



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SKANNERIN TYÖAJAN MITTAUS

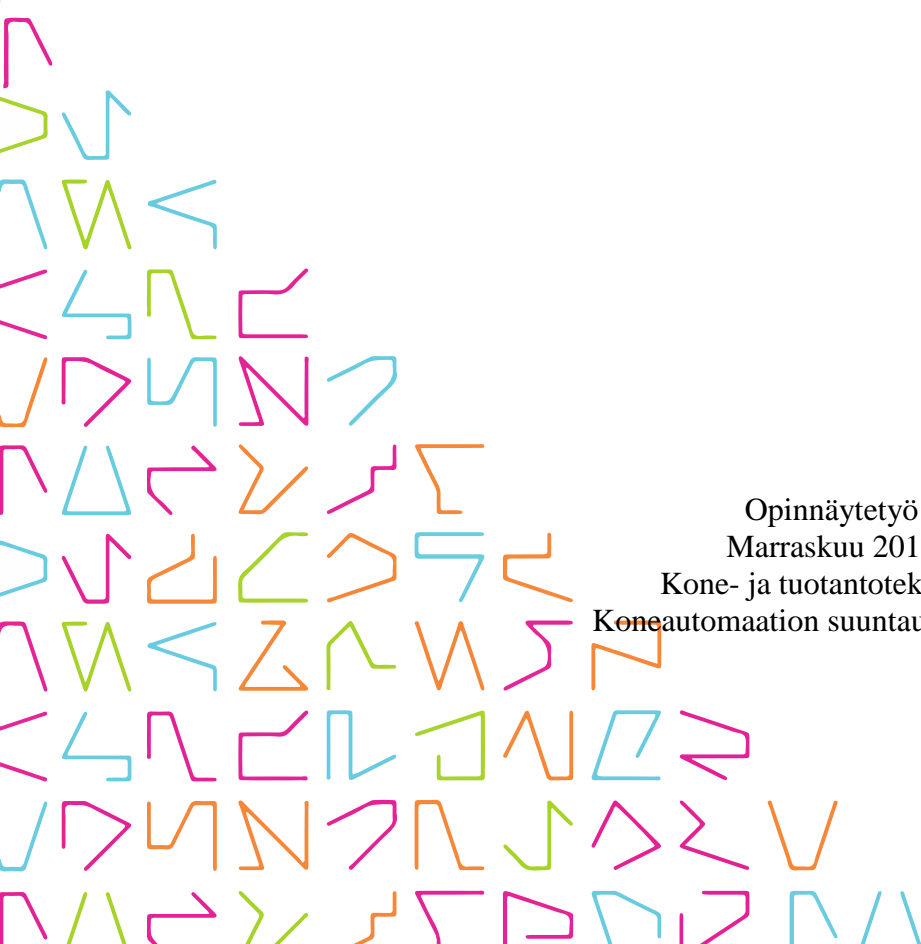
JA

# TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Jani Loikkanen

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2017

Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaation suuntautumispolku



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja Tuotantotekniikka  
Koneautomaation suuntautumispolku

LOIKKANEN, JANI:

Skannerin työajan mittaus ja tuotannon tehostaminen

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Marraskuu 2017

---

Valmet Automation valmistaa paperikoneisiin skannereita, joilla mitataan paperin ominaisuuksia sen valmistusprosessin aikana. Skannereita on yleisesti käytössä ympäri maailman. Vuonna 2015 tuotiin markkinoille mittaraamien uusin sukupolvi. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, mistä valmistukseen kuluva aika koostuu. Kokonaisen skannerin valmistus kokoonpanolinjalla on monivaiheinen prosessi. Työntutkimus tehtiin mittaamalla työvaiheiden aika, jolloin selvisi, mihin aika valmistuksessa kului.

Tutkimuksessa selvisi työvaiheiden ajat ja pullonkaulat sekä ongelmia, joita tuotannossa esiintyi. Lisäksi selvisi valmistukseen liittyvien parannusten vaikutus läpimenoaikaan. Selvitystyöhön toi omat haasteensa uusi tuote ja siitä johtuva suurehko hajonta valmistusajassa. Hajontaan vaikutti itse valmistettava tuote, jonka valmistamiseen työntekijät eivät olleet vielä harjaantuneet, sekä materiaali ja logistiset ongelmat, jotka ovat tyypillisiä uuden tuotteen valmistuksen alkuvaiheessa. Työajan hajonta laski selvitystyön aikana selvästi.

