

Pekka Teppo

## **Osakokoonpanon kehittäminen**

Palax/Ylistaron terästäkomo Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Pekka Teppo

Työn nimi: Osakokoonpanon kehittäminen

Ohjaaja: Jarno Arkko

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Palax/Ylistaron Terästakomo Oy. Yritys on Terra Patris -konsernin tytäryhtiö ja sen päätoimialaa ovat Palax-klapikoneet. Yritys valmistaa myös erilaisia tuotteita teollisuuden tarpeisiin.

Työn tavoitteena oli kehittää kohdeyrityksen osakokoonpanoja sekä suorittaa osakokoonpanoille työajan laskenta.

Teoriaosuudessa käydään läpi toiminnanohjausta ja sen peruskäsitteitä. Toiminnanohjauksen jälkeen perehdytään työntutkimukseen, työntutkimuksen aikalajeihin ja käsitteisiin. Teoriaosion lopussa käsitellään Maxi-MOST-liikesarjatutkimuksen teoriaa.

Työn toteutusosiossa tutustuttiin aluksi Palax D360 -tuotemalliin mekaniikkaan ja rakenteeseen. Tämän jälkeen tuotemallille tehtiin ohjelmalliset osakokoonpanojen rakennekuvat sekä suoritettiin työajan laskenta Maxi-MOST-menetelmää hyödyntäen.

Avainsanat: tuotannonohjaus, työntutkimus, Maxi-MOST

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Pekka Teppo

Title of thesis: Development of subassembly

Supervisor: Jarno Arkko

Year: 2020

Number of pages: 38

Number of appendices: 2

---

The thesis was made for Palax/Ylistaron Terästäkomo Oy. The company is a subsidiary of Terra Patris -group and chopped wood machines is its main line of business. The company also manufactures different kind of products for industrial needs.

The goal of the thesis was to develop the company's subassemblies and execute a working time calculation for subassemblies.

The theoretical part examined the resource planning of the and its principles. After that, the theoretical part focused on work study, its time types and its concepts. The theory of Maxi-MOST – sequence of movements study was undergone at the end of the theoretical part.

In the implementation part of the work, the first objective was to familiarize with the design and mechanics of the Palax D360 -product model. After this, instructional pictures were made to the product model's subassemblies, and working time was calculated, taking advantage of Maxi MOST -measurement system.

Keywords: enterprise resource planning, work study, Maxi-MOST

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta ja nykytilanne.....	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rakenne.....	9
1.4 Yritysesittely.....	9
<b>2 TOIMINNANOHJAUS.....</b>	<b>11</b>
2.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet.....	11
2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä.....	13
2.3 Kapasiteetti.....	14
2.4 Läpäisy aika.....	14
2.5 Toiminnanohjausprosessi.....	16
2.6 Materiaalisuunnittelu.....	18
<b>3 TYÖNTUTKIMUS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Työntutkimuksen hyödyt.....	20
3.2 Työntutkimuksen aikajajit.....	21
3.3 Harjaantuminen.....	22
3.4 Joutuisuus.....	23
3.5 Elpyminen.....	23
3.6 Työn normiaika.....	24
3.7 Työajan määrittäminen.....	25
3.8 Ajanmäärittämissääntöjä.....	25
<b>4 MAXI-MOST -TYÖNMÄÄRITYSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>27</b>
4.1 Arvosarjat.....	29
<b>5 OSAKOKOONPANOJEN KEHITTÄMINEN.....</b>	<b>31</b>
5.1 Malliin tutustuminen.....	31

5.2 Ohjekuvien laatiminen.....	32
5.3 Työnmääritys ja työajan laskenta .....	33
6 TULOKSET .....	34
7 YHTEENVETO.....	35
8 POHDINTA .....	36
LÄHTEET .....	37
LIITTEET.....	38

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Palax D360 .....	8
Kuva 2. Ylistaron Terästakomo Oy .....	10
Kuvio 1. Toiminnanohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus .....	13
Kuvio 2. Tuotteen läpäisyajan rakenne.....	15
Kuvio 3. Tuotantoketjun läpäisyajan koostumus.. .....	16
Kuvio 4. Tuotannonohjausprosessin vaiheet.. .....	18
Kuvio 5. Tuoterakenteen periaatekuva .....	19
Kuvio 6. Aikalajit.....	22
Kuvio 7. Normiajan määrittäminen .....	24
Kuvio 8. Esimerkki apuaikakertoimen laskemisesta.....	25
Kuvio 9. Maxi-MOST -arvokortti siirtymiselle .....	30
Kuvio 10. Esimerkki osakokoonpanojen tuoterakenteesta.....	31
Kuvio 11. Räjätyskuva.....	32
Kuvio 12. Esimerkki työajan laskennasta.....	33

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>BOM</b>	Bill Of Materials, Osaluettelo.
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning, Toiminnanohjausjärjestelmä.
<b>MOST</b>	Maynard Operation Sequence technique, Liikesarjatutkimus.
<b>MRP</b>	Material Requirements Planning, Tarvelaskenta
<b>MTM</b>	Methods Time Measurements, Liikeaikajärjestelmä.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja nykytilanne

Kohdeyrityksellä ilmeni tarve kehittää kokoonpanojen tuotannonohjausta. Yrityksen osavalmistus ei ollut omana vaiheenaan, vaan työt sisältyivät pääkokoonpanoon. Yritys halusi kehittää osakokoonpanojen komponenttien saldon seurantaan sekä ohjata osakokoonpanojen valmistusta MRP-laskennan avulla.

## 1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on kehittää osavalmistuksen ohjaamista ja seurantaan. Myös osakokoonpanojen työhöiden ja dokumenttien täydentäminen ja selkeyttäminen kuuluvat työn tavoitteisiin. Osakokoonpanoille tulee suorittaa myös työajanlaskenta.

Työssä on tavoitteena erottaa Palax D360 -klapikoneesta (Kuva 1) järkevät osakokoonpanot SolidWorks-mallista ja luoda niille selkeät rakennekuvat. Työssä on tavoitteena myös laskea osakokoonpanojen työaika MOST-taulukon avulla.



Kuva 1. Palax D360 (Hankkija 2020).



### 1.3 Työn rakenne

Työn teoriaosuus alkaa tuotannonohjauksella, jossa käsitellään yleisesti, mitä tuotannonohjauksella tarkoitetaan ja mistä tuotannonohjaus koostuu. Teoriaosuus jatkuu työntutkimuksella, jossa käsitellään syvemmin läpi työntutkimusta, sen käsitteitä ja työntutkimuksen eri aikalajeja. Teoriaosan viimeisessä osassa käsitellään tarkemmin työssä käytettyä Maxi-MOST-työnmääritysjärjestelmää ja sen eri liikesarjoja.

Teoriaosion jälkeen siirrytään tutkimusosioon, jossa kerrotaan lyhyesti työn etenemisestä ja käsitellään työn jokainen vaihe yksityiskohtaisemmin. Työn lopussa käsitellään tulokset, yhteenveto sekä omat pohdinnat työstä.

### 1.4 Yritysesittely

Ylistaron terästäkomo Oy (Kuva 2) on perustettu Ylistaroon vuonna 1954, jolloin yritys toimi Terästäkomo-toiminimellä. Aluksi yritys valmisti erilaisia metsä- ja pelto- töihin tarkoitettuja varusteita, kuten lietevaunuja ja peltojyriä. Vuoden 1979 lopussa päätettiin perustaa Ylistaron Terästäkomo Ky nykyiselle tontilleen. Uusien tilojen rakentaminen aloitettiin heti ja vuonna 1984 yritys muutti tiloihin. 90-luvulla yrityksen päätuotteeksi nousi Palax-tuotemerkillä tehdyt puunpilkontakoneet. (Himanka 2020.)

Vuonna 2007 Ylistaron Terästäkomo siirtyi Terra Patris -konsernin omistukseen. Omistajan vaihdoksen myötä yritys on keskittynyt puunpilkontakoneiden myyntiin ja kehittämiseen sekä muulle teollisuudelle tehtäviin alihankintatöihin. Yrityksen alihankintatöitä ovat mm. erilaiset vetotasot (Kuva 3). (Himanka. [7.4.2020]). Vuonna 2019 Ylistaron Terästäkomo Oy työllisti noin 60 henkilöä ja liikevaihtoa oli 10,2 miljoonaa euroa. (Asiakastieto, [viitattu 7.4.2020].)

Terra Patris on suomalainen perheyhtiö, joka on perustettu vuonna 2000. Terra Patrisin päätoimialat ovat veneiden valmistus, maanrakennusteollisuus, sopimusvalmistus sekä polttopuukoneteollisuus. Palaxin lisäksi yrityksen tytäryhtiöitä ovat venevalmistaja Finnmaster boats Oy, maanrakennusteollisuuden yritys Movax Oy,

muut polttopuukoneteollisuuden yritykset Laitilan rautarakenne (Japa) ja Maaselän Kone Oy (HakkiPilke) sekä sopimusvalmistaja Metalpower Oy. (Terra Patris, [viitattu 7.4.2020].)



Kuva 2. Ylistaron Terästakomo Oy (Palax 2020).



Kuva 3. 1-puoleinen vetotaso 600 kg (Palax 2020).

## 2 TOIMINNANOHJAUS

Toiminnanohjaukseen kuuluu yrityksen eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. Yrityksen toiminnanohjaus edellyttää tuotannon lisäksi muidenkin toimintojen ohjausta, näitä toimintoja ovat esimerkiksi hankinta, myynti, jakelu ja tuotesuunnittelu. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 397.)

Yrityksen toiminta koostuu erillisistä osatoimista ja tehtävistä, jotka muodostavat yhdessä monimuotoisen kokonaisuuden yrityksen sisällä. Nämä kokonaisuudet koostuvat sadoista erilaisista suunnittelu-, valmistus- ja materiaalinkäsittelytehtävistä. Ohjauksella tarkoitetaan kaikkiin eri toimintoihin liittyvää valvontaa, toteutusta, suunnittelua ja päätöksentekoa. Toiminnanohjauksen tavoite on organisoida ja ohjata toimintaa siten, että yrityksen tavoitteet toteutuvat. (Haverila ym. 2009, 397.)

