



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

ASETUSAIKOJEN HALLINTA SMED- MENETELMÄLLÄ

Mika Hanhimäki

TUOTANTOTALOUS

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2020



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

ASETUSAIKOJEN HALLINTA SMED- MENETELMÄLLÄ

Mika Hanhimäki

Ohjaaja: Jaakko Kujala

TUOTANTOTALOUS

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2020

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Hanhimäki, Mika		Työn ohjaaja yliopistolla Kujala J, professori	
Työn nimi Asetusaikojen hallinta SMED-menetelmällä			
Opintosuunta	Työn laji Kandidaatintutkielma	Aika Huhtikuu 2020	Sivumäärä 38 s.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä tutkitaan asetusaikojen vaikutusta yrityksen toimintaan ja esitellään asetusaikojen lyhentämiseksi kehitetyn SMED-menetelmän mukainen kehitystyön eteneminen. Tutkimus tehdään kirjallisuuskatsauksena. Työssä käy ilmi, mitä etuja lyhyet asetusajat tuovat yrityksen toimintaan ja miten SMED-menetelmää on kirjallisuudessa täydennetty vastaamaan paremmin sen tavoitteita.</p> <p>Työ antaa selkeän kuvan, miksi asetusaikojen lyhentäminen on tärkeää ja mitä kilpailullisia etuja lyhyet asetusajat yritykselle tarjoavat. Lyhyet asetusajat ovat yksi Just-In-Time -toiminnan perusedellytyksistä ja mahdollistavat yrityksen siirtymisen lean-tuotantoon. Työssä käydään SMED-menetelmän implementointi tarkasti läpi ja esitetään keinoja, miten menetelmää on kirjallisuudessa täydennetty ja parannettu. Tutkimus osoitti, että SMED-menetelmä kuin se on alun perin esitetty, ei sellaisenaan sovellu jokaiseen kehitystilanteeseen.</p> <p>SMED-menetelmä soveltuu hyvin olemassa olevien asetusoperaatioiden kehittämiseen, mutta menetelmää tulee kuitenkin täydentää eri kehitystilanteisiin sopivaksi tapauskohtaisesti. Täydennyskeinoja voivat olla esimerkiksi erilaiset lean-työkalut menetelmän eri vaiheissa. Lyhyiden asetusaikojen säilyttäminen vaatii aina standardoidut ohjeet asetusoperaatioiden suorittamiseksi.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Industrial Engineering and Management		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Hanhimäki, Mika		Thesis Supervisor Kujala J, professor	
Title of Thesis Controlling setup times with SMED methodology			
Major Subject	Type of Thesis Bachelor's Thesis	Submission Date April 2020	Number of Pages 38 p.
<p>Abstract</p> <p>This thesis studies the impact of setup time in company's performance. The main focus is to introduce SMED methodology and how SMED methodology should be implemented. The SMED methodology is planned for efficient setup time reduction. The study is carried out as a literature review. The thesis shows how short setup times affects to the company's performance and how SMED methodology is supplemented in the literature.</p> <p>The thesis shows why setup time reduction is important for the company and what competitive advantages short setup times offers for the company. Short setup times are one of the cornerstones of Just-In-Time production. Short setup times also make lean manufacturing possible for the company. The main focus of this study is to explain how setup time reduction project should be implemented with SMED and how the methodology should be supplemented. This study claims that SMED methodology does not fit in every reduction project how it was originally presented.</p> <p>SMED methodology is an efficient way to improve existing setup operations, but the methodology should be adapted to different situations case by case. Recommended ways to supplement SMED methodology is to use different lean tools in different stages of SMED. Preserving short setup times needs always standardized instructions to perform setup operations.</p>			
Additional Information			

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	6
2 Asetusoperaatiot ilmiönä.....	7
2.1 Asetusoperaatio, -aika ja -kustannus.....	7
2.2 Asetusaikojen vaikutus yrityksen toimintaan.....	10
2.3 Asetusaikojen vaikutus eräkokoihin ja läpimenoaikaan	12
2.4 Asetusaikojen lyhentäminen	13
2.5 Lyhyiden asetusaikojen edut.....	16
3 SMED-menetelmä.....	18
3.1 SMED-menetelmän tausta	18
3.2 SMED-menetelmän toteutus	19
3.2.1 Alustava vaihe	19
3.2.2 Ensimmäinen vaihe.....	20
3.2.3 Toinen vaihe	21
3.2.4 Kolmas vaihe	22
3.3 SMED-menetelmän tulokset.....	23
3.4 SMED-menetelmän puutteet.....	24
3.5 SMED-menetelmää täydentävät työkalut	26
4 Pohdinta	28
4.1 SMED-menetelmän strateginen vaihe.....	28
4.2 SMED-menetelmän rakenne	29
4.3 Huomioita asetusaikojen lyhentämisestä	31
5 Yhteenveto	34
Lähteet.....	36

1 JOHDANTO

Nykyaikaiset globaalit markkinat ajavat yrityksiä koko ajan kilpailukykyisempään toimintaan. Usein yrityksissä tämä tarkoittaa siirtymistä high-mix low-volume -tuotantoon, jolla pyritään vastaamaan mahdollisimman hyvin muuttuviin asiakatarpeisiin ja lisäämään yrityksen joustavuutta. High-mix low-volume -tuotanto tarkoittaa tuotantoa, jossa yritys tuottaa laajan valikoiman tuotteita, mutta valmistaa niitä pienissä erissä. Tällainen tuotanto kuitenkin lisää tuotantokoneisiin tehtävien arvoa-tuottamattomien asetusten määrää, jotka heikentävät yrityksen suorituskykyä esimerkiksi pienentämällä yrityksen tuotantolaitteiden käyttöasteita. Pitkät asetusajat voivat pahimmillaan viedä yli viidesosan yrityksen mahdollisesta kapasiteetista. Lyhyet asetusajat ovat yksi Just-In-Time -toiminnan perusedellytyksistä ja avaimista kilpailukykyisempään yritystoimintaan.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on vastata tutkimuskysymyksiin, mitä ovat asetusoperaatiot, miten asetusajat vaikuttavat yrityksen toimintaan ja miksi niiden minimointi on tärkeää. Asetusaikojen lyhentämiseen on esitetty useita eri tapoja, ja tässä työssä keskitytään tutkimaan lähemmin vuonna 1969 japanilaisen Shigeo Shingon julkaisemaa SMED-menetelmää (Mileham ym. 1999; Shingo 1985, xxii) SMED-menetelmän avulla on saatu asetusajat lyhenemään jopa neljästä tunnista kolmeen minuuttiin (Shingo 1985, xxii). SMED-menetelmän mahdollistama suuri kehittämispotentiaali tekee menetelmästä mielenkiintoisen tutkimusaiheen. Näin ollen kandidaatintyö pyrkii perehtymään kysymyksiin, mikä on SMED-menetelmä, miten SMED-menetelmän mukainen kehitystyö tulisi yrityksessä suorittaa, mitä tuloksia menetelmällä voidaan saavuttaa, miten SMED-menetelmään on otettu kirjallisuudessa kantaa ja onko SMED-menetelmä niin tehokas tapa asetusaikojen kehittämiseen, kuin on esitetty. Kandidaatintyön tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuuskatsausta asetusoperaatioihin, asetusaikoihin ja SMED-menetelmään.

