



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Masinaehituse instituut  
Mehhanotehnika õppetool

MAT70LT

*Ott Levisto*

**MASINA ÜMBERSEADISTUSE AJA JA KULU  
VÄHENDAMINE LÄBI “SMED” METOODIKA  
RAKENDAMISE TRELLEBORG INDUSTRIAL  
PRODUCTS ESTONIA OÜ NÄITEL**

Autor taotleb  
tehnikateaduse magistri  
akadeemilist kraadi

Tallinn 2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis ..... juhendamisel

“.....” .....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” .....201... a.

..... allkiri

## MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Ott Levisto, 130418  
Õppekava: MATM02/11  
Eriala: Mehhanotehnika  
Juhendaja: Professor, Jüri Riives  
Konsultandid: Kenno Aljas, Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ tootmisjuht, 53491433

### MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles)

Masina ümberseadistuse aja ja kulu vähendamine läbi "SMED" meetodika rakendamise Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ näitel.

(inglise keeles)

Reduction of machine changeover time and cost by applying SMED methodology in Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ.

### Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Teema valik ja magistritöö struktuur	12.01.2015
2.	SMED meetodika kirjeldus	09.03.2015
3.	SMED-i ettevõtteskesse mudeli loomine	06.04.3015
4.	Pilootprojekt	11.05.2015
5.	Tulemuste analüüs ja vormistus	22.05.2015

### Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Masinate ümberseadistusaja lühendamine läbi protseduuriliste kui ka tehniliste lahenduste rakendamise masina tootlikkuse suurendamiseks ning seadistuskulude vähendamiseks.

**Täiendavad märkused ja nõuded:**.....

**Töö keel:** Eesti keel

Kaitsmistaoitus esitada hiljemalt 18.05.2015

**Töö esitamise tähtaeg** 25.05.2015

Üliõpilane .....  
kuupäev.....

/allkiri/ .....

Juhendaja.....  
kuupäev.....

/allkiri/ .....

**Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel**

# SISUKORD

Magistritöö ülesanne .....	3
Sisukord.....	4
1. SISSEJUHATUS.....	6
1.1. Ettevõttest.....	6
1.2. Ümberseadistusest.....	7
1.3. SMED-i vajadus .....	8
1.4. Töö eesmärk ja ülesehitus .....	8
2. SMED-I METOODIKAST .....	10
2.1. SMED-i ajalugu.....	10
2.2. Kasu SMED-i rakendamisest .....	11
2.3. SMED-i rakendamine.....	13
2.3.1. Ettevalmistused SMED-iks .....	14
2.3.2. Kaardistamine.....	15
2.3.3. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine .....	18
2.3.4. Tegevuste elimineerimine .....	18
2.3.5. Tegevuste viimine sisemistest välisteks.....	20
2.3.6. Tegevuste lihtsustamine .....	21
3. ETTEVÕTTES RAKENDATUD TEGEVUSTE SEOS SMED-IGA.....	29
3.1. Eeldused SMED-i rakendamiseks .....	29
3.2. Rakendatud tegevused seadistusaegade vähendamiseks.....	36
4. SMED-I PILOOTPROJEKT.....	39
4.1. SMED-i rakendamise plaan .....	39
4.2. Eeltöö .....	41
4.2.1. Meeskonna defineerimine .....	41
4.2.2. Abivahendid kaardistamiseks.....	41
4.2.3. Masina ja toote valik .....	43

4.2.4 Toote valmistamistehnoloogia .....	44
4.3. Seadistuse analüüs .....	47
4.3.1. Seadistuse kaardistus .....	47
4.3.2. Tegevuste kategoriseerimine .....	50
4.3.3. Parendustegevuste määramine .....	51
4.4. Parendustegevuste rakendamine .....	53
4.4.1. Elimineeritud tegevused .....	53
4.4.2. Paralleelsed tegevused .....	56
4.4.3. Ümberkorraldatud tegevused .....	56
4.4.4. Lihtsustatud tegevused .....	58
4.4.5. Uus ümberseadistuse protseduur .....	64
4.5. Tulemuste analüüs .....	65
5. JÄRELDUSED .....	70
KOKKUVÕTE .....	72
SUMMARY .....	77
KASUTATUD KIRJANDUS .....	82
LISAD .....	84
Lisa 1. SMED projektiplaan 2015 .....	85
Lisa 2. Ümberseadistatava toote joonis .....	86
Lisa 3. SMED analüüsi tabel .....	87
Lisa 4. Desma 250T joonised .....	88
Lisa 5. Poltide kinnitusemomentide võrdlustabel .....	89
Lisa 6. Tsentreerimisplaat vormile .....	90
Lisa 7. Standardoperatsioonide kirjeldus .....	91

# 1. SISSEJUHATUS

## 1.1. Ettevõttest

OÜ Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ (edaspidi TIPE), varasemalt OÜ Saare Martex, on 1992. aastal asutatud kummi- ja metallidetaile tootev ettevõtte. Algselt Eesti erakapitalil põhinenud ettevõtte on läbi aastate pidevalt kasvanud ning kuulub alates 2007. aastast Rootsi firmale Trelleborg Sigma AB. Trelleborgi ettevõtete grupis töötab rohkem kui 20 000 töötajat 40 riigis. 2014. aasta detsembri seisuga on ettevõttel 5300m<sup>2</sup> tootmispinda, töötajaid 170, tootmises kasutatavaid presse 63 ja ligi 1200 erinevat toodetavat artiklit. TIPE peamised kliendid on Scania, Volvo, Husqvarna jpt. Ettevõtte käive 2014. aastal oli 8,6 miljonit eurot.

TIPE toodab nii väikese, keskmise kui suuremõõtmelisi kummidetaile Trelleborgi Rootsi ja Soome tehaste tellimustel, kasutades selleks spetsiaalseid seadmeid ja tehnoloogiat. Tootmises kasutatakse kahte tüüpi masinaid: sissepritse- ja survepresse. Suurema osa tootmise masinapargist moodustavad kaasaegsed sissepritsepressid, mis võimaldavad keerulisema kujuga detailide valmistamist. Sissepritsepressidel kasutatakse detailide valmistamiseks survevaluvormimise (eng. *injection moulding*) ja survepressidel survevormimise (eng. *compression moulding*) tehnoloogiat. Lisaks tootmisele toimub kohapeal ka kummimaterjali ja metallkomponentide ettevalmistus ning detailide puhastamine ja järeltöötlus. Valmistoodang liigub lõppkliendini läbi Rootsi ja Soome tehaste või otsetarnetena.

Trelleborgis on määraval kohal kvaliteet – toimub pidev seire, kontroll, analüüs ja parendamine. Ettevõttes on juurutatud kvaliteedijuhtimissüsteem vastavalt ISO 9001:2008 standardile, keskkonnajuhtimissüsteem vastavalt ISO 14001:2004 standardile ja autotööstuse tehniline standard ISO/TS 16949.

Tootisettevõtte põhiülesanne on minimaalsete kuludega ja maksimaalse kvaliteediga muuta toormaterjal valmistoodanguks, tagades optimaalse ressursikasutuse ning õigeaegsed tarned kliendile. Tootmise jaoks on väga oluline hoida tootmisliinid maksimaalselt töös, kuna iga masinaseisakuga kaotatakse väärtuslikku aega, mille asemel saaks toota müügiks minevaid kaupu. Lisaks kaasneb ümberseadistuse keerukuse tõttu kõrgema kvalifikatsiooni ja kogemustega tööjõu vajadus, mis omakorda tõstab kulutusi inimressursile. Läbi SMED meetodika oskusliku rakendamise ümberseadistuse analüüsimisel, parendustegevuste

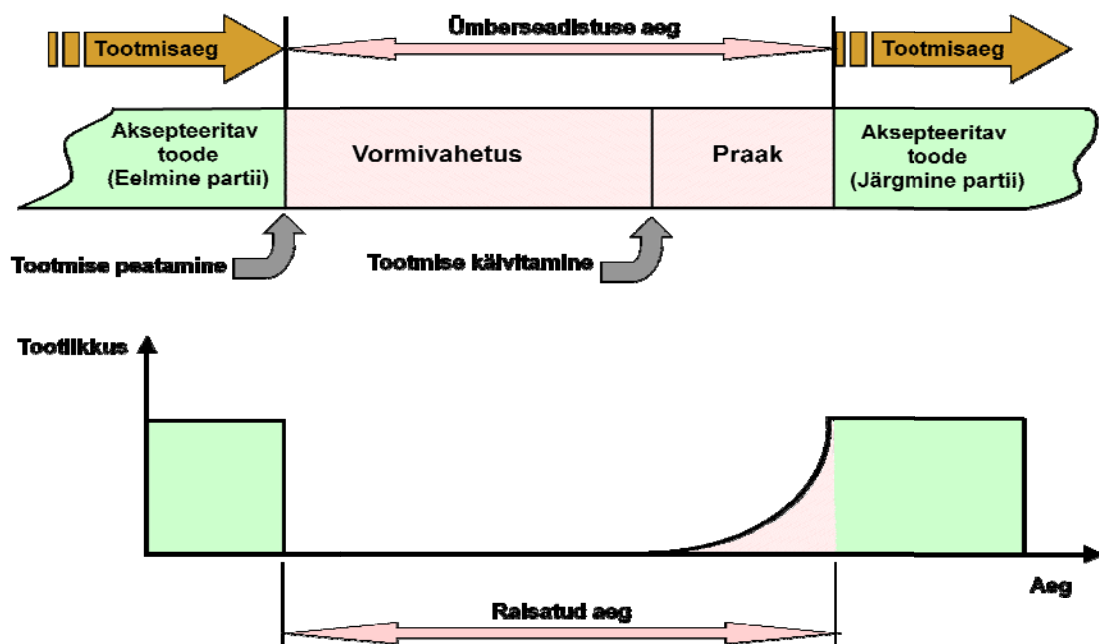
määramisel ja ellu viimisel on võimalik ümberseadistuste aega ja kulu oluliselt vähendada. Siit tuleneb magistritöö teemavaliku aktuaalsus ning otsene kasu ettevõttele.

## 1.2. Ümberseadistusest

Lühend „SMED“ tuleneb inglise keelest (Single Minute Exchange of Dies) ning tähendab eesti keelde tõlgituna „ümberseadistus minutiga“. Metoodika nimetus pärineb Toyota autotehasest, kus ümberseadistuse aega suudeti lühendada mitmelt tunnilt mõnele minutile. Kuigi parimad näited kirjeldavad, kuidas ümberseadistus on võimalik teha alla ühe minuti, on metoodika algupäraseks eesmärgiks olnud ümberseadistus alla kümne minuti ehk ühekohalise minutite arvuga (Shingo 1985, 24-25).

Ümberseadistuse alla kuuluvad kõik tegevused, mis kaasnevad ühe toote valmistamiselt teise toote valmistamisele ümberlülitumisega. Ümberseadistamise aja arvestus algab ühe tootmispartii viimasest kvaliteetsest tootest kuni järgmise tootmispartii esimese kvaliteetse tooteni. Põhilised ümberseadistuse tegevused on masina vormivahetuseks ette valmistamine, lõpetatud tootmispartii vormi eemaldamine, järgmise tootmispartii vormi paigaldamine, masina käivitamine ja parameetrite seadistamine vastavalt uue tootmispartii nõuetele (Soni 2005, 148).

Ümberseadistuse elemendid ning nende mõju masina (tootmisliini) tootlikkusele on esitatud seel 1.1.



Sele 1.1. Ümberseadistuse elemendid ja nende mõju tootlikkusele

SMED metoodika on üks paljudest kulusäästliku tootmise (eng. *lean manufacturing*) efektiivsetest tööriistadest. SMED järgib kulusäästliku tootmise printsiipe, keskendudes parendustegevustele, mille eesmärk on tõsta efektiivsust, likvideerida raiskamine ja tõsta kasumlikkust (Floyd 2010, 81). Kulusäästliku tootmise järgi põhjustavad seisakuid 8 tegurit (eng. *8 wastes, tim wood*): transport, ladu, liikumine, ootamine, ületootmine, üle töötlemine, defektid, oskused (Soni 2005, 2). Läbi SMED-i rakendamise on võimalik kõigi kaheksa teguri mõju vähendada või parimal juhul täielikult likvideerida.

### **1.3. SMED-i vajadus**

2014. aastal tehti TIPE-s 1346 ümbersadistust, milleks kulus kokku 4546 tundi. Seega võtab keskmine ümberseadistus aega ligikaudu 3,4 tundi. Ümberseadistusele kulunud aeg moodustas masinate seisakute koguaajast 47% ning võimalikust tootmisajast 4%. Võttes arvesse seisaku tõttu tootmata jäänud toodete keskmise väärtuse, masina- ja tööjõukulud, on ligikaudseks ümberseadistuse tunnihinnaks arvestatud 90€ Lähtuvalt ümberseadistusele kaotatud 4546 tunnist oli kulu ettevõttele 409140€ aastas. Ümberseadistuste näol on TIPE-tegemist suure kuluallikaga ja investeeringud ümberseadistuse kiirendamiseks on igati põhjendatud.

Kuna masina seisakute vähendamine on ettevõtte arenguplaanis üheks oluliseks eesmärgiks, otsustasin magistritöö raames suurendada nii enda kui ka ettevõtte juhtkonna teadlikkust võimalustest ümberseadistusaegade vähendamiseks läbi SMED metoodika rakendamise ning teooriale toetudes pilootprojekt käivitada.

### **1.4. Töö eesmärk ja ülesehitus**

Käesoleva magistritöö eesmärk on vajalike tegevuste planeerimine ja elluviimine ümberseadistusaja ja -kulu vähendamiseks ühel masinal vähemalt 50%. Eesmärgi täitmiseks tutvutakse põhjalikult SMED metoodika rakendamise võimalustega, tuuakse välja ettevõttes juba rakendatud tegevused seadistusaegade vähendamiseks ning teooriale toetudes viiakse ühe masina peal läbi pilootprojekt ümberseadistusaegade vähendamiseks. Pilootprojekti raames määratud parendustegevuste tulemuste analüüsi põhjal saab välja tuua parendused, mida teistele masinatele rakendada ja tegevused, mille rakendamine ei anna soovitud tulemust. Magistritöö tulemusi on võimalik ettevõttes praktiliselt rakendada.



Magistritöö on jaotatud neljaks osaks. Esimeses osas kirjeldatakse teabekirjanduse põhjal SMED metoodikat, selle ajalugu, kasu ettevõttele, rakendamise põhimõtteid ja tuuakse näiteid võimalikest lahendustest. Töö teises osas antakse ülevaade ettevõttes varasemalt rakendatud parendustegevustest, mis on otseselt või kaudselt seotud ümberseadistusaegade vähendamisega ning koostatakse ettevõttekeskne projektiplaan SMED-i rakendamiseks. Kolmas osas kirjeldatakse SMED metoodika rakendamist pilootprojektis – ettevalmistusi, kaardistamist, analüüsi, parendustegevuste määramist ning nende tulemuste hindamine. Töö neljandas osas antakse hinnang ümberseadistusaegade vähendamise õnnestumisele ja tehtud vigadele ning tuuakse välja soovitusel järgmisteks projektideks.

SMED projektiga tegeleb Trelleborgis multifunktsionaalne meeskond, kus ise tehnoloogilist poolt esindan. Olen määratud lisaks SMED projekti eestvedajaks ning seetõttu on magistritöö teema ühenduses igapäevase tööga ning töö tulemusi rakendatakse tootearenduses.

## 2. SMED-I METOODIKAST

Sõltumata tootmisettevõtte tegevusvaldkonnast, kasutatavatest materjalidest, tehnoloogiast või seadmetest on mitmeid üldiseid parendusmeetmeid, mille abil on võimalik ümberseadistusi lihtsustada ja selleks kuluvat aega vähendada. Lisaks SMED metoodika kirjeldusele on järgnevalt teabekirjandusest välja toodud mõned näidislahendused, mille rakendamist tasub kaaluda ka Trelleborgi Kuressaare tehases.

### 2.1. SMED-i ajalugu

SMED metoodika on välja töötatud Jaapani insener Shigeo Shingo, kes läbi aastakümnete konsulteeris mitmeid Jaapani tootmisettevõtteid ja aitas neil läbi SMED-i juurutamise masina seisakuid tunduvalt vähendada.

SMED metoodika hakkas välja kujunema 1950. aastal Mazda tehases, kus oli probleemiks suurte autokeresid pressivate masinate ümberseadistus. Läbi protsessi jälgimise ja analüüsimise suutis Shingo eristada ümberseadistuse tegevused (näiteks kinnitusvahendite ettevalmistamine), mida tehti peale masina peatamist, aga mida oleks võimalik teha ka masina töötamise ajal. Tänu kõigi võimalike ümberseadistamise tegevuste sooritamisele masina töötamise ajal suudeti masina efektiivsust tõsta ligi 50% (Shingo 1985, 21-23).

Järgmine edasiareng SMED metoodika kujunemisel leidis aset 1957. aastal Mitsubishi tehases, kus oli probleemiks mootori sängi tsentreerimine töölaual enne töötlust. Shingo leidis probleemile lahenduse läbi lisatöölaua kasutamisele – järgmine mootori säng kinnitati töölauale samal ajal, kui eelmist sängi töödeldi. Shingo oli astunud esimese sammu ümberseadistamise tegevuste muundamisel masina seisakuväliseks. Tänu sellele suudeti tootlikkust tõsta 40% (*Ibid.*, 24).

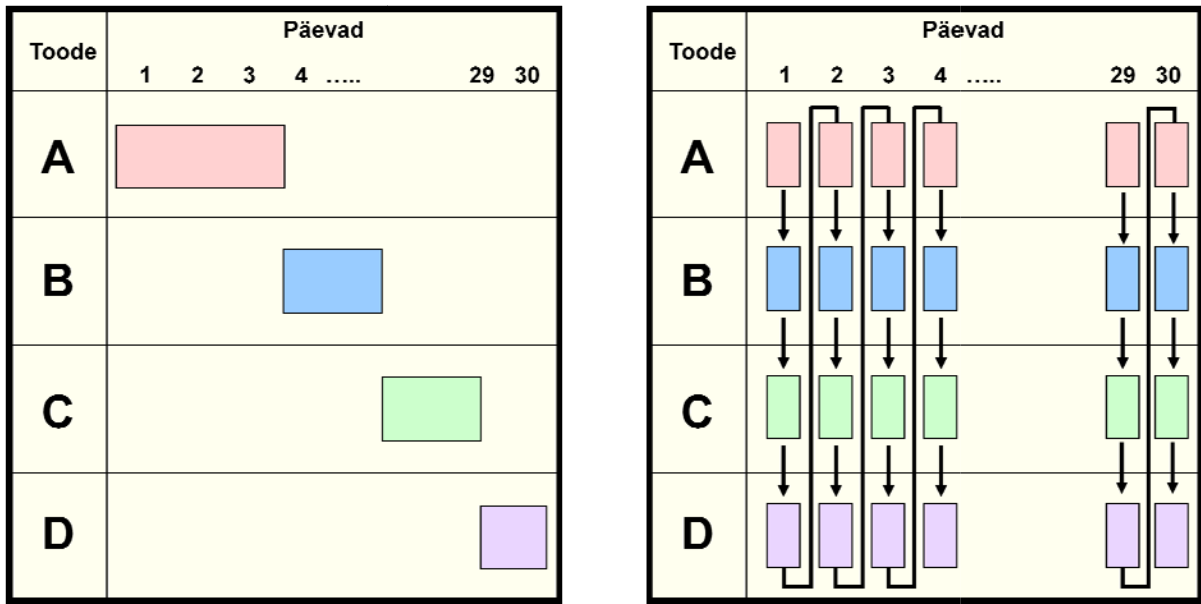
SMED-metoodika lõplik kontseptsioon saavutati 1969. aastal Toyota tehases, kus seati algselt eesmärgiks vähendada ümberseadistusaega 4 tunnilt alla 2 tunnini. Kuue kuu jooksul suudeti läbi seadistuse tegevuste eristamise ja optimeerimise vähendada ümberseadistusaeg 1,5 tunni peale. Kuigi eesmärk oli täidetud, seadis Toyota juhtkond uueks eesmärgiks, et ümberseadistuse aeg peaks olema alla 3 minuti. Shingo leidis, et ainuke võimalus seda saavutada on muundada kõikvõimalikud tegevused masina seisuaajalt masina tööajale – st teostada neid kas enne masina peatamist või pärast masina käivitamist. Kasutades erinevaid

tehnikaid suudeti kolme kuu jooksul eesmärk saavutada. Hiljem rakendati SMED kõigis Toyota tehastes ning on tänaseks tuntud ja rakendatud üle maailma (Shingo 1985, 24-25).

## **2.2. Kasu SMED-i rakendamisest**

Ümberseadistus ei ole ettevõttele lisaväärtust andev tegevus, kuna selle käigus on tootmine seadistataval masinal peatatud. Traditsiooniliselt peetakse ümberseadistust keeruliseks protsessiks, mille jaoks tavalisel tootmistöölisel puuduvad piisavad kogemused ja teadmised. Tihti teostavad ümberseadistamist vaid üksikud kogunud spetsialistid. Seetõttu võivad tootmises kaasneda pikemad masinate seisakud, kui ümberseadistused langevad samale ajale ja kõik spetsialistid on hõivatud. Tüüpiline lahendus ümberseadistustest tekkivate seisakute minimeerimiseks on tootmispartiide suurendamine, mis omakorda vähendab ümberseadistuste sagedust ja seisakutest tingitud ajakadu. Ümberseadistuse keerukusest tingitud pikka masina seisakut ja seetõttu saamata jäävat tulu peetakse vältimatuks ning selle mõju tootmisele korvatakse suurte tootmispartiidega. Suured tootmispartiid vähendavad ettevõtte paindlikkust kliendi tellimustele, suurendavad laoseisu, samuti on oht ületootmisele ja osa tulu toodangu eest jääb saamata (Soni 2005, 148-149).

SMED meetodika eesmärk on tegeleda probleemi tegeliku põhjusega, milleks on ümberseadistus. Läbi oskuslike parendusmeetmete rakendamise on võimalik ümberseadistuse aega oluliselt vähendada, mistõttu kaob vajadus toota suuri partiisid ning sagedane ümberseadistus ei ole enam probleemiks. Tootmisplaan on võimalik kohandada kliendi tegelike vajadustega ning hoida kokku kulusid nii seisaku aegade kui suurte laopindade pealt (mis olid vajalikud ületootmise puhul). Traditsioonilise suurte partiidena ja paindliku väikeste partiidena tootmise võrdlus on esitatud seel 2.1.



Sele 2.1. Suurte (vasakul) ja väikeste (paremal) partiidena tootmine

Läbi SMED-i juurutamise on võimalik ümberseadistust oluliselt lihtsustada, mistõttu puudub vajadus rakendada selleks eriharidusega spetsialiste, keda saab kaasata lisaväärtust andvatesse tegevustesse, nagu näiteks tootmise arendamisse ja uuenduste juurutamisse. Nii saavad oskused efektiivsemalt rakendatud ja ka oskustöölised ise näevad igapäevaselt rohkem eneseteostamise võimalusi (Henry 2013, 22).

Ühe võimalusena ümberseadistuskulude katmiseks sisestatakse see tootmisplaneerimis-süsteemi ja pikk ümberseadistuse aeg jääb tähelepanuta, kuna otsest kahju see kaasa ei too. Ettevõtte, mis seavad eesmärgiks seadistusaegade minimeerimise, saavutavad tihti isegi üle 90% kiiremad seadistusaegad. Ettevõtte näitel, kus 1,5 tunnine ümberseadistusaeg oli iga toote valmistamisele lisatud, suudeti läbi analüüsi ja paranduste viia seadistusaeg 10 sekundini. Läbi ümberseadistuse kiirendamisse investeeritud 100 tuhandele dollarile vähendati ladustamise kulu 1 miljoni dollari võrra ja tootmise tsükkel vähenes 6-7 päeva pealt 20 minutile (Soni 2005, 149).

Olukorras, kus kõik masinad on 100% koormatud oleks turuvajaduste tõusmisel või uute toodete juurutamiseks ainuke võimalus masinapargi suurendamine. Kiirendades ümberseadistusaega on lisandub võrdeliselt vaba masinaaega, mille arvelt on võimalik tootmiskoguseid suurendada ilma suuremaid lisakulutusi tegemata (Henry 2013, 23).

Tootmismahdade suurenemine ja oht tarnete hilinemisele võib kaasa tuua toodangu kvaliteedi languse, mistõttu suureneb kulu praaktoodangule või halvemal juhul ebakvaliteetse toote

tarnimise kliendile. SMED-i meetoodika rakendamine tagab stabiilsema ümberseadistuse ning võimaldab tänu seadistusaja kokkuhoiule toodangule pikemat valmistusaega ning toote kvaliteedi tõusu. Samuti on võimalik lühema ümberseadistusaja arvelt pikendada ja tihendada masinate hooldust, mis omakorda vähendab masinariketest tingitud seisakuid (Henry 2013, 30).

### **2.3. SMED-i rakendamine**

Kuigi ümberseadistused hõlmavad palju erinevaid protseduure, on neis ka mitmeid sarnaseid elemente, mistõttu on võimalik rakendada SMED-i meetodikat kõigi ümberseadistuse puhul. Üldiselt saab ümberseadistuse jagada kolme kategooriasse (Soni 2005, 150):

1. Transport ja puhastus (ettevalmistus ja töö lõpetamine) - Ümberseadistuseks vajalike vahendite (materjalid, tööriistad, vormid, kinnitused) toomine, kontrollimine ja seadistuseks ettevalmistamine, töökoha ja seadmete puhastamine ning peale seadistust mittevajalike vahendite ära viimine.
2. Eemaldamine ja paigaldus (vormivahetus) - Tootmise lõpetanud vormi, kinnituste ja abivahendite eemaldamine töökohalt (masinast) ning järgmiste tootmisvahendite paigaldamine.
3. Seadistamine (reguleerimine) - Järgneva tootmispartii jaoks masina parameetrite sisestamine, katsetamine ja reguleerimine kuni on tagatud stabiilne hea toodangu valmistamine.

SMED meetoodika välja töötanud Shiego Shingo jagas protseduuri kolmeks etapiks (Shingo 1985, 28-30):

1. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine;
2. Sisemiste tegevuste viimine välimisteks tegevusteks;
3. Kõigi ümberseadistuse tegevuste optimeerimine.

Eelduseks SMED-i parenduste rakendamisele on ümberseadistusaegade ja nendega kaasnevate kulude analüüsi tulemused. Vastavalt sellele tuleb valida välja problemaatiline masin ja põhjalikult kaardistada ümberseadistuse tegevused enne SMED-i.

SMED-i projekti peaks kaasatud olema ka finantsosakond, kes tagab projekti käigus kaasnevate arenduskulude rahastamise. Kui raamatupidamisest ei ole võimalik välja võtta

ümberseadistuse kulud, siis on alternatiiviks aastase ajakokkuhoiu arvutamine ja kokkuhoiu presenteerimine finantsosakonnale (Henry 2013, 20).

Sageli käivitatakse SMED projektid paralleelselt rakktootmise (eng. *cellular manufacturing*) ja tõmbele tootmise (eng. *pull production*) juurutamisega. SMED ei ole iseseisev projekt vaid üks osa suuremast programmist – kulusäästlikust ehk timmitud tootmisest. Timmitud tootmise põhimõtetele iseloomulikult peaks ka SMED-i projektide puhul toimuma pidev parendamine – optimeeritud ümberseadistusi tuleks perioodiliselt uuesti analüüsida. Milwaukee Electric Tool näitel vähendati ümberseadistusaega tootmisrakus esmalt kahelt tunnilt 20 minutile, korduanalüüsi käigus suudeti aega lisaks vähendada 7 minuti peale (Soni 2005, 159-160).

### **2.3.1. Ettevalmistused SMED-iks**

Ümberseadistuse projekt tuleks läbi viia iga masina ja toote kombinatsiooni kohta individuaalselt, sest isegi väike erinevus võib omada suurt mõju seadistusprotsessile. SMED-i rakendamise eelduseks on reaalse vajaduse defineerimine, milleks on näiteks paindlikuma tootmise ja vajadusepõhise ümberseadistuse võimaldamine. Oluline on seada eesmärk esimese korraga suurt kasu saavutada, sest edukas projekt tõstab projektimeekonna motivatsiooni ja tagab ettevõtte juhtkonna toetuse SMED-i edaspidiseks rakendamiseks (Soni 2005, 158).

Kuigi ümberseadistusaja kiirendamine annab suurimat kasu täiskoormusel töötavale masinale, kus iga seisak tähendab kaotatud tootmisaega, siis pikemas perspektiivis tuleks SMED-i metoodikat rakendada ka osakoormusel töötavatele masinatele. Lisaks masina seisuaegade vähendamisele on võimalik võidetud aja arvelt ümberseadistusi sooritavat personali rakendada näiteks masinate hooldamisel, töötajate koolitamisel või muudes tootmisega seotud parendustegevustes (Henry 2013, 23).

Projektimeeskond koosneb üldjuhul erinevatest masinate ja seadistamisega seotud spetsialistidest – seadistajad, operaatorid, vormivalmistajad, tehnoloogid jms. Kuigi insenerid/disainerid oskavad keerukamaid lahendusi välja töötada, osutuvad seadistusega igapäevaselt kokku puutuvate operaatorite soovitusel tihti praktilisemateks ja lihtsamini juurutatavateks. Meeskonna liikmed peaksid enne projekti algust kas läbi koolituse või erialase kirjanduse SMED metoodikaga tutvuma. Ettevõtte töötajaid, kes ei ole SMED-i projektimeeskonna liikmed, aga on muul viisil projektist mõjutatud, tuleb eelnevalt teavitada projekti eesmärkidest, milleks ei ole töötajate oskuste hindamine (Soni 2005, 158-159).

Ümberseadistusega seotud töötajad võivad SMED-i rakendamises näha neile lisanduvat kohustust, samuti ei pruugita mõista projekti kasulikkust kõigi osapoolte ja mitte üksnes ettevõttele. SMED-i rakendamisest võivad otseselt või kaudselt kõik ettevõtte töötajad ja seda tuleks individuaalselt selgitada (Henry 2013, 21).

Ümberseadistusi analüüsima ja parendusmeetmeid määrama hakates ei tohiks jätta ühtegi parendusettepanekut tähelepanuta selle keerukuse tõttu, olenemata sellest, kas idee pärineb insenerilt või liinitöoliselt. Oluline on julgustada igapäevaselt masinatega töötavaid inimesi kõikvõimalike parendusettepanekuid tehnilise meeskonnaga jagama. Operaatoritel võib tekkida kasulikke ideid, mille rakendamiseks puuduvad neil teadmised, aga mis võivad ettevõttele tehnilise meeskonna abiga olulist kasu tuua. Idee ise on oluline ja kõigil töötajatel peaks olema julgus oma ettepanekuid teistega jagada (*Ibid.*, 73-74).

### **2.3.2. Kaardistamine**

Enne SMED-i tegevustega alustamist tuleb kaardistada olemasoleva ümberseadistuse protseduur. Selleks määratakse SMED-i meeskonnas vastutusosalad. Kaardistamise käigus kogutakse olemasoleva ümberseadistuse andmeid kasutades selleks videokaamerat ja stopperit. Kogu ümberseadistuse protsess eelmise partii viimasest heast tootest kuni järgmise partii esimese hea tooteni tuleb lindile saada. Oluline on ka jälgida, et ümberseadistus tehtaks täpselt igapäevase protseduuri järgi ning seadistajat ei tohi töö käigus küsitlemiseks segada – ümberseadistuses osalevate töötajate selgitusi nende tegevuste ja töövõtete kohta saab küsida hiljem video analüüsi käigus. Filmitud protseduur vaadatakse SMED meeskonna poolt üle ning jagatakse võimalikult täpselt konkreetseteks tegevusteks koos selleks kulunud aegadega (Soni 2005, 159).

