

Juha Ylivinkka

## **Koneistuksen asetusajojen lyhentäminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Juha Ylivinkka

Työn nimi: Koneistuksen asetusajojen lyhentäminen

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 95

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Lyhyt läpäisy aika on hyvä mittari toimivalle tuotantoprosessille. Läpäisyajan lyhentäminen vaatii usein myös asetustekniikan kehittämistä kohti tilannetta, jossa asetus aika on niin lyhyt, ettei sillä ole enää merkitystä eräkoko. Asetustyö on usein myös epämiellyttävää työtä työstökoneen operaattoreille, joten asetusajojen lyhentäminen ja asetustyön helpottaminen lisää myös työviihtyvyyttä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään menetelmiä joiden avulla asetusajoja on mahdollista lyhentää.

Opinnäytetyössä tutkittiin asetusajoja ja asetustyötä. Asetukset jaettiin ennalta tehtävään ulkoiseen asetusajaan sekä koneen jalostavan työn pysäyttävään sisäiseen asetusajaan. Näiden aikojen erottamiseksi sovellettiin SMED-järjestelmän teoriaa, jonka perusajatuksena on asetusten valmistelutyön parantaminen siten, että sisäinen asetus aika saadaan mahdollisimman pieneksi. Kaikki aikaa vievä työvälineiden turha etsiminen ja hakeminen on saatava minimoitua. Ulkoisen ja sisäisen asetusajan muodostumista voidaan tarkastella videoimalla ja analysoimalla kaikki asetustyössä tehtävät toimenpiteet. Joidenkin töiden, kuten esimerkiksi sorvin leukapalojen vaihdon ajaksi, on jalostava työ aina pysäytettävä. Tämän pysähdykseen kuluva ajan lyhentämiseksi tutkittiin leukapalojen vaihtoa nopeuttavan mutterinvääntimen soveltuvuutta vaihtotyöhön. Opinnäytetyössä kehitettiin parannuksia myös muihin, ei jalostaviin asetusajoihin.

Työn tavoitteena olleita asetusajojen lyhentämiseen vaikuttavia menetelmiä löydettiin useita, joista osa otettiin heti käyttöön ja osan toteutus siirtyi myöhempään edelleen kehittämisen suunnitelman mukaiseen ajankohtaan. Yritys sai näin ollen tästä opinnäytetyöstä hyvän suunnitelman koneistustoiminnan edelleen kehittämiseksi.

Avainsanat: koneistus, tuottavuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Juha Ylivinkka

Title of thesis: Reducing the setting times of machining

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2012

Number of pages: 95

Number of appendices: 2

---

A short lead time is a good indicator for an effective production process. Shortening the lead time often requires setting time reduction towards the situation where setting time is so short that it has no meaning for the lot size. Setting work is also an unpleasant for the machine operators, so the setting time reduction and facilitation of setting work increases the working comfort. This thesis deals with the methods that help reducing setting times of machining.

The setting time and setting work were researched in this thesis. The setting time was divided between the external setting that can be done in advance and the internal setting which will stop the ennobling work. The theory of SMED-system was applied to separate these two settings. The basic idea of the SMED is to develop preparation work so that the internal setting time is as short as possible. Also, spending time on searching and fetching the tools has to be minimized. The formation of the external and internal setting time can be studied by videotaping and analyzing every operation during the setting work. At some work such as changing jaw pieces of the lathe, the machine must be stopped. To reduce the time that elapses on this operation, the research of usability of power nut-driver for changing jaw pieces was exploited.

The methods of the setting time reduction which was the aim of this thesis were variously found, some of them were taken in action immediately, and some of them postponed in later period of time. In this case the company got a good plan for further development of machining operations in the future.

Keywords: machining, productivity

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	9
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Yritysesittely.....	10
1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajoitukset .....	12
1.3 Pilottikoneet .....	13
1.3.1 Ares TC-1 -työstökeskus.....	13
1.3.2 John Ford VMC 850 -työstökeskus .....	14
1.3.3 Okuma LU 15M -sorvi .....	15
1.3.4 Doosan lynx 220LM- sorvi.....	16
<b>2 TUOTTAVUUS.....</b>	<b>18</b>
2.1 TPS (Toyota Production System).....	19
2.2 5S.....	20
2.3 JIT (Just In Time) .....	21
2.4 Joustavuus .....	22
2.5 Läpäisy aika .....	23
2.6 Nollaläpäisy aika .....	24
2.7 Asetustyö .....	25
2.8 Asetusaika .....	26
2.9 Asetuskustannukset.....	26
2.10 Eräkoko ja asetukset.....	29
<b>3 TYÖVÄLINEET JA TYÖSTÖKONEET .....</b>	<b>32</b>
3.1 Työvälinejärjestelmät .....	32
3.2 Työvälinehallinta .....	33
3.3 Sorvit.....	34
3.3.1 Sorvien työkalut .....	35
3.3.2 Sorvien kiinnittimet.....	37

3.4 Työstökeskukset .....	38
3.4.1 Työstökeskusten työkalut.....	39
3.4.2 Työstökeskusten kiinnittimet .....	41
<b>4 ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMINEN.....</b>	<b>45</b>
4.1 SMED (Single-Minute Exchange of Die) .....	46
4.2 Ulkoinen ja sisäinen asetus aika .....	49
4.3 Asetustyön vakiointi .....	51
4.4 Vakioasetustekniikka.....	51
4.5 Nollapistekiinnitin järjestelmä .....	52
4.6 Tietokoneavusteinen ohjelmointi .....	53
4.7 Henkilöstön vaikutus asetus aikoihin.....	54
4.7.1 Jatkuva parantaminen.....	55
4.7.2 Oppimiskäyrä .....	56
<b>5 TOIMENPITEET ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMISEKSI.....</b>	<b>59</b>
5.1 Nykytilan kartoitus .....	59
5.2 Esiasetusohjeet ja esitiedot työmääräimissä.....	61
5.3 Sorvien leukapalasarjojen merkitseminen .....	63
5.4 Sorvien leukapalojen vaihtaminen.....	65
5.4.1 Vaihtotyöhön kulumien aikojen vertailu .....	66
5.4.2 Mutterinvääntimien käyttö tuotannossa.....	68
5.5 Muita pienempiä parannuksia .....	69
5.5.1 Coromant Capto.....	69
5.5.2 Click&Change-terävarret.....	70
<b>6 PARANNUSEHDOTUKSIA .....</b>	<b>73</b>
6.1 Ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottaminen videokuvauksen avulla.....	73
6.2 Työstökeskusten työkalujen esiasetuspaikan sijainti.....	74
6.3 Työvälineiden järjestäminen 5S-toimintamallia mukaillen .....	75
6.4 Esiasetuslaite .....	77
6.5 Mittavälineiden kalibrointi .....	78
6.6 Mittavälineiden säilytys .....	80
6.7 CAM-järjestelmä.....	81
<b>7 SUUNNITELMA EDELLEEN KEHITTÄMISELLE .....</b>	<b>82</b>
7.1 Asetustyön videokuvaaminen .....	82

7.2 Työstökeskusten työkalujen esiasetuspaikka.....	82
7.3 Työpisteiden järjestäminen .....	83
7.4 Työkalujen esiasetuslaite .....	83
7.5 Mittavälineiden säilytys .....	84
7.6 Mittakellojen asetuslaite .....	85
7.7 CAM-järjestelmä.....	85
<b>8 YHTEENVETO.....</b>	<b>87</b>
8.1 Tulosten tarkastelu.....	87
8.2 Tavoitteiden täytyminen .....	89
<b>9 OMAT POHDINNAT .....</b>	<b>90</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>92</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>96</b>

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

KUVIO 1. Veljekset Ala-Talkkari Oy:n tuotantojakauma. (Kuivila 2012).....	11
KUVIO 2. Asiakkuuksien jakaantuminen koneistamossa. (Kuivila 2012) .....	12
KUVIO 3. Ares TC-1 -työstökeskus.....	14
KUVIO 4. John Ford VMC 850 -työstökeskus.....	15
KUVIO 5. Okuma LU 15-M -sorvi.....	16
KUVIO 6. Doosan lynx 220LM -sorvi .....	17
KUVIO 7. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriita. (Haverila ym. 2005, 404.)...	24
KUVIO 8. Tuotantokoneen tehokkuus.....	27
KUVIO 9. Asetusajan lyhentämisen vaikutus kustannuksiin. (Haverila ym. 2005, 408.).....	29
KUVIO 10. Oikean käden sääntö (Ansaharju & Maaranen 1997, 469.) .....	35
KUVIO 11. Sorvin teräpalan kiinnitysmenetelmiä. (Aaltonen ym. 1997, 180.) .....	36
KUVIO 12. Pitkien kappaleiden sorvaaminen kärkipylkän avulla. (Konemetalli. [Viitattu 17.3.2012].).....	37
KUVIO 13. Pystykarainen työstökeskus. (Maketek Oy. [Viitattu 17.3.2012].) .....	39
KUVIO 14. Erilaisia jyrsinpäitä. (Seco Tools. [Viitattu 17.3.2012].) .....	40
KUVIO 15. Työstökeskuksen työkalupidin. (Dormer. [Viitattu 17.3.2012].) .....	41
KUVIO 16. 3-2-1-menetelmä. (Kappaleen kohdistus ja suuntaus. [Viitattu 4.4.2012].).....	42
KUVIO 17. Kiinnityspisteiden sijoitus. (Kiinnitysvoimat. [Viitattu 5.4.2012].) .....	43
KUVIO 18. Esimerkki hyvästä työkappaleen kiinnittimestä. (OK-Vise. [Viitattu 17.3.2012].).....	44
KUVIO 19. Työkappaleiden kiinnityksen mekanisointi hydrauliiikan avulla. (Desining Systems Inc. [Viitattu 18.3.2012].) .....	49
KUVIO 20. Ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottaminen. (Mukaiillen Burman 1995, 283.).....	50
KUVIO 21. Nollapistekiinnittimen toimintaperiaate. (Unilock. [Viitattu 16.3.2012].).....	53
KUVIO 22. WinCAM-sorvausohjelmisto. (Camtek [16.3.2012].) .....	54
KUVIO 23. PDCA-sykli (Mukaiillen Haverila, ym. 2005, 383.) .....	56
KUVIO 24. Oppimiskäyrä. (Mukaiillen Haverila ym. 2005, 370.).....	57
KUVIO 25. Teräpala- automaatti.....	61

KUVIO 26. Leukapalojen merkitsemisessä käytetty laite. ....	64
KUVIO 27. Leukapalojen merkitseminen. ....	65
KUVIO 28. Työntutkimus leukapalojen vaihtotyön osalta 1.3.2012.....	67
KUVIO 29. Mutterinväännin. (Kamasa mutterinväännin. [Viitattu 30.3.2012].).....	68
KUVIO 30. Coromant Capto- pikakiinnitysjärjestelmä sorvin työkalurevolveriin. (Coromant Capto Systems. [Viitattu 12.3.2012].).....	70
KUVIO 31. Click&Change-terävarsi. (ClickChange 2006, 2007 [Viitattu 29.2.2012].).....	71
KUVIO 32. Esimerkki työkalun esiasetuspenkistä. (Tool Boy. [Viitattu 17.3.2012].).....	74
KUVIO 33. Esimerkki työpisteen järjestyksestä. (Utter 2010) .....	76
KUVIO 34. Preset P382 -esiasetuslaite. (Esiasetuslaitteet 2012 .[Viitattu 14.3.2012].).....	77
KUVIO 35. Jäljitettävyyden ketju pituusmittauksissa. (Ihalainen ym. 2003, 435.) .	79
KUVIO 36. Mittakellojen asetuslaite. (Precision Bore Gauges 2007. [Viitattu 30.3.2012].).....	80
KUVIO 37. Kivipöytä ja digitaalinen mittajalka työkalujen esiasetukseen. ....	84



## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CAM</b>	"Computer Aided Manufacturing", tietokoneavusteinen valmistus.
<b>JIT</b>	"Just In Time" on juuri oikeaan aikaan tapahtuvaa tuotantoa, jossa materiaalit toimitetaan juuri oikeaan aikaan juuri oikeaan paikkaan.
<b>NC</b>	"Numerical Control", eli numeerinen ohjaus. Työstökoneen liikkeitä ohjataan sovitulla komennoilla (numeroilla ja merkeillä), jotka koneen elektroniikka toteuttaa muuttamalla ne servomoottorin liikkeiksi.
<b>SMED</b>	"Single Minute Exchange of Die" on koneiden ja laitteiden asetusajojen lyhentämiseen kehitetty menetelmä.

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee toimenpiteitä koneistuksen asetusajojen lyhentämiseksi. Työ on Seinäjoen ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan insinööriopintoihin kuuluva lopputyö. Työ on tehty Veljekset Ala-Talkkari Oy:n koneistusosastolle.

Englanninkielisessä kirjallisuudessa asetusajoista puhutaan kahdella termillä: Setting time ja Change-over time, joista ensimmäisellä tarkoitetaan pelkästään koneella tapahtuvaa asetusajaa ottamatta huomioon materiaalien siirtoja ynnä muuta sellaisia, kun taas jälkimmäinen viittaa työn vaihtoon kuluvaan kokonaisaikaan, johon sisältyy tehtävät aina raaka-aineiden hausta koneelle valmiiden tuotteiden vientiin pois koneelta ja kaikki siltä väliltä.

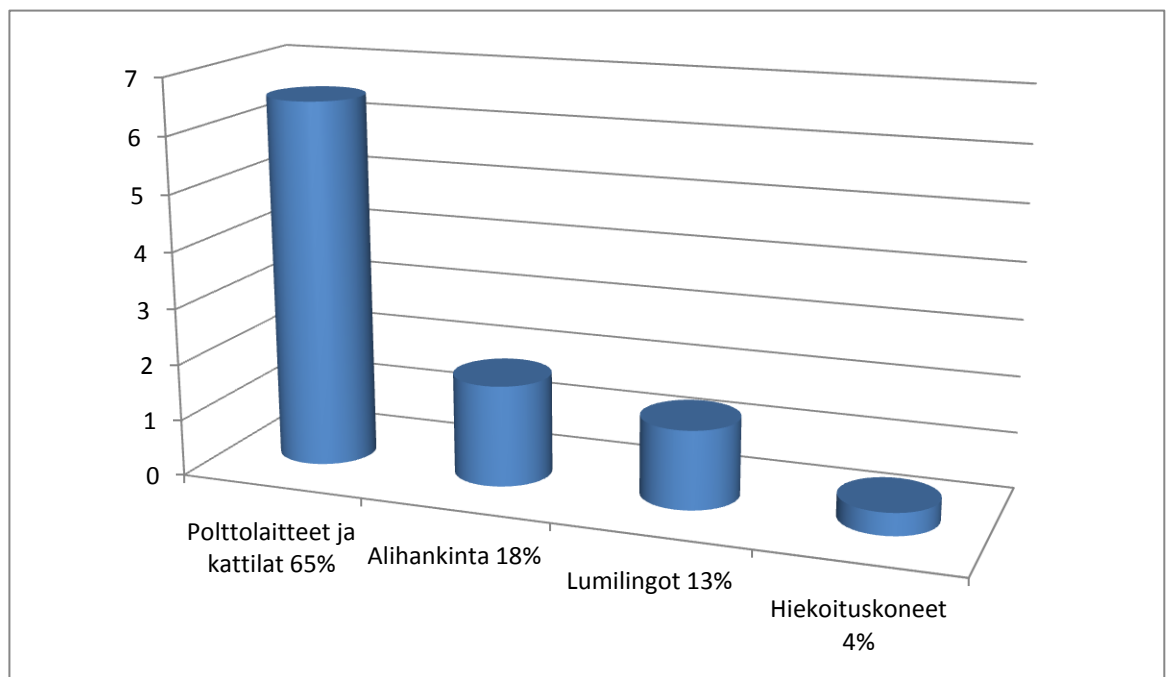
Nykyaikana koko ajan kiristynyt kilpailu pakottaa yrityksiä tehostamaan prosessinsa toimintaa kilpailukyvyyn säilyttämiseksi. Yksi tärkeimmistä toimivan prosessin mittareista on lyhyt läpäisy aika. Lyhyt läpäisy aika koneistettavien tuotteiden osalta edellyttää monesti asetustekniikan kehittämistä kohti 0-asetusaikaa, joka tarkoittaa tilannetta, jossa asetus aika on niin lyhyt ettei sillä ole vaikutusta kannattavasti valmistettavien eräkokojen suuruuteen. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi 50 kappaleen valmistus on valmistuskustannuksiltaan saman suuruinen valmistetaan se sitten yhdessä 50 kappaleen erässä, viidessä 10 kappaleen erässä tai jopa viidessäkymmenessä 1 kappaleen erässä. Käytännössä tähän on kuitenkin melkein mahdotonta päästä ilman mittavia investointeja, mutta jokainen minuutti, joka saadaan puristettua asetusajoista pois, nostaa työstökoneen käyttöastetta ja näin ollen parantaa yrityksen tulosta. Asetustyö on usein myös epämiellyttävää työtä koneiden käyttäjille, joten johdonmukaiset asetukset ja näihin käytetty aikaisempaa lyhyempi aika omalta osaltaan parantavat edelleen työssä viihtymistä.

## 1.1 Yritysesittely

Veljekset Ala-Talkkari Oy on vuonna 1955 perustettu metallialan yritys, jonka toimitilat sijaitsevat Lapuan Hellanmaassa. Yrityksen päätuotteita ovat keskuslämmityskattilat 30–700 kW sekä kiinteän aineen biopolttolaitteet, eli stokerit, teholtaan

30–990 kW. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat lisäksi myös ympäristöhoitokoneet, kuten lumilingot ja hiekoittimet, ja alihankintakoneistus erilaisille asiakasryhmille. Yrityksen liikevaihto vuonna 2011 oli 13,5 M€ ja se työllisti vuoden 2011 lopulla noin 80 henkilöä. Viennin osuus yrityksen liikevaihdosta oli 45 %. (Veljekset Ala-Talkkari Oy 2011 & Kuivila 2012.)

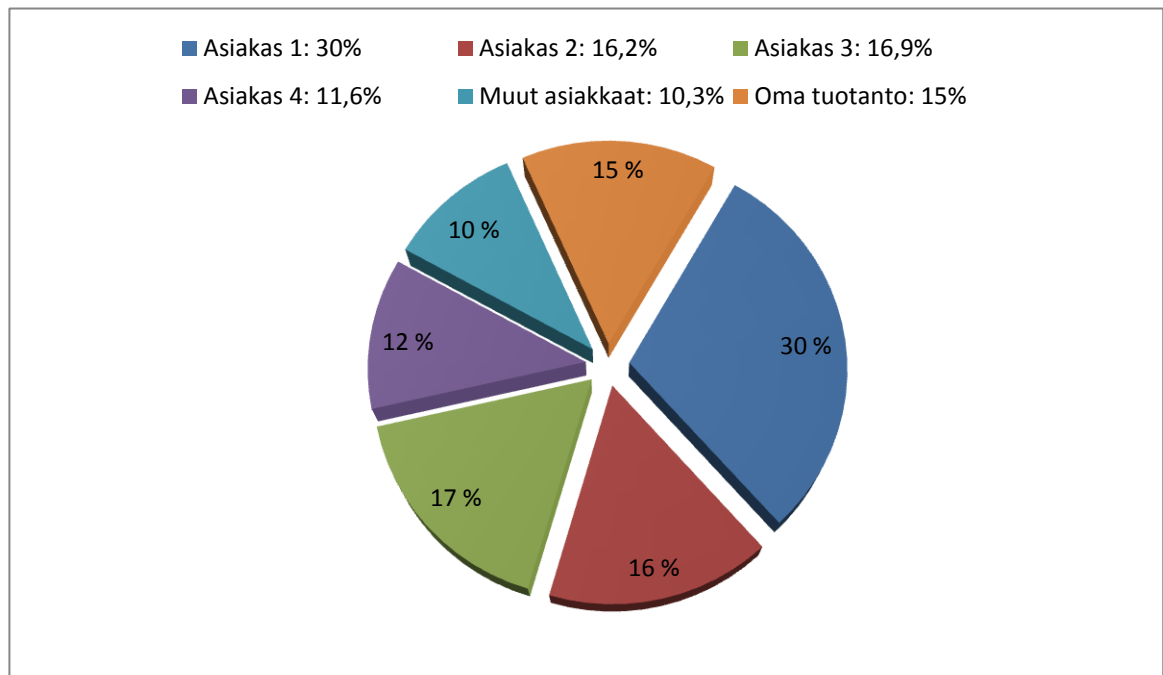
Kuviosta 1 on nähtävissä Veljekset Ala-Talkkari Oy:n vuoden 2011 tuotannon jakautuminen eri tuotteiden välille.



KUVIO 1. Veljekset Ala-Talkkari Oy:n tuotantojakauma. (Kuivila 2012).

**Koneistamo.** Yksi yrityksen toimialoista on samalla tehdasalueella, mutta erillisessä rakennuksessa toimiva alihankintakoneistamo. Alihankintakoneistamon konekanta käsittää tällä hetkellä 13 NC-sorvia, 4 työstökeskusta ja 4 NC-vannesahaa. Koneistamon liikevaihdosta noin 15 % tulee Veljekset Ala-Talkkari Oy:n omasta tuotannosta. Tällä saadaan koneistamoon syntymään hyvä peruskuorma, jonka tarve on melko hyvin ennakoitavissa. Koneistamon tuotanto jakaantuu oman tuotannon lisäksi neljän suurimman asiakkaan kesken kuviossa 2 esitetyllä tavalla. Muiden asiakkaiden joukko koostuu useasta pienestä asiakkaasta, joille toimitukset ovat satunnaisia. Yrityksen asiakkuuspohja on hyvällä mallilla eikä minkään asiakkaan osuus ole lähellekään yli puolta koneistamon liikevaihdosta. Tällä tavalla toiminta ei ole liikaa yhden asiakkaan varassa, jonka vähentäessä

tilauksiaan olisi heti ryhdyttävä toimenpiteisiin työpaikkojen turvaamiseksi. Yhteensä työntekijöitä koneistamossa oli vuoden 2011 lopussa 21, joista toimihenkilöitä oli 4. Liikevaihto vuoden 2011 lopussa oli 3,2 M€. (Kuivila 2012.)



KUVIO 2. Asiakkuuksien jakaantuminen koneistamossa. (Kuivila 2012)

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajoitukset

Työn päätavoitteena on löytää menetelmiä ja ratkaisuita asetusajojen lyhentämiseksi ja asetustyön tehostamiseksi osavalmistuksessa. Tärkeää olisi löytää tietoa asetusajojen lyhentämiseen vaikuttavista tekijöistä ja niiden avulla pohtia prosessien mahdollisia parannuksia. Työtä tarkastellaan sekä käytännön läheisesti että teoriapohjalta ja pyritään löytämään menetelmiä, jotka johtavat kohti tavoiteltua lyhyempää asetusajaa sekä tuote-erän vaihtuessa että kokonaan uuden tuotteen ensimmäisen erän alkaessa.

Opinnäytetyötä varten yrityksestä valittiin kaksi NC-sorvia ja kaksi työstökeskusta asetustyön kehittämisen pilottikoneiksi. Tämä siksi, että tarkasteltaessa pientä joukkoa tuotantokoneita asetukseen kuluva aika on helpompi seurata. Pilottikoneet valittiin yhdessä koneistamon käyttöpäällikön kanssa sen mukaan, että pilot-

tikoneilla valmistettavien nimikkeiden vaihtelu olisi mahdollisimman suuri ja näin ollen asetuksien vaihtoja tulee muita koneita enemmän ja saavutetut hyödyt ovat suurimmat.

### **1.3 Pilottikoneet**

Seuraavassa on esitelty työtä varten yrityksestä valitut pilottikoneet. Koneet on numeroitu tuotannonohjausjärjestelmän avulla tapahtuvan kuormituksen seurannan helpottamiseksi hankintajärjestyksen mukaan juoksevalla kuormitusnumerolla kymmenestä alkaen. Pilottikoneiden numerot mainitaan myös niiden esittelyosiossa. Kuormitusnumerot näkyvät myös liitteestä 2 löytyvässä työmääräimessä. Lisäksi osiossa kerrotaan hieman tyypillisimmistä töistä, joita kullakin pilottikoneella tehdään.

#### **1.3.1 Ares TC-1 -työstökeskus**

Ares- työstökeskus on ensimmäinen Veljekset Ala-Talkkari Oy:n hankkima työstökeskus. X-, Y- ja Z-akseleiden liikkeet Ares-työstökeskuksella ovat 500, 350 ja 430. Koneessa on suhteellisen vähän työkalupaikkoja, 4 kpl, joten sen joustavuus ja tehokkuus ei yllä enää nykyaikaisten työstökeskusten tasolle. Uusien työntekijöiden tullessa työstökeskuspuolelle heidät laitetaan useimmiten tälle työpisteelle harjoittelemaan. Tämä siitä syystä, että koneen työtehtävät ovat useimmiten yksikertaisia porauksia ja pintojen oikaisuja. Koneessa on kuitenkin ohjelmoitava jakopää, jonka avulla voidaan esimerkiksi tehdä reikiä kappaleen lieriöpinnalle tietyin astevälein. Ares TC-1 -työstökeskus toimii Mitsubishi CNC 520 AM -ohjauksella. Ohjelmointi ei juurikaan eroa perinteisestä ISO-koodi ohjelmoinnista. ISO-koodi ohjelmoinnissa koneen liikkeitä ja työkiertokomentoja ohjataan G-koodeilla ja X-, Y- ja Z-koordinaateilla. Koneen toimintoja ohjataan taas M-koodeilla. Monesti ISO-koodi ohjelmoinnista puhutaan myös G-koodi ohjelmointina. Työstökeskus on nähtävissä kuviossa 3. Tuotannonohjausjärjestelmässä koneen kuormitusnumero on 13.