2 ASETUSOPERAATIOT ILMIÖNÄ

Tässä luvussa vastataan kysymyksiin mitä ovat asetusajat, mikä merkitys niillä on yrityksen toimintaan ja miksi niitä kuuluisi lyhentää. Luvun tarkoituksena on esitellä asetusten merkitys yrityksen toiminnassa.

2.1 Asetusoperaatio, -aika ja -kustannus

Nykyaikainen globaali talous pakottaa yrityksiä olemaan kilpailukykyisempiä kuin ennen, jotta ne pysyvät toiminnassa (Allahverdi 2015). Asiakkaiden tarve useammille tuotevaihtoehdoille on johtanut tilanteeseen, jossa yritys valmistaa useita eri tuotteita tai palveluita samoilla resursseilla. (Palanisamy & Siddiqui 2013; Allahverdi & Soroush 2008). Tarve samoille resursseille johtaa siihen, että tuotantoprosesseihin joudutaan tekemään useita muutoksia ja asetuksia. Nämä asetukset johtavat kalliisiin häiriöihin tuotannossa. (Allahverdi & Soroush 2008) Asetusoperaatiot eivät ole arvoa-tuottavia toimenpiteitä, joten näistä tulisi päästä eroon. Hukan poistamisesta tulee erittäin tärkeää, kun yritys pyrkii parantamaan tuottavuuttaan, eliminoimaan hukkia toiminnastaan, parantamaan resurssien käyttöä ja parantamaan toimitusvarmuuttaan. (Allahverdi 2015) Sekine & Arai (1992) jakavat asetusoperaatioiden synnyttämät hukat kolmeen luokkaan: asetushukkaan, vaihtohukkaan ja säätöhukkaan. Asetushukka koostuu resurssien, kuten työkalujen ja materiaalien etsimisestä, valitsemisesta ja kuljettamisesta. Vaihtohukka koostuu puolestaan osien irrottamisesta ja kiinnittämisestä. Säätöhukkaa on esimerkiksi asetusoperaatiossa muuttuneiden parametrien säätäminen standardeja vastaaviksi. (Van Goubergen & Van Landeghem 2002)

Jotta ymmärretään, missä tilanteissa asetuksia esiintyy, on ensin ymmärrettävä mistä tuotanto muodostuu. Tuotanto on prosessien ja operaatioiden välinen verkosto, jossa prosessilla tarkoitetaan tuotannon virtaa, joka muuttaa raaka-aineet valmiiksi tuotteiksi. Tuotantoprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen, joita ovat valmistusprosessi, tarkastusprosessi, kuljetusprosessi ja varastointiprosessi. Näiden tuotannon eri prosessien suorittamiseksi tarvitaan operaatioita, jotka suorittaa yleensä ihminen tai kone. Jokaisella tuotantoprosessin vaiheella on sitä vastaava operaationsa. Operaatiot voidaan jakaa neljään eri alaoperaatioon, jotka ovat asetusoperaatio, pääoperaatio, apuoperaatio ja

hygieniaoperaatio. Tästä voidaan johtaa se, että jokaisella tuotantoprosessin vaiheella on oma asetusoperaationsa. (Shingo 1985, s. 5-7) Tuotantoprosessissa suurin ajanhukka muodostuu asetusoperaatioista (Stadnicka 2015). Asetusoperaatio muodostuu toimenpiteistä, jotka tehdään asetusaikana. Tällaisia toimenpiteitä ovat muotin- tai työkalujenvaihdot, tuotannon alasajo, työpisteen siivous, tarkastukset, koeajot, materiaalin käsittely, asetusoperaatioon liittyvä hallinnollinen työ ja odottaminen. (Trevino ym. 1993) Koeajoihin kuluva aika saattaa olla huomattavasti suurempi kuin varsinaiseen asetukseen kuluva aika. Koeajoihin kuluva aika kestää niin kauan, kunnes tuotannossa saavutetaan tuotteiden edellyttämä laatu ja tuotantonopeus asetuksen jälkeen. (McIntosh ym. 2007)

Van Goubergen & Van Landeghem (2002) määrittävät asetusoperaation laadulle avaintekijät. Asetusoperaatio koostuu teknisestä puolesta, työn organisoinnista ja työtavoista. Teknisellä puolella tarkoitetaan asetusoperaatioon tarvittavia työkaluja, sekä itse konetta, jolle asetusoperaatio suoritetaan. Työn organisoinnilla tarkoitetaan sitä, että määritetään, kuka tekee mitäkin ja koska asetusoperaation aikana. Kolmas avaintekijä on puolestaan työtavat eli miten asetusoperaatio suoritetaan. Näistä kolmesta tekijästä koostuu asetusoperaation laatu, mutta laadun kivijalkana on asetusoperaation suorittavien työntekijöiden motivaatio. (Van Goubergen & Van Landeghem 2002)

Asetusoperaatiot voidaan jakaa suuriin ja pieniin asetuksiin niiden työmäärän perusteella. Suuri asetusoperaatio on kyseessä silloin, kun asetus tehdään tuoteperheestä toiseen. Pienestä asetuksesta puolestaan puhutaan silloin, kun tuotanto vaihdetaan tuoteperheen tuotteesta toiseen tuoteperheen sisällä. (Allahverdi ym. 1999) Jos asetusaikaa käsitellään erillisenä käsitteenä irrallaan valmistusajasta, asetukset voidaan jakaa myös toisella tavalla. Tällöin asetus voidaan jakaa sen perusteella, miten ne riippuvat aiemmasta työstä. Asetukset voidaan jakaa jaksosta-riippuvaiseen tai jaksosta-riippumattomaan asetukseen. Jaksosta-riippumattoman asetuksen kesto riippuu vain kyseiseen asetusoperaatioon kuluva ajasta, kun taas jaksosta-riippuvaisen asetuksen kesto vaikuttaa myös se, mitä tuotetta koneelle on asetusoperaatiota ennen valmistettu. (Allahverdi ym. 1999) Esimerkkejä jaksosta-riippuvaisista asetuksista löytyy monilta teollisuuden aloilta kuten esimerkiksi paperi-, muovi-, lasi- ja kemianteollisuudesta. Kemianteollisuudessa esimerkiksi reagointiastian puhdistusaika riippuu siitä, mitä ainetta astiassa on aiemmin

valmistettu. Muoviteollisuudessa puolestaan jaksosta-riippuvainen asetus esiintyy tilanteessa, jossa materiaalin väriä vaihdetaan. Ensimmäinen hyväksyttävä tuote saadaan silloin, kun tuotteen väri vastaa standardia. Aika, joka kuluu standardivärin saavuttamiseen, riippuu vahvasti siitä, mitä väriä on käytetty ennen värin vaihtoa. (Franca ym. 1996)