**Kontrollnimekirjad.** Eelduseks, et ümberseadistus toimuks vastavalt ettenähtud protseduurile, on soovitatav kasutada kontrollnimekirja. Kontrollnimekiri koostatakse igale masinale ning see peaks olema töökohal kättesaadav. Nimekiri peaks sisaldama kõiki ümberseadistuse tegevusi nende sooritamise järjekorras, lisaks masina seadistusparameetreid, vajalike komponente (vormid, kinnitusvahendid jms.) koos nende asukohtadega ning ümberseadistuseks vajalike tööriistade nimekirja. Kindla protseduuri puudumisel teostab iga töötaja seadistust erinevalt, millega võib kaasneda pikem ajakulu ning kvaliteedi alanemine (Soni 2005, 154).

Soovitav on kontrollnimekirja lisada ka seadmete ja töövahendite korrasoleku kontrollimise nõue. See välistab vigastuse avastamise alles ümberseadistuse käigus, kui masin on juba peatatud. Läbi õigeaegse kontrollimise saab vajalikud asendused või remonditööd teostada välimise seadistusaja arvelt (Shingo 1985, 35).

Lisaks ümberseadistuse jaoks vajalike tööriistade loetelule võib kasutada nn, kontrollalust (eng. *check table*), mille peal on ära määratud iga tööriista asukoht. Seadistaja paigutab enne masina peatamist igale märgitud kohale õige tööriista. Tulemuseks on ümberseadistuse käigus tööriistad kiiremini leitavad ning seadistaja ei pea näiteks kontrollima mutrivõtme suurust (*Ibid.*, 34-35). Seeläbi on SMED integreeritud kulusäästliku tootmise teise tööriistaga 5S (Lean Thinking and Methods: 5S 2015).

**Standardised töövõtete kirjeldused**, inglise keeles Standard Operating Procedure, edaspidi SOP (Henry 2013, 33), on teksti, piltide, skeemide, voodiagrammide jms abil kirjeldatud täpne tegevuskava, mis suunab töötajat tema ülesande täitmisel. Kui kontrollnimekiri ütleb, mida ja mis järjekorras teha, siis SOP-id selgitavad kuidas midagi teha. Kui ümberseadistuseks puudub SOP, siis teostatakse seda vastavalt kogemustele, mis aga on kõigil töötajatel erinevad ning kui uus töötaja õpib kogenenud kolleegi pealt, siis läheb alati osa olulistest nõuannetest kaotsi. SOP-id tuleks ideaalis koostada nii detailselt kui võimalik – selliselt, et isegi ilma vastava väljaõppeta personal suudaks SOP-i abil ümberseadistust teostada. Kui detailsusega kaasneb mahukas SOP dokument, mida on igal ümberseadistusel tülikas lugeda, siis hea praktika on teostada operatsiooni kontrollnimekirja alusel ja ebakindluse puhul kontrollida SOP-ist õigeid töövõtteid. Oluline on SOP-ide jaoks kasutada ka standardset dokumendipõhja, st kogu info oleks alati samal kohal ja lihtsasti leitav (*Ibid.*, 33-34).

Kui ettevõttes pole siiani SOP-e kasutatud, siis tuleks nende koostamisega alustada SMED-i juurutamise algaasis. Tihti selgub, et puudub ühine aruaam olemasolevast ümberseadistuse rutiinist ning sellest, milline see tegelikult peaks olema. Hetkeolukorra läbi SOP-i kaardistamine loob tugipunkti parendustegevustega alustamiseks. Üks võimalus SOP-i jaoks algandmete saamiseks on kasutada masinatootjate poolt koostatud kasutusjuhendeid. Teine võimalus on sarnaselt SMED-i jaoks ümberseadistuse kaardistamisele kirjeldada samadel põhimõtetel ka SOP. Oluline on, et ümberseadistust teeks kogenud töötaja ja tegevusi SOP-i jaoks kirjeldaks ümberseadistuse terminoloogiat hästi tundev töötaja – SOP-is kasutatavad mõisted peavad olema kõigile ümberseadistuste teostajatele üheselt mõistetavad. Valminud



SOP tuleks ühes kõigi seadistajatega läbi vaadata, vajadusel korrigeerida ja seejärel selle alusel ümberseadistus sooritada. Kui SOP peab ka praktikas paika, siis tuleb see ametikult kinnitada ning töösse lasta. Tootmise juhendajad ja juhid peavad veenduma, et kõik töötajad saaksid koolitatud ning et ümberseadistusi tehtaks edaspidi täpselt vastavalt SOP-ile. Samas tuleb SOP-e perioodiliselt üle vaadata ning töötajatelt saadud muudatusettepanekuid vajadusel sisse viia (Henry 2013, 42-44).

SOP-ide haldamiseks tuleb välja töötada konkreetne rutiin. Eeldusel, et ümberseadistusi tehtaks vastavalt SOP-ile, peavad uusimad versioonid olema töötajatele lihtsasti kättesaadavad. Lihtsaim viis tundub olevad SOP-ide paber kandjatel haldamine, mille puuduseks on aga kehv jälgitavus. Võib juhtuda, et nii vanad kui uued SOP-id on üheaegselt kasutusel ning töövõttes ei ole enam standardsed. Paber kandjal SOPe limiteerides on tagajärjeks nende kehv kättesaadavus. Efektivsem viis SOP-ide haldamiseks on elektrooniline süsteem, mis tänu infotehnoloogia kiirele arengule ei vaja enam suuri investeeringuid. Üheks võimaluseks on kasutada tahvelarvuteid, mida on lihtne üle terve tehase paigaldada. Seadmed on sisevõrguga ühenduses ning uusimad SOP-id on värvilisel ekraanidel lihtsasti käsitletavad. Lisaks on elektroonselt võimalik viidete abil kiirelt vahetada näiteks kontrollnimekirja punktilt SOP-i kirjelduses vastava punkti peale, vähendades nii ajakulu paber kandjal SOP-i lehitsemisele. Kontrollnimekirja alusel ümberseadistust tehes on võimalik reaajas teostatud tegevusi märgistada, mille alusel ilmub järgmine samm nähtavale. See vähendab võimalust tegevusi vales järjekorras teostada ning iga tegevuse lõpetamise aegu saab süsteemist jälgida ja analüüsida. Lisaks on üheks elektrooniliste seadmete eeliseks paber kandjate ees video ja heli kasutamise võimalikkus. Operatsiooni on võimalik piltide asemel filmida, mille põhjal on töötajal palju lihtsam meetodikat mõista, kui pildi- ja tekstipõhise kirjelduse abil (*Ibid.*, 45-47).

Kuigi põhjalike SOP-ide ettevalmistus nõuab palju aega ja pühendumust, on need stabiilse ümberseadistuse tagamiseks hädavajalikud. Läbi SOP-i rakendamisele on võimalik tagada SMED-i meetodika põhjal optimeeritud ja standardiseeritud ümberseadistuse korratavus ja jätkusuutlikkus.

### 2.3.3. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine

Ümberseadistuse tegevused tuleks jagada sisemisteks ja välimisteks tegevusteks:

1. Sisemine tegevus – ümberseadistamise tegevus, mida saab teha vaid siis, kui masin on peatatud – st ei toodeta eelmist ega järgmist partiid.
2. Välimine tegevus – ümberseadistamise tegevus, mida on võimalik teha ajal, mil masin töötab – st eelneva või järgneva partii tootmine käib.

Enamus ümberseadistuse ettevalmistamise ja lõpetamise tegevusi on võimalik sooritada sel ajal, kui tootmine käib. Järgneva partii tootmisvahendid saab tuua masina juurde enne eelneva tootmispartii lõpetamist, samuti saab lõpetatud tootmispartii vahendid masina juurest eemaldada, kui järgneva toote valmistamine on käivitatud. Mitmetes ettevõtetes, kus ei ole ümberseadistusi põhjalikumalt analüüsitud, ei eristata välimisi tegevusi sisemistest, mistõttu peatatakse masin ümberseadistuse protsessi algul. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine on SMED-i esimene samm, mis võib tihti vähendada masina seisaku aega 30-50%. Samas ei vaja tegevuste eristamine üldiselt erilisi lisainvesteeringuid (Shingo 1985, 29).

Kui ümberseadistust teeb selleks eraldi määratud töötaja, siis operaator, kelle masina peal ümberseadistust tehakse, peab jääma ootama kuni ümberseadistus on lõpuni viidud. Operaatori ooteaeg ja masina seisuaeg on võrdelised ümberseadistuse sisemiste tegevuste ajaga. Seega sisemiste tegevuste eristamine välimistest vähendab lisaks masina seisakule ka operaatori ooteaega (Soni 2005, 150-151).

### 2.3.4. Tegevuste elimineerimine

Ümberseadistuse protseduuri tegevusteks jagades tuleks samaaegselt kriitiliselt analüüsida ka iga tegevuse vajalikkust ning töötaja tegevuse vastavust tööjuhendile. Tegevused, mida reaalselt ümberseadistuse käigus tegema ei peaks, tuleks koheselt elimineerida – parendustegevusi tuleks määrata vaid ümberseadistuseks vajalikele tegevustele.

**Üledokumenteerimine.** Kuigi näiteks projektijuhtimises rõhutatakse dokumenteerimise olulisust, võib igapäevatoos esineda ka liigset paberite täitmist, mis ei pruugi olla vajalik. Juhul kui leidub dokumente, mille täitmine osutus mingil hetkel vajalikuks, kuid mida edaspidi on täidetud vaid harjumusest, siis tuleks need likvideerida. Dokumentide

dubleerimist tuleks vältida ning võimalusel kasutada ühte kombineeritud dokumenti, mille kõik täidetavad väljad on ka reaalselt vajalikud (Henry 2013, 52).

**Kvaliteedi hindamine** on tavaliselt üheks ümberseadistuse osaks, millele võib kohati kuluda palju aega. Lisaks kvaliteedi hindamisele kulub aega ka vastava kontrollija ootamisele. Üks võimalus on läbi osakondadevahelise koostöö kiirendada hindamise teostamist, aga parem moodus on ümberseadistust teostava operaatori kvaliteedialane väljaõpe ning ümberseadistuse ja kvaliteedikontrolli tegemine töökohal sama töötaja poolt (*Ibid.*, 53).

**Efektiivsem planeerimine.** Ümberseadistus ühel ja samal masinal võib oluliselt erineda olenevalt eelmisest ja järgmisest tootmispartiist. Kui tootmises kasutatakse näiteks erinevat tüüpi või värvi materjale, siis kaasneb sellega ka pikem ajakulu masina puhastamisele enne uut tootmispartiit. Näiteks heledalt materjalilt tumedamale üle minnes vajab masin oluliselt vähem puhastamist, kui tumedalt materjalilt heledamaks. Toodete ja nende materjalide erinevusi tuleks analüüsida ning tootmist vastavalt planeerida – nii on võimalik hoida kokku nii aega, töövahendeid kui ka materjale (*Ibid.*, 53-54).

**Redelite kasutamise välistamine.** Suurematel masinatel ümberseadistuste teostamine nõuab vahel ligipääsu käeulatusest kõrgemal asuvatele masinaosadele. Selleks kasutatakse tihti tsentraalses asukohas või halvemal juhul tehase teises otsas paiknevat redelit. Redeli toomine ümberseadistuse ajal on järjekordne ajakadu, samas ilma selleta mööda masinaosi ronimine veel tõsisem viga – oht nii töötajale kui masinaosadele. Üheks lihtsaks lahenduseks nii aja kokku hoidmiseks kui ka turvalisuse tagamiseks on masina külge kinnitada spetsiaalsed astmed, mida on võimalik muul ajal vastu masinat lükata. Analoogne lahendus on esitatud seel 2.2.



Sele 2.2. Reguleeritav astmelaud (Henry 2013, 59)

### 2.3.5. Tegevuste viimine sisemistest välisteks

Ümberseadistuste sisemine tegevus on ettevõttele lisaväärtust mitteandev osa. Seega tuleb võimalikult palju ümberseadistuse tegevusi viia sisemistest välimisteks. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamisest ainuüksi ei piisa, et maksimaalset ajavõitu saavutada. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamise järgselt tuleb analüüsida kõiki sisemisi tegevusi ja võimalusel läbi uute protseduuride, meetodite või abivahendite tegevused sisemisest väliseks viia. Näiteks valuvorme, mis vajavad üles kuumutamist, saab enne vormivahetust ette kuumutada, et välistada külma vormi soojenemiseks kuluv ooteaeg sisemisest ümberseadistusajast (Soni 2005, 152).

Tegevuste viimine masina seisakuväliseks ei elimineeri üldiselt ühtegi tegevust ja võib endaga kohati lisatööd kaasa tuua, samas on kaotatud masina töötund ettevõttele tunduvalt kulukam kui lisanduva inimressursi kulu. Kuna tegevuste muundamine sisemistest välisteks võib vajada lisainvesteeringuid, siis on väga oluline täpselt teada kaotatud masinatunni hinda, et lisainvesteeringute tasuvust välja arvutada ja juhtkonnale presenteerida (Henry 2013, 119-120).

**Materjali käsitlemine** peaks toimuma ümberseadistuse välise operatsioonina, et välistada olukordi, kus masin on ümber seadistatud ja ootab materjali saabumist. Kui materjali transport masina juurde on planeeritud seadistusaja siseseks, siis on risk tõrgetele materjali õigeaegsele laost väljastamisele (vale laoaadress, laotöötaja puhkepaus, samaaegne materjalide väljastamine jne). Järgmise tootmispartii materjalid tuleks masina juurde tuua enne ümberseadistusega alustamist – juhul, kui tootmisliini juures on ruumipuudus, siis on alternatiiviks eraldi ala laost väljastatud materjalidele. Eraldi ala korral peaksid materjalid paiknema vajaduste järjekorras, et tootmistöölisel oleks õige materjal kiiremini leitav. Kõik tootmiseks vajalikud materjalid ja nende kogused peaksid olema väga täpselt tootestruktuuris (eng. *Bill of Materials* ehk BOM) kirjeldatud, et vältida liini (sh ümberseadistuse) seisakut puuduva komponendi tõttu (Henry 2013, 120-122).

Eelmisest tootmispartiist alles jäänud materjalid ja valmis toodang tuleks masina juurest eemaldada kas peale ümberseadistuse lõppu või paralleelse tegevusena ilma ümberseadistuse kiirust alandamata.

**Tootmisvahendite ettevalmistus** (vormid, rakised, masinaosad jms) peaks olema tehtud enne ümberseadistuse algust. Tootmisvahendeid peaks kontrollima, puhastama ja vajadusel

parandama peale igat kasutust, enne nende ladustamist – nii saab välistada tõrkeid ümberseadistusel vigase või puhastamata tootmisvahendi tõttu. Isegi toimiva hooldusrutiini korral tuleks tootmisvahendid masina juurde tuua enne ümberseadistuse algust, mis võimaldab lisaks sisemise seadistustaja kokkuhoiule teostada topeltkontroll tootmisvahendite seisukorrale (Henry 2013, 122-123).

### **2.3.6. Tegevuste lihtsustamine**

SMED-i meetodika üks eesmärkidest on võimaldada tootmist väikeste partiidena nii, et ümberseadistus ei oleks probleemiks. Et seda saavutada, tuleb pärast sisemiste tegevuste viimist välisteks kõiki ümberseadistuse tegevusi (sisemisi ja välimisi) maksimaalselt lihtsustada. Toetudes SMED-i meetodika alustele, peaks ümberseadistus võtma aega alla 10 minuti. Lisaks peaks SMED-i meeskond töötama suunas, mis minimeeriks ümberseadistuste tegevuste koguarvu. Ideaalne ümberseadistus peaks ette nägema vaid ühte tegevust – Shingo järgi OTED (eng. *one-touch exchange of dies*), eesti keelde tõlgituna „ümberseadistus ühe vajutusega“ (Soni 2005, 153).

Rakktootmise, kus tootmise tempo peab vastama toote valmistamise tsükliajale (eng. *takt time*), ei tohiks ümberseadistus tsükliiega ületada. Seega, kui toote tsükliage on 10 minutit, siis peaks ka ümberseadistuse teostama maksimaalselt 10 minutiga. Lisaks peaks timmitud tootmise põhimõtete järgi tootmine toimuma tõmbele ehk vastavalt kliendi tellimusele. Et seda saavutada, peaks ümberseadistus olema piisavalt lihtne, et tootmisoperaator sellega ise hakkama saaks (*Ibid.*, 153).

Pärast ebavajalike tegevuste kõrvaldamist ja vajalike tegevuste ajakulu minimeerimist on võimalik ümberseadistusega veel lühendada läbi tegevuste paralleelselt teostamisele. Ümberseadistamisega kaasneb tihti tegevusi nii masina ees kui taga, mistõttu üks seadistaja peab masina ümber palju liikuma. Kui tegevus teha paralleelselt kahe seadistaja poolt on võimalik töö teostada üle kahe korra kiiremini, kuna lisaks kahe ülesande samaaegsele täitmisele kaob vajadus seadistaja liikumisele kahe ülesande täitmise vahel. Ümberseadistuste tegevuste paralleel sooritamisel on oluline tagada ka mõlema seadistaja optimaalne rakendamine kogu protsessi vältel, samuti tuleb tagada tööohutus (Shingo 1985, 53-55).

Ümberseadistamist ei tohiks kunagi optimeerida turvalisuse arvelt. Kokkupuutel raskete ja liikuvate vormi- või masinaosadega on suur risk töötaja turvalisusele. Tegevuste

elimineerimisel, kombineerimisel või optimeerimisel peab turvalisus olema esikohal (Henry 2013, 21).

Parim ümberseadistuse meetod on see üldse välistada. Et seda saavutada, ei ole vaja tingimata rakendada eelpool toodud SMED-i metoodika elemente. Ümberseadistuse kaotamiseks on kolm võimalust (Soni 2005, 153):

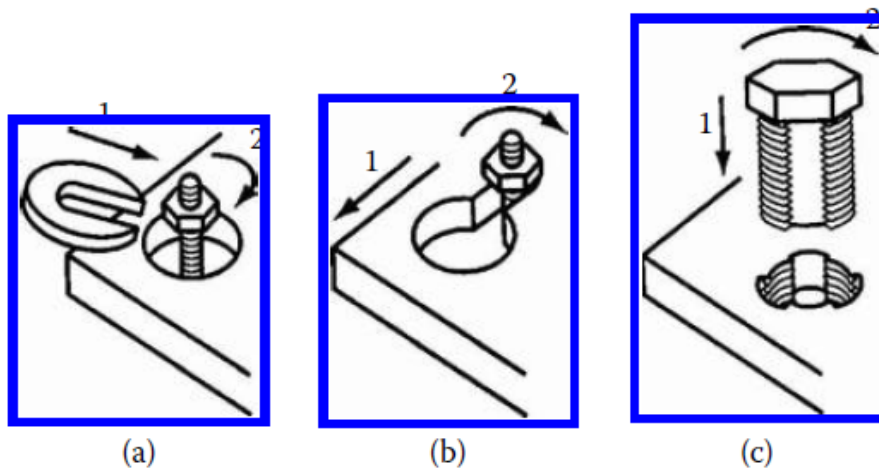
1. **Sarnaste toodete valmistamine:** Analoogsed tooted ei pruugi partii vahetusel vajada ümberseadistamist. Selline lähenemine vajab tootmisinseneride ja disainerite vahelist koostööd ning tootmiskeskse projekteerimise põhimõtete rakendamist. Enne uue toote projekteerimist tuleks kaaluda võimalust olemasolevaid tooteid kasutada, samuti on üks võimalus sarnased tooted asendada ühe standardse tootega.
2. **Erinevate toodete samaaegne valmistamine:** Tooteid, mida tellitakse samaaegselt ja samades kogustes (näiteks kojamehed autotööstusele), on võimalik toota korraga ühel masinal, kasutades selleks ühte vormi kahe erineva pesaga või kinnitades kaks vormi ühe masina alla. Ümberseadistus samaaegselt valmistatavate toodete vahel on elimineeritud.
3. **Masina määramine ühele tootele:** Tootes ühe masinaga vaid ühte toodet puudub vajadus ümberseadistusele. Antud lähenemine on praktiline vaid siis, kui tegemist on tootega, mida tellitakse piisavalt suurtes kogustes, et tagada masina praktiline kasutamine.

**Tööriistu**, mida ümberseadistusel kasutatakse peaks olema võimalikult vähe ning ainult vajalikud tööriistad peaksid asuma pressi juures ja nende olemasolus tuleks veenduda enne masina peatamist. Kui vormide kinnitamiseks kasutatakse mutreid, mille fikseerimiseks on vaja võtit, siis soovitav oleks selleks kasutada momentvõtit. Seeläbi on võimalik vähendada tõenäosust mutrite ülekeeramiseks või liiga nõrgaks kinnitamiseks. Kui kinnitamiseks kasutatakse suuremal hulgal mutreid, siis on võimalik protsessi kiirendada läbi pneumaatilise mutrivõtme kasutamise, mille momenti on olenevalt seadmest võimalik eelnevalt reguleerida. Ideaalis tuleks kasutada vaid ühte tüüpi kinnitusvahendeid, aga kui see pole võimalik, siis on üheks võimaluseks kasutada universaalset Gator-Grip padrunit (vt sele 2.3) , mis kohandub nii erimõõdus standardsete kui ka erikujuliste mutritega (Henry 2013, 88-90).



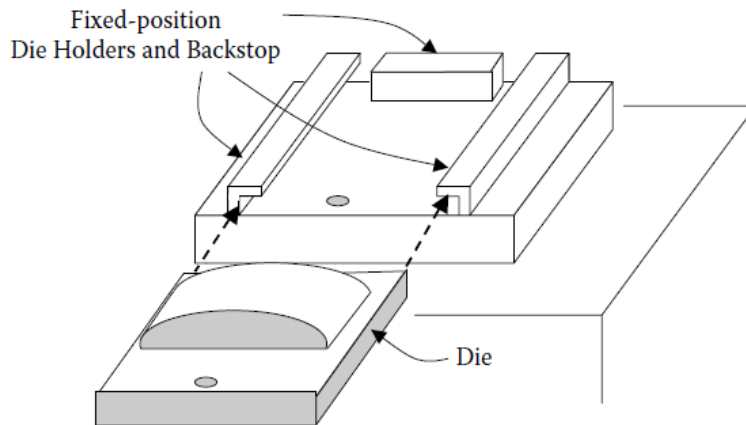
Sele 2.3. Gator-Grip universaalne mutrivõtme padrun (Gator Grip Universal Socket 2015).

**Kiirkinnitused.** Lisaks universaalse tööriista kasutamisele tuleks lihtsustada ja standardiseerida ka kinnitusvahendeid. Ideaalis peaks kinnitamine toimuma ilma tööriista kasutamise vajaduseta või kasutades vaid ühte tööriista ja kinnitamise liigutust. Kui kinnitamiseks kasutatakse polte, siis tuleks nende arvu ning keerrestatud ala pikkust maksimaalselt piirata. Poldi fikseerimiseks piisab vaid ühest pöördest. Mõned näited kiirkinnitustest on esitatud seel 2.4 (Soni 2005, 154).



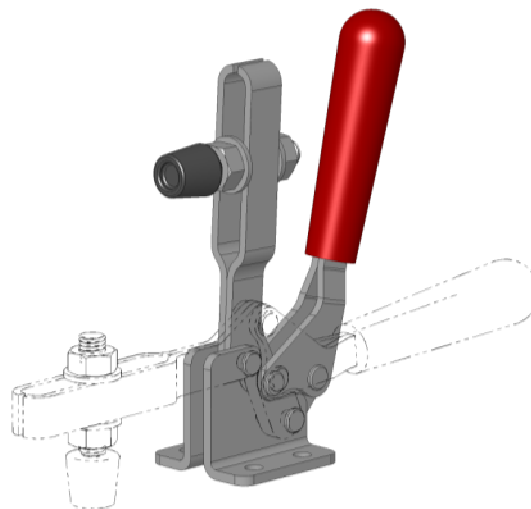
Sele 2.4. Kiirkinnitused (*Ibid.*, 154).

Teine näide kiirkinnitustest on vormide kinnitamine siinide abil, mille vahele vorm lükatakse. Vorm lükatakse kuni stopperini ja fikseeritakse seejärel fikseeritakse tihvtiga. Sellist tüüpi kinnituste kasutamise eeliseks on lisaks vormi fikseerimisele ka selle korrektse positioneerimise võimaldamine, miinuseks aga standardsete mõõtmetega vormide kasutamise vajadus. Näide siinidega kiirkinnitamisest on esitatud seel 2.5 (Soni 2005, 155).



Sele 2.5. Siinidega kiirkinnitus (Soni 2005, 155)

**Tööriistavabaks** kinnitamiseks on võimalik kasutada erinevaid käsitsi või võimendusega kinnitatavaid klambreid, mida on turul saada erinevates mõõtudes. Võimalik on kasutada nii ühes kui mitmes asendis lukustatavaid klambreid, samuti topeltlukustusega klambreid turvalisuse suurendamiseks. Pneumaatiliselt või hüdrauliliselt käsitatavaid klambrid peavad vastu suurematele jõududele ja võimaldavad lisaks kinnitamise automatiseerimist. Näide kinnitusklambrist on esitatud seel 2.6. (Henry 2013, 103-104).

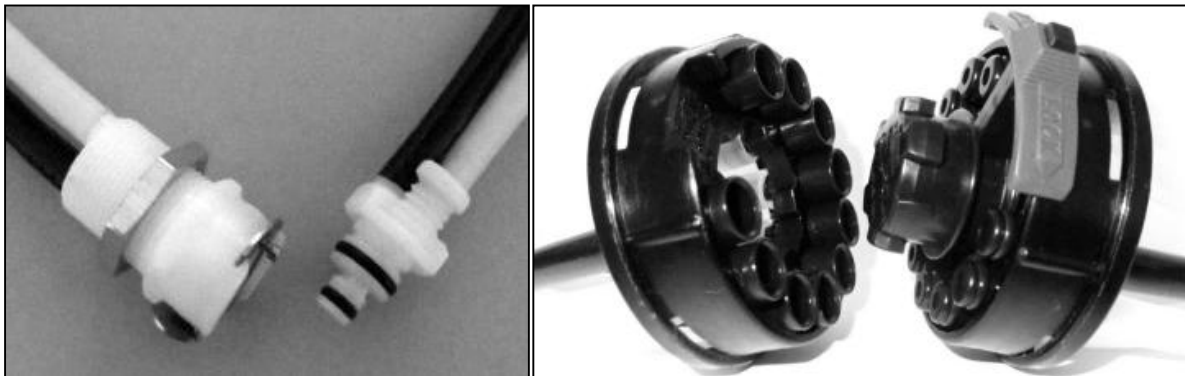


Sele 2.6. Kiirkinnitusklamber (Toggle lever clamps 2012)

Lisaks vormi kinnitamisele on olenevalt tehnoloogiast vaja vormi külge ühendada ka lisaseadmeid – näiteks pneumaatilised või hüdraulilised voolikud või elektriühendused. Lisäühenduste jaoks tuleks samuti kasutada kiirkinnitusi, et välistada tööriistade kasutamise vajalikkus. Kui vormi külge kinnitatakse mitu sarnast voolikut või juhet (nt sisend ja väljund), mille vastupidi ühendamisel on oht masina ja vormi rikkele. Seda on võimalik vältida kasutades ühte peaühendist, mida on võimalik vaid ühes asendis kinnitada. Nii on välistatud

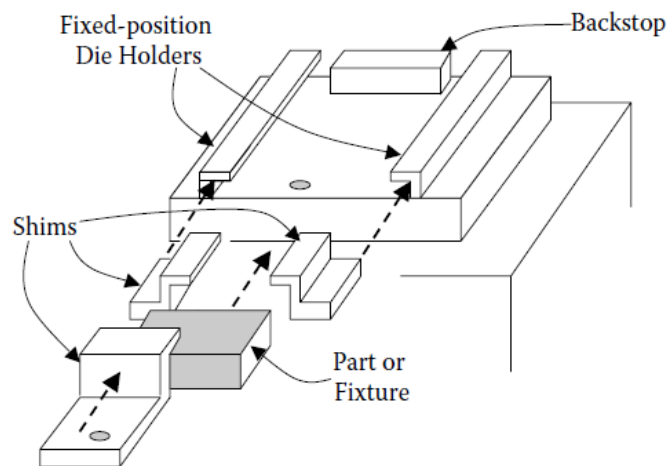


valeühendused ning kõigi vajalike pistikute ühendamine toimub ühe liigutusega. Näide voolikute kiirkinnitustest on toodud seel 2.7 (Henry 2013, 60-61).



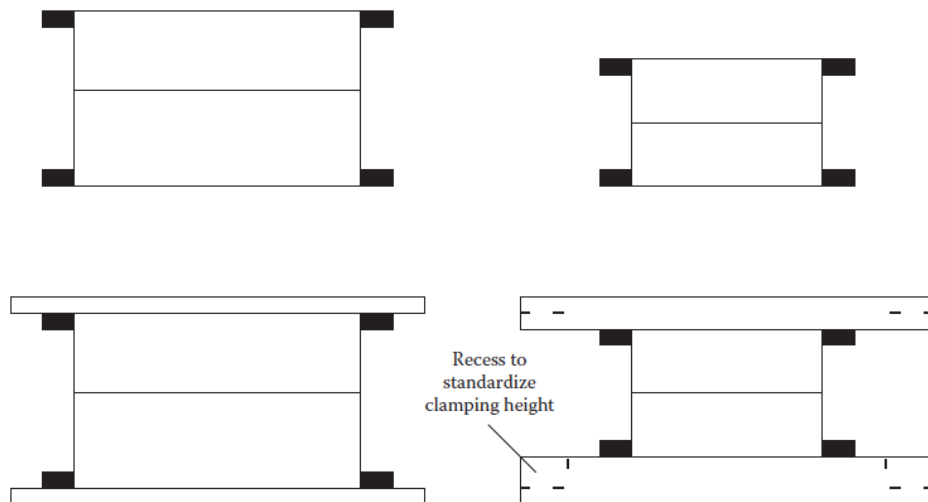
Sele 2.7. Vooliku kiirkinnitus (vasakul) ja universaalpistik (paremal) (*Ibid.*, 61)

**Reguleerimise välistamine.** Vormi tsentreerimine tööpindadel võib kohati moodustada suure osa ümberseadistuse koguajast. Samm-sammult reguleerimine, testimine, kontrollimine ja korduv reguleerimine tuleks välistada. Üks võimalus on kasutada standardsete mõõtmetega vorme ja kinnitada need siinide abil (sele 2.5). Kui tegemist on erinevate mõõtmetega vormidega, on üks võimalus kasutada iga vormi jaoks eraldi klambreid (siinipikendusid). Näide klambritest on toodud seel 2.8 (Soni 2005, 155-156)



Sele 2.8. Siinide ja klambrite kasutamine (*Ibid.*, 156)

Teine võimalus erinevate mõõtmetega vormide puhul reguleerimiste välistamiseks on kasutada standardses mõõdus paksusplaate, mis kinnitatakse vormile enne ümberseadistuse algust. Nii saab vormide kinnitamiseks kasutada standardseid kinnitusvahendeid ja masina töökäiku ei ole vaja ümberseadistuse käigus reguleerida. Näide paksusplaatidest on esitatud seel 2.9 (Henry 2013, 129-130).



