimat.....	9
3.2.6 Muut raaka-aineet.....	9
3.2.7 Muut ratamuotoiset raaka-aineet.....	10
3.3 Yksikköprosessit.....	10
3.3.1 Auki- ja kiinnirullaus.....	10
3.3.2 Kireyden säätö ja mittaus.....	11
3.3.3 Esi- ja jälkikäsittely.....	12
3.3.4 Sivelyt.....	14
3.3.5 Ekstruusiopäällystys ja -laminointi.....	14
3.3.6 Painatus.....	16
3.3.7 Jälkikäsittely.....	17
3.4 Laatuksiteerit.....	18
3.4.1 Barrier-ominaisuudet.....	18
3.4.2 Mikroreijät.....	18
3.4.3 Adheesio.....	19
3.4.4 Kuumasaumautuvuus.....	20
4. MATERIAALI- JA KUSTANNUSTEHOKAS TUOTANTO.....	20
4.1 Tuottavuus.....	20
4.2 Laatu.....	21
4.2.1 Laadun jatkuva parantaminen.....	21
4.2.2 Laatuksustannukset.....	22
4.3 Lämpösaika.....	24
4.4 Asetusaika.....	24
4.4.1 Sisäinen ja ulkoinen asetusaika.....	25
4.4.2 Asetusaikojen lyhentäminen.....	25
4.5 Hylky.....	26
5. TYÖRYHMÄN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN.....	27

5.1	Työtavat.....	27
5.2	Työtapojen suunnittelu.....	28
5.3	Tiimityöskentely.....	28
5.3.1	Tiimityön lisääminen ja kehittäminen.....	29
5.3.2	Tiimityön tuloksellisuus.....	30
5.4	Oppiva organisaatio.....	30
5.4.1	Oppivan organisaation periaate.....	31
5.4.2	Oppivan organisaation hyödyt.....	32
6.	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	33
6.1	Avoin kysymys.....	33
6.2	Syy-seuraus-analyysi.....	33
6.3	Teemahaastattelu.....	34
6.4	Havainnointi.....	36
6.5	Kokeellinen tutkimus.....	36
7.	TUTKIMUKSEN KOHDE.....	36
7.1	Paperinjalostuskonelinja.....	37
7.2	Konemiestistö.....	37
8.	TUTKIMUKSET.....	37
8.1	Tuotantohylkytutkimus.....	38
8.1.1	Syy-seuraus-kaavio tuotantohylystä.....	38
8.1.2	Tuotantohyllyn punnitukset.....	39
8.1.3	Teemahaastattelu tuotantohylystä.....	40
8.2	Asetusaikatutkimus.....	41
8.2.1	Paperinjalostuskoneen asetukset.....	41
8.2.2	Syy-seuraus-kaavio asetusajoista.....	42
8.2.3	Teemahaastattelu asetusajoista.....	42
8.2.4	Asetusajan mittaukset.....	43
9.	TULOKSET.....	43
10.	YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET.....	46
LIITE 1	Syy-seuraus-kaavio tuotantohylystä.	
LIITE 2	Tuotantohylkyä koskeva haastattelulomake.	
LIITE 3	Syy-seuraus-kaavio asetusajoista.	
LIITE 4	Asetusaikoja koskeva haastattelulomake.	

1. JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tullaan käsittelemään asiat melko rajallisesti lävitse opinnäytetyön luottamuksellisuuden vuoksi. Opinnäytetyön aiheena on erään paperinjalostuskoneen asetusajkojen ja tuotantohylyn vähentäminen työtapojen optimoinnilla. Johdannossa esitellään työn taustat, tavoitteet ja rajaukset.

Työn taustoissa esitellään taustatietoja työlle sekä todelliset syyt, minkä vuoksi yritys päätti teettää tämän opinnäytetyön. Työlle asetetuissa tavoitteissa käydään lävitse opinnäytetyölle yhdessä ohjaajien kanssa asetetut tavoitteet, joita kohden pyritään opinnäytetyössä etenemään. Työn tavoitteiden jälkeen asetetaan työlle rajat, joiden sisällä työn aiheeseen etsitään taustatietoa, tutkitaan eri toimenpiteitä erilaisilla menetelmillä sekä analysoidaan tutkimustuloksia.

1.1 Työn taustat

Työn teettäjänä on Walki Oy Valkeakosken tuotantolaitos. Erästä Walki Oy:n paperinjalostuskonetta kehitettiin laajasti vuosien 2008 ja 2009 aikana. Uudistettu paperinjalostuskone pääsi tuotannolliseen toimintaan vuoden 2009 helmikuussa, jonka jälkeen konetta on ajettu koko vuoden 2009 ajan.

Paperinjalostuskonetta käytettäessä ei ole ollut tarkkaa tietoa koneen nykyisestä hylkytilanteesta. Koneella valmistettavien tuotteiden kovan kysynnän vuoksi asetusajkoja pitäisi saada entistä pienemmiksi. Walki Oy:llä on pyrkimys löytää sellaisia tuotantotapoja paperinjalostuskoneelle, joilla saataisiin koneen tehokkuutta paremmaksi pienentämällä nykyisiä asetusajkojen ja tuotantohylkyjen määriä. Tuotantotapojen kehittämiseksi on tuonut paineita koneeseen sijoitettu pääoma sekä koneen jatkuva kuormitus.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli kerätä tietoa paperinjalostuskoneen tuotantohylyn ja asetusajkojen nykytilasta sekä havaita hyllyn ja asetusajkojen aiheuttajia työntekijöiden työtavoissa. Havaintojen pohjalta tavoitteena oli löytää toimintaa parantavat ja helpottavat työtavat, joiden käyttöönotolla voidaan pienentää asetusajkojen sekä tuotantohylyn määriä.

Työn tavoitteena oli myös löytää paperinjalostuskoneelle paras mahdollinen tuotantohylkyä kuvaava mittari, jota seuraamalla voidaan tulevaisuudessa tarkkailla tuotantohylyn kehitystä.

1.3 Työn rajaukset

Työ rajattiin koskemaan tutkimuskohteena olevaa paperinjalostuskonetta. Tutkimuksessa jouduttiin ottamaan kantaa joissakin asioissa myös koko paperinjalostuskonelinjan toimintaan, joka käsittää paperinjalostuskoneen miehistön ja pituusleikkurin miehistön toiminnan.

Työssä tehtävät tutkimukset rajattiin koskemaan paperinjalostuskoneella valmistettavia tiettyjä tuotteita. Tuoteryhmään liittyvät tutkimukset rajattiin koskemaan paperinjalostuskoneen asetusajkoja ja tuotantohylkyjä ja niihin vaikuttavia toimintatapoja. Toimintatapoja tutkimalla pyrittiin löytämään parempia toimintatapoja asetusajkojen ja tuotantohylkyjen pienentämiseksi.

2. WALKI OY

Tässä luvussa käsitellään yritystä, johon toimeksianto tehdään. Luvussa tutustutaan yrityksen Valkeakosken tuotantolaitoksen tuoterakenteeseen ja erilaisiin konelinjoihin, joilla Walki Oy:n tuotteita valmistetaan. Luvun tehtävänä on antaa lukijalle hyvä näkemys yrityksestä ja sen tuotteista ennen varsinaista syventymistä tutkittaviin asioihin. Tämän luvun tiedot on haettu Walki Groupin internetsivuilta sekä Walki Oy:n Valkeakosken toimintajärjestelmästä.

2.1 Yritys

Walki Groupilla on tuotantolaitoksia kuudessa eri maassa. Tuotantolaitokset ovat sijoittuneet Suomeen, Ruotsiin, Saksaan, Puolaan, Englantiin ja Kiinaan. Tehtaiden vuotuinen yhteenlaskettu liikevaihto oli vuonna 2008 noin 300 miljoonaa euroa. Walki Groupin tavoitteisiin kuuluu edistää innovaatioita ja tasokkaita palveluja maailmanlaajuisesti. (Walki 2009.)

Walki Groupilla on kolme erilaista liiketoiminta-alueita, joita ovat paperipakkaaminen, kuluttajakartongit ja tekniset tuotteet. Jokainen liiketoiminta alue toimii omilla markkinoillaan ja niitä johdetaan itsenäisesti. Walki Groupin Valkeakosken tehdas kuuluu teknisten tuotteiden liiketoiminta-alueeseen. Valkeakosken tehdas on erikoistunut eristys- ja rakennusmateriaaleihin, teknisiin tuotteisiin, joustopaukkauksiin sekä raskaisiin kääreisiin. (Walki 2009.)

2.2 Tuotteet

Walki Group valmistaa kääreitä paperi- ja metalliteollisuuden tarpeisiin, elintarvike- ja kuluttajakaukkuja sekä erilaisista räätälöityjä laminaatteja. Walki Group valmistaa myös päällysteitä aaltopahviteollisuuteen, pinnoitteita eriste- ja rakennusteollisuuteen sekä erilaisia ratkaisuja teknisiin sovelluksiin. (Walki 2009.)

Walki on kehittänyt laajan valikoimaan tuotteita rakennusteollisuuden ammattilaisten kanssa vaativiin tarpeisiin. Rakennus- ja eristemateriaalit tarjoavat monipuoliset ominaisuudet, joita ovat esimerkiksi hyvät eristysominaisuudet, kaasunpitävyys, energiatehokkuus, hengittävyys ja mekaaninen lujuus. (Walki 2009.)

Tekniset paperit tarjoavat laajan ryhmän materiaaleja teknisiin tuotteisiin. Teknisiä papereita tehdään esimerkiksi koristeteollisuudelle, PE-päällystettyjä papereita kuplakirjekuori-valmistajille ja vahvoja laminaatteja postipakkauksiin. Ominaisuudet vaihtelevat paljon toisistaan, koska tuotteet räätälöitään yksilöllisesti asiakkaiden tarpeisiin. Pohjamateriaalina käytetään pääasiassa paperia ja muina ratamateriaaleina erilaisia sovelluksia. (Walki 2009.)

Joustopakkaustuotteissa yhdistyvät erilaiset materiaalit keskenään saavuttaen tuotteisiin halutut ominaisuudet. Paperiin on yhdistetty esimerkiksi alumiinia ja muovia pitämään kosteutta, likaa, aromia, kaasua tai muita barrier-ominaisuuksia. Joustopakkauksilta vaaditaan yleensä hygieenisyyttä ja tehokkaita ominaisuuksia sekä loppukäyttäjiltä pakkauksien halpusti avautuvuutta. (Walki 2009.)

Raskaita kääreitä valmistetaan yhdistämällä paperiin erilaisia materiaaleja esimerkiksi korroosion suojakemikaaleja, alumiinia ja muovia korroosion estämiseen sekä mekaaniseen kestävyys. Raskaat kääreet sisältävät erilaisia materiaaleja esimerkiksi mattoihin ja muovilla päällystettyihin säkkipapereihin. (Walki 2009.)

3. PAPERINJALOSTUS

Paperinjalostuksessa yhdistellään eri tekniikoilla erilaisia materiaaleja toisiinsa muodostamalla näin erilaisia ominaisuuksia omaavia paperinjalostustuotteita. Paperinjalostuksessa voidaan käyttää erilaisia kemikaaleja ja ratamuotoisia materiaaleja, joita yhdistämällä tuotekirjo voi kasvaa useihin satoihin tuotteisiin. Tässä luvussa esitellään lyhyesti paperinjalostuksen tarkoitus sekä käydään lävitse paperinjalostuksessa käytettäviä raaka-aineita.

Luvussa käydään myös lävitse paperinjalostuksen yksikköprosesseja, joissa tuote rakentuu raaka-aineista valmiiksi asiakkaalle lähetettäväksi tuotteeksi. Luvun lopuksi selvitetään yleisimmät laatukriteerit, joita tarkkaillaan paperinjalostusprosessin aikana ja joiden perusteella voidaan säädellä koneiden säätöarvoja.

3.1 Paperinjalostuksen tarkoitus

Paperinjalostus käsittää erilaisten ratamateriaalien yhdistämistä esimerkiksi nesteisiin, kuumasuliin ja muoveihin, jossa lopputuloksena on erilaisia tuotteita teollisuuden ja kuluttajien tarpeisiin (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 10).

Paperinjalostuksella pyritään nostamaan raaka-aineiden arvoa erilaisilla paperinjalostusprosesseilla, joita ovat esimerkiksi ekstruusiopäällystys, liimauspäällystys, laminointi, imeyttäminen, painatus ja lakkaaminen (Savolainen 1998, 14).

Paperinjalostustuotteet ovat pysyneet jo vuosia melko samanlaisina. Perinteisiä tuotteita ovat erilaiset muovilla päällystetyt paperit ja kartongit sekä laiminoinnit, joissa yhdistellään alumiinia paperiin tai kartonkiin. Perinteisten tuotteiden lisäksi markkinoille ovat tulleet erilaiset koekstruusio-tuotteet, joissa on hyvät barrier-ominaisuudet eli veden, vesihöyryn, kaasun, aromin, valon ja rasvan estokyvyt. (Kuusipalo 2008, 10.) Erilaisia paperin ja kartongin jalosteita ovat esimerkiksi nestepakkaukset, muovipäällystetyt kotelokartongit, joustopakkauslaminaatit, raskaat teollisuuskääreet, muut laminoidut pakkausten raaka-aineet, tekniset laminaatit, irrokepaperit ja tarralaminaatit (Karhuketo ym. 2004, 71–78).

Tärkeimpiä sektoreita, joissa paperinjalostustuotteita käytetään, ovat elintarviketeollisuus, paperiteollisuus, terästeollisuus, rakennusteollisuus ja sairaalatuotteet. (Savolainen 1998, 13).

Tuottavuudesta ja taloudellisista paineista sekä kilpailun kasvusta johtuen nykyään yritetään löytää ohuempia päällystyslaatuja kasvattamaan jalostuskoneiden ajovauhteja sekä löytää uusien parempia työtekniikoita (Kuusipalo 2008, 11).

3.2 Käytettävät raaka-aineet

Paperinjalostuksessa käytetään erilaisia ratamaisia raaka-aineita, joita ovat esimerkiksi paperit ja kartongit, alumiinifoliot, erilaiset verkot, kudokset ja kuitukankaat. Muita paperinjalostuksessa käytettäviä materiaaleja ovat erilaiset nesteet kuten liimat, lakat, lateksit, liuokset, silikonit sekä erilaiset kuumasulat. Ekstruusiomuoveja käytetään päällystykseen ja laminointiin. (Karhuketo ym. 2004, 56–70.)

3.2.1 Paperit ja kartongit

Papereita käytetään paperinjalostuksessa sen mekaanisen lujuuden ja suhteellisen halvan hinnan takia. Papereilla on varsin lujat leikkausvoimat verrattaessa esimerkiksi muoviin. (Karhuketo ym. 2004, 56–57.)

Markkinoilta löytyy paljon erilaisia papereita, joiden rakenne riippuu siitä, minkälaista kuitua on papereihin käytetty. Tyypillisiä papereita on valmistettu esimerkiksi valkaistuista tai valkaisemattomista kuiduista, mekaanisesti tai kemiallisesti erotetuista kuiduista, neitsellisestä kuiduista tai kierrätetyistä kuiduista. Erilaisia paperilaatuja ovat esimerkiksi UG-, MF-, MG- ja SC-paperilaadut. (Kuusipalo 2008, 210).

Paperilaadut vaihtelevat paljon niiden käyttökohteiden mukaan. Esimerkiksi valkaisemattomia voimapapereita käytetään kääreisiin ja valkaistuja kalanteroituja papereita joustopakkausihin. (Savolainen 1998, 200.) Kartonkeja käytetään erilaisissa kuluttajapakkausissa ja nestepakkausissa, joissa pakattavat tuotteet asettavat pakkaukselle erityisvaatimuksia. Pakkauksen ominaisuuksia muokataan kartongin kerroksilla, joilla jokaisella on oma tehtävä valmiissa tuotteessa. (Karhuketo ym. 2004, 18.)

Voimapaperit valmistetaan noin 80 prosenttisesti neitseellisestä kuidusta, joka takaa sille hyvät lujuusominaisuudet esimerkiksi korkean murtotyön. UG-paperit ovat lujia ja karheita voimapapereita ja niiden pinnat sopivat hyvin painatukseen. Voimapapereiden neliömassat vaihtelevat välillä 50–120 g/m². (Kuusipalo 2008, 211 - 212; Karhuketo ym. 2004, 57.)

Paperikoneella toispuoleisesti kiillotettu paperi on MG-paperia. MG-paperi kiillotetaan paperikoneella jenkkiylinteriä vasten, jolloin se saa toiselle puolelle hyvän killon ja toiselle puolelle hyvän tasomaisuuden. Päällistyksessä MG-laatua käytetään joustopakkausihin ja laminoinnissa sitä laminoidaan alumiinifolion kanssa. Neliömassa-alue MG-papereilla on noin 15–120 g/m². (Karhuketo ym. 2004, 58.)

Kartonkeihin kuuluva laineri on standardoitu kartonkilaatu. Laineri rakentuu jäykästä runkokerroksesta ja sileämmästä pintakerroksesta. Lainereita on useita erilaisia laatuja esimerkiksi ruskealaineri, valkopintainen ruskea laineri, valkoinen laineri ja testlaineri, jossa runkokerros on kiertokuitua. Lainereita jalostetaan ekstruusiolaminoinnilla teollisuuskääreiksi. Neliömassat vaihtelevat lainereilla 100–300 g/m² välillä. (Karhuketo ym. 2004, 58.)

Fluting on jäykkää ja luultavasti halvinta paperilaatua. Flutingia laminoidaan paperinjalostusteollisuudessa teollisuuskääreiksi. Neliömassa flutingilla on noin 100–200 g/m². (Karhuketo ym. 2004, 59.)

3.2.2 Kalvot

Paperinjalostuksessa käytettävät kalvot ovat joko puhallettuja tai valettuja kalvoja. Kalvoilla on hyvät mekaaniset- sekä barrier-ominaisuudet. Muovikalvoja käytetään paperinjalostuksessa esimerkiksi kääreisiin, säkkeihin, erilaisiin laminaatteihin tai niitä käytetään itsenäinään jalosteena. (Kuusipalo 2008, 189.)

Polyeteeni on eniten käytetty muovikalvo. Polyeteenillä on monia hyviä ominaisuuksia kuten hyvä kylmänkestävyys ja hyvät barrier-ominaisuudet vettä, höyryä ja rasvaa vastaan. Polyeteenillä on huono kaasun ja kuumuuden pitävyys. Korkeatiheksinen polyeteeni HD-PE on matalatiheksistä polyeteeniä LD-PE:tä kovempaa. Korkeatiheksisellä polyeteenillä on paremmat barrier-ominaisuudet kuin matalatiheksisellä polyeteenillä mutta matalatiheksisellä polyeteenillä on parempi kuumasautuvuus-ominaisuus kuin korkeatiheksisellä. Polyeteenin kuumasautuvuus-ominaisuudet muihin ratamateriaaleihin nähden ovat huonot, mutta itseään vasten se saumautuu hyvin. (Savolainen 1998, 200–201; Kuusipalo 2008, 189.)

Polypropeenilla on erilaisia ominaisuuksia riippuen siitä, miten polypropeeni on rakentunut erilaisista polymeereistä. Yleisesti polypropeeniinilla on hyvät barrier-ominaisuudet vettä, höyryä, rasvaa ja öljyä vastaan. Polypropeeniä on kahta eri lajia, isotaktista ja ataktista. Isotaktinen polypropeeni on kidemäinen, mikä mahdollistaa hyvän jäykkyyden, vetolujuuden, kemikaalien pitävyyden. Ataktinen polypropeeni on mauton ja vahamainen. Kaksiakselisesti orientoituneella polypropeeniinilla on huono kuumasautuvuus mutta hyvä vetolujuus ja barrier-ominaisuudet. (Savolainen 1998, 201; Kuusipalo 2008, 189.)

Polyestereistä on runsas määrä modifikaatioita, joita on saatu aikaan erilaisilla rakennemuutoksilla. Rakennemuutoksia on saatu aikaan esimerkiksi vaihtelemalla muoviraaka-aineiden pitoisuuksia ja kovuuksia tai muuttamalla polyesterin fysikaalista olomuotoa. Polyestereillä on hyvät barrier-ominaisuudet esimerkiksi höyryn ja veden pitävyys, aromien kestävyys, hyvät lujuus-ominaisuudet sekä hyvä terminen kestävyys. (Kuusipalo 2008, 190.)