KUVIO 3. Ares TC-1 -työstökeskus.

### 1.3.2 John Ford VMC 850 -työstökeskus

Fanuc 0M -ohjauksella varustettu John Ford-työstökeskuksen tyypillisempiä töitä ovat Ares-työstökeskuksen tapaan yksinkertaiset poraukset ja jrsinnät. Lisäksi koneen sijainnin ansiosta sillä pystytään tekemään myös kiilaurat pitkiin akseleihin. Koneen sijainnilla tarkoitetaan sitä, että pitkät akselit on mahdollista, koneen päätyovi avaamalla, syöttää sivusta sisälle koneeseen ja koneen välittömässä läheisyydessä ei ole mitään kiinteää estettä, kuten toista työstökeskusta. John Ford-työstökeskuksessa ei ole ohjelmoitavaa jakopäätä, joten sen joustavuus ei tältä osin yllä Ares-työstökeskuksen tasolle. Toisaalta työkalupaikkojen määrä on paljon suurempi, 20 kpl. Koneen X-, Y- ja Z-akseleiden liikkeet ovat 800, 500 ja 450 mm. John Ford-työstökeskuksen kuormitusnumero on 14. John Ford -työstökeskus ja sen sijoittuminen on nähtävissä kuviossa 4.



KUVIO 4. John Ford VMC 850 -työstokeskus.

### 1.3.3 Okuma LU 15M -sorvi

Okuma LU 15M -sorvi valittiin ensimmäisenä sorvina pilottikoneeksi. Koneessa on kaksi työkalurevolveria, niin kutsutut ylä- ja alarevolverit. Työkalupaikkoja ylärevolverissa on 12 ja alarevolverissa 8 kpl. Ohjauksena koneessa on Mitsubishin OS-PU100L -ohjaus. Koneen tyypillisimpiä töitä ovat hydraulikka-akseleiden päät eli silmä kappaleet ja muut epäsymmetriset pyörähdyskappaleet. Koneella tehdään siis paljon hakkaavaa työstöä sisältäviä töitä. Hakkaavalla työstöllä tarkoitetaan epäjatkovaa sorvausta, jossa terä ei ole jatkuvasti kiinni työkappaleessa, vaan työkappaleen uloke tai vastaava hakkaa terää joka kerta kun työkappale pyörähtää, ennen kuin lastuaminen on yhtenäistä. Epäsymmetrisyyden vuoksi asetusten teko vaatii hyvää ammattitaitoa ja kykyä hahmottaa seuraavaa työstettävää vaihetta jo edellisen työvaiheen aikana, jotta tarvittavat kiinnityspinnat työstetään suo-



raksi. Kappaleiden halkaisijat vaihtelevat pääsääntöisesti 20 mm:n ja 100 mm:n välillä. Mittatarkkuudet sorvattavissa tuotteissa vaihtelevat 0.01 mm:stä yleistoleranssialueelle menevään 0.2 mm:iin. Kuviossa 5 näkyvän Okuma-sorvin kuormitusnumero on 8.



KUVIO 5. Okuma LU 15-M -sorvi

### 1.3.4 Doosan lynx 220LM- sorvi

Kuviossa 6 esiteltävän Doosan lynx 220LM -sorvin työt koostuvat perinteisemmistä sorvauskappaleista, kuten akseleista ja holkeista. Tarkkuudet tälläkin sorvilla vaihtelevat 0.01 mm:n ja 0.2 mm:n välillä. Yleisimmät työkappaleiden halkaisijat vaihtelevat 20 mm:stä 50 mm:iin. Kone on varustettu Fanuc Oi-TC -ohjauksella. Koneessa on 12 työkalupaikkaa ja erikoispitimillä työkalujen määrä on laajennettavissa 24 kappaleeseen. Koneen joustavuutta lisää C-akseli ja pyörivät työkalut, joiden avulla voidaan tehdä reikiä ja kierteitä työkappaleen otsapintaan samalla



kiinnityksellä kuin sorvaus. Tällöin säästytään usein työstökeskus vaiheelta kokonaan. Doosan-sorvin kuormitusnumero on 22.



KUVIO 6. Doosan lynx 220LM -sorvi

## 2 TUOTTAVUUS

Tuottavuutta voidaan kuvata esimerkiksi ajattelemalla, kuinka monta yhden tuuman rautanaulaa yritys voi tuottaa yhdestä kilosta rautaa. Se yritys, joka tuottaa yhdestä kilosta eniten tuuman rautanauvoja pärjää varmasti kilpailussa edellyttäen tietenkin, että tuotteet ovat laadullisesti hyviä. Tuottavuudella tarkoitetaan siis yleisesti tuotosten ja niiden aikaansaamiseksi käytettyjen panosten välistä suhdetta, jota voidaan kuvata kaavalla 1.

$$Tuottavuus = \frac{Tulokset}{Panokset} \quad (1)$$

Tuottavuuden kehittymistä voidaan pitää aineellisen hyvinvoinnin perustana. Tuottavuuden lisääminen on välttämätöntä, jotta yrityksellä on esimerkiksi varaa työpalkkojen yleisiin korotuksiin ja materiaalien hintojen kasvuun. Tuottavuus onkin eräs tärkeimmistä kansantalouden kehittämiseen vaikuttavista tekijöistä. Tuottavuuden paranemisella voidaan lisätä taloudellista kasvua ja luoda näin edellytykset elintason nousulle. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 20–22.)

Yrityksessä tuottavuuden paraneminen merkitsee välittömästi tai välillisesti

- hintojen nostopaineiden pienentymistä
- kilpailukyvyn parantumista
- työpaikkojen säilyttämistä
- palkanmaksukyvyn parantumista
- työn luonteen muuttumista
- rakenteellisia muutoksia.

Tuottavuutta voidaan parantaa jatkuvalla ja järjestelmällisellä kehittämisellä, jolla taloudellisen kannattavuuden lisäksi pyritään parantamaan myös työn turvallisuutta ja miellyttävyyttä. (Haverila ym. 2005, 20).

## 2.1 TPS (Toyota Production System)

Nykyisen tuottavuusajattelun juuret ulottuvat toisen maailmansodan jälkeiseen Japaniin ja Toyotan autotehtaalle, jossa kehitettiin siihen aikaan ainutlaatuinen lähestymistapa valmistukseen. Tuohon aikaan suurimmat autotehtaat GM ja Ford käyttivät valmistuksessaan massatuotantoa, suurtuotannon etuja ja suurta välineistöä tuottamaan mahdollisimman paljon osia mahdollisimman halvalla. Tähän Toyotalla ei ollut resursseja ja sen täytyi pystyä tekemään erilaisia ajoneuvoja samalla kokoonpanolinjalla asiakastarpeiden tyydyttämiseksi. Siitä syystä avaintekijäksi nousi joustavuus. Sen avulla Toyota teki olennaisen havainnon: kun läpimenoajoista tehdään lyhyitä ja keskitytään tuotantolinjojen joustavuuteen, lopputuloksena on parempi laatu, parempi asiakastyytyväisyys, parempi tuottavuus ja parempi tilan ja välineistön hyödyntäminen. Toyotan kehittämää tuotantojärjestelmää, TPS:ää, voidaankin pitää perustana suurelle osalle nykyistä lean-tuotantoa. (Liker 2004, 7–8.)

Toyotan tuotantojärjestelmän ydin on hukkan, eli tuhlauksen, eliminoinnissa. Kaikesta toiminnasta mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaalle, tulisi TPS:n mukaan päästä eroon. Hukkaa voidaan ajatella olevan kahdeksaa tyyppiä:

1. Ylituotanto: Valmistetaan osia, joista ei ole tilausta. Tämä johtaa tarpeettomiin henkilö-, varasto- ja kuljetuskuluihin.
2. Odottelu: Työntekijät seuraavat automaattista konetta tai odottavat seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua, komponenttia tai muuta sellaista, tai ovat toimettona varaston loppumisen tai käsittelyviiveiden takia.
3. Tarpeeton kuljettelu: Tehottoman kuljetuksen luominen tai materiaalin, osien tai valmiiden tuotteiden siirtely varastosta tai prosessista toiseen.
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely: Tarpeettomien vaiheiden tekeminen osien käsittelyssä. Tehoton käsittely huonon työkalun tai tuotesuunnittelun takia. Hukkaa syntyy myös, kun tuotetaan laadukkaampia osia kuin asiakas vaatii.

5. Tarpeettomat varastot: Liika raakamateriaali, keskeneräinen tuotanto tai valmiit tuotteet, joista seuraa läpimenoaikojen pidentymistä, vanhentuneisuutta, vahingoittumista, kuljetus- ja varastointikustannuksia ja viivettä ovat hukkaa. Lisäksi suuret varastot kätkevät sellaisia tuotannon ongelmia kuin epätasapainoa, alihankkijoiden toimitusvaikeuksia, pitkiä asetus-aikoja ja vikoja.

6. Tarpeeton liikkuminen: Kaikki turhat liikkeet, kuten osien ja työkalujen kurkottelu, pinoaminen ja etsiminen ovat hukkaa.

7. Viat: Viallisten osien tuottaminen tai korjaaminen. Korjaaminen tai uudelleen käsittely, pois heittäminen, täydennysosan tuottaminen ja tarkastaminen ovat hukattua aikaa ja turhaa työtä.

8. Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen: Ajan, ideoiden, taitojen ja oppimismahdollisuuksien hukkaaminen, jos työntekijöitä ei sitouteta tai kuunnella.

Ylituotanto on tärkein hukka, sillä se aiheuttaa valtaosan muusta tuhlauksesta. Jos valmistusprosessin jossain vaiheessa valmistetaan enemmän kuin asiakastarve vaatii, syntyy tarpeetonta varastoa ja keskeneräistä tuotantoa, joka taas lisää toimintaan sitoutunutta pääomaa. (Liker 2004, 28–29).

## 2.2 5S

5S on TPS:n ja leanin pohjalta rakennettu viidestä vaiheesta koostuva laatutyökalu, jonka keskeisenä tavoitteena on saada aikaan siisti ja hyvin organisoitu työskentely-ympäristö, joka on helppo pitää puhtaana. Nimi 5S tulee alunperin viidestä japaninkielisestä s-kirjaimella alkavasta sanasta: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ja Shitsuke. Suomenkielelle käännettynä 5S tarkoittaa:

- erottele: erottele välttämätön turhasta ja hävitä loput
- yksinkertaista: järjestä työpisteen jäljelle jääneet tarvikkeet niin, että ne ovat helposti löydettävissä

- puhdista: pidä koneet ja työympäristö siisteinä ja puhtaina
- systematsoi: kehitä rutiinit puhdistukselle ja tarkastuksille
- standardoi: standardoi edelliset tehtävät toimintatavaksi, jota noudatetaan ja kehitetään jatkuvasti.

Lyhyesti 5S-toimintamalli voidaan kiteyttää yhdellä hyvin kuvaavalla lauseella: kaikelle paikka ja kaikki paikallaan. 5S-toimintamallia oikein toteuttavassa tehtaassa arvokasta jalostusaikaa ei kulu turhaan työvälineiden etsimiseen ja hakemiseen. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 4–6, 10.)

Lisäksi työskentely-ympäristön järjestämisellä saadaan parannettua sekä työntekijöiden hyvinvointia että koneiden toimintaa. Turvallinen työskentely-ympäristö vähentää tapaturmariskiä ja vaaratilanteita. Kun turhat tavarat on poistettu ja tarpeelliset tavarat saatu oikeille paikoilleen, saadaan parannuksia myös työergonomiaan. Koneiden ympäristöjen siistimisen ansiosta myös tuotantokatkokset vähenevät. Laitteistoviat on tällöin helpompi havaita ja korjaavat toimenpiteet päästään aloittamaan nopeammin. (Tuominen 2010, 7.)

### **2.3 JIT (Just In Time)**

Myöskin Japanissa syntyneessä Just In Time -tuotannossa pyritään valmistamaan tuotteita varastottomasti juuri oikeaan aikaan ja juuri oikean tarpeen verran. Tämä ajattelu johtaa pieniin usein toistuviin valmistuseriin. JIT -tuotannon tehokkuus perustuu tuotteen lyhyeen läpäisy aikaan sekä toiminnan korkeaan laatuun tuotantoprosessissa. Ominaista JIT -tuotannolle on materiaalivirtojen pitäminen ohuina ja nopeina. Turhaa varastointia esimerkiksi työvaiheiden välillä pyritään välttämään. Koska välivarastoja ei JIT -tuotannossa sallita, virheiden vaikutukset kasvavat suuriksi, sillä häiriö toimintaketjussa saattaa pysäyttää koko tehtaan tuotannon. Tästä syystä kaikkien tuotannon osapuolten, työntekijöiden, alihankkijoiden ja toimittajien on oltava selvillä virheiden ja keskeytysten vaikutuksista ja heidän täytyy viimeiseen asti pyrkiä ennakolta estämään virheiden syntyminen. Toisaalta lyhyissä läpäisyajoissa ja varastottomassa valmistuksessa virheet tulevat nopeasti esille, jolloin niiden syihin voi tarttua nopeasti. JIT -tuotannossa onnistuminen pakottaa

yrietykset panostaan voimakkaasti toimintansa kehittämiseen. (Haverila ym. 2005, 361–362.)

Suomalaisessa työskentelykulttuurissa JIT -tuotantoajatus voi tuntua vieraalta ja olla vaikea sisäistää, mutta se kuitenkin sisältää paljon hyviä, yritykselle kannattavia toimintoja, joita kannattaa hyödyntää tuotantoajattelussa, vaikkei toteuttaisi-kaan täysin varastotonta valmistusta. Suomen kaltaisessa elinympäristössä, jossa etäisyydet ovat pitkiä ja asukastiheys harva, on jonkinlaisten varastojen pitäminen pakon sanelemaa. (Sakki 2003, 28.)

## 2.4 Joustavuus

Joustavuus on nopeaa ja ongelmattomaa muutoksiin sopeutumista, josta ei aiheudu yritykselle muutoskustannuksia. Varsinkin asiakastilauksiin perustuvassa valmistuksessa joustavuus on erittäin tärkeässä asemassa ja useimmiten se tarkoittaa myös asetustekniikan kehittämistä sille tasolle, että eräkoon määräävänä tekijänä toimii tilaajan tarve ei asetuksista aiheutuvat kustannukset. Tällöin on mahdollista päästä tavoiteltuun tilanteeseen, jossa voidaan valmistaa tuotteita vaikka yhden kappaleen sarjoissa, ilman että siitä syntyy pitkällä aikavälillä enempää asetuskustannuksia, kuin suuremman erän valmistamisesta. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 62.)

Joustavuuden kolmena eri muotona voidaan pitää:

tuotejoustavuutta

- valmistettävien osien laaja valikoima
- samankaltaisten osien ongelmaton valmistus

operatiivista joustavuutta

- valmistuksen kannattavuus, vaikka eräkoko olisi pieni
- varakapasiteettiä kuormitushuippuja varten
- ongelmaton ohjattavuus

muunneltavuutta

- sopeutuminen tuotteiston muutoksiin
- toteutettavuus järjestetty portaittain, siten että myöhempi laajennettavuus on mahdollista.

(Lapinleimu ym. 1997, 62.)

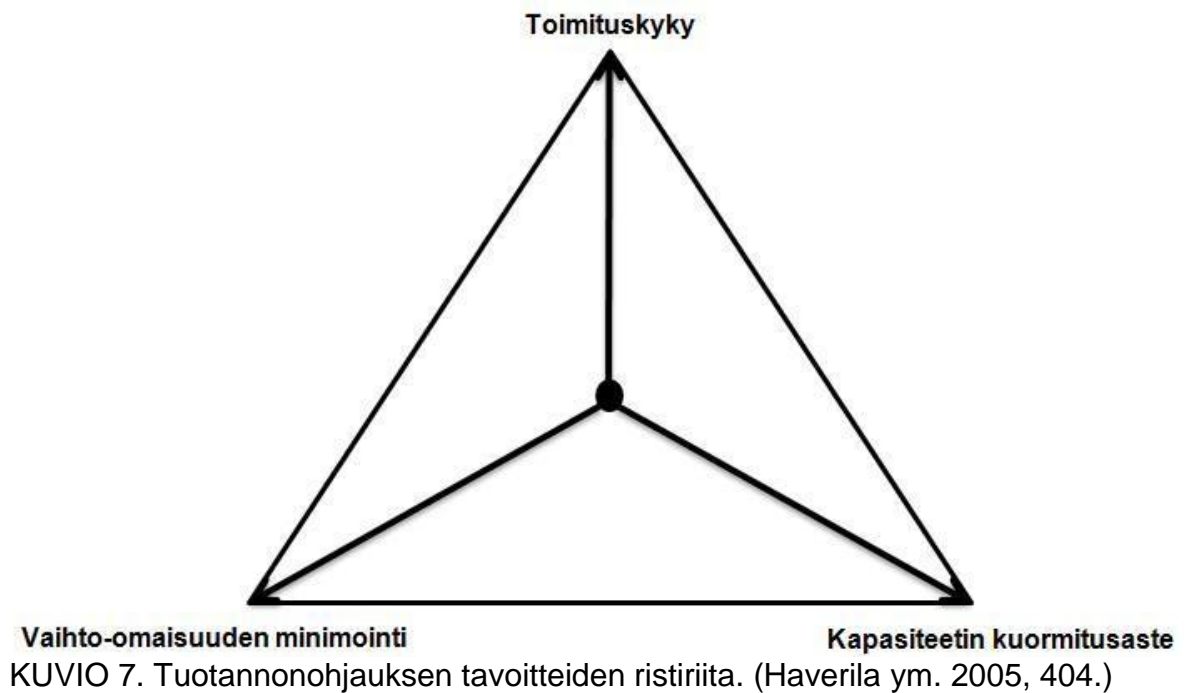
Tuotejoustavuutta voidaan pitää teknisenä joustavuutena. Tuotantokoneiden tekninen toteutus on sillä tasolla, että osatyypin puitteissa sillä voidaan tehdä melkein mitä vain pelkkää työstöohjelmaa vaihtamalla. Käytännössä tämä tarkoittaa riittävän suuria työkalumakasiineja, joilla on mahdollista toteuttaa isojakin vakiotyökalujärjestelmiä. Asetusaikojen lyhentäminen lisää toiminnan operatiivista joustavuutta, koska lyhyillä asetusajoilla valmistus on kannattavaa myös eräkoon ollessa pieni. (Lapinleimu ym. 1997, 62.)

## 2.5 Läpäisy aika

Läpäisyajalla tarkoitetaan yleisesti aikaa, jonka toimintaketju vaatii kokonaisuudessaan siitä hetkestä, kun työ saapuu osastolle aina siihen asti, kun työ lähtee osastolta. Tavallisesti tällä voidaan tarkoittaa joko kokonaisläpäisyäikää tai valmistuksen läpäisyäikää. Kokonaisläpäisy aika kuvaa koko sitä aikaa, joka kuluu tilauksen saannista tuotteen toimitukseen. Valmistuksen läpäisy aika taas kuvaa aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Läpäisyajaksi lasketaan koko se aika, jonka tuote on osastolla, ottamatta kantaa siihen mitä tuotteelle tuona aikana tapahtuu. Esimerkiksi pitkät odotukset työvaiheiden välillä pidentävät läpäisyäikää ja lisäävät keskeneräisen tuotannon määrää. Valtaosa läpäisyajasta onkin yleensä odotusta eri työvaiheiden välillä. (Haverila ym. 2005, 401; Tiainen 1996, 23.)

Tuotteen läpäisyajan ollessa pitkä yrityksen on usein, pitääkseen toimituskyvyn hyvänä, turvauduttava varastoimaan valmistamia tuotteita ennen kuin ne voidaan toimittaa asiakkaalle. Tästä aiheutuu turhaa varaston kasvua, jota yrityksen tulisi välttää. Koneiden korkeaa kuormituskapasiteettia tavoitellaan usein valmistamalla vakiotuotteita suurina sarjoina tuottavuuden parantamiseksi. Kuitenkin pit-

kät sarjat aiheuttavat keskeneräisen tuotannon ja siihen sitoutuneen pääoman kasvua. Tuotannonohjauksen ja tuotannosuunnittelun tehtävänä on sovittaa nämä keskenään ristiriitaiset tavoitteet yhteen parhaalla mahdollisella tavalla. (Haverila ym. 2005, 403.)



Läpäisyajojen lyhentyessä toimintaan ei sitoudu enää niin paljon pääomaa kuin ennen ja toisaalta nopeammilla valmistusprosesseilla ylläpidetään myös hyvää toimituskykyä. Tuotantoerät suunnitellaan siten, että tuotantoprosessit ja työntekijät ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Näin saavutetaan kapasiteetin korkea kuormitusaste. Kuvio 7 kuvaa hyvin perustavoitteiden ristiriitaisuutta. Läpäisyajojen lyhentäminen on edellytys näiden perustavoitteiden toteutumiseksi. (Haverila ym. 2005, 404.)

## 2.6 Nollaläpäisy aika

Valmistuksen läpäisy aika on yksinkertainen mittari, jonka avulla prosessin toimivuutta voidaan mitata. Nollaläpäisyajalla tarkoitetaan valmistusprosessin yhtey-



dessä pysymistä solulle tai tuotantolinjalle asetetussa tavoiteajassa. Valmistusprosessin nollaläpäisyajan poikkeamia aiheuttavat muun muassa

- odotukset ja virheet tilausten syötössä
- väärät työpiirustukset
- suuret eräkoot
- pitkät asetusajat
- suuret kappaleiden virhemäärät
- koneiden rikkoontumiset
- epäluotettavat toimittajat
- pitkät kuljetusajat
- monikertaiset käsittelyvaiheet
- varastokirjanpidon virheet
- pitkät tarkastajien ja korjaajien odotusajat
- huonosti koulutettu henkilöstö, joka ei sovi aikatauluja keskenään.

Valmistuksen läpäisyajoja voidaan lyhentää ratkaisemalla näitä edellä lueteltuja ongelmia, samalla lähestyen nollaläpäisyajaa. (Peltonen 1997, 86–87.)

## 2.7 Asetustyö

Asetustyötä joudutaan tekemään aina tuotteen nimikkeen vaihdon yhteydessä. Asetukset tehdään työstökoneelle kerran aina tuotantoerän vaihtuessa. Eräkoosta ja työstöajasta riippuen työstökoneelle voidaan joutua tekemään useita asetuksia työpäivän aikana. (Lapinleimu ym. 1997, 60.)

Asetustyö koostuu pääosin

- kiinnittimien tai leukojen vaihdosta
- työkalujen vaihdosta
- työstöohjelman kutsumisesta ja siirrosta
- ohjelman koordinaatiston 0-kohdan ja mahdollisesti joidenkin muiden parametrien asetuksista
- ohjelman uudelleen käyttöönoton testauksesta

- työkalujen hienosäädöstä
- muista tuotantoerän aloittamiseen liittyvistä toimenpiteistä.  
(Lapinleimu ym. 1997, 60.)

## 2.8 Asetusaika

Asetusaika kuvaa aikaa, joka kuluu vaihdettaessa tuotteesta toiseen. Aika laskeaan siis edellisen valmistuserän viimeisestä laadullisesti hyvästä kappaleesta seuraavan erän ensimmäiseen laadullisesti hyvään kappaleeseen. Työstökoneella asetusaika muodostuu kiinnittimien ja työkalujen vaihtoihin, työstöohjelmien siirtoihin, työstettävien kappaleiden valmisteluihin ja muihin työn aloittamiseen vaadittaviin toimenpiteisiin kuluva ajasta. Asetus on siis työkoneen saattamista tilaan, jossa tuottava työ tapahtuu. Asetus tehdään vain kerran aina ennen jokaisen tuotantoerän alkua. Työn aikana tapahtuvaa kappaleenvaihtoa ei lueta asetusaikaksi. (Haverila ym. 2005, 406.)

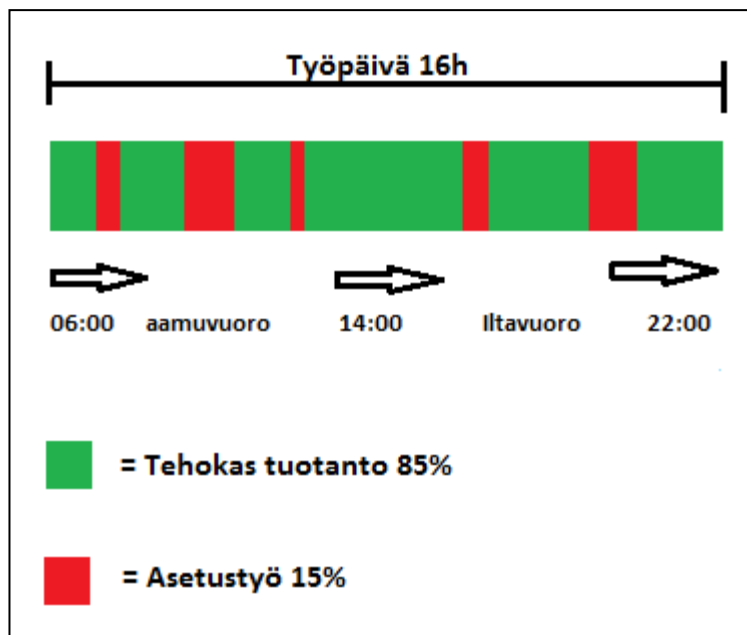
Asetusaikojen ollessa pitkiä, ei ole taloudellisesti kannattavaa valmistaa tuotteita pienissä erissä. Suuri erä koko taas kasvattaa valmistuksen läpäisyaikaa, joka taas lisää varastoinnin tarvetta. Asetusten teon aikana työkone seisoo, eli on poissa jalostavasta työstä, jolloin kapasiteetti ei ole oikeassa käytössä ja tuotantokoneen kuormitusasteet jäävät mataliksi. Pienten erien valmistus edellyttää asetusaikojen lyhentämistä. Lyhyemmillä asetusaikoilla pienempien eräkokojen valmistus on taloudellisesti kannattavampaa ja tämä taas puolestaan lisää yrityksen joustavuutta ja kilpailukykyä. (Haverila ym. 2005, 406.)