Asetusoperaatiot eroavat monin tavoin sarjatuotannosta. Suurin ero on, että asetusoperaatioita tehdään huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi kokoonpanotyötä. Tämä johtaa siihen, että työntekijöiden taidot eivät harjaannu suorittamaan asetusoperaatioita samalla tahdilla kuin linjatyötä. (Cakmakci & Karasu 2007) Toinen asetusoperaatioiden erityispiirre on se, että koneiden valmistajat harvoin antavat koneen mukana ohjeistuksia asetusoperaatioiden tekemiseen. Valmistaja yleensä antaa asiakasyritykselle koneen käyttö- ja huolto-ohjeet, mutta ei asetusohjeita. Tämä johtaa siihen, että asetusoperaatioiden ohjeistukset ja työtavat ovat koneen ostaneen yrityksen itsensä luomia. Asetusoperaatioiden ohjeet syntyvät usein esimerkiksi koneen operaattorin tekemien yritysten ja erehdysten kautta, jolloin ne harvoin ovat parhaita mahdollisia menetelmiä suorittaa asetus. (Van Goubergen & Van Landeghem 2002)

Asetusaika on määritelty ajaksi, joka tarvitaan valmistelemaan tarvittavat resurssit, kuten koneet ja ihmiset suorittamaan tietty työtehtävä. Asetusaika sisältää työkalujen hakemisen työpisteelle, työstettävän materiaalin sijoittamisen, työkalujen palauttamisen varastoon, työpisteen siivouksen, tarvittavien jigien asentamisen, työkalujen säätämisen sekä materiaalin tarkastamisen. (Allahverdi & Soroush 2008) Asetusaika voidaan myös määrittää ajaksi, jonka kesto on ”viimeisestä hyvästä tuotteesta ensimmäiseen hyvään tuotteeseen” (Trevino ym. 1993).

Richard J. Tersine (1984, s. 16) määrittelee asetuskustannuksen kustannukseksi, joka syntyy, kun tuotantoprosessi muutetaan sellaiseksi, että tuotanto voi suorittaa asiakkaan tilauksen. Tersinen mukaan asetuskustannukseen sisältyvät esimerkiksi kustannukset, jotka syntyvät, kun työtilaus valmistellaan, työ aikataulutetaan ja suoritetaan asetusoperaatio. Trevinon ym. (1993) mukaan asetuskustannukseen vaikuttavat kysyntä, eräkkö, asetusoperaattoreiden kuormitus, asetusoperaattoreiden määrä ja asetusaika. Pargar (2017, s. 12) määrittelee asetuskustannukseksi sen kustannuksen, joka syntyy, kun

resurssit valmistellaan siten, että niillä pystyy suoriutumaan tietyistä työtehtävistä. Brack (2018) nostaa esille, että suurin osa asetuskustannuksesta muodostuu menetetyistä ajasta, kun kone ei ole päällä. Mikäli tilauksia on jonossa, menetetty aika vastaa menetettyä myyntiä. Brackin mukaan asetuskustannukseen kuuluu itse asetustyö ja koneen testiajossa syntyvien virheellisten tuotteiden laatukustannukset. Asetuskustannukset ovat kiinteitä kustannuksia, jotka jaetaan yksittäisille tuotteille valmistettavan eräkoon mukaan. (Brack 2018)

Asetuskustannus voi olla joskus suoraan verrannollinen asetusaikaan. Suoraan verrannollisuus on yleistä tilanteissa, joissa asetus koostuu pelkästään koneen seisonta-ajasta. (Allahverdi ym. 1999) Tällaisessa tilanteessa on tehokasta keskittyä tutkimaan joko asetusaikaa tai -kustannusta, kun näihin pyritään organisaatiossa puuttamaan. Yleensä tutkimuksissa puututaan asetusajan suuruuteen, mutta asetuskustannuksen ollessa suhteessa suurempi kuin asetusaika, tulee kustannuksesta merkitykseltään tärkeämpi. (Allahverdi & Soroush 2008)

2.2 Asetusaikojen vaikutus yrityksen toimintaan

Stadnickan (2015) mukaan monissa yrityksissä asetusaikoihin liittyvää ongelmaa ei ole huomioitu ollenkaan ja yritysten johto ei näe, että asetusajat olisivat liiketoiminnan kannalta ongelmallisia. Lisäksi monien yritysten mielestä on ajanhukkaa tutkia asetusaikoja, sillä ne ovat yleensä koneen operaattorin hallinnoimia, joka pyrkii suoriutumaan asetusoperaatiosta mahdollisimman hyvin. Kirjoittajan tekemän tutkimuksen mukaan esimerkiksi yli puolet puolalaisista pienistä ja keskisuurista yrityksistä eivät tehneet mitään toimenpiteitä asetusaikojen lyhentämisen eteen. Mukana tutkimuksessa oli myös yrityksiä, joiden toiminnassa esiintyi suuri määrä pitkiä asetuksia. Suuri asetusmäärä ja menetetty kapasiteetti eivät siis motivoineet yrityksiä tekemään parannuksia asetusaikoihin. Yrityksissä ei ole myöskään nähty, että asetusoperaatioiden onnistuneella suorittamisella olisi minkäänlaista vaikutusta tuotteiden tai tuotantoprosessien laatuun. Nämä asiat voivat selittyä sillä, että yritysten johto ei ole vakuuttunut hyödyistä, mitä asetusajan lyhentäminen voisi tuoda tai yritykset eivät tiedä, miten asetusaikoihin voisi puuttua. (Stadnicka 2015)

Nykypäivänä yritykset pyrkivät saavuttamaan itselleen kilpailullisen edun, mikä johtaa siihen, että yritykset ovat jatkuvan paineen alla parantaakseen suoritustaan. Yritysten täytyy tällöin toimittaa tuotteita alemmalla hinnalla, paremmalla asiakaspalvelulla sekä oikea-aikaisilla toimituksilla ja lyhyillä läpimenoajoilla. (Kumar & Aouam 2018) Käytännössä kilpailullisen edun saavuttaminen yrityksissä johtaa siihen, että yritysten täytyy parantaa tuottavuuttaan, eliminoida hukat ja arvoa-lisäämättömät tekijät toiminnastaan sekä tehostaa resurssien käyttöä. (Allahverdi 2015) Markkinoiden globalisaatio, tuotteiden suuri vaihtelevuus ja jatkuva tuotannon tehostaminen aiheuttavat yrityksille suuren tarpeen lyhentää asetusaikojaan (Van Goubergen & Van Landeghem 2002).