Metalloituja kalvoja käytetään korvaamaan alumiini sen hyvän taivutushalkeilun keston vuoksi sekä hyvien barrier-ominaisuuksien vuoksi esimerkiksi valon ja kaasun estämiseksi. BOPET on yleisin metalloitu kalvolaatu, jolla on riittävän hyvä pintaenergia saavuttamaan hyvä adheesio. (Kuusipalo 2008, 191.)

3.2.3 Alumiini

Alumiinifolio on valssattua metallia, jota pystytään valssaamaan aina 5 myyn paksuuteen asti (Karhuketo ym. 2004, 59). Yleensä laminointiin käytetään 7-15 myyn paksuisia alumiinifolioita, joista 9 myyn alumiinifoliota käytetään yleisimmin (Kuusipalo 2008, 188.) Alumiinifoliossa voi olla toisella puolella kiiltävä ja toisella matta puoli jos toinen puoli alumiinista on ollut öljytettyä teloja vasten ja toinen toista alumiinirataa vasten (Karhuketo ym. 2004, 60).

Alumiinifolioilla on hyvät barrier-ominaisuudet kuten valon, nesteen, veden, höyryn, kaasun ja aromin pitävyys (Kuusipalo 2008, 188). Pakkaustarkoituksiin alumiinifoliota käytetään, koska sen läpi ei pääse migratoitumaan mikään aine tai valo. Alumiinifolion kemiallinen

kestävyys on melko rajoitettu mutta yhdessä paperin, muovin tai liiman kanssa siitä saadaan barrier-ominaisuuksiltaan todella hyvä materiaali. (Karhuketo ym. 2004, 59–60.) Alumiinifolion voi päällystää lakalla, jossa lakka suojaa alumiinia ja antaa hyvän kiinnipysyvyyden esimerkiksi painatuksessa (Savolainen 1998, 200).

Alumiinifoliossa olevat mikroreijät riippuvat alumiinin paksuudesta ja valmistajan tehtaan ammattitaidosta valssata alumiinia. Alumiinifoliossa olevat mikroreijät heikentävät folion metalliominaisuuksia. (Karhuketo ym. 2004, 59.)

3.2.4 Ekstruusiomuovit

Ekstruusiomuovit jaetaan viiteen eri ryhmään niiden ominaisuuksien ja rakenteen mukaan: polyolefiineihin, kopolymeereihin, adheesiomuoveihin, barrierpolymeereihin ja muihin polymeereihin (Kuusipalo 2008, 139).

Polyeteeni on käytetyin polyolefiini-ryhmään kuuluva muovi. Polyeteenillä on melko yksinkertainen rakenne ja se on rakentunut kahdesta alkuaineesta, hiilestä ja vedystä. Polyeteenejä ovat matalatiheyksistä polyeteeniä eli LD-PE-laatua sekä korkeatiheyksistä HD-PE-laatua. Malatatiheyksisen polyeteenin tiheydet vaihtelevat 915–925 kg/m³ välillä riippuen LD-PE:n sulaindeksistä. Sulamispiste on noin 104–112 °C riippuen muovin kovuudesta ja tiheydestä. Kovalla LD-PE-laadulla, jolla sulaindeksi on 4-5 välillä, tiheys on noin 920–925 kg/m³ kun taas hyvin pehmeällä jolla sulaindeksi on välillä 12–15, muovin tiheys on 915–918 kg/m³. (Karhuketo ym. 2004, 65–69.)

Mitä suurempi tiheksinen muovi on kyseessä, sitä paremmat ovat barrier-ominaisuudet. Polyeteeni estää hyvin vesihöyryn läpäisyn. Muut ominaisuudet esimerkiksi lujuus-ominaisuudet ja aromitiiviys ovat melko heikot. Polyeteenillä on hyvät lepokitka-ominaisuudet, joten se sopii hyvin useimpiin loppukäyttökohteisiin esimerkiksi erilaisiin pakkauksiin. Erilaiset pintakäsittelyt esimerkiksi painatus tai liimaus ei ole polyeteenille mahdollista ilman koronakäsittelyä. Korkeatiheksisellä polyeteenillä HD-PE:llä tiheysalue on 940–965 kg/m³, joten sillä on LD-PE:tä paremmat barrier-ominaisuudet. (Karhuketo ym. 2004, 65–69.) HD-PE:tä käytetään kun halutaan tuotteelle kuumen kestävyttä, jäykkyyttä ja barrier-ominaisuuksia (Kuusipalo 2008, 143).

Polypropeeni kuuluu polyeteenin ohella polyolefiineihin. Polypropeenin ominaisuudet ovat hyvin lähellä HD-PE:ä: tiiviystaso on melkein sama ja sulamispiste hieman korkeampi. (Karhuketo ym. 2004, 68–69.) Polypropeenia esiintyy isotaktisena ja ataktisena. Yleisempi isotaktinen polypropeeni on kiteinen ja hyvin kestävä kun taas vähemmän käytetty ataktinen polypropeeni kestää huonosti lämpöä ja kemikaaleja. Polypropeenin ominaisuuksia saadaan muutettua erilaisilla valmistusmenetelmillä ja raaka-aineiden suhteita muuttamalla. (Airasmaa, Kokko, Komppa & Saarela 1991, 38.) Polypropeenia käytetään

paperinjalostuksessa esimerkiksi elintarvikepakkauksissa, sairaalatuotteissa, ekstruusiopäällystetyissä ja laminoiduissa kartongeissa sekä kertakäyttömateriaaleissa (Kuusipalo 2008, 144.)

Kopolymeerit rakentuvat eteeniketjuista, joissa komonomeerit ovat tunkeutuneet polyeteeniketjuun ja näin muuttaneet sen ominaisuuksia. Ekstruusiopäällystyksessä kopolymeerien eteeniketjut rakentuvat erilaisista monomeereistä, joita ovat vinyyliasetaatti (EVA), akryylihapo (EAA), metyylihapo (EMAA), butyyliakrylaatti (EBA), metyyliakrylaatti (EMA) ja etyyliakrylaatti (EEA). Jokaisella komonomeerillä on omat ominaisuudet, jotka vaikuttavat rakentuvan polymeerin ominaisuuksiin. Kopolymeereillä ovat jotkut ominaisuudet paremmat kuin esimerkiksi LD-PE:llä: kopolymeereillä on korkeammat tiheydet, alhaisempi sulamispiste ja alhaisempi pehmenemispiste kuin LD-PE:llä. Edellä mainitut ominaisuudet antavat kopolymeereille hyvät kuumasaumatuvuus-ominaisuudet. (Kuusipalo 2008, 145–146.)

Adheesiomuoveihin kuuluvat ionomeerit ja modifioidut polyolefiinit (Kuusipalo 2008, 139). Ionomeereissä muodostuu ionisidoksia, jotka mahdollistavat hyvän adheesion, erinomaisen kuumasaumatuvuuden ja hyvän saumapitolujuuden. Ionomeerit ovat myös erittäin kovapintaisia ja kitkansa ansiosta pakkauksiin sopivia. (Karhuketo ym. 2004, 69.) 60-luvulla ionomeerit kaupallistettiin nimellä Surlyn, mutta nykyään löytyy myös muita ionomeerien kappanimiä kuten Nucrel ja Primacor parantamaan alumiinin adheesiota (Savolainen 1998, 162).

Modifioituja polyolefiinejä käytetään usein koekstruusiassa erilaisten polymeerien välissä pitämässä eri kerroksia kiinni toisissaan. Eri kerrosten välissä oleva polymeeri avaa sidoksia ja sulautuu molempiin kerroksiin. Modifioidut polyolefiinit parantavat polyolefiinin ja vastakkaisen materiaalin tarttuvuutta. (Kuusipalo 2008, 149.)

Etyylivinyylialkoholi eli EVOH kuuluu barrierpolymeereihin. EVOH:lla voidaan korvata alumiini sen barrier-ominaisuuksien vuoksi. EVOH on erittäin vaikea käsitellä ekstruusioprosessissa sekä se on liian kallis käytettäväksi sellaisenaan. EVOH ei myöskään tartu polyeteeniin, joten koekstruusiassa joudutaan käyttämään erillistä liimapolymeeriä EVOH ja PE-pintojen välissä. (Karhuketo ym. 2004, 70.) EVOH:lla on erittäin hyvät kaasun ja aromin barrier-ominaisuudet johtuen sen kiteisestä rakenteesta. EVOH:n huonona ominaisuutena voidaan pitää sen huonoa vesihöyrytiiveyttä. (Kuusipalo 2008, 150.)

Barrierpolymeereihin kuuluvat kalliit ja vaikeasti käsiteltävät polyamidit eli nailonit. Nailoneilla on hyvät barrier-ominaisuudet kuten esimerkiksi korkea kuuman kestävyys, hyvä jäykkyys ja hyvä vetolujuus. Nailoneiden huonona puolena on heikompi kosteuden kestävyys kuin EVOH:lla. (Kuusipalo 2008, 151.)

Edellä maituttuihin ryhmiin kuulumattomia polymeerejä ovat polyeteeniteraftalaatti eli polyesteri (PET) ja polymetyylipenteeni (PMP)

(Kuusipalo 2008, 151–152). Polyesterillä on suuri lämmönkestävyys sekä suuri kaasu- ja rasvatiiviys. Vesihöyrytiiviys on huonompi kuin polyeteenillä. Polyesteriä käytetään esimerkiksi kertakäyttövuokien materiaaleissa. (Karhuketo ym. 2004, 69–70.) Polymetyylipenteeni eli PMP on kevyt ekstrusoitava muovi, jonka tiheys on vain 800 kg/m^3 . PMP:n loppukäyttökohteet ovat melko rajattuja ja sitä käytetään kuumien kestävässä tuotteissa sekä irrokepapereissa. (Kuusipalo 2008, 152.)

3.2.5 Lakat ja liimat

Paperinjalostuksessa käytetään sekä liuotinpohjaisia että vesipohjaisia lakkoja (Karhuketo ym. 2004, 62). Lakoilla voi olla tuotteessa monta erilaista käyttötarkoitusta kuten lakattavan pinnan naarmuuntumisen estäminen painatuksessa, se voi olla pintakerros barrier-ominaisuuksille, sillä voidaan modifioida pintaenergiaa tai sillä säädellään materiaalin karheutta (Savolainen 1998, 191).

Liuotinpohjaisia lakkoja käytetään paljon alumiinin praimerointiin eli pohjustuslakkaukseen. Alumiini hapettuu helposti eksruusiopäällystyksessä ja -laminoinnissa. Praimeroinnin tehtävänä on estää alumiinia hapettumasta, jotta painoväri tarttuisi paremmin alumiinin pintaan. Liuotinpohjaisten lakkojen kuivumista voidaan säädellä joko nopeammaksi tai hitaammaksi. Esimerkiksi etyyliasetaatilla voidaan laimentaa lakkoja niin, että kuivuminen nopeutuu ja käytettäessä etoksipropanonia, kuivumista voidaan hidastaa. Liuotinpohjaisten lakkoja viskositeettia voidaan säädellä käyttämällä liuottimia. Eri koneille ja tuotteille ennalta valittuja viskositeetteja tarkkaillaan DIN-kupilla, jossa on reikä pohjassa. Yleisin viskositeettialue on noin 10–20 sekuntia. (Karhuketo ym. 2004, 62–63).

Vesipohjaisia lakkoja käytetään yleensä paperipintoihin. Vesipohjaiset lakat ovat dispersioita tai latekseja joihin on lisätty tuoteominaisuuksia parantavia aineita. (Karhuketo ym. 2004, 63.)

Liimat ovat hyvin samakaltaisia aineita kuin lakat lukuunottamatta lisäaineita, joita käytetään lakoissa. Liimoja käytetään hyvän adheesio- luomiseen. (Karhuketo ym. 2004, 63.)

3.2.6 Muut raaka-aineet

Paperinjalostuksessa käytetään öljypohjaisia vahoja esimerkiksi parafiinia tai mikrokiteistä vahaa. Papereissa ja kartongeissa vahaa käytetään estämään kosteutta ja pakattavien tavaroiden aromien ja makujen läpäisyn. Vahapäällystettyjä tuotteita käytetään elintarviketeollisuudessa ja muussa teollisuudessa. (Karhuketo ym. 2004, 64; Kuusipalo 2008, 171.)

Hotmeltit ovat rakentuneet vahasta, muovipolymeereistä ja hartsista. Hotmelteilla on korkea viskositeetti ja ne ovat kuumasaumautuvia. Hotmeltien ominaisuuksia voidaan säädellä ja optimoida

käyttötarkoituksen mukaan johtuen sen laajasta raaka-ainevalikoimasta. Hotmeltille voidaankin saada esimerkiksi kovuutta ja kiiltoa vaihtelemalla eri raaka-aineosia. (Karhuketo ym. 2004, 64–65; Savolainen 1998, 190–191.)

3.2.7 Muut ratamuotoiset raaka-aineet

Verkkoja ovat raaka-aineet, joissa on selvästi havaittavissa reikiä. Verkkoja on kolmea tyyppiä: kudottuja verkkoja, liimattuja verkkoja ja ekstrusoituja verkkoja. Verkkoa voidaan laminoida joko käyttämällä verkkoa tai lankaa. Langat laminoidaan materiaaliin käyttämällä erillistä verkonkudontakoneetta laminointikoneella. Verkkoja laminoidaan materiaalien sisään koska sillä ei sellaisenaan ole suuria lujuuksia. (Karhuketo ym. 2004, 60.)

Kuitukankaat eli nonwovenit ovat paperin ja kankaan välimuotoja. Kuitukankaita löytyy ominaisuuksiltaan toisistaan monia erilaisia muotoja. Yleisin kuitukangastyyppejä on tehty yhdistämällä kuituja toisiinsa sideaineiden avulla. Kuivapaperit kuuluvat myös kuitukankaisiin ja ne valmistetaan yhdistämällä sellukuituja yhteen lateksin avulla. Sellukuituja voidaan myös yhdistää viskoosi- ja polymeerikuitujen kanssa, jolloin lopputuloksena on kuivapaperia lujempi kuitukangaslaatu. Polyeteeniä ja polypropeenä sulattamalla ja suulakkeen läpi puristamalla saadaan valmistettua eräs kuitukangaslaatu. (Karhuketo ym. 2004, 61.)

3.3 Yksikköprosessit

Erilaiset paperinjalostustuotteet ja tuotteiden loppukäyttäjät vaativat jalostuskoneelta ominaisuuksia, jotka vaikuttavat jalostuskoneen rakennevalintoihin. Jalostuskoneilla yhdistellään erilaisia materiaaleja, jotka vaativat koneelta erilaisia laitteita haluttujen lopputuloksien saavuttamiseksi. (Savolainen 1998, 61.)

3.3.1 Auki- ja kiinnirullaus

Ratamateriaalin syöttäminen jalostuskoneelle tapahtuu aukirullainpukista. Aukirullainpukin tehtävä on syöttää rataa hallitusti niin, että radassa säilyy tasainen ratajännitys ja mahdolliset rullavaihdot onnistuvat täydessä vauhdissa. Aukirullauspukkien koot vaihtelevat käsiteltävästä materiaaleista. Vahvemmillä ja painavammille materiaaleille on yleensä valittu raskaammat pukit (Karhuketo ym. 2004, 30–31.) Aukirullain tyyppejä ovat yksiakselinen aukirullain sekä keskiöaukirullain (Savolainen 1998, 64–65).

Yleensä aukirullainpukin rakenne käsittää pukin rungon, keskusakselin, kahdet tai useammat rullakarat, akseleihin kytketyt jarrut, sähköisen generaattorin, mahdollisen valokenno-ohjauksen, saumaustelan ja katkaisuterän (Karhuketo ym. 2004, 30–31).

Rullat asetetaan kiinni pukissa oleviin rullakaroihin. Karat ovat kiinni akseleissa, joissa on kiinni mekaaniset jarrut, jotka säätelevät ratakireyttä. Työntekijä valmistelee rullat rullanvaihtoa varten ottamalla huonot paperit pois rullanpinnasta ja teippaamalla radan pään kiinni rullaan. Radan päähän laitetaan ulkopintaan joko kaksipuolinen teippi tai vaihtoehtoisesti liimaa jatkoksen kiinnittämiseksi vaihdettavan rullaan. Rullanvaihto tehdään työntekijän avustuksella tai valokenno-ohjauksella. Uusi rulla kierrätetään keskusakselin ympäri lähelle koneeseen menevää rataa. Sähköinen generaattori kiihdyttää rullan ajonopeuteen. Vaihtohehkellä tela painaa radan kiinni uuteen rullaan, kiinnittäen teippikohdan rataan kiinni. Kun teippi on kiinnittynyt ja jatkos syntynyt, radankatkaisulaite lyö vanhan radan poikki. (Karhuketo ym. 2004, 30–31.)

Kiinnirullauspukki sijaitsee konelinjan toisessa päässä. Kiinnirullaimessa syntyy konerulla, joka sisältää valmistetun tuotteen sekä mahdollisen hylyn ja aukirullauksessa syntyneet jatkokset. Kiinnirullauspukin tehtäviä ovat rullata syntyneet tuotteet koneen nopeudessa, pitää oikea ratakireys ja pystyä tekemään rullanvaihto täydessä vauhdissa. Kiinnirullaintyyppejä ovat pope-rullain ja keskiövetoinen rullain. (Karhuketo ym. 2004, 31.)

Pope-rullain on yksinkertainen kiinnirullain, jossa rullat syntyvät kun rullat painetaan rullarumpua vasten. Rullat kelataan akselille säteen kokoajan kasvaessa. Rullanvaihdossa pope-kiinnirullaimessa tyhjä rullausakseli asetetaan ensiöhaarukoille pope-rummun päälle. Ensiöhaarukat lähtevät kaatumaan ja samalla painavat tyhjän rullausakselin kiinni poperummulla pyörivään ratamateriaaliin. (Savolainen 1998, 67). Ratamateriaali katkaistaan narun avulla (Karhuketo ym. 2004, 32). Toisiohaarukat päästävät konerullan irti ja ottavat vastaan rullausakselin, johon ratamateriaali on alkanut kiertyä. Ensiöhaarukat palaavat takaisin alkuasentoon odottamaan seuraavaa rullanvaihtoa. Uusi rulla muodostuu pope-rumpua vasten, jossa haarukoiden paineella säädellään rullan kovuutta. (Savolainen 1998, 67). Pope-rullain sopii parhaiten vahvoille materiaaleille. Herkille papereille pope-rullain sopii huonosti, koska liian pienillä paineilla pope-rullaimessa päällimmäiset kerrokset alkavat helposti kelautua sivuun. (Karhuketo ym. 2004, 32).

Keskiökiinnirullaimen rakenne on melko samanlainen kuin keskiöaukirullaimella. Tyhjä hylsy asetellaan akselille rullaimen takapuolelle. Kun konerulla on kasvanut tarpeeksi suureksi, tyhjä hylsy akselineen käännetään liitämiskohtaan. Uusi akseli kiihdytetään konenopeuteen, jonka jälkeen kääntyvä akseli painaa ratamateriaalin kiinni uuteen akseliin. Radankatkaisija katkaisee radan. (Savolainen 1998, 67.) Keskiökiinnirullaimia käytetään herkillä ratamateriaaleilla, koska sillä ratakireys saadaan säädettyä löysäksi (Karhuketo ym. 2004, 32).

3.3.2 Kireyden säätö ja mittaus

Kireydensäädöllä pyritään vaikuttamaan ratamateriaalissa vaikuttaviin jännityksiin. Ratakireydellä vaikutetaan radan ohjattavuuteen, radan käyttäytymiseen pituus ja leveys suunnassa sekä lopputuotteen kireydestä

johtuviin jännityksiin. Ratamateriaalin kireyttä voidaan säädellä erilaisilla tela- ja jarruratkaisuilla. (Karhuketo ym. 2004, 32–33.)

Radankireyttä säädellään normaalisti aukirullaimen jarruilla. Aukirullaimen kireys tulisi olla 30–70 % lopullisesta kireydestä riippuen tuoterakenteesta. Kireyttä säädellään nopeuserolla, joka mentäessä koneen perää kohti kasvaa hallitusti. (Savolainen 1998, 68; Karhuketo ym. 2004, 33.)

Johtotelat ovat kevytrakenteisia, yleensä käytöttömiä herkästi pyöriviä teloja. Johtotelojen tehtävä on ohjata ratamateriaalia haluttuun suuntaan. Johtotelojen päitä voidaan siirtää pituussuunnassa, jolloin ratamateriaali lähtee ohjautumaan telan asennosta riippuvaan suuntaan. Johtotelojen sijasta voidaan käyttää radanohjuri, joka ohjaa telaa tai aukirullauspukkia. (Karhuketo ym. 2004, 33.)