Saadut lopputulokset vastasivat odotuksia, ja saatujen tulosten perusteella tehtiin parannusehdotuksia, joilla pyritään tehostamaan toimintaa. Joihinkin ongelmakohtiin löydettiin selvitystyön aikana ratkaisuja, joiden vaikutus valmistusaikaan selvisi.

---

Asiasanat: läpimenoaika, skanneri, työaika

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme of mechanical engineer  
Machine automation

LOIKKANEN, JANI:  
Measuring lead time to improve Scanner production

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 4 pages  
November 2017

---

Valmet Automation manufactures measuring scanners for paper machines, which measures the properties of paper during the manufacturing process. Scanners are widely used in paper mills around the world. The latest generation of scanners on the market was introduced in 2015. The objective of this thesis was to determine the production time of these measuring scanners. The manufacturing of scanners is a multistep process. Research was carried out by timing the different stages of production to determine the time allocated to each stage step.

The results obtained from the research work were the length of time used at each stage, as well as bottlenecks and problems in the production. The research had its own challenges resulting in large deviation of manufacturing time. The reason for deviation that the production workers were not accustomed to the new production system. There were also material and logistical problems, which are typical to early stages of manufacturing of a new product. Lead time deviation decreased significantly during the research.

The final results obtained corresponded to expectations and on this basis suggestions were made aimed at improving production. Several problem areas were discovered and solved during the investigation and resulting in noticeably better lead time.

---

Key words: turnaround time, scanner

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖNTUTKIMUS JA TOIMINNANOHJAUS .....	7
	2.1 Työaikalajit .....	7
	2.2 Toiminnanohjaus .....	9
	2.2.1 MRP - Material resource Planning eli materiaalihallinta.....	9
	2.2.2 JIT - Just In Time eli Juuri oikeaan aikaan .....	10
	2.2.3 Kapasiteetti ja läpäisy aika.....	11
3	VALMISTETTAVUUS JA KOKOONPANO .....	13
	3.1 DFM - Design for manufacturing eli Valmistettavuus .....	13
	3.2 DFA - Design for assembly eli tuotteen kokoonpantavuus .....	14
4	TUOTANNON LÄPIMENOAJAN SELVITYS .....	15
5	POHDINTA.....	16
	LÄHTEET.....	17
	LIITTEET .....	18
	Liite 1. Työajan mittausdata .....	18
	Liitteet ovat salaiseksi luokiteltua tietoa ja ne on jätetty tästä versiosta pois.	18

## ERITYISSANASTO

Skanneri	Skanneri = mittaraami.
WW	Web Width = Paperiradan nimellisleveys, joka on skannerin nimellismittaa kuvaava mitta millimetreinä (mm).
DS	Drive Side = Käyttöpää
TS	Tend Side = Hoitopää
Doghouse	Alemman anturitelineen ja kelkkojen välinen tuenta
FAT	Factory acceptable test eli tehdashyväksyntä testi
Sensori	Paperin ominaisuuksia mittaava laite

# 1 JOHDANTO

Valmet Oyj on paperi-, sellu- ja energiateollisuuden teknologiatoimittaja ja kehittäjä. Valmet automaatio toimittaa nimensä mukaan automaattoratkaisuja paperi-, sellu- ja energiateollisuudelle. Valmet automation valmistaa paperikoneisiin mittaraameja, joita on yleisesti käytetty paperin laadun mittaamiseen. Mittaraami on järjestelmä, jolla paperinlaatua voidaan mitata paperinvalmistusprosessin aikana. Paperitehtaissa mittaraami on maailmanlaajuisesti yleisesti käytössä. Vuoden 2015 lopulla julkistettiin mittaraamien uusin sukupolvi, IQ 2015 -skanneri.

Tämä opinnäytetyö on tehty tilauksesta Valmetille koska uuden IQ 2015 -skannerin valmistuksen läpimenoaika tuotannossa täytyi selvittää ja etsiä mahdollisia kehityskohteita tuotannolle. Lyhyt läpimenoaika tuotannossa on tärkeä seikka yritystenvälisessä kilpailutilanteessa, koska se mahdollistaa lyhyemmät toimitusajat sekä suuremmat tuotantomäärät samoilla resursseilla ja tuo lisäksi selkeitä kustannussäästöjä.

Selvitystyössä keskityttiin tutkimaan IQ 2015 -skannerin työvaiheajoja ja tuotannon tehokkuutta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tuotannon työajan ja läpimenoajan mittaamiseen. Lisäksi mitattiin läpimenoajan supistamiseksi tehtyjen toimenpiteiden vaikutus sekä esitettiin kehityskohteita, jotta tuotannon läpimenoaikaa saadaan supistettua. Opinnäytetyö tuo Valmetille kustannussäästöjä tehostamalla tuotantoa sekä parantaa työn tehokkuutta. Tämän opinnäytetyön tekijä on ollut asentajana skannerituotannossa.

