



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KONEISTUKSEN ASETUSTYÖN KEHITYS PIENSARJATUOTANNOSSA

TEKIJÄ

Oleg Pelgonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Oleg Pelgonen	
Työn nimi Koneistuksen asetustyön kehitys piensarjatuotannossa	
Päiväys	14.4.2014
Sivumäärä	37
Ohjaaja lehtori Anssi Suhonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Hydroline Oy / tuotannonkehityspäällikkö Burak Kirman	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää hydraulikkasynterituotantoa tutkimalla menetelmiä ja laatimalla tuotteiden valmistusdokumentaatiot. Työn lähtökohtana oli Hydroline Oy:n Puolan-yksikön toiminnan käynnistäminen ja siihen liittyvät toimenpiteet sylinterituotannon aloituksen nopeuttamiseksi. Opinnäytetyö oli osa Hydroline Oy:n kansainvälistymisprojektia, ja työssä saadut tulokset tulevat käyttöön Puolan tuotantoyksikössä. Opinnäytetyönä tehdyn valmistusdokumentaation tavoitteena oli vähentää asetustyön määrää sylinteriputkien ja -varsien sorvauksessa. Dokumentaation tavoitteena oli myös helpottaa uuden henkilöstön perehdyttämistä sylinteriosien valmistamiseen kahdella käytössä olevalla CNC-monitoimisorvityypillä, jotka ovat vinojohteinen FAT FCT-700 ja lineaarijohteinen FAT TUR MN 630.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin useita erilaisia tuotoksia uuden erän koneistuksen aloittamisen nopeuttamiseksi kahdella edellä mainitulla työstökonemallilla. Ensimmäisenä luotiin Excelillä kolme erilaista piirretaulukkoa, joista ilmenee optimaalinen tuotantoerien valmistusjärjestys, joka minimoi asetuksen määrää. Piirretaulukoihin on kirjattu muun muassa työkappaleiden ulkomitat, tarvittavat koneistustyökalut ja mittausvälineet. Piirretaulukoita tehtiin kahdelle sylinteriputkimallille sekä yhdelle sylinterivarsimallille. Seuraavaksi luotiin asetuskorttipohja, joka on tarkoitettu koneistajan täytettäväksi. Kortti täytetään asetustyön vakioimiseksi ja turvallisen työn suorituksen varmistamiseksi. Asetuskortti sisältää tuotekohtaiset koneistustyökalujen asetustiedot, kappaleen kiinnitystiedot ja tarvittavat mittausvälineet. Työssä laadittiin kirjalliset ja kuvalliset asetusohjeet kahdelle konetyypille kahden sylinteriputkimallin asetuksen. Kirjallisissa ohjeissa kuvataan työn kulku vaihe vaiheelta uuden erän aloituksesta ensimmäiseen valmiiseen kappaleeseen. Kirjallisista ja kuvallisista ohjeista voi tarkastaa oikeat asetus- ja kiinnitystavat, jotka varmistavat turvallisen työn suorittamisen ja halutun laadun aikaansaamisen jo ensimmäisessä sorvatussa kappaleessa. Lopuksi kahdelle konemallille tehtiin piirre- ja toimintakuvaukset, jotka helpottavat ohjeiden ymmärtämistä.</p> <p>Tuloksina saatiin kolme erilaista tuotteiden piirretaulukkoa, asetuskorttipohja, kolme kirjallista ja kaksi kuvallista asetusohjetta sekä piirre- ja toimintakuvaukset kahdelle konetyypille. Kaikki tuotokset laadittiin suomeksi ja englanniksi.</p>	
Avainsanat koneistus, asetus, tuotanto, Lean, SMED, OEE, TPS	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Oleg Pelgonen			
Title of Thesis The Development of Machining Setup Work in Small Batch Production			
Date	April 14, 2014	Pages	37
Supervisor Mr Anssi Suhonen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Hydroline Inc. / Mr Burak Kirman, Production Development Manager			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to develop the production of hydraulic cylinders by researching methods and creating technical documentation. The project was part of the international program of Hydroline Inc. and the results of development work will be used in the plant in Poland. The main aim was to start up the production and related actions to speed up the startup of cylinder production in the new factory. The manufacturing documentation was made to reduce the amount of setup work in the machining of cylinder tubes and piston rods as well as to familiarize the new staff with the manufacture of cylinder parts with two CNC lathe types FAT FTC-700 and FAT TUR MN 630 being used.</p> <p>Different instructions were created to speed up machining a new batch with the two machine types for machining two cylinder tube models. First, three different feature tables were created by Excel. They show the optimal machining order that minimizes the amount of setups. For example the dimensions of work pieces, cutting tools and measuring equipment are indicated in the feature tables. Next, a blank setup card that should be filled by the machine operator, was made. It is filled for standardizing setup and to ensure safe working. The setup card includes product-specific information about cutting tool setups, mounting tips and the measuring equipment required. Then, written and graphic setup instructions for two machine types were made to setup two different cylinder tube models. In the written instructions the whole setup and machining process is shown step by step. The machine operator can check the correct setup and mounting methods which assure safe working and the required quality of production. Last, feature/action descriptions for two machine types were made to ease understanding documentation and instructions.</p> <p>As a result, three different feature tables, a blank setup card, three written and two graphic setup instructions and the feature/action descriptions for two machine types were made. All the documentation was made both in Finnish and English.</p>			
Keywords Machining, Setup, Production, Lean, SMED, OEE, TPS			
Public			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	HYDROLINE OY .....	6
3	TYÖKALUASETUS JA VALMISTUSERIEN SUUNNITTELU.....	9
3.1	Asetus.....	9
3.2	Koneistustyökalut.....	11
3.3	Asetustyökalut .....	12
3.4	Asetustyypit.....	12
3.5	Tuotteiden läpimenoaika .....	13
3.6	Tuotteen modulointi.....	15
4	TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEN TEOREETTISIA TYÖKALUJA.....	16
4.1	LEAN (TPS – Toyota Production System) .....	16
4.2	5S-menetelmä .....	19
4.3	Tuotannon kokonaistehokkuus (KNL/OEE).....	21
4.4	SMED-järjestelmä .....	22
4.5	Optimaalinen eräko (EOQ-Economic Order Quantity) .....	23
5	TEKNISEN DOKUMENTAATION LUOMINEN JA KEHITTÄMINEN.....	24
5.1	Tavoitteet.....	24
5.2	Dokumentaatio .....	24
5.2.1	Piirretaulukot .....	24
5.2.2	Asetuskortti .....	25
5.2.3	Kirjalliset ja kuvalliset asetusohjeet .....	26
5.2.4	Työstökoneiden kuvaukset.....	26
5.3	Työtehtävät työstön aikana .....	26
6	TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEN TEKNISIÄ TYÖKALUJA .....	28
6.1	Yhdistelmätyökalut.....	28
6.2	Pikavaihtotyökalut.....	29
6.3	Teräpalojen pikavaihto .....	30
6.4	Väriäväimennetut työkalut .....	31
7	JATKOTOIMENPITEET .....	33
8	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET .....	36

## 1 JOHDANTO

Viime vuosina koko Suomen teollisuus on kokenut vaikeita aikoja ja moni yritys on karsiutunut markkinoilta heikon kustannustehokkuden vuoksi. Valmistuksen taloudellisuus on noussut keskeiseksi toiminnan kilpailukyvyyn määrittämisessä. Suomessa toimintaa harjoittavat yritykset eivät voi kilpailla monen muun maan kanssa työn tai raaka-aineiden hinnoittelussa, joten hyvän markkina-aseman saavuttaminen tai sen ylläpitäminen vaatii onnistuakseen muita keinoja.

Suomessa on osaavia teollisuuden alojen ammattilaisia, joiden koulutukseen valtio on sijoittanut rahaa saadakseen sijoitukselleen tuottoa menestyksekkään toiminnan myötä. Lisäksi kilpailukyvyyn tärkeäksi osa-alueeksi voidaan nimetä laatu. Laadun tuottaminen vaatii koulutuksen ja osaamisen lisäksi valvontaa. Vaativissa valmistustehtävissä työskentelevien ihmisten säännöllinen pätevyyden tarkastaminen on mahdollisuus ennakoida ja karsia laatuhävikkiä, mikä nopeuttaa tuotantoa, parantaa toimitusvarmuutta ja määrittää yrityksen imagon laadun tekijänä.

Suoritemarkkinoiden vaatimukset muuttuvat myös suuresti. Moni teollisuuden yritys pyrkii parhaansa mukaan pienentämään vaihto-omaisuuteen sidottua pääomaa. Varastot yritetään pitää mahdollisimman pieninä. Varastointitarpeen minimointi vaatii tuotantokonseptin täydellisen muutoksen entisaikojen suositusta massatuotannosta joustavaan piensarjatuotantoon.

Sarjakokojen pienentäminen nostaa väistämättä yksittäisen kappaleen valmistuskustannuksia, mutta lyhentää koko tuotantolaitoksen läpäisyajoja. Lyhyt tuotannon läpäisy aika vähentää keskeneräisen tuotannon määrää ja parantaa laatua, sillä ongelmat tulevat paremmin esille, kun työvaiheiden välissä oleva aika on mahdollisimman lyhyt.

Tuotannontekijöiden päivittäinen työaika sisältää arvoa tuottavaa työtä, valmistelutoimenpiteitä ja erilaisia logistisia toimintoja. Kehitystyön lähtökohtana on nostaa arvoa tuottavan työn osuutta mahdollisimman korkeaksi säilyttäen tuotannon joustavuuden. Tässä opinnäytetyössä käsitellään eri keinoja joustavan tuotannon perustamiseksi ja pohditaan niiden käytettävyyttä Hydroline Oy:n toiminnassa. Tavoitteena on kehittää dokumentaatiota työmenetelmien vakioimiseksi, esivalmistelutöiden minimoimiseksi, laadun seurantaan ja tuottamiseen teoreettisia työkaluja (Lean, SMED, 5S, OEE) hyödyntäen. Lisäksi tehdään ehdotuksia teknisistä työkalusovelluksista, joilla olisi mahdollista tehostaa sylinterituotannon koneistusvaiheita.

## 2 HYDROLINE OY

Hydroline Oy on Suomen suurin hydraulisylinterivalmistaja. Yritys suunnittelee ja valmistaa hydraulisylinteriä eri tarkoituksiin. Hydroline Oy:n päätuotantotilat sijaitsevat Siilinjärven Vuorelassa. Lisäksi yrityksellä on myyntikonttori Kiinassa ja tuotantolaitos Puolassa. Yrityksen Vuorelan yksikön (kuva 1) palveluksessa on noin 200 alan ammattilaista ja tuotantotiloja yli 12 000 m<sup>2</sup>. (Hydroline Oy 2014a.)



KUVA 1. Hydroline Oy:n Vuorelan yksikkö (Fira Oy 2014.)

Vuonna 1962 kuopiolainen Helge Laakkonen perusti pienen sorvaamon omakotitalon kellariin. Yrityksen nimeksi tuli Metallisorvaamo H. Laakkonen. Suurempiin tuotantotiloihin yritys muutti 1970-luvun alussa, jolloin valmistettiin myös ensimmäiset hydraulisylinterit. Toiminta on kasvanut nopeasti, ja 1970-luvun loppupuolella yrityksen palvelukseen tuli talousalueen ensimmäinen CNC-sorvi ja henkilöstömäärä yrityksessä oli tuolloin noin 10. (Hydroline Oy 2014a.)