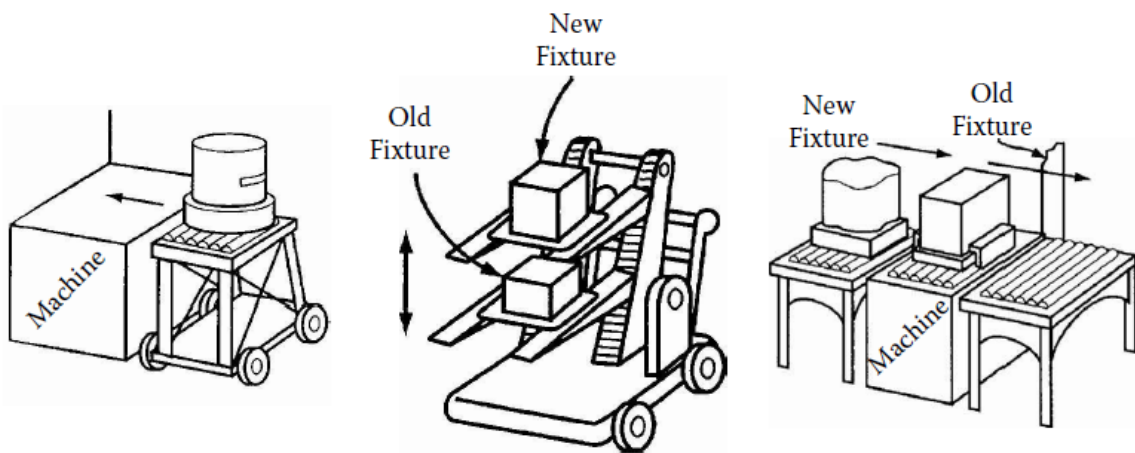
Sele 2.9. Paksusplaadid vormimõõtmete standardiseerimiseks (Henry 2013, 129)

Käesolevas alampeatükis on siiani toodud näited sisemise seadistusaja vähendamiseks. Järgnevalt on toodud mõningad näited parendusmeetmetest välimise seadistusaja optimeerimiseks.

**Ladustamine.** Seadistusajaväliseid tegevusi on võimalik elimineerida või kiirendada paigutades kõik ümberseadistuseks vajalikud vahendid masinatele võimalikult lähedale, ideaalis iga masina juurde. Kulude kokkuhoiu eesmärgil piisab ka seadistusvahendite paigaldamisest masinagruppide kaupa nende kesksele asukohale. Kui seadistuseks vajalikud vahendid paigutada ratastega kärule, siis on võimalik kärü veeretada masina juurde, kus parajasti ümberseadistust teostatakse. Lisaks tuleks tähelepanu pöörata ladustamise põhimõtetele. Vormide hoiustamise riul võiks olla samal tasemel, mis masina tööpind, kuhu vorm kinnitatakse – see võimaldab vormi sujuvat liigutamist riulist transpordivahendile ja selle pealt masina vahele, elimineerides vertikaalsed liigutused. Seadistusvahendite alad peaksid olema markeeritud nii, et oleks lihtne töövahendi asukohta leida ja seda hiljem õigele kohale tagasi paigutada. Üks lihtne moodus on värvkoodide kasutamine – iga ese ja selle asukoht on kaetud sama värviga (Soni 2005, 156-157).

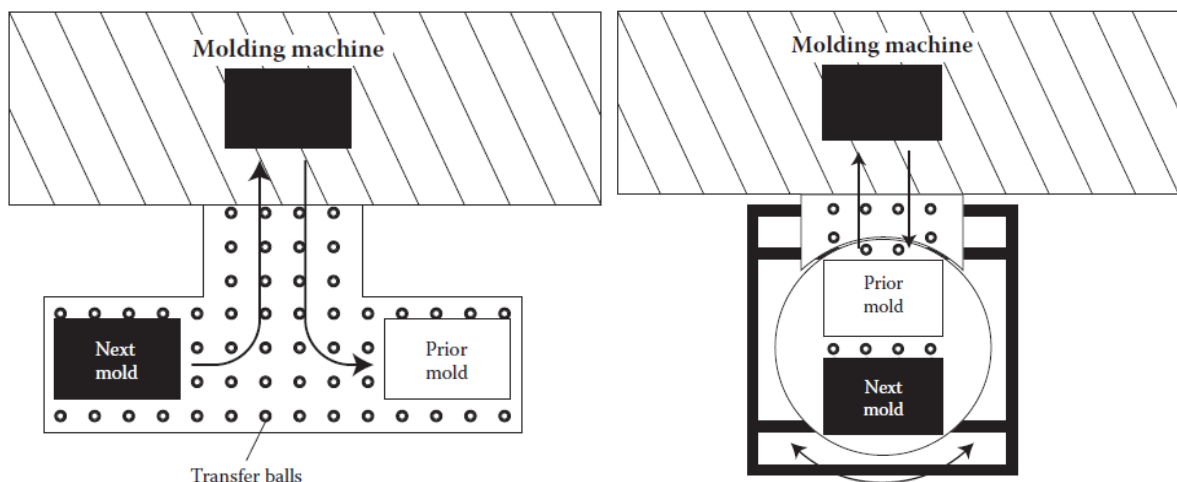
**Transportimiseks** vorme ja rakiseid masina juurde ja tagasi peaks kasutama ainult ümberseadistuseks ettenähtud transpordivahendeid, mis peaksid olema alati saadaval. Juhul, kui kasutatakse manuaalseid transpordivahendeid, peaks tööpind, millele vormid/rakised paigutatakse, olema rullikutega. Ümberseadistuse kiirendamiseks tuleks kasutada ühte kahetasapinnalist või kahte ühetasapinnalist transpordivahendit, mis võimaldaksid eelmise

tootmispartii vormi asendamist uuega ilma vahetranspordita. Näited eelnimetatud lahendustest on esitatud seel 2.10 (Soni 2005, 157-158).



Sele 2.10. Vormide ja rakiste transpordivahendid (*Ibid.*, 158)

Et ühele tasapinnale mahutada nii vana kui uut vormi on võimalik kasutada näiteks T-kujulise või rotateeruva töölauaga vormikärusid. T-kujulise tööpinnaga vormikärul on asetseb uus vorm ühes laua nurgas, vana vorm teises nurgas ja nn „T“ jalga kasutatakse vormide liigutamiseks masina alla ja tagasi. Rotateeruva töölauaga vormikärul asetsevad nii uus kui vana vorm ühe telje peal, peale vana vormi eemaldamist masinast keeratakse vormikärul töölauda 180° ja lükatakse uus vorm masina vahele. Mõlema lahenduse puhul peaksid töölaudadel olema pinnast välja ulatuvad rullikud või kuulid vormide kergemaks liigutamiseks. Näited T-kujulise ja rotateeruva töölauaga vormikärudest on esitatud seel 2.11 (Henry 2013, 126-127).



Sele 2.11. T-kujulise (vasakul) ja rotateeruva (paremal) töölauaga vormikärud (Henry 2013, 127)

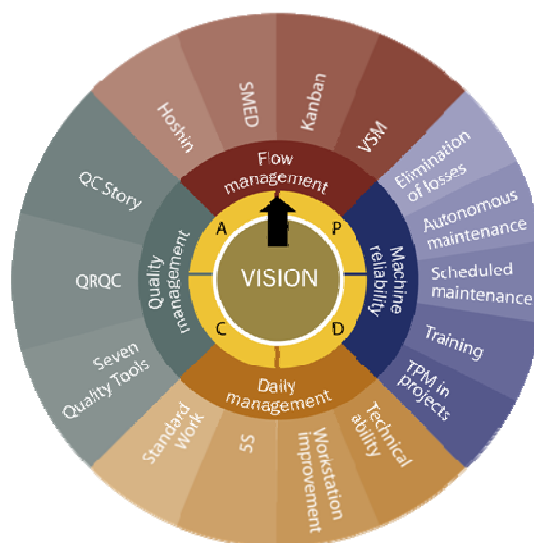
Peaaegu alati on võimalus ümberseadistuse tegevusi lihtsustada, mis omakorda tõstab töö ülesande täitmise kiirust. Iga väiksematki ümberseadistuse tegevust tuleks kriitiliselt analüüsida, püstitades küsimuse „Kuidas oleks võimalik seda teisiti teha?“ Parenduste peale peaks mõtlema ka väljaspool SMED-i projekti, nii tööajal kui tööväliselt. Oluline on, et toimuks pidev parendamine.

### 3. ETTEVÖTTES RAKENDATUD TEGEVUSTE SEOS SMED-IGA

SMED meetodika eesmärk on vähendada masina ümberseadistusaega ja kulu, muutes selle lisaks ka lihtsamaks ja turvalisemaks. Sellegipoolest ainult SMED meetodika rakendamisest efektiivsuse tõstmiseks ja säilitamiseks ei piisa. SMED meetodika on seotud mitmete timmitud tootmise tööriistadega ning ettevõtte eesmärgiks ei tohi olla vaid SMED-i juurutamine, vaid pikemas perspektiivis kõigi timmitud tootmise põhimõtete rakendamine. SMED ei ole ühekordne projekt, vaid pideva parendamise tööriist. Järgnevalt on autori poolt välja toodud ettevõtte täidetud eeldused SMED-i rakendamiseks ja varasemalt rakendatud tegevused masina seisakute vähendamiseks.

#### 3.1. Eeldused SMED-i rakendamiseks

Trelleborgi kontsernis on läbi aastakümnete pandud suurt rõhku pidevale parendamisele, kasutades selleks suurt hulka erinevaid meetodeid, sh ka kulusäästliku tootmise printsiipe. Selleks on välja töötatud spetsiaalne kogu Trelleborgi gruppi hõlmav programm „tootmise tipptase“ (eng. *Manufacturing Excellence*), mis põhineb pideval süstemaatilisel parendamisel maailmaklassilise tootmistaseme saavutamiseks. Programmi raames analüüsitakse igat individuaalset tootmisüksust ning püstitatakse lokaalsed eesmärgid ja tegevusplaanid. Kuigi tehased on erinevad, kehtivad kõigile neli peamist eesmärki – efektiivsus, kvaliteet, turvalisus ja tarnetäpsus – mille täitmist jälgitakse igakuiselt üle terve Trelleborgi grupi. Tootmistase saavutamiseks kasutatavaid tööriistu iseloomustab sele 3.1.



Sele 1. "Tootmise tipptase" programmi tööriistad (Manufacturing Excellence 2015)

Tootmise tipptaseme programm ja sellega kaasnevad tegevused laienesid Kuressaare tehasesse alates aastast 2012. Kuna parendustegevuste programm on väga mahukas ning toob endaga kaasa investeeringuid juurutustegevustesse, ei ole olnud mõeldav kõiki meetodeid samaaegselt kasutusele võtta. Viimastel aastatel on olulisemateks tegevusteks olnud 5S, Hoshin, Poka-Yoke, OEE, KPI ja juurpõhjuse analüüsi meetodite (Ishikawa ja 5 miksi) juurutamine, mis kõik vähemal või rohkemal määral lihtsustavad SMED-i rakendamist.

**5S** on üks olulisemaid meetodeid, mis peaks enne SMED-i kasutusel olema. Lühend 5S iseloomustab viite jaapanikeelset sõna, mis algavad „S“-tähega tähendavad ümbertõlgitult: sorteeri, sea korda, pane särke, standardiseeri ja säilita. Sorteerimise käigus kõrvaldatakse töökohalt kõik ebavajalikud vahendid, mida kasutatakse harva või üldsegi mitte. Korda seadmisel määratakse igale töövahendile kindel koht nii, et need oleks kiiresti leitavad ning oma kohale tagastatavad. Särama panemise eesmärgiks on töökoha rutiinse koristuse tagamine, mis tagab puhtama töökeskkonna ning kõrvalekallete kiirema tuvastamise. Standardiseerimise eesmärgiks on esimeses kolmes etapis rakendatud tegevuste pidev kordamine üle terve tootmise. Säilitamise eesmärk on tagada puhtuse ja korra püsimine igapäevase töö käigus. (Lean Thinking and Methods: 5S 2015). 5S põhimõtteid saab väga edukalt ja lihtsalt rakendada lisaks tootmisele üle terve ettevõtte, nt laos, kontoris, puhkeruumis. 5S alustel standardiseeritud töökoht on turvaline, puhas ja korrektne, seal ei leidu midagi üleliigset ja igal asjal on oma koht. 5S kiirendab ka ilma SMED-i rakendamata ümberseadistuse kiirust, kuna lihtsustab töövahendite ja materjalide leidmist ning loob hea aluse SMED-i rakendamiseks. Näited 5S-ist töökohal on esitatud seel 3.2 ja abirakiste ladustamisest seel 3.3.



Sele 3.2. Töökoht enne (vasakul) ja pärast (paremal) 5S-i juurutamist.

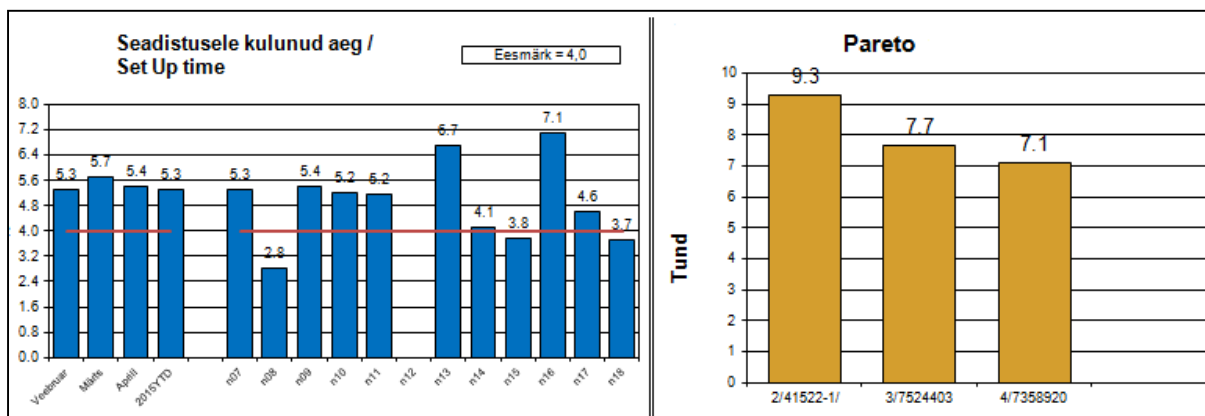


Sele 3.3. Abivahendite ladustamine enne (vasakul) ja pärast (paremal) 5S-i juurutamist.

Teiseks oluliseks tootmise efektiivust tõstvaks projektiks on olnud **Hoshin (ka Hoshin Kanri)**, mis pärineb järjekordselt Jaapanist ning tähendab eesti keelde tõlgituna suuna kontrolli. Hoshini eesmärk on kaardistada ettevõtte ärilised probleemid, määrata strateegiline tegevusplaan ning kasutatavad meetodid probleemide kõrvaldamiseks (Hoshin Kanri 2013). TIPE-s on seoses Hoshini projektiga tootmisest kõrvaldatud mitmeid vanu seadmeid ja rakiseid (vorme). Vabanenud ruumi arvelt on hangitud juurde uusi seadmeid ja parandatud toodangu liikumist tänu tootmise asendiplaani muutmisele. Vanade masinate asendamine uutega on vähendanud tootmise seisakuid masinarikete tõttu ja on lihtsustanud ümberseadistust, mis vanematel masinatel oli keerulisem ja ajamahukam. Läbi toormaterjali ja vormide ladude ümberpaigutamisele jõuavad ümberseadistuseks vajalikud vahendid kiiremini masina juurde.

Ettevõtte eesmärkide täitmise ja sellest ülevaate saamise lihtsustamiseks on loodud visualiseeritud mõõdikute esitlussüsteem, mis ühtlasi aitab trendide ja erinevuste käsitlemist ettevõtte vajalikus suunas. Läbi tulemuslikkuse võtmenäitajate – rahvusvaheliselt **KPI** (eng. *Key Performance Indicator*) (Kaganski 2014, 97-98) – jälgitakse efektiivsuse (sh seadistuste ja rikete), kvaliteedi (sh praak ja reklamatsioonid), tarnetäpsuse (sh tootmises, hangetel ja kliendi tarnetel) turvalisuse, projektide ja 5S näitajad. KPI-sid esitletakse läbi kvantitatiivsete väärtuste – näiteks seadistuse kestvus, masinarikete arv, praaktoodangu osakaal kogutoodangust, masina efektiivsus – mis kuvatakse nädalate ja aasta keskmiste kaupa tulppiagrammile. KPI graafikul on ära toodud ka eesmärki iseloomustav piirjoon, mille ületamisel (nt praagiprotsendi ülempiir 3%) või puudu jäämisel (nt tarnetäpsuse alampiir 100%) tuleb käivitada tegevused tulemuste parandamiseks. Tulemusi vaadatakse üle iganädalaselt ning suurimad kõrvalekalded tuuakse esile läbi **Pareto analüüsi** (Lean Thinking and Methods: Six Sigma 2015). Pareto analüüs põhineb printsiibil, et enamus kõrvalekaldeid

on põhjustatud mõnest üksikust olulisest faktorist, mille parendamine annab rohkem tulemust, kui ülejäänud vähemoluliste faktorite parendamine kokku. TIPE-s kasutatakse Pareto analüüsiks tulpdiagrammi, kus kuvatakse 3 suurimat kõrvalekallet, selgitatakse välja juurpõhjused ning määratakse parendustegevused, vastutajad ja tähtajad nende likvideerimiseks. Näide TIPE-s kasutatavast seadistusaegade KPI-st koos Pareto diagrammiga on esitatud seel 3.4. Kuigi läbi seadistuse KPI ei analüüsita võimalusi üldise ümberseadistuse protsessi parendamiseks, on tänu ajamahukate seadistuste analüüsimise leitud lahendusi, mida on laiendatud üle tootmise vähendades nii tootmise keskmist ümberseadistusaega.



Sele 3.4. Seadistuse KPI

Kõrvalekallete juurpõhjuste analüüsimisel on TIPE-s lisaks Pareto diagrammile kasutusele võetud ka kulusäästliku tootmise tööriistad Ishikawa diagramm ehk kalasaba analüüs ja 5 miksi (eng. *5 Whys*). Ühe juurpõhjuste kõrvaldamise meetmena on TIPE-s kasutusel **Poka-Yoke** (Lean Thinking and Methods: TPM 2015), pärineb Jaapanist ja tähendab vigade vältimise süsteemi (eng. *mistake-proofing*). Üldiselt on tegemist tehnilise lahendiga, mis välistab inimliku eksimise võimaluse. Näitena saab tuua vormilahendused, mis ei võimalda vormiosi vales asendis komplekteerida, stantsid, mille alla ei ole võimalik toodet valesti paigaldada, pneumaatilised või hüdraulilised lahendused pragude, lekete ja koostetugevuse kontrollimiseks jms. Läbi Poka-Yoke lahendite kasutamise on võimalik vältida vigu ja lisareguleerimisi ümberseadistamisel ning seeläbi protsessi kiirendada.

**Üldise masina efektiivsuse**, inglise keeles Overall Equipment Effectiveness (OEE 2013), edaspidi OEE, analüüsimiseks on TIPEs loodud rutiin andmete kogumiseks ning süsteemi sisestamiseks. Tulemusi presenteeritakse läbi KPI-de. OEE näitab kui efektiivne seade on ajal, kui see peaks tootma. Maksimaalselt saab efektiivsus olla 100% vaid siis, kui päeva tootmise jooksul ei esine ühtegi planeerimata seisakut ega ümberseadistust, toodetakse



vastavalt normidele ning ei teki praaktoodangut. OEE arvutamisel arvestatakse masina saadavust, tootlust ning kvaliteeti. Masina saadavus näitab kui palju ajast masin tegelikult töötab võrreldes maksimaalselt võimaliku ajaga. Masina tootlus näitab masina töötamise kiirust võrreldes maksimaalse võimaliku kiirusega. Masina kvaliteet näitab nõuetele vastava toodangu osakaalu kogutoodangust. Läbi OEE tulemuste analüüsimise ja efektiivsust langetavate tegurite kõrvaldamise on võimalik suurendada masina tööaega, tõsta selle kiirust, vähendada praaki ning tagada seadme töökindlus. OEE analüüsi põhjal saab välja tuua pikima seadistusajaga masinad ja tooted, mille alusel saab seada prioriteetid ümberseaduste analüüsimiseks SMED projekti raames.

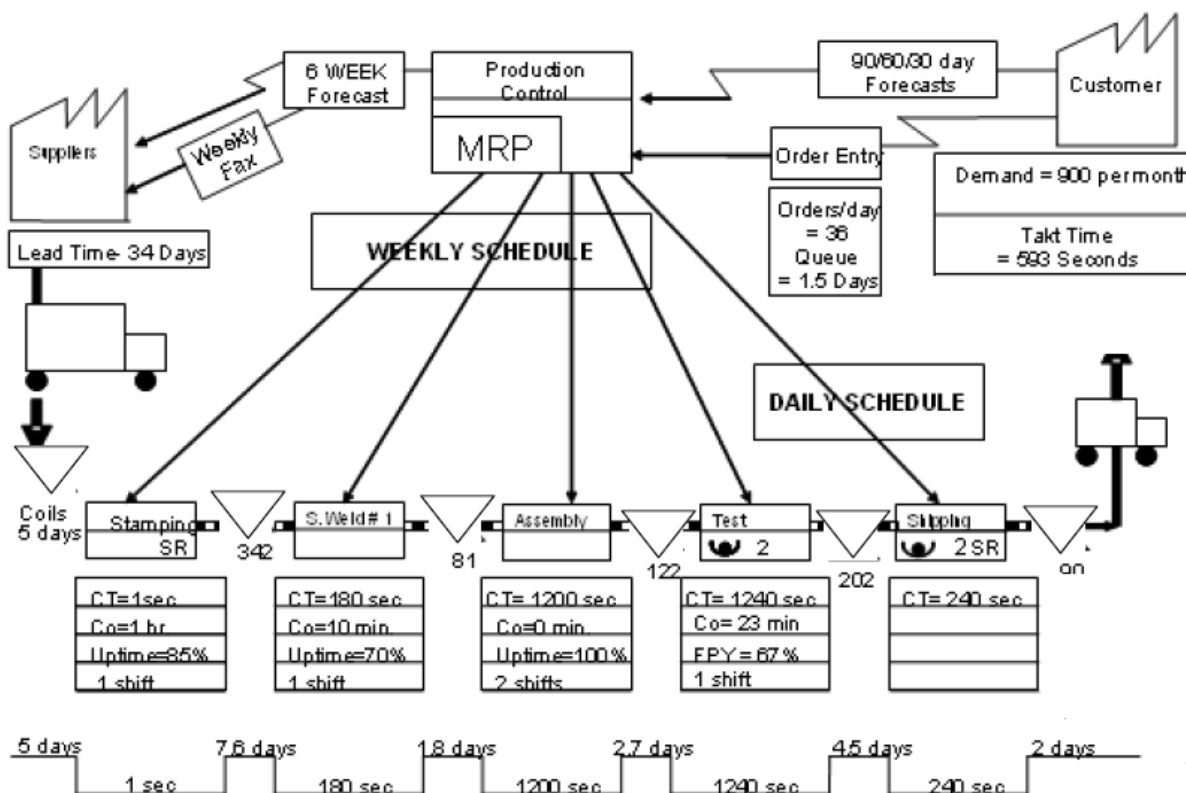
Paralleelselt SMED meetodika juurutamisega on TIPE-s juba alustatud või 2015. aasta jooksul plaanis alustada veel mitme kulusäästliku tootmise meetme rakendamisega – standardsete töövõtete (SOP) kirjeldamisega, toote väärtusvoo kaardistamisega ning rakktootmise juurutamisega. Kuigi SMED meetodika põhiline eesmärk on ümberseadistusaegade vähendamine, omab see suurt mõju kõigi eelnimetatud meetodite efektiivsel rakendamisel ja sama kehtib ka vastupidiselt.

**Standardsete töövõtete kirjeldused** on TIPEs lihtsamal tasemel toodetepõhiselt kasutusel juba aastaid, mõnede keerulisemate toodete puhul kohati ka detailsemalt ning visualiseeritult. SOP 2015. aasta projekti eesmärk on kaardistada ja kirjeldada detailselt töövõtted kõigis ettevõtte osakondades, pildistades sammsammult üles kõik tegevused. Lisaks on SOP-is kirjeldatud kvaliteedi nõuded ning igas operatsioonis nõutud tööriistad, kontrollvahendid ja isikukaitsevahendid. Detailse SOP-i koostamine ümberseadistuse protseduurile on üks soovitatavatest parendusmeetmetest, kuna see vähendab ebavajalikke tegevusi operaatori poolt. SOP-i põhimõtteid ja põhjuseid selle rakendamiseks on täpsemalt kirjeldatud käesoleva töö punktis 2.3.2. Näidis väljavõttest pressimise SOP-ist on esitatud seel 3.5.



Sele 3.5. Pressimise SOP

**Väärtusvoo kaardistamine**, inglise keeles Value Stream Mapping (Trelleborg 2014), edaspidi VSM, eesmärk on kirjeldada ühe toote valmistamise protsess kliendilt tellimuse saamisest kuni toote kliendile tarnimiseni. VSM-i käigus kaardistatakse üles nii toote kui sellega seonduva info liikumine läbi kogu protsessi. Mõõdetakse ära ühe toote valmistamiseks kuluv aeg igal operatsioonil ning toote ooteajad operatsioonide vahel. Kogu info koondatakse ühele ülevaatlilikule protsessiskeemile (voodiagrammile). Igal erineval elemendil on skeemi peal oma tingmärk koos lühikirjelduse (nt klient, tootmine, tarnija) või arvulise väärtusega (kaubavaru tootmisetappide vahel, operatsiooni tsükli-aeg). Informatsiooni, materjali, pool- ja valmistoote liikumine läbi tsükli tähistatakse nooltega. Skeemile kantakse kõik toote valmistamise etapid koos operaatorite arvu oluliste parameetritega (tsükli-aeg, ümberseadistuse aeg, masina koormatus, vahetuste arv) iga operatsiooni kohta. VSM-i käigus arvutatakse päevase vaba tootmisaja ja päevase kliendi vajaduse põhjal välja toote taktaeg, mis näitab mis aja tagant peab iga toote tootmisest väljuma, et kliendi vajadusi täita. Näide väärtusvoo kaardistusest on esitatud seel 3.6.



Sele 3.6. Väärtusvoo kaardistamine

Ettevõtte jaoks lisab väärtust vaid aeg, mille jooksul toimub toote valmistamine (nt pressimine, järeltöötlus, pakkimine). Ooteaeg operatsioonide vahel pikendab tarneaega

kliendile ning tõstab kulusid vaheladustamisele. Tihti on toote valmistamise operatsioonide tsükliagade summa vaid mõned minutid, samas kui ooteagade summa protsessis ulatub tundidest päevadeni. Läbi VSM-i rakendamise on lihtne defineerida pudelikaelad tootmisvoos ja määrata tegevused nende vähendamiseks. Pikk ümberseadistusaeg on üheks oluliseks probleemiks, mis läbi VSM-i analüüsimise esile kerkib. Ümberseadistuse parendamisel läbi SMED-i rakendamise on võimalik kiirendada toodete liikumist läbi erinevate protsesside ning vähendada kaubavarusid, mis on ootel järgmises operatsioonis toimuva pika ümberseadistuse tõttu. Kuna ettevõtte eesmärgiks on tagada kiirem tootevoog läbi tootmise, siis on nii SMED-i kui ka VSM-i juurutamise vajalikkus põhjendatud.

**Rakktootmise** (Lean Thinking and Methods: Cellular Manufacturing 2015) eesmärk on teostada kõik toote valmistamise operatsioonid ühes osakonnas, kindlaks määratud ala piirides. Läbi rakktootmise juurutamise on võimalik kaotada vajadus toote liikumiseks üle terve tootmise ning seeläbi vähendada nii transpordi- kui ka ooteajaga enne järgmist operatsiooni. Tootmisrakus töötavad kindlaks määratud töölised, kes vastutavad algusest lõpuni toote valmistuse eest ning kaovad osakondadevahelised barjäärid. Rakktootmise juurutamisel üle terve ettevõtte kaob vajadus eraldi seadistajate, eel- ja järeltöötlusoperaatorite ning pakkeosakonna järele, kuna kõik ülesanded teostatakse algusest lõpuni samade töötajate poolt. Pooltoodang, mis varasemalt liikus järgmise osakonna ootealale ning valmistoodang, mis liikus pakkimisosakonna alale, liigub edaspidi otse lattu – vabanenud oote-, järeltöötlus- ja pakkimisalade asemele saab luua uus tootmisrakke võimaldades nii sama ajaga rohkem toota. SMED rakendamine on rakktootmise võimaldamiseks väga oluline. Kiiremad ümberseadistused tõstavad tootmisraku tootlikust ning tänu ümberseadistuse lihtsusele puudub vajadus tehnilise taustaga tööliste järele. Rakktootmises ei toimu mitte ainult kogu toote valmimine ühes osakonnas vaid üldiselt on igal osakonnal ka kindlaks määratud töötajad. Seetõttu on SMED-i juurutamine samuti lihtsustatud, kuna ümberseadistuse saab teostada masinaoperaator ise, mis tähendab, et alates eelmise partii tootmise lõppemisest on operaator koheselt ümberseadistuseks valmis.

SMED ja kõik eelpool kirjeldatud meetodid on omavahel tugevalt seotud. SMED-i rakendamine võimaldab ettevõttes juba rakendatud parendusmeetmeid täiendada ning seeläbi veelgi paremaid tulemusi saavutada. Samas lihtsustavad mitmed juurutatud kulusaastliku tootmise tööriistad SMED-i rakendamist.

## 3.2. Rakendatud tegevused seadistusaegade vähendamiseks

Eelmises alampeatükis kirjeldatud projektid, rakendatud ja planeeritavad parendusmeetmed omavad kõik vähemal või rohkemal määral mõju ümberseadistuse protsessile – kas otseselt seda kiirendades või tõestades läbi analüüsitulemuste probleemi olemasolu ja suunates ettevõtet sellega tegelema. Samas ei ole kirjeldatud meetmete rakendamise põhieesmärgiks olnud ümberseadistusaja vähendamine ja ümberseadistusega on tegeletud teisejärguliselt. Küll aga on läbi aastate ilma konkreetsetele idamaistele meetoditele toetumata rakendatud erinevaid tegevusi otseselt ümberseadistusaegade vähendamiseks.

Kõigi vajalike tööriistade kiire kättesaadavuse tagamiseks on TIPE-s aastast 2010. kasutusel tööriistakärud, kus on olemas ning kiiresti leitavad kõik ümberseadistuseks vajalikud tööriistad. Enne kärude kasutuselevõttu ei olnud harv nähtus, kui seadistaja otsis mööda maja vajalikku tööriista, mis oli kas kadunud või samaaegselt kellegi käes kasutusel. Igale TIPE seadistajale mehaanikule on muretsetud isiklik tööriistakäru ning iga töötaja vastutab oma kärus olevate töövahendite korrasoleku eest. Tänu kõigi vajalike tööriistade olemasolule töökohal vähenes ümberseadistusaeg kohati mitukümmend minutit. Kasutusel olevad tööriistakärud on esitatud seel 3.7.



Sele 3.7. Tööriistade kärud (vasakul) ja tööriistade asetus kärus (paremal).

Ümberseadistuse käigus vahetransportimise vähendamiseks on aastaid tagasi TIPE-sse soetatud kahetasapinnaline vormikäru. Esimesele tasapinnale on võimalik enne ümberseadistuse algust valmis panna järgmise tootmispartii vorm. Vormivahetuse käigus eemaldatakse kõigepealt masinast vana vorm ja paigutatakse see vormikäru teisele tasapinnale, seejärel lükatakse esimeselt tasapinnalt uus vorm masina töölauale. Puudub vajadus vana vormi viimiseks ja uue vormi tootmiseks. Kahjuks ei ole võimalik seadistuskäru mõlemat tasapinda enamuse masinate puhul kasutada, kuna presside töölaudad on väiksemad

kui seadme gabariitmõõtmed. Kui üks vormikäru tasapindadest on pressi töölaua vastas, siis teine tasapind läheb vastu masina olulisi osasid ja võib nii masinat, vormikäru kui ka kärul olevaid vorme kahjustada. SMEDi projekti raames tuleks kindlasti kaaluda olemasoleva vormikäru ümberehitamist või uue lahendusega seadme muretsemist. TIPEs kasutusel olev kahetasapinnaline vormikäru on esitatud seel 3.8.