## **2 TYÖNTUTKIMUS JA TOIMINNANOHJAUS**

Työntutkimuksen tavoitteena on selvittää mahdollisimman tehokas ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminta. Tärkeimpiä päämääriä ovat hyvien työolosuhteiden ja toimintatapojen luominen. Hyvät työolosuhteet käsittävät työturvallisuuden ja työergonomian. Toimintatapojen tulisi olla työntekijöiden kannalta mielekkäitä ja yrityksen kannalta tehokkaita. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 490.)

Työntutkimus on hyvä apuväline tuotannon läpimenoaikojan ja pullonkaulojen etsimiseen sekä tuotteiden suunnitteluun ja jatkokehittelyyn. Työntutkimuksestasaaduilla tiedoilla voidaan asettaa tavoitteita toiminnan ja tuotteiden kehittämiseksi. Yrityksen resurssit saadaan tehokkaammin käyttöön, kun tiedetään työvaiheiden kesto uotannon kapasiteetti. Näin materiaalin käsittelyä ja työnkuormitusta pystytään tasoittamaan ja tehostamaan. Tehokas toiminnanohjaus vaatiikin tarkkaa tietoa resursseista ja työntutkimuksella saadaan selkeät lukuarvot toiminnalle. (EK-SAK tuottavuusryhmä, 2011: 8.)

Jotta mittaustulokset olisivat käyttökelpoisia, täytyy ymmärtää mitattava kohde ja valita siihen sopiva mittaustapa. Hyvästä mittauksesta selviää mittauksen kohde ja tarkkuus sekä luotettavuus. Mittauksissa on aina epätarkkuutta, joten on hyvä esittää mittauksen tarkkuudesta arvio. Mittauksen luotettavuus tarkoittaa, että mittaus on tehty sovitulla tavalla ja tuottaa eri mittauskerroilla saman tuloksen mittaustarkkuus huomioiden. Hyvässä mittauksessa tunnusluvut ja niiden ymmärrettävyys on esitetty selkeästi. (Saari, 2006, 40.)

### **2.1 Työaikalajit**

Työntutkimuksessa työssäoloaika pilkotaan tarpeen mukaan pienempiin osiin. Tyypillinen on jako tekemisaikaan, apuaikaan ja tai hukka-aikaan. Varsinaiseen tuottavaan aikaan kuuluu tekemisaika, jolloin valmistettavalle tuotteelle syntyy lisäarvoa. Apuaikaan kuuluu työnteon kannalta välttämättömät tehtävät, jotka eivät varsinaisesti edistä työn valmistumista, mutta ovat tarpeen, jotta työn tekeminen voi jatkua. Hukka-aikaan kuuluvat kaikki tarpeettomat keskeytykset, kuten materiaalipuutteet, työkalujen ja

komponenttien etsiminen ja ylimääräiset tauot. (EK-SAK tuottavuusryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. s.11. Teknologiateollisuus Ry. Luettu 27.02.2017.)

Työntutkimuksessa tekemisaika voidaan jakaa edelleen pienempiin osiin tarpeen mukaan ja se riippuu halutun lopputuloksen tarkkuudesta. Hidastahtisessa tutkimuksessa voi riittää esimerkiksi 0,1 tunnin tarkkuus ja hyvin nopeatahtisessa vaihetyössä voidaan työvaiheita mitata jopa sekunnin tarkkuudella. Työntutkimuksessa täytyy ymmärtää mittauskohde ja löytää sopiva jako työvaiheille sekä mittaustarkkuus.

Tekemisaika voidaan jakaa kahteen tai useampaan osaan, tarpeen mukaan. Yleensä se jaetaan vaiheeseen ja valmistelu-aikaan. Vaiheeseen kuuluvat sellaiset työvaiheet, jotka välittömästi lisäävät tehtävän tuotteen jalostusarvoa. Valmistelu-aikaan kuuluvat muut työnteon kannalta välttämättömät työvaiheet, jotka toistuvat vaiheen aikana vain kerran, kuten asetusten teko työn suorittamista varten ja asetusten purkaminen työvaiheen lopussa. (EK-SAK tuottavuusryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. s.11. Teknologiateollisuus Ry. Luettu 27.02.2017.)