Ratakireyttä voidaan ohjata tanssi- ja taittelalla. Tanssitela on heilurivarsien päihin kiinnitetty tela, jossa heilurien asento välittää tiedon ratakireydestä jarruille. Taittelatela on tanssitelan modernimpi muoto. Taittelatella laakerien alla sijaitsee vaaka-anturit, jotka säätelevät jarruja antureiden ilmoittaman paineen mukaan. (Karhuketo ym. 2004, 33.)

S-vetoteloilla säädetään ratamateriaan kireyksiä kahden tai useamman S-vetotelaston avulla. S-vetoteloilla ratamateriaali kiertyy kahden kumisen telan ympäri. S-vetotelojen sijoituessa koneen alkupäähän telojen tehtävänä on jarruttaa ratamateriaalia. Sijoituessa koneen loppupäähän S-vetotelojen tehtävänä on vetää ratamateriaalia. Telastojen välinen nopeusero aiheuttaa ratakireyden. (Karhuketo ym. 2004, 33.)

Beta-säteilyn avulla mitataan paperinjalostuskoneella radalla kulkevan massan määrää eli neliömassaa. Radan poikki kulkee kiskojen päällä mittapää, jossa radan yläpuolella on säteilylähde ja vastakkaisella puolella mitta-anturi. Säteilylähde ja mitta-anturi mittaavat säteilyn vaimenemista, joka on suoraan verrannollinen ratamateriaalin neliömassaan. Mittapää ilmoittaa neliömassan tietokoneelle, joka näyttää radan poikittaisprofiilin sen mukaan missä mittapää on kullakin kohtaa ollut. (Karhuketo ym. 2004, 34.)

3.3.3 Esi- ja jälkikäsitteily

Koronakäsittelyä käytetään paperinjalostuksessa sekä esikäsitteilyssä, että jälkikäsitteilyssä. Koronoinnin tehtävänä on nostaa materiaalin pintaenergiaa, sähkön, liekin tai molempien yhtäaikaisen käytön avulla. (Kuusipalo 2008, 45–47.) Koronoinnin seurauksena kaksi eri pintaa pääsee molekyyllitasolle asti muodostaen kemiallisia sidoksia, jotka mahdollistavat kahden pinnan tarttumisen toisiinsa (Karhuketo ym. 2004, 36–37).

Koronointikäsitteilyä tarvitaan paperin, muovifilmin tai alumiinifolion ekstruusiopäällystyksessä. Koronatasoa mitataan koronaliuossarjalla, jossa

pintajännityksen arvot vaihtelevat 30–56 dyn/cm välillä. Koronaliuossarjan nesteitä levitetään materiaalin pinnalle, josta ilmenee materiaalin pintaenergiaa vastaava dyn-arvo. Materiaalille saatava dyn-arvo on se arvo, joka pysyy näytteen pinnalla muuttumattomana vähintään kaksi sekuntia. (Karhuketo ym. 2004, 36–37.)

Sähkökorona-käsittelyssä synnytetty korkea jännite ohjataan elektrodien ja maadoitetun taustatelan välissä kulkevan ajettavan radan lävitse (Kuusipalo 2008, 45; Karhuketo ym. 2004, 37.) Sähkökoronoinnissa ajettava rata kulkee telan ympäri, jonka ympärillä on asetettu elektrodit. Sähkökoronaa käytetään jälkkoronana, jos valmiiseen ekstruusiotuotteeseen halutaan painattaa tai liimata. Huomioitavaa on, että koronataso laskee suhteessa aikaan. (Karhuketo ym. 2004, 37.)

Liekkikoronoinnissa neste- tai maakaasu tuodaan putkea pitkin radan poikki, jossa kaasu palaa liekkiä polttaen radan pintaa. (Karhuketo ym. 2004, 37.) Liekkikoronoinnissa poltetaan radalta pölyt, roskat ja pystyssä olevat kuidut pois, poistetaan vesi sekä lämmitetään rataa. Liekkikorona vaikuttaa vain toiselle puolelle rataa hapettaen sen pintaa. (Kuusipalo 2008, 43.)

Kostutuksella pyritään kompensoimaan materiaalin käyristymisongelmia sekä parantamaan materiaalin käyttäytymistä. Paperi myydään yleensä 5–10 % kosteudessa koska materiaalin saadessa pakattavan tuotteen muodon, materiaali mukautuu ympäröivään ilmaan antaen pakkaukselle paremman ulkonäön. Materiaalia voidaan kostuttaa käyttämällä sumu-, harja- tai telakostutusta. Kostutustekniikasta huolimatta on kostutuksessa otettava huomioon veden lämpötila, jonka noustessa veden pintaenergia ja viskositeetti laskee vähentäen veden annostelua materiaaliin. (Karhuketo ym. 2004, 34–35.)

Sumukostutuksessa materiaaliin sumutetaan vettä suuttimien avulla. Sumukostutus prosessin hallinta on vaikeaa suuttimien tukkeutumis vaaran ja oikean annostelun vuoksi. (Karhuketo ym. 2004, 34–35.)

Harjakostutuksessa ja telakostutuksessa tela annostelee vettä ratamateriaaliin. Erona harja- ja telakostutuksella on vettä siirtävä tela, joka harjakostutuksessa on harjalla päällystetty tela ja telakostutuksessa terästela. Molemmissa tapauksissa veden annostelu tapahtuu muuttamalla veden määrää annostelualtaassa tai muuttamalla telan pyörimisnopeutta. (Karhuketo ym. 2004, 35.)

Kuivatuksen tehtävänä on kuivattaa ja jäähdyttää ratamateriaalia, siirtää päällystyksessä ylimääräinen liuotin pois ratamateriaalista sekä parantaa ratamateriaalin adheesiota nostamalla materiaalin lämpötilaa. Ratamateriaalin kuivaus voidaan suorittaa joko puhallusilmalla tai radan lämmittämällä käyttämällä erilaisia kuivaimia, joita ovat esimerkiksi IR-kuivain eli infrapunakuivain, puhalluskuivain ja sylinterikuivain. (Kuusipalo 2008, 72; Karhuketo ym. 2004, 36.)

3.3.4 Sivelyt

Sivelyn tehtävänä on annostella ja siirtää nestemäistä ainetta ratamateriaalin pintaan. Sivelymenetelmän valintaan vaikuttavat siveltävän aineen ominaisuudet. Ratamateriaaliin sieveltäviä aineita ovat esimerkiksi vahat, hotmeltit, lakat ja liimat. (Karhuketo ym. 2004, 39; Kuusipalo 2008, 171–172.)

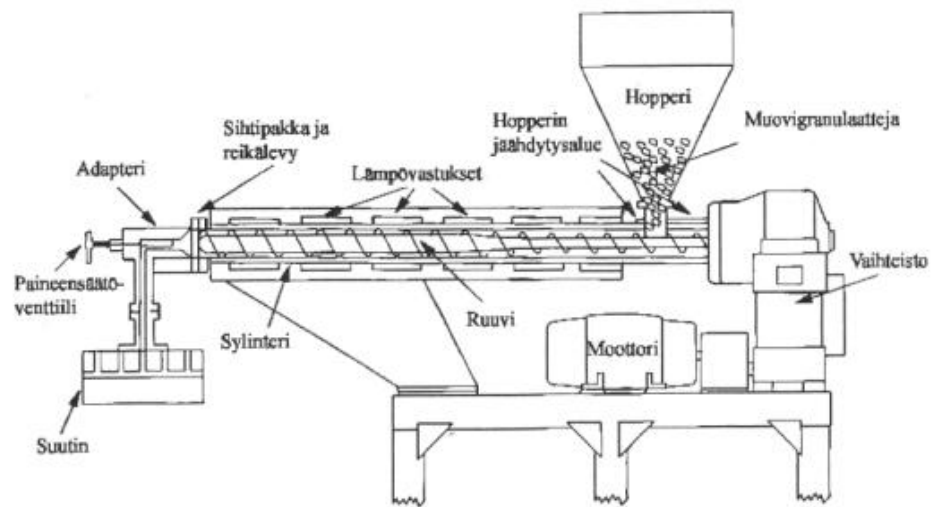
Rasteritelasivelyssä rasteritela välittää altaasta nestemäistä ainetta suoraan paperirataan. Rasteritelan pienet kupit siirtävät nestemäistä ainetta tarkasti ratamateriaaliin kaavarin poistaessa ylimääräisen nesteen pois rasteritelan pinnalta. Rasterisivelyn annostelua voidaan muuttaa vaihtamalla rasteritelaa, jossa on erikokoinen kuppirakenne. Rasterisivelyä käytetään tyypillisesti alumiinifolion ja filmien lakkauksissa ja liimauksissa. (Karhuketo ym. 2004, 41.)

Rasterisively voidaan korvata kammiokaavarisivelyllä, jossa annostelu tapahtuu altaan sijasta suljetulla kammiolla. Kahdella kaavarilla rasteritelaa suljettuun kammioon syötetään nestettä niin, että kammio muodostaa suljetun rakenteen haihtumisen estämiseksi. Kammiokaavarisivelyn kammiorakenne helpottaa mahdollisten pesujen suorittamista. (Karhuketo ym. 2004, 41.)

3.3.5 Ekstruusiopäällystys ja -laminointi

Ekstruusiossa on kyse muovigranulaattien ja mahdollisten lisäaineiden pursottamisesta suulakkeen lävitse tietyn profiilin mukaan (Kurri, Malén, Sandell & Virtanen 2002, 98). Ekstruusiossa muutetaan kiinteässä muodossa olevaa muovia sulaan muotoon puristuspaineessa. Ekstruusion tavoitteena on tuottaa ohutta sulaa filmiä mahdollisimman tasaisesti ja hallitusti liikkuvan materiaalin pintaan. (Savolainen 1998, 125; Karhuketo ym. 2004, 48.)

Ekstruuderin rakentuu moottorista, vaihdelaatikosta, granulaattisuppilosta eli hopperista, ruuvin jäähdytysvesikanavasta, ruuvista ja sen ympäröivästä sylinteristä, lämpövastuksista, jäähdytyspuhaltimista, sihtipakasta, adapterista, reikälevystä, vastapaineventtiilistä sekä suuttimesta (kuva 1). (Kuusipalo 2008, 109; Karhuketo ym. 2004, 49.)



KUVA 1 Ekstruuderin kaaviokuva (Kuusipalo 2008, 109).

Hopperin tehtävä on syöttää ekstruuderille muovigranulaatteja. Muovigranulaatit siirretään hopperiin joko automaattisesti tai manuaalisesti säkeistä, konteista tai varastosiloista. Muovin siirtoon voi sisältyä punnitusyksikkö kontrolloimaan muovin syöttöä hopperiin. (Kuusipalo 2008, 108.) Hopperiin voidaan sekoittaa erilaisia muoveja erilaisten muoviseoksien aikaansaamiseksi. Sekoitukseen voidaan käyttää painoon perustuvaa muovin annostelua tai tilavuuteen perustuvaa annostelua. (Karhuketo ym. 2004, 49.) Hopperin muovin syötössä ei saisi ilmetä ongelmia, koska ne heijastuvat heti ekstruusio prosessin stabiilisuuteen. Muovin kulutusta säädellään ruuvin kierrosnopeudella, joka vaikuttaa hopperin toimintaan. Sähkömoottorilla toteutettavan kierrosnopeuden säätelyn vuoksi hopperissa tulisi olla riittävästä granulaatteja, ettei muovi lopu ekstruusio-tapahtumassa kesken ja muovifilmi katkea prosessin aikana. Talvella on varottava kondenssi-ilmiötä imettäessä muovia, koska vesi aiheuttaa ekstruusiossa reikiä muovifilmiin. (Kuusipalo 2008, 108; Karhuketo ym. 2004, 49.)

Ruuvin tehtävänä on saattaa muovigranulaatit homogeeniseen sulaan muotoon. Ruuvi koostuu syöttövyöhykkeestä, puristusvyöhykkeestä ja homogenointivyöhykkeestä, joissa muovin muuttuminen kohti homogeenista rakennetta muodostuu. (Kuusipalo 2008, 109.) Syöttövyöhykkeessä sylinterin ja ruuvin välinen vapaatila täyttyy granulaateilla. Ruuvin pyöriessä granulaatit etenevät kohti puristusvyöhykettä, jossa pääasiassa granulaattien välinen kitka ja muovimassan paine alkavat saattamaan muovia sulaan muotoon. Homogenointi vyöhykkeessä muovimassan lämpötila ja muovin rakenne tasaantuu lämpövastuksien ja jäähdytyksen avulla. (Karhuketo ym. 2004, 49–50.) Loppujen lopuksi muovin saattamiseen homogeeniseen muotoon vaikuttavat sylinterivyöhykkeiden lämpötila asetukset, ruuvin kierrosnopeus, vastapaine, adapteri ja ekstruuderin suulakkeen lämpötila asetukset. (Kuusipalo 2008, 109.)

Ruuvien jälkeen muovisula virtaa reikälevyn ja sihtipakan lävitse kohti adapteria. Reikälevyn ja sihtipakan tehtävänä on luoda vastapainetta muovin homogeenisuuden lisäämiseksi sekä poistaa epäpuhtaudet esimerkiksi kivet ja metallisirut muovista. Reikälevyn ja sihtipakan muodostaman kokonaisuuden jälkeen muovi virtaa adapteriin, jonka tarkoituksena on säätää painevaihteluja ja samalla luoda vastapainetta vastapaine venttiilin avulla. (Kuusipalo 2008, 110; Karhuketo ym. 2004, 50.)

Ekstruuderin suutin pakottaa muovisulan leveäksi filmiksi. Lopullinen muovin lämpötila, paksuus ja leveys säädetään suuttimella. Muovien paksuutta säädelään suuttimen huuliraon asentoa muuttamalla ja leveyttä suuttimessa olevien rajoittimien avulla. (Kuusipalo 2008, 111) Muovifilmissä ilmeneviä ongelmia ovat reunapaksunnokset, jotka johtuvat muovien molekyyliarakenteesta ja ajonopeudesta. Reunapaksunnokset syntyvät suuttimella kun filmin reunat alkavat kuroutua eli vetäytymään sisäänpäin. Kuroutumista voidaan ehkäistä filmin reunan ohennuksella. (Karhuketo ym. 2004, 51.)

Koektruusiassa yhdistetään muutaman ruuvien avulla eri muovikerroksia toisiinsa. Muovikerrokset yhdistetään toisiinsa adapterissa tai vasta suuttimessa. (Karhuketo ym. 2004, 51.) Paperinjalostuksessa käytetään tyypillisesti kahta tai kolme ruuvia, joilla saadaan aikaan yhdestä neljään erilaisia muoviyhdistelmiä. Ruuvien kierrosnopeuksilla säädetään kunkin muovikerroksen paksuutta. (Kuusipalo 2008, 114.) Koektruusiota käytetään kun halutaan esimerkiksi säästää raaka-aine hinnoissa käyttämällä ohut kerros erilaisia muovilaatuja tai kun halutaan eri muovien kautta hakea tuotteella haluttuja ominaisuuksia esimerkiksi pintaan kitkaa, kiiltoa tai väriä. Koektruusion onnistumisessa tulee ottaa huomioon käytettävien muovien yhteensopivuus toistensa kanssa, jotta eri kerroksilla säilyisi vaadittava adheesiotaso eikä muovien kerrospaksuus vaihtelisi liika. (Karhuketo ym. 2004, 52.)

Laminointi on prosessi, jossa kahden telan muodostamaan nippiin saatetaan muovifilmi kahden ratamuotoisen raaka-aineen väliin. Telojen muodostamassa nipissä puristetaan raaka-aineet yhteen niin, että saadaan materiaalikerroksien välille haluttu adheesio aikaiseksi. (Karhuketo ym. 2004, 52.) Adheesio vaikuttavat tekijät kuvataan luvussa 3.4.3.

3.3.6 Painatus

Painatuksella haetaan tuotteisiin erilaisia esteettisiä ominaisuuksia. Painotuotteen valmistus käsittää prepressin eli ennen painamista tapahtuvat toimenpiteet, painamisprosessin sekä jälkikäsitteilyn. Paperinjalostuskoneella tapahtuvia prepress-toimintoja ovat painatusvärin saattaminen oikeaan sävyyn sekä asemointi eli tekstin ja kuvien sijoittaminen lopullisille kohdille. Painamisprosessissa painopinnalla oleva aihe siirretään painovärillä materiaalin pintaan ja tarpeen tullen tehdään muita menetelmiä riippuen painokonetyypistä. Materiaaleihin voidaan

painaa esimerkiksi yksi- ja kaksiväritekniikoilla tuotteiden tunnusvärejä ja yritysten logoja. Jälkikäsitellyssä painotuote voidaan esimerkiksi leikata ja pakata. (Karhuketo ym. 2004, 81–86.)

Flexopaino on yksinkertainen värilaitte, jossa käytetään joustavia painolaattoja painettaessa erilaisten materiaalien pinnoille. Joustavuutensa ansiosta se sopii melkein mille tahansa painettavalle materiaalille. Flexopainossa juoksevaa väriainetta annostellaan joustavalle painolaatalle erillisellä annostelutelalla, jossa väriaine tarttuu painolaatan kohokuvioon. Painettava kuvio välitetään painolaatalta ratamateriaaliin painotelan ja puristustelan välisessä nippipuristuksessa. (Karhuketo ym. 2004, 116–125.)

Flexopainoja on stack- eli tornityyppisinä koneratkaisuina. Tornityyppisessä painokoneessa painlaitteita on noin kahdesta kahdeksaan ja ne sijaitsevat tornimaisesti päällekkäin. Stack-koneet mahdollistavat esimerkiksi nopeat tuotevaihdot sekä säädöt ja pesut. (Karhuketo ym. 2004, 116–125.)

Suihkupainatuksessa painettava väri suihkutetaan suoraan ratamateriaaliin ilman painokoneen suoraa kosketusta. Suihkupainatusta käytetään karheiden materiaaalipintojen painatukseen. (Kuusipalo 2008, 71–71.)

3.3.7 Jälkikäsitely

Leikkureilla poistetaan pääkoneella syntynyt konerullista epäkurantit kohdat sekä leikataan konerullat asiakkaan vaatimiin asikasrullamittoihin. Asikasrullat leikataan asiakkaalle soveltuviin mittoihin leikkaamaalla rullat määrättyihin leveyksiin, pituuksiin tai tiettyihin halkaisijoihin. (Karhuketo ym. 2004, 56.)

Rullan pakkauksen tarkoituksena on estää ulkoisten rasiusten vaikutus rullaan asentamalla pakattavaan rullaan esimerkiksi hylsytaipit, sisäpäätylaput, suojakääre, ulkopäätylaput sekä erilaiset merkinnät. Rullaan asetettavilla merkinnöillä pyritään parantamaan logistiikan hallintaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001, 242–243.)

Rullan saapuessa pakkaus koneelle sen pakkauksen rakenteet määritetään toimintajärjestelmässä olevasta pakkausohjeesta. Ohjeessa määritellään pakkauksen rakenne ja eri rakenneosien lukumäärät. Rullapakkausten rakenne on pysynyt vuosia samanlaisena. Tosin pakkauksen ulkopintaa käytetään nykyään myös markkinoinnin välineenä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001, 242–243.)

Rullapakkauksessa käytetään yleisesti kartonkipohjaisia rullapakkauskääreitä, jotka liimataan kiinni joko hotmeltliimalla tai kuumasaumauksen avulla. Yksiasemaisilla pakkaus koneilla kaikki pakkauksen vaiheet tehdään yhdellä kerralla lävitse. Rullapakkauksen jälkeen rullaan lisätään mahdolliset etiketit, jonka jälkeen rullat ohjataan

kuljettimilla varastoon, jossa trukki siirtää rullat oikeille paikoilleen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001, 242–243.)

3.4 Laatuksiteerit

Laatua seurataan paperinjalostuskoneella erilaisilla automaattisilla mittauslaitteilla, jotka tarkkailevat paperirataa jatkuvasti. Tietokoneet mahdollistavat erilaisten arvojen seuraamisen suoraan jalostuskoneella mutta tarvittaessa joudutaan turvautumaan laboratorion apuun. Laboratorio testaa tarvittaessa joitakin kriittisiä arvoja, jotta jalostuskoneella pystytään häiriöttömästi valmistamaan laatuksiteereitä täyttäviä tuotteita. (Karhuketo ym. 2004, 26.)

Paperinjalostusprosessissa ilmenevät häiriöt ja prosessin hajonnat vaikuttavat tuotteen ominaisuuksiin. Paperinjalostuskoneella ilmeneviä ominaisuuksia on häiriöiden ja hajonnan takia erittäin tärkeää seurata. Tuotteista mitattavia erilaisia merkittäviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi barrier-ominaisuudet, mikroreijät, adheesio ja kuumasaumautuvuus. (Karhuketo ym. 2004, 70–71.)