## 2.9 Asetuskustannukset

Asetuskustannukset muodostuvat valmistuksessa tuotteen vaihdosta toiseen aiheutuvasta asetusaikan kustannuksista sekä suorista työkustannuksista. Vaihdon aikana koneet seisovat, eli ovat poissa jalostavasta työstä, jolloin seisokkiajasta aiheutuu kustannuksia. Tuotteen vaihdon yhteydessä tarvitaan usein myös henkilötyövoimaa, joka aiheuttaa työkustannuksia. Asetuskustannuksiin voi vaikuttaa myös muita tuotteen vaihdosta aiheutuvia kustannuksia, kuten laatuvirhekustan-

nukset, joihin voidaan laskea muun muassa ylimääräisten asetuskappaleiden valmistamisen seuraavaa työvaihetta varten. (Krajewski 2005, 660.)

Kuvio 8 ja siihen liittyvät yksinkertaiset laskuesimerkit kuvaavat asetuskustannusten pienentämisellä saavutettavia etuja.



KUVIO 8. Tuotantokoneen tehokkuus.

Tässä esimerkkilaskussa työtä tehdään tuotantokoneella kahden henkilön voimin kahdessa kahdeksan tunnin vuorossa viitenä päivänä viikossa. Asetuksien tekoon kuluu 15 % työajasta.

$$16h \cdot 0.15 = 2.4h \quad (2)$$

Asetuksia tehdään siis 2,4 tuntia päivässä.

Asetuskustannuksia saadaan pienennettyä asetusaikaa lyhentämällä 20 % alkuperäisestä.

$$2.4h \cdot 0.2 = 0.48h \quad (3)$$

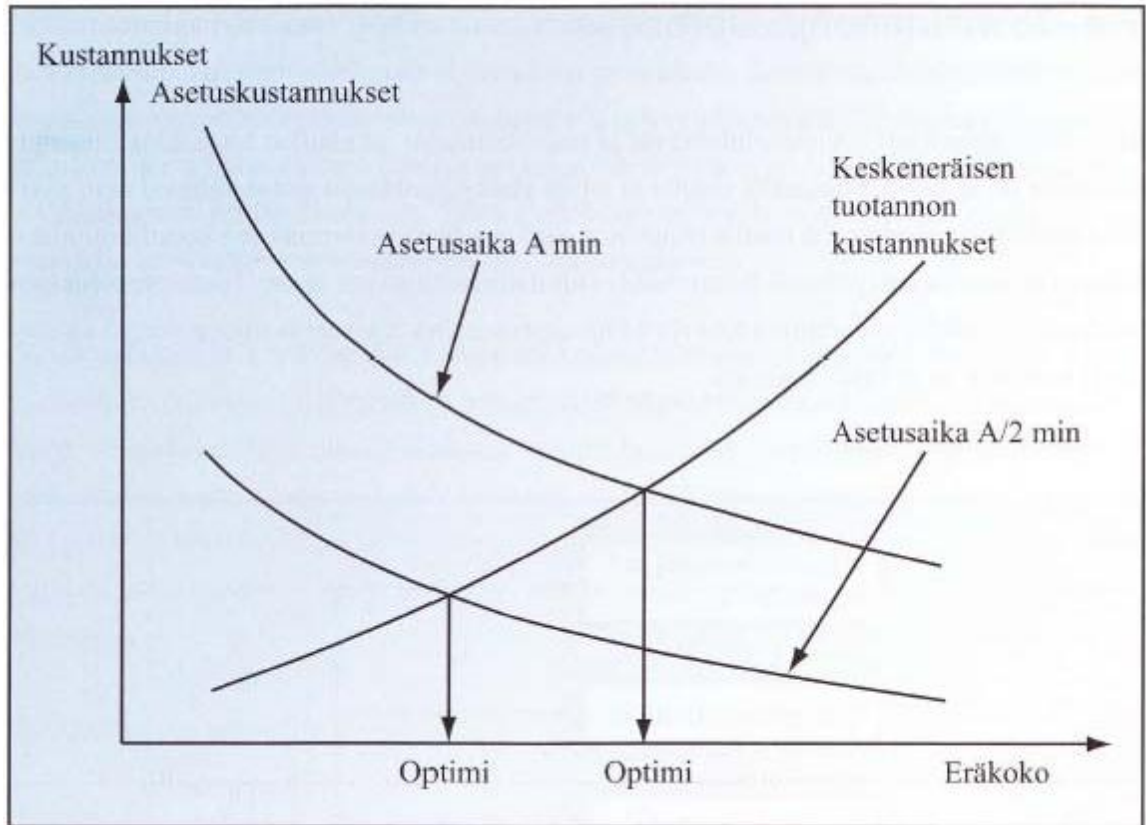
Saadaan päivittäin 0,48 tunnin säästö.

Käytetään konetuntihintana 50 €/h ja vuosittaisena työviikkojen määränä 47 viikkoa.

$$50 \text{ €/h} \cdot 0.48h \cdot 47(\text{vko}) \cdot 5(\text{pv/vko}) = 5640 \text{ €/vuosi} \quad (4)$$

Tehostamalla asetustyötä 20 %, saadaan aikaan vuosittain 5640 euron säästö.

Asetuskustannusten pienentämisellä on siis merkittävä vaikutus tuotannon kokonais-kustannuksiin. Lyhyempien asetusajkojen ansiosta voidaan kannattavasti valmistaa yhä pienempiä tuotantoeriä ja sillä on lisäksi positiivinen vaikutus läpimenoaikaan sekä pienenevien varastointikustannuksien kautta myös sitoutuneeseen pääomaan. Kuvio 9 havainnollistaa asetusajkojen vaikutusta kustannuksiin sekä myöhemmin käsiteltävään optimieräkokoon. (Haverila ym. 2005, 408.)



KUVIO 9. Asetusajan lyhentämisen vaikutus kustannuksiin. (Haverila ym. 2005, 408.)

## 2.10 Eräkoko ja asetukset

Tuotteet valmistetaan yhden tai useamman kappaleen erissä. Tavoiteltavaksi eräkooksi voidaan mieltää yhden lopputuoteyksikön tarve. Esimerkiksi voidaan ajatella, että jonkin tietyn automallin ovet valmistettaisiin neljän kappaleen erissä. Asetustekniikasta riippuu, onko tämä taloudellisesti kannattava toteuttaa. (Lapinleimu ym. 1997, 59.)

Tavoite pitää tuote- ja puolivalmisteverastot mahdollisimman pieninä, jopa nollassa varastona, tukee myös ajatusta eräkokojen pienentämisestä. Suuret tuote- ja puolivalmisteverastot ovat paitsi pääomakustannus myös huomattava riski epäkurantillemme tuotteelle, mikäli jokaisesta valmistetusta tuotteesta ei ole olemassa olevaa tilausta. Silloin saattaa käydä, että jo valmiina oleviin tuotteisiin tulee muutoksia ja varastossa odottavat valmiit tuotteet eivät enää kelpaakaan. (Lapinleimu ym. 1997, 59.)

Kuten jo aikaisemminkin JIT -tuotannon yhteydessä on kuitenkin maantieteellisesti Suomen kaltaisessa maassa on pitkien etäisyyksien takia pakko ylläpitää jonkinlaisia varastoja jo pelkästään korkeiden rahtimaksujen vuoksi. (Sakki 2003, 28) Tällöin voidaan valmistuksessa hyödyntää optimaalisen eräkoon teoriaa. Optimaalisella eräkoolla tarkoitetaan eräkoko, joka taloudellisesti kaikista kannattavinta hankkia tai valmistaa. Tästä käytetään myös nimitystä taloudellinen eräkoko. Optimaalista eräkokoä määritettäessä voidaan laskennassa soveltaa Wilsonin kaavaa.

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot S}{C \cdot K}} \quad (5)$$

Jossa Q= Optimimaalinen tilaus- tai valmistuserä

R= Menekki

S= Tilaukustannukset tai asetuskustannukset

C= Nimikkeen yksikköhinta

K= Varastointikustannukset % varaston arvosta tai keskeneräisen tuotannon kustannukset

Wilsonin kaavaa käytetään yleisesti optimaalisen tilauserän laskemiseen perusvarastomallissa. Kaavaa voidaan kuitenkin soveltaa myös optimaalisen valmistuserän määrittämiseen vaihtamalla tilaukustannusten tilalle asetuskustannukset ja varastointikustannusten tilalle keskeneräisen tuotannon kustannukset. (Haverila ym. 2005, 457.)

Ongelmaksi kaavan käytössä käytännön tasolla muodostuu se, että toimiakseen kaavan lähtötietojen olisi oltava mahdollisimman tarkkoja ja yleensä kustannusten määrittely onkin vaikeaa, sillä kustannukset sisältävät usein paljon muuttujia. Tämän takia joudutaan tekemään paljon yleistyksiä jolloin kaavan luotettavuus kärsii.

Epätarkkuudet lähtötiedoissa saattavat suurentaa tai pienentää optimaalista eräkokoa kohtuuttomasti. Varsinkin varastointikustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on useita ja näitä saattaa usein jäädä huomiotta kustannuksia laskettaessa. Yleisesti Wilsonin kaavalla saatuja tilauserän optimikokoja on pidetty liian suurina, koska kaava ei huomioi tilauskustannusten alenemista tilausmäärän noustessa. Kaava ei myöskään huomioi varastojen kasvun haitallista vaikutusta laatuun ja läpäisy aikaan. Erään nyrkkisäännön mukaan Wilsonin kaavalla saadut arvot ovat toiminnan tehokkuuden kannalta 2–4 kertaa liian suuret. Kaavaa voidaan kuitenkin käyttää tilaus- ja valmistuserän kokoluokan summittaiseen arvioimiseen. (Haverila ym. 2005, 455–456.)

## 3 TYÖVÄLINEET JA TYÖSTÖKONEET

### 3.1 Työvälinejärjestelmät

Yleisesti työvälinejärjestelmäksi voidaan määritellä välineistö, jota sopimuksen mukaan sovelletaan suunnittelussa, käytetään valmistuksessa ja ylläpidetään suunnitelmallisesti. Työvälinejärjestelmät koskevat siis kaikkia suunnittelutasoja. Kehitys- ja tuotesuunnittelun on tunnettava valmistuksen työvälineistö, jotta se pystyy suunnittelemaan tuotteet siten, että ne on helposti valmistettavissa yrityksen työvälineillä. Operatiivisella tasolla työvälineet ovat sujuvan valmistuksen edellytys ja työvälinejärjestelmien merkitys kasvaa eräkokojen pienentyessä ja toistuvuuden lisääntyessä. (Lapinleimu ym. 1997, 172,178–179.)

Yrityksen työvälinejärjestelmät voidaan jakaa kahteen osaan:

- työvälinetoimintoihin ja toimintajärjestelmiin, joilla hankitaan ja ylläpidetään työvälineistöä
- fyysiset työvälineet, joiden avulla voidaan muodostaa varsinaisia järjestelmiä

Molemmilla järjestelmillä pyritään luomaan ja ylläpitämään valmistuksen valmiutta, jotta saatu tilaus saataisiin valmistukseen ilman valmistelevia toimenpiteitä. Toimiva työvälinejärjestelmä onkin ratkaisevassa osassa myös asetusajojen lyhentämisessä. (Lapinleimu ym. 1997, 172.)

Tarkasteltaessa työvälinejärjestelmiä valmistuksen näkökulmasta voidaan todeta tehokkuuden tarkoittavan tällöin asetusnopeutta ja työvälinetoimintojen vähäisyyttä. Työvälinejärjestelmät voidaan laittaa järjestykseen tehokkuuden mukaan:

- työkalujen vakioasetusta työstökoneen makasiinissa
- työkalut mitattuna työstökoneen välittömässä läheisyydessä, mutta makasiinin pienestä koosta johtuen ei vakioasetuksena makasiinissa
- Esiasetusmahdollisuus koneen välittömässä läheisyydessä



- erilaisten tarvittavien työkalujen määrä niin suuri, että joudutaan turvautumaan varastointiin, esiasetteluun ja hyväksymään asetustyömäärän lisääntyminen ja jäykempi toiminta.  
(Lapinleimu ym. 1997, 180.)

### 3.2 Työvälinehallinta

Samoja työvälineitä käytetään mahdollisesti useissa eri valmistusyksiköissä ja sen vuoksi työvälineistä tarvitaan tarkat tiedot useissa eri paikoissa. Osa tiedoista muuttuu jatkuvasti työkalujen kulumisen johdosta. Sen vuoksi työväline tiedot jakautuvat muuttumattomiin työvälineen perustietoihin:

- tunnusnumeroon
- ohjelmoinnissa tarvittavat mittoihin
- osaluetteloihin ja mahdollisiin piirustuksiin ylläpitoa varten
- kyseisen työvälineen standardointi-, varastossapito- ja hankintapäätöksiin

ja muuttuviin operatiivisiin tilatietoihin, joista tärkeimpiä ovat:

- työkalun ohjelmointinumero
- työkalun todelliset mitat
- työkalun todellinen lastuamisaika, joka määrittää työkalun vaihtotiheyden.

Työkalun todellisen lastuamisajan seuraamista ja sen täytyessä korvaaviin teriin siirtyminen on joissakin koneissa mahdollista koneen ohjauksen avulla. Mikäli koneessa ei tätä optiota ole, on työkaluhuolto yleensä operaattorin vastuulla. Suurissa työkalumakasiineissa syntyy lastuamisajan ylittäneitä työkaluja, joiden tila on oltava tiedossa huoltoa varten. (Lapinleimu ym. 1996, 183.)

Työvälinehallinnan tehtävä on pitää kaikkia edellä mainittuja tietoja ajan tasalla ja mahdollistaa niiden saatavuus niitä tarvitseville tahoille. (Lapinleimu ym. 1996, 182.)

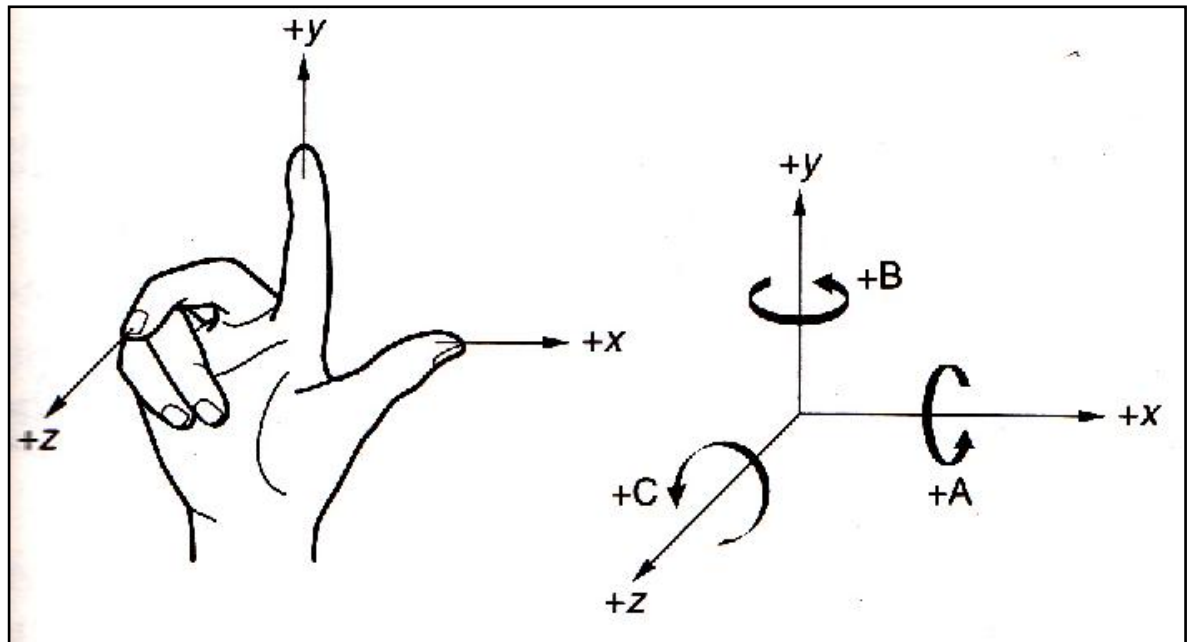
Esiasetusta voidaan pitää keskeisessä asemassa jatkuvan valmistusvalmiuden ylläpidossa. Esiasetuksen kaksi päätehtävää, jotka ovat:

- tarvittavan työkalusetin muodostaminen valmiiksi, silloin kun vakioasetuksen käyttö ei ole mahdollista
- vaihtaa kuluneet terät, mitata työkalun todelliset mitat ja säätää avartimet. (Lapinleimu ym. 1996, 182.)

### 3.3 Sorvit

Numeerisesti ohjatut sorvit ovat tehokkaita niin sarja- kuin yksittäiskappaleidenkin valmistuksessa. Tämän takia NC-sorvit ovatkin yleistyneet konepajoissa ja nykyään sorvista puhuttaessa tarkoitetaan yhä useammin numeerisesti ohjattua sorvia perinteisen kärkisorvin sijaan. Syynä tähän voidaan pitää NC-sorvin joustavuutta. NC-sorvilla on yhtä helppo työstää vaikeita geometrisia muotoja, kuin aikaisemmin työstettyjä kulmikkaita lieriöpintoja. Numeerisesti ohjatut sorvit ovat kuitenkin kallista tuotantolaitteita ja niitä pitäisi pyrkiä käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Tämä tarkoittaa kaiken ulkopuolisen asetus- ja säätöajan karsimista. Sorvattavissa kappaleissa on usein myös uria ja reikiä. Nämä voidaan työstää sorvissa pyörivien työkalujen sekä ohjelmoitavien C- ja Y-akselien avulla. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 192–193.)

Kuviossa 10 on koneistajien koulutuksessa paljon käytetty oikean käden sääntö ohjelmoitavien akseleiden liikesuuntien ymmärtämisen helpottamiseksi. Suorakulmaisessa koordinaatistossa peukalo, etusormi ja keskisormi osoittavat X-, Y- ja Z-akseleiden positiiviset suunnat. A-, B- ja C-akselit ovat kiertoakseleita, joiden positiivinen kiertosuunta on origosta katsottuna myötäpäivään. Kuvan esittämä käsi kuvaa vaakakararaisen työstökeskuksen ja perinteisen NC-sorvin liikesuuntia. Käännettäessä rannetta 90 astetta ja kämmentä 180 astetta, siten että keskisormi osoittaa ylöspäin ja etusormi eteenpäin, saadaan käsi kuvaamaan pystykaraisen työstökeskuksen ja karusellisorvin positiivisia liikesuuntia. Sormien osoittamat akselit pysyvät edelleen samoina, eli peukalo kuvaa edelleen X-, etusormi Y- ja keskisormi Z-akselia.

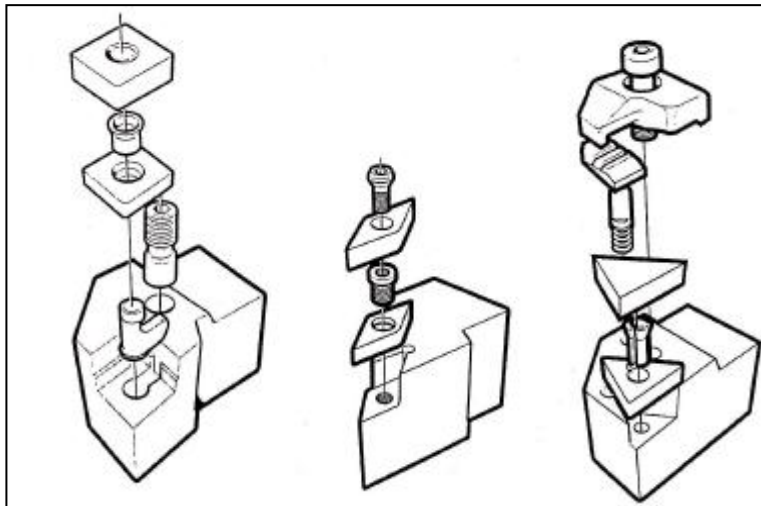


KUVIO 10. Oikean käden sääntö (Ansaharju & Maaranen 1997, 469.)

### 3.3.1 Sorvien työkalut

Sorvien työkalut muodostuvat teräpalasta, terävarresta ja työkalurevolveriin kiinnitettävästä teräpitimestä. Nykyisessä joustavassa valmistuksessa käytetään lähes poikkeuksetta käännettäviä teräpaloja. Teräpalojen kiinnittämiseksi terävarteen on olemassa monia eri kiinnitysmekanismeja aina tavallisista kiinnitysruuveista kiinnitysvipuihin. (Ansaharju & Maaranen 1997, 196–198.)

Kuviossa 11 on esiteltyä näitä erilaisia teräpalojen kiinnitysmenetelmiä. Kuviossa on nähtävillä myös hieman erimuotoisia teräpaloja ja teräpalojen alle asennettavia aluspaloja. Aluspalojen tarkoitus on estää koko terävartta rikkoontumasta teräpalojen yllättäen hajotessa työstön aikana.



KUVIO 11. Sorvin teräpalan kiinnitysmenetelmiä. (Aaltonen ym. 1997, 180.)

NC-sorveilla työkalut sijoitetaan tavallisesti työkalurevolveriin. Sorvien työkalurevolverit ovat usein melko rajallisia työkalujen määrän suhteen. Tämä asettaa rajoituksia myös vakiotyökaluasetukselle. Tähän ongelmaan voidaan hakea ratkaisua hankkimalla koneeseen liitettävä lisämakasiini, joka tarjoaa mahdollisuuden lisätä esiasetettujen vakiotyökalujen määrää. (Aaltonen ym. 1997, 178.)

Sorvin työkalujen valinta suoritetaan seuraavan kahdeksan kohdan avulla:

1. terän kiinnitysmenetelmän valinta (ruuvi, kiila, vipu)
2. työkalun koon ja mallin valinta (varren poikkipinta, geometria)
3. teräpalan muodon valinta
4. teräpalan koon valinta
5. nirkonsäteen valinta
6. teräpalatyypin valinta
7. terämateriaalin valinta
8. lastuamisarvojen määrittäminen.

Aina ei kaikkia 8 kohtaa tarvitse käydä läpi, vaan kokenut operaattori osaa kiinnittää huomiota tapauskohtaisesti kulloinkin sorvauksen kannalta oleellisiin asioihin (Aaltonen ym. 1997, 179).

### 3.3.2 Sorvien kiinnittimet

Sorveissa työstettävät kappaleet kiinnitetään automaattisilla itsekeskittävillä istukoilla kiinnitysleukoihin. Kiinnitysleuat voivat olla kovaksi karkaistuja, jolloin ne kestävät toistuvista kiinnityksistä aiheutuvan kulumisen. Sorvattavien kappaleiden mittavaatimusten ollessa tarkkoja joudutaan käyttämään pehmeitä leukoja, jotka ennen työvaiheen aloittamista sorvataan tuurnarenkaan avulla oikeaan muotoon ja mittaan. NC-sorveissa yleisimpiä ovat puoliautomaattiset voimatoimiset istukat, joita ohjataan erillisellä, yleensä jalalla painettavalla, katkaisijalla. Näin operaattorin on helppo käsillä asettaa tai ottaa pois työstettävä kappale ja jalalla avata tai sulkea sorvin istukka. (Aaltonen ym. 1997, 187.)

Tangonsyöttölaitteilla varustetuissa sorveissa käytetään toisinaan kartiokiristeisiä hydraulisia istukoita. Näissä ongelmaksi muodostuu kuitenkin pieni kiinnitysvara, jolloin istukkaa joudutaan säätämään tai kokonaan vaihtamaan tangon halkaisijan muuttuessa. (Aaltonen ym. 1997, 187.)

Pitkiä ja hoikkia kappaleita sorvattaessa käytetään apuna kärkipylkkää, jolloin kappaleen toinen pää kiinnitetään leukoihin ja toinen pää tuetaan kärjellä, joka sijoitetaan kappaleen keskiökuoppaan. Näin vältetään kappaleen vääntymiseltä suurten kierrosnopeuksien aikana. Tämä menetelmä on esitetty kuviossa 12. (Aaltonen ym. 1997, 188–189.)



KUVIO 12. Pitkien kappaleiden sorvaaminen kärkipylkän avulla. (Konemetalli. [Viitattu 17.3.2012].)

Toisinaan pitkiä akseleita sorvattaessa joudutaan turvautumaan myös tukilaakereihin, joilla kappale tuetaan leukojen ja kärkipylkän välistä sopivasta kohtaa,

yleensä pituussuunnassa keskeltä, värähtelyiden välttämiseksi (Ansaharju & Maaranen 1997, 215–216).

Joskus sorvattavan pinnan ollessa epäkeskiössä, tai kiinnityspinnan epäsymmetrisyyden takia kappaleille joudutaan valmistamaan erilliset sorvauskiinnittimet. Tämä vaatii operaattoreilta ja menetelmäsuunnittelulta pitkää kokemusta ja näkemystä sorvauksesta. (Ansaharju & Maaranen 1997, 200–201.)