Vuonna 1984 yritys muutti Vuorelaan, jossa se nykyäänkin sijaitsee. Vuosikymmenen loppupuolella henkilöstömäärä nousi yli 20 henkilön, ja vuonna 1990 Vuorelan tuotantotiloja jouduttiin laajentamaan. Ensimmäiset robotit otettiin käyttöön vuonna 1994 ja tuolloin yrityksen nimi muuttui Hydroline Oy:ksi. (Hydroline Oy 2014a.)

Hydroline Oy:n tuotantotiloissa valmistetaan hydraulisylinteriä, jotka ovat iskupituudeltaan 0,1–12 m ja joiden käyttötarkoitus ja käyttöympäristö vaihtelevat suuresti. Tuotannon hitsaustarpeita palvelevat useat hitsaus- ja käsittelyrobotit ja hitsausautomaatit. Käsins hitsattavien osien määrä on pyritty

minimoimaan, ja hitsausliitosten korkean laadun varmistaa pätevyitä henkilökunta. Hydroline Oy:n valmistamia hydraulikkakomponentteja käyttävät suuret kone- ja laitevalmistajat ympäri maailmaa (kuva 2).



KUVA 2. Hydroline Oy:n referenssit (Hydroline Oy 2014b.)

Sylinteriputket sorvataan malleittain joko yhdessä tai kahdessa vaiheessa. Mikäli putken lieriöpintaan on suunniteltu hitsattavaksi osia, täytyy putki usein sorvata hitsauksen jälkeen. Hitsauksen termisistä vaikutuksista syntyvät jännitykset muokkaavat sylinteriputken soikeaksi, ja siitä syntyy koneistuksen tarve hitsauksen jälkeen. Ensimmäisessä koneistusvaiheessa putkeen sorvataan tukilaakerin paikka ja porataan lieriöpintaan suunnitellut reiät sekä päädyn hitsausta varten hitsausviiste. Toisessa vaiheessa sorvataan sylinteriputkeen ohjaintila.

Sylinterivarret sorvataan putkien tavoin mallin mukaan joko yhdessä tai kahdessa vaiheessa. Suurin osa sylinterivarsista voidaan sorvata kerralla valmiiksi. Jotkin monimutkaisemmat sylinterivarret sorvataan jopa kolmessa vaiheessa. Esimerkiksi eräs putkivarsimalli, jonka sisälle tulee johdinputki ja päihin mäntä ja silmä kiinnitystä varten, joudutaan sorvaamaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäisen sorvausvaiheen jälkeen hitsataan esimerkiksi putkivarteen mäntä, jonka hitsaus vaatii putkivarren seinämää suuremman juurituen. Seuraavaksi sorvataan juurituki pois, jolloin putkivarren sisäiset komponentit voidaan asentaa ja hitsata kiinni. Tämän jälkeen voidaan suorittaa sylinterivarren sorvaus valmiiksi.

Osavalmistussolu on sijoitettu Hydroline Oy:n Vuorelan-yksikön tuotantotiloissa erilleen aiemmin kuvatun putki-varsisolun kanssa. Osavalmistussolussa koneistetaan erilaisia sylintereiden osia, kuten putkien päätyjä, varsien silmiä, mäntiä, liittimiä, öljynippoja ja erilaisia väliholkkeja ja kiinnittimiä sekä esimerkiksi hydraulikkaventtiileitä. Osavalmistussolua opinnäytetyössä ei käsitellä, vaikka työssä käsiteltyjä periaatteita ja työkaluja voidaan soveltaa yleisesti koneistustyöhön. Koneistusaikojen pi-

tuudet vaihtelevat osavalmistussolussa suuresti. Kuitenkin osavalmistussolussa koneiden operaattoreilla on putki-varsisoluun verrattuna enemmän mahdollisuuksia suorittaa koneajalla tuottavia työtehtäviä.



### 3 TYÖKALUASETUS JA VALMISTUSERIEN SUUNNITTELU

Suunnittelemalla tuoteryhmien valmistusta etukäteen voidaan vaikuttaa useihin eri asioihin. Näitä ovat muun muassa varastoon menevään tuotteet, yksittäisen kappaleen hinta ja työstökoneen käyttöaste. (Haverila 2009, 400–408.) Seuraavaksi tarkastellaan asetusta, koneistustyökaluja, asetustyökaluja, asetustyypppejä sekä tuotteen läpimenoaika ja niiden merkitystä koneistuksessa.

#### 3.1 Asetus

Asetus ei ole pelkästään valmistustekninen ongelma. Siihen voidaan vaikuttaa suunnittelemalla kappaleet sellaisiksi, että ne voidaan valmistaa pienellä määrällä työkaluja, järjestämällä eri töille tarvittavat työkalut työstökoneen yhteyteen ja vakioimalla asetuksiin liittyvät toiminnot ja järjestämällä samankaltaisen asetuksen vaativat työt peräkkäin suoritettaviksi. (Metalliteollisuuden keskusliitto, 1984.)

Työstökoneiden lastuavien työkalujen mitat ja muodot vaihtelevat suuresti. Ohjelmoinnissa terän nirkolle määritetään halutunlaiset työstöradat ja lastuamisnopeudet. Sen lisäksi työstökoneen ohjaukselle on annettava tarkat tiedot esimerkiksi työkalun pituudesta ja halkaisijasta. Näitä tietoja kutsutaan työkalukorjausparametreiksi. NC-koneistuksessa jokaisen käytettävän työkalun parametrit ja pituus- sekä halkaisijakorjaimet on syötettävä työstökoneelle toivotun tuloksen saamiseksi ja turvallisen työn suorituksen varmistamiseksi. (Ansaharju & Maaranen 1997, 502–506.)

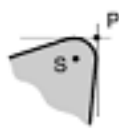







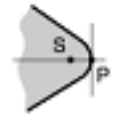

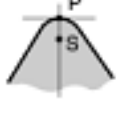
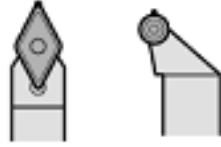


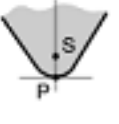

NC-sorvin työkaluasetukset sisältävät seuraavat tiedot:

- lastuavan terän asema X-suunnassa
- lastuavan terän asema Z-suunnassa
- terän nirkon säde
- kääntöteräpalan asentokoodi.

NC-työstökeskukselle tiedot ovat:

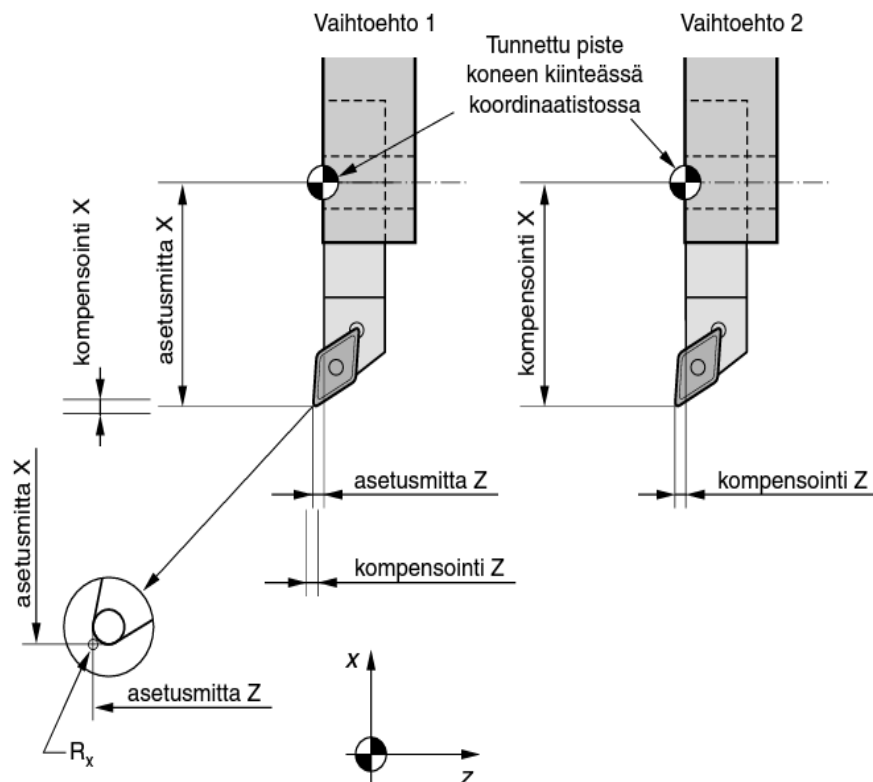
- työkalun pituus
- työkalun säde.

Tämä työ käsittää sylinteriputkien sorvauksen monitoimisorvilla, jolloin sorvaus ja jyrsintä tapahtuvat samalla työstökoneella. Kuvassa 3 on esitetty teräpalojen erilaiset asentovaihtoehdot sekä yleisesti käytettävät asentokoodit. Kuviossa 1 esitetään työkaluasetuksen periaate.

	Kääntöterän asento	Esimerkkejä asentokoodien mukaisista sorvin teristä
TIP 1		
TIP 2		
TIP 3		
TIP 4		
TIP 5		 <p data-bbox="1094 994 1235 1070">Terätyyppi on erittäin harvinainen</p>
TIP 6		
TIP 7		
TIP 8		

*Esimerkkejä kääntöterien asentokoodien mukaisista sorvin teristä. Esimerkit liittyvät NC-sorviin, jossa on oikeakätinen.*

KUVA 3. Teräpalojen asentokoodit (Ansaharju & Maaranen 1997, 508.)



NC-sorvin työkalun (terän) nirkon asema voidaan paikantaa siten, että koneen ohjaukselle syötetään työkalukorjaustiedot X- ja Z-suunnassa. Korjaustietojen määrittämiseksi on useita eri tapoja.

KUVIO 1. Lastuavan työkalun mitoitus (Ansaharju & Maaranen 1997, 502.)

### 3.2 Koneistustyökalut

Useimmiten sorveilla on varsin rajalliset työkalurevolverit. Työstökoneen tehokkaan käytön saavuttamiseksi tulee pyrkiä vakio työkaluasetuksiin. Koneeseen liitettävään lisämakasiinin avulla voidaan laajentaa esiasetettujen työkalujen määrää. Säännöllisellä työkalujärjestelmän päivittämisellä saadaan tehostettua koneistusta ja pienennettyä työkalukustannuksia.

Työkalujärjestelmän myötä sorveilla

- vakioidaan käytettävät työkalut ja terät
- rajataan työkalujen määrää
- vakioidaan reikien ja kierteiden koot
- vältetään erikoistyökalujen suunnittelu ja valmistus
- tehostetaan ja nopeutetaan työkalujen esiasetusta
- nopeutetaan siirtymistä seuraavan tuote-erän koneistukseen.

Sorvauksessa vakio työkaluasetusten joustavan käytön edellytyksiä ovat:

- yhteistyö suunnittelun ja valmistuksen välillä
- menetelmien ja työtapojen standardointi
- riittävän suuri työkalurevolveri
- mahdollisuus täydentää työkaluja makasiinista
- automaattinen työkalujen vaihto makasiinista revolverille

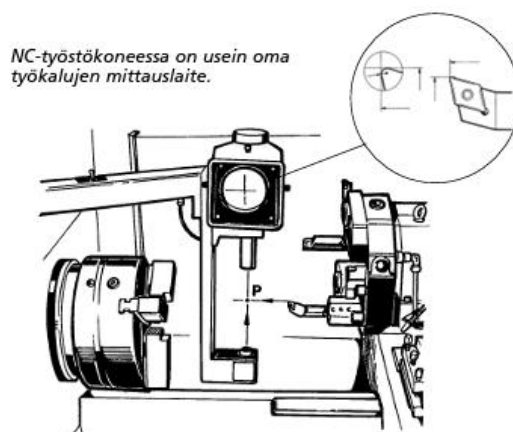
- työkalujen luotettava esiasetus
- terien kestoiän valvonta
- esiasetustietojen välittyminen automaattisesti NC-ohjaimelle.  
(Aaltonen, Anderson & Kauppinen 1997, 178–180.)