3.4.1 Barrier-ominaisuudet

Barrier-ominaisuuksilla haetaan tuotteelta veden, höyryn, rasvan, öljyn, pesuaineen, valon, hiilivety liuotteiden, neutraalien liuoksien ja kaasun estokykyä. Täydellisiä barrier-ominaisuuksia haetaan harvoin ja siksi tärkeämmässä roolissa ovat tuotteen vaatimukset tietyn barrier-tason saavuttamiseksi. (Kuusipalo 2008, 98.) Esimerkiksi elintarviketuotteissa nestepakkauksissa tarvitaan hyvää kosteussuojaa, jotta kosteus pääsee kartongin lävitse. (Karhuketo ym. 2004, 71–72).

Barrier-ominaisuuksien syntyyn vaikuttavat jalostusprosessissa mm. muovifilmin mikroreijät ja valittu polymeerityyppi. Päällistyksellä saatavat barrier-ominaisuudet romahtavat mikroreikien ilmenemisen myötä. Tuotteeseen suoritettava polymeerityypin valinta pitää suorittaa tarkkaan koska eri polymeereillä on erilaiset barrier-ominaisuudet. Jotkut polymeerit estävät paremmin kaasuja tai nesteitä kuin toiset polymeerit. (Kuusipalo 2008, 98.) Barrier-ominaisuuksia saadaan luotu yhdistämällä erilaisia tuoterakenteita toisiinsa, jossa jokaisella rakenteella on omat barrier-ominaisuudet (Karhuketo ym. 2004, 71–80).

3.4.2 Mikroreijät

Mikroreijät ovat repeämiä muovifilmissä, jotka syntyvät muovin rakenne ylittää joustavuuden rajan. Mikroreikiä voi syntyä paperinjalostus prosessin aikana esimerkiksi ennen ekstruusiota tai silloin kun muovifilmi kohtaa ratamateriaalin. Mikroreikiä syntyy jos muovisulassa on kuplia tai epäpuhtauksia, paperin pintakuidut puhkaisevat muovifilmin tai jokin muu käsiteltävä materiaali tekee reikää muovifilmiin. Materiaalissa esintyvät

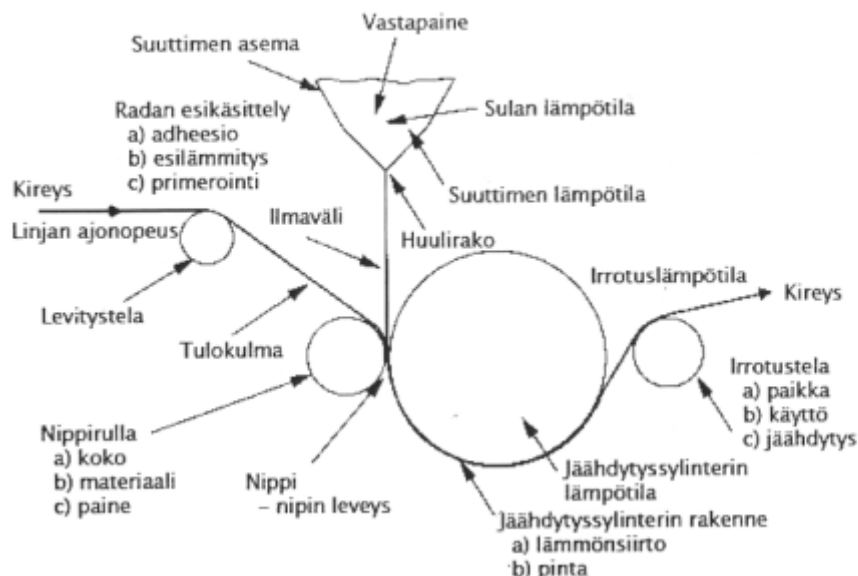
mikroreijät rajoittavat tuotteen käyttöä esimerkiksi heikentäen barrierominaisuuksia. (Kuusipalo 2008, 136.)

3.4.3 Adheesio

Kun erilaiset materiaalit pysyvät tiukasti yhdessä vaikuttaen niihin samaan aikaan tietyllä voimalla, kutsutaan ilmiötä adheesioksi. Adheesiolla myös kuvataan sitä voimaa, joka tarvitaan erottamaan materiaalit toisistaan. Adheesio on erittäin merkityksellinen paperinjalostuksen eri prosesseissa kuten painatuksessa, metalloinnissa, laminoinnissa, liimauksessa ja kuumasaumautuvuudessa. (Kuusipalo 2008, 14.)

Paperinjalostuksessa adheesioon vaikuttaa monta erilaista seikkaa, joita pyritään selvittämään erilaisia teorioita käyttäen. Erilaisia adheesio teorioita ovat mekaaninen kiinnittyminen, diffuusioteoria, sähköstaattinen teoria, termodynaamisen absorption ja materiaalin pinta energian -teoria, kemikaalinen adheesio, lujitusteoria, heikko kerroksien raja -teoria ja adheesio toiminta vastaan vika energia -teoria. (Kuusipalo 2008, 15–22.)

Ekstruusiopäällystyksessä ja -laminoinnissa adheesio-ominaisuuksien tarkkailu on lisääntynyt kasvaneiden ajonopeuksien ja ohuempien muovifilmien vuoksi. Ekstruusiossa adheesioon syntyy ja hallittavuuteen vaikuttavat erilaiset parametrit ja niiden säädöt. Tärkeimpiä säädettäviä parametreja ovat mm. ilmaväli, nippi, polymeerit, materiaalin esikäsitely, materiaalin ominaisuudet, ajonopeus ja jäähdytysylinteri (kuva 2). (Kuusipalo 2008, 35.)



KUVA 2 Tärkeimmät adheesio syntyyn vaikuttavat tekijät ekstruusioprosessissa (Kuusipalo 2008, 35).

Adheesiota testaukseen on kehitetty monia erilaisia testausmenetelmiä. Peel-testillä mitataan eri kerroksien erottamiseen vaativaa voimaa.

Adheesion käsitteissä revitään sormiotteella eri kerroksia toisistaan ja arvostellaan irtoaminen nolasta viiteen, jossa nolla on huonoin. Muita testejä ovat teippitestit ja naarmuuntumistestit. (Kuusipalo 2008, 31–32.)

3.4.4 Kuumasaumautuvuus

Kuumasaumassa eri pinnat yhdistyvät toisiinsa lämmön ja paineen avulla. Kuumasaumautuvuudessa oleellista on eri materiaalien hyvät kontaktit toisiinsa. Saumojen tulee kestää mekaanisia rasituksia, sekä niiden tulee säilyä vuotamattomina (Savolainen 1998, 53; Savolainen 1998, 180)

Tuotteista voidaan mitata kuumasaumautuvuutta esimerkiksi testaamalla tuotteen minimi kuumasaumautuvuus lämpötila, saumavoima ja hot tack. Nykyisten vaatimusten mukaan saumojen tulisi olla kestäviä jo heti saumauksen jälkeen sekä saumautuvuusaikojen tulisi olla lyhyitä. (Savolainen 1998, 181.)

4. MATERIAALI- JA KUSTANNUSTEHOKAS TUOTANTO

Kokoajan kasvava kilpailu ja suuret markkinat asettavat suuria haasteita tuotannolliselle yritykselle. Materiaalien säästöillä ja tehokkaammalla toiminnalla yritys voi pärjätä paremmin mukana kilpailussa.

Materiaali- ja kustannustehokkaaseen tuotantoon päästään keskittymällä parantamaan tuotannon eri osa-alueita. Parhaimpia mahdollisuuksia päästä kustannustehokkaaseen tuotantoon on keskittyä lisäämään tuottavuutta vähentämällä tuotannossa syntyvän hylyn määrää, vähentämällä asetuksiin kuluvaan aikaan sekä keskittymällä entistä enemmän koko tuotannon toiminnan laatuun. Tässä luvussa käydään lävitse toiminnan osatekijöitä, joita tehostamalla ja parantamalla yrityksellä on mahdollisuus lisätä tuotannon tehokkuutta.

4.1 Tuottavuus

Tuottavuudella tarkoitetaan käsitteenä tuotosten ja niiden aikaansaamiseksi käytettyjen panosten suhdetta. Tuotantoyksikkö on sitä tuottavampi mitä suurempana tuotos syntyy panosten pysyessä suhteellisen vakiona. Käyttämällä tuottavuutta mittarina, voidaan tarkastella mitä tahansa kohteita esimerkiksi yrityksiä, tulosyksiköitä, työryhmiä, työmenetelmiä, yksittäisiä työntekijöitä sekä työn vaiheita. (Heikkilä & Ketokivi 2005, 215.)

Tuottavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Esimerkiksi tuotannossa käytettävät panokset, joita ovat esimerkiksi materiaali-, työ- ja pääomapanokset, vaikuttavat tuotannon määrään. Panoksien vaikutus riippuu siitä missä suhteessa panosten määriä vaihdellaan ja säädellään. Tuottavuuteen vaikuttavat panosten ja tuotosten suhteiden lisäksi monet

muut tekijät kuten työntekijöiden koulutus ja kokemus, organisaatio ja tekninen tietämys. (Haverila ym. 2005, 21.)

Tuottavuutta voidaan kasvattaa lisäämällä tuotoksia tai vähentämällä käytettäviä panoksia sekä edellisten suhteita säätämällä. Tuottavuuden kasvuun pystytään vaikuttamaan myös tehokkuuden lisäämisellä hyödyntämällä käytössä olevat resurssit ja tuotannontekijät niin, että suorituskyky kasvaa. (Heikkilä & Ketokivi 2005, 215–216.)

4.2 Laatu

Laadulla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun kykyä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Asiakas määrittelee itse tuotteen laadun omien mielipiteidensä, lähtökohtiensa, käyttötarpeidensa ja vaatimustensa mukaan. Laatu voidaan määritellä raja-arvojen ja kriteerien mukaan. Määrittelyjen avulla voidaan erottaa toisistaan hyväksytyt ja hyväksymättömät tuotteet. (Haverila ym. 2005, 372.)

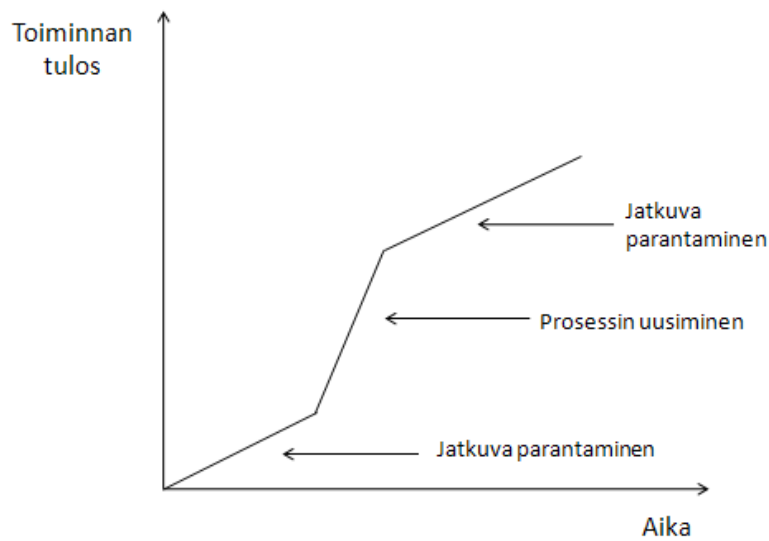
4.2.1 Laadun jatkuva parantaminen

Laadun jatkuva parantaminen on toimintamalli, jossa koko henkilöstö pyrkii kehittämään yrityksen toimintaa. Toimintamallin mukaan yrityksen henkilöstön jokaista toimintoa ja tehtävää tulisi kehittää jatkuvasti. (Haverila ym. 2005, 381.)

Yrityksen omistaja vastaa prosessin suorituskyvyn valvonnasta ja tarkkailusta. Tarkkailussa tulee kiinnittää huomiota esimerkiksi prosessin nopeuteen, virheiden määrän vähentymiseen, parannustavoitteiden saavuttamiseen ja asiakastyytyväisyyden lisääntymiseen. Yrityksen tulee ymmärtää asiakkaiden muuttuneita tarpeita ja niiden suhteuttamisesta prosessiin ottamalla huomioon oman jatkuvan parantamisen. (Lecklin 2006, 197–198.)

Yritykselle tulee jatkuvan parantamisen paineita monelta suunnalta esimerkiksi asiakkailta, kilpailijoilta ja uuden teknologian myötä. Asiakkaiden vaatimukset muuttuvat kokoajan, johon tulisi pystyä reagoimaan mahdollisimman hyvin. Kilpailijat pyrkivät ohjaamaan toimialaa haluamaansa suuntaan uudistamalla prosessejaan. Uudet teknologiat ajavat vanhentuneita prosesseja kilpailukyvyttömiksi, johon tulisi vastata prosessien kehittämällä. (Lecklin 2006, 198–199.)

Jatkuva parantaminen voi tulla kyseeseen sekä prosessien uudistamisen että parantamisen kautta (kuva 3).

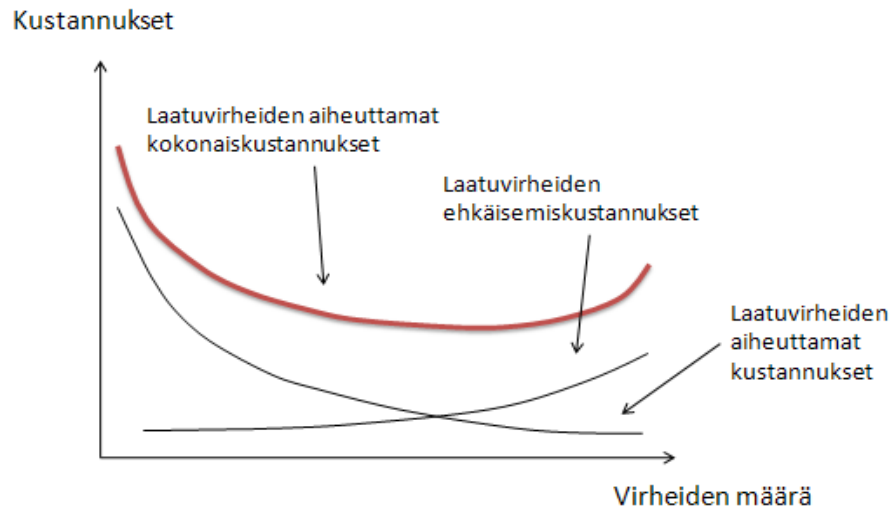


KUVA 3 *Prosessin parantaminen ja uudistaminen (Lecklin 2000, 200).*

Prosesseja kehitetään jatkuvan parantamisen merkeissä hiomalla eri tekniikoita, menetelmiä ja työtapoja niin pitkälle, että jatkuvaa parantamista ei voida enää suorittaa perinteisin keinoin. Jatkovaa parantamista voidaan jatkaa uudistamalla prosesseja kokonaan niin, että tulokset ja tuottavuus paranevat. (Lecklin 2000, 199.)

4.2.2 Laatumuutokset

Yrityksen toiminnassa syntyy aina laatumuutoksia kun halutaan varmistaa tuotteiden täyttävän asiakkaan asettamat vaatimukset. Laatumuutokset jaetaan laatumuutoksiin sekä huonosta laadusta johtuviin laatumuutoksiin. Laatumuutoksiin kuuluvat esimerkiksi tehdyt investoinnit laadun kehittämiseksi. Huonosta laadusta johtuvat laatumuutokset koostuvat erilaisista virheistä ja asioiden tekemisestä väärin. Laatumuutokset ja huonosta laadusta johtuvat laatumuutokset voidaan jakaa vielä ulkoisiin virhe-laatumuutoksiin, sisäisiin virhe-laatumuutoksiin, laadun ylläpitokustannuksiin sekä ehkäisykustannuksiin. (Lecklin 2006, 155.) Kokonaislaatumuutoksiin siis vaikuttavat laatumuutosten aiheuttavat laatumuutokset sekä laatumuutokset edistävät laatumuutokset (kuva 4).



KUVA 4 Laatuvirheiden aiheuttamien kokonaiskustannusten syntyminen (Salminen 1990, 42).

Ulkoisia virhekustannuksia syntyy kun asiakas havaitsee puutteita sille lähetetyistä tuotteista, mistä johtuen yritys joutuu maksamaan asiakkaalle korvauksen puutteista. Ulkoiset virheet johtuvat prosessien laadunvarmistuksen pettämisestä, jolloin virhe on päässyt asiakkaalle asti. Ulkoiset virheet ovat vaarallisimpia, koska niiden korjaaminen on kalliimpaa kuin, että virhe havaittaisiin syntypaikalla. Virheiden kalleuden lisäksi yritys kärsii ulkoisista virheistä imagollisia tappioita. Ulkoisia virhekustannuksia aiheuttavat esimerkiksi vahingon korvaukset, tuotteiden palautuskustannukset sekä asiakkaiden havaitsemien virheiden korjauskustannukset. (Lecklin 2006, 155.)

Sisäiset virhekustannukset ovat yrityksen sisällä havaittujen virheiden aiheuttamia kuluja. Sisäiset virheet havaitaan jo ennen kuin tuote päätyy asiakkaalle asti. Sisäisiä virheitä ovat esimerkiksi jäte, hylky sekä tuotteen korjaamisesta aiheutuvat kustannukset. Sisäisiä virhekustannuksia aiheuttavat esimerkiksi virheiden tekeminen, sisäisesti havaittujen virheiden korjaaminen, virhekappaleet ja hylkytavarat. (Kookas n.d; Lecklin 2006, 155.)

Lopputuotteen tarkastamisesta, laadunvarmistuksesta, erilaisista testeistä ja suunnitelmallisista arvioinneista aiheutuvat kustannukset ovat laadun ylläpitokustannuksia. Laadun ylläpito vaikuttaa virhekustannuksien syntyyn vähentävästi. (Lecklin 2006, 157.)

Ehkäisykustannuksia syntyy kun yritetään poistaa jo ennakoon mahdolliset virhelähteet ja laaturiskit. Ennakoivia toimenpiteitä ovat suunnittelu, kehittäminen ja koulutus. Ehkäisykustannuksiin voidaan

panostaa reilusti, koska näin voidaan saavuttaa korkea laatutaso. (Lecklin 2006, 158.)

Laatukustannuksien määrittämiseksi jokaisen yrityksen on käytettävä omaa tarkastelutapaa. Laatukustannuksia voidaan seurata erilaisien prosessimittarien avulla esimerkiksi tarkkailemalla virhekappaleiden lukumäärää prosentuaalisesti. Tutkimuksissa on todettu, että laatukustannusten osuus yritysten liikevaihdosta on noin 15–30 %. (Lecklin 2006, 154–155.)

4.3 Lämpäisy aika

Lämpäisyajalla kuvataan kokonaisaikaa, joka kuluu jonkun toimintakokonaisuuden alkamisesta päättymiseen. Lämpäisy aika voidaan jakaa kokonaislämpäisy aikaan ja valmistuksen lämpäisy aikaan. Kokonaislämpäisyajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, joka kuluu jonkun valmistuksen aloituksesta valmistuksen lopetukseen. Valmistuksen lämpäisyajalla tarkoitetaan tuotteen valmistamiseen alusta loppuun kuluvaa aikaa. Valmistuksessa lämpäisy aika ottaa kantaa vain valmistukseen menevään kokonais aikaan eikä siihen, mitä tuotteelle tai tilaukselle tapahtuu lämpäisyajan aikana. Lämpäisy aika ei myöskään ota kantaa yrityksen tuottavuuteen. Valmistuksen lämpäisy aika koostuu työvaiheajasta, odotusajasta, asetusajasta ja kuljetusajasta. Lämpäisy aikojen lyhentämisellä voidaan pienentää tuotantoon sitoutuneen pääoman arvoa, parantaa toimitusvarmuutta ja laatua sekä helpottaa valmistukseen tarvittavan kapasiteetin suunnittelua. (Haverila ym. 2005, 401–402.)

Valmistuksen lämpäisy aikojen lyhentäminen on yksi kannattavuutta parantavista mittareista. Lämpäisy aika kuvaa yrityksen toiminnan tehokkuutta ja se sopii kuvaamaan mitä tahansa tuotantoa. Lämpäisyajan lyhentämisellä saadaan vähennettyä tuotantoon sitoutuneen pääomaan määrää. Esimerkiksi saman tuotteen tekemiseen tarvittavien työtuntien määrää saadaan pudotettua sekä tuotannossa olevien puolivalmiiden tuotteiden määrää vähennettyä entisestään. Lämpäisy aikojen lyhentämisellä saadaan välivarastojen kokoa pienennettyä tai eliminoitua kokonaan. (Kookas n.d.)