Koska asetukset aiheuttavat kalliita häiriöitä tuotantoon, on asetusten pienentäminen tämän vuoksi tärkeä osa jatkuvaa toiminnan kehittämistä tuotanto- tai palvelutoiminnassa (Allahverdi & Soroush 2008). Koneiden asetusajat voivat viedä jopa yli 20 prosenttia yrityksen tuotannon kapasiteetista (Liu & Chang 2000). Tämän lisäksi suuret vaihtelut asetusaikojen pituuksissa heikentävät yritysten kykyä suoriutua tehtävistään. Asetusaikojen vaihteluun vaikuttavat merkittävästi asetusoperaation suorittavan operaattorin taidot, työkalujen, työntekijöiden tai muiden asetusoperaatioon tarvittavien resurssien odottaminen tai työkalujen odottamattomat hajoamiset. (Kim & Bobrowski 1997) Asetusten pienentämisestä tulee erittäin kriittistä, kun organisaatio pyrkii toiminnassaan lyhyempiin toimitusaikoihin, pienempiin eräkokoihin ja parempaan laatuun. (Allahverdi & Soroush 2008)

Asetusaikojen tarkka huomioiminen tuotannosuunnittelussa helpottaa yritystä parantamaan tuottavuuttaan, eliminoimaan hukkia ja tehostamaan resurssien käyttöä. Myös tilausten oikea-aikainen toimittaminen on helpompaa, kun asetusajat otetaan yksityiskohtaiseen tarkkailuun. (Allahverdi 2015) Jokaisella asiakkaan tilauksella on päivämäärä, johon mennessä se tulee olla tehtynä. Toimitusten myöhästyminen johtaa merkittäviin taloudellisiin menetyksiin. (Pargar 2017, s. 17) Kuitenkin pitkän aikaa asetusoperaatiot ja -kustannukset on jätetty huomioimatta monissa yrityksissä ja esimerkiksi asetusajaksi on sisällytetty tuotteiden valmistusaikaan (Allahverdi ym. 1999).

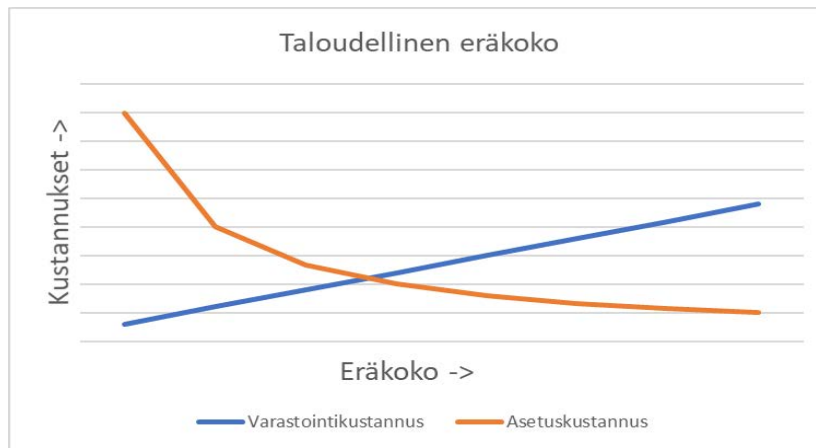
Asetusajoista riippuvat ongelmat voidaan jakaa kahteen eri tasoon, alempaan ja ylempään tasoon. Alemman tason ongelmassa keskitytään lattiatason töiden ohjaukseen ja aikataulutukseen, kun valmistettava eräkokko on tiedossa. Alemmalla tasolla pyritään näin ollen optimoimaan yhden tai useamman koneen tuotanto. Ylemmän tason ongelman muodostaa asetusten rooli strategisessa päätöksenteossa. Strategiseen päätöksentekoon kuuluvat esimerkiksi tuotannosuunnittelu ja -ohjaus sekä varastonhallinta. Ylemmällä tasolla asetusajat vaikuttavat siis muun muassa päätöksiin valmistettavien eräkokojen suuruudesta ja luvattavista toimitusajoista asiakkaille. (Allahverdi ym. 1999) Asetusajat vaikuttavat merkittävästi yrityksen tuotannonohjaukseen, koska ne vievät huomattavan osan yrityksen kapasiteetista (Liu & Chang 2000).

2.3 Asetusaikojen vaikutus eräkokoihin ja läpimenoaikaan

Perinteisesti yrityksissä on pyritty suurilla eräkoilla pienentämään asetuskustannusten vaikutusta tuotteiden yksikköhintoihin. (Shingo 1992, s. 70) Lisäksi suuret eräkoot parantavat koneiden käyttöasteita, mutta vuorostaan kasvattavat läpimenoaika tuotannossa. (Suri 1998, s. 169) Suuret eräkoot kasvattavat myös työntekijöiden tuottavuutta, sillä työtehtävien toistuessa, työntekijöiden taidot kehittyvät (Shingo 1985, s. 125-126). Toisaalta suurten eräkokojen valmistaminen kasvattaa varastoa ja näin synnyttää lisää kustannuksia (Shingo 1992, s. 70). Tästä nähdään, että asetusajojen ja eräkokojen yhteys aiheuttaa monia ongelmia.

Ratkaisuna asetusajojen ja suurten eräkokojen väliseen ongelmaan on kehitetty ajatus taloudellisesta eräkoosta. Taloudellinen eräkokko pyrkii löytämään parhaan mahdollisen eräkoon minimoiden varastointikustannusten ja asetuskustannusten vaikutuksen kuvan 1. mukaisesti. Kuvassa taloudellinen eräkokko määräytyy varastointi- ja asetuskustannuksen leikkauspisteessä. (Shingo 1992, s. 70) Taloudellinen eräkokko voidaan laskea EOQ-yhtälön (Economic Order Quantity) avulla. Yhtälössä on kuitenkin monia piileviä ongelmia, sillä se ei ota huomioon kustannuksia, jotka syntyvät huonosta laadusta, tuotteiden vanhentumisesta varastoon ja mallien muuttumisesta, pitkistä läpimenoajoista, tuotannon joustamattomuudesta ja hitaasta reagointikyvystä (Suri 1998, s. 167, 176-177). Suurin asia, minkä taloudelliset eräkoot jättävät huomioimatta on mahdollisuus asetusajojen lyhenemiseen. Taloudelliset eräkoot perustuvat väitteelle, että asetusajat

ovat pitkiä. Esimerkiksi, jos asetusaika saadaan lyhennettyä neljästä tunnista kolmeen minuuttiin, asetusajan verrannollinen vaikutus tuotteen valmistuskustannuksiin on minimaalinen. Tällöin perusta taloudellisilta eräkoilta katoaa. Yrityksissä tulisi siis keskittyä lyhentämään asetusaikoja eikä keskittyä määrittämään taloudellisia eräkojoja. (Shingo 1992, s. 70)



Kuva 1. Taloudellisen eräkoon määräytyminen. (Shingo 1992, s. 70)

Asetusajan lyhentäminen pelkästään ei ole paras tapa lyhentää läpimenoaikaa. Paras tulos saadaan, kun asetusaikojen lyhentämisen jälkeen pienennetään myös eräkojoja. (Suri 1998, s. 172) Rehman & Diehl (1993) osoittivat, että yhdistämällä asetusaikojen minimointi ja eräkojojen pienentäminen, voidaan päästä jopa 80 prosenttia lyhyempään läpimenoaikaan (Suri 1998, s. 173).