### 3.3 Asetustyökalut

Työkaluasetusten tekoon on kehitetty erilaisia laitteita, jotka on esitetty kuvassa 4. Sisäiseen asetukseen on kehitetty esimerkiksi sorvin karaan kiinnitettävä mittalaite, jota koskettamalla x- ja z-suunnassa terän nirkolla saadaan työkalu mitattua. Työstökoneisiin on myös saattavilla kiinteät esiin käännettävät työkalujen mittauslaitteet. (Ansaharju & Maaranen 1997, 504.)

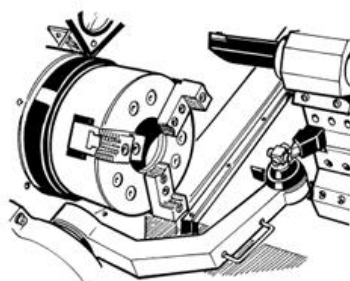


Ääriiviiprojektorilla varustettu työkalujen esiasetuslaite.  
(KM)



NC-työstökoneessa on usein oma työkalujen mittauslaite.

a) NC-sorvissa oleva mikroskooppi työkalujen mittausta varten.



b) NC-sorvissa oleva mitta-anturi työkalujen mittausta varten.

KUVA 4. Asetuslaitteet (Ansaharju & Maaranen 1997, 504.)

### 3.4 Asetustyypit

#### Sisäinen asetus

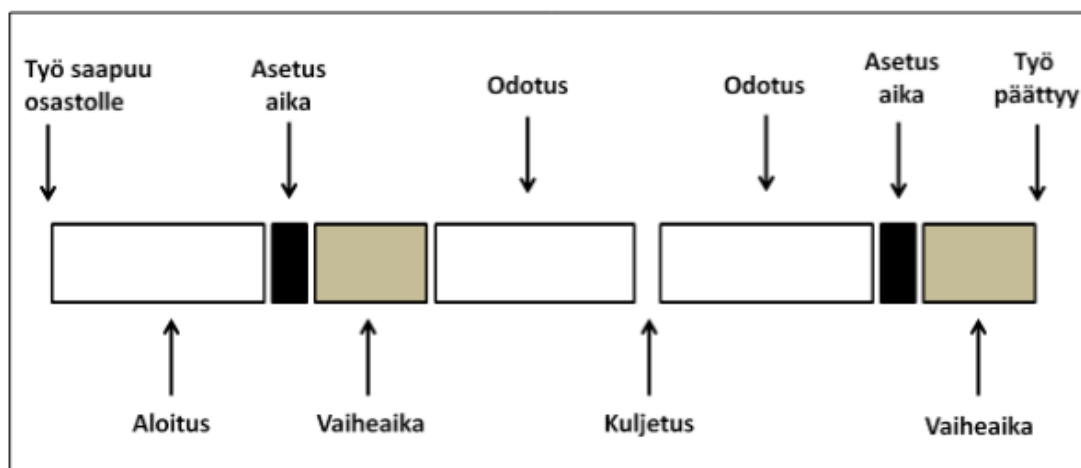
Sisäiseen asetukseen kuuluu työstökoneen pysäyttämistä vaativa asetus. Karan leuat on vaihdettava sorvattavan kappaleen kiinnitystyyppiin ja halkaisijan mukaan. Leukojen vaihdon ja teräasetuksen lisäksi sisäiseen asetukseen sorvauksessa kuuluu myös karapytkän ja tukilaakerin siirrot, mikäli ne eivät ole ohjelmoitavia. (Metalliteollisuuden keskusliitto 1984.)

## Ulkoinen asetus

Työstökoneen ulkopuolella tapahtuva asetus ei vaadi koneen pysäyttämistä. Esimerkiksi työkaluasetuksen voi ulkoistaa erillisen esiasetuslaitteen avulla (kuva 4). (Metalliteollisuuden keskusliitto 1984.)

### 3.5 Tuotteiden läpimenoaika

Koneistuksessa tuotteiden läpimenoajalla on suuri vaikutus koko tuotannon toimintaan ja yrityksen taloudellisiin prosesseihin. Läpimenoaika on toimintaketjun vaatima kokonaisaika. Yleensä läpimenoajalla tarkoitetaan valmistuksen läpimenoaikaa tai kokonaisläpäisyaikaa. Kokonaisläpäisy aika on aika, joka kuluu tilauksen saamisesta tuotteen toimitukseen asiakkaalle. Tavallisesti suurin osa läpimenoajasta koostuu odotusajasta, jolloin tuotteen valmistusajan osuus jää hyvin pieneksi. Kuviossa 2 esitetään läpäisyajan rakenne työn saapumisesta osastolle ja sen etenemisestä työn päättymiseen asti. (Haverila ym. 2005, 401.)



KUVIO 2. Läpäisyajan rakenne (Haverila ym. 2005, 401.)

**Kapasiteetin tuottavuus.** Tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tiloihin on yrityksellä sidottu pääomaa, jonka päätarkoituksena on mahdollisimman korkean tuottavuuden saaminen. Mitä suurempi tuotanto, sitä parempi on yrityksen pääoman tuottavuus. Tuotantoeriä tulisi suunnitella niin, että keskeiset resurssit saadaan käytettyä mahdollisimman tehokkaalla tavalla.

**Vaihto-omaisuuden määrä.** Yritys sitoo pääomansa huomattavan osuuden vaihto-omaisuuteen. Tällaista omaisuutta ovat esim. raaka-ainevarastot, valmistuotevarastot ja keskenkäiset työt. Valmistusta ja materiaalitoimintoja olisi ohjattava siten, että vaihto-omaisuuteen sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa.

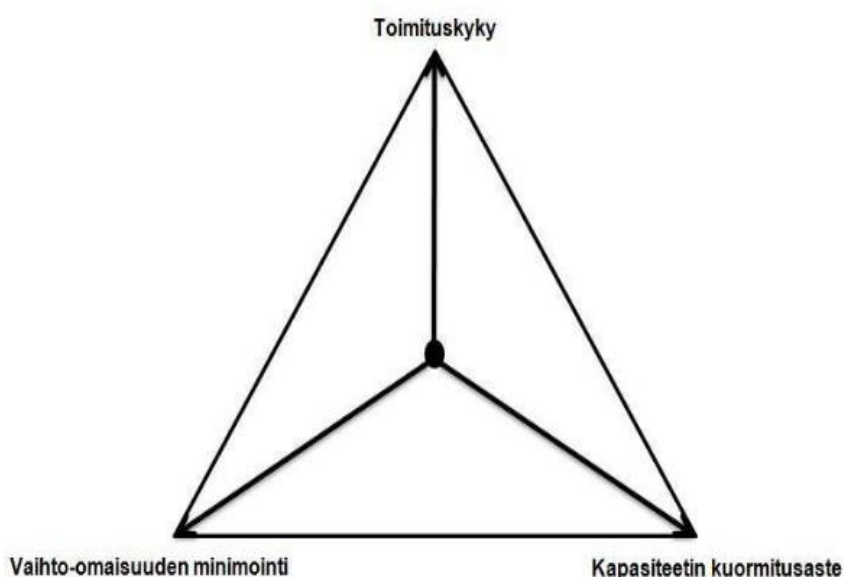
**Toimitusvarmuus.** Yrityksen kuuluu huolehtia sovittujen toimitusaikojen noudattamisesta ja toimitusvarmuuden ylläpitämisestä. Toimitusten on tapahduttava juuri oikeaan aikaan asiakas-tarpeiden tyydyttämiseksi.

**Lyhyt koko tuotannon läpimenoaika.** Tuotantoa on suunniteltava siten, että tuotantoerien ja tilausten läpimenoajat ovat mahdollisimman lyhyet. Lyhyt läpimenoaika vähentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, parantaa toimitusvarmuutta ja laatua, sekä helpottaa tuotannon kapasiteetin suunnittelua. (Haverila ym. 2005, 402.)

Valmistuserien koolla on suuri vaikutus läpäisy aikaan. Mitä suurempia tuote-eriä valmistetaan, sitä suurempi on läpimenoaika. Tuotannon läpimenoaikojen kasvu johtuu silloin työvaiheiden odotusaikojen pitenemisestä. Valmistusprosesseissa esiintyy usein turhia välivarastoja erilaisen työvaiheiden välillä. Tällaisten varastojen poistaminen nopeuttaa tuotantoa ja pienentää varastoinnin kustannuksia. Valmistuksen läpimenoaikojen lyhentämisen pääkeinoja ovat valmistuserien koon pienentäminen ja tuotannon välivarastojen poistaminen. Läpimenoaika voidaan lyhentää selkeyttämällä materiaalivirtoja tuotannossa ja työpisteiden optimaalisella sijoittelulla valmistuksen työvaihejärjestyksen kannalta. Läpimenoa hidastava keskeneräisen työn turha siirtely sekä työnohjaus ja suunnittelun tarve jäävät pois. Tällöin tuote etenee tuotannossa aihioista valmiiksi tuotteeksi pitkin loogista ketjua työpisteestä toiseen. (Haverila ym. 2005, 406.)

Eräkoon pienentäminen vaatii usein asetusaikojen lyhentämistä. Pitkiä asetusaikoja vaativien tuoteerien pienentäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa, koska tällöin kapasiteettia käytetään asetusten tekoon, jolloin kuormitusasteet jäävät hyvin pieniksi. Mitä lyhyemmät ovat asetusaikat, sitä joustavampi on tuotanto ja sitä pienempiä eriä voidaan silloin taloudellisesti valmistaa. (Haverila ym. 2005, 406.)

Kuviossa 3 esitetään tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus. Kaikkia tavoitteita ei voida saavuttaa samanaikaisesti. Yhteen ominaisuuteen keskittymällä heikennetään muiden tavoitteiden saavuttamisen mahdollisuuksia.



KUVIO 3. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus. (Haverila ym. 2005, 404.)

Läpimenoaikojen lyhentämisellä on myös positiivinen vaikutus tuotteiden ja toimintojen laatuun. Valmistuksen laatuvirheet ja häiriöt tulevat nopeammin esille pienerätuotannossa. Tällöin voidaan nopeammin puuttua häiriötekijöihin ja ratkaista laatuongelmat välittömästi. Toisaalta läpimenoajan ollessa lyhyt, häiriöt ja virheet pysäyttävät koko tuotannon, sillä välivaraa ei ole ja seuraavien työvaiheiden suorittajat joutuvat odottamaan materiaalivirran käynnistymistä. Tämän takia toimintojen laadun kehityksellä on päärooli läpimenoaikojen lyhentämiseksi. (Haverila ym. 2005, 407.)

Eräkkö vaikuttaa aina läpimenoaikaan ja kapasiteettiin. Pienentämällä valmistuseriä usein minimoidaan keskeneräisen tuotannon määrä. Mikäli tietynlaisen valmistettavan kappaleen asetus aika on suuri, ei pieniä eriä ole taloudellista valmistaa. (Haverila ym. 2005, 408.)

### 3.6 Tuotteen modulointi

Modulointi on tuotteen rakenteen muuttamista yhteensopiviin moduuleihin. Tuotannossa olevien moduulien määrä pyritään pitämään pienenä asiakkaiden tarpeita tyydyttävänä vähimmäismääränä. Moduulien avulla lopullisten tuotteiden muunneltavuuden on oltava korkea, jotta tuotteiden variaatioiden määrä voitaisiin pitää suurena ja osavariaatioiden määrä pienenä. (Suomen Metalliteollisuuden keskusliitto 1983, 8.)