### **3.4 Työstökeskukset**

Työstökeskukset ovat kehitetty avarrus- ja jyrsinkoneiden pohjalta ja niiden oleellisia piirteitä ovat työkalujen ja työstettävien kappaleiden vaihtojen automatisointi. Työstökeskukset ovat aina numeerisesti ohjattuja NC-koneita, joiden ohjaukset ovat monipuolisia. Liittymät työstökeskuksen ohjauksen ja ylemmän tason ohjausjärjestelmän välillä ovat välttämättömiä koneen tehokkaan käytön varmistamiseksi. Usein tämä on toteutettu yrityksessä siten, että kaikki työstökeskuksen ohjelmat on siirretty tietokoneelle tiedonsiirtokaapelin avulla ja näitä ohjelmia ladataan työstökeskukselle kulloinkin työstettävien työkappaleiden mukaan. Työstökeskuksella pitäisi aina pyrkiä jyrsimään ja poraamaan työkappale mahdollisimman valmiiksi yhdellä kiinnityksellä. (Aaltonen ym. 1997, 231–233.)

Työstökeskustyyppit voidaan jakaa pysty- ja vaakakaraisiin keskuksiin. Kuviossa 13 on nähtävissä perusmallinen kolmiakselinen Spinner MVC-Classic Line -pystykarainen työstökeskus. Yleisesti pystykaraiset keskuksset ovat kolme- ja vaakakaraiset neliakselisia. Vaakakaraisilla keskuksilla saadaan käyttöön koneen neljäs akseli työpöydän kääntyessä. Näin voidaan työstää yhdellä kiinnityksellä useampia pintoja. Tämä edellyttää kuitenkin usein pidempiä työkaluja kiinnittimien ym. tullessa tielle työpöydän ollessa kääntyneenä. Pystykaraisiin työstökeskuksiin voidaan liittää myös NC-ohjattu jakopää, jolloin myös näistä koneista saadaan neliakselisia. Tällöin voidaan selvittää normaalipituuisilla työkaluilla. Jakopää ja sen käyttö on nähtävissä myös myöhemmin kuviossa 18. (Aaltonen ym. 1997, 234–235.)



KUVIO 13. Pystykarainen työstökeskus. (Maketek Oy. [Viitattu 17.3.2012].)

Työstökeskuksille mahdollisia työvaiheita ovat keskiöporaus, poraus, väljennys, kalvaus, upotus, jrsintä, avarrus ja kierteitys. Erityisenä etuna työstökeskuksissa on ohjelmoitava kolmen akselin yhtäaikainen ympyräkaari-interpolaatio-liike erikoisten pyöreiden muotojen koneistukseen. (Pikkarainen 1999, 17–18.)

### 3.4.1 Työstökeskusten työkalut

Työstökeskusten työkalut muodostuvat itse työkalusta, kiinnityskartiosta, kiinnitysruuvista sekä erilaisista varsista, jrsinpäistä, holkeista ja pitimistä. Kuviossa 14 on nähtävissä Seco Toolsin erilaisia nurkkajrsinpäitä. Yleensä kaikkia näitä edellä mainittuja osia on yrityksessä rajallinen määrä ja tästä johtuen tarvittava osa joudutaan usein ottamaan jostain aikaisemmin kootusta työkalusta, jota ei juuri silloin millään työpisteellä tarvita. Työkalut voidaan jakaa ryhmiin sen käyttötarkoituksen mukaan helpottamaan purkamispäätöstä. Näitä ryhmiä ovat vakiotyökalut, joita ei koskaan pureta. Kappalekohtaiset työkalut, jotka kootaan ennen sarjan alkua. Tilapäiset työkalut, jotka voidaan tarvittaessa purkaa. Tämänäyttöinen työkalujen jaottelu helpottaa työkalujen purkamispäätöksiä, sillä usein operaattoreilla on edes-

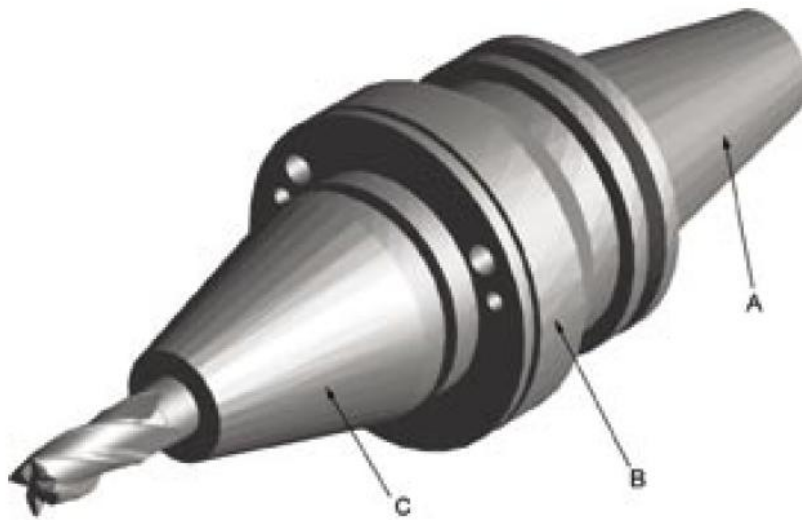
sään tilanne jossa ei voi olla varma tarvitseeko toinen operaattori purettavaa työkalu pian omalla työpisteellään. Myöskään kaikkien operaattoreiden luona käyminen ja kysyminen ei ole kovin tehokasta. Usein yrityksessä kuitenkin syntyy tällainen tieto ajan saatossa kuin itsestään, mutta työkalujen dokumentoidusta ryhmitte-lystä ei varmasti ole mitään haittaa yritykselle. (Pikkarainen 1999, 49.)



KUVIO 14. Erilaisia jyrsinpäitä. (Seco Tools. [Viitattu 17.3.2012].)

Työkalupidin on laite, joka on vaihtokelpoinen kiinnitin työstökoneen karan ja las-  
tuavan työkalun välillä siten, että kummankaan osapuolen tehokkuus ei ole pie-  
nentynyt. Kuviossa 15 on esitetty työstökeskuksen työkalupidin. Pidin on jaettu  
kolmeen erilliseen osaan: A-osa kuvaa kiinnityskartiota, B-osa tasapainoituslaitetta  
ja C-osa kiinnitysmekanismia. (Dormer. [17.3.2012].)





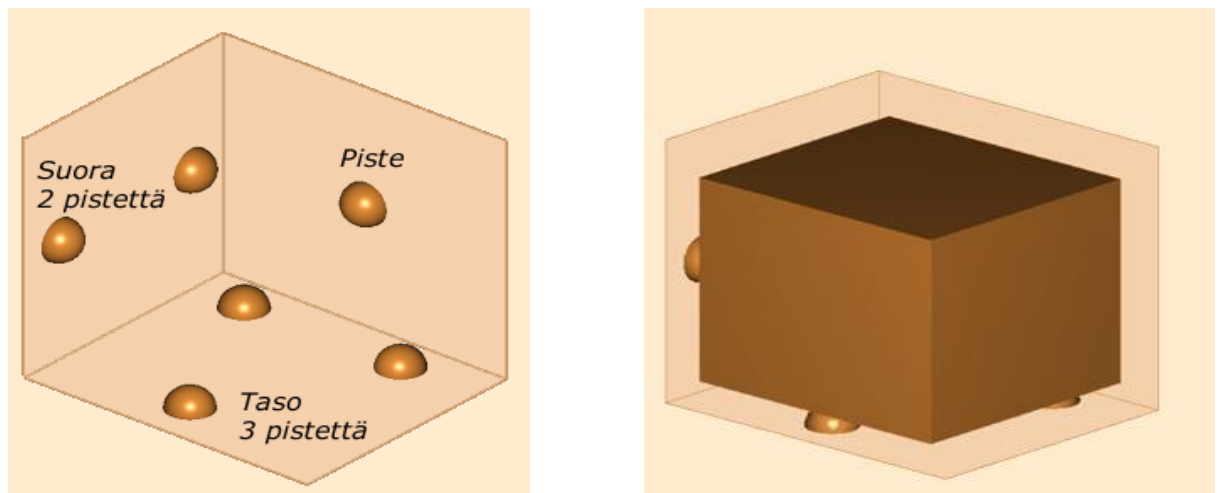
KUVIO 15. Työstökeskuksen työkalupidin. (Dormer. [Viitattu 17.3.2012].)

### 3.4.2 Työstökeskusten kiinnittimet

Kappaleiden kiinnittäminen on työstökeskuksella sorvia monimutkaisempaa, koska kappaleet eivät aina ole symmetrisiä kuten sorvilla. Kiinnityksen suunnittelussa käytetään yleensä 3-2-1-menetelmää kappaleen suuntaamiseen ja kiinnittämiseen. Kiinnityksen suunnittelu aloitetaan lähtötason valinnalla. Kolme tukipistettä lähtötasolla sallivat enää ainoastaan kappaleen pyörimisen yhden akselin ympäri, sekä liikkeen tasoa pitkin. Pyöriminen estetään kahden kappaleen sivussa sijaitsevan pisteen avulla. Yksiselitteisen koordinaatiston valmistamiseksi origo kiinnitetään vielä yhdellä kappaleen päässä sijaitsevan pisteen avulla. Kuviossa 16 on vasemmalla kuvattuna 3-2-1-menetelmän pisteiden sijoittuminen tasolla sekä oikealla kappaleen sijoittuminen suhteessa pisteisiin. (Kappaleen kohdistus ja suuntaus. [Viitattu 4.4.2012]).

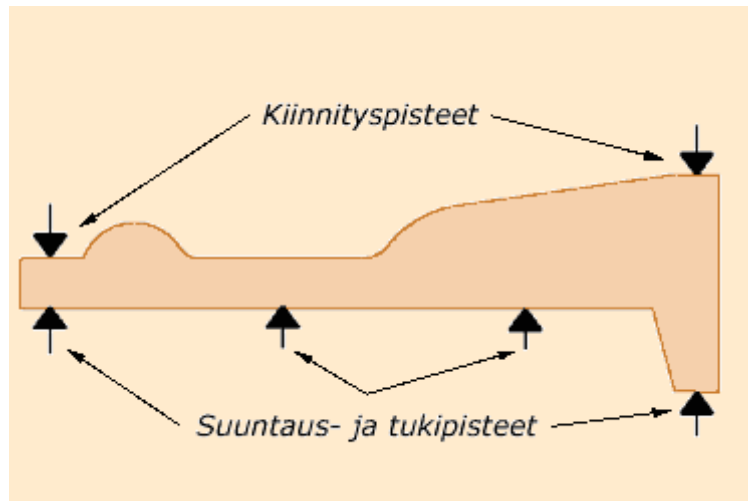
Kiinnittintä suunniteltaessa on siis huomioitava paitsi työkalukappaleen kiinni pysyminen myös työstökoneen ulottuvuudet sekä se, että kappaletta on mahdollisesti pystyttävä koneistamaan monesta eri suunnasta. Kuitenkaan kiinnitykset eivät saisi haitata liikaa lastunpoistoa. Lähtökohtaisesti hyvä kiinnitin paikoittaa kappaleen kolmen eri sivuilla sijaitsevan pisteen avulla, koska tällöin työkalukappaleen asema on

yksiselitteisesti määrätty. Usein kuitenkin ollaan tilanteessa, jossa tarvitaan enemmän tuentaa ja kiinnityspintoja. Työstettäessä toistuvia sarjoja on kiinnitin saatava asemoitua aina tarkasti samaan paikkaan. Tämä on mahdollista erilaisilla kiinnittimen pohjaan sijoitettavilla kiiloilla tai ohjureilla, joiden vastinpinnat ovat valmiina työstökeskuksen työpöydässä. Näin voidaan eliminoida aikaa vievä kiinnittimen nolapisteen haku ja siirto koneen parametreihin. (Pikkarainen 1999, 69–70.)



KUVIO 16. 3-2-1-menetelmä. (Kappaleen kohdistus ja suuntaus. [Viitattu 4.4.2012].)

Myös kappaleen kiinnityspisteet tulisi, mikäli mahdollista, valita siten, että kiinnitysvoimat olisivat samansuuntaisia työstövoimien kanssa ja kohdistuisivat kiinteää tukea, kuten edellä mainittuja tukipisteitä vasten. Näin kappaleisiin ei synny kiinnitysvoimien aiheuttamia muodonmuutoksia. Kuviossa 17 on esimerkki kappaleen kiinnittämisestä. Kuviossa kiinnityspisteet ovat oikeaoppisesti tukipisteiden vastakkaisella puolella. (Kiinnitysvoimat. [Viitattu 4.4.2012].)



KUVIO 17. Kiinnityspisteiden sijoitus. (Kiinnitysvoimat. [Viitattu 5.4.2012].)

Työstökeskusten kiinnittimien päätehtävä on asemoida valmistettava kappale oikeaan paikkaan työstöohjelmaan nähden sekä pitää se paikallaan työstön ajan. Englannin kieliset termit jigs and fixtures tarkoittavat suomeksi ohjaimia ja kiinnittimiä. Ohjaimien päätehtävä on ohjata työkalua suhteessa työstettävään kappaleeseen. Ohjainten käyttö on vähentynyt numeerisen ohjauksen yleistyessä, mutta nimitys "jigi" on jäänyt elämään konepajojen puhekielessä tarkoittaen kaikkia kiinnittimiä. (Lapinleimu ym. 1997, 172.)

Kuviossa 18 on vielä nähtävissä sekä pystykaraiseen työstökeskukseen asennettun jakopään avulla käyttöön saatu ohjelmoitava 4. akseli kiinnittimen pyöriessä myös vaaka-akselinsa ympäri että käytännön esimerkki hyvästä kiinnitin ratkaisusta, jonka avulla voidaan työstää monta kappaletta yhdessä työvaiheessa.



KUVIO 18. Esimerkki hyvästä työkappaleen kiinnittimestä. (OK-Vise. [Viitattu 17.3.2012].)

## 4 ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMINEN

Vielä 1970- luvulla asetusten tekoon kuluva aikaa ja asetuskustannuksia pidettiin välttämättömänä pahana ja työkalujen sekä kiinnittimien suunnittelu keskittyi lähinnä pelkästään työstön nopeuden ja tehokkuuden lisäämiseen. Varsinkin pitkien asetusten usein toistuvaa tekoa pyrittiin välttämään valmistamalla samalla asetuksella mahdollisimman suuria eriä. (Harmon & Peterson. 1990, 186.)

Jotta olisi taloudellisesti kannattavaa valmistaa tuotteita pienemmissä erissä, täytyy useimmiten asetusajat saada lyhyiksi, mieluiten merkityksettömän lyhyiksi, jolloin päästään tilanteeseen jossa jo yhdenkin kappaleen erä koko on taloudellisesti kannattava valmistaa. Tämä on mahdollista tekemällä tiettyjä teknisiä ratkaisuja esimerkiksi työkalujen ja kiinnittimien vaihtoon kuluvan ajan lyhentämiseksi. Esimerkiksi työkalut, joita seuraavassa työssä tarvitaan, voidaan asettaa esimitaan työstökoneen vielä tehdessä edellistä työtä. (Haverila ym. 2005, 406.; Lapinleimu 2000, 131.)

Kiinnittimet voidaan valmistaa siten, että ne keskittyvät jokaisella vaihtokerralla aina mahdollisimman tarkasti samaan paikkaan. Näin työstöohjelman koordinaatiston 0-kohta haetaan ainoastaan valmistettaessa tuotetta ensimmäisen kerran. 0-kohta merkitään muistiin ja syötetään sieltä työstökoneen parametreihin saman tuotantoerän toistuessa myöhemmin. (Harmon & Peterson 1990, 186.)

Koordinaatiston 0-kohdan asettaminen voidaan sisällyttää myös työstöohjelmaan käyttämällä tiettyjä G-koodeja, jolloin työstökone osaa itse lukea ja muuttaa koordinaatistoa työstöohjelman mukaan. Tämä menetelmä on usein käytössä mm. vaihtopaletilla varustetuilla vaakakaraisilla työstökeskuksilla, joissa työstetään samalla kertaa montaa eri työvaihetta, joista jokainen vaatii oman koordinaatiston 0-kohdan.

Asetukset täytyy muutenkin pyrkiä valmistelemaan mahdollisimman pitkälle etukäteen jo edellisen työtehtävän aikana. Tämä tarkoittaa esimerkiksi seuraavaksi valmistettavien tuotteiden tuontia lähelle työpistettä. Tässä valmistettavien tuotteiden tuonnissa olisi myös mahdollista käyttää aputyöntekijää, joka veisi samalla

valmiit tuotteet pois. Aputyöntekijä ei muulla tavoin osallistuisi varsinaiseen työtehtävään. (Haverila ym. 2005, 406.)

Asetuksien tehokas hoitaminen perustuu yleensä seuraaviin periaatteisiin:

- Tuotantokone pysäytetään ainoastaan vaihdon ajaksi ja vaihto on siten valmisteltu, ettei siihen kulu yhtään ylimääräistä aikaa.
- Asetusten vaihtotarve eliminoidaan joustavilla koneilla ja vakioasetuksilla.
- Asetustyö limitetään jalostavan työn aikana tapahtuvaksi valmistusyksikön jatkuvan käynnin ylläpitäväksi toiminnaksi.
- Asetusten vaihto automatisoidaan.  
(Lapinleimu ym. 1997, 60.)

#### 4.1 SMED (Single-Minute Exchange of Die)

SMED-järjestelmä on Shigeo Shingon alun perin Toyota tuotantojärjestelmää varten kehittämä menetelmä, jonka avulla suurten valssausprässien muottien vaihtoon kuuluva aika saatiin lyhennettyä 100 minuutista alle 10 minuuttiin. Vaikka SMED-järjestelmä alunperin kehitettiin muottien vaihtoon kuluvan ajan lyhentämiseksi, sen periaatteet pätevät kaikenlaisen valmistuksen asetusajan lyhentämiseksi. (Stevenson 2009, 701.; Birmingham & Jelinek 2007, 8–9.)

Shingolle oli annettu tehtäväksi nostaa tuotannon kapasiteettia hankkimatta uusia tuotantovälineitä. Aikansa tutkittuaan tapoja, joilla tuotantokoneet saisi työskentelemään nopeammin, hän huomasi että kun edellinen työ oli valmistunut, työntekijät alkoivat keräillä seuraavan työn materiaaleja ja työkaluja. Silloin Shingo ymmärsi, että asetusajan lyhentäminen oli kriittisessä asemassa tuotannon kapasiteetin nostamiseksi. (Birmingham & Jelinek 2007, 8–9.)

SMED-järjestelmän avulla tapahtuva asetusajojen lyhentäminen käsittää kahdeksan kohtaa, joiden avulla erotetaan varsinainen koneaika ja asetus aika toisistaan.

1. Ulkoinen ja sisäinen asetus aika: työkalujen vaihtoon kuluva asetus aika tutkittaessa aika jaetaan kahteen osaan

a) Ulkoinen asetusaika käsittää joukon etukäteen tehtäviä toimenpiteitä, joilla varmistetaan työkalujen, kiinnitiimien, raaka-aineiden ym. toiminta. Asetusten tekoon kuluvasta ajasta mahdollisimman paljon tulisi olla ulkoista asetusaikaa.

b) Sisäinen asetusaika käsittää toimenpiteet, joiden aikana työstökoneen on oltava pysähdyksissä. Näitä toimenpiteitä ovat esimerkiksi sorvin leu-  
kapalojen vaihtaminen. Sisäisen asetusajan perusajatuksena on, että se olisi valmisteltu niin hyvin, että sen aikana operaattorin ei tarvitse poistua työpisteeltä.

2. Koneajan ja asetusajan limitys: kun työkalut asetetaan ja raaka-aineet järjestetään koneen käydessä, voidaan työtä tehostaa usein 30–50 %. Kun vielä valmiiden kappaleiden tarkastukset suoritetaan varsinaisella koneajalla, voidaan erilliseltä tarkastusvaiheelta usein välttyä kokonaan.

3. Standardityökalut: nykyaikaisten standardoitujen pikakiinnitystyökalujen käytöllä voidaan lyhentää huomattavasti asetus- ja läpäisyajoja.

4. Kiinnitysten suunnittelu: tuote muotoillaan niin, että sen valmistaminen on mahdollisimman helppoa. Turhat työvaiheet karsitaan pois jo suunnitteluvaiheessa. Samoin tuotteen pitää sopia kiinnittimeen suoraan ilman kiinnittimen toistuvaa säätämistä.

5. Esiasetetut kiinnittimet: kappaleet kiinnitetään esiasetettavaan kiinnittimeen koneen käydessä. Näin seuraavan kappaleen vaihto koneeseen nopeutuu ja vaihtoon kuuluva kokonaisaika saadaan lyhyemmäksi

6. Samanaikaiset työtehtävät: suurten kappaleiden kiinnittäminen suunnitellaan niin että kiinnittäminen on mahdollista samalta puolelta ilman edestakaista liikku-  
mista kappaleen puolelta toiselle.

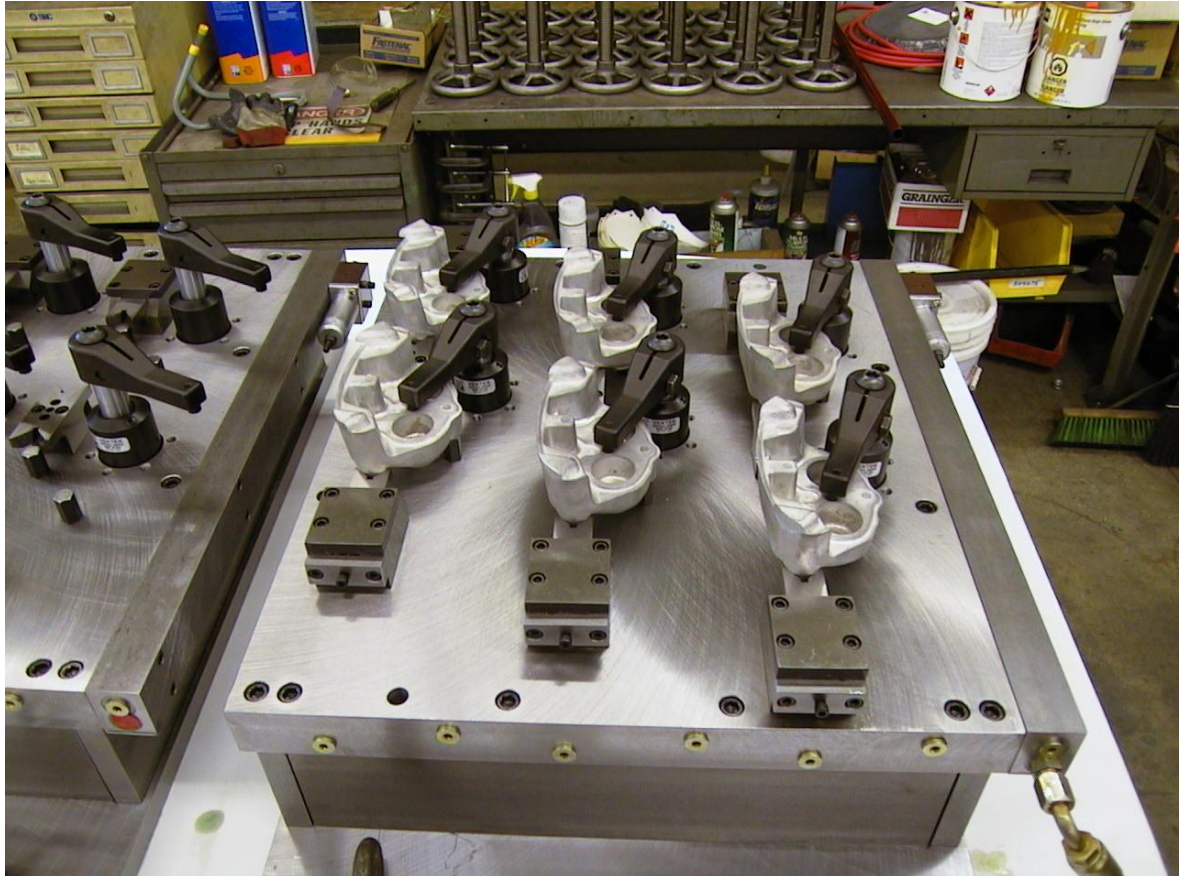
7. Hienosäädön poisto: hienosäätöön saattaa kuluu 50–70 % sisäisestä ajasta. Käytännössä asetettava kappale ensin paikoitetaan noin 150 millimetrin päähän lopullisesta paikastaan, jonka jälkeen se hienosäädetään muutaman millimetrin lähietäisyydeltä lopulliseen asemaansa. Hienosäätövaihe pyritään poistamaan



ohjaimien avulla. Hienosäätöä on myös mittalastujen ottaminen kappaleista. Tältä voidaan välttyä vakio työkaluasetusta käyttämällä, jolloin terät ovat aina oikeassa mitassa.

8. Mekanisointi: käytetään hydraulilla tai paineilmalla toimivia pikakiinnittimiä, joilla kappale voidaan kiinnittää samanaikaisesti useasta kohdasta (Peltonen 1998).