2.4 Asetusaikojen lyhentäminen

Asetusaikojen lyhentämisen tulisi olla osa yrityksen toiminnan jatkuvaa kehittämistä. Usein asetusaikojen lyhentäminen aloitetaan tehtaassa lattiatasolla kehitystiimien toimesta, jotka suunnittelemattomasti pyrkivät hakemaan tilapäisratkaisuja asetusoperaatioiden kehittämiseen. Lattiatason kehitystiimit ovat tehokkaita viemään halpoja ja tehokkaita organisaatiollisia parannuksia asetusoperaatioihin eteenpäin, mutta tulokset jäävät usein vajaiksi. Kehitystiimiltä puuttuvat yleensä yrityksen johdon strateginen tavoite asetusajoille, sekä tarvittavat resurssit. Tämän lisäksi lattiataso kehitysprojektit ovat usein myös melko suunnittelemattomia. Ongelmilta välttyäkseen ja parempia tuloksia

saavuttaakseen yrityksen johdon tulisi antaa strateginen päätös siitä, mikä on yrityksen tavoite asetusajoille ja missä roolissa ne ovat yrityksen liiketoiminnan kannalta. Kehitysprojektin tulee koostua aina strategisesta tasosta, suunnitelmallisesta tasosta ja toteuttavasta tasosta. (Mileham ym. 1999) Onnistuneet kehitysprojektit asetusajojen lyhentämiseen vaativat aina taakseen yrityksen johtoryhmän sitoutumisen. Johtoryhmän sitoutumista helpottaa se, että johtoryhmä on tietoinen millaisia kilpailuetuja lyhyet asetusajat mahdollistavat. (Mahoney 1997, s. 170)

Lähestymistapoja asetusajojen lyhentämiselle on kaksi. Ensimmäinen tapa on lähteä kehittämään ja parantamaan olemassa olevaa tuotantojärjestelmää ja nykyisten asetusoperaatioiden työskentelytapoja. Toinen tapa puolestaan on investoida kokonaan uuteen tuotantojärjestelmään, jonka suunnittelussa on huomioitu asetusoperaatioiden yksinkertaisuus. (Mileham ym. 1999)

Milehamin ym. (1999) mukaan olemassa olevia asetusoperaatioita voidaan kehittää pelkästään nykyisiä toimintatapoja kehittämällä esimerkiksi SMED-metodologiaa hyväksikäyttäen, johon tutustutaan paremmin tämän kandidaatintyön luvussa 3, tai kehittämällä nykyisiä toimintatapoja sekä investoimalla uusiin tuotantojärjestelmiin ja -koneisiin. Nykyistä järjestelmää kehittämällä saavutetaan lyhyemmät asetusajat kustannustehokkaasti, mutta tulokset jäävät rajatuiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että asetusajat eivät ole parhaalla mahdollisella tasolla, kun pelkästään toimintatapoja muutetaan. Lisäksi lyhentyneiden asetusajojen säilyttäminen on vaikeaa. (Mileham ym. 1999) Jos kehitetään nykyisiä toimintatapoja, on koneiden operaattoreiden ottaminen osaksi kehitystyötä erittäin tärkeää. Työntekijöiden kokemuksen hyödyntäminen takaa paremmat ja nopeammat tulokset kuin pelkän insinööritason henkilöstön hyödyntäminen kehitysprojektissa. (Mahoney 1997, s. 118) Nykyisten toimintatapojen kehittäminen voi olla pelkästään esimerkiksi asetusoperaation tarvittavien resurssien ja työtehtävien uudelleen jakamista. Jopa pelkällä paremmalla resurssien allokoinnilla voidaan päästä lyhyempiin asetusajoihin. (McIntosh ym. 2007)

Asetusaikoja voidaan lyhentää myös investoimalla kokonaan uuteen tuotantojärjestelmään, jonka asetusoperaatiot ovat yksinkertaisia ja nopeita. Uudessa investoinnissa kustannukset nousevat nopeasti korkeiksi ja pahimmassa tapauksessa

laitevalmistaja on epäonnistunut suunnittelussa, jolla on pyritty nopeisiin asetusoperaatioihin. Suunnittelun onnistumista voidaan edesauttaa ottamalla suunnittelun avuksi DfC-menetelmä (Design for Changeover), joka pyrkii ottamaan jo koneen suunnitteluvaiheessa huomioon asetusoperaatioiden helppouden. Investoimalla uusiin laitteisiin, uusien, lyhyiden asetusajkojen säilyttäminen on helpompaa kuin vanhoja toimintatapoja kehittämällä. Toisaalta uudet laitteet maksavat paljon, jolloin kynnys pienentää asetusajkoja investoimalla helpompiin laitteisiin nousee. (Mileham ym. 1999) Lisäksi useat tutkijat ovat osoittaneet, että upousienkin laitteiden asetusoperaatioissa on usein parannettavaa (Van Goubergen & Van Landeghem 2002).

Asetusajkojen kehittämiseen tehtävät investoinnit saavuttavat parhaimmat tulokset sellaisissa yrityksissä, joissa toiminta on nopeaa tai asetusajkojen kehitystyön marginaalikustannus on pieni (Kumar & Aouam 2018). Asetusoperaatioita kehitettäessä on tärkeää huomioida myös työntekijöiden motivointi. Vaikka yrityksellä olisi parhaat edellytykset lyhyille asetusajoille, kuten DfC:n avulla suunnitellut laitteet ja tehokkaasti organisoitu ja standardoitu asetusoperaatio, asetusoperaatiosta tulee pitkä, jos sen suorittavat työntekijät eivät näe lyhyiden asetusajkojen tärkeyttä yritykselle tai he eivät ole motivoituneita suorittamaan asetusoperaatioita parhaimmalla ja nopeimmalla mahdollisella tavalla. Pahimmillaan työntekijät voivat nähdä lyhyet asetusajat uhkana, joka vähentää yrityksen tarvetta työvoimalle. (Van Goubergen & Van Landeghem 2002)

Cakmakci & Karasun (2007) mukaan tuotantoympäristöt, joissa asetusoperaatiot ovat yleisiä, mahdollistavat korkean erikoistumisasteen asetusoperaatioihin. Kirjoittajat esittelevät keinoiksi erikoistua asetusoperaatioihin kaksi eri tapaa. Ensimmäinen vaihtoehto on, että asetusoperaation suorittaa koneen operaattori. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että asetusoperaatio on tarpeeksi yksinkertainen, kuten esimerkiksi pienikokoisen muotin vaihtaminen. (Cakmakci & Karasu 2007) Koneen operaattorin käyttäminen asetuksissa kasvattaa yrityksen joustavuutta suoriutua asetusoperaatiosta, koska operaattori on heti valmis aloittamaan asetusoperaation, kun viimeinen tuote valmistuu (Van Goubergen & Van Landeghem 2002). Toinen tapa asetusoperaatioissa on käyttää erillistä asetustiimiä. Asetustiimin työskentely on verrattavissa F1-kilpailujen varikkotiimien työskentelyyn. Asetustiimi on erikoistunut suorittamaan asetusoperaatioita ja heidän työtehtäviinsä kuuluvat vain asetusoperaatiot ja asetuksiin