Hydroline Oy:n tuotteissa on käytössä moduulijärjestelmä, joka käsittää samojen osien sopivuuden eri sylinterimalleihin. Tällaisia yhteensopivia osia ovat esimerkiksi nipat, päädyt, männät, putket, varret, tiivisteet, ohjaimet, johdinputket ja varren tukirenkaat. Usein modulointi onnistuu tuoteperheittäin eli saman tuoteperheen sisällä on samankaltaisia yhteensopivia tuotteita. Parhaana moduulijärjestelmän esimerkkinä voidaan Hydroline Oy:n tuotannossa pitää tiivisteitä, tukirenkaita ja nauhoja, jotka ovat soveltuvia koon ja käyttölämpötilan mukaan tuoteperheestä riippumatta.

## 4 TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEN TEOREETTISIA TYÖKALUJA

On olemassa monia erilaisia tapoja parantaa teollisuuden tuottavuutta. Valtaosa näistä menetelmistä on Japanista kotoisin. Niistä on kehitetty yleispäteviä teorioita tuotannon tehokkuuden parantamiseksi, ja ne ovat sovellettavissa hyvin useille eri aloille. Laatu on yksi tärkeä tuotannon tehokkuuden tekijä, ja laadun kehittämiseksi on kehitetty useita eri työkaluja (esimerkiksi SixSigma), mutta tässä opinnäytetyössä aihetta ei käsitellä. Painopiste on sen sijaan tuotantoprosessin sisällön selvittämisessä ja turhien työvaiheiden karsimisessa sekä yleisessä toiminnan selkeyttämisessä ohjeistuksen avulla.

### 4.1 LEAN (TPS – Toyota Production System)

Toyotan tuotantojärjestelmä TPS (Toyota Production System) on ollut perusta lean-tuotannolle, joka on ollut teollisuuden yrityksille selkeä tuottavuuden ja laadunhallinnan kehityssuunta viimeisen 20 vuoden ajan. Lean-tuotannon toimivuuden mittarina yrityksissä on usein käytetty lopputulosta. Alkuperäisessä Toyotan versiossa lean-tuotanto on jatkuva ja koko organisaatiota koskeva prosessi. (Liker 2007, 4.)

TPS on kehitetty toisen maailmansodan jälkeen. Lähtökohta TPS-järjestelmän syntymiseksi olivat markkinatilanne ja kilpailuehdot ajoneuvojen valmistuksessa. Tuohon aikaan suurimmat valmistajat olivat Ford ja GM, joiden tärkein työkalu on massatuotanto. Sodan jälkeisen koko Japania koskevan resurssipulan vuoksi Toyotan investointimahdollisuudet tuotantolinjoihin olivat hyvin rajalliset. Sen takia tuotantolinjojen joustavuudesta tuli avaintekijä kilpailun mahdollistamiseksi. Tuotantolinjojen joustavuuden kehittäminen lyhensi läpimenoaikoja. (Liker 2004, 7.)



KUVIO 4. TPS-järjestelmän neljän tason malli (Liker 2004.)



Kuviossa 4 on esitetty TPS:n neljän tason malli, jonka perustana on järjestelmän filosofia ja pitkän tähtäimen ajattelu. Seuraavalla tasolla pyritään eliminoimaan prosessin hukka. Malli ottaa huomioon myös ihmiset ja yhteistyökumppanit. Mallin huipulla on periaate jatkuvasta oppimisesta ja parantamisesta sekä ongelmien välittömästä ratkaisemisesta. Näihin pääperiaatteisiin sisältyy myös muita TPS:n johtamisen periaatteita, joita ovat:

1. tehdä päätökset pitkän tähtäimen filosofian pohjalta, mutta myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella
2. tuottaa oikeat tulokset oikealla prosessilla
3. tuoda ongelmat esille jatkuvalla prosessin virtauksella
4. estää ylituotanto imuhjauksella
5. tasapainottaa työmäärää
6. luoda kulttuuri, jossa ongelmiin reagoidaan heti, jotta jatkossa toiminto onnistuisi ensimmäisellä kerralla sekä ennalta ehkäistä virheiden toistuminen
7. käyttää visuaalista ohjausta, jotta ongelmat olisivat näkyvissä
8. käyttää ainoastaan luotettavaa ja testattua teknologiaa
9. tuottaa lisäarvoa organisaatiossa henkilöstöä ja yhteistyökumppaneita kehittämällä
10. kehittää poikkeuksellisen eteviä ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa
11. kunnioittaa ja auttaa yhteistyökumppaneita kehittymään
12. perustaa päätöksenteko yksimielisyyteen kaikki vaihtoehdot huomioon ottaen
13. tehdä päätökset hitaasti ja toteuttaa nopeasti
14. kehittää jatkuvan arvioinnin ja parantamisen avulla yrityksestä oppiva organisaatio.

(Liker 2004, 14.)

Yrityksen toimintoja pyritään parantamaan selkeillä ja yksinkertaisilla toimenpiteillä. Useimmiten resurssit parantamiseen löytyvät yrityksen sisältä, eivätkä vaadit erillisiä investointeja. TPS-järjestelmässä esitetään seuraavat toimintojen parannuskeinot:

- hukan eliminointi ja resurssien tuhlauksen vähentäminen
- laadun rakentaminen työpaikan järjestelmiin
- edullisten ja luottavien vaihtoehtojen etsiminen kalliille uudelle teknologialle
- yritysprosessien parantaminen
- oppimisen kulttuurin luominen jatkuvan parantamisen toteuttamiseksi.

(Liker 2004, 14.)

Hukan eliminointi ja resurssien tuhlauksen vähentäminen ovat yritystoiminnan kannalta tärkeitä kilpailuetuja paremman markkina-aseman saavuttamiseksi. Ohessa on lueteltu Likerin (2004) mukaan oleellisimpia hukkatyyppejä:

**Ylituotanto.** Tilaamattomien osien valmistaminen aiheuttaa ylimääräisiä varastointi- ja kuljetuskustannuksia. Ylituotanto kuormittaa turhaan tehtaan resursseja tuottamatta voittoa.

**Odottelu.** Automatisoitujen prosessien seurantaan käytetty aika on odottelua, eikä se lisää tuotteen arvoa. Raaka-aine toimituksen odotusaika laskee koneiden käyttöastetta.

**Tarpeeton kuljettelu** tai keskeneräisen työn siirtely pitkiä matkoja tuhlaa henkilöstön arvoa tuottavaa työaikaa. Valmiiden osien varastointipaikan vaihtaminen hidastaa osien löytämistä ja aiheuttaa ylimääräistä inventointia.

**Ylikäsittely tai virheiden käsittely** aiheuttaa tarpeettomia työvaiheita ja lisää tehotonta käsittelyä. Vaadittua paremman laadun tuottaminen ei lisää tuotteen arvoa.

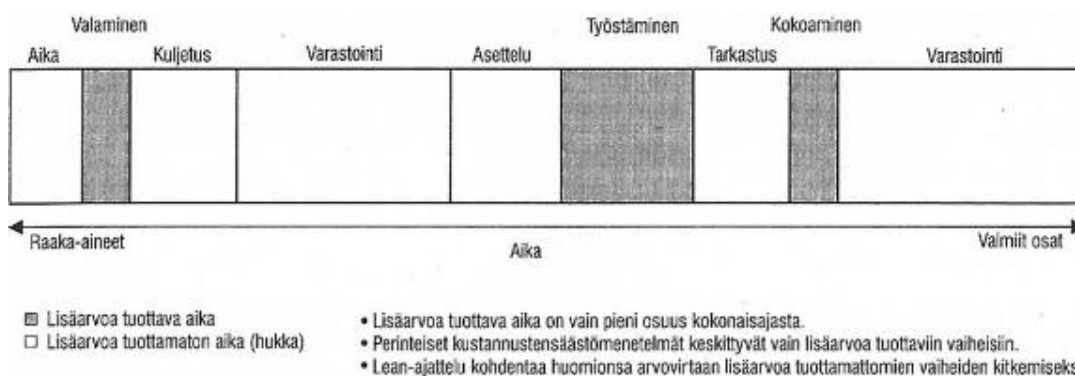
**Tarpeettomat raaka-ainevarastot** sekä suuri keskeneräisen ja valmiin työn varastointi vievät tilaa ja sitovat pääomaa. Nämä aiheuttavat turhia kuljetus- ja varastointikustannuksia.

**Tarpeeton liikkuminen** työpäivän aikana aiheuttaa tulosta tuottamatonta hukkaa, kuten esimerkiksi työkalujen, materiaalin ja piirustusten etsiminen. Kävely on tulosta tuottamatonta hukkaa.

**Viat.** Viallisten osien valmistaminen tai korjaaminen, niiden uudelleen käsittely, romuttaminen ja tarkastus käyttävät tuotannon kapasiteettia väärään tarkoitukseen.

**Henkilöstön luovuuden käyttämättä jättäminen.** Työntekijän sitoutuminen työhönsä tuottaa yritykselle uusia ideoita, kehittää taitoja ja parantaa suoritusta. (Liker 2004, 28–29.)

Arvovirrassa voi siis esiintyä erilaisia hukkia. Kuviossa 5 on esitetty lisäarvoa tuottava ja tuottamaton aika. Kolme eri työvaihetta sisältävät kuusi erilaista hukkaa (kuljetus, varastointi, asettelu, tarkastus).

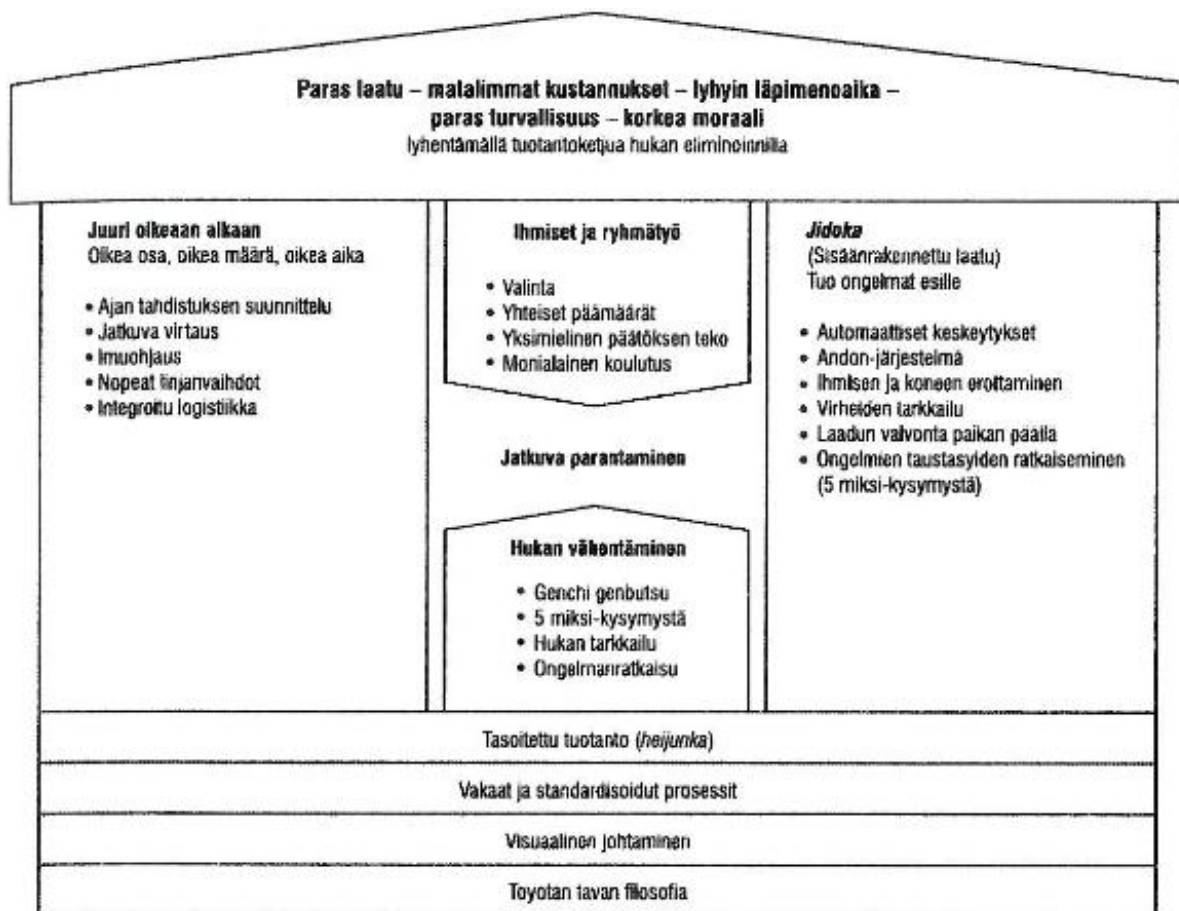


KUVIO 5. Hukka arvovirrassa (Liker 2004.)