Kuviossa 19 on kuvattuna eräs tapa mekanisoida kiinnityksiä. Kappaleita kiinni pitäviä kynsiä voidaan liikuttaa hydraulikan avulla. Kuvan vasemman puoleisessa kiinnittimessä kiinnityskynnet ovat auki-asennossa, jolloin valmiit työkappaleet voidaan poistaa kiinnittimestä sekä asettaa uudet kappaleet tilalle ja kuvan oikeanpuoleisessa kiinnittimessä kiinnityskynnet ovat kiinni-asennossa, jolloin työstettävät kappaleet asettuvat paikoilleen ja pysyvät paikallaan työstön aikana. Tämän kaltaiset kiinnittimet on hyvä varustaa myös kohdassa 4.5 esiteltävällä nollapistekiinnitin järjestelmällä, jotta kiinnittimen vaihto on mahdollisimman nopeaa ja näin ollen arvokkaan kiinnittimen hyödyt tulevat parhaiten esiin.





KUVIO 19. Työkappaleiden kiinnityksen mekanisointi hydrauliiikan avulla. (Designing Systems Inc. [Viitattu 18.3.2012].)

SMED-järjestelmällä tarkoitetaan siis valmistelutyön parantamista, jonka tavoitteena on saada työstökoneen seisokki aika mahdollisimman pieneksi ja jalostava aika mahdollisimman suureksi tekemällä asetustyötä mahdollisimman pitkälle valmiiksi jo edellisen työn aikana. (Peltonen 1998.)

## 4.2 Ulkoinen ja sisäinen asetusaika

Yksi tärkeimmistä asetusaikojen lyhentämisen keinoista on asetusaajan jakaminen ulkoiseksi ja sisäiseksi asetusaikaksi ja sen jälkeen pyrkiminen mahdollisimman lyhyeen sisäiseen asetusaikaan, koska sisäisen asetusaajan aikana jalostava työ on pysähdyksissä. Tärkeä ajatus pohdittaessa sisäisen asetusaajan toimintoja on, että asetustyöntekijä ei poistu työkoneelta sisäisen asetustyön aikana esimerkiksi hakemaan puuttuvaa työkalua tai avainta, vaan hänellä on kaikki hänen tarvitsemat työvälineet käden ulottuvilla sisäisen asetustyön alkaessa. Työvälineiden koonti työpisteen lähelle on ulkoista asetusaikaa, jota on pyrittävä tekemään koneen työstäessä edellistä työvaihetta. Ulkoista asetustyötä voidaan tehostaa säilyttämällä työvälineitä koneen lähetyvillä tai ainakin jossain sovitussa paikassa, jolloin työvälineiden etsimiseen ei kulu ylimääräistä aikaa. Ulkoisen asetuksen kehittämisen kolmena perusajatuksena voidaan pitää:

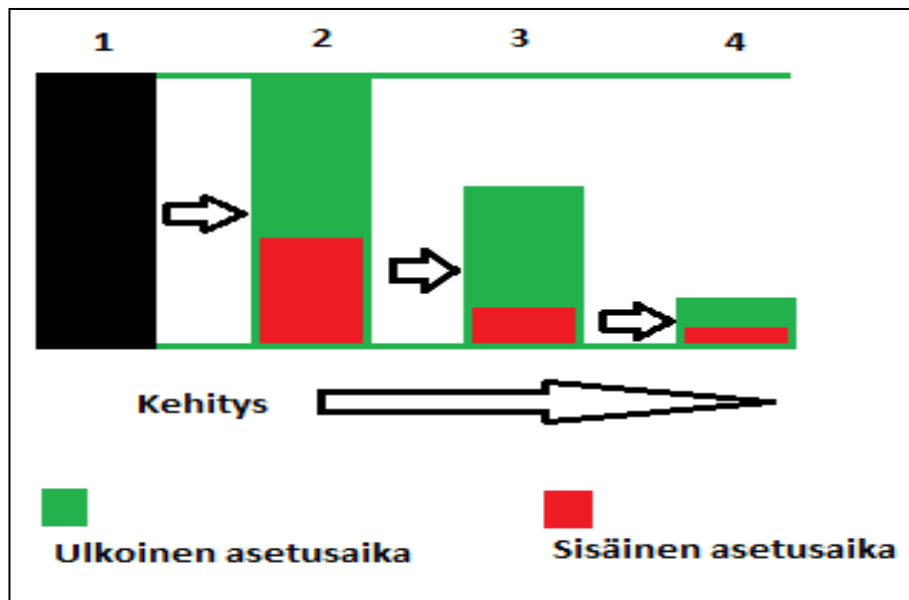
- hakemisen ja etsimisen välttäminen
- oikeiden työkalujen käyttö
- jokaisen työkalun paikan merkitseminen.

(Tiainen 1996, 79–83.)

Kuvio 20 kuvaa ulkoisen ja sisäisen asetusaajan erottamisen avulla tapahtuvaa asetusaikojen lyhentämistä. Vaiheessa 1 analysoidaan asetustyön sisällään pitämät työvaiheet. Vaiheessa 2 erotetaan ulkoisen ja sisäisen asetusaajan työvaiheet toisistaan. Vaiheessa 3 siirretään kaikki mahdolliset sisäisen asetusaajan työvai-

heet ulkoisiksi. Ja lopuksi vaiheessa 4 lyhennetään edelleen sisäistä asetusajaa menetelmäkehityksen, esimerkiksi automaattisten kiinnittimien, avulla. (Burman 1995, 283.)

Vaiheen 1 musta laatikko, black box, kuvaa osuvasti sitä, että monesti yrityksissä ei tiedetä mistä toimenpiteistä asetukset koostuvat, mitkä niistä ovat ulkoista ja mitkä sisäistä asetusta. Tällöin tehostamisen, eli asetusajojen lyhentämisen ensimmäinen askel on asetusten tutkiminen ja niiden sisältämien työvaiheiden tunnistaminen.



KUVIO 20. Ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottaminen. (Mukaiillen Burman 1995, 283.)

Tavallisessa työkalunvaihdossa hienosäätöön, eli mittasäätöön kuluu usein 50–70 % sisäisestä asetuksesta. Mittasäädön poistaminen, tai ainakin helpottaminen onkin tästä johtuen erittäin tehokas sisäisen asetusajan lyhentämisen toimenpide. On pyrittävä löytämään ratkaisuja, joiden avulla säädöt ja koeajot voidaan kokonaan eliminoida. On pyrittävä siihen, että kun työkalut on laitettu paikoilleen, ne ovat heti toimintakunnossa ja oikeissa mitoissaan. (Birmingham & Jelenik 2007, 82–85.)

### 4.3 Asetustyön vakiointi

Jotta saavutetut parannukset asetusaikojen lyhentämiseksi saadaan pysyviksi, on uudet toimintatavat vakioitava. Vakioidut toimintatavat ovat myös perusta edelleen kehittämislle. Parhaiten tämä vakiointi onnistuu luomalla asetustyön tarkistuslista, eli esiasetusohje. Ohje on syytä olla samankaltainen joka työpisteellä, sillä näin työntekijöiden on helpompi katsoa ohjeesta tarvitsemansa tiedot, esim. ohjelma-numerot. (Birmingham & Jelenik 2007, 92–97.)

Asetustyön vakiointiin liittyy läheisesti myös tehtyjen parannusten dokumentointi, jolloin yrityksen muut yksiköt voivat käyttää samoja parannusmenetelmiä soveltuvin osin omassa tuotannossaan. Koulutuksen tärkeyttä ei myöskään sovi unohtaa. Jokaisen työntekijän on oltava tietoisia oman työpisteen tehdyistä parannuksista ja parannusten tarpeellisuudesta, jotta eteen ei tule tilannetta jossa esimerkiksi yksi työntekijä ei noudata ohjeita ja saavutetut parannukset eivät ole niin tehokkaassa käytössä kuin niiden pitäisi. (Birmingham & Jelenik 2007, 92–97.)

Asetustyön vakiointi ja seuraavassa esitelty vakioasetustekniikka eivät tarkoita samaa asiaa. Asetustyön vakioinnilla tarkoitetaan lähinnä työtapojen yhtenäistämistä operaattoreiden välillä, kun taas vakioasetustekniikalla tarkoitetaan enemmänkin asetuksien teknisiä ratkaisuita, kuten esimerkiksi pyrkimys samojen työvälineiden käyttöön mahdollisimman monessa eri tuotteessa.

### 4.4 Vakioasetustekniikka

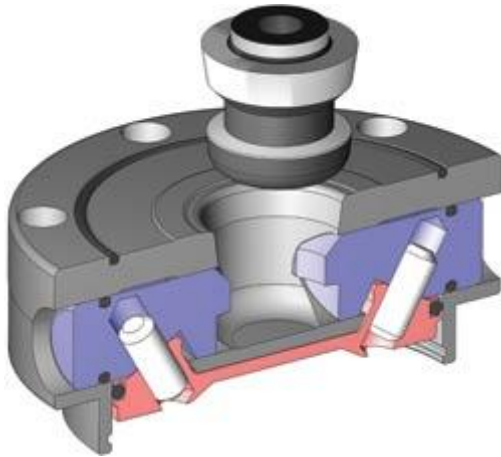
Eräs hyvä keino työkalujen vaihtoon kuluvan ajan lyhentämiseksi on käyttää vakioasetustekniikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että työstökoneen makasiinissa on aina samat työkalut ja työstöohjelmissa nämä työkalut on ohjelmoitu aina samoille paikoille ja samalle työkalunumerolle joka koneella. Kiinnittimien paikoitukset hoidetaan niin, että kiinnitin paikottuu aina samaan paikkaan. Tämä voidaan hoitaa työstökeskuksella esimerkiksi niin, että kiinnittimien pohjassa on kiilat, jotka paikoittavat kiinnittimet koneistuskeskuksen pöydässä oleviin uriin. Kiilat ohjaavat kiinnittimen oikeaan paikkaan sekä sivuttais- että poikittaissuunnassa. Oikein toteutettuna vakioasetustekniikka on erittäin hyvä työkalu asetusaikojen lyhentämiseen. Tällöin

NC-koneen asetustyö on apuaikaa muistuttavaa ylläpitävää toimintaa, jota tehdään samalla kun kone tekee jalostavaa työtä. (Lapinleimu ym. 1997, 61.)

Ongelmaksi vakioasetustekniikassa muodostuu kuitenkin yleensä koneiden liian pienet työkalumakasiinit, jolloin makasiiniin ei mahdu kyseisessä työvaiheessa tarvittavien työkalujen lisäksi montaakaan vakiotyökalua. Lisäksi jotta kiinnittimien vaihto jalostavan työn aikana olisi mahdollista, edellyttää se paletinvaihtajalla varustettua työstökeskusta. (Lapinleimu ym. 1997, 61.)

#### **4.5 Nollapistekiinnitin järjestelmä**

Nollapistekiinnitin järjestelmä on kiinnitysmenetelmä, jonka avulla työkappale tai kappaleen kiinnitin on mahdollista asettaa tarkasti samaan paikkaan työstökoneen pöydällä joka kerta. Tämä on mahdollista järjestelmän rakenteen avulla. Järjestelmä koostuu nollapistekiinnittimistä, jotka asennetaan kiinteästi työstökoneen pöytään, ja nollapistetapeista jotka kiinnitetään työkappaleeseen tai kappaleen kiinnittimeen. Nollapistetapit viedään nollapistekiinnittimissä oleviin reikiin ja painetaan kiinni, jolloin lukitusmekanismi lukitsee järjestelmän. Lukitus tapahtuu yleensä mekaanisesti ja avaus hydraulisesti. Mekaaninen lukitus tapahtuu yleensä jousen avulla. Kuviossa 21 on kuvattuna nollapistekiinnittimen ja nollapistetapin avulla tapahtuva kiinnitysmenetelmä. Kiinnittimien vaihtojen välissä pöytä puhdistetaan automaattisesti paineilman avulla. Nollapistekiinnitin järjestelmän toistotarkkuus työkappaletta vaihdettaessa on valmistajasta riippuen  $< 0.005$  mm. Nollapistekiinnitinjärjestelmä on nopea ja tarkka vaihtoehto asetusajkojen lyhentämiselle, sillä sen avulla työstettävien kappaleiden koordinaatiston origon asettaminen joka asetusten teon yhteydessä jää pois ja näin voidaan säästää useita minutteja jokaista nollapistekiinnittimellä varustettua asetusta kohti. Nollapistekiinnitinjärjestelmä yhdistettynä hyllystöhissiin on erinomainen vaihtoehto kun halutaan mekanisoida asetuksia. (Zeropointsystems. [ Viitattu 1.2.2012].)

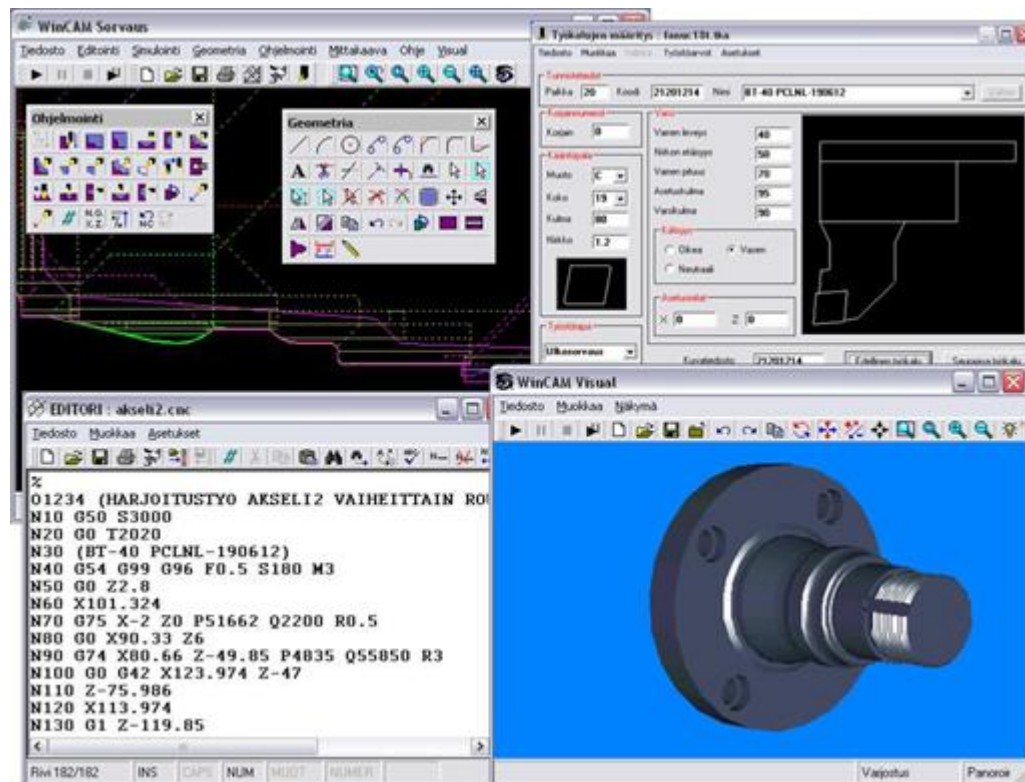


KUVIO 21. Nollapistekiinnittimen toimintaperiaate. (Unilock. [Viitattu 16.3.2012].)

#### 4.6 Tietokoneavusteinen ohjelmointi

Tietokoneavusteisella ohjelmoinnilla voidaan saavuttaa monia etuja niin asetus- tekniikkaan, työstöaikojen optimointiin kuin tarjous- ja urakkalaskentaan. Lisäksi operaattorin työtä helpottaa vaikeidenkin muotojen mutkaton ohjelmointi, ilman manuaalisesti suoritettavaa laskentaa. Myös inhimillisten virheiden riski koordinaattien kirjoittamisen yhteydessä vähenee, kun koordinaatit ohjelmoidaan suoraan kappaleen geometriasta. Sorvien leuat ja työstökeskusten kiinnittimien pitkällä olevat ruuvit voidaan simuloida kuvaruudulle ja välttyä törmäyksiltä koeajon yhteydessä. Myös uusien työkalujen simulointi voidaan tehdä tietokoneen kuvaruudulla tuotannon häiriintymättä. Kuviossa 22 on esimerkkinä WinCAM-ohjelmiston käyttöliittymä. (Pikkarainen 1999, 145.)

Tietokoneavusteisesta ohjelmoinnista käytetään usein myös nimitystä tietokoneavusteinen valmistus (CAM, Computer Aided Manufacturing), jolloin CAD-tuotemallin perusteella luodaan työstöradat työstöohjelmalle ja valmis ohjelma siirretään suoraan työstökoneelle. (Haverila ym. 2005, 495.)



KUVIO 22. WinCAM-sorvausohjelmisto. (Camtek [16.3.2012].)

#### 4.7 Henkilöstön vaikutus asetusaikeisiin

Koneistajien ammattitaito perustuu yleensä heidän kykyynsä tehdä asetuksia työstökoneelle. Varsinkin, kun työstettäväksi tulee tuotteita joita ei ole ennen valmistettu. Tällöin koneistajan vastuulla on usein kiinnityksen suunnittelu, työstöarvojen laskeminen ja työstöohjelman laatiminen. Kuka tahansa voi oppia vaihtamaan uudet työstettävät kappaleet valmiiden tilalle ja painamaan nappia. Asetusten teko, varsinkin uusien tuotteiden kohdalla, vaatii pitkän kokemuksen ja kykyä tehdä asetuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että henkilöllä on tarpeeksi tietoa ottaa ennalta huomion asetuksiin vaikuttavia tekijöitä ja taitoa tehdä tarvittavia säätöjä ja mittauksia tuotteen laadun varmistamiseksi. (Harmon & Peterson 1990, 185.; Kitinoja 2012. [Viitattu 14.3.2012].)

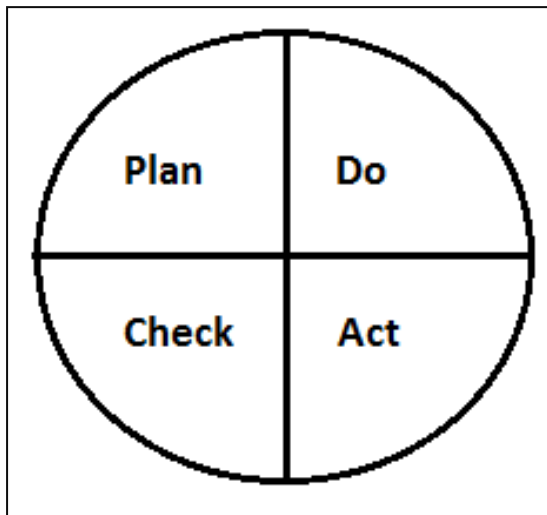
Koska asetustyö on kuitenkin käytännössä pitkälti manuaalisesti tehtävää työkalujen kokoamista, tavaroiden siirtelyä ja ruuvien kiristelyä, on henkilöstön asenteilla ja motivaatiolla yllättävän suuri merkitys asetusaikeiden pituuteen. Menetelmät ase-

tusaikojen lyhentämiseksi vaativat aina muutoksia totuttuihin työmenetelmiin. Jos henkilöstö kokee muutoksen aikana menettävänsä itsemääräämisoikeutensa, voi muutosvastarinta nousta kohtuuttoman suureksi. Jotta tähän tilanteeseen ei jouduttaisi, olisi henkilöstö hyvä ottaa mukaan jo muutoksen alkuvaiheessa. Lisäksi tuen ja palautteen tarve on muutostilanteessa erittäin tärkeää. Esimiesten olisi hyvä tunnistaa ne alaisensa, jotka tarvitsevat enemmän huomiota muutosten käsittelyssä. Tässä alaisten tunnistamisessa avuksi ovat esimiehen ja alaisen väliset kehityskeskustelut. (Järvinen 2001, 104-105, 110-115.)

#### **4.7.1 Jatkuva parantaminen**

Jatkuva parantamisen toimintamallissa yrityksen toimintaa kehitetään jatkuvasti pienin askelin, jotka kumuloituessaan saavat aikaan suuria positiivisia tuloksia. Yrityksen koko henkilöstö osallistuu jatkuvaan toiminnan kehitykseen kehittämällä omia tehtäviään ja toimintojaan, joista jokainen pyritään hiomaan ja kehittämään virheettömäksi. Kehityksen apuna voi olla tilastollisia laadunvalvonnan menetelmiä. Jatkuvalle parantamiselle pyritään edistämään henkilökunnan osallistumista, jolloin myös laajat, kuitenkin jatkuvan parantamisen alueeseen kuulumattomat, kehityshankkeet eivät aiheuta niin suurta muutosvastarintaa. Jatkuvan parantamisen edistämiseksi voidaan käyttää kuviossa 23 kuvattua myötöpäivään kierrettävää PDCA-sykliä, joka on jatkuvaa parantamista tukeva laadunkehityksen menetelmä. Lyhenne PDCA tulee sanoista Plan-Do-Check-Act. (Haverila ym. 2005, 380-383.)

Jatkuvan parantamisen toimintamalli sopii hyvin myös asetusajkojen lyhentämiseen, koska operaattorit tekevät asetustyötä päivittäin ja keksivät varmasti jatkuvasti pieniä parannuksia työhönsä. Tässäkin tapauksessa pienillä parannuksilla ja varsinkin niiden kumuloitumisella saadaan aikaan toiminnan tehostumista.



KUVIO 23. PDCA-sykli (Mukaillen Haverila, ym. 2005, 383.)

Plan, Suunnittele: Ennen kehitystoiminnan aloittamista varmistetaan, että kehityskohteen toiminta on standardoitua, vakiintunutta ja dokumentoitua. Ongelmat analysoidaan sopivilla menetelmillä ja laaditaan suunnitelma kehityskohteista.

Do, Toteuta: Toteutetaan suunnitellut muutokset ja dokumentoidaan ne.

Check, Tarkasta: Tarkastetaan uudet toimintamallit ja analysoidaan tulokset.

Act, Kehitä: Mikäli saavutettiin tavoiteltu taso, standardisoidaan, vakiinnutetaan ja dokumentoidaan uudet toimintamallit.

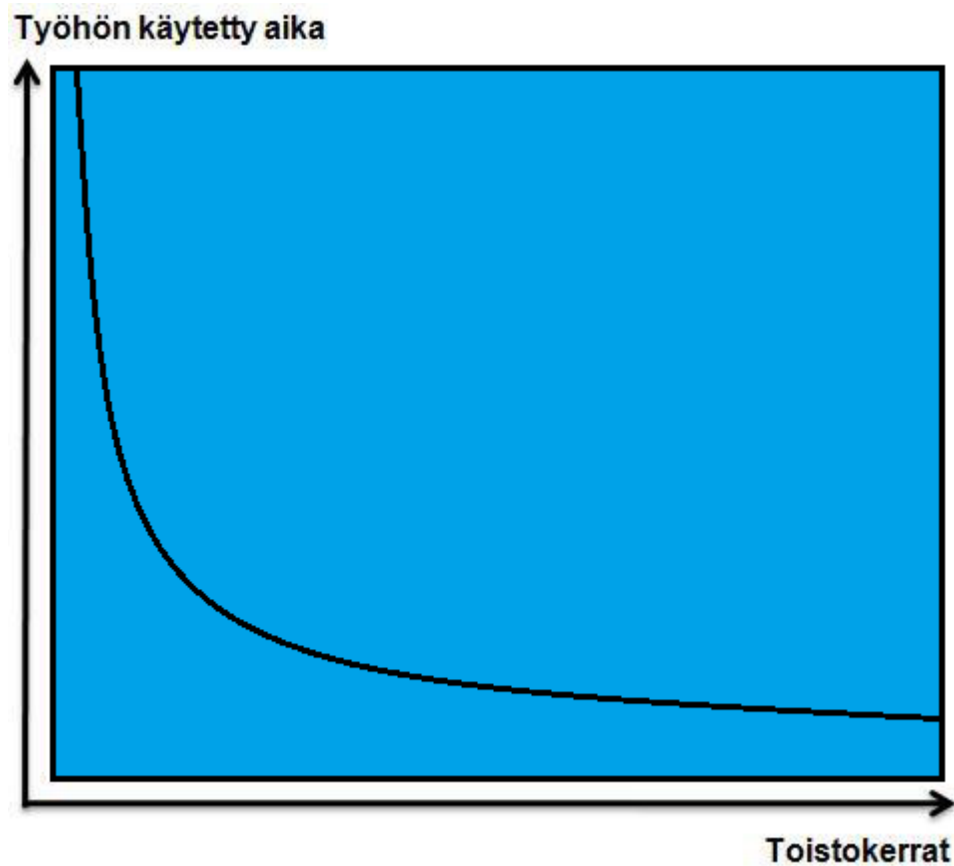
Tämän jälkeen ympyrää kierretään uudestaan ja uudestaan saavuttaen jatkuvasti toimintamallien parannusta. Tärkeää jatkuvassa parantamisessa on myös jakaa tietoa yrityksen muille toiminnoille, jotka voivat hyötyä vastaavista kehitystoimenpiteistä. (Haverila ym. 2005, 380-383.)

#### 4.7.2 Oppimiskäyrä

Ensimmäisen kerran oppimiskäyrää tutkittiin toisen maailmansodan aikana yhdysvaltalaisessa lentokoneiteollisuudessa, jolloin havaittiin, että koneiden kumulatiivisen tuotannon määrän kaksinkertaistuessa, yhden lentokoneen valmistamiseen



kuluva aika laskee 20 %. Oppimiskäyrä perustuu siis ajatukseen siitä, että tuotteen valmistamiseen kuluva aika pienenee valmistusmäärien kasvaessa. Kuviossa 24 on esitetty tyypillinen oppimiskäyrä, jossa työhön vaadittu aika pienenee tietyn prosenttimäärän mukaan aina, kun toistojen määrä on kaksinkertaistunut. Ilmiö selittyy henkilöstön harjaantumisella ja menetelmien parantumisella valmistustehtävien toistuessa. (Haverila ym. 2005, 369–370.)



KUVIO 24. Oppimiskäyrä. (Mukaillen Haverila ym. 2005, 370.)