liittyvät huollot. Kokenut asetustiimi pystyy suorittamaan asetusoperaation huomattavasti nopeammin kuin koneen operaattori. Asetustiimin koko vaihtelee muotinvaihdon monimutkaisuuden mukaan ja sen mukaan, kuinka paljon asetusoperaatiossa voidaan tehdä samanaikaisia työtehtäviä. (Cakmakci & Karasu 2007) Samanaikaisien työtehtävien suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon työtehtävien väliset riippuvuudet eli mikä työvaihe pitää olla tehtynä ennen kuin toinen työvaihe voidaan aloittaa. Lisäksi samanaikaiset työtehtävät tulee olla erittäin hyvin suunniteltuja, jotta välttyään turhalta odottelulta tai työturvallisuushilta. Samanaikaisille työtehtäville tulee myös olla tarvittavat resurssit kuten, tarpeeksi tarvittavia työkaluja, ammattitaitoisia työntekijöitä ja tilaa suorittaa useita asetusoperaation työtehtäviä samanaikaisesti. (McIntosh ym. 2007)

Kuten Mileham ym. (1999) osoittivat, lyhyiden asetusajojen säilyttäminen voi olla haastavaa varsinkin, jos lyhyet asetusajat on saavutettu kehittämällä aiempia toimintatapoja. Tämän takia kehitysprojektin, jonka tavoitteena on pienentää asetusoperaatioihin kuluvaa aikaa, onnistuminen mitataan tuloksen kestävyydellä. Lyhyiden asetusajojen säilyttäminen on yhtä tärkeää kuin niiden saavuttaminen yrityksen toiminnassa. Kestävästi lyhennetyt asetusajat vaativat säilyäkseen tarkat standardit uusista toimenpiteistä asetusoperaation aikana. (Cakmakci & Karasu 2007)

Optimaalisin tapa asetusoperaation suorittamisesta tulee aina standardoida, jotta se voidaan säilyttää tulevaisuudessakin (Cakmakci & Karasu 2007). Hyvien asetusohjeiden tulee olla tarpeeksi yksityiskohtaisia. Asetusohjeista tulee ilmetä mitä asetusoperaatiossa tehdään ja missä järjestyksessä. Tämän lisäksi ohjeessa tulee olla jokaiselle asetuksen tekijälle määritellyt optimiliikkeet, tarkastuslista ulkoisen asetuksen työvaiheista, tarvittavat työkalut ja asetukseen tarvittavat parametrit. Ohjeissa tulee olla myös yleiskuva koko asetusoperaatiosta kaikille henkilöille, vaikka he eivät osallistuisikaan kokonaisuudessaan asetusoperaatioon. (Van Goubergen & Van Landeghem 2002)

2.5 Lyhyiden asetusajojen edut

Da Silvan & Filhon tekemässä kirjallisuuskatsauksessa (2019) SMED-menetelmästä selvisi, että yleisin etu asetusajojen lyhenemisellä oli kustannusten laskeminen, joka

käytännössä selittyy tuottavuuden kasvulla (Da Silva & Filho 2019). Muita etuja asetusajkojen lyhentämisessä ovat tuotannon nopeuden kasvu, valmiiden tuotteiden määrän kasvu, lyhyemmät toimitusajat, nopeammat asetusprosessit, lisääntynyt kilpailukyky ja asiakastyytyvyyden kasvu. Lisäksi lyhyemmät asetusajat mahdollistavat lean-tuotannon, tasoittavat tuotannon virtausta, mahdollistavat suuremmat vaihtelut valmistettavissa eräkoissa, madaltavat kokonaiskustannuksia, pienentävät varastoa ja estävät varaston loppumisen kesken, pienentävät minimi-tilauskokoja, mahdollistavat suuremman vaihtelun tilauksen koolle sekä nopeuttavat toimituksia. (Allahverdi & Soroush 2008) Lyhyemmällä asetusajalla tuotannon kiertoaajan keskiarvo pienenee ja kiertoaajan vaihtelu vähenee. Lisäksi lyhyet asetusajat pienentävät varastotasoa, kasvattavat tuotantojärjestelmän joustavuutta ja parantavat asiakkaiden palvelua. (Kumar & Aouam 2018) Asetusaikojen lyhentäminen antaa myös suuren edun kehittää tuotannonohjausta ja näin ollen parantaa kilpailukykyä lisää (Mahoney 1997, s. 12).

Lyhyet asetusajat ovat välttämättömiä, kun yritys pyrkii lean-tuotantoon (Kumar & Aouam 2018). Esimerkiksi Just-In-Time -toiminnan kivijalkana ja perustana voidaan nähdä lyhyet asetusajat (Mahoney 1997, s. 12). Asetusprosessi ei ole tuotteelle arvoa-tuottavaa toimintaa ja lean-ajattelun mukaisesti kaikesta hukasta ja arvoa-tuottamattomasta toiminnasta tulee päästä eroon (Allahverdi 2015; Womack & Jones 2003, s. 15).

3 SMED-MENETELMÄ

Tässä luvussa esitellään, mikä on SMED-menetelmä ja miten SMED-menetelmän mukainen asetusajkojen kehittäminen tapahtuu. Lisäksi luvussa vastataan kysymyksiin SMED-menetelmän puutteista ja miten sitä on kirjallisuudessa täydennetty.

3.1 SMED-menetelmän tausta

SMED-menetelmä on japanilaisen Shigeo Shingon vuonna 1969 kehittämä menetelmä asetusajkojen dramaattiseen lyhentämiseen. SMED tulee sanoista Single-Minute Exchange of Die, joka tarkoittaa vapaasti suomennettuna muotinvaihtoa, joka kestää alle kymmenen minuuttia. SMED-menetelmä sai alkunsa jo vuonna 1950, kun Shingon tehtävänä oli tutkia Mazdan Hiroshiman tehtaan metallipuristimien pullonkauloja. Tuolloin hän huomasi, että pullonkaula syntyi muotinvaihdon aiheuttamasta tuotantokatkoksesta. Suurin ongelma esiintyi siinä, että puristin sammutettiin muotinvaihtoa varten, jonka jälkeen työntekijät alkoivat etsimään vaihtoon tarvittavia työkaluja ja ruuveja. Seuratessaan muotinvaihtoa Shingo sai idean, että suurin osa vaihdokseen kuuluvista työtehtävistä voitaisiin tehdä etukäteen ilman koneen sammuttamista. Tuolloin Shingo kehitti ajatuksen, että asetusoperaatio voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen asetukseen. (Shingo 1985, s. xix, 21-22)

Sisäisellä asetuksella tarkoitetaan asetusoperaation työtehtäviä, jotka pitää suorittaa koneen ollessa sammutettuna. Sisäisen asetuksen työtehtävä on esimerkiksi muotin irrottaminen puristimesta. Ulkoisella asetuksella tarkoitetaan asetusoperaation työtehtäviä, jotka voidaan suorittaa koneen ollessa käynnissä. Ulkoisen asetuksen työtehtävä on esimerkiksi uuden muotin kuljettaminen työpisteelle tai vanhan muotin kuljettaminen varastoon. (Shingo 1985, s. 22)

SMED-menetelmä vähentää tuottamattomaan toimintaa kuluvaa aikaa virtaviivaistamalla ja yksinkertaistamalla asetusoperaatioita merkittävästi (Singh ym. 2018). Parhaimmillaan SMED-menetelmän avulla voidaan saada jopa 90 prosenttia lyhyemmät asetusajat hyvin pienillä investoinneilla kehitystyöhön (Van Goubergen & Van Landeghem 2002). SMED-menetelmä toimii myös edellytyksenä yritykselle aloittaa Just-In-Time -tuotanto.