### TPS-talokaavio

Vuosisikymmeniä Toyota kehitti toimintaprosessejaan dokumentoimatta kehityksen askeleita, lähtökohtia ja saavutuksia. Jatkuvan oppimisen ansiosta koko henkilöstö oli kehityksen osana ja jokainen tiesi ja ymmärsi tehtävänsä organisaatiossa. Käytäntöjen kehittyessä menetelmiksi ja työkaluiksi To-

yotalla tuli tarve perehdyttää alihankkijoitaan oman toimintansa tehokkuuden avaintekijöihin. Siihen tarkoitukseen kehitettiin yksinkertainen kaavio, jonka sisältönä olivat keskeisimmät käsitteet ja periaatteet (kuvio 6). (Liker 2004.)



KUVIO 6. Toyotan tuotantojärjestelmä (Liker 2004.)

#### 4.2 5S-menetelmä

TPM-kunnossapito-ohjelman pohjaksi on kehitetty 5S-menetelmä. Menetelmän nimi tulee viidestä verbistä, jotka ovat Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Menetelmän vaiheet on esitetty yksinkertaistaen kuviossa 7.



KUVIO 7. Menetelmän vaiheet (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 4.)

Alla on esitetty 5S-menetelmän vaiheet (Liker 2004):

**Seiri (Lajittelu).** Työpisteessä tulee olla vain työn kannalta välttämättömät esineet. Kaikki ylimääräinen tavara poistetaan. Toimenpide tehostaa tilankäyttöä ja hankintatoimia sekä pitää tehtävät yksinkertaisimpina.

**Seiton (Järjestys).** Jokaiselle esineelle määritellään paikka, jossa se säilytetään jatkossa. Säilytyspaikka valitaan siten, että tavaroiden ottaminen ja palauttaminen on mahdollisimman nopeaa ja mutkatonta. Säilytyspaikan sisältö tulee olla merkitty, jotta jokainen käyttäjä tietää, missä ja miten sen pitäisi siellä olla. Tavaroiden, työkalujen ja muiden välineiden säilyvyys työpisteellä paranee merkitsemisen ansiosta.

**Seiso (Siivous).** Jokaisen työntekijän tulisi huolehtia oman työpisteen järjestyksestä. Tämä koskee koko organisaatiota. Työpisteen tulee olla siisti ja edustuskelpoinen. Jokaisen työpisteen siisteydestä vastaavien henkilöiden nimet merkitään näkyville. Kaikki tilat ja väylät merkitään ja nimetään niiden siisteyden ylläpidosta vastaavat henkilöt.

**Seiketsu (Säännöt).** Tämä osio sisältää ohjeistuksen. Määritellään, mitä siisteydellä ja järjestyksellä tarkoitetaan ja millaisella tasolla näiden tulee jatkossa olla.

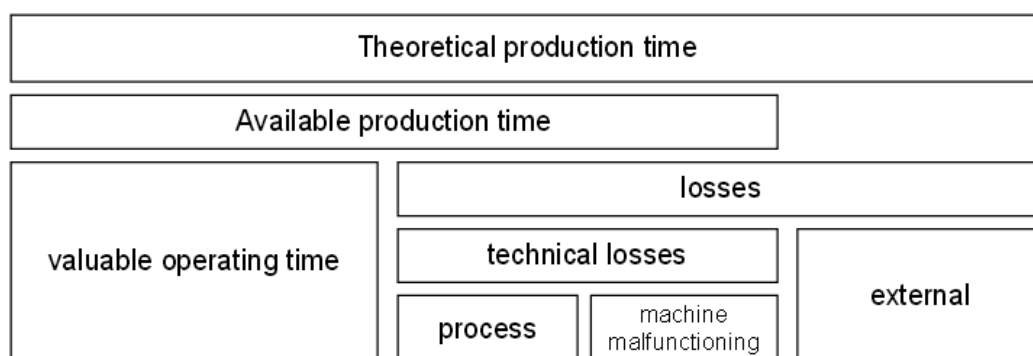
**Shitsuke (Sitoutuminen).** Prosessiin sitoutuminen, kehityskohteiden hahmottaminen ja halu henkilökohtaiseen kehitykseen. Ihmisen on ymmärrettävä millaisiin asioihin hän omalla toiminnallaan vaikuttaa. Henkilöstön pitäisi nähdä edellä mainittujen toimenpiteiden tarkoitus organisaation toiminnassa. Jokainen oivaltaa oman työnsä kehitystarpeet ja osallistuu yhteisiin parannustoimenpiteisiin omasta tahdostaan. Jokaisen on pyrittävä tekemään omasta työstään helpompaa, puhtaampaa ja tuottavampaa. Henkilöstön on oltava itseohjautuva. (Liker 2004.)

#### 4.3 Tuotannon kokonaistehokkuus (KNL/OEE)

Tuotantoon tulee luoda Lean-periaatteilla virtauksen edellytykset. Tällöin materiaalin, tilan tai toimitusajan tuhlausta vähennetään riittävästi. Ihannetapauksessa virtaus ei katkea eli työkappaleita käsitellään tai työstetään suurin osa ajasta. Aika tilauksesta toimitukseen pidetään lyhyenä. (Villanen 2013, 1.)

Tuotannon kokonaistehokkuus (engl. OEE, Overall Equipment Effectiveness) muodostuu kolmen seuraavan osatekijän tulosta: käytettävyys (K), nopeus (N) ja laatukerroin (L). K-kerroin ilmaisee minuutteina, kuinka tehokkaasti työaika on käytetty. N-kerroin kertoo tuotantomäärinä tuotanto- toiminnan tehokkuudesta, ja laatukerroin L ilmoittaa hylätyn tuotannon määränä, kuinka suuri osuus valmistetuista tuotteista voidaan toimittaa markkinoille. (Järviö ym. 2007, 40; Villanen 2013; Wauters & Mathot 2002, 8.)

Piilevät viat aiheuttavat kroonisia häiriöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi työn sujuvuuteen. Häiriön perimmäinen syy tulee poistaa. (Villanen 2013, 2.) Hävikit ja häiriöt aiheuttavat tuottavan ajan menetyksiä. Hävikit voidaan jakaa teknisiin ja ulkoisiin hävikkeihin. Teknisiä hävikkejä ovat muun muassa väärät työkaluvalinnat, epädulliset työstöarvot ja niistä johtuva ennen aikainen lastuavien työkalujen kuluminen. Ulkoisia hävikkejä aiheuttavat esimerkiksi tilaus-toimitusketjun epätahtisuus, raaka-ainepula tai raaka-aineen laatupoikkeamat, yrityksen sisäinen henkilöresurssipula, tuotanto- prosessin pakolliset sekä kunnossapitotarpeen vaatimat prosessin keskeytykset ja kysynnän puutteesta aiheutuva tuotannon vajaatoiminta. (Wauters & Mathot 2002, 8.) Kuviossa 8 esitetään teoreettisen tuotantoajan rakenne, joka koostuu käytettävästä tuotantoajasta, tehokkaasta tuotanto- ajasta sekä hävikeistä ja sen alalajeista.

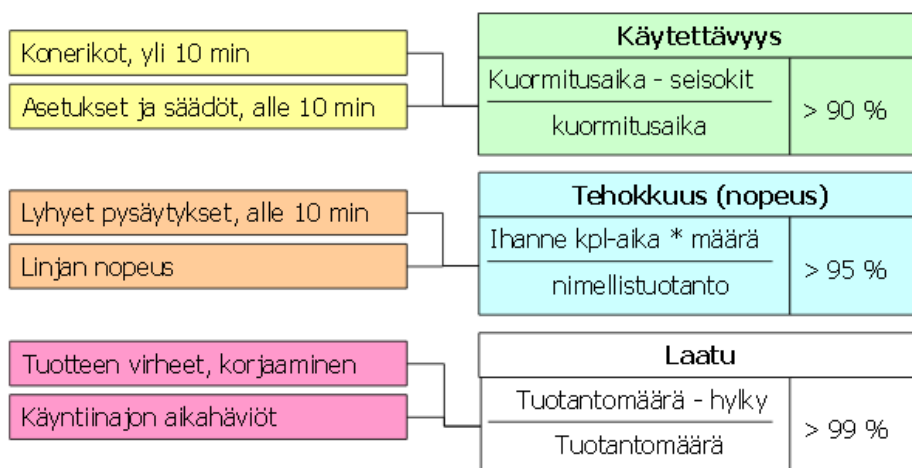


KUVIO 8. Tuotantoajan rakenne (Wauters & Mathot 2002, 5.)

Käytettävyys (K) tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaadittu toiminto tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajanhetkellä tai tietyn ajanjakson aikana. Tämä edellyttää, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. Tarkastelukohde ja käyttötarkoitus vaikuttavat määrittelyyn, koska kohteena voi olla esimerkiksi yksittäinen kone tai tuotantojärjestelmä. Käytettävyyden määrittelyä voidaan käyttää myös tuotantojärjestelmän tai kunnossapidon kehittämiseen tai ohjaukseen. (Järviö ym. 2007, 41.) Käytettävyyteen vaikuttavat esimerkiksi konerikot, asetukset ja säädöt. Käytettävyys on laskettavissa esimerkiksi kuviossa 8 esitetyllä tavalla. (Villanen 2013.)

Nopeuteen (N) vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi työstökoneen häiriöt, pysäytykset sekä työstöparametrien valinta (Wauters & Mathot 2002, 9). Kuviossa 9 on esitetty eräs tapa laskea nopeuskerroin.

Laatukertoimeen (L) vaikuttavat tuotteen virheet sekä niiden korjaamiseen käytetty aika sekä käyntiinajon aikahäviöt (Villanen, 2013). Laatuongelmia voivat aiheuttaa esimerkiksi työstökoneen lastuamismesteen alentunut paine ja siitä johtuva heikentynyt lastujen poiskuljetus lastuavista pinoista ja työstettävän kappaleen lämpötilan vaihtelut (Wauters & Mathot 2002, 10). Kuviossa 9 on esitetty laatukertoimen eräs esitystapa.



KUVIO 9. Käytettävyys-, tehokkuus ja laatutekijät (Villanen 2013.)