Toiminnanohjauksen tehtävä on siis laatia tuotantosuunnitelma ja vahvistaa sen toteutuspäätös ja olla perillä valmistuksen kuormituksesta sekä kommunikointi myynnin kanssa, tilausten hallinta, materiaalitilausten purkaminen ja valmistavan tuotannon kuormitus (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 191).

### 2.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet

Kustannusten minimoiminen, hyvä laatu, joustavuus sekä hyvä kilpailukyky ovat toiminnanohjauksen tavoitteita, jotka perustuvat yleisiin tavoitteisiin tuotannossa. Näihin tavoitteisiin pyritään toiminnanohjauksella, organisoimalla ja ohjaamalla yrityksen resursseja. Keskeisiä tavoitteita toiminnanohjauksessa esitellään seuraavaksi. (Haverila ym. 2009, 402.)

**Kapasiteetin korkea tuottavuus.** Mitä suurempi tuotanto on, sitä parempi on tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tuotantotiloihin sitoutuneen pääoman tuottavuus (Haverila ym. 2009, 402).

**Vaihto-omaisuuden minimointi.** Suuri osuus yrityksen pääomasta sitoutuu vaihto-omaisuuteen, tämän vuoksi valmistus ja materiaalitoimintoja pitää ohjata niin, että

raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja lopputuotevarastoon sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa (Haverila ym. 2009, 402).

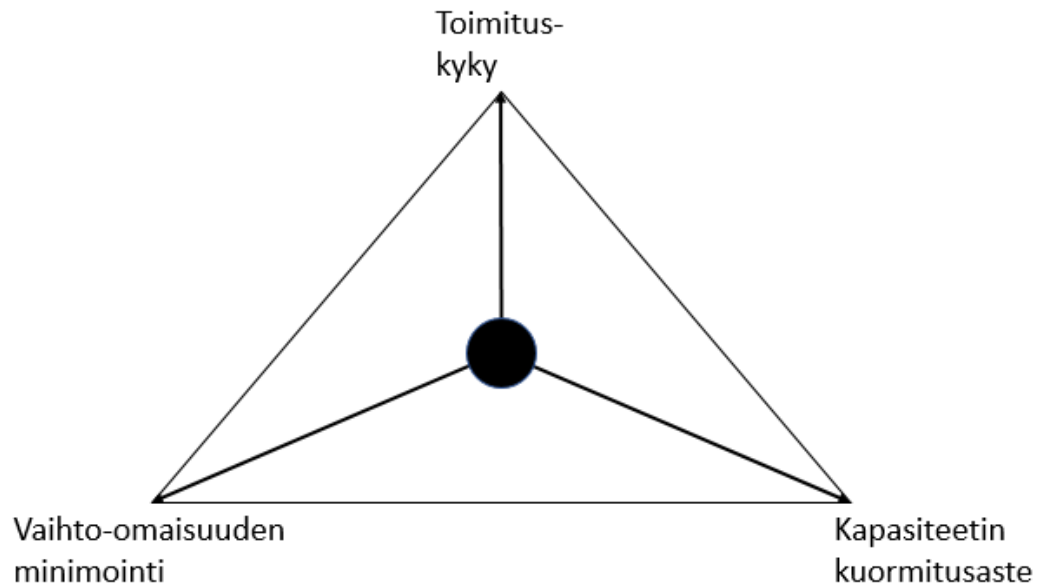
**Toimitusvarmuus.** On tärkeää, että yritys pitää kiinni sovituista toimitusajoista ja asiakkaan tarpeista (Haverila ym. 2009, 402).

Toimitusvarmuus riippuu materiaalien hankinta-ajoista, valmistuksen läpäisyajasta ja kuormitustilanteesta. Toimitusvarmuus edellyttää hyvää ohjattavuutta tuotantojärjestelmältä. (Lapinleimu ym. 1997, 38.)

**Lyhyt läpäisy aika.** Tuotanto tulisi suunnitella niin, että tilausten ja tuotantoerien läpäisyajat olisivat mahdollisimman lyhyitä. Lyhyet läpäisyajat vähentävät tuotantoon sitoutunutta pääomaa sekä kehittävät toimitusvarmuutta ja laatua. (Haverila ym. 2009, 402-403).

Valmistuksen lyhyt läpäisy aika mahdollistaa lyhyet toimitusajat ja parantaa ohjattavuutta ja joustavuutta. Lyhyt läpäisy aika ilmaisee järjestelmän hyvää toimintaa. (Lapinleimu ym. 1997, 41).

Monesti tuotannonohjausta vaikeuttaa tavoitteiden ristiriitaisuus (Kuvio 1). Hyvän toimitusvarmuuden saavuttamiseksi edellytetään tuotteiden, puolivalmisteiden ja raaka-aineiden varastointia sekä valmiutta myös pienempien tuotantoerien valmistukseen. Tuottavuutta pystytään parantamaan, kun tuotteita tehdään pidempinä sarjoina. Pidempien sarjojen ansiosta asetusajat eivät hukkaa kapasiteettia. Pitkät sarjat tosin edellyttävät suuria varastoja ja tasaista menekkiä. Jotta vaihto-omaisuutta voidaan minimoida, on tuote- ja raaka-ainevarastojen oltava pieniä. Kyseisiä ristiriitaisia tavoitteita pyritään sovittamaan yhteen tuotannonohjauksen avulla. (Haverila ym. 2009, 402-403.)



Kuvio 1. Toiminnanohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila ym. 2009, 404).

## 2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP (enterprise resource planning) on osa kokonaisuutta, ja sen tarkoituksena on toteuttaa halpa ja hyvälaatuinen tuote asiakkaalle. Tietojärjestelmässä yrityksen toimintaa kuvataan prosessina. Prosessissa luodaan hyödykkeitä tai palveluita ihmisten ja koneiden avulla. Järjestelmän avulla kaikki nämä prosessit voidaan automatisoida ja integroida toisiinsa. Toiminnanohjausjärjestelmien avulla pystytään helpottamaan tiedon jakamista koko yrityksessä. ERP-järjestelmän avulla pystytään hallinnoimaan suuri määrä tietoa ja tapahtumia. (Lehtonen, J-M 2004, 128).

Toiminnanohjausjärjestelmien keskeisiä hyötyjä:

- tietojenkäsittelyn tehostuminen ja nopeutuminen
- eri toimintojen parempi suunnittelu
- liiketoiminnan johtamisen ja resurssien käytön tehostuminen
- nopeampi reagointi tapahtumiin
- asiakastietojen, tilausten ja toimitusten parempi hallinta
- hankintojen tehokkaampi ohjaus. (Haverila ym. 2009, 431.)

Toiminnanohjausjärjestelmien vahvuuksien mukana tulee myös ongelmia. Tietojärjestelmä on monimutkainen ja kallis. Sen räätälöiminen yrityskohtaisiin tarpeisiin on hankalaa ja työlästä. Yksittäisten toimintojen toteuttamisessa ERP-järjestelmä voi olla kömpelö. (Haverila ym. 2009, 431).

### **2.3 Kapasiteetti**

Kapasiteetti on mittari, jolla kuvataan tuotantoyksikön enimmäissuorituskykyä aikayksikössä. Kapasiteetin voi myös ilmaista tuoteyksikössä, mikäli tuotteiden kapasiteettivaatimukset poikkeavat vain vähän toisistaan (Haverila ym. 2009, 399).

Kuormitusryhmä on kokonaisuus, jonka kapasiteettia tai kuormitusta tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena. Kuormitusryhmät tulee aina määrittää vastaamaan ohjaustarpeita. Kokonaiskapasiteettia voidaan seurata tehdastasolla esimerkiksi kokonaisyötuntimäärällä. Karkeasuunnittelussa on käytössä laajat kuormitusryhmät, kuten tuotantolinja tai työntekijäryhmä, kun taas hienosuunnittelussa on tarkemmat ja hienojakoisemmat kuormitusryhmät, kuten solu-, kone- tai työntekijäryhmäkohtaisia kuormitusryhmiä. (Haverila ym. 2009, 399.)

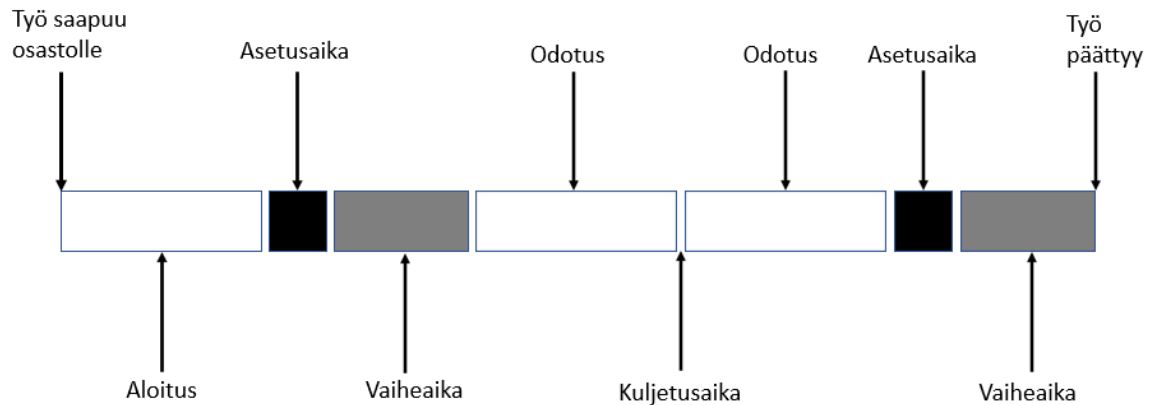
Haverilan ym. (2009, 400) mukaan kapasiteetin hallinta perustuu työpisteen kapasiteetin sekä suunniteltujen töiden kuormitukseen. Kuormituksella tarkoitetaan, kuinka paljon suunniteltu tuotanto varaa kapasiteettia.