Apu-aikaan kuuluvat normaalit tauot, elpymisajat ja muut työnteon kannalta tarpeelliset tehtävät, jotka täytyy hoitaa. Tällaiset tehtävät eivät varsinaisesti edistä työntekemistä, mutta ne tulee suorittaa, jotta varsinainen työn tekeminen voi jatkua. Apu-aikaan kuuluvat esimerkiksi koneiden huollot ja tuntikirjaukset. (EK-SAK tuottavuusryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita, 12. Teknologiateollisuus Ry. Luettu 27.02.2017.)

Hukka-aikaa ovat kaikki ennalta odottamattomat tauot, konerikot ja suunnittele mattomat aikaa vievät työt. Laatuvirheet ja viallisten osien korjaamiseen kuluva aika on tyypillistä häiriö-aikaa. Työntutkimuksessa häiriöajat täytyy suodattaa tuloksista erilleen, jotta niihin pystytään tekemään mahdollisia korjaavia toimenpiteitä. Hukka-ajan kesto on hyvin usein varsin epämääräinen ja sen korjaaminen voi viedä paljon työpaikan resursseja. (EK-SAK tuottavuusryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita, 12. Teknologiateollisuus Ry. Luettu 27.02.2017.)



## 2.2 Toiminnanohjaus

Toiminnanohjaus on keskeisessä asemassa yrityksen eri toimintojen suunnittelua ja hallintaa. Toiminnanohjauksella pyritään organisoimaan ja ohjaamaan yrityksen resursseja sille asetettujen tavoitteiden mukaan. Se luo yritykseen selkeät pelisäännöt siitä, miten siellä toimitaan. Selkeät säännöt ja toimintatavat helpottavat ja tehostavat yrityksen toimintaa ja ovat edellytys tehokkaalle toiminnalle. Toiminnanohjauksella haetaan kapasiteetin korkeaa tuottavuutta ja lyhyttä läpimenoaikaa. Toiminnanohjauksella pyritään myös huolehtimaan hyvästä toimitusvarmuudesta ja minimoimaan vaihto-omaisuuden määrää. Edellä mainitut kriteerit ovat jossain määrin ristiriidassa keskenään, koska vaihto-omaisuuden eli käytännössä varastojen kasvattaminen lisää kuluja, mutta toisaalta parantaa toimitusvarmuutta. Toimitusvarmuuden ja vaihto-omaisuuden välille tuleekin löytää sopiva tasapaino. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009: 397, 402.)

Toiminnanohjauksella pyritään muodostamaan yrityksen sisälle jatkuvasti kehittyvä toimintakulttuuri. Toimintatapojen noudattaminen on tärkeää yrityksen kaikilla tasoilla ja tärkeä osa yrityksen tehokkuutta. Toiminnanohjauksella pyritään löytämään tasapaino yrityksen eri toimintojen ja resurssien välillä, jotta työkuorma olisi mahdollisimman tasainen.

### 2.2.1 MRP - Material resource Planning eli materiaalihallinta

Materiaalihallinta käsittää raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden käsittelyn hallintaa. Myös alihankittavat tuotteet ja valmistuspalvelut kuuluvat materiaalihallinnan piiriin. Materiaalihallinnalla ohjataan näiden hankintaa, varastointia ja jakelua. Tavoitteena on halutun palvelutason ylläpito kustannustehokkaasti. Tähän vaikuttaa oleellisesti materiaalien ja tuotteiden saatavuus ja toimitusaika. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 443.)

Materiaalihallinnan merkitys korostuu varastojen pienentyessä. Tavarantoimittajien ja alihankkijoiden toimitusvarmuudella on suuri merkitys siinä, miten pieniä varastoja voidaan pitää. Tärkeä osa materiaalihallintaa on tieto siitä missä ja miten raaka-aineet, puolivalmisteet ja muut tuotteet liikkuvat.

Toinen materiaalihallinnan tavoite on kokonaiskustannusten minimointi, jossa hankintaerät ja varastointikustannukset ovat keskenään jossain määrin ristiriidassa kustannusten minimoinnin kannalta. Edullisinta olisi ostaa suuria hankintaeriä, mutta varastointikustannusten kannalta mahdollisimman pieniä hankintaeriä. Materiaalihallintaan liittyy myös sivukuluja, kuten kuljetus, vastaanotto ja hankinnan kustannukset, joissa täytyy huomioida koko yrityksen toimintaympäristö. Kokonaiskustannusten hallintaan liittyvät myös materiaalivirheiden ja puutteiden sekä reklamaatioiden aiheuttamat kustannukset.

(Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 444.)

Toiminnanohjauksen tehtävä on optimoida materiaalihallintaa siten, että ostoerät ja varastot ovat sopivassa suhteessa keskenään tuotannon kanssa. Materiaalihallinta alkaa jo tuotteiden suunnittelupöydältä, sillä tässä vaiheessa määräytyy mitä varastossa täytyy pitää. Hyvällä suunnittelulla voidaan optimoida hallittavan materiaalin määrää ja saada aikaan suuriakin säästöjä.

### **2.2.2 JIT - Just In Time eli Juuri oikeaan aikaan**

Just in time -tuotantomalli syntyi Japanissa 1960-luvulla Toyotan kehittämänä. Tuotantomallin periaatteena on selväpiirteinen tuotanto, jossa tuotannonohjaus sekä materiaalivirrat on pyritty järjestämään mahdollisimman tehokkaiksi. Lähtökohtana JIT-tuotantoon on ollut asetusajkojen lyhentäminen, joka automaattisesti pienentää läpimenoaikoja.

JIT-tuotannon keskeisiä periaatteita ovat toiminnan jatkuva kehittäminen, jossa keskeisessä asemassa ovat selkeät materiaalivirrat ja välivarastojen minimointi. Tehokkaalla laadunohjauksella ja alihankkija- ja toimittajasuhteiden kehittämällä pyritään saamaan varastot, materiaalivirrat ja tuotanto virtaviivaisiksi, mistä seuraa nopea läpäisy aika. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 428.)

Tuotannossa juuri oikeaan aikaan saatavilla olevat materiaalit vähentävät tehokkaasti turhaa työtä ja pitävät varastot pieninä. Se asettaa myös korkeita vaatimuksia materiaalihallinnalle ja hankinnalle, jotta materiaali saadaan ajoissa käyttöön.

Projektiluonteisessa toiminnassa materiaalin saatavuus juuri oikeaan aikaan korostuu, sillä varastoja ei välttämättä ole edes olemassa.

### **2.2.3 Kapasiteetti ja läpäisy aika**

Kapasiteetti kertoo, mikä on tuotantoyksikön suorituskyky aikayksikössä. Kapasiteettia ilmaistaan eri teollisuuden aloilla eri tavoin. Esimerkiksi paperitehtaissa käytetään yksikkönä tonni/päivä tai tonni/tunti ja kokoonpanoa tekevä tehdas voi käyttää yksikkönä kpl/tunti tai päivä. Kapasiteetin hallinta on tärkeää, jotta resurssit saadaan tehokkaaseen käyttöön eikä tuotantoon synny tyhjäkäyntiä, jolloin tuottavaa työtä ei tehdä täydellä teholla. Kapasiteetin hallinta on tärkeä osa tuotannon ohjausta ja suunnittelua. Tuotannon ohjauksen täytyy olla hyvin perillä tuotannon kokonaiskapasiteetista ja yksittäisten työpisteiden kapasiteetista, jotta se voi ohjata töiden kuormitusta. Hyvällä tuotannon ohjauksella voidaan pitää kuormitus mahdollisimman tasaisena. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 399.)

Tuotannon kapasiteetti määrää sen miten paljon tuotteita tuotannon läpi pystytään valmistamaan. Siksi kapasiteetin hallinta on tärkeä osa toiminnan ohjausta. Työntutkimuksella saadaan yksityiskohtaista tietoa tuotteiden valmistamisesta ja se auttaa tuotannon ohjausta optimoimaan kuormitusta.

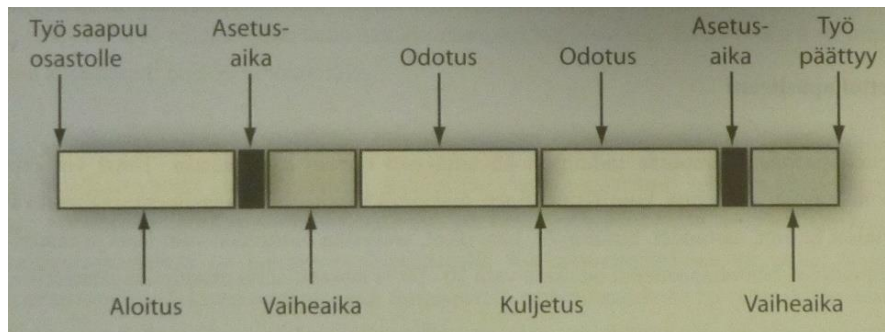
Kapasiteetti ei yleensä koskaan yllä täyteen 100 prosenttiin, koska työssä on aina keskeytyksiä ja muita tekijöitä, jotka laskevat maksimikapasiteettia. Näitä maksimikapasiteettia laskevia tekijöitä ovat erilaiset valmistusprosessiin liittyvät häiriöt kuten konerikot, huollot ja viallisten tuotteiden valmistus. Lisäksi on varsinaiseen valmistusprosessiin liittymättömiä kapasiteettia laskevia tekijöitä, kuten koulutus, poissaolot ja materiaalipuutteet.

(Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 400.)

Läpäisy aika ilmaisee ajan, jonka toimintaketju alusta loppuun vaatii. Läpäisy aikaa voidaan ilmaista myös tuotannon tai valmistussolun yksikköaikana, esimerkiksi jonkin yksittäisen työvaiheen suorittamiseen kuluvana aikana. Läpäisy aika ei kuvaa toiminnan tehokkuutta, vaan ilmaisee siihen kuluvan ajan. Kuvassa 1 on läpäisy ajan rakennetta kuvaava aikajana. On hyvin tyypillistä, että valtaosa läpäisy ajasta on odotusaikaa, sillä

varsinaiseen tuottavaan työhön kuluu vain murto-osa kokonaisajasta. Tätä kutsutaan nettokapasiteetiksi, joka on todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti ja se asettuu yleensä noin 50-90 prosentin välille maksimikapasiteetista. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 401.)

Kuvassa 1 on esimerkkiaikajana tuotteen läpäisyajan rakenteesta. Siitä ilmenee, miten tuotteen valmistuksessa on useita vaiheita, joissa tuote ei saa lisäarvoa.



KUVA 1. tuotteen läpäisyajan rakenne, Haverila 2009, 401

Läpäisyajan laskiessa tuotannon kapasiteetti kasvaa eli ne ovat kääntäen verrannollisia keskenään. Työntutkimuksella saadaan tietoa tuotannon eri vaiheista ja tuotannonohjauksella voidaan pyrkiä vähentämään esimerkiksi odotusaikoja, jolloin kapasiteetti kasvaa. Tuotannossa esiintyy tilanteita, jolloin tuotteeseen ei voida tehdä sen jalostusarvoa lisäävää työtä, kuten maalin tai liiman kuivumisen odotusaika. Tuotannonohjauksella pyritään ohjaamaan resurssit odotusaikoina mahdollisuuksien mukaan muuhun tuottavaan työhön.

Läpäisyajan mittaaminen antaa tuotannonohjaukselle selkeät luvut, joiden perusteella tuotantoa voidaan ohjata. Läpäisyajan mittaus on myös tuotannon kehityksen edellytys, sillä se antaa paremman ymmärryksen mitatusta asiasta. Mittaamisen tarve ja merkitys kasvavat, kun yritys laajenee ja tulee monimutkaisemmaksi. Pienessä yrityksessä yrittäjäomistaja pystyy pelkällä näppituntumalla ja kokemuksella ohjaamaan yrityksen toimintaa. Suuremmissa yrityksissä henkilöstöä on niin paljon, että sen hallintaa on hajautettava. Tässä toiminnan mittaamisella on keskeinen tehtävä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen 2009, 397.)

### **3 VALMISTETTAVUUS JA KOKOONPANO**

Tuotesuunnittelun vaikutus valmistuskustannuksiin on suuri. Sillä on myös huomattava vaikutus yleiskustannuksiin. Suunnittelun vaikutus kustannuksiin on noin 5 %, mutta sen vaikutus kokonaiskustannuksiin on noin 70—80 %. Tästä johtuen tuotesuunnittelun on oltava organisaatioiden rajat ylittävää yhteistyötä. (Käki T., 2008, 27.)

Tuotteen teknisessä suunnittelussa määritellään, miten ja mistä tuote valmistetaan. Tuotteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tuotteen teknisten vaatimusten lisäksi lait ja asetukset, kuten sähkö ja koneturvallisuusdirektiivit. Suunnittelussa selvitetään myös, miten tuote voidaan tuotannossa valmistaa. (Boncamber, 1995, 66.)

#### **3.1 DFM - Design for manufacturing eli Valmistettavuus**

Valmistettavuus on laaja käsite, joka sisältää kaikki tuotekonstruktioita yksinkertaistavat menetelmät ja järjestelyt. Nämä kaikki menetelmät alentavat sekä tuotteen materiaali- että valmistuskustannuksia. Päällimmäinen tavoite on siis valmistuskulujen laskeminen. (Lempiäinen, savolainen s.69.)