Oppimiskäyrä voidaan laskea kaavalla 5:

$$K_n = k_1 \cdot n^b \quad (5)$$

jossa

$K_n$  = kappaleen vaatima valmistusaika, kun  $n$  kappaletta on valmistettu

$k_1$  = alkuperäinen valmistusaika

$n$  = valmistettujen tuotteiden kumulatiivinen määrä

$r$  = oppimiskerroin esim. 80 % = 0.8

$b = \log r / \log 2$

Yritys voi käyttää oppimiskäyräilmiotä hyväksi myös tuotteen hinnoittelussa sekä kapasiteetin arvioinnissa. Oppimiskäyrän laskemiselle otollisimpia ovat monimutkaiset kappaleet ja asetukset. (Haverila ym. 2005, 369–370)

## 5 TOIMENPITEET ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMISEKSI

Tässä osiossa käsitellään toimenpiteitä asetusaikojen lyhentämiseksi, joita yrityksessä tehtiin opinnäytetyön aikana. Toimenpiteet aloitettiin nykytilan kartoituksella ja haastattelemalla koneistamon työntekijöitä ja toimihenkilöitä, heidän mielipiteistään asetusaikojen lyhentämisen menetelmistä. Paljon hyviä ehdotuksia saatiinkin ja joitakin otettiin lähempään tarkasteluun. Haastatteluissa pyrittiin painottamaan työntekijöille, että tarkoituksena on ainoastaan etsiä menetelmiä asetusaikojen lyhentämiseksi, eikä yrittää paljastaa tekeekö joku asetuksia huonosti tai laiskasti. Näin avoimuus oli molemmin puoleista ja haastattelut varmasti hedelmällisiä. Haastattelut suoritettiin lähinnä työn ohessa ja kahvipöytäkeskusteluina, ainoastaan koneistamon käyttöpäällikön kanssa istuttiin alas miettimään ratkaisuita asetusaikojen lyhentämiseksi.

### 5.1 Nykytilan kartoitus

Asetustyöhön kuluva aikaa lähdettiin seuraamaan siten, että jokaiselle pilottikoneelle laadittiin ja jaettiin asetusaikojen seurantalistat, joita koneiden operaattorit täyttivät asetuksia tehdessään. Listasta selviää seuraavat asiat:

- koneen numero
- asetuksen teon päivämäärä, jolloin muutosten vaikutusta on helpompi seurata
- nimike, jolle asetus on tehty
- asetuksen tekoon käytetty aika minuutteina
- huomautuskenttä mahdollisia huomautuksia, ongelmia ja parannusehdotuksia varten.

Listojen avulla saatiin kartoitettua suurpiirteisesti asetustyöhön kuluva aikaa ja mikä tärkeämpää huomautuskentän avulla koneiden operaattorit pääsivät itse vaikuttamaan työhönsä antamalla havaitsemiaan parannusehdotuksia asetustyön tehostamiseksi. Nykytilan kartoitusta seurantalistojen avulla jatkettiin noin kahden kuukauden ajan. Laskettaessa seurantalistoihin merkittyjen asetusten tekoon ku-

luvan ajan keskiarvo saatiin yhden asetusten tekoon kuluvaksi ajaksi 36,8 minuuttia, eli 2210 sekuntia. Tästä saatiin pohjatietoa, johon parannuksia voidaan tulevaisuudessa verrata.

Asetusten teon vakioinnissa havaittiin nykytilan kartoituksen aikana puutteita. Koska asetustyötä ei ollut kunnolla ohjeistettu, jokainen työntekijä teki asetukset omalla tavallaan ja vähän erilailla. Tämän takia asetustyötä on hankala lähteä tehostamaan ja asetusten tekoon kuluva aika saattaa vaihdella suuresti. Lisäksi uusien työntekijöiden, varsinkin jos heillä ei ole paljoa kokemusta alalta, on hyvin vaikea sisäistää asetusten tekoa jos se opetetaan heille joka kerta hieman erilailla. Vakioidut asetusten teko-ohjeet ovat siis sekä pohja asetustyön tehostamiselle että niiden avulla on uusien työntekijöiden helpompi sisäistää asetustyössä vaadittava tekniikka.

Tärkeänä osana asetuksien tekoon liittyvä työkalujen saatavuus on yrityksessä suurimmalta osin hyvin järjestetty kuviossa 25 näkyvän Secon teräpala- automaatin, niin kutsutun "karkkilaatikon" avulla. Siinä teräpalat ja muut pienet työkalut, kuten kierretapit, ovat automaatin sisällä ja niitä pääsee ottamaan vain syöttämällä omat tunnukset päätteelle. Otettu kappalemäärä merkitään automaatin päätteelle, joka on verkkoyhteydessä Secon työkalutoimittajaan. Tällä tavalla teräpalatoimittajalla on koko ajan reaaliaikainen tieto automaatin sisällöstä ja täyttötarpeesta. Jokaiselle työkalulle on yhdessä toimittajan ja yrityksen kanssa sovittu tietty hälytysraja, jonka alittuessa yrityksen työkaluhallinnasta vastaavan henkilön sähköpostiin lähetetään tilausvahvistus toimitettavista työkaluista. Tämän tyyppinen työvälinejärjestelmä on hyvä esimerkki menetelmästä, jonka avulla pyritään pitämään yllä valmistuksen valmiutta varmistamalla, että tarvittavat työvälineet ovat aina saatavilla.



KUVIO 25. Teräpala- automaatti.

## 5.2 Esiasetusohjeet ja esitiedot työmääräimissä

Asetusten teon vakiointiseksi laadittiin konekohtaiset esiasetusohjeet, joihin merkittiin seuraavat asiat asetustyön helpottamiseksi:

- koneen numero
- asiakas
- nimitys
- piirustusnumero
- työstöohjelman numero
- työkalunnumero työstöohjelmassa
- työkalun nimi

- muuta huomioitavaa työkalusta, esim. poran minimi pituus porattaessa syviä reikiä
- vapaata tilaa työohjetta varten.

Viimeisenä mainittu vapaa tila työohjetta varten osoittautui varsinkin työstökeskuk-silla hyväksi ratkaisuksi, sillä asetukset poikkeavat hyvin paljon toisistaan ja kaik-kien kappaleiden kiinnitysmenetelmiä on vaikea muistaa ulkoa. Tähän vapaaseen tilaan voidaan kirjoittaa myös leukapalojen ja kiinnittimien numero, joka helpottaa oikeiden työvälineiden noutamista työpisteelle.

Kun työssä käytettäviä työkaluja ei ole vakioitu esiasetusohjeen avulla, saatetaan joutua tilanteeseen, jossa työtä varten hankittu uusi työkalu, jonka avulla lastuami-nen on tehokkaampaa, ei ole jostain syystä tullut asetusta tekevän operaattorin tietoon. Tällöin operaattori tekee asetuksen ulkomuistista, eikä tietämättään käytä uutta tehokkaampaa työkalua. Kun tieto uudesta työkalusta on merkitty esiaset-usohjeeseen, osaa operaattori valita heti oikean työkalun ja uudet menetelmät tehokkuuden nostamiseksi saadaan joka kerta tuote-erää valmistettaessa käyt-töön.

Lisäksi esiasetusohjeiden käytöllä mahdollistetaan operaattoreiden aiempaa pa-rempi työnkierto eri koneiden välillä, koska asetusten teossa tarvittavat tiedot löy-tyvät ohjeista. Tällä taas saavutetaan joustavuutta, sillä mitä useampi operaattori osaa tehdä asetukset työstökoneelle, sitä varmemmin löytyy paikkaaja sairastu-neen tai lomalla olevan operaattorin tilalle tilanteen niin vaatiessa.

Esiasetusohjeista tehtiin tulostettava mallipohja, jota koneen operaattorit täyttävät. Mallipohja on nähtävissä tämän opinnäytetyön liitteenä. Tämä siksi, että käyttäjät tietävät parhaiten mitkä tiedot ovat asetusten teon helpottamiseksi oleellisia. Esi-asetusohjeet kerättiin konekohtaisiin esiasetuskansioihin aakkosittain asiakkaiden mukaan järjestykseen, joten ne on helppo löytää työtä aloitettaessa. Mallipohja löytyy liitteestä 1.

Esiasetusohjeiden käytön pääasiallinen tarkoitus on toimia työkaluna asetustyön vakioimisessa. Lisäksi ohjeiden käyttö siirtää myös sisäistä asetusaikaa ulkoiseksi, sillä joskus operaattoreille tulee tilanteita jolloin työkalut, työkalujen vapaamitat ja

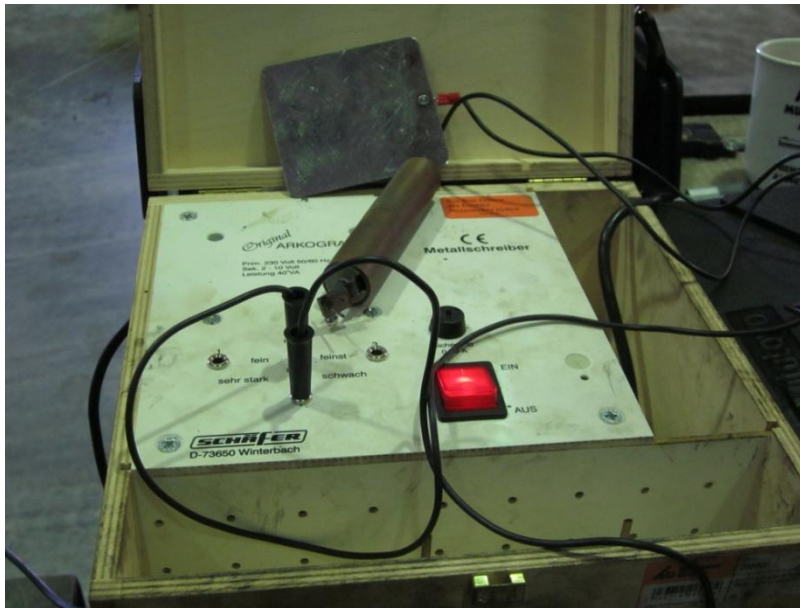
työkalunumerot on katsottava työstöohjelmasta ja tällöin koneen on oltava pysähdyksissä.

Myös työmääräimiin on yrityksessä mahdollista merkitä esitietoja jokaisen työvaiheen kohdalle. Nämä tiedot päivitetään tuotannonohjausjärjestelmään kyseiselle vaiheelle ja ovat nähtävissä seuraavan kerran, kun työmääräin tulostetaan. Näitä työmääräimessä olevia esitietoja voi olla esimerkiksi työstöohjelman numero, robotin aloituspaikka ja nollapistetietoja.

Tämän menetelmän käyttö esiasetusohjeiden sijasta olisi yrityksessä mahdollista, mutta kaikkien tietojen merkitseminen kasvattaisi tulosteiden määrää, varsinkin mikäli työssä on monta monimutkaista, paljon esitietoja sisältävää vaihetta ja kuitenkin kaikkia tarvittavia tietoja ei järjestelmään ole mahdollista sisällyttää, esim. piirroksen avulla kuvattavia työohjeita. Järjestelmään on kuitenkin hyvä merkitä juuri työstöohjelman numero ja muut tärkeät esitiedot. Liitteessä 2 on nähtävissä esimerkki eräästä työmääräimestä, jossa joka vaiheelle on merkitty asetusten tekoa helpottavia esitietoja. Esitiedot näkyvät työvaiheen, esimerkiksi sahaus tai sorvaus, alapuolella. Työmääräimestä on yrityssalaisuuden säilyttämiseksi mustattu tärkeitä työhön liittyviä tietoja.

### **5.3 Sorvien leukapalasarjojen merkitseminen**

Epäselvyyksien välttämiseksi leukapalojen valinnan yhteydessä päädyttiin merkitsemään joitakin sorvin leukapalasarjoja, jotta operaattori osaa ottaa aina oikeat leukapalat kyseiselle työlle ilman, että hänen on joka kerta todettava leukojen sopevuus vertaamalla työstettävän kappaleen lieriöpintaa leukapalojen kiinnityspintaa vasten. Tällä toiminnolla saatiin lisättyä työviihtyvyyttä, koska aikaa ei kulu oikeiden leukapalojen etsimiseen. Ja mikä vielä tärkeämpää, tehokkuus lisääntyy kun jalostavaa aikaa ei käytetä oikeiden leukapalasarjojen haeskeluun. Leukapalasarjojen merkitseminen suoritettiin käsivaraisesti kuviossa 26 näkyvällä sähkökäyttöisellä merkkaustyökalulla. Merkkkaus suoritettiin siten, että kuviossa näkyvä metallilevy laitettiin tasaiselle pinnalle maadoituslevyksi ja merkattava leukapala sen päälle. Tämän jälkeen sähköä johdettiin myöskin kuviossa näkyvän lieriön päässä olevaan piikkiin, joka toimi kynän lailla merkkausvälineenä.



KUVIO 26. Leukapalojen merkitsemisessä käytetty laite.

Merkitsemisessä on huolehdittava, että merkkausjälki on sellainen, että se pysyy leukapaloissa myös työstön aikana. Näin ollen leukapalojen merkitseminen esimerkiksi tussilla ei ole mahdollista, koska sorvin leikkuuneste liottaa tussimerkinät nopeasti pois. Merkitsemiselle ei luotu mitään valmista järjestelmää, kuten esimerkiksi juoksevaa numerointia, vaan operaattoreiden kanssa sovittiin, että he saivat itse päättää merkkaustavastaan ja valita omasta mielestään parhaiten kuvaavan nimityksen leukapaloille. Eräs käytetty merkitsemistapa on nähtävissä kuviossa 27.





KUVIO 27. Leukapalojen merkitseminen.

Opinnäytetyön aikana merkitsemistä ehdittiin kokeilla vain yhdelle pilottisorville ja muutamalle leukapalasarjalle. Hydraulisilmien valmistuksessa käytetään monia erilaisia leukapalasarjoja, jotka eroavat vain vähän toisistaan. Esimerkiksi kiinnityshalkaisijassa saattaa olla vain parin millimetrin ero, joten silmämääräisesti näitä leukapaloja on melkein mahdotonta erottaa toisistaan. Tästä johtuen oli leukapalojen merkitseminen järkevintä aloittaa juuri näistä hydraulisilmien valmistuksessa tarvittavista leukapaloista. Jatkossa on kuitenkin tarkoitus kehittää merkitsemisestä koko koneistamon yhteinen toimintamalli, jossa tarvittavien leukapalasarjojen lisäksi merkataan myös työstökeskusten kiinnittimet. Työstökeskuspuolella ei kiinnittimiin voida merkitä kiinnityshalkaisijaa, vaan merkitsemistapana voisi käyttää juoksevaa numerointia ja numero merkittäisiin esiasetusohjeisiin ja työmääräimiin.

#### 5.4 Sorvien leukapalojen vaihtaminen

Sorvin leukapalojen vaihtamiseen kuluvan ajan lyhentämiseksi yritykseen hankittiin 6 kappaletta akkukäyttöisiä mutterinväöntimiä leukapalojen irrottamista ja kiinnittämistä varten. Ennen kuin mutterinväöntimiä lähdettiin hankkimaan, oli kannattavaa tehdä työntutkimusta siitä paljonko mutterinväännintä käyttämällä työaika

voidaan säästää verrattuna aikaisempaan kuusiokoloavaimella ja vasaralla käsin tapahtuvaan vaihtotyöhön.

Käsin tapahtuva leukapalojen vaihtotyö toteutettiin siten, että kuusiokoloavain asetettiin ruuvinkannan kuusiokoloon ja lyömällä kumivasaralla avaimen päähän saatiin syntymään tarpeeksi suuri momentti ruuvin aukaisemiseksi ja sen jälkeen ruuvit voitiin pyörittää käsin kokonaan auki. Samaa menetelmää käytettiin myös leukapalojen kiristämiseksi.

#### **5.4.1 Vaihtotyöhön kulumien aikojen vertailu**

Vaihtotyöhön kulumaa aikaa tutkittiin sekuntikellon avulla ottamalla aikaa sekä käsin tapahtuvasta että yrityksen kokoonpanoyksiköstä tutkimusta varten lainatulla mutterinvääntimellä tapahtuvasta leukapalojen vaihdosta. Työntutkimus suoritettiin kolmella sorvilla, joiden leukapalat olivat erikokoisia. Tällä tavoin oli mahdollista saada samalla selville paljonko leukapalojen koko vaikuttaa vaihtoaikoihin. Aikoja otettiin kolme jokaiselta tutkittavalta työpisteeltä, jotta saadaan jonkinlaista keskiarvoa vaihtotyöhön kulumasta ajasta. Sorvin leukapalojen vaihtotyö piti sisällään neljä vaihetta:

- leukapalojen irrottamisen sorvin pakasta
- kiinnityskiilojen irrottamisen leukapaloista
- kiinnityskiilojen kiinnittämisen uusiin leukapaloihin
- leukapalojen kiinnittämisen sorvin pakkaan.

Sekä käsin että mutterinvääntimellä tapahtuvien vaihtojen ajat kirjattiin ylös sekunnin tarkkuudella. Käsin vaihtamiseen kului keskimäärin noin 280 sekuntia leukapalasarjaa kohden, kun taas pulttipyssyä apuna käyttäen noin 160 sekuntia. Mutterinvääntimen avulla tapahtuva leukapalasarjan vaihto lyhentää siis asetusai-kaa noin 2 minuutilla. Suurimmat ajan säästöt syntyivät suurimpien leukapalojen vaihtotyöstä, mutta myös pienempien leukapalojen vaihto nopeutui selvästi mutterinvääntintä käyttämällä. Kuviosta 28 on nähtävissä vaihtotyöhön käytetyt ajat suoritettuna työntutkimuksen aikana. Kerätyistä ajoista tehtiin Excel-taulukko, jonka avulla käytetyistä ajoista oli helppo laskea keskiarvot ja verrata niitä keskenään.

<b>Kone11</b>	<b>10</b>			
		Aika käsin sek.		Aika vääntimellä sek.
1		306		136
2		269		122
3		285		152
Ka.		<b>287</b>		<b>137</b>
<b>Kone</b>	<b>17</b>			
		Aika käsin sek.		Aika vääntimellä sek.
1		387		256
2		362		203
3		285		198
Ka.		<b>344,7</b>		<b>219</b>
<b>Kone</b>	<b>8</b>			
		Aika käsin sek.		Aika vääntimellä sek.
1		200		139
2		236		152
3		215		145
Ka.		<b>217</b>		<b>145,3</b>

KUVIO 28. Työntutkimus leukapalojen vaihtotyön osalta 1.3.2012.

Epäilystä herätti myös mutterinvääntimen teho sen osalta, että riittäkö sen vääntövoima kiristämään leukapalat tarpeeksi kireälle vai pitääkö ruuveja vielä kiristää lisää aputyökalujen avulla. Kiinnitysruuvien kireyttä testattiin kuusiokoloavaimen ja vasaran avulla ja kun ruuvien avaamiseen todettiin tarvittavan suunnilleen samansuuruinen voima kuin aikaisemminkin, kiristysvoima todettiin riittäväksi. Kiristysvoiman riittävyys varmennettiin vielä myöhemmin momenttiavaimen avulla.

#### 5.4.2 Mutterinvääntimien käyttö tuotannossa

Mutterinvääntimet otettiin operaattoreiden puolesta hyvin vastaan ja käyttökokeemukset olivat pelkästään positiivisia. Joillekin työntekijöille mutterinvääntimen käyttö tuotti aluksi hieman hankaluuksia, mutta hekin oppivat pian oikean tekniikan ja vaihtoivat leukapaloja paljon aikaisempaa nopeammin. Mutterinvääntimille osoitettiin hallissa omat paikat, joihin työntekijöitä opastettiin ne aina palauttamaan käytön jälkeen. Näin vältetään turhalta etsimiseltä ja ajan haaskaukselta. Lisäksi koneistamon käyttöpäällikön kanssa sovittiin, että leukapalojen taakse tulevien kiinnityskiilojen määrää lisätään siten, että koneessa kiinni olevien kiilojen lisäksi on joka koneella myös aina ylimääräiset kiilat yhdelle leukapalasarjalle. Näin asetusten tekoa valmistelevaa työtä voidaan tehdä pidemmälle, koska kiinnityskiilat voidaan esiasettaa leukapaloihin edellisen työvaiheen aikana.

Kaikilla näillä toimenpiteillä saatiin lyhennettyä asetusten teon sisäistä asetusaikaa, sillä leukapalojen vaihdon aikana sorvin on oltava pysähdyksissä ja mitä nopeammin leukapalat saadaan vaihdettua ja sorvi palautettua takaisin jalostavaan tilaan, sitä kannattavampaa toiminta on. Kuviossa 29 on nähtävissä vastaavanlainen mutterinväännin kuin yritykseen hankitut.



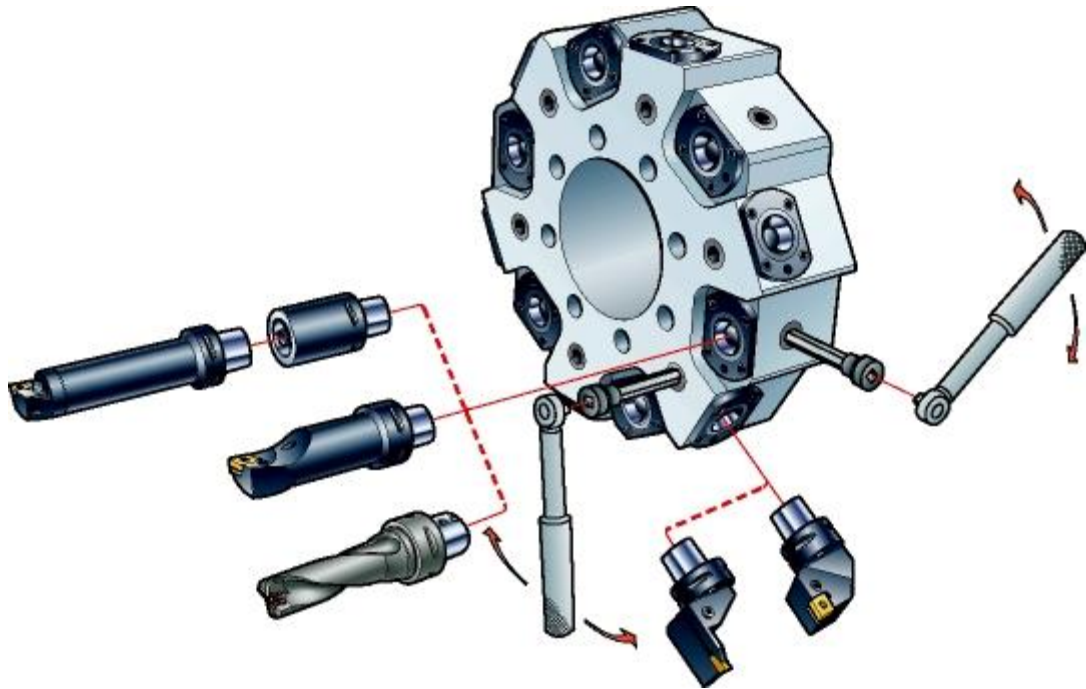
KUVIO 29. Mutterinväännin. (Kamasa mutterinväännin. [Viitattu 30.3.2012].)

## 5.5 Muita pienempiä parannuksia

Yrityksessä tehtiin opinnäytetyön kirjoitusprosessin aikana myös muita osaltaan asetustyötä helpottavia toimenpiteitä, joiden pääasiallinen tavoite oli kuitenkin yleisessä lastuamisen ja toiminnan tehostamisessa. Kuitenkin, koska nämä toimenpiteet osaltaan helpottivat myös asetustyötä, ovat ne siksi myös olennaisena osana tätä opinnäytetyötä.

### 5.5.1 Coromant Capto

Coromant Capto on Sandvik Coromantin omistama työkalun pikakiinnitysjärjestelmä, jossa itse teräpidin on "kiinteästi" kiinni koneessa ja pitimeen ainoastaan vaihdetaan modulaarisen rakenteensa ansiosta toistuvasti tarkasti paikottuvia terävarsia. Kuviosta 30 on nähtävissä Capton toimintaperiaate. Terävarren vaihtonopeus perustuu yhteen momenttiavaimella aukaistavaan ja kiristettävään kiinnitysruuviin toimintaan perinteisen kiinnitysstukan neljän kiinnitysruuvin sijasta. Coromant Capto-järjestelmä on standardisoitu vuonna 2011 standardinumerolla ISO 26623-1. Standardoinnin ansiosta monet merkittävät työkalutoimittajat voivat tarjota tuotteitaan ja standardin avulla vakuuttaa työkalujen saumaton yhteensopivuus kaikkien Coromant Capto-järjestelmän osien kanssa. Näitä merkittäviä työkalutoimittajia ovat muun muassa tietenkin Sandvik Coromant itse, Seco Tools ja Iscar ( Coromant Capto Systems; Seco Tools; Camfix 2012. [Viitattu 13.4.2012]).



KUVIO 30. Coromant Capto- pikakiinnitysjärjestelmä sorvin työkalurevolveriin. (Coromant Capto Systems. [Viitattu 12.3.2012].)