Jokaisen yrityksen, jonka toimintaan kuuluu paljon asetuksia, tavoite asetusoperaatioille tulisi olla jaksosta-riippumaton asetusaika, joka on SMED-menetelmän avulla saatu toiminnan kannalta mahdollisimman pieneksi. (Mahoney 1997, s. 170) Joissain yrityksissä SMED-menetelmä on sisällytetty jatkuvan kehittämisen ohjelmaan, kuten TPM:ään (Cakmakci & Karasu 2007).

3.2 SMED-menetelmän toteutus

SMED-menetelmä koostuu neljästä käsitteellisestä vaiheesta. Ensimmäisenä on alustava vaihe, jossa sisäisiä ja ulkoisia asetuksia ei ole eroteltu. Alustavan vaiheen jälkeen alkavat varsinaiset SMED-menetelmän vaiheet. Ensimmäinen varsinainen vaihe on sisäisen ja ulkoisen asetuksen erottaminen asetusoperaatioissa. Tämän jälkeen jäljelle jäävät sisäisen asetuksen työvaiheet pyritään muuttamaan ulkoisen asetuksen työvaiheiksi. Viimeisenä vaiheena on molempien, sisäisen ja ulkoisen asetuksen työvaiheiden virtaviivaistaminen. (Shingo 1985, s. 31) SMED-menetelmän toteutus tiivistettynä löytyy kuvasta 2.

3.2.1 Alustava vaihe

SMED-menetelmän alustavassa vaiheessa tyypillistä on, että yrityksessä ei tiedetä, mitä asetusoperaatioiden työvaiheita voitaisiin tehdä ulkoisena asetuksena ja mitä sisäisenä asetuksena. Usein alustavassa vaiheessa lähes kaikki asetusoperaation työvaiheet kuuluvat sisäiseen asetukseen, jolloin kone on sammutettuna liian pitkiä aikoja. (Shingo 1985, s. 28) Alustavassa vaiheessa asetusoperaatioissa on löydettävissä monenlaista hukkaa. Yleisimpiä virheitä toiminnassa ennen SMED-menetelmän implementointia ovat valmiiden tuotteiden kuljettaminen varastoon, raaka-aineiden kuljettaminen työpisteelle, asetusoperaatioissa tarvittavien työkalujen ja muottien kuljettaminen työpisteelle sekä tarvittavien työkalujen etsiminen koneen ollessa sammutettuna. Nämä virheet kasvattavat sisäistä asetusaikaa ja näin ollen tuotantokatkoa. (Shingo 1985, s. 33)

Alustavassa vaiheessa tärkein toimenpide SMED-menetelmässä on, että kehitystyön vetäjät tutustuvat tarkasti lattiatason toimintaan ja asetusoperaatioiden tekemiseen yrityksessä. Shingo (1985) esittelee useita tapoja tutkia asetusoperaatiota nykytilan kuvan hahmottamiseksi. Yleisin tapa suorittaa nykytilatutkimus on suorittaa se ajankäyttötutkimuksena. Ajankäyttötutkimus on hyvä suorittaa siten, että tutkija seuraa

asetusoperaatiota kirjaten työvaiheet ja niiden kestot ylös sekuntikelloa käyttäen. Haaste ajankäyttötutkimukselle on kuitenkin se, että tutkimus vaatii tutkijalta paljon aikaa ja ymmärrystä työvaiheista. Vaihtoehtoisena tapana Shingo (1985) esittää asetusoperaation mallintamisen kehitystiimin kesken. Tässä tavassa ongelma on kuitenkin se, että se vaatii paljon toistoja. Paras tapa nykytilatutkimuksen suorittamiseen olisi videoita asetusoperaatio ja käydä video välittömästi läpi asetuksen tehneen työntekijän kanssa. Työntekijöiden kommentit ovat usein erittäin hyödyllisiä ja antavat uusia näkökulmia asetusoperaatioiden kehittämiseksi. (Shingo 1985, s. 28-29) Videokuvaamisessa on huomioitava, että Suomessa työn ja työntekijöiden videokuvaamiselle annetaan tarkat rajoitteet laissa yksityisyyden suojasta työelämässä (13.8.2004/759).

Nykytilatutkimuksen lisäksi alustavassa vaiheessa tulisi myös perustaa kehitystiimi toteuttamaan SMED-menetelmä sekä valita kone tai tuotantojärjestelmä, jolle kehitystyö suoritetaan. Kehitettävän koneen valinnassa voidaan käyttää esimerkiksi Pareto-analyysiä. (da Silva & Filho 2019)

3.2.2 Ensimmäinen vaihe

Ensimmäisen SMED-menetelmän virallisen vaiheen tarkoituksena on erottaa asetusoperaatiosta sisäiset ja ulkoiset työvaiheet. Suurinta osaa asetusoperaatiosta tulisi kohdella ulkoisena asetuksena, jotta koneen seisonta-aika saadaan minimoitua. Pelkästään asetusoperaation jako sisäiseen ja ulkoiseen asetukseen saattaa pudottaa asetusaikaa 30-50 prosenttia. (Shingo 1985, s. 29)

Cakmakci & Karasu (2007) esittävät tehokkaaksi tavaksi erotella asetusoperaation työvaiheet sisäiseen ja ulkoiseen asetukseen kysyä jokaisen työvaiheen kohdalla ”Tarvitseeko koneen olla sammuttettuna, että tämä työtehtävä voidaan suorittaa?”. Shingo (1985) esittelee SMED-menetelmän ensimmäisessä vaiheessa käytännön toimenpiteinä muun muassa ohjeiden valmistamisen asetusoperaatioon, asetusoperaatioon tarvittavien työkalujen kunnan varmistamisen ulkoisena asetuksena ja tarvittavien muottien ja työkalujen kuljetuksen parantamisen. Ohjeiksi asetusoperaatioon Shingo (1985) suosittelee tarkastuslistoja. Tarkastuslistoissa on kerrottuna tarvittavat työkalut ja asetukseen tarvittavat parametrit, kuten tarkistettavat mitat, paineet ja lämpötilat. Lisäksi tarkastuslistojen tulee olla tarpeeksi yksityiskohtaisia ja

konekohtaisia. Liian yleiset ohjeistukset jäävät yleensä operaattoreilta huomioimatta. Tarvittavien työkalujen kunnan tarkastaminen etukäteen poistaa tilanteet asetusoperaatioista, joissa vialliset työkalut tai työkalujen rikkoutumiset viivästyttävät asetusoperaatiota. (Shingo 1985, s. 34-35)