Nettokapasiteetilla ilmoitetaan todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti. Nettokapasiteetti on usein noin 50-90 % pienempi kuin teoreettinen maksimikapasiteetti. Kapasiteettia vähentävät mm. erilaiset häiriöt ja materiaalipuutteet. (Haverila ym. 2009, 400.)

### **2.4 Läpäisy aika**

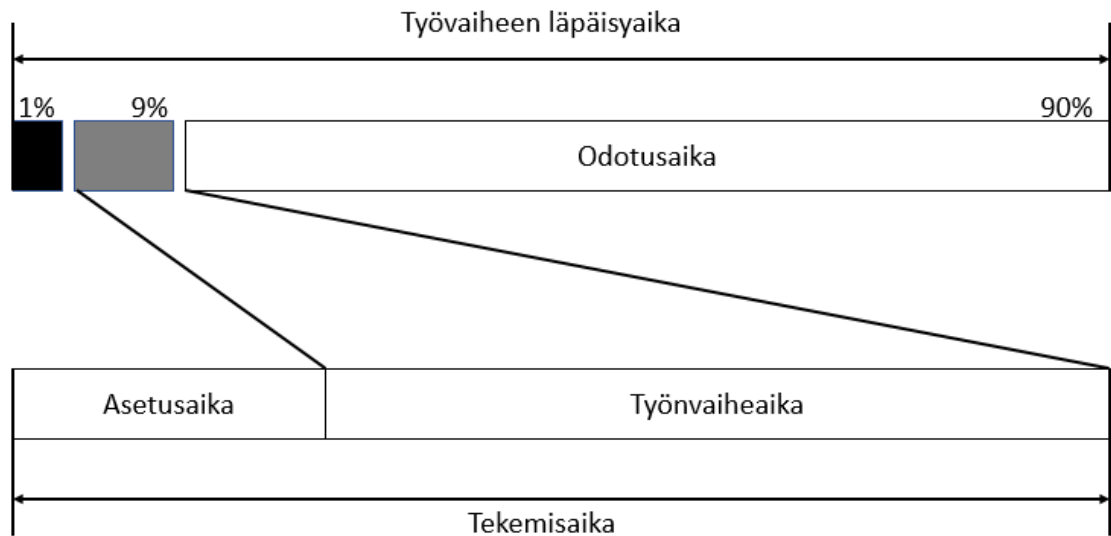
Läpimenoaika eli läpäisy aika tarkoittaa sitä aikaa, joka kuluu tuotteen tai toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmiiksi tulemiseen. Läpäisy aika voidaan määrittellä erilaisille kokonaisuuksille, kokonaisuuden valmistukselle, osavalmistukselle tai

kokoonpanolle. Tilauksen läpäisyajan muodostavat sekä materiaalihankintojen vaatima aika että oman valmistuksen läpäisy aika. Suunnittelun on oltava kunnossa, kun tilaus saadaan, koska siihen menevä aika saattaa näkyä läpäisyajassa. Työvaiheiden alkamisen odotukset vievät paljon aikaa varsinkin vaiheiden lisääntyessä. Itse työvaiheet muodostavat vain pienen osan läpäisyajasta. Kuviossa 2 on esitetty tuotteen läpäisyajan rakenne. (Lapinleimu ym. 1997, 53-54.)



Kuvio 2. Tuotteen läpäisyajan rakenne (Haverila ym. 2009, 401).

Valmistuksen läpäisy aika tuotannossa riippuu työvaiheiden ja vaiheketjujen pituudesta ja tuotteiden eräkoosta. Osavalmistuksessa läpäisy aikaa voidaan lyhentää erilaisin konstruktiomuutoksien, monitoimisten koneiden avulla tai yhdistämällä työvaiheita. Yksi keskeisimmistä läpäisy ajan lyhentämisen keinoista on eräkokojen pienentäminen ja väli varastojen poistaminen. Eräkokoonpanojen pienentäminen johtaa myös asetus aikojen lyhentämiseen. Asetus ajaksi lasketaan esimerkiksi työkalun tai terän vaihdot. Kuviossa 3 on esitetty esimerkki tuotantoketjun läpäisy ajan koostumuksesta. (Lapinleimu ym. 1997, 57-58.)



Kuvio 3. Tuotantoketjun läpäisyajan koostumus (Haverila ym. 2009, 407).

## 2.5 Toiminnanohjausprosessi

Erilaiset toiminnanohjauksen suunnittelutehtävät ja päätöksenteko jakautuvat organisaation eri tasoille. Ylimmällä tasolla pyritään huolehtimaan resurssien riittävästä ja koordinoinnista. Mitä lähemmäs valmistusta ohjaavaa tasoa mennään, sitä tarkemmaksi ohjaus muuttuu. Vaikka ohjaus etenee selkeästi, siinä tapahtuu koko ajan uudelleensuunnittelua ja eri suunnittelutehtävien koordinaatiota. Usein erilaiset tuotantohäiriöt, materiaalipuutteet ja laiteviat johtavat töiden uudelleenjärjestelyihin. (Haverila ym. 2009, 409-410.)

Toiminnanohjausprosessit ovat ainutlaatuisia ja ohjauksen tehtävät, ohjausperiaatteet ja menetelmät riippuvat mm. yrityksen toimialasta, tuotteesta tai tietojärjestelmästä. Yleisesti toiminnanohjausprosessi jaetaan kolmeen eri suunnittelutasoon, jotka ovat kokonaissuunnittelu, karkeasuunnittelu ja hienosuunnittelu. Kuviossa 4 on esitetty tuotannonohjauksen vaiheet. (Haverila ym. 2009, 409-410.)

**Kokonaissuunnittelu.** Kokonaissuunnittelu on ylimmän tason suunnittelua. Kokonaissuunnittelussa tehdään tuotannon toiminnan volyymien määrittelyt, varastotasojen suunnittelut sekä resurssien ja kapasiteetin kokonaistarvesuunnittelut. Kokonaissuunnittelun avulla voidaan suunnitella mm. kapasiteetin muutokset ja suunnitella tuote- ja materiaalivirtojen tasot. (Haverila ym. 2009, 411-412.)

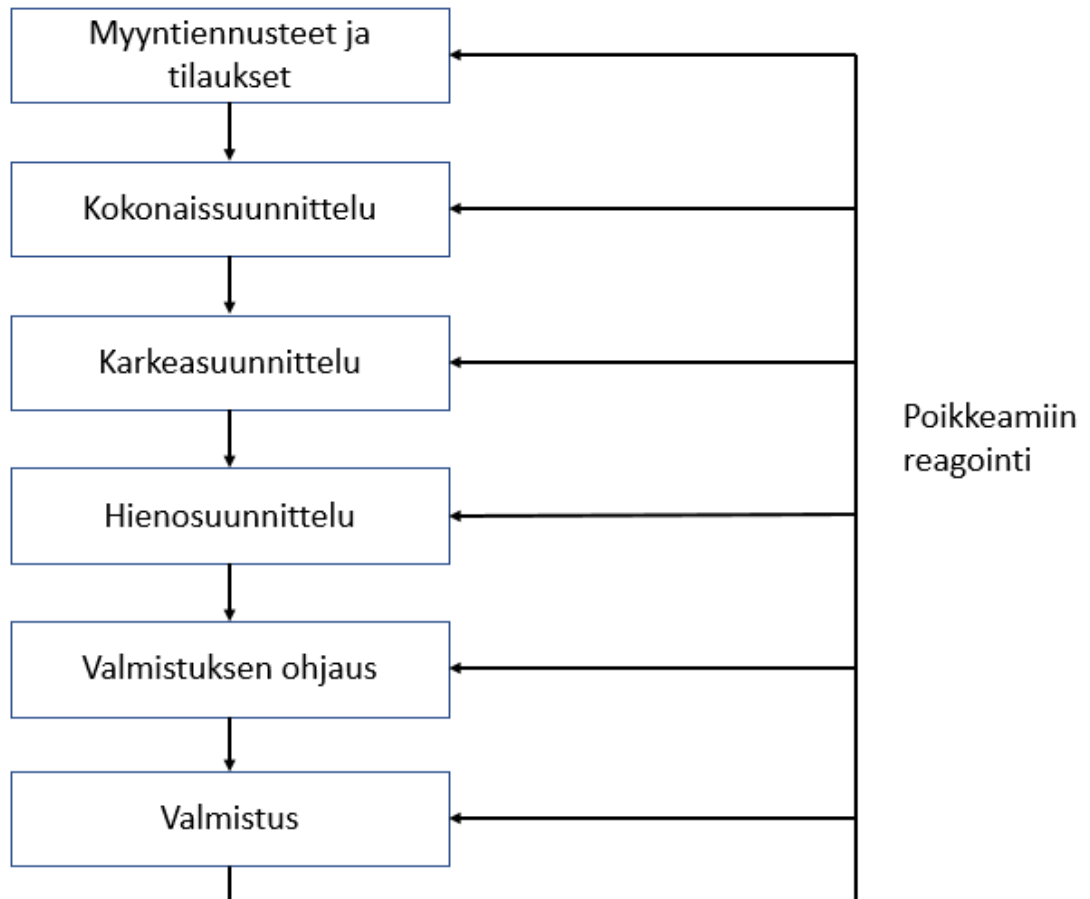


**Karkeasuunnittelu.** Karkeasuunnittelu on tarkempaa kuin kokonaissuunnittelu ja sitä tehdään tiheämmin. Lähtökohtana karkeasuunnittelussa on tilauskanta, varastotilanne sekä valmistuksen budjetin tavoitteet. Karkeasuunnittelun tehtäviä ovat resurssien käytön yleissuunnittelu sekä toimituskyvyn määrittely. (Haverila ym. 2009, 415.)