#### 4.4 SMED-järjestelmä

SMED-järjestelmä (Single-Minute Exchange of Die) on japanilaisen Shigeo Shingon kehittämä menetelmä, jonka tarkoituksena on pyrkiä vähentämään yksittäisten tuotantovälineiden vaihtoon kuluva aikaa mahdollisimman vähäiseksi. Tavoitteena on rajoittaa vaihtoon kuluva aika alle kymmenen minuutin. SMED-järjestelmän ytimenä on kyky erottaa välineiden vaihtotyö sisäiseen ja ulkoiseen asetukseen. Sisäisessä asetuksessa asetustyö tapahtuu koneen ollessa pysähdyksissä. Ulkoisessa puolestaan vaihtotyö suoritetaan koneen käyntiaikana. SMED-järjestelmän tavoitteena on mahdollisuuksien mukaan lisätä ulkoista asetustyötä ja vähentää sisäinen asetustyö minimiin. Järjestelmän toteuttaminen vaatii työkalujen sekä menetelmien standardoinnin, jolloin myös asetustapahtumasta voidaan luoda vakio. (Shingo 1989.)

Onnistuneen SMED-järjestelmän hyötyjä ovat alemmat tuotantokustannukset, pienemmät eräkoot, parempi vaste asiakkaan kysyntään, pienemmät varastointikulut sekä se, että standardoitu vaihtoprosessi parantaa työn sujuvuutta ja laatua. Nopeammat vaihtoprosessit vähentävät tuotantovälineiden seisokkiaikoja ja mahdollistavat useamman tuotesarjan valmistuksen sekä joustavamman aikataulutuksen. (LEAN production 2013.)

#### 4.5 Optimaalinen eräko (EOQ-Economic Order Quantity)

Eräkoon määrittäminen on äärimmäisen tärkeä tehtävä, jossa onnistuminen vaikuttaa tuotannon joustavuuteen ja koko toiminnan kannattavuuteen. Hydroline Oy:llä kiinnitetään suurta huomiota tuotannonkehitystoimintaan ja jatkuvan parantamisen avulla pyritään välivarastojen minimointiin ja läpäisyajojen nopeuttamiseen.

Kuvan 5 laskentakaava esittää suurimmat tekijät eräkoon määrittämisessä. Kaavaa ei voida käyttää suoraan eräkoon määrittämisessä, sillä kaavalla laskiessa ei oteta huomioon muita tärkeitä muuttujia. Näitä muuttujia ovat esimerkiksi koko yrityksen kapasiteetin tasainen kuormitus ja saman työkalusetuksen hyödyntäminen samankaltaisten tuotteiden valmistuksessa.

Optimaalinen eräko on laskettavissa kaavalla:

$$EOQ = \frac{\sqrt{2RC}}{\sqrt{H}}$$

R=kysyntä (kpl)  
C=tilauskustannus (€)  
H=yhden tuotteen varastointikustannus

KUVA 5. EOQ-laskentakaava (Logistiikan maailma 2014.)

Tällaisessa eräkoon laskennassa oletetaan tuotteen kysynnän olevan tasainen ja sen pystytään ennakoidaan. Mahdollisimman tarkan optimaalisen eräkoon luvun laskemiseksi pitää tuotteen kysynnästä olla arvio, johon laskelma pohjautuu. Varastoinnin ja varaston täydentämisen kustannukset on oltava tiedossa. EOQ-laskennalla saadaan suuntaa antavaa tietoa optimaalisesta eräkoosta, jolla voidaan karkeasti laskea taloudellisen eräkoon suhteellisen pienellä tiedon määrällä. (Logistiikan maailma 2014.)

## 5 TEKNISEN DOKUMENTAATION LUOMINEN JA KEHITTÄMINEN

Projektin päätarkoituksena oli avustaa ja nopeuttaa sylinterituotannon käynnistämistä Hydroline Oy:n uudessa tuotantoyksikössä Puolassa. Projektin tarkoitus oli myös kehittää tuotantoprosesseja Vuorelan yksikössä käytössä olevia valmistusmenetelmiä kartoittamalla ja valitsemalla niistä tehokkaimmat menetelmät käyttöön. Sujuvuuden ja laadun mittareilla (OEE, KNL) oli havaittu poikkeavuuksia työtavoissa. Erilaiset työtavat vaikuttavat negatiivisesti tuotantojärjestelmän joustavuuteen ja henkilöstön valmiuksiin suorittaa samankaltaisia tehtäviä eri työpisteillä.

Opinnäytetyön ja projektin tilaajan keräämä tieto tuotannon ongelmista olivat aineistona työn toteuttamiseksi. Myös haastatteleamalla Hydroline Oy:n koneistajia saatiin tietoa koneistusprosessin kulusta ja sitä tukevista toiminnoista. Nykytilassa tuotannon kehityspotentiaali voidaan arvioida todella suureksi, sillä lähes kaikki edellytykset toiminnan parantamiselle löytyvät yrityksen sisältä.

### 5.1 Tavoitteet

Tuotannosta kerätyn tiedon avulla voidaan projektille asettaa erilaisia tavoitteita. Tavoitteet liittyvät niin henkilöstön opastukseen kuin myös työkalujen ja apuvälineiden kehittämiseen. Tavoitteena oli yksinkertaistaa sylinterituotannon eri vaiheita ja vähentää asetustyön määrää sylinteriputkien ja -varsien sorvauksessa. Menetelmien vakioinnin avulla tuotannon ongelmakohtien havainnointi on helpompaa ja inhimillisen virheen mahdollisuus minimaalinen. Lisäksi henkilöstön opastaminen eri työvaiheiden suorittamiseksi on nopeampaa ja työntekijä kykenee suoriutumaan työstään täysin itsenäisesti työturvallisuuden huomioiden. Puolan tuotantoyksikössä sylinterituotanto aloitetaan kahdella CNC-monitoimisorvityypillä, jotka ovat vinojohdeinen FAT FCT-700 ja lineaarijohdeinen FAT TUR MN 630.

### 5.2 Dokumentaatio

Käytännön toteutuksessa sylinteriputkien koneistukseen laadittiin tarkka dokumentaatio sekä kirjalliset ja kuvalliset ohjeet suomeksi ja englanniksi. Dokumentaatio sisälsi valmistettavien tuotteiden piirretaulukot, asetusohjeet, asetuskorttipohjan ja työstökoneiden piirre- ja toimintakuvaukset. Dokumentaatio laadittiin yhdistämään käytännön työhön aiemmin tässä työssä kuvattuja Leanin, TPS:n ja SMED:in teorioita.

#### 5.2.1 Piirretaulukot

Ensimmäisenä luotiin Excelillä sylinteriputkille tuoteperhekohtaisesti kolme erilaista piirretaulukkoa, joista ilmenee optimaalinen tuotantoerien valmistusjärjestys, joka minimoi asetuksen määrää ja helpottaa tuotannonohjausta. Piirretaulukoihin on kirjattu muun muassa tarvittavat koneistustyökalut ja mittausvälineet, pakan ja vastakaran leukojen koot sekä aihoiden ulko-



mitat. Taulukoissa on korostettu, millaisia sylinteriputkia voidaan sorvata käyttäen samoilla työkaluilla ja mitata samoja välineitä käyttäen. Piirretaulukoita tehtiin kahdelle sylinteriputkimallille sekä yhdelle sylinterivarsimallille.

### 5.2.2 Asetuskortti

Yleensä Hydroline Oy:n putki-varisolon koneistusajat on melko lyhyet, joten sama operaattori ei voi palvella useampaa konetta. Kuitenkin koneistusprosessin aikana operaattori voi tehdä tuottavaa työtä pelkän odottamisen sijaan. Tällainen työ voi olla seuraavan valmistuserän koneistusta valmistavaa työtä. Kaikki lastuavat koneistustyökalut esiasetetaan, jonka jälkeen asetustiedot kirjataan työstökoneen muistiin. Jatkossa niitä ei irroteta pitimistään, mikä takaa asetustietojen paikkansapitävyyden. Tällöin koneistustyökalu voidaan vaihtaa revolveriin, määrittää työkalun revolveripaikka ja korjaimet (esimerkiksi T101) koneistusohjelmaan ja koneistaa kappale kerralla välttämättä mittalastut.

Hydroline Oy:n jokaisen putki-varisolon työstökoneen varustukseen kuuluu hyvin kattava koelma esiasetettuja lastuavia työkaluja. Asetusta vaativat lähinnä porat ja kierretapit, näiden asetuspituudet mitataan karkeasti jokaisen asetuskerran yhteydessä. Työstön aikana operaattori voi suorittaa valmistavia toimenpiteitä.

Asetuskorttipohja on tarkoitettu koneistajan täytettäväksi. Asetuskortit on tehty helpottamaan ulkoisen asetuksen suorittamista sekä nopeuttamaan seuraavan tuotantoerän sorvauksen esivalmistelua. Asetuskortin avulla voidaan myös varmistaa, että asetus tehdään aina samalla tavalla. Kortti täytetään asetustyön vakioimiseksi ja turvallisen työn suorituksen varmistamiseksi. Asetuskortti sisältää tuotekohtaiset koneistustyökalujen asetustiedot, kappaleen kiinnitystiedot ja tarvittavat mittavälineet. Tuotekohtaiset asetuskortit tehtiin kahdelle käytössä olevalle konetyypille (FAT FC700 ja FAT TUR MN630). Työstökoneiden erilainen rakenne on luonut tarpeen konekohtaisien asetuskorttien laatimiseen.

Asetuskortista selviävät:

- työstökoneen tunnus
- koneistettavan nimikkeen tunnus
- työkalujen asetustiedot
- tukilaakerin ja vastakaran sijoittelu
- kiinnitys
- mittavälineet.

Asetuskortin avulla ennen koneistusohjelman aloittamista voidaan tarkistaa tukilaakerin ja pinoilin sijoituksen oikeellisuus. Myös kortissa esitettyjen lastuavien työkalujen esiasetusmittojen pysyvyys voidaan varmistaa välttämättä törmäykset ja suuret mittapoikkeamat.

### 5.2.3 Kirjalliset ja kuvalliset asetusohjeet

Kirjalliset asetusohjeet tehtiin kahdelle putkimallille ja yhdelle varsimallille. Kirjallisissa ohjeissa kuvataan työn kulku vaihe vaiheelta uuden erän aloituksesta ensimmäiseen valmiiseen kappaleeseen. Asetustyön kirjallisissa ohjeissa luokiteltiin asetukset tapauskohtaisesti sisäisiin ja ulkoisiin asetuksiin SMED-menetelmän (Shingo 1989) mukaisesti. Ohjeista voi erottaa koneen pysäyttämistä vaativan sisäisen asetuksen työstöprosessin aikana tehtävästä ulkoisesta asetuksesta. Lisäksi ohjeisiin kirjattiin sarjan ensimmäisen kappaleen sorvauksen edellyttämät varotoimenpiteet, joilla voidaan välttyä konerikolta ja säilyttää turvallinen työn suoritustapa.

Kuvalliset ohjeet tehtiin kahdelle putkimallille. Kuvallisissa ohjeissa esitetään putkien ja varsi- en kiinnitykset ja asemoinnit koneisiin. Niissä esitetään koneistustapahtuma ja sen kulku sisältäen esimerkiksi aihoiden kiinnitystavat. Kirjallisista ja kuvallisista ohjeista voi tarkastaa oikeat asetus- ja kiinnitystavat ja näin varmistaa halutun laadun aikaansaamisen jo ensimmäisessä sorvatussa kappaleessa. Molemmista asetusohjeista jouduttiin tekemään konekohtaiset.