4.4 Asetusaika

Asetusajaksi kutsutaan sitä aikaa, joka kuuluu työpisteessä vaihdettaessa tuoterakenteesta toiseen. Asetusaika tehdään kerran tuotantoerän aikana ja siihen kuuluu erilaisia toimenpiteitä, jotka on pakollisia tehdä ennen kuin seuraavaa tuotetta päästään valmistamaan. Asetusajoissa tehtäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi työkalujen vaihdot, raaka-aineiden vaihdot, kiinnittimien vaihdot, koneen ohjelmien vaihdot sekä muut toimenpiteet. (Haverila ym. 2005, 406.)

Kapasiteetin nousu on yritykselle suuri motivaattori saada asetusajat kuriin. Kapasiteettiongelmat johtuvat usein siitä, ettei koneilla saada valmistettua niin paljon tuotteita kuin pitäisi. Nämä ongelmat vaikuttavat

toimitusaikoihin negatiivisesti, joten keskittymällä asetusaikojen pienentämiseen saadaan ratkaistua näitä ongelmia. (Wisconsin manufacturing extension partnership n.d.)

Asetusaikojen pienentämisessä tulee huomioida asetusaikojen vähentämiseen tarvittavien investointien määrä sekä koneiden ja laitteiden edellytykset asetusaikojen lyhentämiseen. On tarkoin laskettava tuleeko asetusaikoja pienentävät investoinnit kustantamaan liikaa yritykselle niin, että pienentyneistä asetusaajoista ei saada varsinaista hyötyä. On todettu että asetusaikoja voidaan maksimissaan pienentää noin 50 %:lla ilman erillisiä investointeja. (Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu 2003; Wisconsin manufacturing extension partnership n.d.)

Asetusaikojen pienentäminen on usein lähtökohtana taloudellisten eräköiden pienentämiseen tuotannossa. Asetusajat ovat tuottamatonta aikaa, josta asiakas ei halua maksaa. Asetusajat vaikuttavat negatiivisesti valmistuserien kannattavuuteen sekä syövät kapasiteetin tuottamaa käyttöastetta. (Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu 2003.)

4.4.1 Sisäinen ja ulkoinen asetusaika

Koneen asetusajat jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen asetusaikaan tarvittavien asetusten tekemisen ajankohdan mukaan. Sisäisellä asetusaikalla tarkoitetaan koneessa tapahtuvia asetuksia, jotka tehdään koneen ollessa pysähdyksissä. Sisäisiä asetusaikoja tehdessä kone on tuottamattomassa tilassa. Ulkoisia asetusaikoja ovat koneen ulkopuolella tehdyt koneen käynnin aikaiset asetukset, johon tulisi aina pyrkiä. (Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu 2003.)

4.4.2 Asetusaikojen lyhentäminen

Asetusaikoja voidaan lyhentää erilaisilla teknillisillä ratkaisuilla esimerkiksi lyhentämällä erilaisten työkappaleiden ja työkalujen vaihtoon menevää aikaa. Tehokkaammalla organisoimisella koneella tehtävät asetukset tulisi pyrkiä tekemään edellisen työtehtävän aikana niin pitkälle kuin mahdollista sisäisten asetusaikojen minimoimiseksi. Asetusten tekemisessä voidaan käyttää tarvittaessa lisätyövoimaa, jonka työtehtäviin ei varsinaisesti kuulu työskennellä työpisteellä, jossa asetuksia tehdään. (Haverila ym. 2005, 406.)

Asetusaikoja voidaan lähteä pienentämään erottamalla ensin sisäinen ja ulkoinen asetusaika toisistaan. Erottamisen jälkeen pyritään siirtymään sisäisistä asetusaajoista ulkoisiin esimerkiksi eliminoimalla säätöjä, yksinkertaistamalla teknisiä ratkaisuja kuten kiinnityksiä ja ottamalla lisätyövoimaa asetusten ajaksi. Lopulta yritetään eliminoida mahdollisuuksien mukaan sekä sisäisiä, että ulkoisia asetusaikoja. Asetusaikojen pienentämistä voidaan lähteä hakemaan myös etsimällä tuotannon pullonkaulakohtia. Pullonkaulakohtien löydyttyä pyritään ensin tiputtamaan pullonkaulakohtien asetusaikoja ja sen jälkeen seuraavaa

viittä pahinta prosessin kohtaa, jossa asetusaikoihin menee luvaton määrä aikaa. (Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu 2003; Wisconsin manufacturing extension partnership n.d.)

Asetusaikojen pienentämisellä saatuja hyötyjä ovat lisääntynyt joustavuus ja kapasiteetti, tuotteiden lyhyempi läpäisy aika, laadun paraneminen sekä koko tuotannon ohjattavuuden paraneminen. (Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu 2003.)

4.5 Hylky

Suomen jätelain ensimmäisen luvun kolmannen pykälän mukaan jäte on määritelty seuraavasti:

Laissa tarkoitetaan jätteellä ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä (Jätelaki 1:3 §).

Jätteellä tarkoitetaan kaikkia tavaroita, joista ihminen haluaa päästä eroon tai on jo hävittänyt kyseiset tavarat. Jätteellä tarkoitetaan myös tavaroita, joista ihmisen on pakko päästä eroon esimerkiksi vaaralliseksi luokitellut haitalliset jätteet. (European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production 2008.)

Hylkyä syntyy tuotannossa muun muassa seuraavista resursseista ja kuluttavista toiminnoista, jotka eivät tuota lisäarvoa:

- ylituotanto
- odottaminen
- tarpeeton kuljettaminen
- ylivalmistaminen
- ylivarasto
- tarpeeton liikkuminen
- vialliset osat (Laamanen 2003, 162).

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa syntyi jätettä vuonna 2007 noin 74 miljoonaa tonnia. Teollisuuden osuus kokonaisjättemäärästä oli lähes 19 miljoonaa tonnia eli noin 25,6 %. Kokonaisjättemäärästä metallin osuus oli 1,306 miljoonaa tonnia, paperin ja pahvin 799,3 tuhatta tonnia, muovin ja kumin 63,7 tuhatta tonnia sekä kemiallisen jätteen 994 tuhatta tonnia. (Tilastokeskus 2009.)

Tuotantolaitoksissa ja prosesseissa syntyy aina jätettä. Jätteen vähentämiseksi olisi syytä keskittyä toimenpiteisiin, joilla jätteen määrää saataisiin vähennettyä mahdollisimmin alhaiselle tasolle. Jätteen määrää voidaan ehkäistä modifioimalla tuotantolaitosta ja käyttämällä sivutuotteita uudelleen prosesseissa. Esimerkiksi pk-yritysten pyrkimys jätteen määrän vähentämiseen ei liity jätehuolto-kustannuksiin, vaan hukkaan menneiden raaka-aineiden vähentämiseen. Erityisesti kemian

teollisuudessa jätteiden määrän vähentäminen korostuu jätteiden hävittämisestä koituvien korvausten kalleudesta. (Ilomäki & Melanen 2000.)

Hylyn minimoimisella tarkoitetaan käytön pienentämistä tai kierrätysmenetelmien käyttöä kuten esimerkiksi energian talteenottoa ja jätteiden loppusijoitusta. Hylyn käsittely ei kuulu hylyn määrän vähentämiseen, mutta siinä muutetaan hylky eri tekniikoilla johonkin muotoon. (U.S. Environmental Protection Agency, 2008.)

Hylyn määrien pienentämisessä joko vähennetään jätteen määrän syntyä aikaisemmista lukemista tai poistetaan jäte kokonaan prosessista eliminoimalla sen syntylähde. Hylyn määrän pienentämisessä pyritään myös välttämään vaarallisten aineiden käyttöä. (U.S. Environmental Protection Agency, 2008.)

Kierrätyksessä eli aineiden talteenotossa käytetään uudelleen hyväksi materiaaleja, joilla voidaan korvata kaupallisten raaka-aineiden hankinta jätteitä hyväksikäyttävässä yrityksessä (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

Hylkymäärien vähentämisellä pystytään suojelemaan luontoa sekä vaikuttamaan yrityksen taloudelliseen asemaan. Hylyn vähentäminen tai kierrätys vähentää myrkyllisten aineiden käyttöä, raaka-aineiden ja tuotteiden menetyksiä, raaka-aineiden hankintakustannuksia, jätehuollon kustannuksia ja ympäristövahinkovastuuta. (U.S. Environmental Protection Agency, 2008.)

5. TYÖRYHMÄN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Työryhmän toiminnan kehittäminen on monimuotoista. Ei riitä, että keskitytään parantamaan vain yhtä osa-aluetta, vaan kehittämisessä on otettava huomioon monia eri osatekijöitä. Työryhmän toiminnan kehittämisessä tulee ottaa huomioon esimerkiksi ihmisten fyysiset ja henkiset ominaisuudet, työntekijöiden ammattitaito, omat työtavat, kyky toimia ryhmässä sekä työryhmän onnistuminen tiimiytymisen luomisessa.

Tässä luvussa keskitytään edellä mainittujen seikkojen kautta löytämään työryhmän kehittymiselle kehityskohteita, joiden kautta olisi mahdollista löytää parantavia ehdotuksia työryhmän tehokkuuden lisäämiseksi.

5.1 Työtavat

Työtavoilla tarkoitetaan niitä tapoja, joilla tuote rakennetaan alusta loppuun erilaisia tuotannon tekijöitä hyväksi käyttäen. Eri tuotteiden valmistus on mahdollista suorittaa monella erilaisella tavalla, mutta yleensä työtavat on räätälöity tuotteiden vaatimusten mukaisiksi. Onkin tärkeintä osata löytää ne työtavat, joilla tuote valmistuu edullisimmin ja

kustannustehokkaimmin kuitenkin taaten tuotteelle asetetut laatuvaatimukset. Esimerkiksi hyvillä ja tehokkailla työtavoilla voidaan valmistaa tuotteet paljon kustannustehokkaammin ja nopeammin kuin huonoilla työtavoilla. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 488–489.)

5.2 Työtapojen suunnittelu

Työtapojen suunnittelu voi koskea niin useata työvaihetta kuin on tarvetta kehittää. Työtapojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon muutamia työtapoihin liittyviä suunnittelun osatekijöitä, joita tarkastelemalla ja parantamalla saadaan parhaat tulokset aikaiseksi. Työnkulun suunnittelussa keskitytään työtehtävien eri vaiheisiin ja niiden suorittamisjärjestykseen, jotta tuloksena olisivat mahdollisimman edulliset työtavat ja riittävä laatu. Koneiden käyttötavan suunnittelun tavoitteena on löytää prosessiin tehokkaammat työtavat. Esimerkiksi prosessin pullonkaulakohtien työtapoihin pyritään vaikuttamaan niin, että kokonaistuottavuus saataisiin kasvamaan. Työntekijöistä koostuvan ryhmän suunnittelulla pyritään saamaan työryhmän toiminnan eri osa-alueita paremmaksi ja paremmin tasapainoon aikahäviöiden minimoimiseksi. (Haverila ym. 2005, 489.)

5.3 Tiimityöskentely

Työyhteisöissä pyritään kehittämään erilaisia keinoja, joilla mahdollistetaan jatkuva kehitys yksilöiden pysyessä samana. Kehitykseen pyritään vastaamaan rakentamalla ryhmiä, joiden ansiosta tehokkuus nousisi uudelle tasolle. Tiimeistä puhuttaessa ryhmän sisällä korostuvat erityyppiset henkilöt, joiden ominaisuudet rakentuvat kokemuseräisestä ja tieteellisistä tiedoista. Tämän nykyisen ajattelumallin mukaan tiimien jäsenten tulisi säilyttää persoonalliset eroavaisuudet, koska ne tekevät tiimeistä entistä tehokkaampia, kun eroavaisuudet osataan valjastaa oikein. (Heikkilä & Heikkilä 2001, 201–204.)

Tiimin käsitettä käytetään ilmaisemaan tietynlaista ryhmää. Tiimit voivat olla itseohjautuvia työryhmiä, jotka vastaavat jostain tietyn asian tekemisestä alusta loppuun. Tiimit voivat olla joukko ihmisiä, jotka ovat organisoituneet pikäksi ajaksi jonkun tavoitteen saavuttamiseksi. (Spiik, 2004, 39.)

Tiimeillä on yhteiset tavoitteet, valtuudet ja toisiaan täydentäviä tietoja ja taitoja sovittujen tehtävien hoitamiseksi. Tiimeissä vastuu jakaantuu useammalle henkilölle kuin perinteisessä ryhmä-mallissa. Tiimeissä myös kiinnitetään enemmän huomiota jäsenten erikoistaipumuksiin eikä niinkään jäsenten taitoihin. Tiimien olemukset vaihtelevat niiden tehtävien mukaan. Tiimien lisäarvo tulee tiimityössä syntyvästä ylimääräisestä energiasta. Tiimityössä tiimin jäsenille annetaan enemmän vastuuta, joka lisää sitoutumista työtehtäviin. Tällöin tietojen ja taitojen lisäksi saadaan valjastettua erikoistapauksien ominaisuuksia, jotka aiemmin ovat olleet

piilossa. Vastuun kasvaminen lisää asioiden ymmärtämistä ja lisää jäsenten energiaa, kun he ymmärtävät itsensä tärkeämmäksi kokonaisuuden kannalta. (Helin 2000, 163–164.)

5.3.1 Tiimityön lisääminen ja kehittäminen

Tiimityötä voidaan lisätä ja kehittää järkevillä tiimiä koskevilla toimenpiteillä. Erilaisia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi erilaiset ratkaisut tiimirakenteissa, tiimin pelisääntöjen laatiminen, koulutustarpeiden huomioon ottaminen ja tavoitteiden asettaminen. Tiimissä tehtyä muutoksia voi tarkastella tiimin aikaansaamilla tuloksilla. (Spiik, 2004, 63–64.)

Tiimitoimintaa voi lähteä lisäämään ja kehittämään työkierron kautta. Työnkierrossa tiimin eri tekijät vaihtavat keskenään tehtäviä. Työnkiertoa voidaan suorittaa tehtävissä, joissa ei tarvitse opiskella useita vuosia suoriutuakseen uudesta tehtävästä. (Spiik, 2004, 64.)

Tiimin kokonaistoimivuutta voidaan lisätä työn laaja-alaistamisella. Työn laaja-alaistamisessa jokainen tiimin jäsen on asiantuntija omassa tehtävässään. Omien tehtävien lisäksi tiimin jäsenet opettelevat jonkun rinnakkaistehtävän niin, että he voivat toimia tehtävissä varahenkilöinä. Varahenkilöiden rooli korostuu erilaisissa lomituksissa ja painetilanteissa, joissa tarvitaan normaalia enemmän työpanoksia. (Spiik, 2004, 65.)

Tiimin toimivuuden kannalta merkittävää on rakentaa mielekkäitä työkokonaisuuksia. Työkokonaisuuksien rakentamisen mahdollistaa työkierron ja laaja-alaistamisen tuoma moniosaaminen. Työntekijät pitäisi saada toimimaan yhteistyössä eri koneiden ja tehtävien välillä niin että vanha vakanssimuotoinen ajattelutapa puretaan. Yhteistyön kasvun myötä osataan yhdessä pohtia ongelmiatilanteita ja ideoida uusia ehdotuksia työnlaadun ja kilpailukyvyn parantamiseksi. (Spiik, 2004, 66–67.)

Tiimityön merkitystä voidaan lisätä vastuun ja vapauksien antamisella tiimille. Vapauksien antamisen myötä tiimi saa itse vaikuttaa työtehtävien suoritusjärjestykseen ja työmenetelmiin. Vapauksien antaminen voi lisätä tiimin tehokkuutta sitoutumisen myötä. Vaarana on, että tiimi tuntee itsensä hylätyksi, jonka seurauksena tiimin tulokset jäävät huonoiksi. Tiimin jäsenten kanssa tulisi keskustella niin, että kaikki ymmärtävät mitä tehdään, jotta vapauksien antamisesta saadaan hyöty irti. (Spiik, 2004, 68–69.)

Tiimin itsenäisyyden ja päätäntävällän lisääminen tiimissä antaa tiiminjäsenille entistä enemmän vastuuta ja tilaa ajatella henkilökohtaisella tasolla. Jos tiimin jäsenille ei anneta vastuuta, niin vanhoja työskentelytapoja ei kyseenalaisteta ja ihmiset uraantuvat. Tällöin on vaarassa työntekijöiden kehitys henkilökohtaisella tasolla heidän muuttuessa passiivisemmiksi. Itsenäisyyden ja päätäntävällän lisääminen irroittaa rutiinistyöstä ja lisää terveen järjen käyttöä. (Spiik, 2004, 76–78.)

5.3.2 Tiimityön tuloksellisuus

Moniportaisesta rakenteesta siirryttäessä tiimimäiseen rakenteeseen tulokset näkyvät positiivisessa mielessä. Muutokset rakenteessa johtavat parempaan tuottavuuteen. (Manka 2006, 95.)

Spiik (2004, 118–119) näkee tiimityöllä saavutettavan kokonaistoiminnan kannalta seuraavia tuloksia:

- tuottavuus ja kannattavuus kehittyvät, kun läpimenoajat lyhenevät, toiminnan tehokkuus paranee, ihmiset panostavat enemmän osaamiseen ja vaikuttavat enemmän toisten tekemiseen
- laatu paranee, kun vastuu tuotteiden laadusta on tiimeillä ja työt tehdään kerralla oikein
- joustavuus kasvaa tiimeissä, kun ryhmissä on helpompi toteuttaa ympäristön muutoksia
- työmoraali ja motivaatio paranevat, kun ryhmäkeskeiset organisaatiot luovat yhteenkuuluvuutta.

Läpimenoaikojen lyhentämiseen ja toiminnan tehostamiseen pystytään vaikuttamaan toiminnan järjeistämällä ja odotusaikojen lyhentämällä. Läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä tiimitoiminnalla, osaamisen laajentamisella, parantamalla tiimien välistä yhteistyötä sekä lisäämällä sitoutumista ja vastuuta. (Spiik, 2004, 125–126.)

Heterogeeniset työryhmät mahdollistavat tiimin tehokkaamman toiminnan. Heterogeenisessä ryhmässä tiimin sisällä syntyy enemmän uusia ideoita kuin homogeenisellä ryhmällä. Heterogeenisellä tiimillä on useita vahvuuksia johtuen ryhmän rakenteesta. (Manka 2006, 92–93.)

5.4 Oppiva organisaatio

Organisaation tulevaisuuden kannalta on tärkeää, että organisaation pystyy hyödyntämään avointa vuorovaikutusta niin, että yhteistyö ympäristön kanssa sekä osaaminen ja ideat liikkuvat paremmin organisaation sisällä. Yhteistyössä organisaation on osattava hyödyntää erilaisten ihmisten osaamista. Osaamista pyritään kehittämään ja nitomaan yhteen, jolloin saadaan koko organisaatio tehokkaasti käyttöön. Organisaatiossa pitäisi pyrkiä siirtämään eri henkilöiden osaamista toisilleen, jolloin saadaan aikaiseksi tiimien moniosaamista. Organisaation tulisi olla henkilöstöltään osallistuva, tavoitteellinen ja johtamiseltaan kyvytöteinen. Oppiva organisaatio on siis avoin, oppiva, innovoiva ja hyvään kilpailukykyyn tähtäävä organisaatio, jonka kepeys, nopeus ja muutosherkkyys antavat edun kiristyvässä kilpailussa. (Shvoong 2006.)