Sele 3.8. Kahetasapinnaline vormikäru

Tootmisest minevate ja tootmisest tulevate vormide ladustamiseks on TIPE-s kindlaks määratud riiulid, mis on 5S juurutamise raames selgesti markeeritud. Tootmisest tulevad vormid puhastatakse, kaetakse määrdeainega ning paigutatakse vormilattu süsteemis kindlaks määratud aadressile. Tootmisest minevad vormid puhastatakse määrdest, kontrollitakse ja valmistatakse ümberseadistuseks ette enne selle algust ning paigutatakse seejärel ettevalmistatud vormide riiulisse. Ümberseadistuse käigus eemaldatavale vormile on alati olemas vaba koht tootmisest lõpetanud vormide riiulis ja järgmise tellimuse vormi leiab seadistaja kiirelt ettevalmistatud vormide riiulist. Näide ümberseadistuse jaoks ette valmistatud vormi ladustamisest koos vajalike kinnitusvahenditega on esitatud seel 3.9.



Sele 3.9. Vormide ettevalmistuse riul

TIPE-s on iga vormiga kaasas kõik sellega tootmiseks vajalikud abivahendid: poldid, mutrid, seibid, elektri kaablid ja pistikud, toodete vormist eemaldamise rakised jms. Ümberseadistuse jaoks saab seadistaja vormi ettevalmistatud riulist koos kõigi abivahenditega, mistõttu puudub vajadus tootmise jaoks vajalike komponentide otsimisele ja toomiseks erinevatest asukohtadest. Tootmise lõppedes liiguvad abivahendid koos vormiga hooldusesse, kus nende seisukord enne lattu paigutamist üle kontrollitakse ja vajadusel parandatakse.

Eesmärgiga vältida olukordi, kus ümberseadistuse ajal tekib puudus õige suurusega poldi järele ja tuleb leida asenduseks muu kinnitusvahend, on TIPE-s kasutusel poltide riul. Kui ümberseadistusel peaks ilmnenema, et mõni polt on puudu, defektne või saab kahjustatud vormivahetuse ajal, on võimalik poldiriulist kiiresti õiges suuruses polt leida. Riulile teostatakse regulaarselt inventuuri, et tagada igas vajalikus suuruses poltide olemasolu. SMED-i printsiipi järgides peaks ideaalis olema kasutusel ühesugused kinnitusvahendi, st sama mõõdu ja pikkusega poldid, aga olenevalt vormide erinevale paksusele on vajadus ka erineva pikkusega poltide järele.

TIPE-s kasutatakse kummidetailide valmistamiseks erineva koostise ja omadustega kummimaterjale. Enamus kummimaterjalidest on musta värvusega, mõned aga halli tooniga. Kui ümberseadistuse käigus vahetatakse materjal mustast halliks või vastupidi, siis suureneb ümberseadistuse käigus tunduvalt materjalkulu, kuna sissepritsepresside kambri puhastamiseks tuleb mitmete kilode kaupa materjali masinast läbi lasta, enne kui eelmine materjal täielikult masinast välja saadakse. kõik värvuseerinevusega tooted prakeeritakse, mistõttu ei lõppe ümberseadistus enne, kui värvuse defektidega tooteid enam ei esine. Antud probleemi lahendamiseks toodetakse TIPE-s halli materjaliga vaid ühe kindla masina all.

## **4. SMED-I PILOOTPROJEKT**

Toetudes antud magistritöö teoreetilises osas käsitletud SMED metoodikale ning selle rakendamise näidetele, viiakse ettevõttes eelneva analüüsi tulemusel defineeritud masinal läbi esimene SMED analüüs ehk pilootprojekt. Tegevuste planeerimisel, elluviimisel ja analüüsimisel on autor lisaks töö teoreetilisele osale rakendanud SMED rahvusvahelisel koolitusel omandatud teadmisi ja kogemusi. SMED koolitus toimus 2015. aasta kevadel Trelleborgi Rootsis asuvas tehases, kus osales ligi 20 inimest erinevatest tehastest ja mida viis läbi Renault konsultant.

Järgnevalt on alampunktidena esitatud SMED-i rakendamise projektiplaan, pilootprojekti ettevalmistustegevused, seadistuse kaardistamine ja analüüs, parendustegevuse määramine ning tulemuste analüüs.

### **4.1. SMED-i rakendamise plaan**

SMED-i rakendamise tegevuste paremaks haldamiseks on töö autori poolt koostatud projektiplaan 2015. aastaks. Projektiplaan katab nelja käsitusala, millest esimene on teoreetiline ja 2-4 praktilised.

Teoreetiline osa koosneb kahest etapist. Esimene etapp on materjali kogumine ja analüüs, kasutades selleks erialast kirjandust, Trelleborgi kontserni sisematerjale, seotud kulusäästliku tootmise metoodikaid ning ümberseadistuse kiirendamiseks varasemalt rakendatud tegevusi. Teises etapis toimub kogutud materjali põhjal ettevõtte juhtkonna, osakonnajuhtide ja seadistajate koolitamine.

Projektiplaani elemendid 2-4 käsitlevad SMED-i läbiviimist tehase kolmes erinevas tootmisgrupis, millest esimest käsitletakse kui pilootprojekti. Etapid ja tegevused SMED-i läbiviimisel on igas tootmisgrupis analoogsed. Igas grupis viiakse ümberseadistus analüüs ja parendus läbi kõige problemaatilisemal masinal ning pärast rakendatud tulemuste analüüsi laiendatakse efektiivseid parendusi kõigile antud tootmisgruppi kuuluvatele masinatele.

SMED 2015. aasta projektiplaan koos käsitusosalade, etappide, tegevuste ja ajakavaga on esitatud käesoleva töö lisa 1.

Koolitusel viidi kõik SMED-i etapid läbi 3 täispäeva jooksul. TIPE-s kulub SMED-i läbiviimiseks mitu kuud, kuna ajapuuduse tõttu toimuvad SMED-i meeskonna koosolekud

üks korda nädalas, 2 tundi korraga. Lisaks on TIPE ümberseadistus kordades pikem, kuna koolitusel analüüsitud ümberseadistuse kestvus oli 45 minutit, samas kui TIPE keskmine ümberseadistus kestab 3,4 tundi.

Pilootprojekt viiakse läbi 2015. aasta veebruar-mai ja see koosneb järgnevatest etappidest ja tegevustest:

1. Eeltöö (2 nädalat), mille käigus
  - a. defineeritakse SMED pilootprojekti meeskond,
  - b. valitakse masin ja toode vastavalt OEE 2014. aasta analüüsile,
  - c. valmistatakse inimesed ja seadmed ümberseadistuse kaardistamiseks ette.
2. Analüüs (6 nädalat), mille käigus
  - a. kaardistatakse kogu ümberseadistus enne SMED-i,
  - b. jagatakse ümberseadistus tegevuste ja aegade kaupa osadeks,
  - c. määratakse parandusmeetmed ümberseadistuse kiirendamiseks.
3. Parandustegevused (6 nädalat), mille käigus
  - a. elimineeritakse ebavajalikud tegevused ümberseadistusel,
  - b. viiakse võimalikud ümberseadistuse tegevused paralleelseks,
  - c. viiakse võimalikud ümberseadistuse tegevused masina seisuajast välja,
  - d. lihtsustatakse ja optimeeritakse kõiki ümberseadistuse tegevusi.
4. Tulemuste analüüs (3 nädalat), mille käigus
  - a. planeeritakse uus ümberseadistus
  - b. kaardistatakse ümberseadistus pärast SMED-i,
  - c. analüüsitakse uut ümberseadistust,
  - d. tehakse kokkuvõtte parandustegevuste õnnestumisest, edasistest parandustegevustest ning soovitud järgmiseks SMED projektiks.

Pärast SMED-i pilootprojekti käigus sisse viidud muudatuse verifitseerimist koostatakse ümberseadistuse jaoks täpne standardoperatsioonide kirjeldus, kus määratakse täpselt ära ümberseadistuse etapid ja nende sooritamise järjekord koos selleks kasutatavate abivahenditega (tööriistad, seadmed, juhendid). Kõik TIPE seadistajad koolitatakse välja uue standardi järgi tööd tegema.

SMED paranduste laiendamisel teistele sama tootmisgrupi masinatele tuleb iga masina jaoks välja töötada individuaalne SOP, et välistada ümberseadistustel töövõtete varieeruvus.



## 4.2. Eeltöö

SMED pilootprojekti ettevalmistuse faasis määratakse kindlaks projekti meeskond koos vastutusaladega, valitakse 2014. aasta ümberseadistusaegade andmetel välja masin ja toode, mille ümberseadistus kaardistatakse, planeeritakse ümberseadistus sobivaks ajaks tootmisplaani ning hangitakse vajalikud vahendid ümberseadistuse kaardistamiseks ning analüüsimiseks.

### 4.2.1. Meeskonna defineerimine

Meeskonna defineerimisel võeti arvesse, et igast tootmisega seotud osakonda/valdkonda esindaks vähemalt üks kogemustega spetsialist. Kindlasti peab meeskonda kuuluma ka töötaja, kes ümberseadistust teostab, kuna tema jaoks on see igapäevane töö – ta oskab selgitada mida ja miks ta igal sammul teeb, samuti võib tal olla lihtsasti realiseeritavaid ettepanekuid ümberseadistuse parendamiseks.

Pilootprojekti meeskonna liikmed koos vastutusaladega on järgmised:

1. *Tehnoloogiajuht* – projekti koordinaator, video opereerimine
2. *Tootmisjuht* – ümberseadistuse tegevuste kirjeldamine
3. *Tootmismeister* – ümberseadistuse tegevuste aegade mõõtmine
4. *Kvaliteedijuht* – Spageti diagrammi joonistamine
5. *Vormiosakonna juht* - vaatlusel esinenud märkuste kirjeldamine
6. *Tehnoloog* – ümberseadistuse filmimine
7. *Seadistaja* – ümberseadistuse teostamine

Lisaks individuaalsetele ülesannetele on igal SMED meeskonna liikmel ka ülesanne pakkuda välja võimalike parendusmeetmeid ümberseadistuse kiirendamiseks läbi ühise ajurünnaku. Pärast parendusmeetmete defineerimist määratakse igale korrigeerivale tegevusel meeskonna liikmete seast vastutajad ning tähtajad.

### 4.2.2. Abivahendid kaardistamiseks

SMED projekti läbiviimise ajaks broneeritakse iganädalaselt ruum meeskonna koosolekute jaoks ning saadetakse varakult kutsed igale meeskonnaliikmele, et kõigil oleks võimalik vastavalt aega planeerida. SMED-i tarbeks on vaja lisaks koosolekute ruumile ka erinevaid abivahendeid ümberseadistuse kaardistamise jaoks, mis tuleks eelnevalt valmis seada.

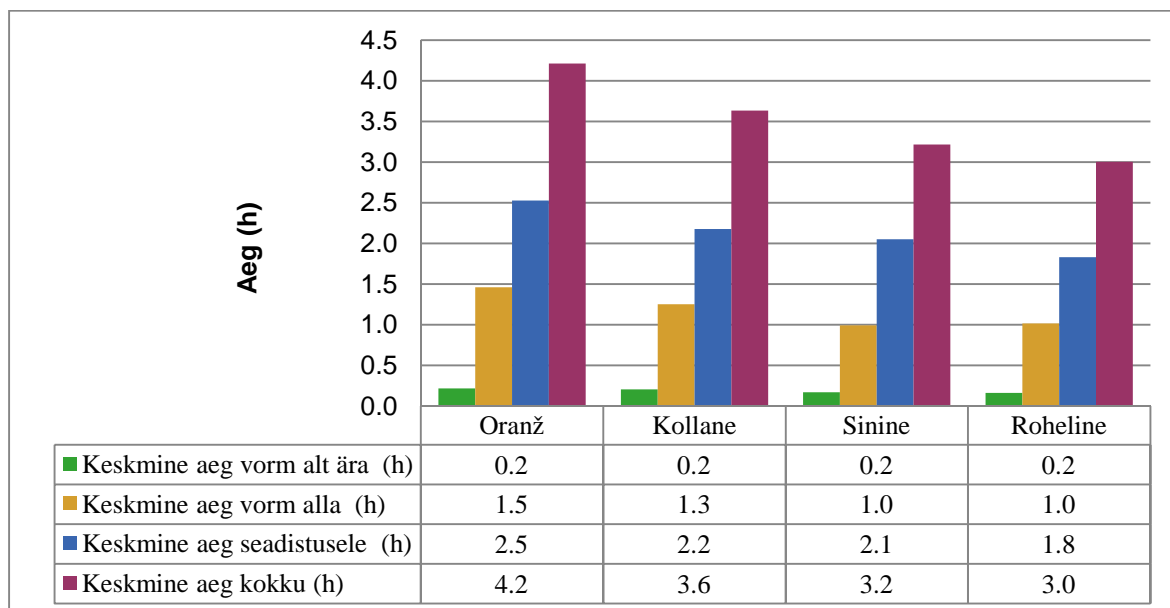
Kasutatavad abivahendid SMED-i läbiviimiseks on:

1. *Koosolekute ruum* – koht, kus toimub video analüüs, ajurünnakud, parenduste määramine, tulemuste analüüs.
2. *Videokaamera* – vahend ümberseadistuse detailseks kaardistamiseks. 1 kaamera iga ümberseadistust teostava operaatori kohta. Kaameral peab olema piisavalt mälumahtu ja akukestvust, et kogu ümberseadistus algusest lõpuni üles filmida.
3. *Projektor* – vajalik ümberseadistuse video koosolekute ruumi seinale kuvamiseks, et tagada detailne pilt ja hea ülevaade kõigile meeskonnaliikmetele.
4. *Suur tahvel* – vajalik ümberseadistuse analüüsi tabeli koostamiseks, märkmete, tähelepanekute, tegevusplaanide, lahenduste eskiiside jne üles märkimiseks. Analüüsi tabel prinditakse eelnevalt A1 formaadis paberile ning kinnitatakse magnetitega tahvlile.
5. *Post-it märkmepaberid* – vajalikud SMED analüüsi tabeli täitmisel, kuna võimaldab mitmel meeskonnaliikmel samaaegselt märkmeid teha ja neid hiljem tabeli lahtritesse kleepida. Samuti saab paranduse tegemiseks vahetada märkepaberi kiirel uue vastu või märkmeid vajadusel ümber tõsta.
6. *Tootmise asendiplaan* – aluseks seadistuse käigus läbitavate vahemaade kaardistamiseks ehk spageti diagrammi koostamiseks. Pilootprojektil kasutatakse kahte asendiplaani - ühte kogu tootmispinnaga pikemate vahemaade kaardistamiseks ja ühte ümberseadistuse masina tööalaga masina ümber vahemaade kaardistamiseks.
7. *Video tarkvara* – vajalik video ühe- või mitmekordseks läbivaatuseks, aegade mõõtmiseks, ekraanitõmmiste tegemiseks. Pilootprojekti käigus kasutatakse kahte erinevat programmi. Esimeseks kaardistamiseks ja tegevusteks jaotamiseks kasutatakse vabavaralist programmi *Kinovea*, mis võimaldab teha kiirelt märkmeid koos video hetkeajaga ning need hiljem *Excel* formaati eksportida. Parendustegevuste määramise käigus mõne kindla tegevuse uuesti vaatamiseks kasutatakse programmi *VLC media player*, mis võimaldab lihtsalt sisestada tegevuse algusaja ning seejärel kiirelt antud videolõigule hüpata.
8. *Andmeanalüüsi tarkvara* – vajalik kõigi ümberseadistuse tegevuste, nende kestvuse, kategooriate, parenduste ning tulemuste tabelisse sisestamiseks, mis võimaldab kiirelt teha väljavõtteid analüüsi erinevates etappides ning vajadusel progressi ja tulemusi ka juhtkonnale presenteerida. TIPE-s kasutatakse andmeanalüüsiks *Excelit*.

### 4.2.3. Masina ja toote valik

SMED-i rakendamiseks tuleb välja valida masin ja toode, mille ümberseadistust analüüsima hakatakse. Valiku tegemise aluseks on võetud 2014. aasta OEE analüüs, mille põhjal on välja toodud tootmisgrupid, masinad ja tooted, kus ümberseadistus masina efektiivsusele enim mõju avaldab.

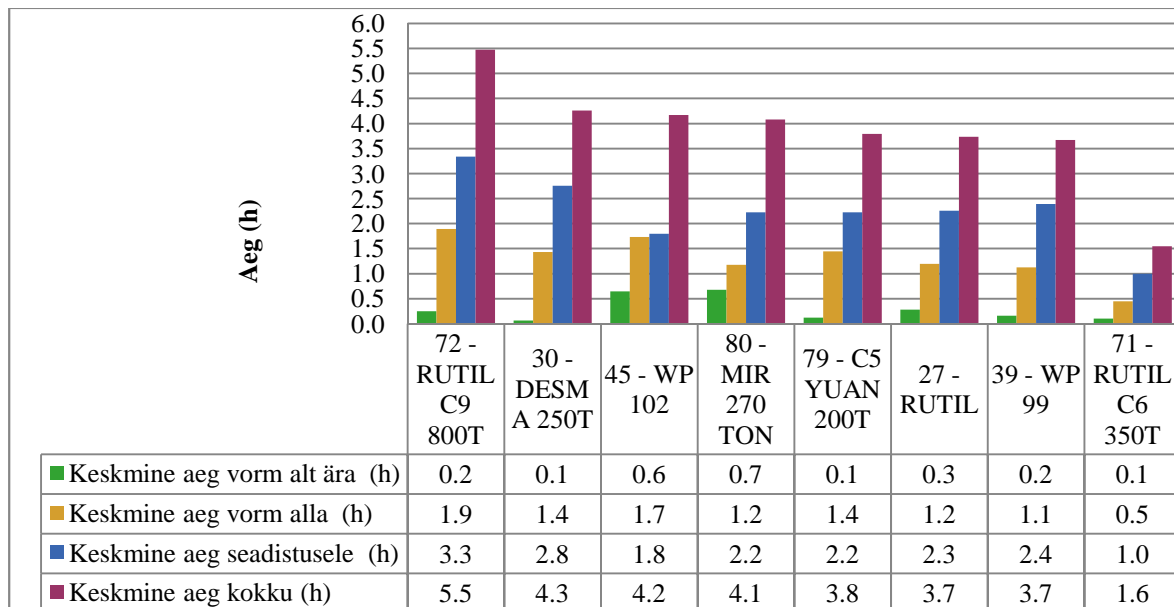
TIPE-s on tootmisosakond jaotatud neljaks erinevaks pressigrupiks, mida eristatakse värvide järgi: kollane, oranž, roheline ja sinine grupp. Rohelises grupis on kasutusel vanemad survepressid, teistes gruppides uuemad sissepritsepressid. Esimese sammuna valiti välja pressigrupp, mille ümberseadistuste kiirendamine on kõige prioriteetsem. Valiku tegemisel võeti aluseks keskmine ümberseadistusele kuluv aeg grupi kohta. OEE analüüsi tulemusel selgus, et pikima ümberseadistuse ajaga on oranž grupp, kus keskmine ümberseadistus võtab aega 4,2 tundi, millest 0,2 tundi kulub vana vormi eemaldamiseks, 1,5 tundi uue vormi paigalduseks ning 2,5 tundi seadistuseks. Ümberseadistusaegade võrdlus erinevates tootmisgruppides on esitatud seel 4.1.



Sele 4.1. 2014. aasta keskmine ümberseadistusaeg grupis

Oranžis tootmisgrupis on kokku 8 sissepritsemasinat, mille peal tehti 2014. aastal kokku 186 ümberseadistust, koguaajaga 782 tundi. SMED-i jaoks masinat valides võeti aluseks nii keskmine ümberseadistusaeg kui ka masina koormatus. Enim võtab ümberseadistus aega 800 tonnise Rutil pressil nr 72 – keskmiselt 5,5 tundi. Kuna aga antud masina koormatus 2014. aastal oli vaid 50%, siis valiti SMED pilootprojektiks 250 tonnine Desma nr 30, mis oli 2014.

aastal 100% koormatud. Kõnealusel masinal tehti 2014. aastal kokku 43 ümberseadistust, mis moodustab 23% oranži tootmisgrupi kõigist ümberseadistustest. Keskmise ümberseadistuse aeg oli 4,3 tundi, millest 0,1 tundi kulub vana vormi eemaldamiseks, 1,4 tundi uue vormi paigalduseks ning 2,8 tundi seadistuseks. Ümberseadistusaegade võrdlus erinevates tootmisgruppides on esitatud seel 4.2.



Sele 4.2. 2014. aasta keskmine ümberseadistusaeg oranži grupi masinatel

Ümberseadistuse analüüsi aluseks valitud masin nr 30 on üks ettevõtte uusimatest masinatest, mistõttu risk masinariketeks on minimaalne ning enim seisakutunde põhjustabki ümberseadistus. Seetõttu võimaldab antud masinal SMED-i rakendamine masina tootlikkust maksimaalselt ära kasutada.

Kuna ümberseadistused varieeruvad erinevate toodete puhul enamasti sissetulevast materjalist tingitud erinevuste tõttu, siis pilootprojekti aluseks võeti toode, millel oli 2014. aastal enim ümberseadistusi. Tootel, mille ümberseadistust SMED pilootprojekti raames kaardistama hakatakse, tehti 2014. aastal kokku 9 ümberseadistust, keskmiselt ümberseadistus võttis 4,8 tundi ning kokku kulus aasta jooksul antud toote ümberseadistuseks 43.2 tundi.

#### 4.2.4 Tootte valmistamistehnoloogia

Ümberseadistuse analüüsi objektiks ehk tooteks on veoki turbolaaduri õhutoru, mille valmistamine näeb ette kummimaterjalist detaili pressimist survevaluvormimise teel ning selle plastist ja metallist komponentidega koostamist. Pilootprojekti raames kaardistatakse ning

analüüsitakse toote kummiosa valmistamiste operatsiooni ümberseadistusprotsessi. Materjali ja mudeli disaini funktsionaalsus defineeritakse tellija poolt ja TIPE, kui valmistaja eesmärk on kasutada ettenähtud tingimustele vastavat materjali ja toota sellest kliendi nõuetele vastavaid detaile. Õhutoru kabariitmõõtmed (K x L x S) on 303,5x226x202 mm ning toote suuruselt tingitult toodetakse seda kahepesalises valuvormis. Tegemist on küllalt keerulise detailiga, mille vormimise operatsiooni on väga keeruline automatiseerida. Toote eemaldamine vormist toimub seetõttu käsitsi. Toote joonis esitatud antud töö lisas 2.

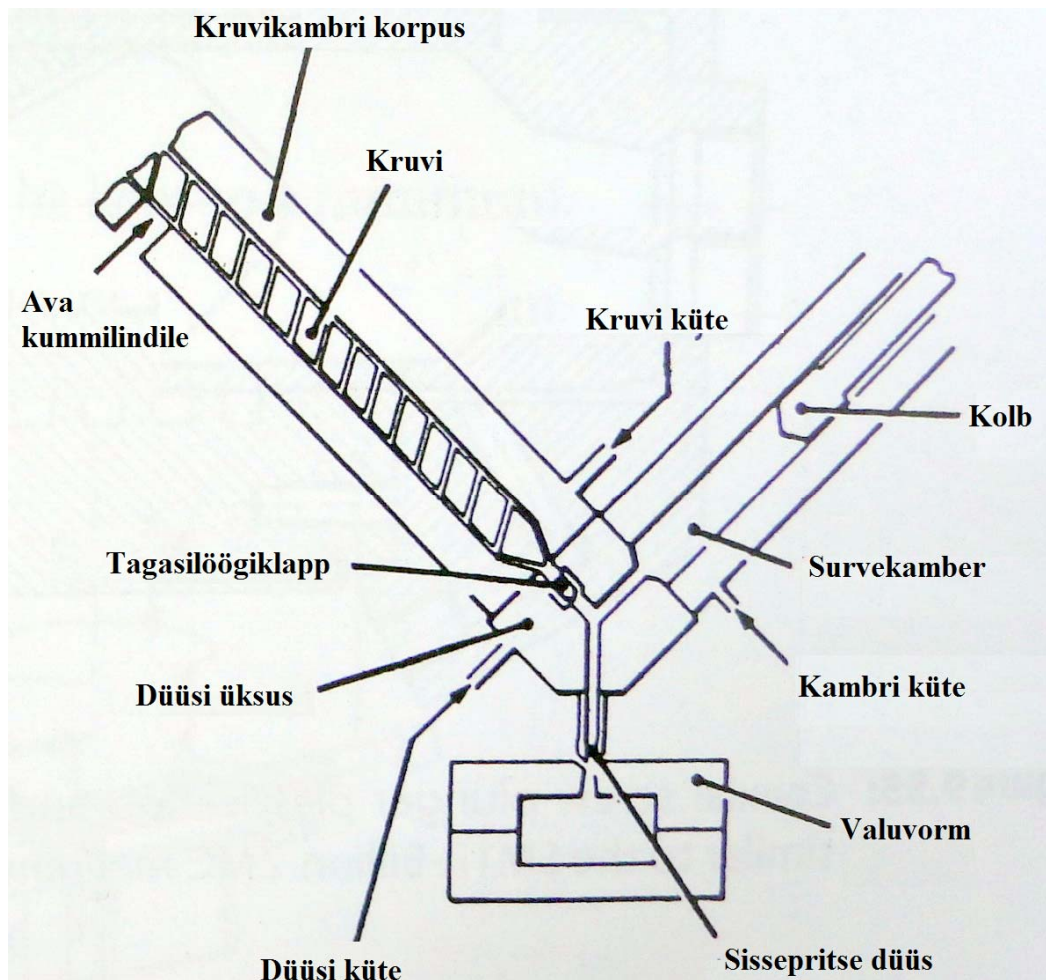
Antud toote valmistamine toimub sissepritsepresside osakonnas, oranžis masinagrupis, 250 tonnise lukustussurvega vertikaalpressi all, millel on lisaks piisavale jõudlusele ka suured töölauad (vt lisa 4) ja suur materjali kambri maht kahe detaili üheaegseks valmistamiseks vajaliku kummikoguse mahutamiseks. Masina on valmistatud tuntud saksa masinatootja, Desma, poolt. TIPE-s kasutatav Desma 250T on esitatud seel 4.3.



Sele 4.3. Desma 250T sissepritsepress

Pressimise käigus valmistatakse toormaterjalist kliendi joonisel toodud mõõtmetele ja kvaliteedinõuetele vastav kummidetail. Tellimuse jaoks ettenähtud kogus materjali väljastatakse materjalilaost ja tuuakse alusega pressi kõrval märgitud alale. Toormaterjaliks kasutatakse kummilinti, mille ots sisestatakse sissepritsepressi kruvikambri avasse. Kruvi kujutab endast spiraal-võlli, mis automaatselt kummi linti sisse tõmbab, selle üles kuumutab

ja läbi segab. Kruvikambri pehmenenud kumm surutakse survesilindrisse, mille maht seadistatakse vastavavalt toodetavale detailile vajalikule kummikogusele. Survesilindris kuumutatakse kummimaterjali umbes 70-90 kraadini ja surutakse voolavaks muutunud kumm suure rõhu all läbi valukanalite valuvormi. Järgnevalt toimub umbes 5 minutilise aja ja 180 kraadise temperatuuri juures keemiline protsess, mida nimetatakse materjali vulkaniseerimiseks. Selle käigus muutub pehme toormaterjal jäigaks vormi pesa järgi kuju hoidvaks kummidetailiks ja paranevad oluliselt materjali mehaanilised omadused. Vulkaniseerimisaja möödudes avaneb press automaatselt samaaegselt juba uut materjalikogust kambri sissestades. Survevaluvormimise protsess sissepritsepressil on esitatud seel 4.4.



Sele 4.4. Survevaluvormimise protsess sissepritsepressil

Operaatori ülesandeks on vormi avanedes suruõhu abil eemaldada antud juhul 2 detaili (2-pesaline vorm) vormis olevatelt templitelt, puhastada vorm kummisodist, katta vormipinnad vajadusel lahutusvedelikuga (mis soodustab detaili vormist eemaldamist) ja seejärel uus tsükkel käivitada. Kõik muu peale detaili eemaldamise ja vormi puhastamise toimub masinal

automaatsel, eeldusel et masin ümberseadistuse käigus vastavalt programmeeritud. Vulkaniseerimine ja detaili eemaldamine on tsükliaja sisesed operatsioonid. Detailid puhastatakse tsükliaja väliselt – st samaaegselt, kui toimub järgmiste detailide vulkaniseerimine vormis. Operaator rebib maja lahtise jäätmega ja löikab maha paksema jäätmega kasutades spetsiaalse teraga kuuma nuga.

Toormaterjalina kasutatakse EPDM- ehk Eteenpropeendieemkummi, mis vajaab lisaks vormis vulkaniseerimisele ka järelkuumutust 160C juures, mille käigus eritub materjalist liigne õli, tõstetakse detaili kõvadust ja kompressioonikindlust (vältitakse materjali kokku tõmbumist detaili kasutusse võtmisel). Et vältida lisatööd asetatakse detailid kohe pressi juures ahjukärudele, mis käru riiulite täitumisel ahju lükatakse.

Järelkuumutust käsitletakse pilootprojekti raames kui järgmist operatsiooni ning SMED-i rakendatakse esialgu vaid pressimise operatsioonile.

### **4.3. Seadistuse analüüs**

Ümberseadistuse analüüsi käigus kaardistatakse videokaamera abil kogu ümberseadistus alates eelmise tootmispartii viimasest heast detailist kuni järgmise tootmispartii esimese hea detailini. Seejärel jagatakse ümberseadistus üksikuteks tegevusteks ning määratakse igale tegevusele kategooria.

#### **4.3.1. Seadistuse kaardistus**

Enne ümberseadistuse kaardistamisega alustamist teavitati SMED projekti eesmärgist ja tegevusplaani kõiki ümberseadistusega seotud ettevõtte töötajaid, et nende jäädvustamine videolindile ei tuleks üllatusena ning et töötajad ei võtaks kaardistamist kui nende töö kritiseerimist. Töötajatele selgitati SMED-i protsessi ja selle seost ettevõtte arengukavaga ning selgitati mida ja millal tootmissaalis filmitakse.

Ümberseadistust teostas üks kogenumatest seadistajatest, kes tundis hästi nii masinat, kui seadistatavat toodet. Filmimist viis läbi tehnoloog, kes oli samuti kursis ümberseadistuse operatsioonidega. Kuna ümberseadistust viis läbi üks seadistaja, siis kasutati ka ühte videokaamerat (iga seadistaja kohta üks kaamera). Kasutatud kaamera oli kõrge resolutsiooniga, et tagada tegevustest detaile ülevaade. Enne filmimise algust laeti kaamera akud täis ning tühjendati mälukaart, et oleks võimalik kogu ümberseadistus ilma filmimist

katkestamata üles kaardistada. Filmimise ajal valiti positsiooni nii, et oleks ülevaade keskkonnast, kust ümberseadistuse operatsioon teostati, samas hoiti seadistajat ning tema käte tööd igal operatsioonil lähikaadris.

Pärast ümberseadistuse sooritamist valmistati koosolekute ruum video läbivaatuseks ette. Ümberseadistuse video kuvati projektori abil seinale, tahvlile kinnitati A1 formaadis SMED analüüsi tabelid (vt lisa 3) ning prinditi välja kogu tootmise ja press 30 asendiplaanid.

Järgnevalt alustati lühikeste lõikudena ümberseadistuse video läbitöötamist. Ümberseadistus jagati detailselt üksikuteks tegevusteks. Iga tegevus, selle algus- ja lõppaeg, kestvus ning akumulereunud koguaeg märgiti erinevate meeskonnaliikmete poolt samaaegselt *post-it* märkmepaberitele ning kleebiti SMED analüüsi tabelisse. Samuti märgiti igal ümberseadistuse operatsioonil üles tähelepanekud seoses ebavajalike töövõtete, edasi-tagasi liikumiste, tööohutuse, töökoha ergonomika ja keskkonnaga, et parendustegevuste määramisel nende kõrvaldamist arvesse võtta. Üldiselt oli esimese etapi eesmärk kaardistada hetkeseis, kuid kui tekkis koheselt meeskonnas ideid parendusteks, siis märgiti ka need koheselt tabelisse. Näide SMED analüüsi tabeli kaardistamise sektsiooni täitmisest on esitatud seel 4.5.