Resurssien käytön yleissuunnittelussa määritellään tuotannon vaatimat resurssit ja tehdään niiden käytöstä yleissuunnitelma. Tehdään päätöksiä kapasiteetin lisäämisestä tai vähentämisestä sekä määritellään kapasiteetti. Toimituskyvyn hallinta on karkeasuunnittelun keskeisimpiä tehtäviä. Asiakkaille luvatut toimitusajat perustuvat tuotannon karkeasuunnitteluun. (Haverila ym. 2009, 415-416.)

**Hienosuunnittelu.** Hienosuunnittelussa tehdään valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu. Hienosuunnittelun lähtökohtana on karkeasuunnittelussa tehtävä tuotantoerien karkea ajoitus. Tuloksena hienosuunnittelusta syntyy tarkka tuotantosuunnitelma. (Haverila ym. 2009, 417.)

Hienosuunnittelun tärkeimpiä tehtäviä on muodostaa tuotantoerät, tuotantoerien työvaiheiden ajoitus sekä luoda tarkka suunnitelma tuotantoresurssien käytöstä. Hienosuunnittelun avulla pyritään luomaan työjärjestys, joka toteuttaa tuotannon tavoitteet mahdollisimman hyvin. Hyvä toimitusvarmuus ja korkea tuottavuus ovat tärkeimpiä tavoitteita. (Haverila ym. 2009, 417.)



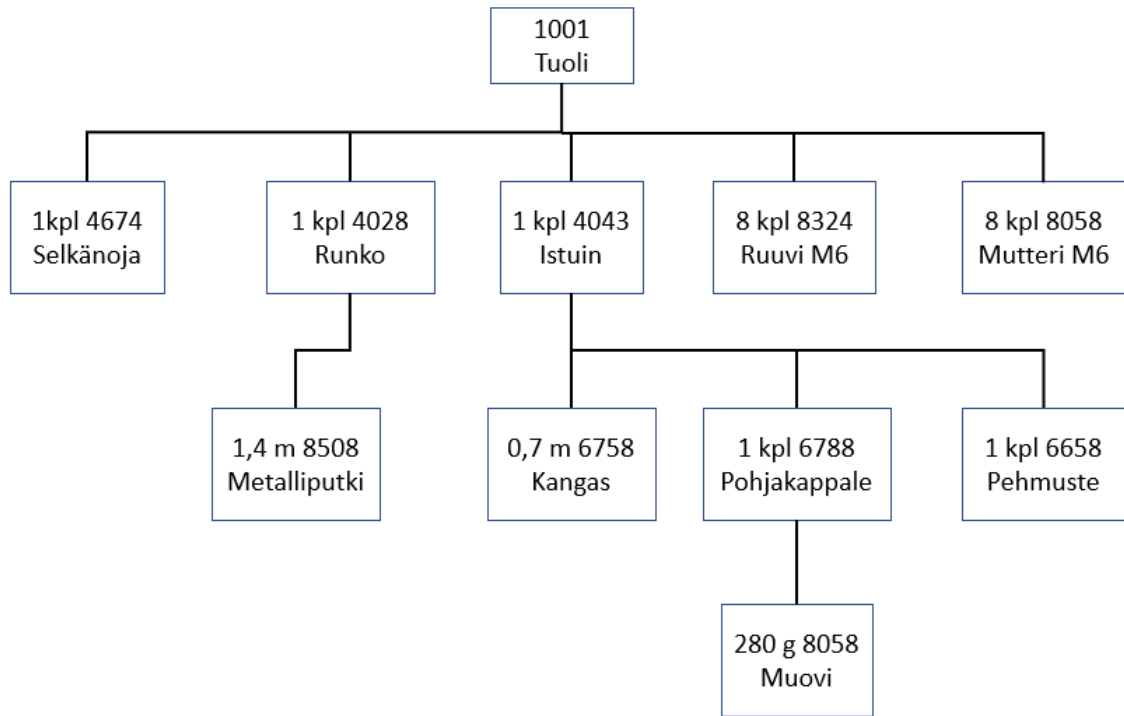
Kuvio 4. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Haverila ym. 2009, 409).

## 2.6 Materiaalisuunnittelu

**MRP (Material requirements planning) eli materiaalitovelaskenta.** Kun loppu- tuotteille suunnitellaan valmistustarpeet ja tiedetään tuoterakenteet, voidaan suunnitella osien hankinta- ja valmistustarpeet. Hankinta- ja valmistustarpeet voidaan ajoittaa, mikäli tiedetään valmistusvaiheiden kestot ja toimitusajat. Mikäli tuoterakenteessa on monta tasoa, toimitettavien tuotteiden määrien on oltava tiedossa jo useita jaksoja etujassa. Lisäksi täytyy olla tiedossa, kuinka paljon osia on varastossa, tekeillä tai tilattuna toimittajilta, jotta voidaan laskea valmistustarpeet jokaiselle jaksolle. (Lehtonen, J-M 2004, 74-75.)

Tuoterakenteella kuvataan tuotteen valmistamiseksi tarvittavat osat ja komponentit sekä niiden tarvittavat lukumäärät (Kuvio 5). Tuoterakenteen avulla pystytään las-

kemaan, kuinka paljon mitäkin osaa tai komponenttia tarvitaan tuotteen valmistamiseen. Tuoterakenteiden avulla mahdollistetaan myös eri tuotteiden osatarpeiden yhdistely. Tuoterakenteen avulla voidaan laskea osille ja osakokoonpanoille hankinta- ja valmistustarpeet. (Lehtonen, J-M 2004, 73-74.)



Kuvio 5. Tuoterakenteen periaatekuva (Haverila ym. 2009, 433).

### 3 TYÖNTUTKIMUS

Työntutkimuksessa on tavoitteena selvittää ja kehittää työn ergonomiaa, työmenetelmiä ja ajankäyttöä. Yleensä työntutkimus aloitetaan havainnoimalla ja kuvaamalla työtä tai työvaihetta. Havainnointien avulla työmenetelmät kartoitetaan, kehitetään ja vakiinnutetaan. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 6.)

Työntutkimuksessa tarkastellaan työtä taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta. Taloudellisesta näkökulmasta tarkastellaan työn ja työmenetelmän kustannusvaikutuksia. Teknologisessa näkökulmassa selvitetään mm. uuden tekniikan hyödyntämismahdollisuuksia. Työntekijänäkökulmassa selvitetään työn ergonomiaa ja turvallisuutta. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 6.)

#### 3.1 Työntutkimuksen hyödyt

Jotta yritys kykenee toteuttamaan asiakastarpeet kilpailukykyisesti, on sen panostettava toiminnan laatuun ja toiminnalliseen joustavuuteen. Toimenpiteet kohdistuvat tuotannossa esimerkiksi läpimenoaikojen lyhentämiseen ja toimitusvarmuuden parantamiseen. Työntutkimuksella voidaan löytää ratkaisuja mm. työmenetelmän kuormittavuuden vähentämiseen, ergonomiaan ja läpimenoaikoihin sekä tuotteiden valmistettavuuden parantamiseen. Työntutkimuksen tavoitteena on tutkia erilaisia tuotantoon liittyviä aikoja, joista tärkeimpiä ovat toimitusaika, läpimenoaika ja työvaiheaika. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 7.)

**Toimitusaika** on aika asiakkaan tilauksesta siihen, kun tuote on asiakkaalla (Teknologiateollisuus ry, 2011, 7).

**Läpimenoaika** on aika valmistuksen aloittamisesta siihen, kun tuote on valmis toimitusta varten. Läpimenoaikaan saattaa sisältyä myös erillinen suunnittelun läpimenoaika, jos tuote suunnitellaan asiakaskohtaisesti. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 7.)

**Työvaiheaika** on aika, joka kuluu tietyn työvaiheen tekemiseen (Teknologiateollisuus ry, 2011, 7-8).

### 3.2 Työntutkimuksen aikalajit

Tarpeen mukaan, työaika ja siihen kuuluvia tapahtumia voidaan analysoida erillisinä kokonaisuuksina. Työnmittauksessa työpäivä/työjakso jaetaan erilaisiin aikalajeihin. Aikalajien käytöllä pyritään helpottamaan mittaustulosten käsittelyä ja hyväksikäyttöä. Yleisin tapa on jakaa työjakso tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Aikalajit on selvitelty tarkemmin kuviossa 6. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 11.)

**Tekemisaika** kuvaa sitä osaa työpäivästä, joka kuuluu varsinaisten työtehtävien suorittamiseen. Tekemisaikaan kuuluvat tehtävät ovat pituudeltaan ja toistuvuudeltaan erilaisia. Yhteistä työtehtävillä on se, että ne välittömästi edistävät tuotteen, palvelun tai työtehtävän valmistumista. Tekemisaika voidaan jakaa valmistelu-aikaan ja vaihe-aikaan. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 11.)

Valmistelu-aikaan kuuluvat kaikki sellaiset työtehtävät, jotka esiintyvät vain kerran työtehtävän aikana, kuten asetusten teko koneeseen. Vaihe-aikaan kuuluvat sellaiset osat työstä, joiden esiintyminen riippuu valmistettavasta määrästä. Vaihe-aikaan kuuluvat esimerkiksi kappaleen käsittelyt ja tarkastukset. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 11.)

**Apuaika** tarkoittaa sitä aikaa, joka kuuluu erilaisten työn kannalta välttämättömien aputehtävien suorittamiseen, henkilökohtaisiin tarpeisiin ja muuhun elpymiseen. Aputehtävät eivät välittömästi edistä työn valmistumista, mutta ovat välttämättömiä työn jatkumisen kannalta. Apuaikaan huomioidaan päiväväkio, henkilökohtainen apuaika ja muu elpymisaika. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 11.)