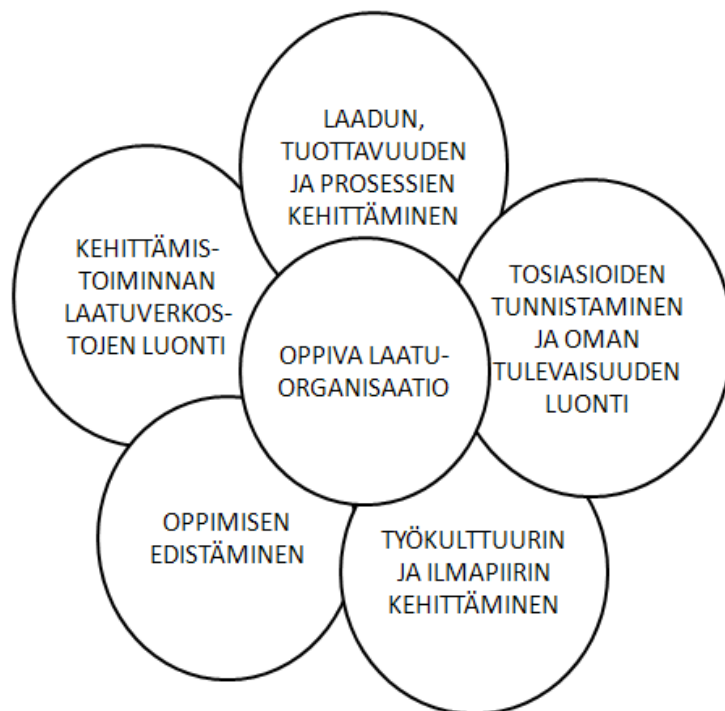
Oppivassa organisaatiossa pyritään käyttämään kaikkien jäsenien oppimiskykyä haluttujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Oppivan organisaation jäsenillä on mahdollisuus jatkuvaan kehittymiseen oman toiminnan jatkuvalla kyseenalaistamisella, jonka päämääränä on löytää toiminnan virheitä ja poikkeamia sekä korjata niitä. Oppiva organisaatio

edistää ideointia erilaisten kokeilujen ja oppimisen kautta. (Kauhanen 2006, 152.)

Oppivassa organisaatiossa pyritään lisäämään organisaation vastuuta luovan ajattelun kehittämiseksi. Johtajan on osattava antaa alaisilleen vastuuta oikeassa suhteessa niin, että hän on kuitenkin perillä organisaatiossa tapahtuvista asioista. (Shvoong 2006.)

5.4.1 Oppivan organisaation periaate

Oppivan organisaation keskeisiä avaintekijöitä ovat kukkakaavion mukaan yksilön ja yhteisöjen taitojen ja työilmapiirin kehittäminen, prosessien kehittäminen ja oppimisen edistäminen (kuva 5).



KUVA 5 *Oppiva laatuorganisaatio (Lecklin 2006, 232).*

Organisaatiolla tulee olla yhteinen visio eli näkemys tulevaisuudesta. Yhteinen päämäärä saa ihmiset oppimaan ja pyrkimään yhä parempiin suorituksiin. Ongelmana yhteisen vision luomisessa on se, miten kaikki toisistaan erilaiset työntekijät saadaan kokemaan päämäärät yhteisiksi. Visiota ei tule antaa työntekijöille valmiina, vaan heidän tulee se itse rakentaa. Visio tulee rakentaa keskusteluiden kautta, jotta eri näkemyserot tulee otettua huomioon yhtenäisen vision luomiseksi. Visioiden luomiseksi tulee tarkastella ensin pohjatietoja nykytilasta. Tosiasioiden tunnistamisen kautta visio saadaan rakennettua jonkun pohjalle, josta voidaan asettaa päämäärät omalle toiminnalle. (Ahonen & Pohjanheimo 2008, 9.)

Oppiva organisaatio tarvitsee toteutuakseen ilmapiirin, jossa katsotaan luonnolliseksi ja normaaliksi toiminnaksi oppia ja kehittyä. Ilmapiirin tulee olla avoin ja luottamuksellinen, jossa yksilöiden väliset jännitteet on saatu minimoitua. Oppivassa organisaatiossa työntekijöiden ja johdon välistä etäisyyttä pyritään lyhentämään. Yritysten johdon ja henkilöstön välinen viestintä tulisi olla avoimempaa. Työntekijät tulisi ottaa mukaan päätöksentekoon, jotta he voisivat kokea, että heillä on todellisia vaikutuksia toiminnan kehittämiseen. Oppivassa organisaatiossa työntekijöille annetaan mahdollisuus ottaa enemmän vastuuta ja joissakin tilanteissa ottaa riskejä ratkaistakseen omaan työhön liittyviä asioita. Päätösten tekeminen siellä missä ongelma ilmenee, on usein toimintaa nopeuttava ja tehostava seuraus. Oppimisen tehostamiseksi hyväksi havaitut käytännöt ja onnistuneet ratkaisut tulisi dokumentoida huippuosaamisen levittämiseksi. (Lecklin 2006, 234.)

Organisaation tulee saada aikaiseksi toimintapa, jossa tuotetaan vain laadukkaita tuotteita. Tuotteiden läpimenoajat tulee olla mahdollisimman lyhyitä, jotta organisaatio pystyy vastaamaan nopeammin asiakkaiden tarpeisiin. Toimintoketjujen tulee olla tarkoituksenmukaisia ja yksityiskohtaisesti mietittyjä, jotta vältetään hukkatyövaiheita ja työskentely olisi tuottavampaa. Toimintaa tulisi parantaa jatkuvasti. (Ahonen & Pohjanheimo 2008, 10.)

Oppivassa organisaatiossa työntekijät ovat itseohjautuvia. Itseohjautuvuus tarkoittaa sitä, että oppiminen ei tapahdu pakon edestä, vaan työntekijät itse arvioivat omat oppimistarpeensa ja pyrkivät näin kartoittamaan tietämystään. Omien oppimistarpeiden perusteella he itse hankkivat tarpeellista koulutusta ja tietoja tai vastaavasti kertovat koulutustarpeistaan henkilölle, jolle kuuluvat koulutusasiat. Oppimistapahtumaa voidaan käydä lävitse myös ryhmissä. Ryhmissä korostuvat tiedollisen ja taidollisen koulutuksen lisäksi myös esimerkiksi vuorovaikutustaidot, yhteistyötaidot ja motivaatio. (Lecklin 2006, 235–236.)

Oppivaan organisaatioon kuuluu myös epävirallisia tiimejä ja verkostoja. Epävirallisilla tiimeillä ja verkostoilla tarkoitetaan esimerkiksi kahvipöytäkeskusteluja. Organisaation ulkopuolinen voi nähdä asiat erilailla kuin organisaation sisäiset jäsenet. Ulkopuoliselta voi tulla jokin ratkaiseva idea johonkin ongelmaan jota ei ole saatu ratkaistua organisaation sisällä. Verkostoja voidaan luoda yhteyksinä asiakkaisiin, sidosryhmiin ja ympäröivään yhteiskuntaan. (Lecklin 2006, 236.)

5.4.2 Oppivan organisaation hyödyt

Kilpailukykyä voidaan saavuttaa tehokkaalla oppimisella. Koko organisaation oppiminen kehittyy, kun oppimisen kehittäminen aloitetaan työntekijöistä ja laajennetaan koko organisaatiota koskeväksi. Tärkeintä on, kannustaa työntekijää kokeilemaan, ideoimaan ja ottamaan vastuuta. Oppivan organisaation kilpailukyky paranee myös sen avoimen ilmapiirin, nopeuden, ketteryyden ja muutosherkkyuden avulla. Organisaatio pystyy

paremmin vastaamaan muuttuneisiin haasteisiin moniosaamisen ja hyvän ilmapiirin myötä. (Shvoong 2006.)

6. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksen lähtökohta on tutkimusongelma tai tutkijaa askarruttavat kysymykset, joille halutaan tutkimuksen kautta hakea vastauksia. Kirjallinen aineisto sekä aikaisemmat aiheeseen liittyvät tutkimukset auttavat rajaamaan tutkimusongelmaa niin, että ongelma täsmentyy konkreettiseksi tutkimuskysymyksi. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 13.)

Tutkimukset sisältävät erilaisia vaiheita, joiden avulla tutkimuksissa päästään haluttuun lopputulokseen. Tässä luvussa käydään lävitse erilaisia opinnäytetyössä käytettäviä tutkimusmenetelmiä, joiden avulla pyritään hankkimaan aineistoa tutkimusongelman selvittämiseen ja lopulta kehitysehdotuksien muodostamiseen. Tässä opinnäytetyössä käytettäviä tutkimusmenetelmiä ovat avoin kysymys, syy-seuraus-analyysi, teemahaastattelu, havainnointi ja kokeellinen tutkimus.

6.1 Avoin kysymys

Avoimen kysymyksen esittämisessä esitetään vain kysymys ja jätetään vastaajalle tyhjää tilaa vastausta varten. Avoimen kysymyksen kautta yritetään hakea näkökulmia, joita tutkija ei itse ole ymmärtänyt ajatella. Avoin kysymys antaa vastaajalle tilaa ja mahdollisuuden vastata hänen mieltämällään tavalla. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 193–196.)

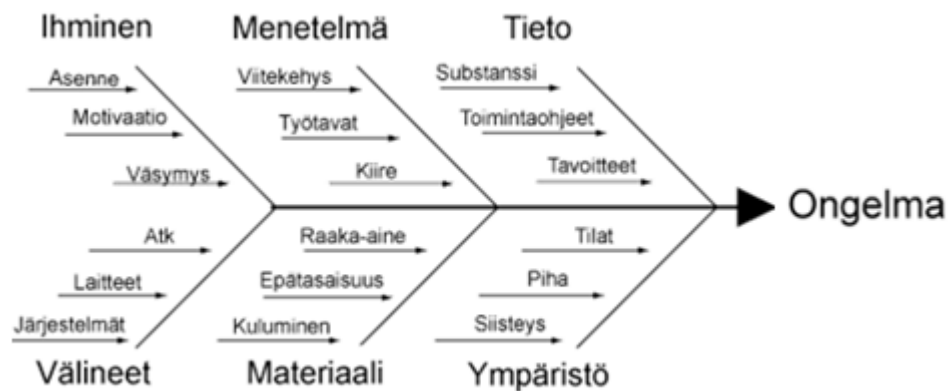
Avoimet kysymykset antavat vastaajalle mahdollisuuden ilmaista itseään omin sanoin niin, että vastaukset eivät rajoitu vaihtoehtoihin, joita ilmenee esimerkiksi monivalintakysymyksissä. Avoin kysymys ei ohjaa liikaa vastaajaa ehdottamalla vastauksia, vaan antaa vastaajalle tilaa osoittaa tietämyksen tutkittavasta aiheesta sekä osoittaa sen mikä on keskeistä vastaajan ajattelussa ja tunteissa kyseistä aihetta kohtaan. Avoin kysymys myös antaa mahdollisuuden tunnistaa vastaajan motivaation aihetta kohtaan. Toisaalta avoimet kysymykset tarjoavat erittäin kirjavia vastauksia, jotka eivät välttämättä palvele parhaiten tutkijaa. (Hirsjärvi ym. 2007, 196.)

6.2 Syy-seuraus-analyysi

Prosessin tulokseen vaikuttaa suuri määrä prosessissa ilmeneviä tekijöitä, joiden syy-seuraus-suhteet voidaan löytää näiden tekijöiden joukosta. Syy-seuraus-kaaviota eli kalanruoto-kaaviota käytetään ongelmien syiden etsimisessä sekä syiden analysoimisessa. Syy-seuraus-suhteen rakenne voidaan määrittää tutkimalla prosessin osia systemaattisesti. Rakenteen tarkastelulla voidaan ratkaista monimutkaisia ongelmia, joka muodostuu

erilaisista syistä ja syiden seurauksista. Syy-seuraus-kaaviolla pyritään ratkaisemaan asiat selkeästi ja helposti. (Kume 1998, 28.)

Syy-seuraus-kaavio rakentuu tuoteominaisuuden ja tekijöiden kirjaamisesta (kuva 6). Kaavion piirtäminen aloitetaan tuoteominaisuuden eli syyn kirjaamisesta kaavion vasempaan reunaan. Kaavion selkärangan ympärille kirjataan tekijät, jotka vaikuttavat kirjattuun tuoteominaisuuteen. Ruotojen kärkiin kirjataan ominaisuuteen vaikuttavat ensisijaiset syyt. Ruodoista haarautuviin pienempien ruotojen kärkiin kirjataan tuoteominaisuuteen vaikuttavat toissijaiset syyt. Ruotoihin selvitettävät tekijät saadaan selville kysymällä mistä ongelmat johtuvat ja ketkä siihen vaikuttavat. Tyypillisimpiä tuote-ominaisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi toimintatavat, työntekijät, välineet ja resurssit. (Laatuakatemia 2005.)



KUVA 6 *Esimerkki syy-seuraus-kaaviosta (Laatuakatemia 2000).*

Syy-seuraus-kaaviota laadittaessa on tärkeää osata tunnistaa kaikki ongelmaan vaikuttavat tekijät tutkimalla ja keskustelemalla tekijöistä työntekijöiden kanssa. Voimakkaimmin ongelmaan vaikuttavat tekijät määritellään kuvioon kaikkien kirjattujen tekijöiden joukosta. Laatuominaisuus tulisi kuvata mahdollisimman konkreettisesti, jotta kaaviossa päästään mahdollisimman lähelle ongelman juurta. (Kume 1998, 33–34.)

6.3 Teemahaastattelu

Haastattelu sopii tutkimusmuotona hyvin erilaisiin tutkimuksiin sen joustavuuden takia. Haastattelussa tutkija ja haastateltava ovat suorassa vuorovaikutustilanteessa, joka mahdollistaa tiedonhaun hallinnan itse tilanteessa sekä perustelujen saamisen joillekin haastateltavan mielipiteille. Haastattelussa myös non-verbaaliset eleet auttavat ymmärtämään vastauksia. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 34.)

Organisaation ulkopuolinen haastattelija ja havainnoitsija saa paljon esille tutustumalla ja perehtymällä kirjallisiin lähteisiin, tutustumalla tutkittavan organisaation päivittäiseen työhön sekä haastatteleamalla organisaation eri jäseniä. Tutkimuksien alussa toiminta perustuu ”lumipallo”-malliin, kun

haastattelija ei vielä tiedä mihin asioihin pitäisi kiinnittää huomiota. Havainnot eri asioista johtavat haastatteluihin, joissa selvitetään enemmän tutkittavia toimenpiteitä. Tällainen toiminta edellyttää puolueettomuutta, teoreettista osaamista ja käytännön kokemusta työyhteisön toiminnasta, jotta haastattelija osaa havainnoida tutkimuksen kannalta juuri oikeat asiat. Lisäksi haastattelijan on luotava luotettava suhde haastateltaviin, jotta haastattelun tulokset olisivat mahdollisimman luotettavat. (Ahonen & Pohjanheimo 2008, 23.)

Teemahaastattelussa eli puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelun aihe kohdennetaan käsittämään tiettyjä teemoja, joista keskustellaan teemahaastattelussa. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu menetelmä siitä syystä, että haastattelun aihepiirit ovat kaikille haastateltaville samat. Teemahaastattelussa ei ole tarkkaa kysymysasettelua tai kysymysmuotoja. Haastattelu etenee keskeisten ja tiettyjen teemojen varassa vapauttaen tutkijan keskustelemaan aiheesta. Teemahaastattelu ottaa huomioon haastateltavien erilaiset tulkinnat asioista ja antaa haastateltaville tilaa kertoa omat merkitykselliset näkökohdat eri asioista. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 48.)

Kerätyn aineiston analysoiminen tulisi aloittaa mahdollisimman pian heti haastattelun jälkeen. Kun aineisto on vielä tuoreessa muistissa, on esimerkiksi täydentävien muistiinpanojen tekeminen helpompaa sekä haastattelu inspiroi silloin paremmin tutkijaa. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 136.)

Analysointi aloitetaan pilkkomalla ja luokittelemalla aineistokokonaisuus osiin. Pilkotut ja luokitellut osat yhdistellään uudestaan kokonaisuudeksi, jolloin aineistoa pystytään tarkastelemaan eri perspektiivistä. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 143–144.)

Aineiston luokittelu luo pohjan koko analyysin tekemiselle. Luokittelu toimii välivaiheena analyysin rakentamiseen. Luokittelun avulla aineistoa voidaan tulkita, yksinkertaistaa ja tiivistää sekä vertailla aineiston eri osia toisiinsa. aineisto voidaan luokitella esimerkiksi haastattelun ongelman, aiheiden tai teemojen mukaan. Teemahaastattelun teemat voivat toimia luokittelun pohjana. Luokittelun jälkeen aineisto järjestellään uudelleen luokittelun mukaisesti. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 147–149.)

Luokat yhdistellään kokonaisuudeksi luokkien yhtäläisyyksien ja säännönmukaisuuksien avulla. Yhdistelyssä yritetään löytää säännönmukaisuuksien lisäksi myös poikkeamia asioiden välillä, jotta luokiteltu aineisto voidaan sijoittaa omiin paikkoihinsa. Yhdistelyn jälkeen luokat voidaan nimetä omiin ryhmiinä joko valmiiden teoriapohjaisten käsitteiden kautta tai luomalla omia luokkanimityksiä. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 149–150.)

6.4 Havainnointi

Kyselyn ja haastattelun avulla saadaan selville miten henkilöt näkevät eri asiat, mutta ne eivät anna vastausta mitä todella tapahtuu. Havainnoinnin avulla saadaan selville, tapahtuivatko kaikki niin kuin ihmiset ovat sanoneet. (Hirsjärvi ym. 2007, 207.) Havainnointia käytetään tarkkailtaessa ihmisten kielellistä ilmaisua sekä fyysistä käyttäytymistä. Havainnointia voidaan käyttää niin, että havainnoinnin kohde voi olla tietoinen havainnoinnista tai ei. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 37.)

Havainnoinnilla saadaan välitöntä ja suoraa tietoa yksilöiden ja ryhmien toiminnasta. Havainnoinnin avulla päästään tiedonhaun normaaliin ympäristöön, jossa saadaan selvää muun muassa asioista, joista tutkittavat eivät halua kertoa suoraan haastatteluissa. Havainnointi vaatii aikaa, koska tutkittavasta ajasta noin murto-osa menee siihen aikaan, kun jotain havainnoinnista kannalta tärkeää tapahtuu. Havainnoinnin avulla voidaan kerätä monipuolista aineistoa. Havainnointiin liittyy eettisiä ongelmia, jotka voivat vaikeuttaa havainnoinnin kulkua. (Hirsjärvi ym. 2007, 208–209.)

6.5 Kokeellinen tutkimus

Kokeellisessa eli eksperimentaalisisessa tutkimuksessa mitataan käsiteltävän muuttujan vaikutusta johonkin toiseen valittuun muuttajaan. Kokeellisessa tutkimuksessa otetaan jostakin suuremmasta kannasta näyte, jota pyritään analysoimaan. Analysointi suoritetaan valitusssa koeympäristössä, jossa muutellaan tutkimuksen kannalta harkitusti eri olosuhteita. (Hirsjärvi ym. 2007, 130.)

Kokeellinen tutkimus vaatii suunnittelua, mittausta, kontrollointia ja hypoteesin testaamista. Tutkimuksessa suunnitellaan miten muutokset saadaan aikaan yhdessä tai useammassa muuttujassa. Tutkimuksen tulokset mitataan numeerisesti ja eri muuttujia pyritään kontrolloimaan. Tutkimukseen voi sisällyttää hypoteesien testaamisen. (Hirsjärvi ym. 2007, 130.)

7. TUTKIMUKSEN KOHDE

Tutkimuksessa tutkittiin tutkimuskohteena olevan paperinjalostuskoneen tuotteita valmistettaessa syntyviä tuotantohylyn määriä ja asetusajkojen pituuksia. Tuotantohylyn määriä ja asetusajkojen pituutta pyrittiin peilaamaan koneella käytettäviin työtapoihin. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään työtavoista tekijöitä, joita parantamalla hylkyä ja asetusajkaa olisi mahdollista saada pienemmäksi ja tuottavuus sekä tehokkuus paremmaksi. Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen kohteena olevaa paperinjalostuskonetta ja sen miehistöä.

7.1 Paperinjalostuskonelinja

Paperinjalostuskonelinjaan kuuluu paperinjalostuskone ja pituusleikkuri. Paperinjalostuskoneella syntyvät tuotteet valmistetaan erilaisista raaka-aineista erilaisia yksikköprosesseja hyväksikäyttäen konerulliksi. Valmiit konerullat menevät paperinjalostuskoneelta pituusleikkurille, jossa rullat leikataan asiakkaan vaatimukset täyttäväksi asiakasrulliksi. (H. Kanarva, haastattelu 15.10.2009.)

Vuonna 2008 pituusleikkuri siirrettiin pääkoneen investoinnin tieltä sen nykyiselle paikalle. Tuolloin leikkurin siirron yhteydessä siihen uusittiin kaikki sähkökäytöt sekä turvaportteja paranneltiin turvallisemmiksi. Paperinjalostuskonelinjan pituusleikkurilla asiakasrullat muodostuvat kiinnirullaimessa kahden kantotelan ja painotelan välissä. (H. Kanarva, haastattelu 15.10.2009.)