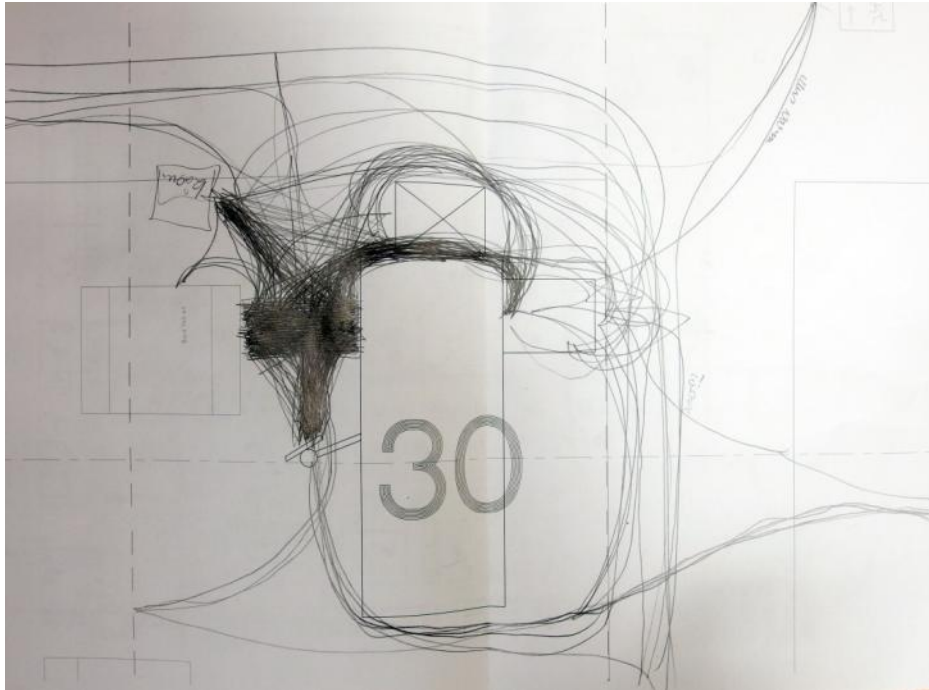
TOOLING CHANGEOVER TIMES													
op / Ligne : e r of machine :		Name of the changeover equipment : 0753 Old reference of product and N° operation steps : 1879 New reference of product and N° operation steps : 1879											
PHASE 1 urrent elementary operations	Take Tool LAST REG from work put on table	Sign the LAST REG	Remove the LAST REG Label	Pressure LAST REG	Standardize put on box	Supplying Box	Prepare the tool	Loading upper-plate	Remove the tool	Loosening the tool	Preparation for tool for maintenance	Preparing to put back and take device	Putting out of
Duration / Time (start time / End time)	2:38 - 2:55 (17)	2:55 - 3:23 (28)	3:23 - 3:45 (22)	3:45 - 5:10 (1:25)	5:10 - 6:18 (1:08)	6:18 - 6:44 (26)	6:44 - 7:20 (36)	7:20 - 7:30 (10)	7:30 - 8:10 (40)	8:10 - 8:30 (20)	8:30 - 11:20 (2:50)	11:20 - 12:00 (40)	12:00 - 12:30 (30)
Accumulated Time	2:38	0:45	1:07	2:32	3:40	4:48	5:56	6:06	6:46	7:06	8:46	9:26	10:56
Facts noted	operation started the machine	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table	time spent on table
PHASE 2													

Sele 4.5. Ümberseadistuse tegevuste, aegade ja tähelepanekute kaardistamine

Ümberseadistuse video läbivaatusel oli ühe SMED meeskonna liikme ülesandeks kaardistada kõik seadistaja poolt ümberseadistuse käigus tehtud liikumised nii pressi ümber kui ka terves tehases. Kaardistamiseks kasutati tehase asendiplaani ning tõmmati hariliku pliiaatsiga joon iga liikumise algpunktist kuni lõpp-punkti. Sellist kaardistamist nimetatakse ka spageti diagrammiks (eng. *spagethi diagram*), kuna üldiselt tekivad liikumiste kaardistamisel masina

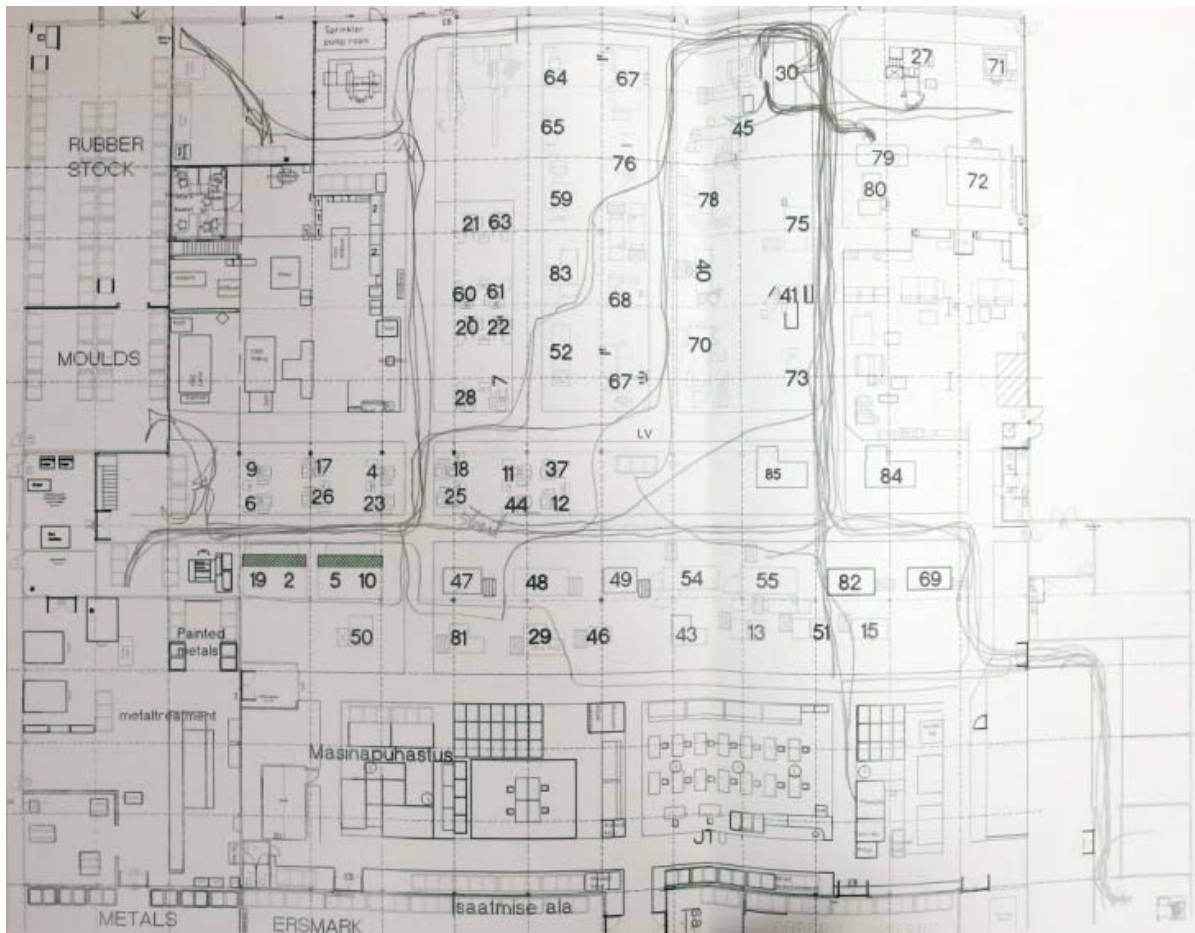


ümbrusse suured joonte rägastikud. Ümberseadistuse kaardistamisel toimus masina esimese ja tagumise tööala, juhtpuldi, töölaua ning seadistuskäru vahel väga palju liikumisi, mis selgelt asendiplaanil välja joonistusid. Eriti tume ala moodustus masina esimese tööala ning töölaua vahel. Masina asendiplaan koos seadistaja liikumistega on esitatud seel 4.6.



Sele 4.6. Spageti diagramm masina ümbruses enne SMED-i

Lisaks masina ümbrusele liiguti ümberseadistuse käigus 9 erineva asukoha vahet tootmishoone erinevates otstes, mõnel juhul mitu korda. Antud kaardistus andis hea ülevaate ühest väga olulisest ajakadude allikast – liikumistest (transpordist). Tootmise asendiplaan koos seadistaja liikumistega on esitatud seel 4.7.

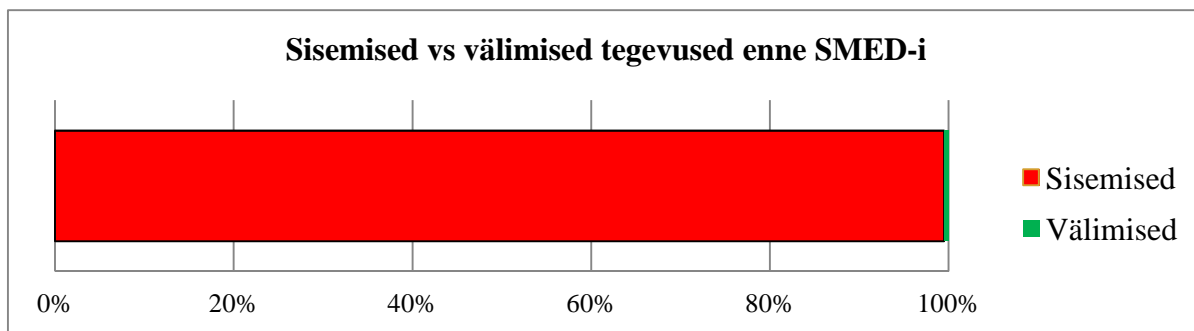


Sele 4.7. Spageti diagramm üle tootmise enne SMED-i

Ümberseadistuse kaardistamise käigus defineeriti kokku 199 erinevat tegevust ja ümberseadistuse koguajaks oli **7 tundi, 34 minutit ja 52 sekundit**. Ümberseadistus võttis oodatust kauem aega, kuna peale järgmise tootmispartii vormi paigaldamist kulus keskmisest kauem aega kvaliteetse toodangu saamiseni.

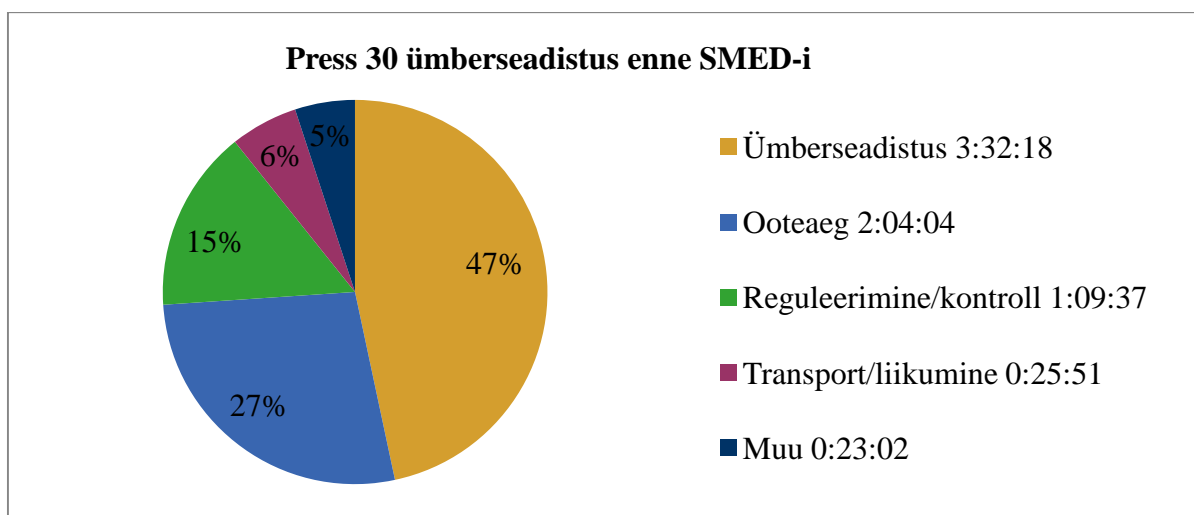
#### 4.3.2. Tegevuste kategoriseerimine

Järgmise etapina SMED analüüsis toimus kaardistatud tegevuste kategoriseerimine vastavalt tegevuse tüübile ning lähtudes sellest, kas tegevus leidis aset masina seisaku või töötamise ajal. Kõigist ümberseadistuse tegevustest leidsid 198 aset ajal, mil masin ei töötanud üldse, oli käivitamise faasis, ei töötanud vastavalt ettenähtud tsükliajadele või esines praaktoodangut, ja vaid 1 tegevus masina töötamise ajal. Sisemiste ja välimiste tegevuste proportsionaalne võrdlus on esitatud seel 4.8.



Sele 4.8. Sisemiste ja välimiste tegevuste osakaal enne SMED-i

Ümberseadistuse käigus teostati erinevat tüüpi operatsioone. Kuigi suurim osakaal oli masina ümberseadistamisega seotud tegevustel (nt vormivahetus, seadistamine, testimine), moodustas see 47% ehk alla poole kogu ümberseadistuse ajast. 27% koguajast moodustas ooteaeg, mille jooksul seadistaja ei sooritanud ühtegi press nr 30 ümberseadistusega seotud tegevust (nt vormi soojenemine, vastuvõtukontroll, töö üleandmine). 15% koguajast moodustasid reguleerimised/kontrollimised (nt korduvad tsentreerimised, parameetrite muutmised, detailide kontrollimised). Transpordi/liikumiste (nt vormi, abivahendite, materjalide jne viimine ja toomine) osakaal oli 6% ning muude tegevuste (nt koristamine/puhastamine, paberite täitmine, infovahetus) osakaal 5% koguajast. Ümberseadistuste tegevuste kategooriate osakaalude võrdlus koos kulunud aegadega on esitatud seel 4.9.

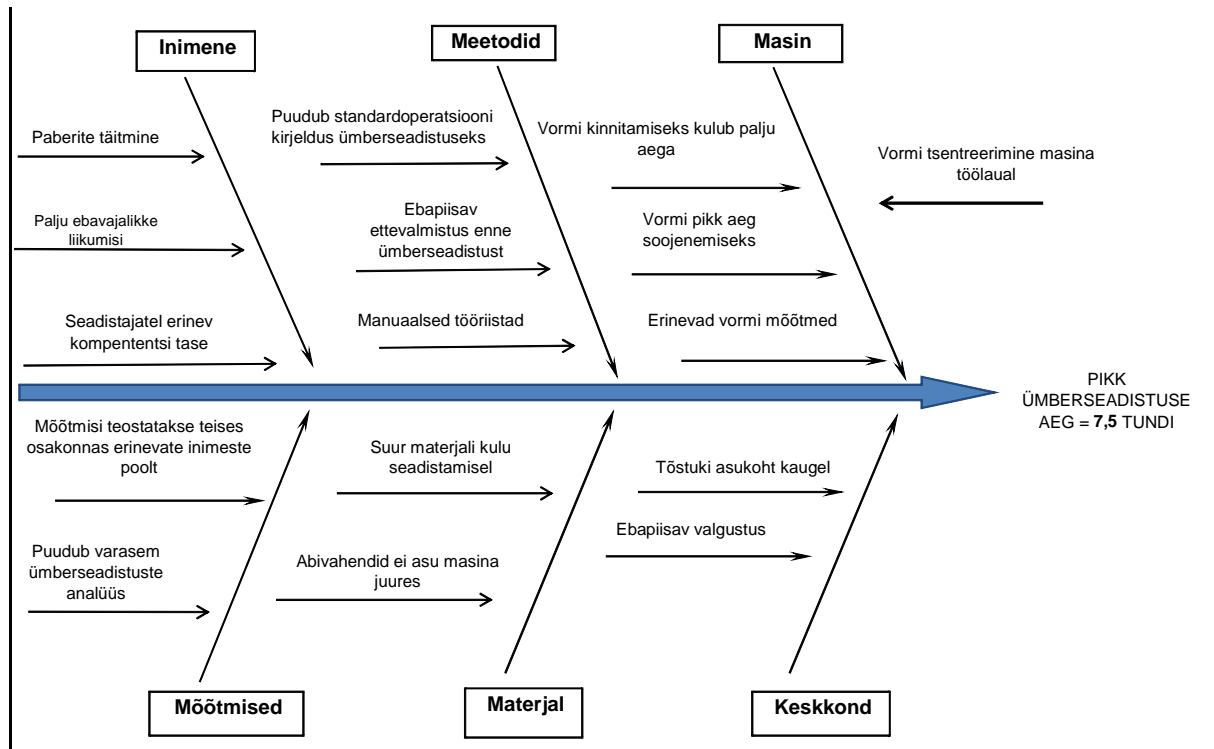


Sele 4.9. Ümberseadistuste tegevuste kategooriate osakaal enne SMED-i

### 4.3.3. Parendustegevuste määramine

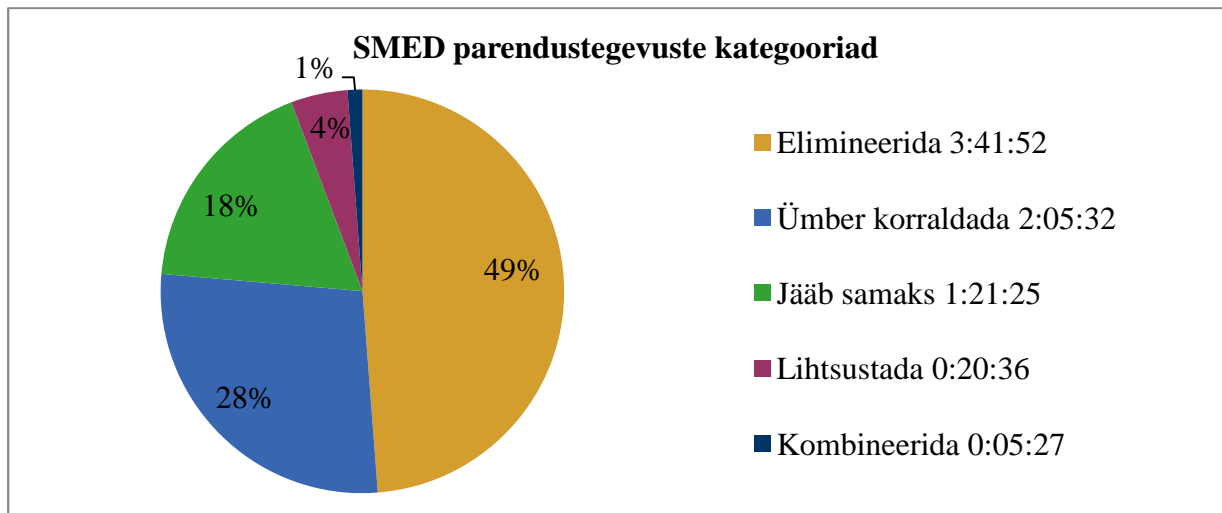
Ümberseadistuse kestvust mõjutavad väga paljud erinevad tegurid. Juba ainuüksi erinevate tegevuste koguarv 199 viitab liiga keerulisele või liigsete tegevustega ümberseadistusele.

Erinevat liiki ümberseadistust mõjutavate tegurite analüüsimiseks kasutati kalaluu diagrammi. Analüüsist järeldus, et ebaefektiivset ümberseadistust põhjustavad enim masinast, meetoditest ning inimesest tingitud mõjurid. Press 30 ümberseadisel tähendatud faktorid, millele parandusmeetmete määramisel olulist tähelepanu pöörati on kalaluu diagrammi näol esitatud seel 4.10.



Sele 4.10. Ümberseadistuse kalaluu diagramm

Pärast ümberseadistuse kaardistamist ja tegevuste kategoriseerimist alustati järgmise SMED etapiga, mille käigus vaadati projektimeeskonna poolt kõik tegevused nende sooritamise järjekorras uuesti läbi ning otsustati läbi võimalike lahenduste kaalutlemise, kas tegevust saab elimineerida, paralleelselt teostada (kombineerida), ümber korraldada (teises järjekorras, seadistusajast väljas) või lihtsustada. Kui mõnda tegevust ei ole võimalik kõrvaldada ega teisiti teha, siis sellele parandustegevus määramata. Ümberseadistuste tegevustest (n=199) otsustati elimineerida 106 (53%), kombineerida 1 (1%), ümber korraldada 28 (14%), lihtsustada 10 (5%) ja jätta samaks 54 (27%) tegevustest. Elimineeritavate tegevuste aeg moodustas 49%, ümber korraldatavate tegevuste aeg 28%, samaks jäävate tegevuste aeg 16%, lihtsustatavate tegevuste aeg 4% ja kombineeritavate tegevuste aeg 1% ümberseadistuse koguajast. SMED parandustegevuste kategooriad, ajad ja nende osakaalud on esitatud seel 4.11.



Sele 4.11. SMED parendustegevuste kategooriad

Iga ümberseadistuste parendustegevusele (va tegevused, mis otsustati muutmata jätta) lisati SMED analüüsi tabelis lahendusmeetod, vastutaja ning täitmise tähtaeg. Parendustegevuste rakendamist kirjeldab antud töö järgmine peatükk.

## 4.4. Parendustegevuste rakendamine

Kokku määrati SMED pilootprojekti raames parendusmeetmed 145-e kaardistatud ümberseadistuse tegevuse elimineerimiseks, ümber korraldamiseks (sisemisest välimiseks), lihtsustamiseks ja kombineerimiseks. Järgnevalt on alampunktidena käsitletud kirjeldatud erinevad rakendusmeetmed.

### 4.4.1. Elimineeritud tegevused

SMED projekti raames elimineeriti kokku 106 ümberseadistuse tegevust, mis moodustasid kokku ligi pool ümberseadistuse ajast. Elimineeritud tegevustest 68 (127 minutit) olid vahetult seotud ümberseadistusega, 7 (5,5 minutit) liikumise/transpordiga, 6 (29 minutit) ootamise, 16 (51 minutit) reguleerimiste/mõõtmistega ja 9 (9 minutit) muude tegevustega. 5 parendustegevust, mis elimineerimisele enim tulemust andsid, on esitatud tabelis 4.1.

Tabel 4.1. Top 5 parendustegevust läbi elimineerimise

#	Probleem	Kulunud aeg	Parendustegevus	Ajaline võit	Kulu
1	Ebapiisava valgustuse tõttu töökohale ei avastanud seadistaja toote kvaliteedi probleeme, mistõttu ei lasknud kvaliteedikontroll masinat töösse ning tehti 13 testtsükli asemel 40	02:51:12	Varustuse täiendamine - halli pinnaga töölaud masina juures vahetatud heleda pinnaga töölauda vastu ja täiendatud töökoha valgustust	02:51:12	250€
2	Masin peatati järgmisele seadistajale ja operaatorile tööd üle andes ja uuesti käivitamine võttis aega	00:19:26	Rutiinide muudatus – üle tuleb anda töötav masin	00:19:26	0€
3	Vormi positsioonide asendit korduvad nullimised	00:07:15	Rutiinide muudatus - varem ette kuumutatud vorm vajab vaid ühte nullimist	00:07:15	0€
4	Testtsükli toodangu viimine kvaliteedikontrolli, kontrollimise ootamine ja toodangu tagastamine	00:04:22	Rutiinide muudatus - vastavalt töökohal loodud parematele tingimustele kontrollib seadistaja ise testtsükli toodangu ning vastutab toote töösse lubamise eest.	00:04:22	0€
5	Vormi katmine lahutusvedelikuga pärast vormi töötemperatuuri saavutamist, mistõttu tuli vorm uuesti sulgeda	00:04:04	Rutiinide muudatus – vorm kaetakse lahutusvedelikuga enne töötemperatuuri saavutamist (soojenemise ajal)	00:04:04	0€
<b>Kokku:</b>				<b>3:26:19</b>	<b>250€</b>

Tabelis 4.1 esitatud parendustegevustega suudeti 250€ suuruse investeeringuga töökoha varustusse ning rutiinide muudatusega kokku hoida ligi 3,5 tundi seadistusaega, mis moodustab 45% ümberseadistuse koguajast.

Suurimaks probleemiks ümberseadistusel oli ebatavaliselt pikk aeg testimisele. Ümberseadistuse rutiin näeb ette, et seadistaja peab testimise käigus tootma 5 järjestikust tsüklit ilma, et esineks ühtegi praaktodet. Kuna masina juures olid ebapiisavad valgustus ning musta värvi detaili kontrolliti seadistaja poolt tumedal taustal, siis ei märganud seadistaja toote pinnal defekte. Esimest korda viidi testtoodang kontrolli peale 13 tsükli. Kvaliteedikontrollis vead avastati ning seadistuse testtoodangut ei aktsepteeritud. Järgnevalt toodeti seadistamise käigus veel 27 tsüklit erinevate parameetritega, kuna kehvades töötingimustes oli seadistajal raske hinnata, kas masina parameetrite muutmine andis tulemust

või mitte. Parendustegevusena loodi masina juurde kvaliteedikontrolli töökohaga sarnased tingimused – vahetati tumeda tööpinnaga laud heleda vastu ning paigaldati parem valgustus. Tänu valgemale ja puhtamale töökeskkonnale on seadistajal kergem detailide kvaliteeti hinnata, mistõttu määrati teiseks parendustegevuseks kvaliteedikontrolli teostamine seadistaja poolt masina juures, mis omakorda kaotas liikumised kvaliteediosakonna vahet ning vajaduse oodata kvaliteedipersonali otsust seeriatootmise alustamiseks. Täiendatud töökoht masina juures on esitatud seel 4.12.



Sele 4.12. Seadistaja töölaud enne (vasakul) ja pärast (paremal) SMED-i

Lihne tööruutide muutmise vähendab samuti ümberseadistuse aega ilma vajaduseta teha rahalisi investeeringuid. Näiteks töötava masina üle andmine järgmisele vahetusele (seadistaja või operaator), korduvate vorminullimiste välistamine ning vormi katmine lahutusvedelikuga varasemas etapis võimaldab kokku hoida üle 30 minuti ümberseadistusaega.

Üheks probleemiks, mida tabelis 1 pole välja toodud, oli masina liikumiste seiskumine, kui ükskõik milline masina luukidest/ustest on avatud. Ümberseadistuse käigus on vaja masina töölauale erinevatest külgedest ligi pääseda, mistõttu on vaja mitmel korral uksi avada ja sulgeda. Mitmel korral esines ümberseadistamisel, et masina tagumist ust ei suletud korralikult ning kuna masin ei käivitunud, pidi seadistaja kõik ukсед uuesti üle kontrollima. Et koheselt tuvastada, kui mõni uks korralikult ei sulgu, määrati parendustegevuseks masina külge kontrolltule paigaldamine, mis süttib koheselt, kui ükskõik millise ukse andur ühendust ei anna. Antud lahendus võimaldas kokku hoida 2 minutit ja 37 sekundit. Press 30 külge paigaldatud kontrolltuli on esitatud seel 4.13.



Sele 4.13. Kontrolltuli usteanduritele

Lisaks eelnevalt välja toodud suurema ajakuluga probleemide lahendustele rakendati tegevuste elimineerimiseks veel mitmeid teisi parendustegevusi nagu näiteks vormi seisukorra hindamise teostamine seadistaja asemel vormihooldusosakonnas, raskesti eemaldatavate poltide kõrvaldamine tootmisest, vormi liikumiste kontrollimise vajaduse kaotamine läbi vormiandmete sisestamise masina programmi jpm.

#### **4.4.2. Paralleelsed tegevused**

SMED projekti käigus määrati paralleelseks ehk kombineeritud tegevuseks vaid 1 ümberseadistuse tegevus. Ülejäänud tegevused, mida ei elimineeritud teostati kas ümberseadistaja poolt üksi või operaatori poolt ümberseadistusaja väliselt.

Pärast töö lõpetamist masinal peab iga operaator töökoha – töölaud, põrand masina ümber ja sees, masina tööpinnad – enda järel ära puhastama. Rutiin enne SMED-i nägi ette masina peatamist, töökoha puhastamist ja alles siis seadistaja teavitamist masina vabanemise kohta. Kuna masina tööpindu ei ole võimalik selle töötamise ajal puhastada, siis määrati parendustegevuseks selle teostamine paralleelselt vana vormi viimise ja uue toomisega seadistaja poolt. Tänu sellele ei mõjuta koristamine ümberseadistuse aega ning masina tööpindu on ka lihtsam puhastada, kui vormi pole ees. Antud parendustegevus võimaldab kokku hoida 5,5 minutit.

#### **4.4.3. Ümberkorraldatud tegevused**

SMED projekti raames muudeti kokku 28 ümberseadistuse tegevuse sooritamise järjekorda, teostades neid üldiselt enne või pärast masina peatamist ehk välimiste operatsioonidena.



Ümberkorraldatud tegevustest 5 (7 minutit) olid vahetult seotud ümberseadistusega, 15 (15,5 minutit) liikumise/transpordiga, 1 (95 minutit) ootamise, 1 (0,5 minutit) reguleerimiste/mõõtmistega ja 6 (7 minutit) muude tegevustega. 5 parendustegevust, mis elimineerimisele enim tulemust andisid, on esitatud tabelis 4.2.

Tabel 4.2. Top 5 parendustegevust läbi ümberkorralduste

#	Probleem	Kulunud aeg	Parendustegevus	Ajaline võit	Kulu
1	Külma vormi soojendamine töötemperatuurini võtab sõltuvalt vormi suurusest aega ligi 2 tundi, mille ajal on seadistaja ootel	01:35:00	Vormide ettekuumutamine teise masina all	01:15:00	500€
2	Ümberseadistuse alguses peatab operaator masina, lõpetab tellimuse ja alles siis informeerib vahetusevanemat, kes omakorda informeerib seadistajat	0:07:39	Operaator teavitab pool tundi enne tootmise lõpetamist vahetusevanemat ette ning peatab masina töö seadistaja signaali peale.	0:07:39	0€
3	Abivahendite toomine peale masina peatamist	0:07:35	Tõstuki, uue düüsi ja toodangukastide toomine masina juurde enne ümberseadistust; Tõstuki, vana düüsi ja toodangu kastide viimine masina juurest pärast ümberseadistust	0:07:35	0€
4	Ümberseadistuse lõpus informeerib seadistaja vahetusevanemat ja jätab masina kuni operaatori saabumiseni seisma	0:07:00	Seadistaja teavitab vahetusevanemat seadistuse lõpetamist ning hoiab masinat operaatori saabumiseni töös	0:07:00	0€
5	Seadistaja peatab masina, et tehtud tööd ära raporteerida	0:03:33	Paberite täitmine, toodangu raporteerimine ja koristamine pärast töötava masina operaatorile üleandmist	0:03:33	0€
<b>Kokku:</b>				<b>1:40:47</b>	<b>500€</b>

Tabelis 4.2 esitatud parendustegevustega suudeti 500€ suuruse investeeringuga ümberseadistuse ettevalmistuse varustusse ning rutiinide muudatusega kokku hoida ligi 1,7 tundi seadistusaega, mis moodustab 22% ümberseadistuse koguajast.