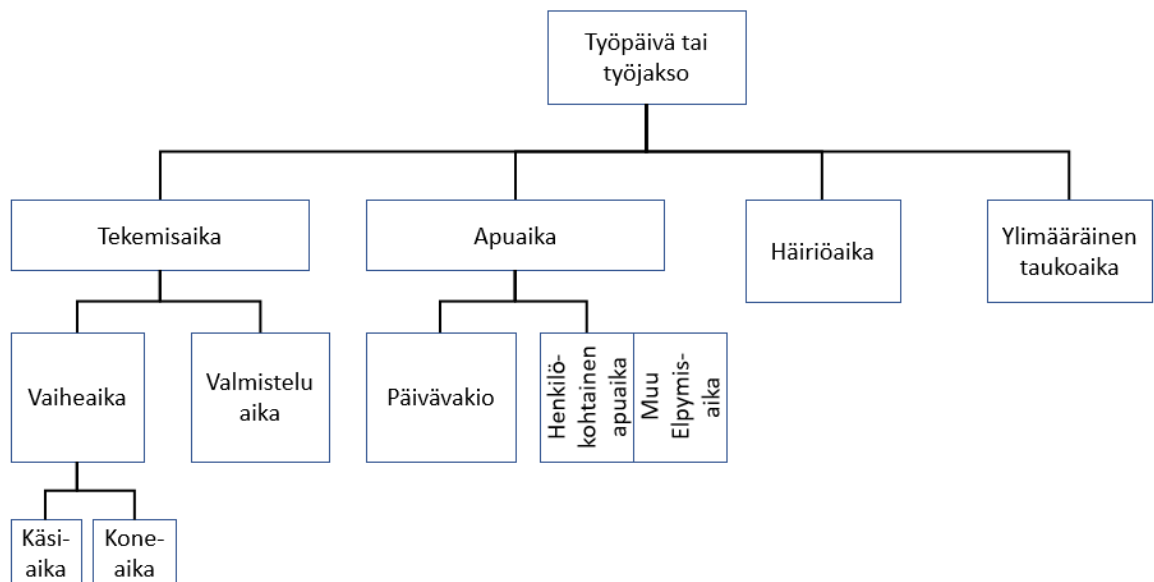
**Päiväväkio** sisältää eri päivinä toistuvia samankaltaisia tapahtumia, kuten koneen säännöllinen huolto tai työpisteen siivoaminen. Päiväväkioon kuuluvat työt eivät suoraan liity yksittäisen tuotteen tai sarjan valmistamiseen. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 12.)

**Henkilökohtainen apuaika** on aika, joka työntekijälle varataan henkilökohtaisten toimenpiteiden suorittamiseen ja elpymiseen. Henkilökohtaiseen apuaikaan kuuluvat esimerkiksi kahvitauot. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 12.)

**Muu elpymisaika** on aika, joka työntekijälle varataan työtehtävästä palautumista varten. Kun työ on niin kuormittavaa, ettei henkilökohtainen apuaika riitä elpymiseen, tarvitaan erillistä elpymisaikaa. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 12.)

**Häiriöaika** on se aika, joka kuuluu erilaiset odottamattomat keskeytykset, aputyöt ja odotukset. Häiriöaikojen pituutta ei voida etukäteen tietää. Myös erilaisten laatuvirheiden korjaus sekä työkalujen etsiminen sisältyy häiriöaikaan. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 12.)

**Ylimääräinen tauko** on sellaista taukoaikaa, joka ylittää apuajan määrittämän taukoajan ja elpymisen. Ylimääräinen tauko aika voi olla esimerkiksi töiden lopettaminen ennen työvuoron päättymistä. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 12.)



Kuvio 6. Aikalajit (Teknologiateollisuus ry, 2011, 13).

### 3.3 Harjaantuminen

Harjaantuminen näkyy selkeimmin toistuvissa työtehtävissä. Harjaantumisen ansiosta työhön kuluva aika laskee toistokertojen lisääntyessä. Työntekijän harkinnan sekä ohjeiden tarve vähenee, suoritusvarmuus ja liikkeiden nopeus kasvavat ja työtehtävistä tulee rutiininomainen suoritus. Harjaantuminen vaikuttaa kaiken tyyppisissä työtehtävissä, mutta eniten se vaikuttaa toistuvissa rutiinitehtävissä. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 15.)

Harjaantuminen huomioidaan myös työmittauksessa ja normiajan määrittämisessä. Normiaika perustuu normaalityösuoritukseen. Normaalityösuoritus edellyttää ammattitaitoiselta työntekijältä keskinkertaista suoritustaitoa työtehtävään. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 15.)

### **3.4 Joutuisuus**

Joutuisuudella tarkoitetaan työn etenemisvauhtia. Se vaikuttaa suoraan työn tuottavuuteen ja tulokseen. Joutuisuus vaikuttaa erityisesti käsin tehtävän vakiotyön työsuoritukseen. Joutuisuuden vaikutus on pienempi, mikäli työmenetelmä ei ole vakiintunut tai jos koneajan osuus työstä on merkittävä. Joutuisuuteen vaikuttavat työntekijän taito, intensiteetti ja olosuhteet. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 16.)

Normaalijoutuisuudella tarkoitetaan sitä, kun työntekijällä on keskinkertainen taito ja intensiteetti, työolosuhteet ovat normaalit ja käytetty menetelmä vastaa normaali-menetelmää. Normaalijoutuisuudella suoritettussa työssä ei yleensä ole havaittavissa hidastelua tai kiirehtimistä, tällöin kehon eri osien liikenopeus vastaa normaali-liikenopeutta. MTM-järjestelmien (Methods Time Measurements, liikeaikajärjestelmä) taulukkoajat vastaavat normaaliliikenopeutta. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 16.)

Työmittauksessa joutuisuuden määrittäminen on tärkeää, jotta työsuorituksen mitattu aika voidaan normalisoida. Normalisoinnin avulla saadaan selville työmäärä, jonka harjaantunut työntekijä pystyy saavuttamaan kyseisellä menetelmällä. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 16.)

### **3.5 Elpyminen**

Elpymisellä tarkoitetaan työstä johtuvasta kuormituksesta palautumista. Näin ollen elpymistarpeen suuruus riippuu työtehtävien kuormittavuudesta, olosuhteista, työasennoista, yhtäjaksoisten kuormitusten kestoista, työn yksitoikkoisuudesta sekä tarkkaavaisuuden kuormituksesta. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 17.)

Taukojen rytmityksellä on usein suuri vaikutus tehokkuuden kannalta. Elpymisen kannalta useampi lyhyt tauko on tehokkaampaa, kuin muutama pitkä tauko. Työn edellyttämä kokonaiselpymisaika määräytyy työn kuormittavuuden perusteella. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 17.)

### 3.6 Työn normiaika

Työn normiajaksi kutsutaan tiettyyn työhön tarvittavaa tavoiteaikaa. Työhön käytettävä aika riippuu menetelmästä ja tehokkuudesta. Normiajan määrittämisessä on tärkeää, että tunnetaan tehokkain menetelmä ja varmistetaan, että työ tehdään vakio-menetelmällä. Normiaika on työaika, jonka normaali henkilö pystyy alittamaan noin 17 % harjaannuttuaan työhön. Normiaika voidaan määrittää mm. arvioimalla, toiminnanohjausjärjestelmän kirjausten ja tietojen perusteella tai työnmittauksen menetelmillä (Kuvio 7). (Teknologiateollisuus ry, 2011, 18.)

$$\text{Normiaika} = \text{Tekemisaika} + \text{apuaika}$$

Kuvio 7. Normiajan määrittäminen (Devcons [viitattu 10.4.2020]).

- Normiajan määrittämisessä tekemisaika antaa MOST-analyysi.
- Apuaika lisätään apuaikakerrointa käyttäen. Apuaikakerroimen laskeminen esitetty kuviossa 8.
  - Elpymisaika valitaan RANK:n (Liite 1 ja 2) taulukoista.
  - Päivävakio koostuu toistuvista tehtävistä, jotka eivät sisälly tekemisaikaan, mutta ovat välttämättömiä.



• Elpymisaika RANK:n mukaan	45 min
• Päivävakio:	
• Pienet häiriöt, kuten terien teroitus ym.	25 min
• Työpisteen siivous	5 min
• Tuntikortin täyttö	5 min
Apuaika yhteensä	80 min

$$\text{Apuaikakerroin} = \frac{80}{480 - 80} + 1 = 1.20$$

Kuvio 8. Esimerkki apuaikakertoimen laskemisesta (Devcons, [viitattu 10.4.2020]).

### 3.7 Työajan määrittäminen

Työhön tarvittava aika voidaan määrittää usealla tavalla. Työaika voidaan määrittää kokemuksen perusteella, toiminnanohjausjärjestelmän kirjausten perusteella tai työnmittauksen menetelmillä. Työn määrittäminen on oltava riittävän tarkka, ottaen huomioon työmenetelmän vaihtelut ja tutkimusten käyttötarkoitus. Työajan määrittämisellä selvitetään aika, joka kuluu tiettyyn työtehtävän suorittamiseen tai tietyn tuotteen läpäisy aikaan. Ajan tulee olla riippumaton työolojen vaihtelusta tai työntekijästä. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 21, 24.)

### 3.8 Ajanmäärittäminen

Ajanmäärittämisessä pyritään määrittämään tiettyyn työhön tarvittava aika. Määrittämisessä vaikuttaa ajanmäärittämistarkkuus ja menetelmän kuvaustarkkuus. Jokaista käyttötarkoitusta varten on arvioitava käytettävä menetelmä ja riittävä tarkkuustaso. Eri-laisia työnmittausmenetelmiä ovat mm. havainnointitutkimus, kelloaikatutkimus, liikeaikatutkimus, aikalaskelmat ja standardiaikajärjestelmät. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 24.)

**Havainnointitutkimus.** Havainnointitutkimuksessa havainnoidaan tapahtumien ja aikalaisten suhteellista esiintymistä. Tapahtumat erotellaan yleisesti tekemisaikaan, apuaikaan, tauko aikaan ja häiriö aikaan. Tutkimuksessa havainnoidaan määräväleihin työtä ja kirjataan ylös havainnointihetkellä käynnissä olevan tapahtuman. Monesti

havainnointitutkimuksella voidaan seurata useaa työvaihetta, monella eri työpisteellä, samanaikaisesti. Havainnointitutkimuksen avulla saadaan selkeä yleiskuva koko tuotannon ajankäytöstä ja tehokkuudesta. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 24.)