7.2 Konemiehistö

Paperinjalostuskonelinjan miehistöön kuuluu pääkoneella koneenhoitaja, kakkosmies ja kolmosmies. Koneen miehistöllä ei ole varsinaisia vastuualueita vaan vastuu on hajautettu eri toiminnoille. Tilanteista ja vuoroista riippuen tehtävät jaetaan erilailla. Joskus tilanteet vaativat kaikkien osallistumista jonkun yksikön toimintaan saattamiseksi. Joku toimenpide voi joskus olla sen verran ylivoimainen yhdelle miehelle, jolloin toimenpiteen hoitamiseksi tarvitaan useita miehistön jäseniä. On myös tilanteita, joissa jonkun vastuualueen jäsen on kiinni jossain muussa hommassa, jolloin esimerkiksi kolmosmies tulee auttamaan kakkosmiestä ajon päälle laiton nopeuttamiseksi. (H. Kanarva, haastattelu 15.10.2009.)

Paperinjalostuskonelinjan miehistöön kuuluu pituusleikkurilla leikkurinhoitaja ja rullamies. Leikkurinhoitajan tehtävänä on vastata leikkurin toiminnasta samalla tavalla kuin koneenhoitaja vastaa pääkoneen toiminnasta. Leikkurinhoitaja tekee leikkurilla tarvittavat säädöt ja ajaa pituusleikkuria. Rullamies toimii leikkurinhoitajan apuna tuoden konerullia leikkurille, viemällä leikkurilla hylättyjä materiaaleja roskalavoille ja pakkaamalla asiakasrullat kalvolla sekä asettamalla hylsytaipit jos työmääräin niin määrää. Leikkurin miehistö tekee yhdessä rullanvaihdot koneeseen sekä ottaa yhdessä valmiit asiakasrullat koneesta pois. (H. Kanarva, haastattelu 15.10.2009.)

8. TUTKIMUKSET

Tämän opinnäytetyön tutkimusosiossa tarkasteltiin tuotantohylkyä ja asetusaikoja valitulla tuoteryhmällä. Tutkimuksissa pyrittiin löytämään asetusaikojen ja tuotantohylyn määrää pienentäviä työtapoja.

Tuotantohylkytutkimus toteutettiin syy-seuraus-analyysillä, tuotantohylyn määrän tarkastelulla toimintajärjestelmästä, hylkyjen tarkastelulla

ulkoisten reklamaatioiden ja sisäisten hylkyjen perusteella, hylyn punnituksilla valitulla tuoteryhmällä ja teemahaastattelulla. Tuotantohylyn tutkimiseen järjestelmän perusteella käytettiin vuoden 2009 arvoja, koska aikaisempien vuosien eri lukuarvoja ei voida pitää vertailukelpoisina koneen layoutin ja koko prosessin erilaisuuden vuoksi.

Asetusaikatutkimus suoritettiin syy-seuraus-analyysillä, asetusajkojen suuruuden mittaamisella valitulla tuoteryhmällä sekä teemahaastattelulla. Käyttämällä kaikkia edellä mainittuja tutkimusmenetelmiä pyrittiin mittaamaan asetusajkojen pituuksia sekä löytämään asetusajkoja pienentäviä toimenpiteitä ja työtapoja.

8.1 Tuotantohylkytutkimus

Opinnäytetyön tuotantohylyn tutkimusosiossa pyrittiin tarkastelemaan monesta eri näkökulmasta paperinjalostuskonelinjan aiheuttamaa tuotantohylkyä. Erityisesti lähdettiin selvittämään syitä hyllyn syntyyn ja etsimään toimintatapoja, joilla tuotantohylyn määrää saisi pienennettyä. Työn luottamuksellisuuden vuoksi ei tässä luvussa voida ottaa kantaa kuin syy-seuraus-kaavioon, tuotantohylyn punnitukseen suorittamiseen sekä teemahaastatteluun.

Tuotantohylkyä lähdettiin ensimmäiseksi tutkimaan raportoituista sisäisistä hylkäyksistä ja ulkoisista reklamaatioista. Hylkytutkimuksia laajennettiin tutkimalla eri tilausten paperinjalostuskoneen ja pituusleikkurin välisiä juoksumetrieroja. Hylkytutkimuksia jatkettiin tutkimalla järjestelmän antamia arvoja tuotantohyllystä ja punnitsemalla konkreettisesti hyllyn määriä.

Tuotantohylkytutkimuksessa tarkasteltiin myös konemiestien mielipiteitä ja asenteita avoimen kyselyn ja teemahaastattelun muodossa. Avoimen kyselyn tulokset ovat havainnollistettuna syy-seuraus-kaaviossa.

Kaikista edellä mainituista hylkytutkimuksen työkaluista pyrittiin myös löytämään potentiaalisimmat mittarivaihtoehdot tuotantohylyn jatkuvaan tarkkailuun.

8.1.1 Syy-seuraus-kaavio tuotantohyllystä

Tuotantohylkytutkimuksen ensimmäisenä vaiheena oli selvittää tuotantohylyn syntymiseen vaikuttavia tekijöitä. Selvitys tehtiin avoimen kyselyn ja syy-seuraus-kaavion avulla. Selvitykseen valittiin koko Walki Oy:n tutkittavan paperinjalostuskonelinjan miehistö. Paperinjalostuskonelinjan miehistöllä on useiden kymmenien vuosien kokemus kyseisen konelinjan eri tehtävistä, joten vastausten odotettiin olevan luotettavia.

Kysely toteutettiin jokaisessa vuorossa vuoden 2009 lokakuun aikana. Kyselyyn osallistui yhteensä 15 henkilöä. Kyselyyn osallistuvilla vuoroilla

jaettiin vuorokohtaisesti kaksi A4 lomaketta, pääkoneelle omansa ja leikkurille omansa. Vuoron tuli täyttää A4 lomake pääkoneella pääkoneen mehistön kesken ja leikkurilla leikkurin miehistön kesken. Lomakkeen jakamisen jälkeen työntekijöille selvennettiin tehtävä ja annettiin heille aikaa noin 2 viikkoa täyttää lomake. Kyselyn jakamisella eri vuoroihin haluttiin nähdä miten eri vuorot näkevät hyllyn muodostumisen koneella. Vastauslomakkeita tuli takaisin yhteensä kaksi kappaletta, joten vastausprosentiksi tuli noin 33 %.

Työntekijöiden vastaukset ovat havainnollistettu syy-seuraus-kaaviossa. Kaavio on muodostettu kirjaamalla oikeaan reunaan selkärangan päähän tutkimuksen ongelman. Ruotoihin on jäsennelty vastaukset yhdistelemällä niitä oikeille paikoilleen. Pääruotojen kärkiin on merkattu pääsyyt, jotka aiheuttavat hyllyn syntymisen. Toissijaiset syyt on merkattu keskikokoisten ruotojen kärkiin ja toissijaisiin syihin vaikuttavat syyt on kirjattu pikkuruotoihin. Opinnäytetyön liitteessä on kuvattuna syy-seuraus-kaaviossa yhteenveto syistä, jotka työntekijöiden mielestä johtavat tuotantojätteen syntymiseen. (LIITE 1.)

8.1.2 Tuotantohylyn punnitukset

Kokeellisen osuuden hylkypunnitukset suoritettiin paperinjalostuskonelinjalla vuonna 2009 loka-marraskuun aikana. Punnituksiin valittiin paperinjalostuskoneen monimutkaisimmat tuotteet.

Tutkimuksen otanta kaikilla hylkyjakeilla oli yhteensä 18 tilausta, joka helpotti tutkimuksien jälkeistä tulosten kirjaamista ja analysointia. Koska tutkimuksen otanta oli suuri ja tutkimuskohteena olevat tilaukset edustivat kattavasti tutkittavaa tuoteryhmää, voidaan tulokset katsoa luotettaviksi.

Hylkypunnitus suoritettiin siten, että pääkoneen ja leikkurin läheisyyteen oli tuotu hylkyä varten metallisia häkkeitä ja laatikoita, joihin kerättiin syntyvää tuotantohylkyä. Hyllyn syntypaikasta riippuen syntynyt hylky punnittiin joko heti hyllyn syntymisen jälkeen tai vasta tilauksen päätyttyä. Punnitukset suoritettiin konelinjan läheisyydessä vaa'allisella pumppukärryllä. Tulokset kirjattiin pääkoneelle ja leikkurille jaettuihin lomakkeisiin. Lomakkeisiin kirjattiin syntynyt hylkyjake, syntyneen hylkyjakeen paino, syyt miksi hylky syntyi sekä muita huomion arvoisia merkintöjä jos tilauksessa oli tapahtunut jotain normaalista poikkeavaa. Lomakkeeseen on myös huomautus kohtaan merkitty hylkyjen mahdolliset aiheuttajat.

Hylkypunnitusten hylkymääriä verrataan aluksi valmistuneiden tuotteiden määrään, jolloin saadaan tuotantoa kuvaava kokonaishylkyprosentti (kaava 2).

KAAVA 1 *Kokonaishylkyprosentin laskukaava.*

$$a = \frac{b}{c} \times 100\%$$

, missä a =kokonaishylkyprosentti, b =tilauksen punnittu tuotantohylky (kg) ja c =tilauksen valmistuneiden tuotteiden paino (kg).

Hylkyjen vertaaminen valmistuneen tuotannon osuuteen antaa konelinjakohtaisesti liian karkean arvion hylkyprosentin suuruudesta koska saadut prosenttiluvut ottavat kantaa myös konelinjan ulkopuolella syntyneisiin hylkyihin. Hylkyjen vertaamisella syntyneen tuotannon osuuteen mahdollistaa vertailemisen yrityksessä tarkkailtavaan kuukausittaiseen hylkyraporttiin, jossa esitellään kuukausittainen kokonaishylkyprosentti sekä erittely kaikista hylkyjakeista. Kuukausittaista hylkyraporttia ei oteta huomioon tässä opinnäytetyössä, koska sen antamia tuloksia ei voida kohdentaa konelinjoittain vaan se antaa tiedon koko tehtaan hylkymääristä.

Tuotantohylkyä verrattiin valmistuneen tuotannon lisäksi myös suoraan paperinjalostuskoneella käytettyihin raaka-aineisiin (kaava 3).

KAAVA 2 *Konekohtaisen hylkyprosentin laskukaava.*

$$w = \frac{r}{d} \times 100\%$$

, missä w =konekohtainen hylkyprosentti, r =tilauksen punnittu hylky (kg) ja d =tilaukseen käytetyt raaka-aineet (kg).

Hylkyjen määrän vertaamisen suoraan käytettyihin raaka-aineisiin antaa tarkemman, konekohtaisen hylkyprosentin ja on myös vertailukelpoinen toimintajärjestelmän antamien tuloksien kanssa. Käytetyt raaka-aineet on bruttomääräinen luku, joka sisältää kaikki koneella käytetyt raaka-aineet. Työn myöhemmissä luvuissa tullaan käyttämään kyseistä tarkempaa konekohtaista hylkyprosenttia.

8.1.3 Teemahaastattelu tuotantohylystä

Hylkytutkimuksia varten haastateltiin Walki Oy:n tutkimuskohteena olevan paperinjalostuskonelinjan miehistöä vuoden 2009 loka-marraskuun välisenä aikana. Haastattelumuotona käytettiin puolistrukturoitua haastattelua eli teemahaastattelua. Teemahaastattelu mahdollisti haastattelun ohjaamisen oikeaan suuntaan sekä tutkimusten kannalta tärkeiden asioiden pohtimisen. Teemahaastatteluista saatiin kattavat tutkimustulokset ja syvälliset vastaukset jokaisen haastateltavan henkilön omasta näkökulmasta. Teemahaastattelu mahdollisti myös haastattelutilanteessa ilmenneiden lisäkysymysten esittämisen. Teemahaastattelun pohjalta pystyttiin tutkimaan jokaisen haastateltavan omia ajatuksia, kokemuksia ja tunteita.

Haastattelu suoritettiin sekä jalostuskoneen että leikkurin miehistölle. Teemahaastatteluihin osallistui vaihtelevasti kaikista vuoroista satunnainen määrä työntekijöitä aina kun jollakin oli työn ohessa aikaa haastattelulle. Haastattelujen kestot vaihtelivat puolesta tunnista noin tuntiin. Haastatteluiden tulokset kirjattiin kysymyslomakkeessa olevien kysymysten perään. Haastattelujen lomakepohja on liitteenä (LIITE 2).

Teemahaastatteluun osallistuneet työntekijät olivat jo entuudestaan tuttuja, joka mahdollisti hyvän ja leppoisan haastatteluilmapiiriin. Välillä haastattelun aiheet menivät teemojen ulkopuolelle, jolloin piti suunnata haastateltavan ajatukset takaisin haastattelun aiheisiin.

Ennen teemahaastatteluja jokaiselle vuorolle jaettiin kysymyslomake, jossa oli avoin kysymys tuotantohylystä. Avoimen kysymyksen lomakkeen pohjalta oli helppoa lähteä haastattelemaan työntekijöitä hylystä, koska näitä asioita oli mietitty jo aiemmin täytettäessä kysymyslomaketta. Haastatteluissa syvennyttiin lisää hylkyaiheeseen kahden- tai kolminkeskisillä keskusteluilla. Haastatteluiden avulla pyrittiin selvittämään tuotantohylkyä aiheuttavat syyt sekä mahdolliset hyllyn ehkäisytoimenpiteet. Haastatteluiden avulla saatiin myös lisää näkökulmia syy-seuraus-kaavioon avoimen kysymyksen vastauksien lisäksi.

8.2 Asetusaikatutkimus

Asetusaikatutkimuksessa pyrittiin tarkastelemaan sisäisiä asetusajoja, koneajoja ja läpäisyajoja. Asetusaikatutkimuksessa tutkimuskohteena oli yhteensä 20 tilausta, joista 18 tilausta olivat samoja kuin hylkypunnitus tutkimuksessa. Samojen tilauksien tutkiminen mahdollisti ajan tehokkaan käytön kokeellisissa tutkimuksissa.

Työn luottamuksellisuuden vuoksi ei tässä luvussa voida ottaa kantaa kuin syy-seuraus-kaavioon, teemahaastatteluun ja asetusajkojen mittaamisen suoritusmenetelmään. Asetusaikoja tutkittiin julkaisemattomassa työssä ensin avoimen kysymyksen avulla, jossa lähinnä katsottiin työntekijöiden mielipiteet asetusajoihin vaikuttavista tekijöistä. Avoimen kysymyksen vastausten perusteella rakennettiin syy-seuraus-kaavio, jolla pyrittiin löytämään ongelman juurelle eli löytämään kaikki ne tekijät, jotka työntekijöiden mielestä vaikuttavat asetusajkojen suuruuteen. Asetusaikojen pituuden mittaamisella laskettiin ajallisesti pääkoneen sisäisten asetusajkojen pituus ja verrattiin niitä läpäisyajkaan. Teemahaastatteluiden avulla pyrittiin löytämään ratkaisevia työtapoja asetusajkojen pienentämiseen.

8.2.1 Paperinjalostuskoneen asetukset

Walki Oy:llä on tuotannossa käytössä tehdasjärjestelmä, joka sisältää konekohtaisen ajo-ohjelman. Ajo-ohjelmasta on jokaiselle koneelle asetettu tilaukset siinä järjestyksessä, missä ne tulisi valmistaa koneella. Ajo-ohjelman tilauksista ilmenee esimerkiksi tilauksissa käytettävät raaka-

aineet, raaka-aineleveydet ja -määrät, tilauksen pituus ja vaadittavat laatuksiteerit. Tilaukset sisältävät joskus myös erityisohjeita, jotka on syytä huomioida tuotteiden valmistuksessa. Erilaisia erityisohjeita voivat olla esimerkiksi miten päin kukin ratamuotoinen raaka-aine ajetaan tai millainen painatus tuotteeseen tulee. (Tehdasjärjestelmä 2009.)

Tuotannosuunnittelu on pyrkinyt myynnin toiveiden mukaisesti laittamaan tilaukset siihen järjestykseen ajo-ohjelmaan, jossa ne ovat lähdössä tehtaalta asiakkaalle. Aina tähän ei ole mahdollisuutta, koska tuotannosuunnittelu pyrkii laittamaan samanlaisia tilauksia peräkkäin, jotta asetuksiin menevät ajat saataisiin mahdollisimman pieniksi ja koneilla tehtävät vaihdot mahdollisimman helpoiksi. Tilausten järjestelemisen ajo-ohjelmaan joutuu siis sovittamaan tilausten lähtöpäivät ja materiaalilaadut niin, että ajo-ohjelman järjestyksestä syntyisi mahdollisimman eheä kokonaisuus. Tämä asetti tutkimushetkellä melkoisia paineita, koska paperinjalostuskonelinjan tuotteita oli myyty niin paljon, että koneella oli haastattelu hetkellä kahden kuukauden kuorma. Kuorman purkamiseksi asetusaikat pitäisi saada mahdollisimman alas ja kapasiteetin käyttöaste mahdollisimman korkeaksi. Paperinjalostuskoneen tuotannosuunnittelu pyrkii asettamaan viikottaisen ajo-ohjelman niin, että viikko aloitettaisiin ja lopetettaisiin sellaisella ajolla, joka veisi mahdollisimman vähän koneaikaa hukkaan. (R. Kolu, haastattelu 15.10.2009; H. Kanarva, haastattelu 15.10.2009.)

8.2.2 Syy-seuraus-kaavio asetusaajoista

Asetusaikatutkimuksessa ensimmäisenä vaiheena tehtiin selvitys asetusaikoja aiheuttavista tekijöistä syy-seuraus-kaavion avulla. Selvityksessä pyrittiin löytämään syyt asetusaikojen syntymiseen. Selvitys tehtiin kyselyn ja syy-seuraus-kaavion avulla. Selvitykseen osallistui Walki Oy:n tutkimuskohteena olevan paperinjalostuskonelinjan miehistö. Kyselyyn osallistui samat henkilöt kuin tuotantohylkytutkimuksessa. Jokaisella vuorolla oli aikaa vastata 2 viikkoa kysymyksiin. Vuorojen tehtävänä oli täyttää A4 lomake pääkoneella pääkoneen mehistön kesken ja leikkurilla leikkurin miehistön kesken. Vastaus lomakkeita tuli yhteensä kaksi kappaletta.

Työntekijöiden vastaukset ovat havainnollistettu syy-seuraus-kaaviossa. Kaavioon on merkitty tuotantohylyn tapaan ongelma keskiruodon päähän, keskeiset syyt pääruotojen kärkiin, toissijaiset syyt on merkattu keskikokoisten ruotojen kärkiin ja toissijaisiin syihin vaikuttavat syyt on kirjattu pikkuruotoihin. Opinnäytetyön liitteessä on kuvattuna syy-seuraus-kaaviossa yhteenvedo syistä, jotka vaikuttavat asetusaikojen pituuteen. (LIITE 3.)

8.2.3 Teemahaastattelu asetusaajoista

Asetusaikoihin liittyvät teemahaastattelut suoritettiin samaan aikaan kuin hylkytutkimushaastattelut. Asetusaikojen teemahaastattelun suoritettiin

melkein samalle kohderyhmälle ja henkilömäärälle kuin hylkytutkimusten teemahaastattelu. Teemahaastatteluun osallistui vaihteleva määrä työntekijöitä työkiireistä johtuen. Haastattelut kestivät noin 30-60 minuuttia. Tärkeimmät ja aiheen kannalta suuremman huomion arvoiset vastaukset otettiin ylös kysymyslomakkeen kysymysten perään. Haastatteluissa käyttämäni lomake on nähtävissä opinnäytetyön liitteessä (LIITE 4). Teemahaastattelun vastauksia tullaan käyttämään hyödyksi asetusaikojen tutkimuksen myöhemmissä vaiheissa.

8.2.4 Asetusajan mittaukset

Asetusaikatutkimus suoritettiin paperinjalostuskonelinjalla lokamarraskuun aikana. Asetusaikatutkimukset suoritettiin samoista tilauksista kuin hylkypunnituksetkin eli samoista 18 tilauksesta. Näiden tilauksien lisäksi tutkimukseen otettiin vielä mukaan kaksi muuta tilausta. Asetusaikatutkimuksessa otannan suuruus nousi 20 tilaukseen, joka riittää antamaan luotettavan kuvan asetusaikojen nykytilanteesta. Asetusaikatutkimukseen otettiin vaativimmat tuotteet.

Asetusaikatutkimuksessa mitattiin vain sisäisen asetusaajan osuutta läpäisyajasta ulkoisen ja sisäisen asetusaajan vertaamisen sijaan. Syynä tähän oli koneen monimutkaisuus ja monimutkaiset työrytmit ja toimenpiteet. Jos valitulla koneella olisi halunnut suorittaa tarkan asetusaikatutkimuksen myös ulkoisista asetusaajoista, olisi siihen tarvinnut vähintään kaksi tutkijaa. Asetusaikatutkimuksessa tutkittiin sisäistä asetusaikaa, koneaikaa ja läpimenoaikaa paperinjalostuskoneella.