Pikima ooteaja ümberseadistuse ajal moodustas külma vormi soojenemise periood masina all, mis võib olenevalt vormi suurusest võtta aega kohati üle kahe tunni. Vormi soojenemise ajal

on kõik muud tegevused masinal peatatud ning seadistaja suunataks üldiselt teise töö peale, mis omakorda võib viia selleni, vormi õige temperatuuri saavutamise ajal on seadistaja teise tööga hõivatud. Ümberseadistuse ooteaeg pikeneb veelgi. Antud probleemi lahendamiseks pannakse järgmise tootmispartii vorm paar tundi enne ümberseadistuse algust mõne vaba masina alla sooja. Tänu sellele väheneb ooteaeg vormi soojenemisele ümberseadistuse käigus ligi 80%. Kuna sissepritsemasinade vormidel on peal tsentreerimisrõngas, siis vormi kiireks paigutamiseks ettekuumutuse masina alla valmistati vormi peale lisaplaat, mis võimaldab vormi masina vahele panna ilma vajaduseta seda masina töölaua suhtes tsentreerida.

Lisaks vormi ettekuumutamisele suudeti läbi tööruutide muutmise ja rahalisi investeeringuid vajamata vähendada ümberseadistuse sisest aega veel 25 minutit. Oluline on operaatorilt seadistajale või vastupidi anda alati üle töötav masin ning vormistada töö alustamise või lõpetamisega seotud paberimajandus väljaspool seadistusaega.

Läbi tegevuste ümberkorraldamise suudeti vähendada ka aega, mis kulus üle tootmise liikumisele. Tõstuk vana vormi teisaldamiseks ja uue tootmiseks seatakse masina juurde valmis enne ümberseadistuse algust ning viiakse oma kohale tagasi pärast ümberseadistuse lõppu. Sama tegevus rakendati ka ümberseadistuse jaoks vajalike vahendite puhul, mis valmistatakse ette enne töö algust ning kõrvaldatakse masina juurest peale selle käivitamist.

#### **4.4.4. Lihtsustatud tegevused**

SMED projekti raames lihtsustati kokku 10 ümberseadistuse tegevust, mis andsid nii ajalist võitu kui ka suurendasid ümberseadistuse turvalisust ning ergonoomikat. Lihtsustatud tegevustest olid kõik otseselt seotud ümberseadistusega. Iga tegevuse lihtsustamine nõudis ka rahalist investeeringut, samas piisas väikestest summadest, et saavutada ajalist võitu, mis kulu lühikese ajaga tasa teenivad. 5 olulisemat parendustegevust tagavad lihtsustamise näol ennustatavalt ajalise võidu 11 minutit ja 10 sekundit, mis võimaldab ettevõttel lähtuvalt 90€ suurusest seisutunnihinnast hoida kokku 17€ iga seadistuse pealt. Antud parendustegevusse investeeritud 400€ teenitakse tasa vähem kui 24 seadistusega. Kuna parendustegevused laienevad esialgu kõigile press 30 all tehtavatele ümberseadistustele, keskmiselt 1 ümberseadistus nädalas, siis tasuvusaeg on 24 nädalat ehk vähem kui pool aastat. Järelikult investeeringud isegi paariminutilise ümberseadistuse aja vähendamisse on põhjendatud. 5 olulisemat parendustegevust tegevuste lihtsustamiseks on esitatud tabelis 4.3.

Tabel 4.3. Top 5 parendustegevust läbi lihtsustamise

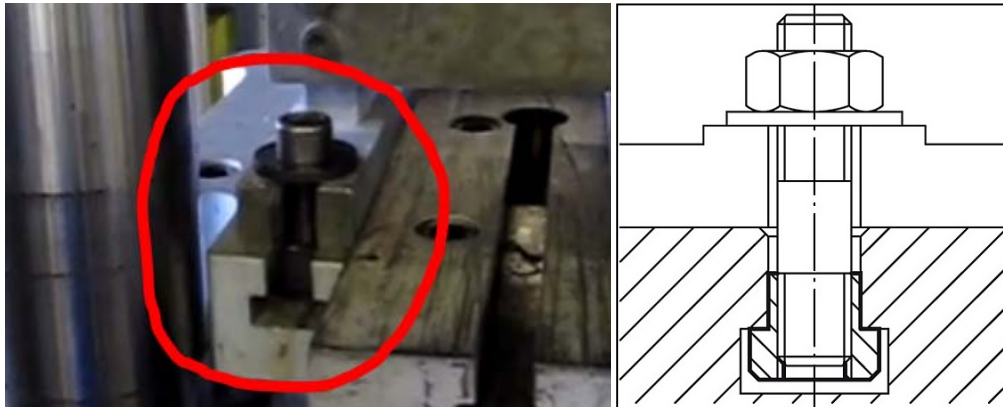
#	Probleem	Kulunud aeg	Parendustegevus	Ajaline võit	Kulu
1	Poltide paigaldamine / eemaldamine vormi kinnitusavadesse võtab kaua aega, kuna poldid peab täielikult mutri sees välja keerama.	0:04:46	U-soonte tegemine vormikinnitustele, et võimaldada poldi eemaldamist vaid 1/2 pöördega.	0:02:30	50€
2	Poltide fikseerimine ja vabastamine ajakulukas, kuna polte kinnitatakse ohutuse mõttes liiga tugevalt ja eemaldamisel tekib raksusi	0:04:10	Momentvõtme kasutamine poltide kinnitamiseks, et välistada üle- ja alakinnitamine, suurendades nii ka ohutust	0:02:00	300€
3	Vormi tsentreeritakse masina töölaual mõõdulindiga vormi ja töölaua serva vahekaugust mõõtes ning manuaalselt korrigeerides	0:04:00	Abirakis vormi tsentreerimiseks vormi tsentreerimisrõnga ja masina sammaste järgi.	0:03:30	20€
4	Vaakumkontakti kinnitamine kruvikeeraja ja klambri abil	0:02:01	Kiirliitmiku paigaldamine vaakumvoolikule.	0:01:40	25€
5	Erineva suurusega poltide sorteerimine uue vormi paigaldamise ajal	0:01:49	Erineva mõõduga poltide eraldamine vaheseintega karbis.	0:01:30	5€
<b>Kokku:</b>				<b>0:11:10</b>	<b>200€</b>

Tabelis 4.3 esitatud parendustegevustest kolm käsitlevad vormi ajakulu vähendamist vormi kinnitamisel ja vabastamisel masina töölaudade küljest. Üheks probleemiks oli ajamahukas poltide eemaldamine, kuna poldid oli vaja täielikult mutri seest välja keerata, mida poltide kulumise ja paisumise (masina tööpindade temperatuur 180-200C) tõttu tuli täielikult teha mutrivõtmega. Lahenduseks tehti vormile kinniste avade asemele U-sooned, kuhu on võimalik polt koos T-mutriga kiirelt sisse libistada ja vorm kinnitada vaid poole pöördega. Vormi kinnitused enne ja pärast on esitatud seel 4.14.



Sele 4.14. Vormi kinnitused enne (vasakul) ja pärast (paremal) SMED-i

Näide vormi kinnitamisest U-soone ja T-mutri abil on esitatud seel 4.15.



Sele 4.15. U-soone ja T-mutri rakendamine (vasakul) ja funktsionaalne eskiis (paremal)

Teiseks probleemiks vormi kinnitamisel oli poltide fikseerimine tavalise mutrivõtmega, mistõttu on poltide kinnitamise tugevus iga seadistajal erinev. Igapäevane nähtus on poltide fikseerimine nii tugevasti kui igal seadistajal parasjagu jõudu on, mistõttu võtab nii fikseerimine vormi monteerimisel kui ka poltide vabastamine vormi demonteerimisel palju aega. Liiga tugeva kinnitamise tagajärjeks on nende rakse eemaldamine pärast metallis vormiosade paisumist töötemperatuuril, lisaks oht kahjustada poldi keermeid nende ülekeeramisel. Parendusmeetmena asendati seadistaja tavaline mutrivõti eelreguleeritud momentvõtmega, mistõttu rakendatakse edaspidi vormide kinnitamisel konstantset jõudu. Tänu sellele välditakse poltide üle- ja alakeeramist, kiirendatakse protsessi, suurendatakse ohutust ning ergonoomikat. Poltide kinnitamise tugevus defineeriti kasutusel olevate poltide ja mutrite klassifikatsiooni ja suuruse järgi vastavast tabelist, mis on esitatud antud töö lisa 5 (Metric bolt and cap screw torque values 2015). TIPEs kasutatakse vormide kinnitamiseks 12.9 tugevusklassiga M16 polte ja mutreid, mida regulaarselt ka määratakse. Tabeli põhjal on vajalik pingutusmoment seega 320 Nm, mille alusel soetati seadistajatele sobiva reguleerimisvahemikuga momentvõtmed, millest üks näidis on esitatud seel 4.16.



Sele 4.16. Momentvõti Torcofix-K 75-400 Nm

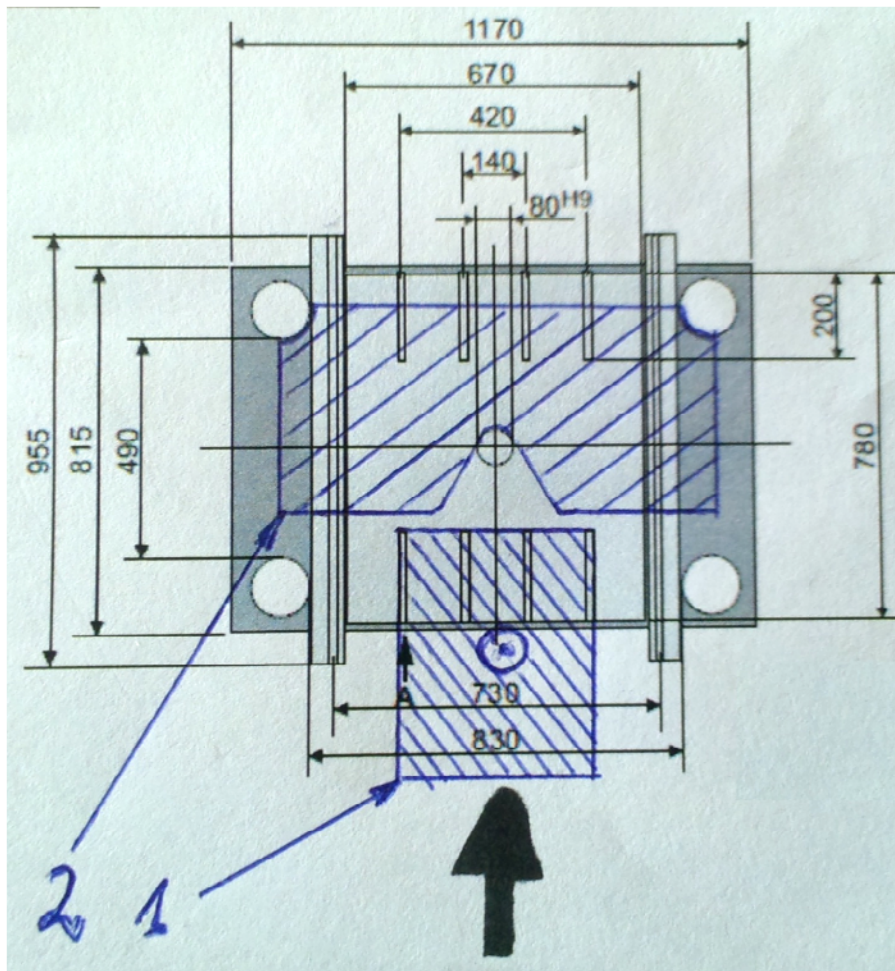
Kolmandaks vormi kinnitamisega seotud probleemiks oli ajakulu erineva pikkusega poltide sorteerimiseks vormi monteerimisel. Kuna vormi ülemine, alumine või vaheraami plaat on kohati erineva paksusega, siis on vormiga kaasas läbisegi erineva mõõduga poldid. Lahendustena kaaluti ainult ühe pikkusega poltide kasutamist või erineva pikkusega poltide visuaalset eristamist. Ainult ühesuguste poltide kasutamine eeldaks, et kõik vormiosad oleks sama paksud, mille saavutamiseks tuleks teha suuremaid kulutusi. Seetõttu otsustati lihtsustada poltide kasutamise läbi nende visuaalse eristamise. Selleks tehti poltide kastile vaheseinad, mille abil on seadistajal võimalik erineva pikkusega poldid kiirelt tuvastada. Näide kinnitusvahendite kasti täiendamisest on esitatud seel 4.17.



Sele 4.17. Kinnitusvahendite eraldamine karbis

Sissepritsepressil on väga oluline tagada vormi tsentreeritus masina ülemise töölaua suhtes, kuna töölaua keskel olevast avast toimub kummimaterjali sissepritse masina kambrist vormi pesadesse. Töölaudade ja sissepritseüksuse detailvaade (joonisel detail X) on esitatud lisas 4. Vormi tsentreerimiseks on vormi peal tsentreerimisrõngas, mille diameeter on võrdeline masina ülemisel tööplaadil oleva avaga, mis on antud masina puhul 80 mm. Raksete vormide tsentreerimiseks töölaual võib olenevalt seadistaja kogemustest kuluda kohati kuni 10 minutit (antud projektis 4 minutit), mille käigus seadistaja lükkab vormi tõstuki pealt silma järgi töölaua keskele ja hakkab seejärel mõõdulindiga kontrollides ning sõrgkangi abil vorm õigele kohale nihutama. Kuna vormid on üldiselt erinevate gabariitmõõtmetega, siis vormi ots- või külgpindade järgi oli keeruline tsentreerimislahendust välja töötada. Toetudes faktile, et tsentreerimisrõngad vormi peal on kõik ühes mõõdus, töötati välja lahendus vormi kiireks tsentreerimiseks selle peal oleva rõnga järgi. Selleks lõigati OSB plaadist välja 960x430 mm

suurune ristkülik, mille kahest nurgast tehti 65mm raadiusega sisselõiked masina sammaste jaoks ning plaadi vastaskülje keskohta sisselõige vormi tsentreerimisrõnga jaoks. Tsentreerimisplaadi detaile joonis on esitatud lisas 6. Tsentreerimisplaadi paigutus ja vormi liikumine fikseerimisasendisse on eskiisina esitatud seel 4.18.



Sele 4.18. Vormi (1) ja tsentreerimisplaadi (2) paiknemine masina töölaua suhtes

Lahenduse tööpõhi mõte on lihtne:

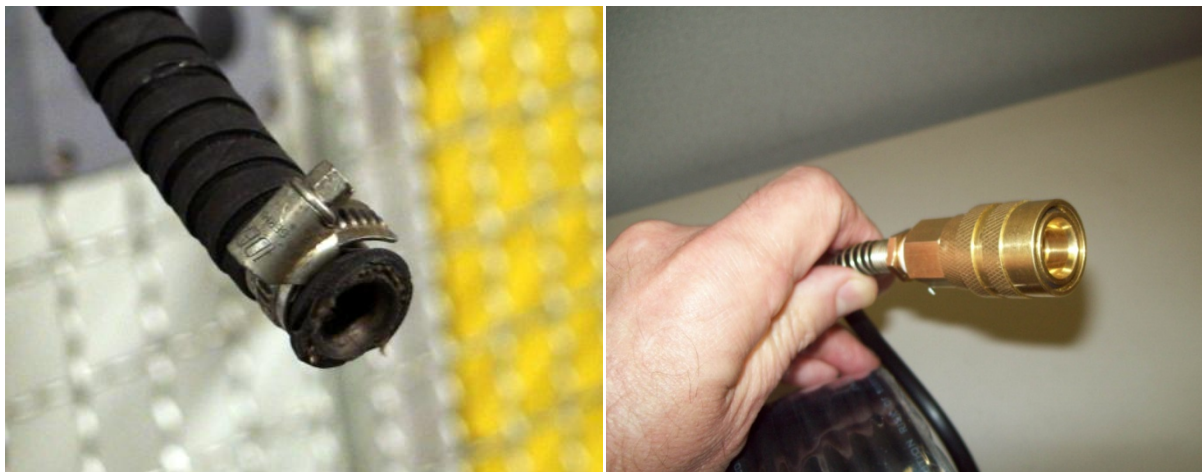
- 1) Tsentreerimisplaat (eskiisil nr 2) fikseeritakse kahest nurgast masina sammaste suhtes;
- 2) Vorm (eskiisil nr 1) lükatakse tsentreerimisrõnga abil plaadi vastasküljel oleva ava tsesstrisse (liikumise suund on eskiisil näidatud musta noolega).

Pilootprojekti jaoks kiirkorras valmistatud tsentreerimisplaat ja selle rakendamise näide on esitatud seel 4.19.



Sele 4.19. Tsentreerimisplaat vormidele

Viies oluline parendus ümberseadistuse lihtsustamiseks hõlmab voolikute kinnitamist vormi külge. Sissepritse vormidel kasutatakse tihti vaakumvoolikuid vormist õhu välja saamiseks. Enne SMED-i kinnitati vaakumvoolik vormi külge kasutades kõige tavalisemat voolikuklambrit ning kruvikeerajat selle pingutamiseks. Klambrid on küll odavad, aga vajavad kulumise, lekete ja vooliku kahjustamise tõttu tihti vahetust. SMED projekti raames kiirendati vaakumvooliku eemaldamist vanalt vormilt ja paigaldamist uuele vormile kiirkinnituse abil, mis võimaldab vooliku (de)montaaži vaid sekunditega. Vaakumvooliku kinnitus enne ja pärast SMED-i on esitatud seel 4.20.



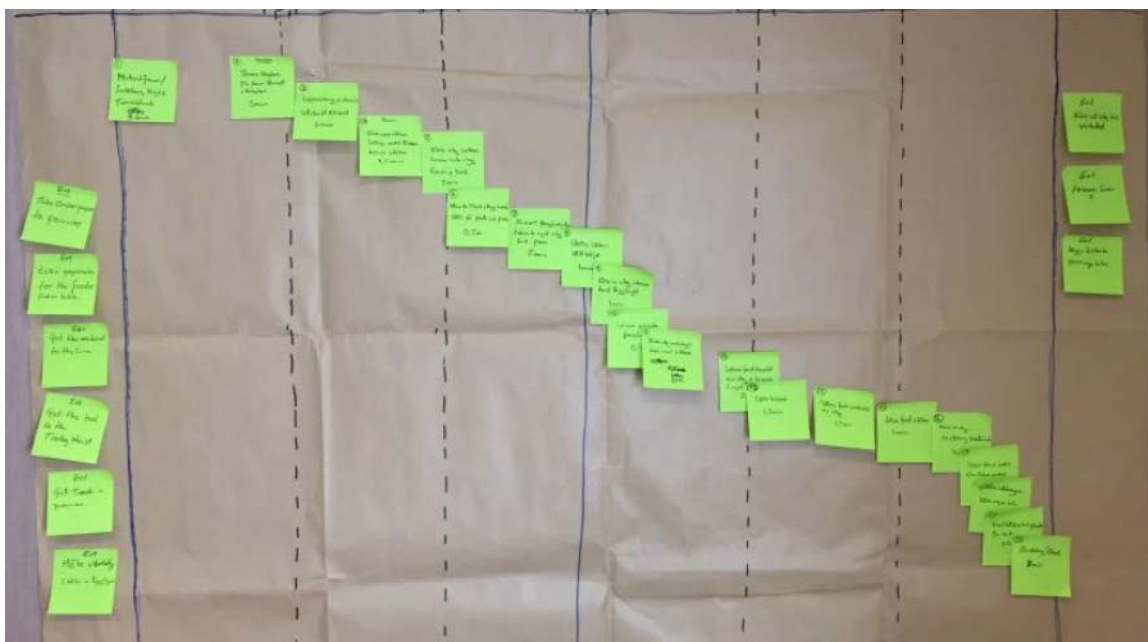
Sele 4.20. Vaakumvooliku kinnitus enne (vasakul) ja pärast (paremal) SMED-i

Ümberseadistuse tegevuste lihtsustamine oli SMED pilootprojekti viimane parendustegevuste rakendamise etapp. Pärast kõigi parendustegevuste elluviimist alustati uue ümberseadistusprotseduuri kirjeldamist.

#### 4.4.5. Uus ümberseadistuse protseduur

Ümberseadistuse analüüsimisest ning parendamisest teoreetiliselt ei piisa. Seadistajatel on aastate jooksul välja kujunenud omad harjumused, kuidas ümberseadistusi teha. SMED projekti raames pöörati piltlikult öeldes kõik harjumuspärased tegevused segamini. Et planeeritud muudatused ning välja töötatud lahendused tegelikkuses õigesti rakendatud saaksid, töötati SMED-i põhjal välja uus ümberseadistuse protseduur, mille järgi edaspidi ümberseadistused peaksid toimuma.

Protseduuri väljatöötamiseks kirjutati märkmepaberitele üles kõik ümberseadistuse tegevused, mida SMED analüüsi käigus ei elimineeritud ning asetati seejärel õiges järjekorras tahvile tõmmatud ajajoonele. Eristati tegevused, mis toimuvad enne seadistuse algust, tegevused, mis toimuvad seadistus ajal ning tegevused, mis tehakse peale seadistuse lõpetamist. Tänu sellele tekkis kogu SMED meeskonnal, eesotsas seadistajaga, parem ülevaade tegevuste sooritamise järjekorrast. Ümberseadistuse tegevuste paiknemine ajajoonel on esitatud seel 4.21.



Sele 4.21. Ümberseadistuse tegevused kronoloogiliselt

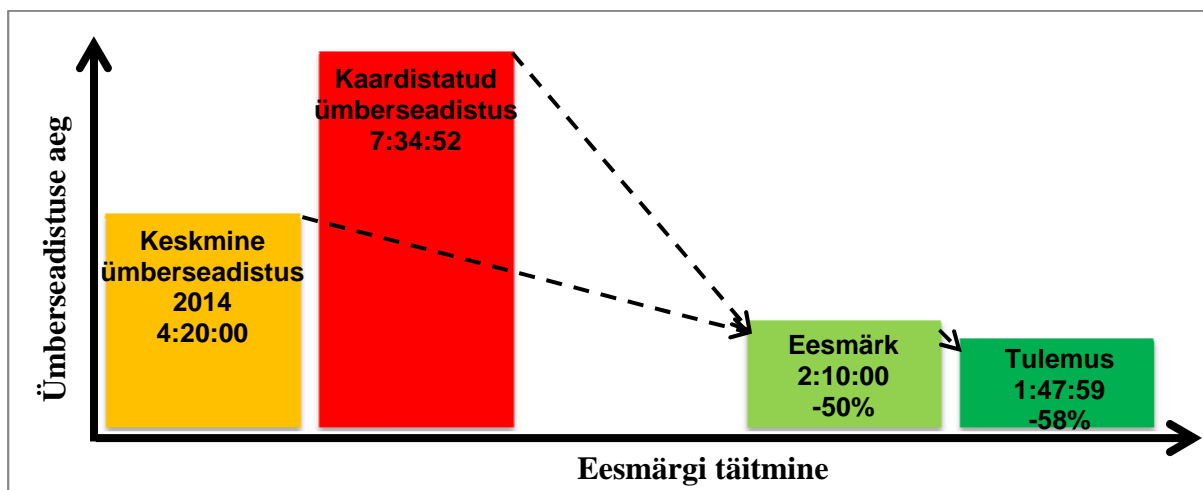
Ajajoonele koostatud mustandi põhjal alustati detailse standardoperatsiooni kirjeldamist. Koostati tabel, kuhu kronoloogilises järjekorras kirjutati üles ümberseadistuse tegevuse nimetus, vajalikud töövahendid igaks tegevuseks ning tegevuse kirjeldus koos olulisemate märkustega. Ümberseadistuse tegevused eristati värvkoodidega, kus roheline tähendab välist ja punane sisest operatsiooni. Koostatud SOP on esitatud lisa 7.



## 4.5. Tulemuste analüüs

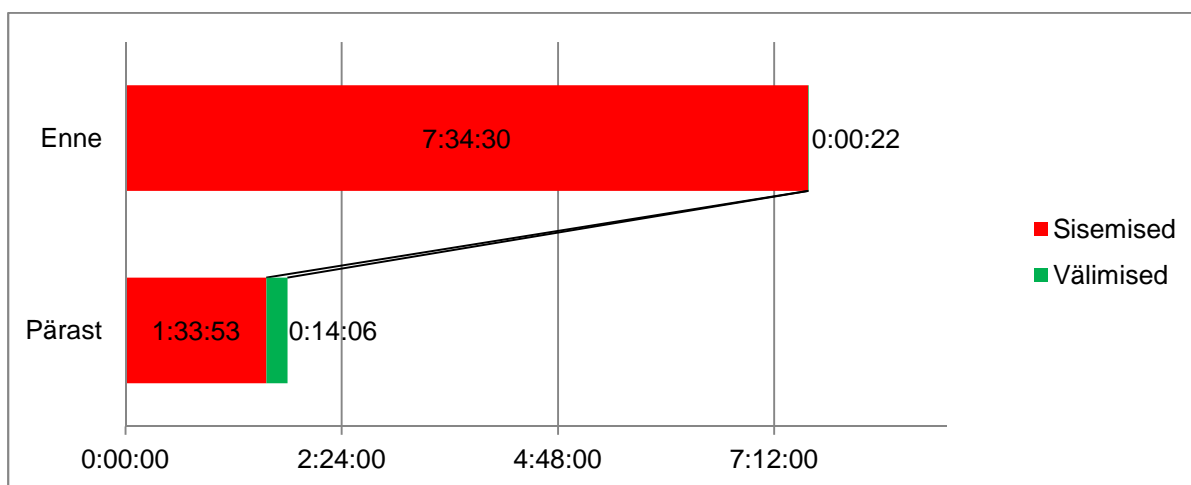
SMED pilootprojekti viimaseks etapiks oli analüüsi ja parendusmeetmete rakendamise käigus välja töötatud protseduurilise muudatuse katsetamine praktikas. Et tingimused oleksid samad, mis algselt kaardistatud ümberseadistusel, teostati press 30 ümberseadistus samade toodete vahel. Ümberseadistust teostas sama seadistaja, kes enne SMED-i. Enne ümberseadistusega alustamist käidi uue SOP-i alusel kogu protseduur samm-sammult teoreetiliselt läbi ja katsetati praktikas uusi abivahendeid (tsentreerimisplaat, momentvõti jne). Kui enne SMED-i alustati ümberseadistuse kaardistamist masina peatamise hetkest (ehk viimasest heast detailist), siis tulemuste analüüsimisel alustati kaardistamist umbes pool tundi enne masina peatamist. Ümberseadistus kaardistati taaskord sama tehnoloogi poolt videokaamera abil. Et vältida seadistaja tegutsemist vanade harjumuste järgi, instrueeriti teda ümberseadistuse ajal vastavalt uuele SOP-ile. Pärast ümberseadistuse lõpetamist vaadati video SMED meeskonnas üle, kaardistati tegevused koos aegadega ning märgiti üles uusi tähelepanekuid ja parendusi edaspidiseks. Samuti võrreldi iga tegevuse aega enne ja pärast SMED-i, et välja tuua rakendatud parenduse tulemuslikkust.

Pärast SMED-i kaardistatud ümberseadistuse koguajaks oli **1 tund, 47 minutit ja 59 sekundit**. SMED-i pilootprojekti eesmärgiks oli vähendada press 30 ümberseadistusaega 2014. aasta keskmisega võrreldes -50% ehk ajaliselt saavutada ümberseadistuse kestvuseks maksimaalselt 2 tundi ja 10 minutit. Vastavalt saavutatud tulemusele suudeti realselt ümberseadistusaega vähendada **-58%** võrreldes 2014. aasta keskmisega ja **-76%** võrreldes pilootprojekti raames kaardistatud ümberseadistusega. Pilootprojekti eesmärgi täitmisest annab graafilise ülevaate sele 4.22.



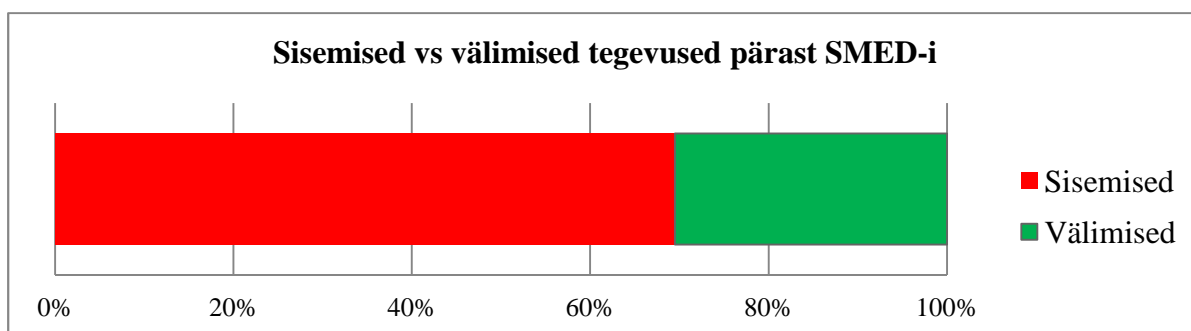
Sele 4.22. SMED pilootprojekti eesmärgi täitmine

Enne SMED-i teostati 99,9% seadistusest ajal, kui masin oli peatatud ehk sisemiste operatsioonidena. Pärast SMED-i suudeti lisaks kogu ümberseadistuse kiirendamisele teostada 13% tegevusi ajal, mil masin töötas ehk välimiste operatsioonidena. Seega oli ümberseadistuse käigus masin peatatud 87% ajast, mis on võrdne **1 tunni, 33 minuti ja 53 sekundiga**. Tulemuseks on **79%** vähendatud masina seisakuaega võrreldes pilootprojekti raames kaardistatud ümberseadistusega ning **64%** võitu võrreldes 2014 aasta keskmise seadistusajaga. Võidetud aja arvelt on ettevõttel potentsiaalselt võimalik rohkem toota. Sisemiste ja välimiste ümberseadistusaegade võrdlus on graafilisel kujul esitatud seel 4.23.



Sele 4.23. Sisemiste ja välimiste ümberseadistusaegade võrdlus enne ja pärast SMED-i

Üldiselt toimus uus ümberseadistuse protseduur plaanipäraselt. Seadistaja töötas vastavalt standardile ning tähelepanuväärseid kõrvalkaldeid ei esinenud. Uue ümberseadistuse kaardistamise käigus defineeriti kokku 82 erinevat tegevust (enne SMED-i 199), millest 57 teostati ajal, mil masin ei töötanud üldse, oli käivitamise faasis, ei töötanud vastavalt ettenähtud tsükliajadele või esines praaktodangut ja 25 tegevust masina töötamise ajal. Sisemiste ja välimiste tegevuste proportsionaalne võrdlus pärast SMED-i on esitatud seel 4.24.



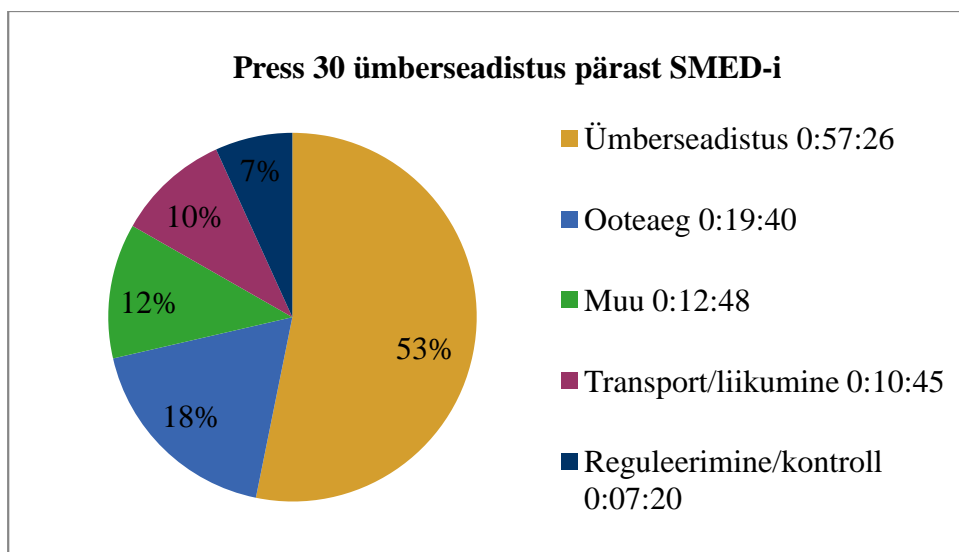
Sele 4.24. Sisemiste ja välimiste tegevuste osakaal pärast SMED-i

Sarnaselt ümberseadistuse analüüsimisega enne SMED-i parendusi, jaotati ka tulemuste analüüsimisel tegevused viite kategooriasse, võrreldi seejärel tegevuste arvusid ja ajakulu enne ning pärast SMED-i. Analüüsi tulemusel selgus, et enim õnnestus vähendada ajakulu reguleerimistele ning ooteajale. Tulemuste võrdlus kategooriate kaupa on esitatud tabelis 4.