**Normaaliaikatutkimus** on tietyn, usein toistuvan työn normaaliajan määrittämistä kellon avulla. Mittauksen aikana työ on suoritettava vakio-olosuhteissa. Mittaustapa soveltuu toistuvien, käsin tehtävien ja lyhytkestoisten töiden normaaliajan määrittämiseen. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 24-25.)

**Jatkuva ajankäyttötutkimus** on tietyn työn tai toimintojen jatkuvaa seuraamista ja rekisteröintiä. Mittaustapa soveltuu pitkäkestoisten ja harvoin tapahtuvien työtehtävien tutkimiseen. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 25.)

**Liikeaikatutkimukset** eli MTM (Methods-Time Measurements) tai MOST (Maynard Operation Sequence Technique), perustuvat työn yksityiskohtaiseen analysointiin. Työ eritellään niin pieniin osiin, että niihin kuluva aika on vakio. Mittauksessa tarvittavat vakioajat on taulukoitu. Työhön kuluva aika määritetään valmiiden aikastandardien avulla. Liikeaikatutkimukset ovat hyvä tapa työmenetelmien kehittämiseen. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 25.)

**Standardiaikatutkimukset.** Työhön kuluva aika voidaan määrittää laskennallisesti standardiaikajärjestelmien avulla. Standardiaikajärjestelmä on työnosien kokoelma, joka on tarkoitettu tietylle käyttöalueelle. Työnosien kokoelmaan on määritetty työnosien sisältö, menetelmä ja aika. Näiden avulla työstä laaditaan kuvaus ja työnosiin tarvittavien aikojen perusteella voidaan laskea työhön tarvittava aika. (Teknologiateollisuus ry, 2011, 25.)

## 4 MAXI-MOST -TYÖNMÄÄRITYSJÄRJESTELMÄ

Maxi-MOST on menetelmäsuuntautunut liikesarjatutkimus. Maxi-MOST menetelmää käytetään pitkien tai harvoin toistuvien työtehtävien analysointiin. Se on erittäin nopea työmäärän analysointimenetelmä. MOST-työnmäärityksessä käytetään aikayksikkönä millitunteja (mh). 1 millitunti on 3,6 sekuntia. (Devcons, [viitattu 10.4.2020].)

Maxi-MOST työnmäärityksessä käytetään erilaisia liikesarjoja. Liikesarjoja kuvataan kirjainmuuttujilla. Kirjainmuuttujat riippuvat tehdystä työstä. Maxi-MOSTin liikesarjoja ovat kappaleen käsittely, työkalun käyttö, koneen käyttö, nosturin käyttö ja trukin käyttö. (Devcons, [10.4.2020].)

**Kappaleen käsittely -liikesarjalla** kuvataan kappaleen tai kohteen siirtämistä. Kappale voi liikkua vapaasti tai se voi olla liikkua akselin, tason tai johteen rajoittama. Liikesarjaa kuvataan lausekkeella:

### A B P

**A – Siirtyminen.** Käsittää kaikki käsien ja jalkojen liikkeet, jotka tarvitaan siirtymiseen vaakasuunnassa paikasta toiseen joko esineiden kanssa tai ilman. Siirtyminen voi tapahtua vaiheittain tai vapaasti.

Vaiheittain siirtyminen tapahtuu tietyllä, rajatulla alueella. Vaiheittaisessa siirtymisessä joudutaan väistelemään esteitä tai astumaan niiden yli. Normaalaa askelpituutta ei voida ylläpitää. Siirtyminen ilmaistaan askeleina, 1 askel on noin 0,6 metriä. Vapaa siirtyminen tapahtuu vapaata kulkureittiä pitkin, ilman kantamusta tai kevyen kantamuksen kanssa. Voidaan käyttää normaalia askelpituutta. Vapaa siirtyminen ilmaistaan metreinä. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**B – Kehon liikkeet** sisältävät kaikki pystysuunnassa tapahtuvat kehon liikkeet sekä esteiden ja hidasteiden ohittamiseen vaadittavat liikkeet, kuten kumartuminen ja nouseminen, kulkeminen ovista ja työtasoille nouseminen ja laskeutuminen.

**P – Kappaleiden käsittely** ovat kaikki liikkeet, jotka vaaditaan osien tai työkalujen haltuun ottamiseksi ja paikalleen tai pois asettamiseksi. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**Työkalun käyttö -liikesarjalla** kuvataan toimenpiteitä, joissa käytetään työkalua tai käsiä/sormia työkalun tapaan. Myös työn ohessa tehtävät havainnot kuuluvat tähän liikesarjaan. Työkalun käyttö -liikesarja kuvataan lausekkeella:

#### **A B T**

**A – Siirtyminen.** Muuttuja määritellään kuten kappaleen käsittely -liikesarjassa.

**B – Kehon liikkeet.** Muuttuja määritellään kuten kappaleen käsittely -liikesarjassa

**T – Työkalun käyttö** käsittää työkalujen haltuunoton, käytön ja poislaittamisen. Työkalun käyttö sisältää myös tarvittavat valmistelutoimet, esimerkiksi teränvaihdot. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**Koneen käyttö -liikesarjalla** analysoidaan koneen tai laitteen käyttöön liittyvät toiminnot, kuten vipujen ja kytkinten käyttö sekä työstettävien kappaleiden kiinnitys ja irrotus. Koneen käyttö -liikesarja kuvataan lausekkeella:

#### **A B M**

**A – Siirtyminen.** Muuttuja määritellään kuten kappaleen käsittely -liikesarjassa.

**B – Kehon liikkeet.** Muuttuja määritellään kuten kappaleen käsittely -liikesarjassa.

**M – Koneen käyttö.** Muuttuja sisältää vipujen ja kappaleiden käsittelyyn tarvittavan siirtymisen, tarttumisen, käyttämisen, otteen vapauttamisen ja työkalun pois laittamisen. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**Nosturin käyttö -liikesarjalla** kuvataan toiminnaltaan siltanosturien kaltaisia nostolaitteita. Kuorma siirretään käsi- tai konevoimalla vaakasuunnassa ja konevoimalla pystysuunnassa. Nosturin käyttö kuvataan liikesarjalla:

#### **A T K T P T A**

**A** - Ilmaisee matkaa, jonka henkilö kävelee nosturin ohjauspaneelin luo tai sen luota seuraavaan työpisteeseen.

**T** - Käsittää noston ja vaakasuoran siirron kuormattuna tai ilman kuormaa.

**K** - Sisältää kaikki kuorman kiinnittämiseen ja irrottamiseen liittyvät toimet.

**P** - Muuttuja käsittää kaikki liikkeet, jotka vaaditaan kuorman laskemiseen ja paikalleen kohdistamiseen. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**Trukin käyttö -liikesarja** kattaa trukin käynnistämisen, ajamisen, kuorman haltuunoton, kuorman kuljettamisen, kuorman asettamisen paikoilleen, trukin siirtämisen pois ja paluun trukin luota. Trukin käyttö -liikesarja kuvataan muuttujilla:

### **A S T L T L T A**

**A** – Matka, jonka henkilö kulkee trukille tai trukilta.

**S** – Trukin käynnistäminen ja pysäköimiseen tarvittavat toimet.

**T** – Siirtyminen trukin kanssa, joko ilman kuormaa tai kuorman kanssa.

**L** – Kuorman haltuunottoon ja kuorman jättämiseen liittyvät toimet. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

#### **4.1 Arvosarjat**

MOST-liikesarjoissa käytetään muuttujien alaindeksejä. Alaindeksit ovat ennalta määriteltäviä aika-arvoja. Aika-arvot on valittu tietyn tarkkuusvaatimuksen täyttävästä lukusarjasta. Jokaiselle liikesarjalle on oma arvokorttinsa, jonka perusteella muuttujien alaindeksit määritellään. Kuviossa 9 on esitetty siirtymisen arvokortti. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

**Esimerkki:** Henkilö hakee toisesta huoneesta noin 8 metrin päästä työkalupakin, kulkiessaan joutuu avaamaan ja sulkemaan oven kahdesti.

Yllä oleva esimerkki kuvataan liikesarjalla seuraavasti:

**A<sub>3</sub> B<sub>3</sub> P<sub>1</sub>**

**A<sub>3</sub>** – Henkilö kulkee vapaasti ovelle ja edelleen oven jälkeen sekä takaisin, yhteensä n. 16 metriä.

**B<sub>3</sub>** – Henkilö avaa oven, kulkee oviaukosta sekä sulkee oven, kahdesti.

**P<sub>1</sub>** – Henkilö ottaa keskiraskaan työkalupakin ja asettaa sen työpöydälleen.

Alaindeksit lasketaan yhteen ja saadaan toimenpiteen työmäärä millitunteina:

$$3 + 3 + 1 = 7 \text{ mh}$$

Maxi-MOST-lauseke kuvaa valitun työmenetelmän tason. Mitä suurempia alaindeksit ovat, sitä huonompi työmenetelmä on. Työmenetelmää pystytään parantamaan esimerkiksi lyhentämällä siirtymisiä. (Devcons, [viitattu 12.4.2020].)

Maxi-MOST -arvokortti		A -SIIRTYMINEN	
Arvo	Vaiheittain siirtyminen askelta (metriä)	Vapaa siirtyminen metriä	Arvo
0	2 (1.2)	2	0
1	9 (5.4)	7	1
3	23 (14)	18	3
6	42 (25)	36	6
10	70 (42)	60	10
16	110 (66)	90	16
24	150 (90)	130	24
32	200 (120)	170	32
42	250 (150)	220	42
54	330 (200)	280	54
67	410 (250)	340	67
81	490 (290)	410	81
96	580 (350)	490	96

Kuvio 9. Maxi-MOST -arvokortti siirtymiselle (Devcons, [viitattu 12.4.2020]).