Asetusaikatutkimus suoritettiin mittaamalla asetuksiin ja tilausten valmistamiseen kuluvaa aikaa. Asetusaajan mittaaminen lähti käyntiin aina kun edellinen tilaus oli saatu päätökseen ja seuraavan tilauksen asetuksia ryhdyttiin tekemään. Asetusaajan mittaaminen päättyi siihen kun asetukset oli saatu päätökseen ja kone lähti pyörimään. Koneaikaa alettiin mitata siitä kohdasta kun kone lähti pyörimään eli valmistamaan tilausta. Koneaika päättyi siihen kun kone sai valmiiksi tilauksen eli käytännössä siihen kun kone pysähtyi ja seuraavan tilauksen asetukset alkoivat.

9. TULOKSET

Tämän opinnäytetyön kaikki asetusaikojen ja tuotantohylyn tulokset ovat luottamuksellisia eikä niitä julkaista tässä versiossa kuin yleisellä tasolla. Tuloksissa kerrotaan yleisellä tasolla lyhyt yhteenveto tuloksista.

Tuloksien perusteella tuotantohylystä erään hylkyjakeen osuus kaikista hylkymääristä on erittäin vallitsevassa asemassa. Hylkyjakeen osuus on jopa puolet kokonaishylyn määrästä. Tutkimuksen rajauksen perusteella ei voida juurikaan ottaa kantaa suurimman hylkyjakeen aiheuttajaan, koska se on työntekijöiden työtavoista riippumaton tekijä. Tutkimuksen kannalta oleellista on, että työntekijöiden toimintatapa muutoksia etsiessä hylyn

pienentämiseksi on keskityttävä muihin hylkyä aiheuttavien toimenpiteiden tutkintaan.

Hylkytutkimusten perusteella tuotantohylyn määriä on mahdollista vähentää tuotannossa jopa X kg vuodessa. Vuotuinen tuotantohylyn säästö on laskettu tutkimuksien tulosten sekä tutkittavan paperinjalostuskoneen vuotuisen keskimääräisen tuotannon perusteella.

Asetusaikojen osuudet ovat tuloksien mukaan melko hyvin hallinnassa koneaikaan verrattuna suhteuttamalla tutkimuksen lukuja keskenään. Koneaikaan sisältyy tuotantoseisokit, jotka parantavat asetusaikojen prosenttilukemaa koneaikaan nähden. Seisokit siis hieman vääristävät todellista lukemaa. Tuloksia katsomalla voidaankin todeta, että koneella näyttäisi olevan pitkiä ajosuoria, jolloin asetusajat jäävät paljon pienemmälle osuudelle kuin koneaika.

Tutkimuksessa ilmeni, että asetusajoissa on mahdollista säästää muuttamalla työtapoja tehokkaammiksi niin, että aikaa säästyy asetteiden teossa. Asetusaikojen säästömahdollisuus oli tutkimuksissa noin Y minuuttia, jonka suhteuttamalla koko vuoden keskimääräiseen tuotantoon sadaan vuodessa asetusajan säästöä noin Z minuuttia.

10. YHTEENVETO

Paperinjalostuskoneella syntyvät tuotantohylky ja asetusajat rakentuvat monista eri osatekijöistä. Vähennyspotentiaalia löytyy kummastakin tutkimuskohteesta, mutta niiden pienentäminen vaatii aktiivista havainnointia ja epäkohtiin puuttumista paperinjalostuskoneen työntekijöiltä ja koko muulta organisaatiolta.

Paperinjalostuskoneen tuotantohylyn osuuksia tutkittiin ensiksi ulkoisten reklamaatioiden, sisäisten hylkäyksien ja toimintajärjestelmän antamien tietojen perusteella. Eri paikoista saadut tiedot olivat kuitenkin sellaisenaan liian karkeita käytettäväksi, jos haluttiin tehdä yhteenvetoja tuotantohylkyjen aiheuttajista. Ulkoisten reklamaatioiden aiheuttamat syyt olivat miehistön toiminnasta riippumattomia tekijöitä ja sisäiset hylkäykset antoivat vain osviittaa hylkäyssyistä ja hylkymääristä. Toimintajärjestelmästä sai prosentuaalisia hylkylukemia, joiden perusteella saatiin näkemys hylkytilanteesta ennen kuin kokeelliset hylkytutkimukset saatiin valmiiksi.

Paperinjalostuskoneen tuotantohylkymääriä päätettiin lopulta tutkia työssä kokeellisilla hylkyjen punituksilla, joissa mitattiin eri hylkyjakeiden osuuksia. Osuuksien mittaamisen ohessa pyrittiin etsimään syitä hylkyjen syntyyn havainnoimalla ja haastatteleamalla paperinjalostuskonelinjan työntekijöitä. Tuotantohylyn vertailuluvuksi valittiin koneella käytettävät raaka-aineet, jolloin tuloksiksi saatiin mahdollisimman tarkkaan koneen hylkyjen kehitystä kuvaavat luvut.

Tulosten perusteella kaikista hylkymäärien aiheuttajista tulisi kiinnittää erityisesti huomiota eniten tuotantohylkyä muodostaviin hylkyihin ja niiden aiheuttajiin, koska niiden kautta syntyy luultavasti nopeiten säästöä.

Asetusaikatutkimus suoritettiin tässä opinnäytetyössä mittaamalla asetusaikojen pituutta, jota verrattiin kokonaisläpäisy aikaan. Asetusaikatutkimusosiossa pyrittiin myös haastattelemaan työntekijöitä asetusaikoihin johtavista syistä. Asetusaikatutkimuksessa pyrittiin mittaamisen ohella havainnoimaan asetuksiin liittyviä toimenpiteitä ja asetusaikojen säästömahdollisuuksia.

Tutkimusten perusteella kehityskohteita paperinjalostuskoneen työntekijöiden työtapoissa ja muissa jalostusprosessiin liittyvissä asioissa on monia. Kehittämällä ihmisten ja organisaatioportaiden välistä yhteistyötä, muuttamalla työntekijöiden omia työtapoja sekä puuttamalla muihin ongelmakohtiin on mahdollista vähentää nykyisiä tuotantohylkymääriä X kg ja asetusaikoja Y minuuttia vuodessa. Työ vaatii kaikilta paperinjalostuskoneen työntekijöiltä ja muilta sidosryhmiltä aktiivista otetta epäkohtiin puuttumiseen, toiminnan parempaan suunnittelemiseen ja oman itsensä kehittämiseen.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet:

Ahonen, J. & Pohjanheimo, E. 2008. Asian ytimessä: Työkulttuurin kehittäminen oppivassa organisaatiossa. 4. p. Helsinki: Yliopistopaino.

Airasmaa, I., Kokko, J., Komppa, V. & Saarela, O. 1991. Muovikomposiitit. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacts Oy.

Heikkilä, J. & Heikkilä K. 2001. Innovatiivisuutta etsimässä: Irtiottoa keskinkertaisuudesta. 5. uud. p. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Heikkilä, J. & Ketokivi, M. 2005. Tuotanto murroksessa. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Helin, K. 2000. Yhdessä menestymisen taito. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2007. Tutki ja kirjoita. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen P. 2001. Teoksessa Seppälä, M. (toim.) Paperin ja kartongin valmistus. 2. p. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Karhuketo, H., Seppälä, M., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus. 2. uud. p. Tekijät & Opetushallitus.

Kauhanen, J. 2006. Henkilöstövoimavarojen johtaminen. 8. uud. p. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Krajewski, L. J. & Ritzman, L. P. 2002. Operations management: Strategy and analysis. 6. p. New Jersey: Upper Saddle River.

Kume, H. 1998. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. 2. p. Metalliteollisuuden keskusliitto.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. p. Hakapaino Oy.

Kuusipalo, J. 2008. Papermaking Science and Technology: Paper and paperboard Converting. 2. p. Jyväskylä: Gummerrus Oy.

Laamanen, K. 2003. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona: Ideasta käytäntöön. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum.

Manka, M-J. 2006. Tiikerinloikka työniloon ja menestykseen. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Salminen, P. 1990. Tuotteiden ja toiminnan laadun kehittäminen. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Savolainen, A. 1998. Papermaking Science and Technology: Paper and paperboard Converting. Helsinki: Fabet Oy.

Spiik, K-M. 2004. Tulokseen tiimityöllä. Helsinki: WSOY.

Sähköiset lähteet:

European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production. 2008. What is waste?. Viitattu 12.10.2009. <http://scp.eionet.europa.eu/themes/waste>.

Ilomäki, M. & Melanen, M. 2000. Waste minimisation in small and medium-sized enterprises—do environmental management systems help?. Viitattu 12.10.2009. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFX-4292HBD-3&_user=952961&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1043607844&_rerunOrigin=google&_acct=C00049225&_version=1&_urlVersion=0&_userid=952961&md5=856b6e9575e95a82e97a653ee0223b05.

Kookas. n.d. Laatumukset. Viitattu 13.10.2009. <http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatumukset.htm>.

Kookas. n.d. Tehoa ja ennustettavuutta. Viitattu 9.10.2009. <http://www.kookas.fi/articles/read/5766>.

Kuopion yliopisto & Savonia ammattikorkeakoulu. 2003. Avoin yliopisto: Tuotantotalouden opinnot. Viitattu 8.10.2009. http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4_12imuohjaus.htm.

Laatuakatemia. 2005. Laatu työkaluja. Viitattu 8.10.2009.
<http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>.

Shvoong. 2006. Oppiva organisaatio ja vuorovaikutus. Viitattu 07.10.2009.
<http://fi.shvoong.com/business-management/management/196224-oppiva-organisaatio-ja-vuorovaikutus/>.

Tilastokeskus. 2009. Jätteitä 74 miljoonaa tonnia vuonna 2007. Viitattu 12.10.2009.
http://www.stat.fi/til/jate/2007/jate_2007_2009-06-04_tie_001_fi.html.

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. Wastes-Hazardous Wastes_ Waste Minimization. Viitattu 12.1.2010.
<http://www.epa.gov/waste/hazard/wastemin/minimize/faqs.htm>.

Walki Oy. 2009. Toimintajärjestelmä. Rajoitettu saatavuus. Viitattu 15.10.2009.

Walki Oy. 2009. Viitattu 10.09.2009.
<http://www.walki.com/internet/walki.nsf/sp3?open&cid=ContentA7DAD&walkinf=Navi\30.%20Company&walkinfo=o>.

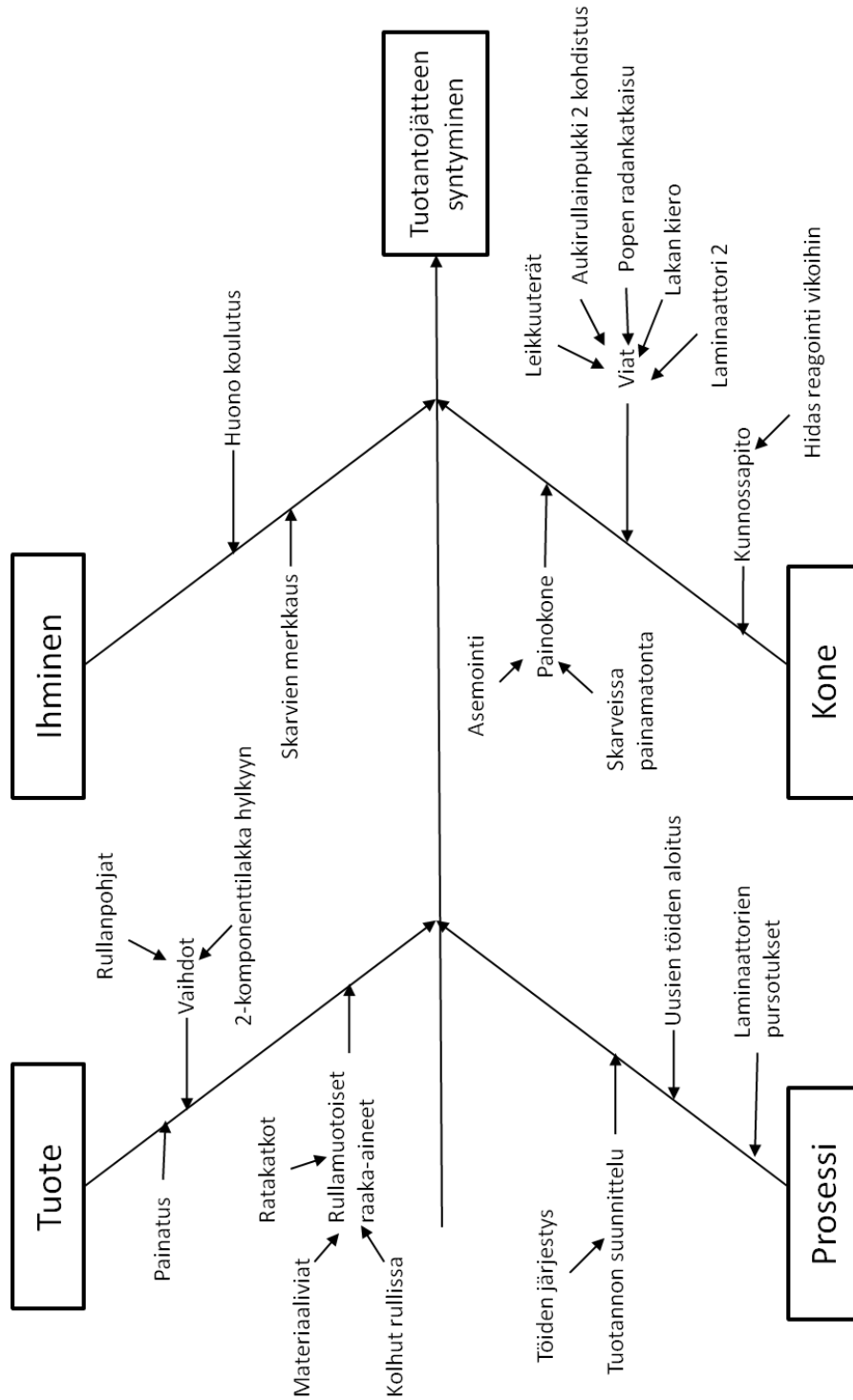
Wisconsin manufacturing extension partnership. n.d. Setup reduction provides significant payback. Viitattu 8.10.2009.
<http://www.wmep.org/Articles/setupreduc.aspx>.

Haastattelut:

Kanarva, H. 2009. Päivämestari. Walki Oy. Haastattelu 15.10.2009.

Kolu, R. 2009. Tuotannonsuunnittelija. Walki Oy. Haastattelu 15.10.2009.

Syy-seuraus-kaavio tuotantohylystä.



Tuotantohylkyä koskeva haastattelulomake.

1. Reagoidaanko hyllyn määrään riittävästi (vai onko se vaan asia jota tulee ja johon ei pyritä vaikuttamaan)?

2. Puututaanko hylkyä aiheuttaviin tekijöihin riittävästi (esim. tekniikka, työtavat, koulutus)?

3. Missä vaiheessa hylkyä syntyy eniten?
a. Missä osassa tai osissa konetta?
b. Mitkä asiat vaikuttavat hyllyn syntyyn (työtavat, laitteet yms)?

4. Mistä hylkyä olisi mahdollista vähentää (esimerkiksi raaka-aineet)?



5. Missä osassa/osissa konetta hylkyä olisi mahdollista vähentää (esim. millä toimenpiteillä tai työtapoilla)?

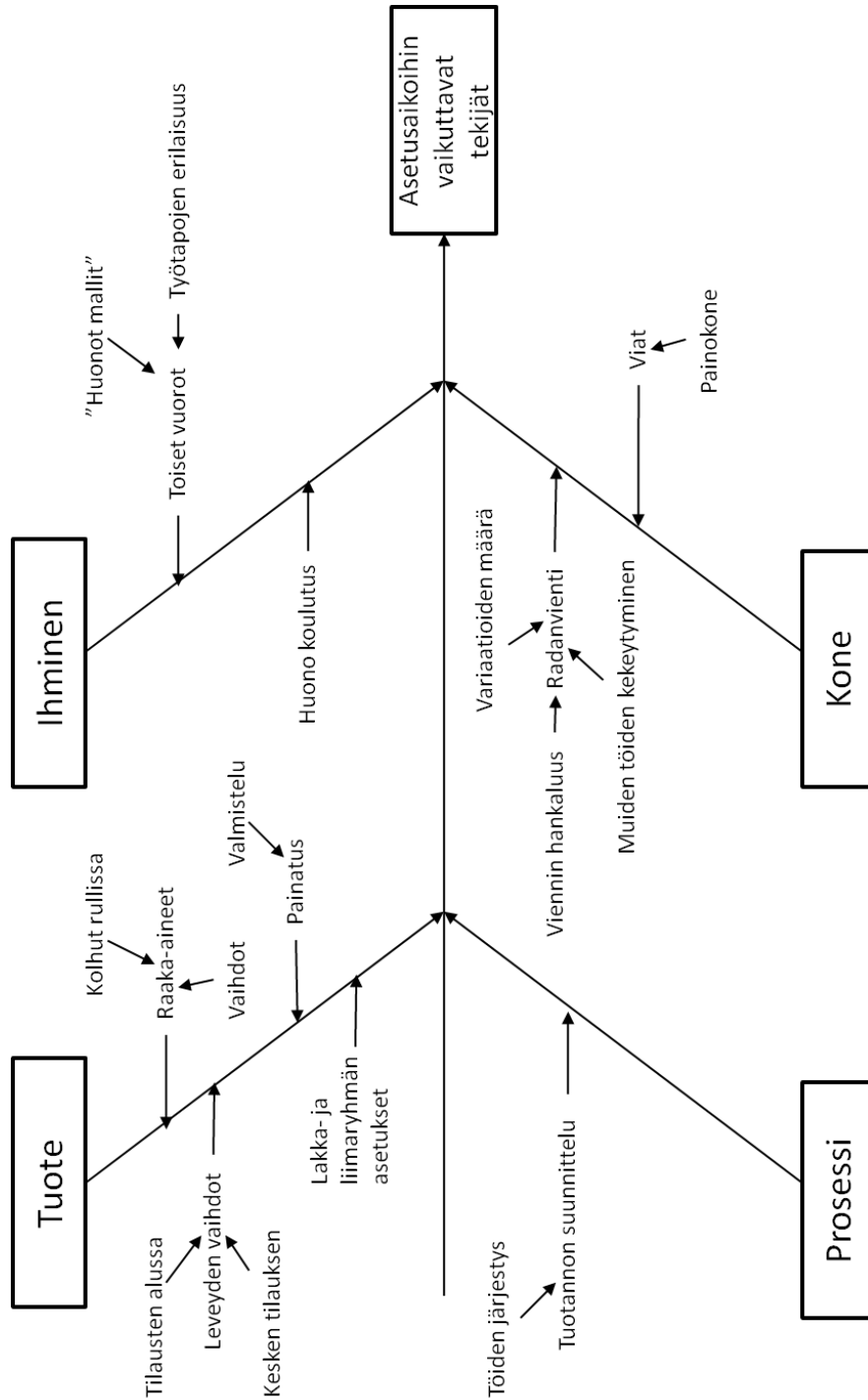
6. Millä työtapoilla hylkyä saataisiin pienemmäksi seuraavilla yksikköprosesseilla?

7. Mitä hylkyjakeita syntyy mielestäsi eniten?

8. Kehitysehdotuksia työtapoihin hylyn pienentämiseksi?



Syy-seuraus-kaavio asetusaajoista.



Asetusaikoja koskeva haastattelulomake.

1. Mitkä työt vievät yleensä eniten aikaa asetteen teossa?

2. Olisiko jotain parannettavaa

- a. työkaluissa?
- b. työskentelytavoissa?
- c. laitteissa?
- d. tai muissa vastaavissa asioissa, mitkä voisivat helpottaa/nopeuttaa asetteen tekoa?

3. Olisiko tarpeellista olla olemassa kunnollinen ohjeistus asetteen tekoa varten (esim. dokumentit)?

4. Tuntuuko siltä, että koulutusta tarvittaisiin joihinkin asioihin liittyen, mihin?

5. Toimiiko yhteistyö vuorojen välillä hyvin? (Asetteiden tekoa ajatellen)

6. Missä toiminnassa olisi vuorojen välillä parannettavaa?

7. Onko kehitysehdotuksia asetusten tekemisestä?

8. Muita kehitysehdotuksia työtapoihin asetusajkojen pienentämiseksi?



Erään paperinjalostuskoneen asetusajojen ja tuotantohylyn vähentäminen työtapojen optimoinnilla