Tabel 4.4. Tulemuste analüüs kategoriseeritult

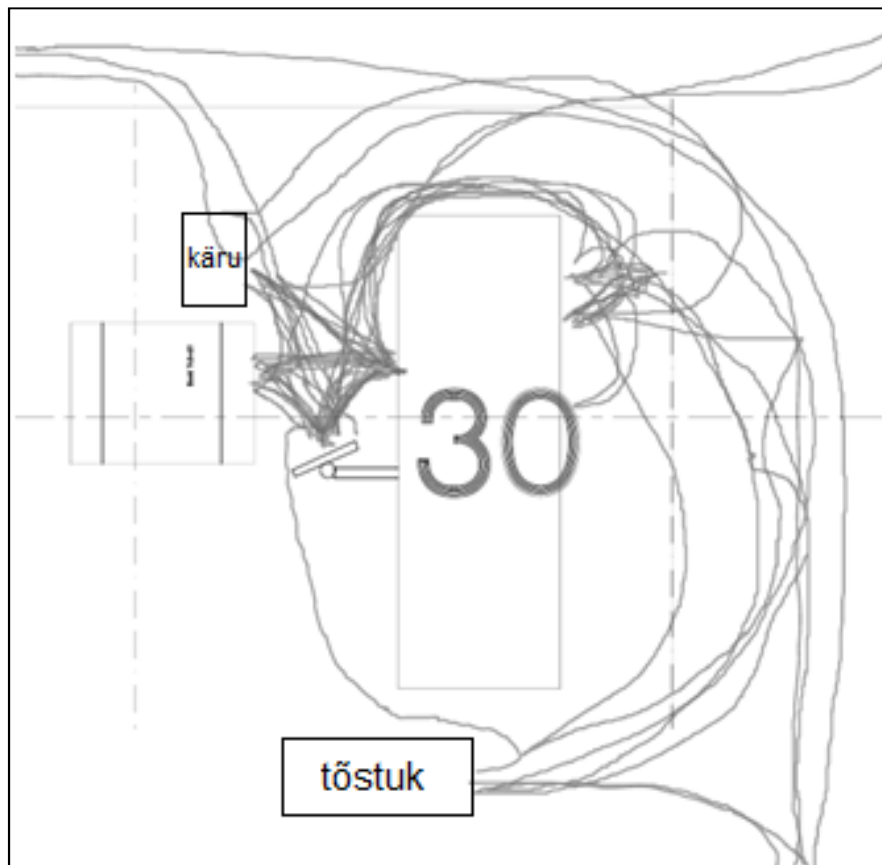
Kategooria	Tegevusi			Aeg		
	Enne	Pärast	Tulemus	Enne	Pärast	Tulemus
Ümberseadistus	122	44	-64%	3:32:18	0:57:26	-73%
Ooteaeg	7	1	-86%	2:04:04	0:19:40	-84%
Reguleerimine/kontroll	24	7	-71%	1:09:37	0:07:20	-89%
Transport/liikumine	27	13	-52%	0:25:51	0:10:45	-58%
Muu	19	17	-11%	0:23:02	0:12:48	-44%
<b>Kokku</b>	<b>199</b>	<b>82</b>	<b>-59%</b>	<b>7:34:52</b>	<b>1:47:59</b>	<b>-76%</b>

Ümberseadistuse tegevustest moodustasid suurima osakaalu otseselt masinaga seotud tegevused (nt vormivahetus, seadistamine, testimine), vastavalt 53%. 18% koguajast moodustas ooteaeg, mille jooksul toimus vormi soojenemine ja enne mida ei saanud seadistaja tegevustega jätkata. 12% koguajast moodustasid muud tegevused (nt koristamine/puhastamine, paberite täitmine, infovahetus), 10% transpordi/liikumistega (nt vormi, abivahendite, materjalide jne viimine ja toomine) seotud tegevused ning reguleerimised/kontrollimised (nt temperatuuri mõõtmine ja detailide kontroll) moodustasid 7% koguajast. Ümberseadistuste tegevuste kategooriate osakaalude võrdlus koos kulunud aegadega on esitatud seel 4.25.



Sele 4.25. Ümberseadistuse tegevuste kategooriate osakaal pärast SMED-i

Video läbivaatuse käigus kaardistati uuesti ka kogu seadistaja poolt ümberseadistuse käigus läbitud teekond pressi ümbruses. Võrreldes olukorraga enne SMED-i toimus parendatud ümberseadistuse käigus masina esimese ja tagumise tööala, juhtpuldi, töölauda ning seadistuskäru vahel oluliselt vähem liikumisi (võrdluseks vt sele 4.6, lk 49). Samuti toimus peale SMED-i vähem liikumisi seadistatava masina alast välja poole. Masina asendiplaan koos seadistaja liikumistega pärast SMED-i on esitatud seel 4.26.



Sele 4.26. Spageti diagramm masina ümbruses pärast SMED-i

Eeldusel, et pilootprojekti raames rakendad parendused jäävad püsima ning ümberseadistused toimuvad edaspidi vastavalt ettenähtud standardile, on võimalik järgnevalt välja tuua pilootprojekti tulemusel saavutatud ajaline ning rahaline kasu ettevõttele. Pärast SMED-i parendustegevuste rakendamist vähendati pilootprojekti tootel ümberseadistusaeg ligikaudu 1,6 tunni peale, mis on 3,2 tundi vähem, kui antud toote 2014. aasta keskmine seadistusaeg. Arvestades, et antud tootele teostatakse 9 seadistust aastas, **voidab ettevõtte tänu SMED-i rakendamisele aastas ligi 29 masinatundi, mille rahaline väärtus ettevõtte jaoks on umbes 2600€ (90€/tund)**. Võidetud 29 masinatundi võimaldavad ettevõttel antud masinal 3 ja

pool vahetust aastas rohkem toota ning seadistajate ressursi selle võrra muude ülesannete (nt hooldustööd, parendustegevused) täitmisel kasutada.

Parendustegevuste rakendamiseks tehtud **investeeringute kogumaksumuseks kujunes ligikaudu 1300€** arvestamata projektimeeskonna töötunde (mille kohta töö autoril sõltuvalt töötajate palganumbrite salastatusest andmed puuduvad). Arvestades pilootprojekti tulemuste kasumlikkusest on **investeeringute tasuvusajaks pool aastat**.

Käesolevas töös käsitletakse SMED-i rakendamist pilootprojekti raames ühele tootele. Samas on kõik antud tootele rakendatud parendusmeetmed laiendatavad üle terve tootmise vajades vaid mõningaid lisainvesteeringuid (nt momentvõti igale seadistajale, tsentreerimisplaadid erinevatele masinatüüpidele, kiirkinnitused vaakumile, valgustusega töölaudad). SMED 2015. aasta projektiplaanis on ette nähtud SMED-i rakendamine veel kolmele tootele erinevates tootmisgruppides. Arvestades, et kõiki antud töös rakendatud meetmeid laiendatakse üle terve tootmise, on alljärgnevas tabelis 4.5 välja toodud potentsiaalne kasu ettevõttele nii ajaliselt kui rahaliselt läbi SMED-i erinevas ulatuses rakendamise. SMED-i rakendamisega üle terve tootmise, st kõigile masinatele ja toodetele, on ettevõttel võrreldes 2014. aasta andemetega võimalus saavutada kokkuhoid ajaliselt üle 2400 tunni ja rahaliselt üle 218000€aastas.

Tabel 4.5. Potentsiaalne kasu ettevõttele läbi SMED-i rakendamise

		<b>Pilootprojekt</b>	<b>Press 30</b>	<b>Oranž grupp</b>	<b>Kogu tootmine</b>
<b>Enne SMED-i (2014)</b>	Seadistusi aastas [n]	9	43	186	1346
	Keskmine aeg [h]	4.8	4.3	4.2	3.4
	Kulu seadistusele [€]	432	387	378	306
	Kulu kokku [€]	3888	16641	70308	411876
<b>Pärast SMED-i (tulevik)</b>	Keskmine aeg [h]	1.6	1.6	1.6	1.6
	Kulu seadistusele [€]	144	144	144	144
	Kulu kokku [€]	1296	6192	26784	193824
<b>Kasu ettevõttele</b>	ajaliselt [h]	<b>29</b>	<b>116</b>	<b>484</b>	<b>2423</b>
	rahaliselt [€]	<b>2592</b>	<b>10449</b>	<b>43524</b>	<b>218052</b>

SMED pilootprojekti võib kokkuvõttes lugeda õnnestumiseks. Saavutatud tulemused ületasid püstitatud eesmärgi ning kulud eesmärgi saavutamiseks olid minimaalsed. Läbi edukale SMED-i käivitamisele TIPE-s tagati juhtkonna rahulolu ning toetus edasiste projektidega jätkamiseks.

## 5. JÄRELDUSED

Läbi SMED-i metoodika läbitöötamise ning selle alusel ümberseadistuse analüüsimise on võimalik suhteliselt väikese investeeringuga ajalist ja rahalist kulu oluliselt vähendada. Samas ainult SMED-i metoodika tundmisest ei piisa, et selle rakendamisel soovitud edu saavutada. SMED-i juurutamine peab olema üheks osaks ettevõtte pikaajalisest arenguplaanist ning pideva parendamise plaanist. SMED ei ole individuaalne projekt, vaid see annab lisaväärtust mitmele teisele kulusaastliku tootmise meetodile ning sama kehtib vastupidi. Üheks kõige olulisemaks eelduseks SMED-i rakendamiseks on ettevõttes eelnevalt juurutatud 5S.

SMED pilootprojekti õnnestumise üheks oluliseks faktoriks oli kogu projektimeeskonna pidev pühendumus tulemuste saavutamisele. Koostöö toimis ning kõik meeskonna liikmed olid avatud muudatustele, mida parendamise nimel katsetada. Vajalik on ümberseadistust teostanud seadistaja kaasamine video analüüsimisse ning parendusmeetmete määramisse, kuna ta oskab vahetult kommenteerida igat kaardistatud liigutust ning selle vajalikkust. Lisaks oli seadistajal mitmeid kasulikke ettepanekuid, mida parendustegevuste määramisel kasutati. Projekti meeskonda peaks kuuluma alati ka vähemalt üks insener – isegi kui ta ei puutu igapäevaselt ümberseadistusega kokku, oskab ta välja pakkuda tehnilisi lahendusi nii enda kui teiste poolt välja pakutud parendusettepanekute realiseerimiseks. Võimalikult mitmekülgse meeskonna loomine SMED-i läbiviimiseks tagas erinevad ja uudsed lähenemised probleemide lahendamisele, kuna igapäevaselt masinate ja seadistamisega tegelevad inimestel on tunduvalt raskem nn „kastist väljas“ mõelda.

Ümberseadistuse analüüsi käigus tuleks kogu protsess võimalikult detailselt tegevusteks jaotada, märkides tegevuste kaupa üles ka kõik tähelepanekud seoses kõrvalekallete, turvalisuse, ergonoomika või võimalike parendustega. Ümberseadistuse filmimine analüüsi tarbeks on võtmekohal, kuna see võimaldab kogu meeskonnal kogu protsessist detailne ülevaade saada ning vajadusel analüüsi käigus mõnda tegevust korduvalt üle vaadata. Oluline on, et kõik meeskonna liikmed suhtuksid ka ajaliselt lühikestesse ümberseadistustegevustesse kriitikaga ning seaks eesmärgiks neid parendada. Isegi kui kohati on tulemuseks mõnesekundiline ajavõit, võib see mitme tegevuse peale tulemuseks kokku anda mitu minutit võitu. Kui mõnda tegevust ei ole võimalik elimineerida ega kiirendada, siis võib tulemust anda ka tegevuste järjekorra muutmine, vähendades nii erinevate tegevuste sooritamise käigus läbitavat distantsi, mis kokkuvõttes annab samuti ajalist võitu.

Parendusmeetmete määramisel tuleb kasuks erinevate lahenduste füüsiline katsetamine, et nende rakendamise kasulikkust hinnata. Pärast parendusmeetmete rakendamist on oluline koostada uue ümberseadistuse rutiini järgimise tagamiseks standardoperatsioonide kirjeldus. Kõik seadistaja tegevused tuleb standardiseerida, et tagada SMED-i raames välja töötatud rutiini järgimine pikemas perspektiivis. Enne SMED-i tulemuste analüüsimiseks uue ümberseadistusega alustamist tuleks seadistajal SOP-i põhjal uus rutiin teoreetiliselt läbi töötada, et üksi tegevus praktikas üllatusena ei tuleks. Esimesel ümberseadistusel pärast SMED-i tuleks hinnata iga tegevuse õnnestumist ja vajadusel uut seadistuse SOP-i veel täiendada. Seejärel tuleb standardit tutvustada kõigile ümberseadistusega seotud töötajatele, kes SMED projekti meeskoda ei kuulu. Kõik ettevõtte seadistajad peavad edaspidi oma töös SOP-i reeglitest lähtuma.

Tänu SMED-i rakendamisele on võimalik ettevõttel masina seisakuid oluliselt vähendada, planeerida päevas rohkem ümberseadistusi, toota samal perioodil rohkem toodangut ja tõsta tänu paindlikkusele kliendi rahulolu. Masinate efektiivsuse tõstmiseks peab lisaks SMED-i rakendamisele tagatud olema ka regulaarne masinate hooldus, mis vähendab masina rikest tingitud tootmise seisakuid ja ajamahukaid ümberseadistamisi.

Lisaks pilootprojekti raames rakendatud parendustegevustele tuleb ka sama toote ümberseadistust korduvalt üle analüüsida, et tulevikus ümberseadistusaegu veel rohkem vähendada. Läbi OEE analüüsi tuleb edaspidi jälgida kõikide toodete ja masinate ümberseadistusaegu, millele SMED-i rakendatud ning kõrvalekallete esinemisel tuleb koheselt välja selgitada põhjus ning määrata parendustegevused selle kõrvaldamiseks. Oluline on esile tuua ka ümberseadistused, mida on teostatud planeeritust kiiremini, et leida uusi võimalusi ümberseadistusaegade pidevaks parendamiseks.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärk oli läbi meetodiliste tegevuste planeerimise ja rakendamise vähendada ümberseadistuse aega ja kulu ühel ettevõtte sissepritsepressil vähemalt 50%. Ümberseadistuste näol on ettevõttel tegemist suure kuluallikaga ja masina seisakute vähendamine on ettevõtte arenguplaanis üheks oluliseks eesmärgiks.

Eesmärgi täitmiseks uuriti esmalt põhjalikult ümberseadistusaegade vähendamise võimalusi läbi SMED meetodika rakendamise. Seejärel analüüsiti ettevõttes varasemalt juurutatud kulusäästliku tootmise tööriistade seotust ümberseadistustega ja toodi välja ettevõttes juba rakendatud parendusmeetmed ümberseadistuste kiirendamiseks. Toetudes käesoleva töö teoreetilisele osale, kaardistati pilootprojekti raames ühe toote ümberseadistus, määrati ja rakendati parendustegevused ning analüüsiti nende tulemuslikkust.

Töö sissejuhatuses anti lühiülevaade ettevõtte tegevusvaldkonnast, toote valmistamisel kasutatavatest masinatest ja tootmistehnoloogiast, selgitati ümberseadistuse ja SMED-i mõiste tähendust ning probleemi aktuaalsust ettevõtte jaoks.

Töö esimeses osas kirjeldati teabekirjanduse põhjal SMED meetodikat, selle ajalugu, kasu ettevõttele, rakendamise põhimõtteid ja näiteid võimalikest lahendustest.

SMED meetodika hakkas välja kujunema 1950ndatel aastatel Jaapanis ja see on tänaseks rakendust leidnud tootmisettevõtetes üle maailma. Sõltumata tootmisettevõtte tegevusvaldkonnast, kasutatavatest materjalidest, tehnoloogiatest või seadmetest on mitmeid üldiseid parendusmeetmeid, mille abil on võimalik ümberseadistusi lihtsustada ja selleks kuluvat aega vähendada.

Traditsiooniliselt on ümberseadistust peetud keeruliseks protsessiks ja seda teostavad tihti vaid üksikud kogenud spetsialistid. Tüüpiline lahendus ümberseadistustest tekkivate seisakute ja kulutuste minimeerimiseks on tootmispartiide suurendamine, mis vähendab ümberseadistuste sagedust. Suured tootmispartiid vähendavad ettevõtte paindlikkust kliendi tellimustele, suurendavad kulutusi ladustamisel ja samuti on oht ületootmisele. Läbi ümberseadistusaegade vähendamise on ettevõttel võimalus määrata partiisuurused vastavalt kliendi vajadustele ning hoida kokku kulutusi laopinna ja seisakuaegade peale. SMED-i rakendamine võimaldab ümberseadistusi standardiseerida ja lihtsustada, mistõttu puudub



vajadus rakendada selleks eriharidusega spetsialiste, keda saab selle asemel kaasata näiteks masinate ennetavasse hooldusesse, tootmise arendamisse ja uuenduste juurutamisse.

Toetudes erialasele kirjandusele esitati SMED-i rakendamise põhimõtted ja lahenduste näited kuue etapina – ettevalmistused, kaardistamine, sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine, tegevuste elimineerimine, ümber korraldamine ja lihtsustamine.

SMED-i rakendamise ettevalmistuse käigus on oluline pöörata tähelepanu ümberseadistuse kaardistamise jaoks masina ja toote valikul ning projekti eesmärgiks tuleks seada esimesel korral suurt edu saavutada. SMED-i rakendamiseks tuleb kokku panna multifunktsionaalne meeskond, kuhu on kaasatud erinevad masinate ja seadistamisega seotud spetsialistid, kes peavad enne projektiga alustamist olema kursis SMED-i põhimõtetega.

Hetkeolukorra kaardistamiseks tuleb tavapärase ümberseadistus videokaamera abil jäädvustada. Filmitud protseduur vaadatakse SMED meeskonna poolt üle ning jagatakse võimalikult täpselt konkreetseteks tegevusteks koos selleks kulunud aegadega. Kaardistamise käigus tuleks meeskonna poolt tähelepanu pöörata ümberseadistuse turvalisusele, ergonoomilisusele, ebavajalikele tegevustele ning edasi-tagasi liikumistele.

Kaardistatud ümberseadistuse tegevused jaotatakse järgnevalt kaheks – sisemisteks ja välimisteks. Sisemisi tegevusi saab teha vaid siis, kui masin on peatatud, välimisi aga ajal, kui masinat kasutatakse tootmiseks. Sisemiste ja välimiste tegevuste eristamine on SMED-i esimene samm, mis võib tihti vähendada masina seisaku aega 30-50%.

Ümberseadistuse protseduuri tegevusteks jagades tuleks samaaegselt kriitiliselt analüüsida ka iga tegevuse vajalikkust ning töötaja tegevuse vastavust tööjuhendile. Tegevused, mida reaalselt ümberseadistuse käigus tegema ei peaks, tuleks koheselt elimineerida – parendustegevusi tuleks määrata vaid ümberseadistuseks vajalikele tegevustele.

Ümberseadistuste sisemine tegevus on ettevõttele lisaväärtust mitteandev faktor, mistõttu tuleb võimalikult palju ümberseadistuse tegevusi ümber korraldada nii, et seda oleks võimalik teha enne või pärast masina peatamist. Materjalid, tootmisvahend ja tööriistad tuleks masina juurde toimetada enne ümberseadistusega alustamist ning oma kohale tagastada pärast masina käivitamist.

Pärast võimalike tegevuste ümberkorraldamist masina seisakuväliseks, tuleb kõiki ümberseadistuse elemente maksimaalselt lihtsustada. Võimalikud parendusmeetmed on

näiteks erinevate tööriistade asendamine ühega, kiirkinnituste kasutamine, reguleerimiste välistamine, abivahendite ladustamine masina juures, transportkärude kasutamine jms.

Parendustegevuse rakendamise järgselt tuleb koostada uus ümberseadistuse protseduuri kirjeldus, kus on täpselt kirjeldatud mida, millal ja millises järjekorras seadistaja peab tegema, et määratud parendustegevused maksimaalset tulemust annaksid. Uue protseduuri alusel koolitatakse välja kogu ümberseadistustega seotud personal.

Töö teises osas kirjeldati SMED-i seost ettevõttes varasemalt rakendatud tegevustega, mis andis ülevaate ettevõttes varasemalt juurutatud kulusäästliku tootmise tööriistadest, nende seosest SMED-iga ning ettevõtte poolt täidetud tingimustest SMED-i tulemuslikuks rakendamiseks. Lisaks toodi välja rakendatud parendustegevused, mis on otseselt seotud ümberseadistusaegade vähendamisega.

SMED ei ole iseseisev projekt, vaid üks osa suuremast programmist – kulusäästlikust tootmisest. Ainult SMED meetodika rakendamisest efektiivsuse tõstmiseks ja säilitamiseks ei piisa. SMED meetodika on seotud mitmete kulusäästliku tootmise tööriistadega ning ettevõtte eesmärgiks ei tohi olla üksnes SMED-i juurutamine, vaid pikemas perspektiivis kõigi kulusäästliku tootmise põhimõtete rakendamine. Kulusäästliku tootmise põhimõtetele iseloomulikult peaks ka SMED-i projektide puhul toimuma pidev parendamine ja optimeeritud ümberseadistusi tuleb perioodiliselt uuesti analüüsida.

Viimastel aastatel on ettevõttes juurutatud 5S, Hoshin, Poka-Yoke, OEE, KPI ja juurpõhjuse analüüsi (Ishikawa ja 5 miksi) meetodid ning paralleelselt SMED meetodikaga on alustatud standardsete töövõtete (SOP) kirjeldamise, toote väärtusvoo kaardistamise (VSM) ja rakktootmise juurutamist. Kuigi SMED meetodika põhiline eesmärk on ümberseadistusaegade vähendamine, omab see suurt mõju kõigi eelnimetatud meetodite efektiivsel rakendamisel ja sama kehtib ka vastupidiselt. Eelduseks SMED-i parenduste rakendamisele on ümberseadistusaegade ja nendega kaasnevate kulude analüüsi tulemused, mille kaardistamist alustati 2014. aastast ning mille põhjal oli võimalik välja valida problemaatiline masin ja põhjalikult kaardistada ümberseadistuse tegevused enne SMED-i.

Enne SMED-i oli ettevõttes ümberseadistusaja vähendamise eesmärgil kasutusel igal seadistajal isiklik tööriistakäru, kahe vormi üheaegseks transportimiseks kahetasapinnaline vormikäru, tootmiseks ettevalmistatud vormide riul, varupoltide riul ja erivärvusega materjalide tootmise rutiin kindlate masinate all.

Käesoleva töö kolmandas ehk põhiosas kirjeldatakse kogutud SMED meetodika teoreetilise teadmiste praktilist rakendamist läbi pilootprojekti käivitamise ettevõttes – ettevalmistusi, kaardistamist, analüüsi, parendustegevuste määramist ning saavutatud tulemuste hindamist.

SMED-i juurutamiseks koostati projektiplaan 2015. aastaks, mis hõlmab nelja põhietappi, millest esimene hõlmab SMED teooriaga tutvumist ning ettevõttesiseste koolituste läbiviimist ja kolm järgmist SMED-i läbiviimist tehase kolmes erinevas tootmisgrupis, millest esimest käsitleti kui pilootprojekti ja mille tulemused on esitatud töös esitatud. Pilootprojekt viidi ettevõttes läbi 2015. aasta kevadel 15 nädala jooksul.

SMED pilootprojekti ettevalmistuse faasis määrati kindlaks projekti meeskond koos vastutusaladega, valiti 2014. aasta OEE analüüsi andmetel välja masin ja toode, mille ümberseadistus kaardistati ning hangiti vajalikud vahendid ümberseadistuse kaardistamiseks ning analüüsimiseks.

Tootel, mille ümberseadistust SMED pilootprojekti raames kaardistati, tehti 2014. aastal kokku 9 ümberseadistust, keskmiselt ümberseadistus võttis 4,8 tundi ning kokku kulus aasta jooksul antud toote ümberseadistuseks 43.2 tundi. Ümberseadistuse analüüsi tooteks oli veoki turbolaaduri õhutoru, mille valmistamine näeb ette kummimaterjalist detaili pressimist survevaluvormimise teel.

Kaardistatud ümberseadistuse käigus eemaldati vana vorm, paigaldati uus vorm, ning kontrolliti testtsüklite tootmisel seadistuse kvaliteeti. Kogu protsess analüüsiti SMED-i projektimeeskonna poolt läbi ning määrati parendustegevused järgides SMED meetodika printsiipe. Kokku kaardistati SMED-i raames 199 erinevat ümberseadistuse tegevust, millest 145-le määrati parendustegevused.

Läbi parendusmeetmete rakendamise suudeti ligi pooled ümberseadistuse tegevused elimineerida ja üle neljandiku tegevustest ümber korraldada. Enim tulemust andnud parendustegevusteks olid seadistaja töökoha valgustuse parandamine toote kvaliteedi täpsemaks hindamiseks, vormi ettekuumutamine enne ümberseadistuse algust, rakise disainimine vormi tsentreerimiseks masina töölaual. Lisaks suudeti saavutada olulist ajalist võitu läbi rutiinsete muudatuste – töötava masina üleandmine operaatorilt seadistajale ja vastupidi.

SMED pilootprojekti analüüsi ja parendusmeetmete rakendamise käigus välja töötatud protseduurilise muudatuse katsetamiseks praktikas viidi läbi uus ümberseadistus samades tingimustes. Üldiselt toimus uus ümberseadistuse protseduur plaanipäraselt. Seadistaja töötas vastavalt standardile ning tähelepanuväärseid kõrvalekaldeid ei esinenud.

Ümberseadistuse kogupikkus vähenes võrreldes 2014. aasta keskmisega 58% ning võrreldes pilootprojekti raames kaardistatud ümberseadistusega 76%. Kuna pilootprojekti raames suudeti mitmeid tegevusi ümber korraldada nii, et need teostatakse enne või pärast ümberseadistust, siis vähenes masina seisakuaeg võrreldes 2014. aasta keskmisega 64% ning võrreldes pilootprojekti raames kaardistatud ümberseadistusega 79%.

Pärast SMED-i parendustegevuste rakendamist vähendati pilootprojekti tootel ümberseadistusaeg ligikaudu 1,6 tunni peale, mis on 3,2 tundi vähem, kui antud toote 2014. aasta keskmine seadistusaeg. Arvestades, et antud tootele teostatakse 9 seadistust aastas, võib ettevõtte tänu SMED-i rakendamisele aastas ligi 29 masinatundi, mille rahaline väärtus ettevõtte jaoks on umbes 2600€ Parendustegevuste rakendamiseks tehtud investeeringute kogumaksumuseks kujunes ligikaudu 1300€ Arvestades pilootprojekti tulemuste kasumlikkusest on investeeringute tasuvusajaks pool aastat.

Käesolevas töös käsitleti SMED-i rakendamist pilootprojekti raames ühele tootele. Samas on kõik antud tootele rakendatud parendusmeetmed laiendatavad üle terve tootmise, vajades vaid mõningaid lisainvesteeringuid. SMED-i rakendamisega üle terve tootmise ehk kõigile masinatele ja toodetele, on ettevõttel võrreldes 2014. aasta andemetega võimalus saavutada kokkuhoid ajaliselt üle 2400 tunni ja rahaliselt üle 218000€aastas.

Tänu SMED-i rakendamisele on võimalik ettevõttel masina seisakuid oluliselt vähendada, planeerida päevas rohkem ümberseadistusi, toota samal perioodil rohkem toodangut ja tõsta tänu paindlikkusele kliendi rahulolu. SMED pilootprojekti võib kokkuvõttes lugeda õnnestumiseks. Saavutatud tulemused ületasid püstitatud eesmärgi ning kulud eesmärgi saavutamiseks olid minimaalsed. Läbi edukale SMED-i käivitamisele TIPE-s tagati juhtkonna rahulolu ning toetus edasiste projektidega jätkamiseks.

Käesoleva magistr töö teoreetilistest ja praktilistest rakendusnäidetest on võimalik juhinduda kõigil tootmisettevõtetel, kes seavad endale eesmärgiks vähendada ümberseadistustest tingitud seisakuid ja sellega kaasnevat kulu.

## SUMMARY

The aim of this thesis was to reduce time and cost of changeover on an injection machine by 50% through planning and applying methodical activities. Changeover process is a large cost factor for the company and reduction of machine downtime has been stated as an important objective in company's development plan.

To reach the goal first the opportunities for changeover time reduction through the implementation of SMED method were extensively examined. Then links between changeover and previously introduced lean manufacturing tools were analyzed followed by identification of already implemented changeover improvement actions in the company. Based on the theoretical part of this work, during pilot project changeover of one part was mapped, improvement actions were defined, applied and result analyzed.

In the introduction of this paper a brief review of company's field of activity, machines and technology used for production was given. Meaning of changeover and SMED concept were explained followed by statement of problem actuality for the company.

In the first part of this thesis SMED methodology, its history, benefits to the company, implementation principles and examples of possible solutions were described based on the literature review.

Development of SMED methodology started in the 1950s in Japan and is now implemented in manufacturing companies all over the world. Regardless of the company's field of activity or materials, technologies and equipment used for production, there are several general improvement measures which can be used to simplify changeover and reduce the time required.

Traditionally, the changeover is considered as a difficult process and it is often carried out by only a handful of experienced specialists. Typical approach for minimizing downtime and costs caused by changeover is increasing the production lot size which reduces the frequency of changeovers. Large production batches reduce company's flexibility to customer orders, increase storage costs and lead to a risk of overproduction. Through reduction of the changeover time, company has the option to determine lot sizes according to customer's needs and to save costs on storage and downtime. Implementing SMED will allow standardizing and simplifying of changeovers, so there is no need to apply specially educated specialists any

more. For example they can be involved in machines preventive maintenance, production development and introduction of innovations.

Based on the relevant literature SMED's principles of implementation and examples of solutions were presented in six phases – preparations, mapping, distinction between internal and external activities, elimination of activities, the reorganization and simplification.

During preparation of SMED implementation, it is important to pay attention to machine and product selection for changeover mapping. The goal should be to achieve great success already on the first project. Multifunctional team should be put together for SMED project involving various specialists with good knowledge about machines and changeovers. Team members need to be familiar with SMED's principles before starting the project.

For mapping the current situation changeover should be recorded according to everyday routines. Recorded procedure will be reviewed by the team and divided into specific setup activities together with elapsed times. During mapping process team should pay attention to safety, ergonomics, unnecessary activities and back and forth movements of changeover.

Identified changeover activities are divided in two – internal and external activities. Internal activities can be done only when the machine is stopped, however, external activities during the time when the machine is used in production (running). The distinction between internal and external activities is the first step of SMED that can often reduce machine downtime by 30-50%.

At the same time when dividing changeover procedure in activities, the necessity of each activity and operators work methods compliance with work instructions should be critically analyzed. Activities that are not part of the planned changeover should be immediately eliminated. Improvements should only be applied to need activities of changeover.

The internal operations of changeover do not providing additional value for the company and all possible activities should be restructured so that these can be done before or after downtime of the machine. Materials, production equipment and tools should be delivered near the machine before start of changeover and returned to storage after the machine is running.

After reorganization of possible activities all the elements of changeover need to be simplified as much as possible. Possible improvement actions are, for example, replacing multiple tools

with one, using quick-change fasteners, elimination of adjustments, storage of tools next to machine, special fixture carts aso.