## 5 OSAKOKOONPANOJEN KEHITTÄMINEN

Tämän työn tekeminen aloitettiin tutustumalla valittuun klapikonemalliin, Palax D360, rakenteeseen ja mekaniikkaan. Konemalliin tutustumisen jälkeen siirryttiin ohjekuvien tekoon SolidWorks 2017 -suunnitteluohjelmistolla, jossa luotiin osakokoonpanoille rakennekuvat. Lopuksi osakokoonpanoille suoritettiin työajanmääritys Maxi-MOST-työnmääritysmenetelmää hyödyntäen.

### 5.1 Malliin tutustuminen

Työtä aloittaessa oli tutustuttava valitun konemallin mekaniikkaan, osiin ja rakenteeseen. Työvaiheessa käytettiin hyödyksi yrityksen varaosaluetteloa kyseiselle mallille. Tavoitteena työvaiheessa oli erotella rakenteesta järkevät osakokoonpanot ja muodostaa niille osakokoonpanorakenne. Osakokoonpanoista kirjattiin ylös varaosnumero varaosaluetteloa hyödyntäen, minkä jälkeen osien nimikkeet tarkistettiin Powered-järjestelmästä. Nimikenumeroiden perusteella luotiin osakokoonpanoille alustava tuoterakenne. Kuviossa 10 on esitetty esimerkki osakokoonpanojen tuoterakenteesta.

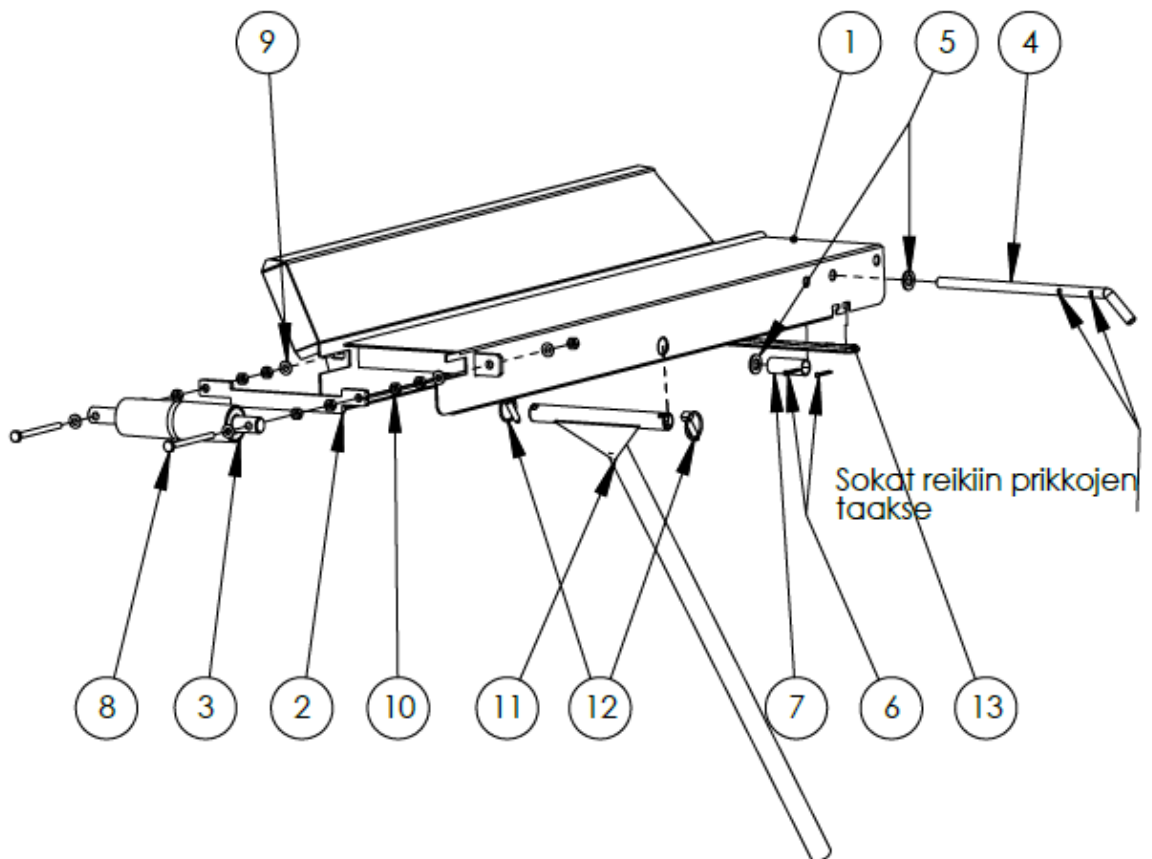
	Osa	Nimiketunnus
<b>Syöttöpöydän jatke</b>	Pöydän jatke	50030910
	Syöttökuljettimen matto	PX10543
	Jatkopöydän rulla	2819000
	Höylä	L10036010
	Jatkopöydän jalka	2821002
	Lukko	K3040010
	Kuminauha	OKN200
	Saranatappi, pöytä	2870001
<b>Paininrunko</b>	Peltiäippalaakeri	OLBPFL3
	Paininrunko	50032695
	Painin alaosa	50032708
	Pöytärolla, pitkä	K1801440
	Rullan korva	K3059010
	Sylinteri	OH1Y2516100
	Vetojousi (ERGO)	OJV45385254

Kuvio 10. Esimerkki osakokoonpanojen tuoterakenteesta.

## 5.2 Ohjekuvien laatiminen

Työvaiheessa oli aluksi tutustuttava konemallin rakenteeseen ja osiin SolidWorks-mallissa. Työn tavoitteena oli luoda selkeät ohjemaiset rakennekuvat osakokoonpanoista. Työn toteuttamiseksi käytettiin yrityksen PDM:ää ja SolidWorks 2017 -suunnitteluohjelmaa. Räjätyskuvat toteutettiin, koska osakokoonpanojen työohjeet ja dokumentoinnit olivat puutteellisia.

Osakokoonpanoista laadittiin selkeät räjätyskuvat sekä BOM (Bill Of Materials) eli osaluettelot. Osaluetteloista ilmenee osat, joita kokoonpanossa on käytetty, osien ja komponenttien lukumäärä sekä niiden nimikenumero. Osat ja komponentit merkittiin kuvaan numeroin. Työvaiheessa hyödynnettiin jo olemassa olevia piirustuksia ja kokoonpanoja, joihin tehtiin muutoksia ja lisäyksiä. Kuviossa 11 esimerkki räjätyskuvasta.



Kuvio 11. Räjätyskuva.



### 5.3 Työnmääritys ja työajan laskenta

Tehtävän tavoitteena oli suorittaa osakokoonpanoille työajan laskenta. Maxi-MOST on ollut yrityksen käytössä jo aikaisemmin, ja se on todettu hyväksi työarvojen määrittelyssä. Kyseisen menetelmän avulla pystytään myös arvioimaan kehitystarpeita ja niiden vaikutusta tehokkuuteen. Maxi-MOST ei vaadi varsinaisia työtutkimuksia eikä joutuisuuden arviointia, vaan se perustuu erilaisille työliikkeille annettuihin aikoihin.

Laskennan apuna käytettiin Maxi-MOST-liikesarjatutkimuksen pohjalta tehtyä Excel-laskentataulukkoa käyttäen. Laskentataulukko (Kuvio 12) määrittää kappaleen työajan, tuntiannon ja kokonaishinnan osien painon perusteella.

KOKOONPANON HINNOITTELU							Tuntihinnat päivitetty	Asiakastyypit:
Yleistiedot	Keltaiset sarakkeet täytetään							Suuri
Nimike	50041717		Asiakastyypit	Suuri			Normaali	
Tilattu määrä	10	kpl					Pieni	
Painon käyttö laskennassa								
0-1 kg osiin lasketaan mukaan kaikki pienetkin osat mutterit, pultit, aluslevyt, nippusiteet yms.								
Osat	Osat	Osat	Nostin osat	tarrat teipit	Hydr letkut	Reiät kierteet		
0-1 kg kpl	1-10 kg kpl	10-25 kg kpl	kpl	kpl	kpl	kpl		
27	3					2		
				Työaika/kpl min	Työaika Yht. min	Työaika Yht. Tuntia	Tuntihinta €/h	
				24,3	242,85	4,05	80	
							323,81 €	

Kuvio 12. Esimerkki työajan laskennasta.

Kokoonpanojen osat eroteltiin painon mukaan alle 1 kg, 1-10 kg ja 10-25 kg osiin. Alle 1 kg osiin kuuluvat myös kaikki mutterit, pultit, aluslevyt ja muut kiinnikeosat. Taulukossa on eriteltyä myös nostinosat, tarrat ja teipit, hydraulikkaletkut sekä reiät ja kierteet.

Nostinosiin merkitään ne osat, joiden nostamiseen tai siirtämiseen vaaditaan esimerkiksi nosturia. Tarroihin ja teippeihin merkitään tarrojen lukumäärät kyseisessä osakokoonpanossa. Hydraulikkaletkut-sarakkeeseen merkitään kiinnitettävien letkujen lukumäärä. Reiät ja kierteet -sarakkeeseen merkitään kaikkien kiinnitettävien ja ruuvattavien osien ja komponenttien lukumäärät.

## 6 TULOKSET

Työn tuloksena syntyi osakokoonpanojen rakennekuvat sekä osakokoonpanojen työaika. Työhön kuului myös tuotteeseen tutustuminen ja alustavan tuoterakenteen laatiminen. Tuotteeseen tutustuminen ja alustavan tuoterakenteen laatiminen helpotti rakenteen ja osakokoonpanojen ymmärtämistä SolidWorks-mallissa.