Teknisessä tuotekehityksessä selvitetään, miten tuotekehityksen suunnittelema tuote pystytään tuottamaan yrityksen resursseilla. Mikäli yrityksen resurssit tai kapasiteetti eivät riitä, on hyvin tyypillistä käyttää alihankkijoita ja muita ulkoisia palveluja halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Teknisessä tuotekehityksessä pyritään tyypillisesti parantamaan jo olemassa olevaa tuotetta halutuilla alueilla. Näitä ovat tuotteen hinta, johon vaikuttavat tuotteen valmistettavuus ja materiaalit. Myös tuotteen tekniset ominaisuudet, kuten paino ja koko ovat tekniseen tuotekehitykseen kuuluvia. (Boncamber, 1995, 67.)

Valmistettavuuden kehittämällä on suorien kustannussäästöjen lisäksi vaikutusta myös kokoonpantavuuteen. Osien valmistettavuuteen vaikuttaa paljon käytettävissä olevat laitteet. Turvautuminen osaaviin alihankkijoihin voi olla hyvinkin kannattavaa, jos vältetään kalliilta laiteinvestoinneilta.

### 3.2 DFA - Design for assembly eli tuotteen kokoonpantavuus

Design for assembly on tuotekehityksen suuntaus, jossa on tavoitteena tuotteen rakenteen ja sitä kautta kokoonpanotyön yksinkertaistaminen. Tällä on suora vaikutus tuotannon läpimenoaikaan ja tuotantolinjan kapasiteettiin. Kokoonpantavuus on tärkeämpää tuottavuuden kannalta kuin valmistettavuus, sillä kokoonpanotyö on paljon työvoimavaltaisempaa kuin osien valmistaminen. (Lempiäinen, savolainen, 2003, 69.)

Kokoonpantavuuteen vaikuttavat myös oleellisesti osien käsiteltävyys ja asennuksen helppous. Suuret tai hyvin pienet osat voivat tarvita asennukseen ylimääräisiä apuvälineitä. Joustavien ja helposti särkyvien osien asentaminen on usein hidasta käsityötä, jota ei voi automatisoida. Taipuisien letkujen tai kaapeleiden asentaminen ahtaisiin paikkoihin voi olla hyvin hidasta. Asennukseen vaikuttaa paljon myös valittu liitosmenetelmä ja erilaisten liitosmenetelmien määrä kannattaakin pitää pienenä. Tästä seuraa tarvittavien asennustyökalujen väheneminen, mikä laskee työkalukustannuksia. (Lempiäinen, savolainen, 2003, 72.)

Työntutkimuksella saadaan tuloksia tuotteen kokoonpantavuudesta. Kokoonpantavuuden parantaminen käsittää mekaanisen kokoonpanon lisäksi myös työergonomian ja sitä kautta se koskee myös työturvallisuutta. Tuloksia voidaan käyttää hyväksi tuotekehittämissä ja työvaiheiden suunnittelussa.

#### 4 TUOTANNON LÄPIMENOAJAN SELVITYS

Skannerien tuotannon läpimenoajat selvitin siten, että tein samalla kokoonpanotyötä yhdessä työparin kanssa. Työvaiheiden mittauksen tein noin 0,1 tunnin eli 6 minuutin tarkkuudella. Päädyin tähän, koska arvelin sen olevan riittävä tarkkuus. Läpimenoajan tiedettiin joka tapauksessa olevan useita kymmeniä tunteja, joten sekuntien tarkkaa mittausta en kokenut tarpeelliseksi tehdä. Lisäksi tiedossani oli etukäteen, että työn joutuisuus vaihtelee melko paljon. Kyseessä on myös uusi tuote, joten työntekijöiden työrutiini kasvaa jokaisen valmistetun skannerin myötä. Samalla kun työaikaa mitattiin, siitä saatiin muodostettua selkeitä osakokonaisuuksia, jotka ovat helpommin käsiteltäviä yksittäisiä työvaiheita. Tuotannon kokoonpanon läpimenoajan mittaustuloksissa on esitetty tekemisaika ja valmistelu-aika. Työvaihekohtainen mitattu hukka-aika on erikseen perässä. Apuaikaa ei suoraan mitattu lainkaan ja työvaiheisiin kuulumaton hukka-aika on myös jätetty mittaamatta, koska selvitystyössä keskityttiin mittaamaan työaikaa, eikä työntekijää. Työaika mittaustuloksia sain kuudesta eri skanneriprojektista ja esitetyt tulokset ovat keskiarvoja.