Following the implementation of improvement activities a new standard operation procedure description of changeover needs to be created where is accurately stated what, when and in which order mechanic has to do to gain maximum results. Everyone involved in the changeover need be trained according to new procedure.

In the second part of this thesis relationship between SMED and activities implemented in the company were described which gave an overview of lean manufacturing tools introduced in the company at earlier time, their relationship to SMED and conditions fulfilled by the company for effective implementation of SMED. Furthermore, implemented improvements were presented which are directly linked to the reduction of changeover time.

SMED is not a stand-alone productivity improvement but part of a larger program – lean manufacturing. Individual implementation of SMED methodology is not be enough to improve and sustain efficiency. SMED methodology is linked to a number of lean tools. The goal of company should not be only the introduction of SMED but implementation of all the principles of lean manufacturing in the long term. Based on the principles of lean manufacturing SMED should be part of continuous improvement program.

In recent years, 5S, Hoshin, Poka-Yoke, OEE, KPIs and root cause analysis (Ishikawa and 5 Whys) methods have been implemented in the company and in parallel with the SMED methodology projects are initialed to implement standard operating procedures (SOP), value stream mapping (VSM) and cell production. Although the main goal for SMED methodology is the reduction of the changeover time, it has a great impact on the effective implementation of all the above methods, and vice versa.

A prerequisite for the implementation of SMED are the analytical results of changeover times and the associated costs. Data collection began in 2014 and based on the results problematic machine was determined and changeover activities were recorded prior to SMED.

Before SMED individual tool cart per mechanic, two-level fixture cart, shelf for prepared production tools, shelf for spare fastenings and dedicated machines for every material color were already implemented with the aim of changeover time reduction.

In the third, a main part of this thesis describes the application of gathered theoretical knowledge of SMED methodology in practice through the launch of pilot project in the company – preparations, recording, analysis, determination of improvement activities and assessment of the results achieved.

In purpose of SMED introduction project plan was developed for 2015, covering four main stages from which the first stage involves the examination of the theory of SMED through internal training and next three stages carrying out SMED in three different production groups. Applying SMED in the first of 3 groups has considered as pilot project and results are presented in this paper. The pilot project was held in the spring of 2015, during 15 weeks.

During the preparation phase of SMED pilot project team was conducted, machine and product were chosen for the changeover recording based on last year OEE analysis and necessary tools were obtained for recording and analysis of current state.

With the chosen product for SMED project 9 changeovers were made in 2014. Average changeover time was 4,8 hours and in total it took 43.2 hours per year for changeovers of given part. Chosen product for this project was turbocharger air pipe for trucks which is produced by using rubber material and injection molding technology.

During the recorded changeover old mold was removed, new mold installed and production test run performed until achieving required quality. The whole process was analyzed by the project team and improvement actions were determined by following SMED methodology principles. In total 199 different activities were recorded during SMED and for 145 activities improvement actions were set.

Through the implementation of improvement actions nearly half of changeover activities were eliminated and more than a quarter of the activities rearranged. Highest results were gained by improving workplace lightning for more accurate assessment of product quality, by preheating molds before start of changeover and by designing solution for quick centering of mold on the machine worktable. In addition, significant gain in terms of production time were achieved through routine changes – taking over running machine from operator to mechanic and vice versa.

For testing new procedure which was developed during analysis and implementation of improvement actions of pilot project, new changeover was carried out in the same conditions.



In general the new changeover procedure worked as planned. Mechanic worked according to the standard and there were no remarkable deviations.

The total length of changeover decreased 58% compared to the average of 2014 and compared to the changeover recorded during pilot project, 76% of reduction were achieved. As during the pilot project, a number of activities were rearranged so that they are executed before or after the changeover, then the machine downtime decreased 64% compared to the average of 2014 and 79% compared to the recorded changeover during pilot project.

After the implementation of SMED's improvement activities, the pilot project changeover time was about 1.6 hours, which is 3,2 hours less than average time in 2014. Considering that for that product changeover is carried out 9 times yearly, company will gain, thanks to the implementation of SMED, almost 29 machine hours per year with monetary value around 2600 for company. Total investment cost for improvement activities was about 1300 € Given the results of the pilot project profitability, the investment pay-back period is half a year.

This work focused on the implementation of SMED's on a single product. However, all of these improvement actions applied to one product, can be extended over the entire production, requiring only a few additional investments. By implementation of SMED's over the entire production area, company has the potential to achieve savings of more than 2,400 hours and 218,000 € per year compared with data from year 2014.

Thanks to the implementation of SMED's it is possible for the company to significantly reduce machine downtime, make more changeovers per day, increase production output for the same period, and increase customer satisfaction thanks to the flexibility. In general, SMED pilot project can be considered as a success. Achieved results exceeded the set target and the costs of achieving the goal were minimal. Through the successful launch of SMED's pilot project both satisfaction of management and their support of future projects was guaranteed.

In this master thesis the theoretical and practical examples of the improvement application can be taken as a guide in all manufacturing companies who set the objective to reduce downtime and the associated costs by improving changeover.

## KASUTATUD KIRJANDUS

"Improving Flexibility and Availability." In *Liquid Lean: Developing Lean Culture in the Process Industries*, by Raymond C. Floyd, 81–111. New York: Productivity Press, 2010.

*Gator Grip Universal Socket*. 2. aprill 2015. a. <http://coolpile.com/gear-magazine/gator-grip-universal-socket-etc-200mo> (kasutatud 2. aprill 2015. a.).

Henry, John R. *Achieving Lean Changover: Putting SMED To Work*. Boca Raton: CRC Press, 2013.

„Hoshin Kanri.“ *Lean Production*. 2013. <http://www.leanproduction.com/hoshin-kanri.html> (kasutatud 18. aprill 2015. a.).

Kaganski, S., Paavel, M., Lavin, J. "SELECTING KEY PERFORMANCE INDICATORS WITH SUPPORT OF ENTERPRISE ANALYZE MODEL." *9th International DAAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING*. Tallinn, 2014. 97-101.

„Lean Thinking and Methods: 5S.“ *Lean Manufacturing and Environment*. 2015. <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/fives.htm> (kasutatud 15. aprill 2015. a.).

„Lean Thinking and Methods: Cellular Manufacturing.“ *Lean Manufacturing and Environment*. 2015. <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/cellular.htm> (kasutatud 15. aprill 2015. a.).

„Lean Thinking and Methods: Six Sigma.“ *Lean Manufacturing and Environment*. 2015. <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/sixsigma.htm> (kasutatud 15. aprill 2015. a.).

„Lean Thinking and Methods: TPM.“ *Lean Manufacturing and Environment*. 2015. <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/tpm.htm> (kasutatud 15. aprill 2015. a.).

„Manufacturing Excellence.“ *Trelleborg Intranet*. 2015. <http://collaboration.corp.trelleborg.com/> (kasutatud 5. aprill 2015. a.).

„Metric bolt and cap screw torque values.“ *Southwest Tech*. 2015. [https://www.swtc.edu/ag\\_power/diesel\\_engines/lecture/metric%20torque%20values.pdf](https://www.swtc.edu/ag_power/diesel_engines/lecture/metric%20torque%20values.pdf) (kasutatud 10. Mai 2015. a.).

„OEE.“ *Lean Production*. 2013. <http://www.leanproduction.com/oe.html> (kasutatud 18. aprill 2015. a.).

Shingo, Shigeo. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press, 1985.

Soni, A., Nicholas J. "Quick Changeover." In *The Portal to Lean Production: Principles and Practices for Doing More with Less*, 141–160. New York: Auerbach Publications, 2005.

*Toggle lever clamps*. 10. detsember 2012. a. [http://commons.wikimedia.org/wiki/Toogle\\_lever\\_clamps?uselang=et](http://commons.wikimedia.org/wiki/Toogle_lever_clamps?uselang=et) (kasutatud 3. aprill 2015. a.).

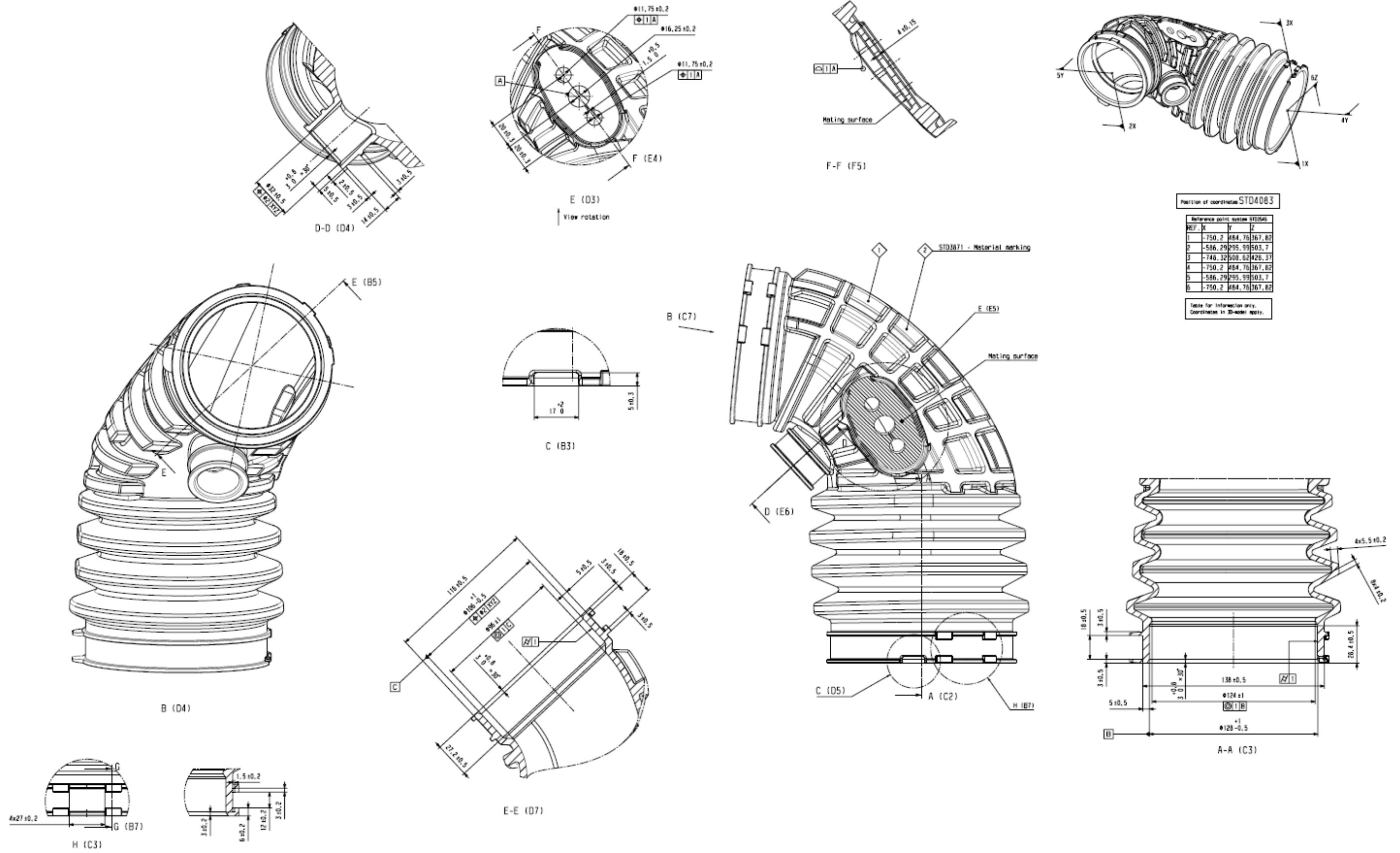
Trelleborg. *Value Stream Mapping*. Kuressaare: Trelleborg, 2014.

## LISAD

Lisa 1. SMED projektiplaan 2015 .....	85
Lisa 2. Ümberseadistatava toote joonis.....	86
Lisa 3. SMED analüüsi tabel.....	87
Lisa 4. Desma 250T joonised.....	88
Lisa 5. Poltide kinnitusemomentide võrdlustabel.....	89
Lisa 6. Tsentreerimisplaat vormile.....	90
Lisa 7. Standardoperatsioonide kirjeldus .....	91



Lisa 2. Ümberseadistatava toote joonis



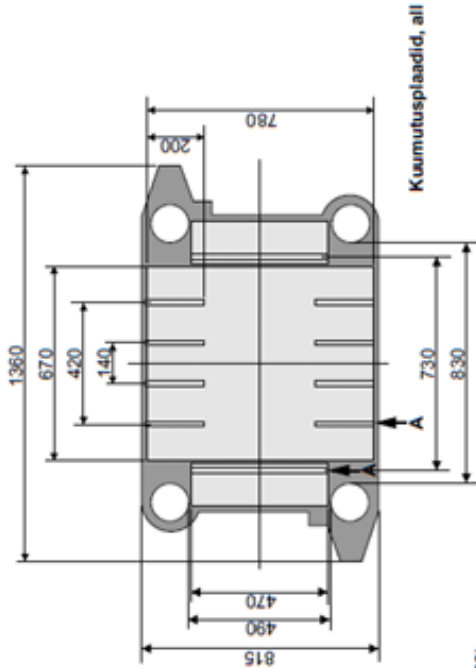
## Lisa 3. SMED analüüsi tabel

<b>TOOLING CHANGEOVER TIMES</b>											
Workshop / Ligne :	Name of the changeover equipment :										
Machine :	Old reference of product and N° operation steps :										
Number of machine :	New reference of product and N° operation steps :										
											
<b>PHASE 1</b> Current elementary operations											
Duration / Time ( Start time / End time )											
Accumulated Time											
Facts noted											
<b>PHASE 2</b> Duration of internal operations											
Duration of external operations											
Analysis of operations											
<b>PHASE 3</b> Ideas for converting internal operations into external operations											
<b>PHASE 4</b> Ideas for streamlining internal operations											
<b>PHASE 5</b> Ideas for streamlining external operations											
<b>NEW PROCEDURE</b> basic operations											
Duration of external operations											
Duration of internal operations											

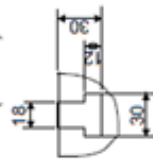
**DESMA**

Kuumutusplaatid  
Heating platen

968.400 ZO C  
805670  
03.11.2010  
WK



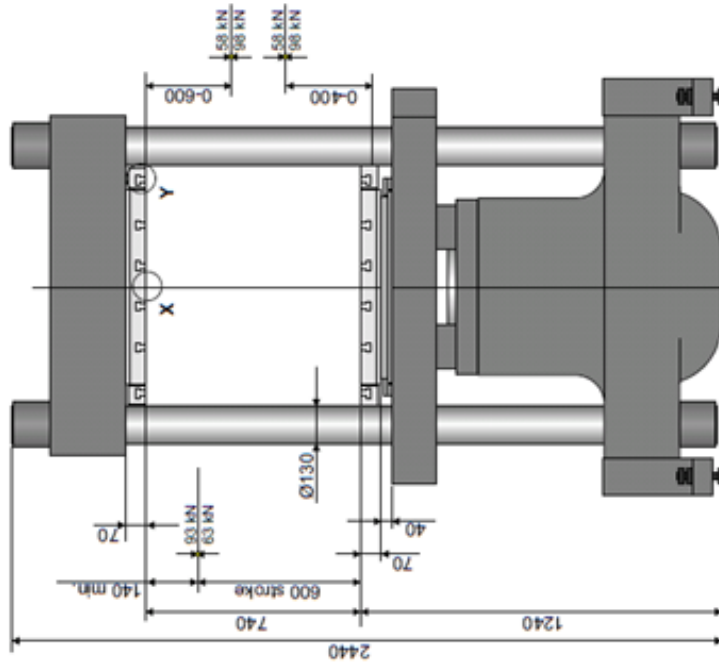
Detail A  
DIN650(ISO299)



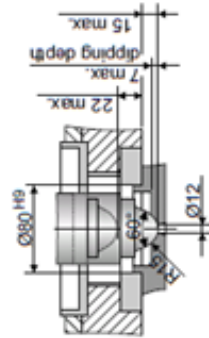
**DESMA**

Sulgemisüksus  
Clamping unit

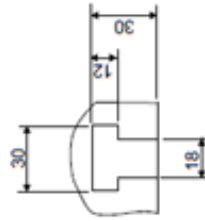
968.400 ZO C  
805670  
03.11.2010  
WK



Detail X



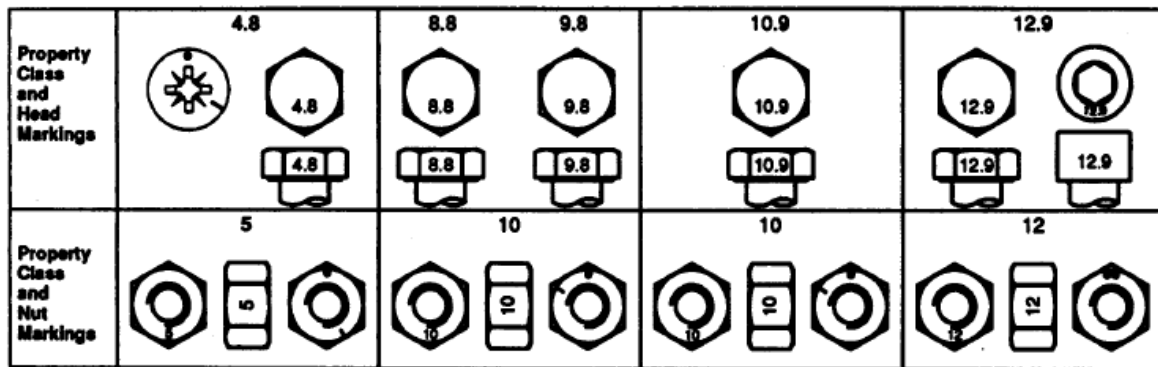
Detail Y  
DIN650(ISO299)



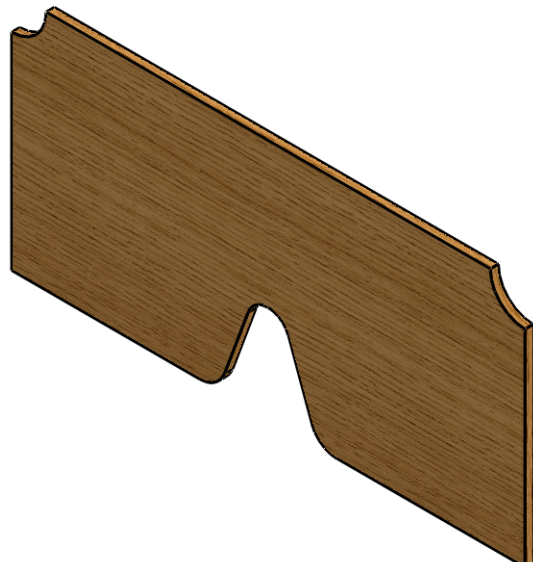
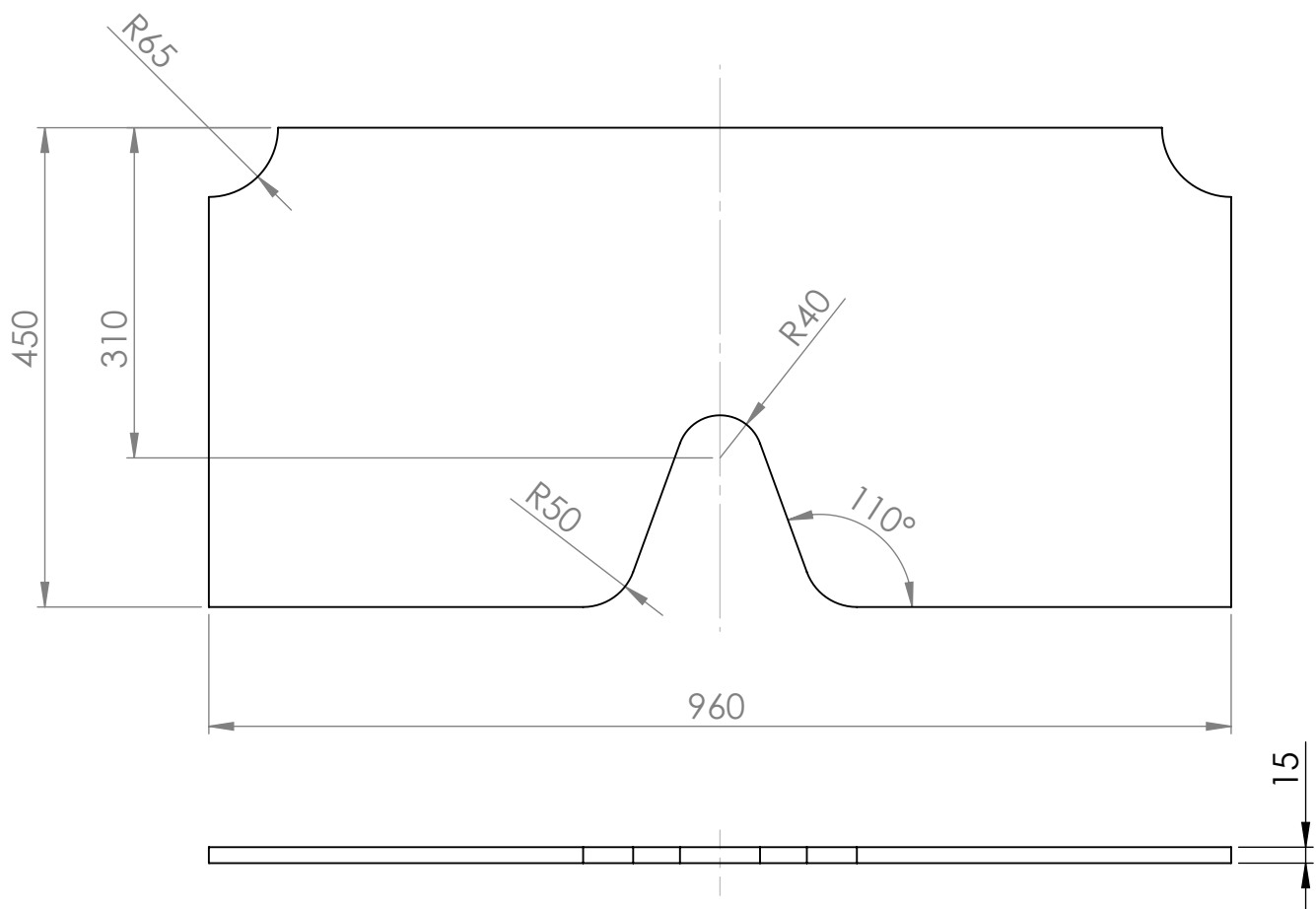


## Lisa 5. Poltide kinnitumomentide võrdlustabel

### METRIC BOLT AND CAP SCREW TORQUE VALUES



Size	Class 4.8				Class 8.8 or 9.8				Class 10.9				Class 12.9			
	Lubricated*		Dry*		Lubricated*		Dry*		Lubricated*		Dry*		Lubricated*		Dry*	
	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft	N-m	lb-ft
M6	4.8	3.5	6	4.5	9	6.5	11	8.5	13	9.5	17	12	15	11.5	19	14.5
M8	12	8.5	15	11	22	16	28	20	32	24	40	30	37	28	47	35
M10	23	17	29	21	43	32	55	40	63	47	80	60	75	55	95	70
M12	40	29	50	37	75	55	95	70	110	80	140	105	130	95	165	120
M14	63	47	80	60	120	88	150	110	175	130	225	165	205	150	260	190
M16	100	73	125	92	190	140	240	175	275	200	350	225	320	240	400	300
M18	135	100	175	125	260	195	330	250	375	275	475	350	440	325	560	410
M20	190	140	240	180	375	275	475	350	530	400	675	500	625	460	800	580
M22	260	190	330	250	510	375	650	475	725	540	925	675	850	625	1075	800
M24	330	250	425	310	650	475	825	600	925	675	1150	850	1075	800	1350	1000
M27	490	360	625	450	950	700	1200	875	1350	1000	1700	1250	1600	1150	2000	1500
M30	675	490	850	625	1300	950	1650	1200	1850	1350	2300	1700	2150	1600	2700	2000
M33	900	675	1150	850	1750	1300	220	1650	2500	1850	3150	2350	2900	2150	3700	2750
M36	1150	850	1450	1075	2250	1650	2850	2100	3200	2350	4050	3000	3750	2750	4750	3500



TTÜ MEHAANIKATEADUSKOND

Magistritöö

Leht / Lehti:  
**1/1**

Koostaja: Ott Levisto

Vormi tsentreerimisplaat

Juhendaja: **SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

Mehhanotehnika eriala

SMED Pilooprojekt

## Lisa 7. Standardoperatsioonide kirjeldus

Nr	Tegevus	Vajalikud töövahendid	Tegevuse kirjeldus, olulised märkused
1	Vahetusevanema teavitamine	Telefon	<u>Operaator</u> teavitab vahetusevanemat <b>pool tundi enne tootmise lõpetamist</b>
2	Seadistaja teavitamine	Telefon	<u>Vahetusevanem</u> edastab info seadistajale <b>pool tundi enne tootmise lõpetamist</b>
3	Järgmise tootmispartii ettevalmistuse kontroll	Visuaalne kontroll	Seadistaja kontrollib, et järgmise tootmispartii vorm oleks ette kuumutatud ning kõik vajalikud kinnitusvahendid ning toote eemaldamise abivahendid vormiga kaasas <b>enne tootmise lõpetamist</b>
4	Tõstuki toomine	Tõstuk	Seadistaja toob tõstuki masina juurde <b>enne tootmise lõpetamist</b>
5	Tööriistade ettevalmistus	Momentvõti, düüsvõti	Seadistaja kontrollib üle, et kõik vajalikud tööriistad oleksid olemas <b>enne tootmise lõpetamist</b>
6	<b>Masina peatamine</b>	-	Operaator lõpetab tootmise ja seiskab masina <b>seadistaja signaali peale!</b>
7	Poltide eemaldamine	M16 padruniga mutrivõti	Seadistaja avab turvavärava, keerab lahti kõik poldid ja asetab need masina töölauale.
8	Vaakumi eemaldamine	Kiirliitmik	Seadistaja eemaldab vaakumi vormi küljest tõmmates vooliku kinnitust vormi kinnitusest välja poole.
9	Vormi avamine	Juhtpaneel	Seadistaja sulgeb turvavärava, käivitab pumba ning liigutab masina lukustusüksuse avatud olekusse
10	Düüsi eemaldamine	Düüsvõti	Seadistaja kasutab düüsi eemaldamiseks ette nähtud võtit ning eemaldab düüsi sissepritseüksusest
11	Poltide komplekteerimine	Poldikarp	Seadistaja asetab poldid pikkuse järgi poldikarbi erinevatesse lahtritesse ning asetab karbi vormi peale
12	Vormi tõstukile laadimine	Tõstuk, köis	Seadistaja ava turvavärava, asetab köie ümber vormi ning tõmbab vorm tõstuki töölauale
13	Vormi viimine / operaator lõpetab tellimust	Tõstuk, koristusvahendid,	<b>Seadistaja</b> teiseks vormi hooldusosakonda tootmisest tulevate vormide riulisse. <b>Operaator</b> raporteerib eelmise tootmispartii, täidab paberid, koristab pressi ümbruse, masina töölauda ja sissepritseüksuse kummijäätmet
14	Uue vormi toomine	Tõstuk, köis	Seadistaja laeb ettekuumutusest köie abil uue vormi tõstukile ning teiseks vormi vormitarvikutega pressi juurde

15	Vormi tõstuki pealt masina töölauale	Tõstuk	Seadistaja eemaldab kõie vormi ümbert ning lükkab vormi otsapidi tõstukilt masina töölauale. <b>NB! Ära lükka vormi masina töölaua keskele!</b>
16	Vormi tsentreerimine	Tsentreerimisplaat, tõstuk	Seadistaja asetab tsentreerimisplaadi vormile nii, et see on kahest nurgast fikseeritud masina sammaste suhtes ning V-kujuline sisselõige asub vormi keskosa suunas ning suunab vormi tsentreerimisrõnga abil masina töölaua keskele.
17	Uue düüsi paigaldamine	Düüsvõti	Seadistaja eemaldab tsentreerimisplaadi vormilt, sulgeb turvavärava ning paigaldab uue düüsi sissepritseüksusesse
18	Vormi sulgemine ja nullimine	Juhtpaneel	Seadistaja <b>sisestab toote programmi</b> , käivitab pumba, sulgeb masina lukustusüksuse ning nullib vormi positsiooni.
19	Poltide kinnitamine	Momentvõti, M16 padrun	Seadistaja asetab poldid vormi ja töölaua soontesse ning fikseerib seejärel kõik poldid <b>320Nm</b> suuruse jõuga, kasutades selleks momentvõtit.
20	Vaakumi kinnitamine	Kiirliitmik	Seadistaja kinnitab vaakumvooliku vormi külge lükates vooliku kiirkinnitust vormi suunas kuni selle lukustumiseni
21	Vormi soojenemine	-	Seadistaja sulgeb turvaväravad ja jätab vormi kinnises asendis umbes <b>20 minutiks</b> soojenema
22	Temperatuuride kontroll	Termomeeter, juhtpaneel	Seadistaja käivitab pumba, avab vormi ning kontrollib vormi temperatuuride vastavust ettenähtud parameetritele. <b>Kui temperatuur on madal, siis sulge press 10-15 minutiks ning korda tegevust.</b>
23	Uue materjali sisestamine	Juhtpaneel	Seadistaja käivitab sissepritseüksuse, sisestab kummilindi kruviavasse ning laseb paar kambritäit kummi läbi üksuse kuni eelmise tootmispartii materjalitükke enam esine.
24	Lahutusvedelikuga katmine	Lahutusvedeliku püstol, juhtpaneel	Seadistaja puhastab vormi välja lastud kummi sodist, katab mõlemad vormi- ja vaheraamipooled lahutusvedelikuga ning sulgeb <b>5 minutiks</b> vormi.
25	Masina käivitamine testtsükliks	Juhtpaneel	Seadistaja käivitab pumba, avab vormi, laseb vormi soojenemise ajal kambris vulkaniseerunud kummi välja, puhastab vormi kummisodist, lülitab masina automaatrežiimi ning käivitab esimese testtsükli.

26	Masina seadistamine	Juhtpaneel, kohtvalgusega töölaud	Seadistaja teostab järjestikused testtsüklid, <b>kontrollib</b> peale igat tsükli toote kvaliteeti ning muudab vajadusel seadistusparameetreid tulemuse parandamiseks.
27	<b>Seadistuse heakskiitmine</b>	Visuaalne kontroll, kõvaduse mõõtja	Seadistaja peab tagama <b>5 järjestikuse tsükli jooksul ilma defektideta toodangu</b> , teostades selleks 100% kontrolli ning materjali kõvaduse mõõtmist.
28	Vahetusevanema teavitamine	Telefon	<u>Seadistaja</u> teavitab vahetusevanemat seadistamise lõpetamisest ja <b>hoiab masinat kuni operaatori valmisolekuni töös</b>
29	Operaatori töö alustamine	Detailide eemaldamise ja puhastamise abivahendid	<u>Vahetusevanem</u> organiseerib pressi juurde operaatori, kes valmistab ette toodangukastid, tutvub toote valmistamise instruksioonidega ning saab vajadusel seadistajalt koolituse <b>enne masina ülevõtmist</b>
30	Tõstuki ja vana düüsi viimine	Tõstuk	Seadistaja viib tõstuki ja vana düüsi ettenähtud kohale <b>pärast masina üleandmist operaatorile</b>
31	Ümberseadistuse tahvli uuendamine	Marker	Seadistaja kirjutab ümberseadistuse tahvlile alustatud tootmispartii numברי ja planeeritud kestvuse tundides <b>pärast tõstuki viimist</b>
32	Töö lõpetamine	Koristusvahendid, kaal	Seadistaja koristab töökoha, raporteerib toodangu ja materjalikulu ning täidab vajalikud paberid <b>pärast masina üleandmist operaatorile</b>