Coromant Capto-teräpitimien käyttöä kokeiltiin Okuman pilottisorvissa opinnäytetyön aikana. Operaattoreiden käyttökokemukset työkalusta olivat kuitenkin hieman negatiivisia. Yrityksen nykyisen kaltainen tuotanto ei päästä Capto-pitimiä oikeuksiinsa. Pilottisorvilla esimerkiksi reikäterälle oli niin monia pakollisia pituus variaatioita, että näiden tarpeiden tyydyttäminen Capto-pitimillä olisi ollut liian kallis investointi. Capto-pitimien käyttö vaatisi mahdollisesti töiden ja työkalujen tarkkaa optimointia ja veisi siten pois osan koneistamon tuotejoustavuudesta ja muunneltavuudesta. Osassa tuotantoa rouhintaterän pitimenä Capto-pidin toimi kuitenkin aivan hyvin ja lisäsi tehokkuutta teräpalan vaihdon yhteydessä. Kuitenkaan koko sorvin varustamiseen Capto-pitimillä yrityksessä ei nykyisen kaltaisen tuotannon aikana kannata investoida. Coromant Capto-pitimien käyttö kyllä osaltaan nopeuttaa asetusten tekoa, mutta ei niin paljon, että se olisi kannattava investointi.

### 5.5.2 Click&Change-terävarret

Opinnäytetyön tekoprosessin aikana yritykseen hankittiin yhdelle sorville testikäyttöön myös Click&Change-terävarsia, joissa teräpalan särmän vaihto tapahtuu terävarren päässä olevaa nappia painamalla. Napin painallus saa teräpalan kiinni-

tyskielen nousemaan, jolloin teräpala saadaan käännettyä. Uusi napin painallus saa kiinnityskielen laskemaan ja kiinnittämään teräpalan paikalleen. Tämä on entistä Torx-avaimella tapahtuvaa ruuvausta paljon nopeampi ja käyttäjäystävällisempi menetelmä. Työkaluvalmistaja lupaa teräpalan vaihdon tapahtuvan 5:ssä sekunnissa. Terävarren päässä oleva nappi ja kiinnityskieli näkyvät kuviossa 31 (ClickChange 2006, 2007).



KUVIO 31. Click&Change-terävarsi. (ClickChange 2006, 2007 [Viitattu 29.2.2012].)

Click&Change-terävartta testattiin sorvaus työkierron rouhintatyövaiheessa, koska rouhintapalat kuluvat usein viimeistelypalaa nopeammin ja näin ollen rouhintapalojen särmien vaihtoon kuluu suurempi osa jalostavan ajan keskeyttävästä ajasta. Rouhintatyövaiheessa myös lastunpaksuudet ovat viimeistelyvaihetta huomattavasti suuremmat, joten senkin puolesta vaihe sopii hyvin työvälineiden testaukseen.

Työkalun testausvaiheessa epäilystä herätti aluksi teräpalan kesto, koska tällaista teräpalan kiinnitysmenetelmää ei yrityksessä oltu yrityksessä ennen testattu ja palan rikkoontumista pelättiin, jos se pääsee liikkumaan pitimessä työstön aikana. Epäilyt osoittautuivat kuitenkin turhiksi ja teräpala kesti rouhintatyössä aivan yhtä hyvin kuin aikaisemmin käytössä olleessa teräpitimessä kiinni ollut teräpala. Eräs hyvä ominaisuus, joka myös sisältyy Click&Change-terävarsiin on mahdollisuus suunnata varren läpi tuleva leikkuuneste suoraan teräpalan kärkeen, jossa sor-

vaustapahtumassa syntyvän lämmön vaikutus on kaikista suurin lastun muodostumisen kannalta.

Vaikka työkalun pääasiallinen tarkoitus on tehokkuuden lisääminen itse jalostavan työn aikana teräpalan vaihdon synnyttävän koneen seisokkiajan lyhentyessä, on kuitenkin yleensä asetuksia tehtäessä teräpaloihin vaihdetaan uudet särmät, joten tällä tavoin Click&Change-terävarren käyttö lyhentää myös asetusten tekoon kuluva-aikaa.



## 6 PARANNUSEHDOTUKSIA

Tähän parannusehdotus- osioon on kerätty niitä toimenpiteitä, joita ei opinnäytetyön aikana ehditty tekemään, niitä jotka mahdollisesti toteutetaan tulevaisuudessa ja niitä joiden toteuttamisesta ei ole päätetty, mutta joiden avulla asetusajoja olisi mahdollista lyhentää ja tehokkuutta parantaa. Parannusehdotus- osio toimii siis yrityksen johdon apuna mietittäessä tehostamiskeinoja tulevaisuudessa. Parannusehdotuksista ei tehty tarkkoja säästölaskelmia, vaan ne ovat enemmänkin operaattoreiden ja toimihenkilöiden kanssa käytyjen keskustelujen ja luetun teorian pohjalta esiin tulleita asioita. Osion ehdotukset vaatisivat ennen toteutusta vielä hieman enemmän tutkimusta esim. kustannuksista ja mahdollisten uusien laitteiden sijoituspaikoista.

### 6.1 Ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottaminen videokuvauksen avulla

Eräs yleisesti paljon käytetty apukeino ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottamiseksi on asetusten videokuvaukset. Siinä asetustyö kuvataan videokameran avulla, analysoidaan ja sen jälkeen jaetaan sekä ulkoisiin että sisäisiin asetuksiin. Videokuvan perusteella jokainen asetustyössä tehtävä toimenpide ja siihen kuluva aika kirjataan ylös. Tämän jälkeen pohditaan erikseen jokaista toimenpidettä, mitkä niistä ovat ulkoisia ja mitkä sisäisiä asetuksia. Seuraavaksi mietitään mitkä kaikki sisäiset asetukset olisi mahdollista siirtää ulkoiseksi, ennalta tehtäviksi asetukseksi. Tavoitteena on siis mahdollisimman lyhyt jalostavan työn pysäyttävä sisäinen asetustyö.

Tällainen menetelmä voi toimia silmiä aukaisevana tekijänä myös työstökoneen operaattorille hänen nähdessään, kuinka paljon asetustyötä hän tekee koneen ollessa pysähdyksissä, vaikka hän voisi suunnitelmallisella ennakkoinnilla tehdä asetustyön mahdollisimman pitkälle jo edellisen työvaiheen aikana. Saavutetut tulokset kannattaa myös esitellä koko henkilökunnalle, koska näin saadaan luotua myönteistä ilmapiiriä muutostyölle ja muutosvastarintaa pienemmäksi.

## 6.2 Työstökeskusten työkalujen esiasetuspaikan sijainti

Työstökeskuspuolella työkalujen esiasetuspenkki, jossa esimerkiksi porat asetetaan poraistukoihin, kierretapit kierreistukoihin ja niin edelleen, sijaitsee eri paikassa kuin työkalujen säilytyspaikka. Tämä aiheuttaa tarpeetonta kulkemista esiasetuspaikan ja työkalujen säilytyspaikan välillä. Tulevaisuudessa, mikäli koneistamossa tehdään lay-out muutoksia esim. uusien työstökeskusten tai niiden lisälaitteiden takia hankinnan takia, kannattaa samassa yhteydessä huomioida esiasetus- ja työkalujen säilytyspaikan sijainti ja pyrkiä sijoittamaan ne molemmat mahdollisimman keskeiselle paikalle työstökeskuspuolella.

Toisaalta yrityksessä kannattaisi harkita myös oman esiasetuspenkin hankkimista jokaiselle työstökeskukselle, jolloin operaattori voisi esiasettaa työkaluja poistumatta työpisteeltään. Tällöin myös kesken valmistuserän tapahtuva työkaluhuolto voitaisiin suorittaa ilman, että koneen läheisyydestä tarvitsisi poistua. Kuviossa 32 on esimerkki työkalun esiasetuspenkistä. Tämän tyylinen esiasetuspenkki olisi tarpeeksi pieni jokaiselle työpisteelle, eikä se olisi työskenneltäessä tiellä. Esiasetuspenkkejä hankittaessa on muistettava huomioida, että työkalun kiinnityskartio on oltava esiasetuspenkkiin sopiva.



KUVIO 32. Esimerkki työkalun esiasetuspenkistä. (Tool Boy. [Viitattu 17.3.2012].)

### 6.3 Työvälineiden järjestäminen 5S-toimintamallia mukailleen

Työpisteiden tarkastelu ja keskustelu koneistamon käyttöpäällikön kanssa tuotti huolta samasta ongelmasta, joka koneistamossa esiintyy. Työpisteiden sekaisuus aiheuttaa paljon ylimääräistä työvälineiden etsintää, jolloin jalostavaa aikaa kuluu hukkaan ja pahimmassa tapauksessa syntyy tarvetta tilata uusia työvälineitä, koska vanhoja ei löydetä. Lisäksi joidenkin työvälineiden käyttöikä saattaa lyhentyä merkittävästi niiden päästessä vapaasti liikkumaan laatikostossa.

Ratkaisu tähän ongelmaan voisi löytyä 5S-toimintamallista, jota hieman mukailleen voitaisiin työpisteiden järjestykseen saada systemaattisuutta ja jatkuvuutta. Toimintamallissa eroteltaisiin kaikki oikeasti tarpeelliset työvälineet tarpeettomista ja tarpeellisille osoitettaisiin tarkat paikat työpisteellä. Tämän jälkeen työpisteistä otettaisiin valokuvat, joista selviää työvälineiden säilytyspaikat. Valokuva sijoitettaisiin työpisteelle siten, että siitä näkisi heti mikäli jokin työväline puuttuu. Työvälineet voisi lisäksi merkitä työpistekohtaisesti, jolloin lainatut työvälineet löytäisivät takaisin omille paikoilleen. Lisäksi voisi pitää sovituin välein auditointeja, että kaikki työvälineet ovat paikallaan. Näin järjestyksen ylläpitämiselle saataisiin jatkuvuutta. Työpisteiden järjestyksen ollessa kunnossa auditointien aikana ja välillä, voitaisiin auditointikertoja harventaa. Epäjärjestyksen lisääntyessä auditointikertoja taas tihennettäisiin. Järjestämisen voisi ensiksi toteuttaa pilottiprojektina jollekin ennalta valitulle työpisteelle, jossa operaattoreiden tiedettäisiin olevan avoimia muutoksille. Pilottiprojektin onnistumiselle olisi tällöin paremmat edellytykset. Tällöin myös muutkin työntekijät näkisivät toimintamallin edut, jolloin muutosvastarinta toivottavasti alenisi ja muutos olisi helpompi toteuttaa myös muissa työpisteissä.

Kuviossa 33 on nähtävissä Kimmo Utterin opinnäytetyöstä lainattu kuva työpisteen järjestyksestä ennen ja jälkeen 5S-toimintamallia. Hänen opinnäytetyönsä käsitteli 5S-menetelmän hyödyntämistä palvelukeskuksen tuotannossa. Työ oli tehty Metso Jyväskylän huoltokeskuksessa. Kuvan työpisteellä työvälineiden paikat voisivat olla vielä selvemmin merkittyinä, esimerkiksi maalaamalla jokaisen työkalun ääri- viivat työkalun kohdalle. Näin tiedettäisiin heti työpistettä katsomalla millainen työväline työpisteeltä puuttuu. Työvälineitä ei tarvitse järjestää kuvan mukaisesti, vaan ne voivat hyvin sijaita myös laatikostossa. Tärkeintä on että työvälineiden sijaintipaikat ovat yksiselitteisesti merkitty ja työpisteellä työskentelevä henkilö

tietää nämä sijaintipaikat ja voi näin välttyä työvälineiden ylimääräiseltä etsimiseltä.



KUVIO 33. Esimerkki työpisteen järjestyksestä. (Utter 2010)

## 6.4 Esiasetuslaite

Koneen ulkopuolinen esiasetuslaite on yksi tärkeimmistä mekaanisista laitteista, kun halutaan siirtää sisäistä asetusta ulkoiseksi. Laitteen avulla työkalut on mahdollista mitata valmiiksi edellisen työn aikana ja asetuksia tehtäessä työkalut saa asettaa suoraan makasiiniin tai revolveriin ja syöttää mittaparametrit koneelle, jolloin työkaluasetus on valmis. Mikäli työstettävissä kappaleissa ei vaadita tarkkoja toleransseja ei mittalastujakaan tarvitse ottaa. Lisäksi esiasetuslaitteen käyttö antaa yrityksestä hyvän kuvan myös ulospäin asiakkaille. Kuviossa 34 on nähtävissä eräs esimerkki esiasetuslaitteesta.

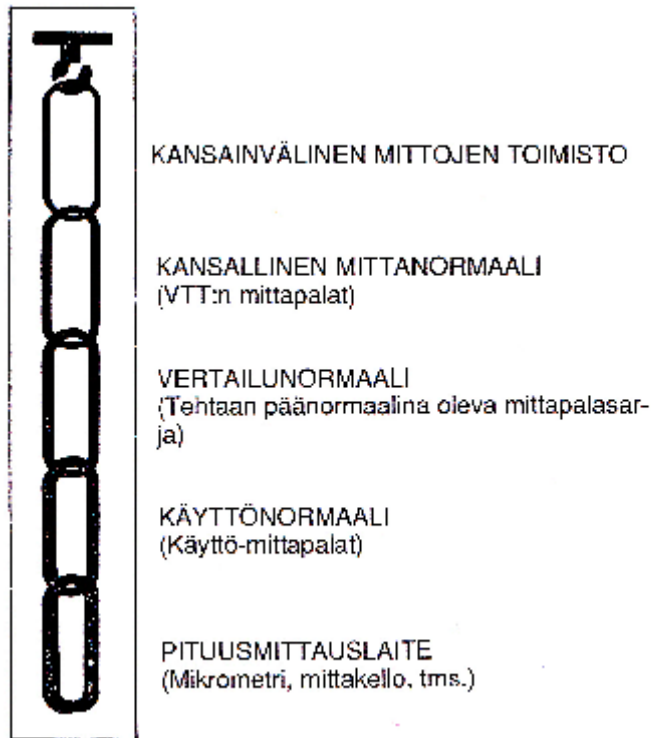


KUVIO 34. Preset P382 -esiasetuslaite. (Esiasetuslaitteet 2012 .[Viitattu 14.3.2012].)

Useimmissa sorveissa ja nykyään myös uusissa työstökeskuksissa on mahdollisuus työkalujen mittaamiseen koneen sisällä olevalla mittapäällä. Tämä menetelmä lisää kuitenkin sisäistä asetusaikaa ja on rikkoontumisherkkä sekä arka epäpuhtauksille. (Hakola 2001)

## **6.5 Mittavälineiden kalibrointi**

Mittakellojen ja yleensäkin mittavälineiden kalibroinnilla tarkoitetaan mittavälineen lukemataulun osoittamaa lukemaa johonkin jäljitettävyyden ketjussa seuraavana olevaan mittavälineeseen. Esimerkiksi reikien mittaamiseen tarkoitettut mittakellot voidaan kalibroida mittarenkaaseen, joka taas on kalibroitu esim. kalibrintipalveluja tarjoavan yrityksen toimesta. Kalibrointi on siis mittavälineen paikkansa pitävyyden toteamista ja tarkistamista, joka on tärkeä osa yrityksen tuotelaadunvalvontaa. Kuviossa 35 on kuvattuna Ihalaisen Valmistustekniikka- kirjasta lainattu kuva mittavälineiden jäljitettävyyden ketjusta. Perusajatuksena on, että aina alemman ketjun mittanormaanin paikkaansa pitävyys on todettu vertaamalla sitä ylemmän ketjun mittanormaliin. Näin saadaan syntymään jäljitettävyyden ketju (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1985, 434–435).



KUVIO 35. Jäljitettävyyden ketju pituusmittauksissa. (Ihalainen ym. 2003, 435.)

**Mittakellojen asetuslaite.** Sisäpuolisten reikien halkaisijan tarkkoihin mittaamisiin käytettävien mittakellojen säätämiseen kuuluu tässäkin, kuten myös monissa muissakin yrityksissä, paljon aikaa. Ja vaikka tämä toimenpide voidaankin mieltää koneen jalostavalla ajalla tehtäväksi ulkoiseksi asetusajaksi, on mittakellon säätämisen tehostamisesta selvää hyötyä yritykselle. Tehostamiskeinona voitaisiin käyttää mittakellojen kalibroimiseen tarkoitettua asetuslaitetta, jossa on kaksi mittaleukaa, toinen kiinteä ja toinen säädettävä. Säädettävän leuan ja digitaalinäytön avulla leukojen väli säädetään haluttuun mittaan ja mittakello asetetaan leukojen väliin, jolloin mittakello voidaan säätää vastaamaan digitaalinäytön mittaa. Kuviossa 36 on nähtävissä yksi esimerkki mittakellojen asetuslaitteesta ja sen toimintaperiaatteesta. Sisäpuolisia reikiä koneistetaan yrityksessä, varsinkin sorveilla, paljon ja mittakellojen asetuslaitteen hankinta olisi erittäin hyvä tehostamiskeino.



KUVIO 36. Mittakellojen asetuslaite. (Precision Bore Gauges 2007. [Viitattu 30.3.2012].)

## 6.6 Mittavälineiden säilytys

Mittavälineiden säilytys herätti myös ajatuksia parannusehdotus- osioon. Yrityksessä ei ole kaappia tai muuta osoitettua paikkaa mittavälineiden säilytykselle. Näin työntekijä ei voi olla varma missä työpisteellä mittavälineet, tässä tapauksessa mittakellosarja, milloinkin on säilytyksessä. Osoitettu mittavälineiden säilytyspaikka poistaisi tätä ongelmaa ja lisäisi mittavälineiden käyttöikää niiden saadessa olla rauhassa omalla paikallaan, eikä muun tuotannon seassa työpisteellä. Mikäli säilytyspaikkoja olisi hallissa useampia, voisi mittavälineet merkitä esimerkiksi väritarralla, jolloin ne löytäisivät aina takaisin omalle säilytyspaikalleen. Työntömitat ovat yrityksessä operaattoreiden henkilökohtaisesti kuittaamia ja näin ollen niiden säilytys ja kunto ovat operaattoreiden omalla vastuulla. Tämä on ollut toimiva ratkaisu ja työntömitat ovatkin poikkeuksetta hyvässä kunnossa ja luotettavia. Lisäksi yrityksessä on käytössä muutama reikämikrometri, joiden säilytyspaikka voisi tulevaisuudessa myös olla mittakaapissa tai -hyllyssä.



## 6.7 CAM-järjestelmä

Tietokoneavusteisen valmistuksen lisäämisellä voidaan myös lyhentää asetusai-koja. Käytännössä tämä tarkoittaisi uusien työstöohjelmien laatimisen nopeutumista. Parhaassa tapauksessa asiakkaalta tulevasta 3D-piirustuksesta olisi mahdollista laatia suoraan työstöohjelma. Lisäksi työstökoneiden ohjelmointi olisi CAM-järjestelmän avulla mahdollista siirtää niin kutsuttuun "offlineen", jolloin ohjelmointi voidaan suorittaa tietokoneella edellisen työvaiheen aikana. Tällöin koneen käytösuhde paranee huomattavasti.

CAM-järjestelmän avulla saavutettavia etuja on nähtävillä myös muualla kuin ase-tustyössä. Aikaisemmin liian monimutkaiset työstöradat on helppo laatia ja näin ollen päästään myös tarjoamaan monimutkaisempien kappaleiden työstöä, jolloin voidaan saavuttaa kilpailuetua. Lisäksi asiointi joidenkin asiakkaiden kanssa hel-pottuu, kun asiakkaat saavat tietoonsa CAM-järjestelmässä käytettävän tiedosto-formaatin. Näin he voivat lähettää työkuvansa tietyllä formaatilla ja luottaa nope-aan palveluun tarjosten ja itse työstettävien kappaleiden osalta. CAM-järjestelmää voidaan käyttää apuna myös tarjouslaskennassa, koska sen avulla työstöradat on mahdollista simuloida ja näin saadaan selville kappaleen vaatima työstöaika.

Ongelmaksi CAM-järjestelmän käyttöönotossa muodostuisi varmasti aluksi koke-mattomuus järjestelmän käytöstä. Muutosvastarinta todennäköisesti haittaisi uu-den järjestelmän oppimista. Olisihan kyse osaksi vanhojen työskentelytottumusten hylkäämisestä. Tämän ongelman ratkaisu löytyisi varmasti riittävän koulutuksen kautta, jolloin työstökoneiden operaattorit pääsisivät näkemään CAM-järjestelmän tuomat hyödyt.

## **7 SUUNNITELMA EDELLEEN KEHITTÄMISELLE**

Edelleen kehittämisen tavoitteista ja jatkosuunnitelmista sovittiin yhdessä koneistamon käyttöpäällikön kanssa. Edelleen kehittämisen pohjana käytettiin parannusehdotus- osiossa esiin tulleita asioita. Yrityksellä on selkeästi tavoitteena jatkuvasti kehittää toimintaansa ja lisätä kilpailukykyänsä aina vain kiristyvässä kilpailussa. Yrityksen antaessa itsestään kuvan, että toimintaa kehitetään jatkuvasti ja ennen kaikkea suunnitelmallisesti, ei se voi olla vaikuttamatta asiakkaiden toimittajapäätöksiin muuten kuin positiivisesti. Olipa kyse sitten asetusajojen lyhentämisestä, tai muusta toiminnan tehostamisesta, on nykypäivän yritysten jatkuvasti pakko ponnistella saavuttaakseen parannuksia. Varsinkin alihankintakoneistus on tänä päivänä erittäin kilpailtu teollisuudenala, jossa pärjätäkseen on oltava jatkuvasti hereillä ja kehitettävä toimintaansa. Muussa tapauksessa työt pikkuhiljaa kaatoavat tuotantoprosessinsa paremmin hallitsevan kilpailijan tehtäviksi.

### **7.1 Asetustyön videokuvaaminen**

Asetustyön videokuvaamisesta ulkoisen ja sisäisen asetusajan erottamiseksi pidettiin yrityksessä hyvänä mahdollisuutena tehdä asioita hieman totutusta poiketen ja herättää ajatuksia tehostamistyön tärkeydestä. Tällä tavoin tosiaankin olisi mahdollista vaikuttaa myös operaattoreiden näkemyksiin asetustyön tehokkuudesta ja ohjata heitä tekemään oikeita asioita tehokkaasti. Varsinkin valmistelevan työn tärkeyttä voisi tällä tavalla osoittaa myös operaattoreille. Videokuvaaminen päätettiin toteuttaa kevään tai kesän 2012 aikana.

### **7.2 Työstökeskusten työkalujen esiasetuspaikka**

Työstökeskusten esiasetuspaikasta todettiin, että sijaintinsa vuoksi se aiheuttaa työpäivän aikana tarpeetonta liikkumista työkalujen säilytyspisteen ja esiasetuspaikan välillä. Koska työstökeskuspuolelle ei ole lähitulevaisuudessa tulossa uusia investointeja, jotka aiheuttaisivat lay-out muutoksia, päätettiin jokaiselle kolmelle työpisteelle hankkia oma esiasetuspenkki. Operaattoreiden on näin ollen helppo

tehdä asetusta koneen läheisyydessä edellisen työvaiheen aikana ilman että kone on pysähdyksissä asetustyön aikana. Uudet esiasetuspenkit päätettiin pyrkiä hankkimaan Työkalupalvelu Oy:n valikoimasta. Uusimmalla vuonna 2011 hankitulla Haas-työstökeskuksella tällainen ratkaisu on jo olemassa, koska se oli jo tehtaalla valmiiksi integroituna koneeseen.

### **7.3 Työpisteiden järjestäminen**

Työpisteiden järjestäminen pilottityöpisteen osalta päätettiin toteuttaa mahdollisimman pian, heti työkiireiden antaessa sen verran periksi, että järjestämisen toteutus on mahdollista. Mahdolliset hylly- ja laatikostoinvestoinnit pyritään hankkimaan Gigant Työpisteet Oy:n valikoimasta, josta yritys on yleensä muutenkin hankkinut työpisteillä tarvittavat säilytysratkaisut. Gigant Työpisteet Oy tarjoaa myös mahdollisuutta kokeilla ennakkoon työpisteen toimivuutta Gigant 3D visuaalisen apuvälineen avulla. Tämä on erinomainen keino kokeilla eri vaihtoehtoja ennen ostopäätöstä (Räätälöity työpiste 2008).

Työpisteen järjestäminen sovittiin hoidettavaksi yhteistyössä kyseisen työpisteen operaattoreiden kanssa, jolloin myös heille tarjoutuu mahdollisuus sanoa mielipiteensä. Sovittiin, että työvälineet inventoidaan ja työpisteet auditoidaan sopivaksi katsotuin aikavälein. Yrityksellä on olemassa lista jo olemassa olevista työkaluista ja tämän listan avulla inventointi on helppo suorittaa.

### **7.4 Työkalujen esiasetuslaite**

Työkalujen esiasetuslaitteen soveltuvuudesta ainakin työstökeskuspuolelle oltiin koneistamon käyttöpäällikön kanssa yhtä mieltä. Yrityksellä on jo olemassa jotain tarvikkeita joiden avulla voitaisiin rakennella itse mekaaninen työkalujen esiasetuslaite, kuten kivipöytä ja jo aktiivisesta käytöstä poistettu ennen korkeusmittana käytetty digitaalinen mittajalka. Nämä tarvikkeet näkyvät kuviossa 37. Lisäinvestointina tarvittaisiin ainoastaan työkalun pidin, jossa työkalua pidetään mittauksen aikana ja jossa olisi työstökeskuksen karan nollakohtaa vastaava kalibrointi kohta, johon esiasetuslaite voidaan nollata. Työstökeskuspuolella valmistettavat kappa-

leet ovat yleensä tarkkuudeltaan sellaisia, että kahdenkin millin kymmenesosan tarkkuus on esiasetuslaitteelle varmasti aivan riittävä. Tällä mittajalan avulla toteutettavalla menetelmällä saadaan ainoastaan työkalun pituusmitta esiasetettua, mutta tämäkin olisi edistystä ja työkalujen halkaisijatietoa tarvitaan yleensä ainoastaan avarrin työkalujen säätämisessä ja avarrusvaihetta vaativaa työtä on työstökeskuspuolella niin vähän, että täysin uudella esiasetuslaitteella ei tässä asiassa saavutettaisi kovin suurta hyötyä suhteessa investoinnin hintaan verrattuna siihen, että käytetään olemassa olevia kivipöytä ja mittajalkaa sekä hankitaan ainoastaan työkalunpidin. Yhdessä käyttöpäällikön kanssa sovittiin, että tarkastellaan ensin tilannetta nykyisten laitteiden ja menetelmien soveltuvuudesta työkalujen esiasetteluun ja sen jälkeen päätetään lisäinvestoinneista kokonaan uuden esiasetuslaitteen osalta.