### 5.2.4 Työstökoneiden kuvaukset

Työn tilaajan toiveesta laadittiin myös piirre-/toimintakuvaukset kahdelle konemallille, mitkä helpottavat ohjeiden ymmärtämistä. Näissä ohjeissa esitetään yleisellä tasolla työstökoneiden pääpiirteitä ja niiden toimintoja. Lisäksi kuvaukset laadittiin ohjeissa esitetyn terminologian ymmärtämiseksi.

## 5.3 Työtehtävät työstön aikana

Esivalmistelun avulla lyhennetään tehokkaasti työstökoneen seisokkiaikaa ja täten parannetaan olemassa olevan laitteiston käyttökapasiteettia. Työstönaikainen esivalmistelu sisältää seuraavan valmistuserän dokumentaation hankkimisen ja perehtymisen työhön. Aihoiden mukana olevasta tuotedokumentaatiosta löytyvästä asetuskortista operaattori näkee, mitä työkaluja työn suorittamiseen tarvitaan ja millä tavalla ja välineillä kappale tulee kiinnittää. Operaattori voi hakea valmiiksi asetuskortissa esitetyt välineet työpöydälle ja tarkistaa näiden kunnon. Operaattori voi esimerkiksi hakea pakan ja vastakaran leuat ja tarkistaa, ettei niiden kiinnityspintoihin ole tarttunut lastuja, ottaa vaihdettavat terätyökalut, tarkistaa kunnon ja tarvittaessa vaihtaa teräpalat.

Työstön aikaisiin operaattorin tehtäviin voidaan luokitella laadunvarmistus, työpisteen logistiset toiminnot, puhtaanapito ja seuraavan koneistuserän valmistelu ulkoisen asetuksen avulla. Jokaisen työpisteen toiminnoissa tulisi noudattaa 5S:n (Liker 2004) periaatteita. Laadunvarmistuksella tarkoitetaan asetettujen laatuvaatimusten toteutumisen seuranta. Työstön aikana operaattori siis mittaa kappaleet ja tekee tarvittaessa korjauksia koneistusohjelmaan. Valmistuspiirustuksessa on esitetty työkappaleen mitat ja niiden toleranssit. Operaattorin tehtäviin kuuluu myös varmistaa, että mittausolosuhteet ovat oikeat ja mittatulokset uskottavia.

Logistiset toiminnot ovat ahiokärrien siirtämistä ja valmiiden putkien tai varsien toimittaminen seuraavaan työvaiheen suorituspaikkaan. Seuraava valmistuserän koneistuksen aloitusta voidaan nopeuttaa määrättyllä toiminnalla edellisen sarjan työstötahtuman aikana. Tällaista toimintaa ovat ulkoinen asetus ja koneistettavien aihoiden siirtäminen paikkaan, josta ulottuu hakemaan seuraavan erän ensimmäisen putken mahdollisimman nopeasti.

## 6 TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEN TEKNISIÄ TYÖKALUJA

Opinnäytetyöhön sisältyi myös tuottavuuden parantamisen teknisten välineiden kartoitus työn tekijän omasta aloitteesta. Välineiden avulla on tarkoitus nopeuttaa tuotantoprosessia. Esimerkiksi yhdistelmätyökaluilla voidaan vähentää tarvittavien lastuavien työkalujen määrää, jolloin ideaalitapauksessa voidaan päästä jopa vakioasetukseen työstökoneilla. Työkalujen esittelyn yhteydessä on myös arvioitu mahdollista työkalun käyttöä ja sen soveltuvuutta sylinterivalmistuksessa.

### 6.1 Yhdistelmätyökalut

Monia työkappaleen pintoja voidaan työstää samalla työkalulla. Yhdistelmätyökalujen avulla voidaan lyhentää työstö- ja asetusaikaa, koska asetettavia työkaluja on vähemmän. Työstöaika lyhenee, koska vaihdettavien työkalujen määrä vähenee. Yhdistelmätyökalujen hankintaa voidaan pitää kannattavana monista eri syistä; esimerkiksi työkaluja tarvitaan vähemmän ja yhdistelmätyökaluja voidaan käyttää perinteisiä työkaluja joustavammin. Lisäksi yhdistelmätyökalujen käytön etuna on myös työkalupaikkojen vapautuminen revolverista, mikä taas poistaa ylimääräisen työkalujen asetuksen mahdollistaen korkeamman koneen käyttökapasiteetin. (Raudaskoski 1992, 42.)

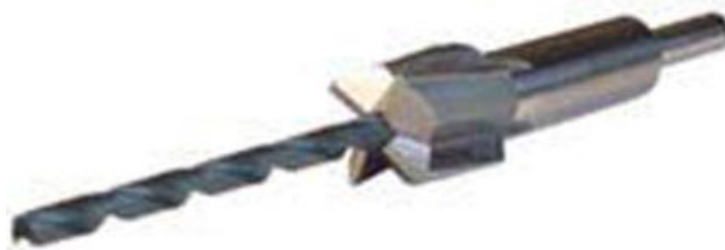
#### **Esimerkkejä yhdistelmätyökaluista**

Poraava kierretappi sopii hyvin läpireikien poraukseen ja kierteitykseen. Putki-varsisolun koneistus-tarkoituksiin ei tällaista työkalua voisi käyttää, sillä se soveltuu vain läpireikien kierteistykseen (kuva 6).



KUVA 6. Poraava kierretappi (ProTools 2014.)

Poraavia tasouputtimia on käytössä Hydroline Oy:n putki-varsisolussa. Samalla työkalulla saadaan porattua reikä ja tehtyä upotus esimerkiksi rasvanipalle tai ruuvin kannalle (kuva 7).



KUVA 7. Poraava tasouputin (MidwayUSA 2014.)

Sylinteriputkien sorvauksen kannalta minirevolveri voisi olla erittäin tehokas työkalu ohjaimentilan sorvaukseen. Tällöin samalla työkalulla voisi sorvata ohjaimentilan valmiiksi. Sisäpuolisessa sorvauksessa mietityttää lähinnä lastujen poistuminen putken sisältä. Ulkopuoliseen sorvaukseen työkalu olisi myös erittäin käyttökelpoinen (kuva 8).



KUVA 8. Sandvik CoroPlex SL -minirevolveri (Sandvik Coromant 2014a.)

## 6.2 Pikavaihtotyökalut

Kuvassa 9 esitetään erilaisia terävaihtoehtoja, jotka voidaan kiinnittää saman sisäporauspuomin päähän. Isokokoiset värinävimennetut sisäporauspuomit ovat yleensä varsin hintavia, joten vaihtopääratkaisun käyttö alentaa työkalukustannuksia. Lisäksi työkalun vaihtotyö helpottuu, sillä vaihdettavaksi tulee vain työkalun pää.



KUVA 9. Quick change (Sandvik Coromant 2014b.)

### 6.3 Teräspalojen pikavaihto

Yhdysvaltalainen lastuavien työkalujen valmistaja Axian Tecnology Ink. on kehittänyt teräspalojen pikavaihtojärjestelmän (kuva 10). Valmistaja lupaa teräspalan vaihtuvan ClickChange-järjestelmää käyttäen viidessä sekunnissa. Napin painalluksella vapautuu teräspala ja kiinnityslevystä painamalla lukitaan uusi teräspala paikoilleen.



KUVA 10. ClickChange (Click Change 2014a.)

Kuvassa 11 on esitetty ClickChange-järjestelmällä varustettu sisäpuolinen sorvausterä.



KUVA 11. Sisäpuolen sorvausterä (Click Change 2014b.)

ClickChange-työkalujen käytöllä nostettaisiin työstökoneen käyttöastetta, sillä teräpalojen vaihtoon käytettävä aika lyhenee ja ajallinen sisäisen asetuksen osuus pienenee. Tällaisia terävarsia käyttäessä vähenee myös irrallisten osien määrä teräpalan vaihdon yhteydessä. Perinteisiin terävarsiin paloja vaihtaessa saattaa avain tai kiinnitysruuvi pudota lastukuljettimelle, jolloin osien etsimiseen kuluu tehokasta työaikaa.

#### 6.4 Väriävaimennetut työkalut

Väriävaimennettujen työkalujen käyttäminen vähentää tarvetta säätää tapauksittain terävarren vapaa pituutta tai käyttää paljon erilaisia terävarsia. Silloin voidaan määrittää suurin hyvän työstöladun mahdollistava terän vapaa pituus ja asettaa se pysyvästi määrättyyn paikkaan. Kun pystytään käyttämään samaa terävartta useampien putkien koneistuksessa, vähenee työkalurevolveriin vaihdettavien työkalujen ja samalla sisäisen asetuksen määrä.

Kuvassa 12 esitetty moduuliratkaisu nopeuttaa työkaluasetuksen tekoa ja pienentää huomattavasti sen fyysistä osuutta. Operaattorin tarvitsee tällöin vaihtaa pitimieeen vain terävarren päätykappale. Lisäksi moduulityökalujen käyttäminen vähentää tilantarvetta työstökoneen vieressä. Pienikokoiset terävarren päädyt voidaan säilyttää pöytälaatikossa silloin, kun erilliset kiinteät terävarret pitimieeen täytyy säilyttää esiasetettuina kookkaassa työkalutelineessä.

Väriävaimennetut lastuavat työkalut mahdollistavat suurempia vapaapituuksia ja leikkuunopeuksia sisäsorvauksissa. Lisäksi näissä työkaluissa on kuvassa 12 esitettyjen työkalujen tavoin käytetty moduuliratkaisua, joten samaan terävarteen voi liittää erilaisia päitä.



KUVA 12. Sandvik Silent Tools (Sandvik Coromant 2014c.)



## 7 JATKOTOIMENPITEET

### **Asetus**

Yleensä Hydroline Oy:n putki-varsisolun koneistusajat on melko lyhyet, joten sama operaattori ei voi palvella useampaa konetta. Kuitenkin koneistusprosessin aikana operaattori voi tehdä tuottavaa työtä pelkän odottamisen sijaan. Tällainen työ voi olla seuraavan valmistuserän koneistusta valmistavaa työtä. Kaikki lastuavat koneistustyökalut esiasetetaan, minkä jälkeen asetustiedot kirjataan työstökoneen muistiin. Jatkossa niitä ei irroteta pitimistään, mikä takaa asetustietojen paikkansapitävyyden. Tällöin koneistustyökalu voidaan vaihtaa revolveriin, määrittää työkalun revolveripaikka ja korjaimet (esimerkiksi T101) koneistusohjelmaan ja koneistaa kappale kerralla välttäen mittalastut.

Hydroline Oy:n jokaisen putki-varsisolun työstökoneen varustukseen kuuluu hyvin laaja kokoelma esiasetettuja lastuavia työkaluja. Asetusta vaativat lähinnä porat ja kierretapit, joiden asetuspituudet mitataan karkeasti jokaisen asetuskerran yhteydessä. Työstön aikana operaattori voi suorittaa valmistavia toimenpiteitä.

Työkalurevolveriin mahtuvien työkalujen määrä on rajallinen, joten työkalujen asetus aika on lisättävä suoraan seuraavan tuote-erän valmistuskustannuksiin. Minimoimalla työkalujen asetuksiin käytettävä aika saavutetaan monia etuja. Näitä ovat esimerkiksi työstökoneen operaattorin fyysisen kuormituksen väheneminen ja koneen korkeampi käyttöaste. Näin päästään parempaan kustannustehokkuuteen, joka on verrannollinen lopullisen tuotteen hintaan.