Skannereita valmistetaan eripituisina ja pituudet muuttuvat aina puolen metrin välein. Tähän mennessä lyhin valmistettu skanneri on mitaltaan WW2500. Merkinnällä WW2500 tarkoitetaan nimellismittausalueeltaan 2500 mm leveää paperirataa. Pisin toistaiseksi valmistettu skanneri on ollut mitaltaan WW10000. Pituudeltaan yli WW6000-mittaiset skannerit ovat myös hieman leveämpiä, jotta rakenteellinen jäykkyys olisi riittävä. Tämä leveyden vaikutus kokoonpano-aikaan on huomattavasti pienempi kuin skannerin lisääntyvän pituuden tuoma kokoonpanoajan kasvu.

Mittaustulokset ovat salaiseksi luokiteltua tietoa ja ne on jätetty julkisesta versiosta pois.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyössä mittasin skannerin valmistusajan ja tein valmistettavuuteen ja tuotannon tehostamiseen liittyviä kehitysehdotuksia sekä mittasin tehtyjen parannusten vaikutuksia. Löysin mahdollisuuksia tuotannon läpimenoajan laskemiseksi ja työn aikana läpimenoaika laski työntekijöiden oppimisen ja tehtyjen parannusten ansiosta. Valmistusajan mittaus sujui hyvin, koska työympäristö oli tuttu ja tuloksiksi saatiin selkeät sekä todellisuutta kuvaavat työajat eri työvaiheista. Myös hukka-ajasta saatiin tuloksia, joita voidaan käyttää ja käytettiin hyväksi tuotannon tehostamisessa. Tuote oli selkeästi samankaltainen kuin vanha skannerisukupolvikin, joten työvaiheet olivat hyvin jäseneltävissä. Alkuvaiheen työaikamittauksissa suurin ongelma oli materiaalin puute ja laatu. Tässä tapahtui kuitenkin hyvin nopea myönteinen kehitys parempaan päin.

Tuotannossa läpimenoaikaan vaikuttavat monet pienet tekijät ja tässäkin tapauksessa yksittäisillä muutoksilla saadaan vain pieni vaikutus valmistusaikaan. Tässä opinnäytetyössä ei ollut tarkoitus puuttua tuotannon kokoonpanotilojen layouttiin, mikä selkeytti työtä. Skanneri itsessään on jo monivaiheinen tuote valmistettavaksi.

Tulosten ja tuotannossa tehtyjen havaintojen perusteella saadaan lähtökohtia toiminnan tehostamiseksi, joita voidaan tarvittaessa verrata aiempiin tuloksiin läpimenoajan suhteen. Skannerin läpimenoajan lyhentämiseksi tehdyt ehdotukset ovat esitettynä mittaustulosten lopussa.



## LÄHTEET

Boncamper, I., 1995, Tuotannon suunnittelu, 2. Painos, Hämeen ammattikorkeakoulu, Wetterhoffin käsi ja taideteollisuus oppilaitos, Tampere, Cityoffset Ky.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Infacs Oy. 6. p. Tampere: Infacs Oy.

Käki, T. Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu. 2008., Taidolla tuottavuuteen-Työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Luettu 31.12.2016  
[http://www.lamk.fi/tki-toiminta/julkaisut/b-oppimateriaalia/Documents/taidolla\\_tuottavuuteen\\_tyokaluja\\_tuottavuuden\\_kehittamisen.pdf](http://www.lamk.fi/tki-toiminta/julkaisut/b-oppimateriaalia/Documents/taidolla_tuottavuuteen_tyokaluja_tuottavuuden_kehittamisen.pdf)

Lempiäinen, J., Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu-puoliksi tehty. Suomen Robotiikkayhdistys. 1.p. Helsinki, Hakapaino Oy.

Logistiikan maailma 2013. JIT (Justi-In-Time), Lean ja Agile.

Viimeksi muokattu 31.12.2013, luettu 15.3.2014.

[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT %28Just In Time%29, Lean ja Agile](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_%28Just_In_Time%29,_Lean_ja_Agile)

Logistiikan maailma 2013. Keräily. Viimeksi muokattu 21.3.2014, luettu 20.4.2014.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Ker%C3%A4ily>

Six Sigma, 2014. Lean.

Luettu 17.3.2014.

<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>

[http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannusta\\_va\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannusta_va_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf)

Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologiateollisuus Ry.

Luettu 27.02.2017

## **LIITTEET**

Liite 1. Työajan mittausdata

Liitteet ovat salaiseksi luokiteltua tietoa ja ne on jätetty tästä versiosta pois.