KUVIO 37. Kivipöytä ja digitaalinen mittajalka työkalujen esiasetukseen.

## 7.5 Mittavälineiden säilytys

Mittavälineiden säilyttämisen parantamiseksi päätettiin, että yritykseen hankitaan edelleen Gigant Työpisteet Oy:n valikoimasta sopiva kaappi tai hylly mittavälineiden säilyttämistä varten. Itse kaapin tai hyllyn tuleva säilytyspaikka on edelleen epäselvä ja vaatii vielä hieman lisäselvittelyä, mutta todennäköinen paikka tulee olemaan teräpala- automaatin läheisyydessä, jolloin se ei sijaitisi suoraan tuotan-

totiloissa ja mittavälineet eivät näin ollen olisi pölyisissä olosuhteissa ja pysyisivät varmasti paremmassa kunnossa pidempään. Päätökset ja toteutus mittavälineiden säilytyspaikan suhteen tullaan tekemään syksyn 2012 aikana. Samalla voidaan myös inventoida mittavälineet, jolloin havaitaan mahdolliset vioittuneet välineet ja voidaan arvioida lisäinvestointien tarve.

## **7.6 Mittakellojen asetuslaite**

Mittakellojen asetuslaitteen avulla saavutetut hyödyt ovat helposti nähtävillä mittakellojen säätöön kuluvan ajan lyhentymisellä ja sen hankinta päätettiin toteuttaa mahdollisimman pian. Ennen hankinnan toteutusta täytyy kuitenkin tehdä tarjouskyselyt kyseisten laitteiden toimittajille ja valita näistä yritykselle sopivin vaihtoehto sekä käytettävyyden ja hinta/laatusuhteen osalta. Tutkimus laitteen hankintaa koskien päätettiin aloittaa jo kevään 2012 aikana kartoittamalla ensin laitteen eri toimittajia. Mittakellojen asetuslaite on syytä sijoittaa siistiin paikkaan pois tuotantokoneiden välittömästä läheisyydestä, jolloin sen toimintavarmuus säilyy hyvänä. Paikan valitsemiseen on syytä kuitenkin keskittyä vasta, kun toimittajilta on saatu tietoa laitteen koosta ja säilytysvaatimuksista.

## **7.7 CAM-järjestelmä**

CAM-järjestelmän käyttöönottoa on yrityksessä pohdittu jo aikaisemminkin ja sen käyttömahdollisuuksia on kartoitettu muun muassa siten, että koneistamon toimihenkilöt käyneet CAM-seminaarissa. Pari vuotta sitten on yrityksessä tehty myös opiskelijatyönä tutkimusprojekti CAM-järjestelmän soveltuvuudesta yrityksen käyttöön. Käyttöpäällikön kanssa käydyssä keskustelussa todettiin, että CAM-järjestelmän tuomat hyödyt eivät nykyisten tuotannossa olevien kappaleiden mukana tule riittävän hyvin esille ja näin ollen saavutettavat hyödyt eivät ole suhteessa investoinnin hintaan. Yrityksen työstämät kappaleet eivät ole niin monimutkaisia ja koneet eivät sisällä niin montaa akselia, että CAM-järjestelmän käyttö olisi ehdotonta. Sen sijaan keskustelu kääntyi mahdollisuuteen tehdä työstöohjelmia niin kutsutulla työstökoneen BackEdit-puolella. Tällä tarkoitetaan sitä, että koneen

työstäessä kappaleita pystytään työstökoneen käyttöliittymään avata taustaeditori, jossa ohjelmointi on mahdollista ilman että kone pysäytetään. Päätettiin, että tämän mahdollisuuden käyttöä pyritään painottamaan operaattoreille, jotta he käyttäisivät ohjelmoinnissa taustaeditoria edellisen työvaiheen aikana aina kun se vain on mahdollista. Lisäksi keskustietokoneelle lähetettyjä ohjelmia on mahdollista muokata tietokoneen päätteellä editorin avulla. Tätä mahdollisuutta käytetäänkin jo sillä tavalla, että mikäli työstökoneella ei ole mahdollista kirjoittaa ohjelmaan esim. piirustus- ja työkalutietoja, käydään ne lisäämässä lähetyksen jälkeen keskustietokoneen editorilla.

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön keskeisimpänä teorian sovelluksena oli sisäisen ja ulkoisen asetusajan erottamisen periaatteen ymmärtäminen ja sen pohjalta tehtyjen toimenpiteiden toteuttaminen ja parannusehdotusten pohtiminen. Kaikki asetustyön toimenpiteet voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen asetusaikaan. Näiden ymmärtäminen ja toisistaan erottaminen on asetustyön tehostamisessa ja asetusaikojen lyhentämisessä ensiarvoisen tärkeää. Tähän liittyen myös valmistelutyön tärkeys nousee tärkeään asemaan. Ilman huolellista asetusten valmistelua ei sisäistä asetusaikaa saada lyhennettyä mahdollisimman lyhyeksi. Myös asetustyön vakioimiseen tarkoitetut esiasetusohjeet ovat hyvä esimerkki teorian sovelluksesta käytäntöön. Ilman asetustyön vakiointia voi jatkokehittäminen olla myöhemmin tulevaisuudessa vaikeaa.

### 8.1 Tulosten tarkastelu

Eittämättä suurimmat ja näkyvimvät vaikutukset asetusaikojen lyhentämiseen saavutettiin sorvien leukapalojen vaihtamiseen hankituilla mutterinvääntimillä. Tehdäessä vertailua käsin ja mutterinvääntimellä tapahtuvan leukapalojen vaihtotyön välillä, saatiin pulttipyssyä käyttämällä vaihtotyöhön kuluvesta ajasta keskimäärin 2 minuuttia pois. Jos ajatellaan, että yrityksellä on toimitusrivejä 3500 kpl/vuosi ja jokainen toimitusrivi sisältää keskimäärin kaksi vaihetta, jolloin sorvin leukapaloja on vaihdettava, tulee leukapalojen vaihtoja yrityksessä noin 7000 kpl/vuosi. Käyttämällä mutterinvääntimiä entisen kuusiokoloavaimen sijaan säästetään aikaa noin 233 tuntia/vuosi. Tätä ajan säästöä voidaan ajatella esimerkiksi vapautuneena kapasiteettina. Vaikka tässä opinnäytetyössä onkin keskitytty pääosin ainoastaan ajan säästöön asetusaikoja lyhentämällä, voidaan silti ajatella tämän 233 tunnin tuomia rahallisia säästöjä yritykselle. Käyttämällä konetuntihintana esimerkiksi 50 €/h, saavutetaan noin 11 500 euron vuosisäästöt. Tällä tavalla on mahdollista huomata asetusajan lyhentämisen tuomat säästöt. Tietenkään näillä saavutetuilla säästöillä ei ole juurikaan merkitystä mikäli vapautunutta kapasiteettia ei saada hyötykäyttöön uusien töiden tai vastaavien muodossa.

Muista opinnäytetyön aikana tehdyistä parannuksista ei ole tässä vaiheessa esittää yhtä selkeää ajallista tai rahallista säästöä, vaan esimerkiksi esiasetusohjeiden käytön ja leukapalojen merkitsemisen tuomat hyödyt tulevat näkymään pitkällä aikavälillä, kun niiden käyttöä jaksetaan ja muistetaan pitää yllä. Esiasetusohjeiden käytöllä saadaan pidemmällä aikavälillä parannettua työntekijöiden liikkuvuutta työpisteeltä toiselle, sillä jokaisen työn jokaista vaihetta ei tarvitse muistaa ulkoa, vaan tarvittavat tiedot esimerkiksi ohjelman origon asetuksesta löytyvät esiasetusohjeesta. Mahdollisuus vaihtaa halutessaan työpistettä vähentää työn yksitoikkoisuutta työtehtävien ja työkoneiden vaihtuessa ja parantaa varmasti työssäviihtymistä. Opinnäytetyön alkuvaiheessa oltiin kerran tilanteessa, jossa uudelle työlle ensimmäisen asetuksen tehnyt ja koko ensimmäisen tuote-erän valmistanut operaattori oli lomalla ja yrityksen muut operaattorit eivät tieneet, millä työstöohjelmalla ja millä kiinnittimellä työ oli tehty. Operaattori saatiin myöhemmin puhelimella kiinni, mutta aikaa kului aivan turhaan, koska ongelma olisi ratkennut esiasetusohjeen avulla.

Parannusehdotusten avulla saavutetulle ajan säästölle voidaan suunnitella mittarit, joiden avulla parannusten toteutumista on helpompi seurata. Nykytilan kartoituksen yhteydessä täytetyistä asetusajkojen seurantalistoista nähdään suuntaa paljonko asetustyöhön on käytetty aikaa tiettyjen tuote-erien kohdalla. Myös seurantalistojen avulla laskettua asetustyöhön keskimäärin käytettyä 36,8 minuuttia voidaan pitää parannusten lähtökohtana. Parannusehdotusten toteutuksen jälkeen nykytilan kartoitus voidaan toistaa samalla tavalla ja näin saadaan vertailupohjaa ennen-ja-nyt-tilanteesta. Videokuvauksen mittareiden luominen on helppoa, sillä nykytilan kartoitus tapahtuu videokuvaa tutkittaessa. Tästä on nähtävissä suoraan asetustyöhön kuluva aika. Tehtyjen toimenpiteiden jälkeen asetustyö kuvataan uudestaan ja tästä on nähtävissä, paljonko asetustyöhön kuluva aika on lyhentynyt. Myös läpäisyajan muutosta voidaan seurata tuotannonohjausjärjestelmästä saatavan tiedon avulla. Tämä mittari ei kuitenkaan kerro koko totuutta asetusajkojen lyhentymisestä, koska se ei huomioi muita mahdollisesti muuttuvia tekijöitä ja odotuksia työvaiheiden välillä.



## 8.2 Tavoitteiden täytyminen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää menetelmiä ja ratkaisuita, joiden avulla asetustyöhön kuluva aikaa voidaan lyhentää. Mitään ajallista tai rahallista tavoitetta työlle ei asetettu, vaan kaikki saavutetut parannukset ja asetusaajan lyhennykset olivat tervetulleita. Tavoitteiden täyttymistä kuvaa kuitenkin ehkä parhaiten tutkimuksen johdosta syntynyt tieto, jota yritys voi jatkossa hyödyntää kehittäessään edelleen kilpailukykyään.

Tavoitteena olleita menetelmiä löydettiin ja niiden käyttöä sovellettiin myös käytäntöön. Osa löydetyistä menetelmistä siirrettiin parannusehdotuksiksi myöhempää käyttöä ja tutkimusta varten. Asetusaikaa saatiin lyhennettyä ja mikä vielä tärkeämpää, herätettyä myös operaattoreissa ja toimihenkilöissä kiinnostusta asetustyön edelleen kehittämiseen. Keskustelut operaattoreiden kanssa antoivat molemmin puolin paljon uutta informaatiota, niin käytännön kuin teoriantakin tasolla.

Eräs huomion arvoinen asia, joka tuli esiin CAM-ohjelman käyttömahdollisuuksien kartoittamisen yhteydessä on työstökoneiden ohjelmointi BackEdit-puolella. Ohjelmointi tällä puolella on mahdollista myös sarjatyön aikana, vaikka koneen las-  
tuava-aika olisikin lyhyt. Työstöohjelman pystyy käynnistää uudestaan ilman, että BackEdit-puolelta tarvitsee poistua. Tämän mahdollisuuden käyttöä olisi vielä enemmän painotettava operaattoreille, sillä jos ohjelmointityötä saadaan siirrettyä koneen jalostavan työn aikana tapahtuvaksi toiminnoksi, uusien töiden sisäänajo-aika lyhenee melko paljon. Samalla menetelmällä voidaan tarkistaa ja tehdä korjauksia jo olemassa oleviin ohjelmiin. Koska tämä mahdollisuus on jo mukana työstökoneen käyttöliittymässä voidaan tällä tavoin saada CAM-järjestelmän tuomia etuja ohjelmoinnista "off-line-tilassa" ilman kallista investointia.

## 9 OMAT POHDINNAT

Eräässä asetusajokojen lyhentämistä käsittelevässä artikkelissa oli asetustyön tehostamisen tärkeys kuvattu osuvasti autourheilun maailmaan liittyvällä esimerkillä. Hieman soveltaen käytän samankaltaista esimerkkiä myös tämän opinnäytetyön perusajatuksen summaamisessa. Koneistustoiminnasta puhuttaessa voidaan tuote-erän valmistamista verrata vaikkapa formula-auton kilparadan kiertämistä vastaavan toimintoon ja uuden tuote-erän vaihtuessa asetusten tekoa varikolla käyntiin. Formulan tullessa varikolle kaikki varikkomiehet tietävät tarkasti oman paikansa ja työtehtävänsä ja kaikki tarvittava on valmiina käden ulottuvilla. Tulosta tuskin syntyisi kilparadalla, mikäli formulan tullessa varikolle varikkomiehet alkaisivat pikkuhiljaa kerätä tarvitsemiaan työvälineitä, hakemaan renkaita niiden säilytyspaikasta ja suoristelemaan polttoaineletkua. Aivan kuten kilpa-autoilussakin, on tuotantolaitosten välisessä kilpailussa parhaiten varikolla onnistunut tiimi yleensä vahvoilla myös koko kilpailussa.

Jos kuvitellaan tilannetta, jossa yritys on päässyt tavoiteltuun 0-asetusaikaan, jolloin asetus aika on niin lyhyt ettei sillä ole merkitystä eräkokoan. Tällöin yrityksellä on mahdollista valmistaa tuotteitansa aina ainoastaan seuraavan päivän tarpeita varten ilman ylimääräistä varastointia. Tällöin pääoman sitoutuminen varastoihin on vähäistä, varastojen ennen vaatimat tilat voidaan täyttää uusilla työstökoneilla tai jopa mahdollisesti vuokrata alivuokralaiselle, ja mikä tärkeintä asiakkaiden tarvitsee ilmoittaa ainoastaan seuraavan päivän tarpeensa, eikä monen viikon tarpeita. Tällainen mahdollisuus vähentää tuotannonohjaustarvetta myös asiakkaan puolella, joten heidän tilauksensa todennäköisesti ennen pitkää suuntautuvat yritykseen, jonne tarvitsee ilmoittaa lyhyemmän aikavälin tarpeet. Muutenkin suuntaus alihankintakoneistus alalla on se, että eräkoot ovat pienentyneet viimeisten vuosien aikana ja tulevat varmasti vastaisuudessa pienenemään edelleen. Tätäkin taustaa vasten ajateltuna on asetustekniikkaan panostettava, jotta asetusajoja saadaan entisestään lyhennettyä.

Kaiken kaikkiaan asetusajokojen lyhentämisen tutkiminen on ollut todella mielenkiintoinen ja antoisa opinnäytetyön aihe ja vaikka opinnäytetyössä käsiteltiinkin pelkästään koneistuksen asetusajokojen lyhentämistä, samat ulkoisen ja sisäisen

asetusajan periaatteet pätevät alaan katsomatta kaikenlaisessa valmistuksessa, jossa tuotteita valmistetaan erissä ja tuote-erän vaihto edellyttää toimenpiteitä ennen kuin seuraavaa erää päästään valmistamaan. Ja samoin joka alalla asetusajojen lyhentämisellä saavutetaan tehokkuuden kasvua koneiden ollessa pysähdyksissä ja pois tuottavasta työstä mahdollisimman vähän aikaa.

## LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY.
- Ansaharju, T & Maaranen, K. 1997. Koneistus. Porvoo: WSOY.
- Birmingham, F. & Jelinek, J. 2007. Quick changeover simplified: The manager`s guide to improving profits with SMED. New York: Productivity Press, a division of The Kraus Organisation Limited.
- Burman, R. 1995. Manufacturing Management: Principles and Systems. London: McGraw-Hill International (UK) Limited.
- Harmon, R. L. & Peterson, L. D. 1990. Reinventing the factory: productivity breakthroughs in manufacturing today. New York: The Free Press. A Division of Macmillian, Inc.
- Haverila, I., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Helsinki: Infacst Oy.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2003. Valmistustekniikka. Otatieto.
- Järvinen, P. 2001. Onnistu esimiehenä. Helsinki: WSOY.
- Krajewski, L. & Ritzman, L. 2005. Operation management: Processes and Value Chains. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Kuivila, S. Veljekset Ala-Talkkari Oy. Käyttöpäällikkö. Haastattelu 27.2.2012.
- Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas. Tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, tuotantotekniikan laitos.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Liker, J. K. 2004. Toyotan tapaan. Mcraw-Hill.
- Metalliteollisuuden keskusliitto, MET. 2001. 5 S. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus.
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Opetushallitus.

- Pikkarainen, E. 1999. NC- tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- Sakki, J. 2003. Tilaus- toimitusketjun hallinta. Espoo: Jouni Sakki.
- Stevenson, W.J. 2009. Operations Management. New York: Mcraw-Hill/Irwin, a business unit of The Mcraw-Hill Companies, Inc.
- Tiainen, J. 1996. JOT - tie tulevaisuuteen ja menestykseen. Kuhmo: Kuhmon kirjapaino Oy.
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. Helsinki: Readme.fi.
- Utter, K. 2010. 5S- menetelmän hyödyntäminen palvelukeskuksen tuotannossa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Paperiteknologian koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Camfix. 2012. [WWW-dokumentti]. Iscar Ltd. [Viitattu 13.4.2012]. Saatavana: <http://www.iscar.fi/ProductLines/ProductLineSubDetail.asp/CountryID/1/ProductLineSubDetailID/981>
- Camtek. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. WinCAM Sorvaus. Camtek Oy. [Viitattu 16.3.2012]. Saatavana: <http://www.camtek.fi/wincam-ohjelmisto/wincam-sorvaus>
- Click&Change. 2006, 2007. Click Change insert holders. Click Change Systems Inc. [Viitattu 29.2.2012]. Saatavana: <http://www.clickchange.com/#>
- Coromant Capto Systems. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti] Sandvik Coromant. [Viitattu 12.3.2012]. Saatavana: [http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/technical\\_guide/tool\\_holding\\_machines/application\\_overview/machines\\_tooling\\_systems/multi\\_task\\_machines/pages/coromant-capto%C2%AE-systems-%E2%80%93-the-best-solution-for-multi-task-machines.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/technical_guide/tool_holding_machines/application_overview/machines_tooling_systems/multi_task_machines/pages/coromant-capto%C2%AE-systems-%E2%80%93-the-best-solution-for-multi-task-machines.aspx)
- Design Systems Inc. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Design Systems Inc. [Viitattu 18.3.2012]. Saatavana: <http://designsysinc.com/home.html>
- Esiasetuslaitteet. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Linna-Trade. [ Viitattu 14.3.2012]. Saatavana: <http://www.linnatrade.fi/esiasetuslaitteet.php>
- Hakola, J. 22.2.2001. Joustavat valmistusjärjestelmät. [WWW-dokumentti]. Teknillinen korkeakoulu. [Viitattu 1.3.2012]. Saatavana: <http://users.tkk.fi/jphakola/kptseminaari/fms.html#luku5.3>
- Kamasa Mutterinväännin. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Virtasen Moottori Oy. [Viitattu: 30.3.2012]. Saatavana:

[http://www.virtasenskauppa.fi/tuote/62995/pulttipyssyt/kamasa-mutterinvaannin-1\\_2\\_-310-nm](http://www.virtasenskauppa.fi/tuote/62995/pulttipyssyt/kamasa-mutterinvaannin-1_2_-310-nm)

Kappaleen kohdistus ja suuntaus. 2002. [WWW-dokumentti]. Tampereen kaupunki. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavana: <http://koulut.tampere.fi/materiaalit/valimo2/suuntaus3.htm>

Kiinnitysvoimat. 2002. [WWW-dokumentti]. Tampereen kaupunki. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavana: <http://koulut.tampere.fi/materiaalit/valimo2/voimat3.htm>

Kitinoja, K. [xxx.xxx@xxx.fi](mailto:xxx.xxx@xxx.fi) 11.3.2012. Kommentteja opinnäytetyöhön. [Henkilökohdainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Juha Ylivinkka. [Viitattu 14.3.2012].

Konemetalli. 2011. Palvelut. [WWW-dokumentti]. Lappeenrannan konemetalli Oy. [Viitattu 17.3.2012]. Saatavana: <http://www.konemetalli.fi/index.php/palvelut.html>

Maketek Oy. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Pystykaraiset koneistuskeskukset. [Viitattu 17.3.2012]. Saatavana: [http://www.maketek.fi/index.php?group=00000236&mag\\_nr=9](http://www.maketek.fi/index.php?group=00000236&mag_nr=9)

OK-Vise. Ei päiväystä. Rotary pallet system. [WWW-dokumentti]. OK-Vise Oy. [Viitattu 17.3.2012]. Saatavana: <http://www.ok-vise.com/fi/rotary-pallet-system/rotary-pallet-system>

Peltonen, A. 1998. Jalostusarvon merkitys käytännön tasolla. [WWW-dokumentti]. Opetushallitus. Saatavana: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html>

Precision Bore Gauges. 2007. [WWW-dokumentti]. Metrology Direct. [Viitattu 30.3.2012]. Saatavana: <http://www.measureshop.biz/en/measuring-instruments/dial-bore-and-depth-gauges/precision-bore-gauges/digital-setting-device-for-precision-bore-gauges-with-electronic-measuring-range-system.html>

Räätälöity työpiste. 2008. [WWW-dokumentti]. Gigant Työpisteet Oy. [Viitattu 27.3.2012]. Saatavana: <http://www.gigant.fi/>

Seco Tools. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Asteg sales. [Viitattu 17.3.2012]. Saatavana: <http://www.asteg.com/07metalcut/secotools.htm>

Tool Boy. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Seco Tools. [Viitattu 17.3.2012]. Saatavana: <http://legacy.secotools.com/template/start.asp?id=13361>

Unilock. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Big Kaiser Precision tool inc. [Viitattu 16.3.2012]. Saatavana: <http://www.bigkaiser.com/unilock.php>

Veljekset Ala-Talkkari Oy, 2011. Veljekset Ala-Talkkari Oy:n yritysesittely. [verkkodokumentti]. Veljekset Ala-Talkkari Oy. [1.12.2011]. Saatavana: <http://www.alatalkkari.fi/>

Zerointsystems. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Zeroint systems GmbH. [Viitattu 1.2.2012]. Saatavana: <http://www.zerointsystems.at/default.asp?lid=2&frs=210>

# LIITTEET

## LIITE 1 Esiasetusohje

### Esiasetusohje

**ALA • TALKKARI**

Asiakas \_\_\_\_\_  
 Nimitys \_\_\_\_\_  
 Piir.nro \_\_\_\_\_  
 Ohj.nro \_\_\_\_\_






Kone \_\_\_\_\_

Tkl Nro	Työkalun nimi	HUOM

Työohje:



## LIITE 2 Työmääräin

<b>ALA • TALKKARI</b>									
<b>TYÖMÄÄRÄIN 41888</b>									
mantan 1/1 29.03.12 11:37									
Nimiketunnus/Nimi/Piir.nro/Tekn.nimi/versio					Valm.määrä		Varasto/Vp/Projekti		Valm.nro
					100,0 kpl		Puolivalmist Hellanmaa		0
Vnro	Vaihe	Aloituspvm	Lopetuspvm	Vaihemäärä			Pusk.aika		
10	sahaus enintään 1 mm päänoikaisuvaraa	28.03.12 11:15	28.03.12 12:01	100,0 kpl			2,0 Vrk		
	2209009	Knro Kuormitusryhmä	Asetusaika	Yksikköaika			Kok.aika	A	M
		10 koneet 1, 2 ja 3	10,0 Min.	46,0 Sek.			1,444 h	X	X
Onro	Nimiketunnus/Nimi/Tekn.nimi/Piir.nro/versio	Aset.määrä	Yks.määrä	Kok.määrä			Varasto/Vp	Aut	Avain
10	52840 Automaatti Rikitetty Ø 40 mm Vedett		0,167	17,535 m					
Vnro	Vaihe	Aloituspvm	Lopetuspvm	Vaihemäärä			Pusk.aika		
20	sorvaus kone 22 ohjelma 2	30.03.12 12:01	30.03.12 16:44	100,0 kpl			1,0 Vrk		
	2209011	Knro Kuormitusryhmä	Asetusaika	Yksikköaika			Kok.aika	A	M
		10 22 Doosan Lynx 22	25,0 Min.	102,0 Sek.			3,25 h	X	X
Vnro	Vaihe	Aloituspvm	Lopetuspvm	Vaihemäärä			Pusk.aika		
30	sorvaus kone 22 ohjelma 8	30.03.12 16:44	30.03.12 22:00	100,0 kpl			1,0 Vrk		
	2209013	Knro Kuormitusryhmä	Asetusaika	Yksikköaika			Kok.aika	A	M
		10 22 Doosan Lynx 22	25,0 Min.	115,0 Sek.			3,611 h	X	X