Työstökoneet kehittyvät yhä monipuolisemmiksi. Ohjelmointi helpottuu, pikaliike nopeutuu ja lastuavien terien kehityksen myötä lastuamisnopeudet kasvavat. Tekniikan kehityksen ansiosta koneajat lyhenevät. Suurin osa yksinkertaisen kappaleen koneistusajasta on niin sanottua valmistelutyötä, joka pitää sisällään ohjelman haun koneen muistista, työkaluasetukset, kiinnitykset ja kappaleen vaihdon. Juuri näitä toimenpiteitä nopeuttamalla voidaan laskea kappaleen valmistuskustannukset ja säilyttää kilpailukyky markkinoilla.

### **Lastut**

Putken sorvauksessa on usein ongelmana pitkän lastun syntyminen. Pitkä lastu aiheuttaa ylimääräistä työtä, sillä lastu kelautuu putken ympärille tai sisälle ja operaattori joutuu sen mekaanisesti poistamaan. Tällainen toimenpide hidastaa seuraavan putken koneistuksen aloitusta. Ratkaisuna ongelmaan olisi lastuamisarvojen tutkiminen. Lastuamisparametrejä muuttamalla voidaan vaikuttaa lastujen murtumiseen. Teräpalojen valinta on myös erittäin tärkeä lastuttavuuden kannalta. Teräpaloihin sintrattuja lastumurtajavaihtoehtoja on suuria määriä ja niitä tutkimalla ja testaamalla käytössä löytyisi optimaalinen teräpala, joka mahdollistaisi lastun paremman murtumisen pienillä lastuamissyvyyksillä.

Parempi lastun murtuminen tietää usein suurempaa lastuamisvoimaa. Lastuamisvoimia ei putkensorvauksessa voi kasvattaa, sillä kiinnitysvoimia rajoittaa putken kyky plastiseen muodonmuutokseen. Mikäli pakan leukojen puristuspainetta kasvatetaan, voi putki venyä puristusvoimien suuntaisesti. Kuitenkin putken pinnalle kelautuva lastu kasvattaa lastuamisvoimaa vielä enemmän ja pahimmassa tapauksessa saa putken luistamaan leuoissa. Tämä voi johtaa putken irtautumiseen ja täten sorvin vahingoittumiseen. Lastut on saatava murtumaan tehokkaammin, jolloin lastuamisneste kuljettaisi ne alas kuljettimelle, eikä operaattorilla olisi tarvetta irrottaa kelautuneita lastukinoksia.

### **Puhdistus**

Sylinterituotannosta saatujen tietojen mukaan yksi todella merkittävä kappaleenvaihtoa hidastava tekijä on lastujen ja leikkuunesteen puhdistaminen putken pinnoista. Tällainen lastujen puhallus ja putken pyyhkiminen leikkuunesteestä on ylimääräinen työvaihe, joka pienentää arvoa tuottavan työn määrää. Työstön jälkeen valmista putkea ei voi vain irrottaa pakasta ja tukilaakerista, vaan on puhallettava lastut paineilmalla putken pinnoista ja sisältä sekä kuivatava putki leikkuunesteestä, jotta seuraavaan työvaiheeseen putket etenevät kuivina. Useimmiten valmiiksi sorvauksen jälkeen sylinteriputkiin hitsataan pääty. Laadukas hitsaus vaatii ehdotonta pintojen puhtautta ja kuivuutta.

Olisi syytä kehittää sorvattujen putkien puhdistusmenetelmiä, sillä nykyisin käytössä oleva menetelmä käyttää turhaan työstökoneiden kapasiteettia. Puhdistustoiminnon voisi sisällyttää koneen toimintoihin ja automatisoida siten, että kun operaattori avaa työstökoneen ovet, putki on puhdas ja sen voi irrotuksen jälkeen nostaa suoraan karriin. Paineilman saa johdettua sorvin sisälle ja magneettiventtiin avulla käynnistää puhalluksen koneistusohjelman päätteeksi.

### **Modulointi**

Projektin edetessä pohdintaa herätti eri asiakkaille valmistettävien sylinteriosien suuri nimikemäärä. Kiinnostuksen kohteena on mahdollisuus yhtenäistää eri tuoteperheisiin kuuluvien sylinterien osia, kuten nipat ja liittimet. Useimmiten Hydroline Oy valmistaa hydraulikkasyliintereitä tilaaja-asiakkaan toimittamien piirustusten mukaisesti. Ehdotuksena paremman ja kattavamman moduloinnin saavuttamiseksi yrityksen suunnittelijat voisivat tehdä tiiviimpää yhteistyötä asiakkaiden suunnittelijoiden kanssa. Tällä tavalla voitaisiin jo sylinterin suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon sen modulaarisen rakenteen ja käyttää muiden tuoteperheiden kanssa yhteneviä osia.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen osoittautui erittäin antoisaksi oppimisprosessiksi. Opiskelun ja kokopäivätyön yhdistäminen vaati runsaasti itsenäistä opiskelua ja aihealueisiin perehtymistä. Aiheen valinta onnistui tekijän aikaisemman koneistajataustan vuoksi erittäin hyvin ja aikaisempi työkokemus koneistajana tuki opinnäytetyön tekoa.

Projektin alkuvaiheessa työn tilaajan antama aikataulu toteutui hyvin. Aikataulu oli kiireellinen, mutta se asetti hyvin raamit työn tavoitteissa ja aikataulussa pysymiseksi. Opinnäytetyö oli osa meneillään olevaa projektia, joten aikataulut oli sidottu pääprojektin etenemiseen. Olenaisena osana projektia oli Puolan hanke, jota varten ohjeet tuli laatia myös englanniksi, mikä puolestaan kehitti englanninkielisen konealan terminologian tuntemusta ja opetti sen hyödyntämistä käytännön työssä.

Työn alkuperäiseen sisältöön on tullut projektin aikana useita muutoksia ja todellinen tuotosten määrä on aiemmin suunniteltua merkittävästi suurempi. Lisääntynyt työ asetti uusia haasteita suunnittelussa aikataulussa pysymiseksi. Samalla projektin laajeneminen antoi mahdollisuuden perehtyä tarkemmin sylinterituotannon ongelmiin ja valmistusmenetelmien eroavaisuuksiin yrityksen sisällä. Dokumentaation tuottamisen lisäksi työn tekijällä oli henkilökohtainen kiinnostus tutkia mahdollisia teknisiä ratkaisuja sorvauksen nopeuttamiseksi.

Opinnäytetyöprosessilla oli iso merkitys tutkintoon kuuluvien oppien sisäistämiseksi. Teoriatietoa pääsi hyvin soveltamaan käytännön työhön. Lisäksi yrityksen sisäisiin tuotannollisiin ja valmistusteknisiin haasteisiin perehtyminen avasi näkemystä ja mahdollisti potentiaalisten tuotannossa kehitettävien kohteiden havainnoinnin. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja dokumentaatio otetaan käyttöön Puolan yksikössä vuonna 2014.

## LÄHTEET

- AALTONEN, Kalevi, ANDERSSON, Paul ja KAUPPINEN, Veijo 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY.
- ANSAHARJU, Tapani ja MAARANEN, Keijo 1997. Koneistus. Porvoo: WSOY.
- CLICK CHANGE 2014a. Insert holders. [verkkosivu]. Click Change [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: <http://www.clickchange.com/home.html>
- CLICK CHANGE 2014b. Introducing the Click Change Boring Bar. [verkkosivu]. Click Change [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: [http://www.clickchange.com/SHEETS/Sheet\\_A24.html](http://www.clickchange.com/SHEETS/Sheet_A24.html)
- FIRA OY 2014. City of Siilinjärvi - Hydroline industrial building. 2006–2007. Siilinjärvi. [verkkosivu] Siilinjärvi [viitattu 18-2-2014]. Saatavissa: <http://www.fira.fi/en/references/industry/show/33/siilinjaerven-kaupunki-hydroline-teollisuusrakennus>
- HYDROLINE OY 2014a. Jatkuvassa liikkeessä vuodesta 1962. Esite. Hydroline Oy. Vuorela.
- HYDROLINE OY 2014b. Referenssit. [verkkosivu] [viitattu 21-2-2014]. Saatavissa: <http://www.hydroline.fi/fi/referenssit/>
- IHALAINEN, Erkki, AALTONEN, Kalevi, AROMÄKI, Mauri ja SIHVONEN, Pentti 2003. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto.
- JÄRVIÖ, Jorma, PIISPA, Taina, PARANTAINEN, Timo ja ÅSTRÖM, Thomas 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy. 2007. 4. uudistettu painos.
- LIKER, Jeffrey. 2004. Toyotan Tapaan. Suom. Niemi, M. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
- SANDVIK COROMANT 2013. SMED. [verkkosivu]. Lean Production [viitattu 21-2-2014]. Saatavissa: <http://www.leanproduction.com/smed.html>
- LOGISTIIKAN MAAILMA 2014. Taloudellinen eräkokko. [verkkosivu] [viitattu 19-2-2014]. Saatavissa: [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Taloudellinen\\_er%C3%A4kokko](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Taloudellinen_er%C3%A4kokko)
- MIDWAYUSA 2014. NECG Classic Swivel Stud Installation Tool (Counterbore, Drill, Tap). [verkkosivu]. MidwayUSA [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa:

<http://www.midwayusa.com/product/321799/necg-classic-swivel-stud-installation-tool-counterbore-drill-tap>

METALLITEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO 2001. 5S-vihko. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

MODIG, Niklas ja ÅHLSTRÖM, Pär 2013. Tätä on Lean. Rheologica Publishing. 1. painos

PROTOOLS 2014. Dormer E650 Pora-kierretapit M3-M16. [verkkosivu]. ProTools [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: <http://www.protools.fi/dormer-e650-pora-kierretapit-m3-m16.html>

RAUDASKOSKI, Pekka 1992. Tuottavuutta koneistukseen tehokkailla työkaluilla. MET Tekninen tiedotus 3/92. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

SANDVIK COROMANT 2014a. CoroPlex SL Multi-functional tool for turning, threading, parting, and grooving. [verkkosivu]. Sandvik Coromant [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: [http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/coroplex\\_sl/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/coroplex_sl/pages/default.aspx)

SANDVIK COROMANT 2014b. Quick change. Product overview. [verkkosivu]. Sandvik Coromant [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: [http://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/technologies/silent-tools/turning/product\\_overview/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/technologies/silent-tools/turning/product_overview/pages/default.aspx)

SANDVIK COROMANT 2014c. Silent Tools -pitimet [verkkosivu]. Sandvik Coromant [viitattu 26-2-2014]. Saatavissa: [http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/products/silent\\_tools\\_toolholding/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/products/silent_tools_toolholding/pages/default.aspx)

SANDVIK COROMANT ACADEMY 2010. Koneistustekniikan koulutuskäsikirja. AB Sandvik Coromant 2010. Sandviken. Ruotsi.

SHINGO, Shigeo 1989. A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint. [verkkosivu] [viitattu 21-2-2014]. Saatavissa: [http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/lci/tps\\_study.pdf](http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/lci/tps_study.pdf)

SUOMEN METALLITEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO. 1983. Kapasiteetin lisääminen ja läpäisyajan lyhentäminen. MET Tekninen tiedotus 6/84. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1983.

VILLANEN, H. 2013. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus OEE (Overall Equipment Efficiency). Prosessitaito. [verkkosivu] [viitattu 22-2-2014]. Saatavissa: [www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf)

WAUTERS, Fransis ja MATHOT, Jean 2002. OEE. Overall Equipment Effectiveness. ABB Inc. [verkkosivu] [viitattu 20-2-2014]. Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/\\$file/3bus094188r0001.pdf\\_-\\_en\\_oe\\_whitepaper\\_-\\_overall\\_equipment\\_effectiveness.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/$file/3bus094188r0001.pdf_-_en_oe_whitepaper_-_overall_equipment_effectiveness.pdf)