Osakokoonpanojen uusien rakennekuvien avulla harjaantumattomatkin työntekijät pystyvät suorittamaan työnsä nopeammin ja tarkemmin. Uudet rakennekuvat myös poistavat työpisteeltä epäselvyydet, joita voivat aiheuttaa esimerkiksi rakennekuvien puutteellisuus. Uusien tuoterakennekuvien avulla pystytään seuraamaan kokoonpanossa tarvittavien osakokoonpanojen saldoa ja ohjata niiden valmistusta MRP-laskennan avulla. Työ lyhentää pääkokoonpanolinjan läpäisyäikää ja parantaa komponenttien MRP-laskentaa, kun komponentit varataan töille jo osakokoonpanovaiheessa. Työssä laadittiin 15 osakokoonpanon rakennekuvaa, jossa on sekä isompia että pienempiä osakokonaisuuksia.

Työajan laskemiseen käytettiin Maxi-MOST-työnmääritysmenetelmän pohjalta laadittua Excel-taulukkoa. Kyseisen menetelmän avulla on helppo arvioida kehitystarpeita ja niiden vaikutusta työn tehokkuuteen. Laskennan avulla pystytään karkeasti määrittämään osakokoonpanon työaika, joka helpottaa töiden suunnittelussa ja ajoittamisessa. Jokaiselle luodulle osakokoonpanon rakennekuvalle suoritettiin työajan laskenta.

## 7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö on tehty Seinäjoen Ylistarossa toimivalle Ylistaron Terästäkomo Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Palax D360 -tuotemallin osakokoonpanoa sekä suorittaa kokoonpanoille työajanlaskenta. Tavoitteena työssä oli erotella tuotteesta selkeät osakokoonpanot omiksi töikseen ja suorittaa niille työajanlaskenta. Toimeksiantaja oli tyytyväinen työn lopputulokseen ja kaikki asetetut tavoitteet saavutettiin.

Ensimmäisessä työvaiheessa tutustuin Palax D360 -tuotemalliin ja kirjasin ylös osia ja loin alustavat rakenteet osakokoonpanoille. Työvaihe oli itsenäistä havainnointia ja tutustumista tuotteen rakenteeseen ja mekaniikkaan. Työvaihe oli tärkeä jatkoa ajatellen, sillä sain tuotteesta selkeän käsityksen. Tuotteeseen tutustuminen ja alustavien rakenteiden luominen helpotti tuotteen ohjekuvien laatimista SolidWorks-mallissa.

Tuotemalliin tutustumisen ja rakennekuvien pohjalta lähdettiin luomaan osakokoonpanoista ohjeistavia kuvia. Ohjeistavien kuvien teossa käytettiin hyödyksi jo olemassa olevia piirustuksia. Piirustukset kuitenkin vaativat osien ja komponenttien lisäälyä sekä kuvien selkeyttämistä. Ohjekuvien teossa tärkeää oli myös komponenttien ja osien oikea määrä sekä painojen määrittäminen, joka puolestaan helpottaa työajan määrittämisessä. Ohjekuvia luotiin yhteensä 15 kappaletta. Ohjekuvien selkeys on erityisen tärkeä harjaantumattomille työntekijöille, jotka tarvitsevat enemmän ohjeistusta työssään.

Viimeisessä työvaiheessa osakokoonpanoille määriteltiin työajat. Työajat määriteltiin erillisellä Excel-taulukolla, joka oli tehty Maxi-MOST-liikesarjatutkimusta hyödyntäen. Laskentataulukossa hyödynnettiin kappaleiden painoja, minkä vuoksi oli erityisen tärkeää määrittää kaikille osille paino. Liikesarjatutkimusten avulla pystytään helposti vaikuttamaan tuotteiden läpimenoaikaan sekä työergonomiaan.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyötä tehdessä työn tekijä oppi paljon työnmäärityksestä ja työajanlaskennasta sekä kuinka paljon niillä voidaan vaikuttaa tuotannon kehittämiseen. Työn tekijän tiedot työnmäärityksestä ja Maxi-MOST-työajanlaskennasta olivat vähäiset työtä aloittaessa. SolidWorks oli työn tekijälle ennestään tuttu, joten rakennekuvien laatiminen ei tuottanut suurempia ongelmia.

Jo opinnäytetyötä aloittaessa työtä päätettiin rajata yhteen tuotemalliin ajan säästämiseksi. Yritykseltä löytyy myös muita tuotemalleja, jotka vaativat samanlaista kehittämistä, mutta tehdyn opinnäytetyön pohjalta niidenkin kehittäminen on helpompaa. Työn teoriaosio päätettiin rakentaa tuotannonohjauksen ja työnmäärityksen ympärille. Opinnäytetyön teoriaosiossa käytettiin lähteinä kirja- ja verkkolähteitä, joita löytyi kattavasti. Myös yrityksen tietokannasta löytyviä dokumentteja käytettiin lähteinä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä asetetut tavoitteet saavutettiin ja kohdeyritys oli tyytyväinen tehtyyn työhön. Tehtyä työtä voidaan hyödyntää jatkossa muita tuotemalleja kehittäessä. Tehdyllä työllä myös säästettiin yrityksen aikaa ja resursseja.

## LÄHTEET

- Asiakastieto. Ei päiväystä. Ylistaron Terästäkomo Oy. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.4.2020]. Saatavana: <https://www.asiakastieto.fi/yrietykset/fi/ylistaron-terastakomo-oy/03472644/taloustiedot>
- Devcons. Ei päiväystä. Maxi-MOST työnääritysjärjestelmä. [Viitattu 10.4.2020]. Ylistaron Terästäkomon tietokannassa.
- Hankkija. Ei päiväystä. Koneet. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://www.hankkija.fi/Koneet/polttopuun-teko/klapikoneet/palax-d360-ergo-traktorikayttoinen--sahkomoottori/>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 9. p. Tampere: Infacts Oy.
- Himanka, P. 7.4.2020. Terästäkomon historia. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Pekka Teppo. [Viitattu 7.4.2020].
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Helsinki: WSOY.
- Lehtonen, J-M. (toim.) 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.
- Palax. Ei päiväystä. Teollisuuskalusteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://palax.fi/fi/teollisuuskalusteet>
- Teknologiateollisuus ry. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: EK-SAK tuottavuusasiantuntijaryhmä. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf)
- Terra Patris. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.4.2020]. Saatavana: <https://www.terrapatris.fi/fi/yrietykset/>

## LIITTEET

Liite 1. Elpymisajan määrittelytaulukko osa 1

Liite 2. Elpymisajan määrittelytaulukko osa 2

## Liite 1. Elpymisajan määrittystaulukko osa 1.

Määritelmä A tarkoittaa fyysistä kuormitusta.

Määritelmä B tarkoittaa henkistä kuormitusta.

Taulukko I

Kuormitusluokka	Vaihtoehtoinen määritelmä	Elpymisaika min/8 h
1A	Työssä ei esiinny fyysistä ponnistusta	25
2A	Kevyt työ: käsiteltävät esineet ovat keveitä tai liikevastus pieni. Työtä tehdään istuen tai vaihtelevasti istuen ja seisten	35
2B	Työ vaatii normaalia tarkkaavaisuutta, valppautta ja keskittymistä	
3A	Pääasiassa seisten tehtävä kevyt työ.  Työ, jossa ajoittain mutta pitkäaikoin väliajoin joudutaan käsittelemään keskiraskaita esineitä. Työ on muuten kevyttä ja sitä tehdään yleensä istuen.  Kevyt työ, jossa joudutaan kävelemään yli puolet työajasta.	45
3B	Työ vaatii tavanomaista suurempaa tarkkaavaisuutta ja keskittymistä.  Yksitoikkoinen työ, jossa samankaltaiset lyhyehköt työvaiheet toistuvat koko työpäivän ajan.	
4A	Työssä esiintyy lyhyin väliajoin keskiraskaita ponnistuksia, muu osa työstä seisten tehtävää kevyttä työtä.  Työ sisältää jatkuvaa liikkeessä oloa, ajoittain portaissa nousua ja keskiraskaiden taakkojen kantamista.	55
4B	Työ vaatii tarkkaavaisuutta ja jatkuvaa valmiutta rajoitettuun toimintaan.  Työ koostuu samanlaisina toistuvista lyhyistä työvaiheista koko päivän ajan ja sidonnaisuusaste on korkea.	

## Liite 2. Elpymisajan määrittystaulukko osa 2.

Määritelmä A tarkoittaa fyysistä kuormitusta.

Määritelmä B tarkoittaa henkistä kuormitusta.

Kuormitusluokka	Vaihtoehtoinen määritelmä	Elpymisaika min/8 h
5A	<p>Keskiraskas työ, käsiteltävät esineet tai liikevastus keskiraskasta tai työajasta korkeintaan 25 % raskasta nostamista, työntämistä tai vetämistä.</p> <p>Työ tehdään koko ajan seisten ja liikuteltavat esineet ovat keskiraskaita, työasennon ollessa korkeintaan 25 % työajasta kuormittavaa.</p>	70
5B	<p>Työ vaatii melko kuormittavaa tarkkaavaisuutta ja keskittymistä.</p> <p>Työ vaatii alituista valmiutta nopeaan toimintaan tarkkailun kohteena olevalla alueella.</p> <p>Työ koostuu samanlaisina toistuvista lyhyitä työvaiheista ja on täysin sidottua.</p>	
6A	<p>Raskas ruumiillinen työ: työajasta korkeintaan 50 % raskasta nostamista, kantamista, työntämistä tai vetämistä.</p> <p>Korkeintaan 50 % työajasta on suoritettava kuormittavassa työasennossa ja liikutellen keskiraskaita esineitä.</p>	85
6B	<p>Työ edellyttää jatkuvaa herpaantumaton tarkkaavaisuutta ja keskittymistä.</p>	
7A	<p>Hyvin raskas työ: työajasta yli 50 % raskasta nostamista, kantamista, työntämistä tai vetämistä.</p> <p>Raskasta työtä poikkeuksellisen epämukavissa asennoissa.</p>	100
7B	<p>Työ vaatii kuormittavaa keskitettyä tarkkaavaisuutta siinä määrin, että sitä voidaan suorittaa yhtäjaksoisesti vain lyhyehkön ajan työn tuloksen kärsimättä.</p>	