Shingo (1985) mainitsee ensimmäisen vaiheen tehtäväksi parantaa esimerkiksi muottien kuljettamista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki muottien kuljetus tulee tapahtua ulkoisen asetuksen työvaiheena. Sisäisenä asetuksena tapahtuu vain vanhan muotin nostaminen muottipöydältä ja uuden muotin nostaminen sille. Tämä tarkoittaa siis sitä, että vanha muotti lasketaan muottipöydältä työpisteen välittömään läheisyyteen ja uusi muotti nostetaan välittömästi muottipöydälle. Monissa yrityksissä vallitsee toimintatapa, jossa vanha muotti kuljetetaan suoraan muottipöydältä varastoon ja takaisin tullessa varastosta tuodaan uusi muotti muottipöydälle. (Shingo 1985, s. 35-36)

Työpisteen visuaalinen tarkastaminen kuuluu myös ensimmäisen vaiheen tehtäviin. (Shingo 1985, s. 34-35) Kirjallisuudessa monet tutkijat ovat käyttäneet tässä ensimmäisen vaiheen implementoinnissa tukena 5S-tekniikoita (da Silva & Filho 2019).

3.2.3 Toinen vaihe

SMED-menetelmän toisessa vaiheessa pyritään muuttamaan asetusoperaation sisäisen asetuksen työvaiheita ulkoisen asetuksen työvaiheiksi. Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi edellyttää usein uusien näkökulmien omaksumista ja vanhojen toimintatapojen unohtamista. Osa ensimmäisessä vaiheessa sisäiseksi asetuksiksi tulkituista työvaiheista voidaan edelleen muuttaa ulkoisen asetuksen vaiheiksi. (Shingo 1985, s. 29-30)

Käytännön toimenpiteitä toisen vaiheen toteuttamiseksi ovat tuotannon vaatimien olosuhteiden varmistaminen etukäteen, muottien funktionaalisten mittojen standardointi ja erillisten paikoitusjigien käyttö. Esimerkiksi muotit voidaan esilämmittää ennen kiinnitystä, jolloin niitä ei tarvitse lämmittää sisäisen asetuksen aikana. Tämän lisäksi esimerkiksi muottien korkeus kannattaa standardoida, jolloin kaikkiin muotteihin käyvät samat kiinnikkeet. Muotit tai vaihtoehtoisesti työstettävät kappaleet voidaan myös kiinnittää ja paikoittaa erillisille jigeille, jolloin asetusoperaatio helpottuu paikoituksen

poistuessa ulkoiseksi asetukseksi. (Shingo 1985, s. 36, 41-43) Kaikki asetusoperaation aikana tehtävät liikkeet tulisi myös optimoida (da Silva & Filho 2019).

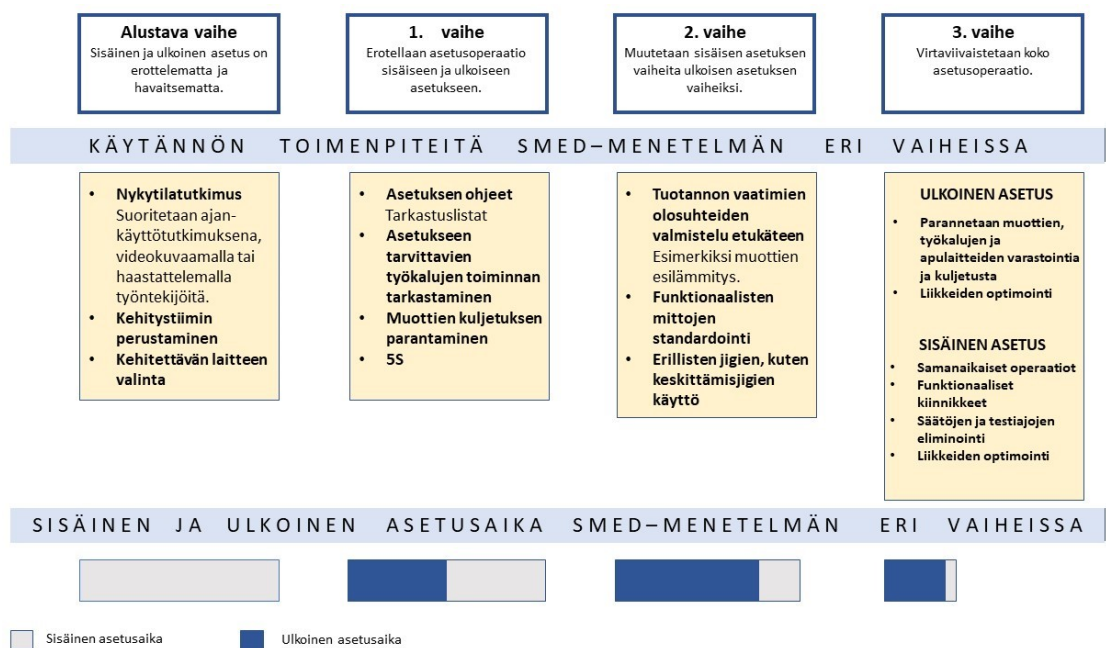
3.2.4 Kolmas vaihe

Kolmantena ja viimeisenä SMED-menetelmän vaiheena on asetusoperaation virtaviivaistaminen. Ulkoisen asetuksen työvaiheissa tämä tarkoittaa sitä, että tarvittavien resurssien kuljettamista ja varastointia parannetaan. Sisäisen asetuksen työvaiheissa pyritään hyödyntämään samanaikaisia operaatioita työvaiheiden suorittamisessa, käyttämään funktionaalisia kiinnikkeitä ja eliminoimaan säädöt asetusoperaatiosta. (Shingo 1985, s. 51-52)

Erityisesti valumuottien vaihdoissa ja suurten puristimien muottien vaihdoissa samanaikaiset operaatiot ovat suositeltavia. Samanaikaisilla operaatioilla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että muotin molemmilla puolilla työntekijät tekevät työtä samanaikaisesti. Yhden ihmisen suorittaessa muotin kiinnikkeiden irrottamista, menetetään paljon aikaa muotin ympäri kävellessä. Muotin kiinnikkeiden irrottamiseen kuluva aika saattaa tippua kolmannekseen aiemmasta, jos irrottamisessa käytetään yhtä aikaa työntekijää molemmilla puolilla muottia. Tämä johtuu siitä, että kahdella työntekijällä menetetään vähemmän liikettä työvaiheessa kuin, että yksi työntekijä tekisi saman työtehtävän. (Shingo 1985, s. 53) Samanaikaisia operaatioita on pitkään yrityksissä vierastettu, koska on nähty, että samanaikaiset operaatiot tuhlaavat työntekijöiden työtunteja. Tämä ongelma on kuitenkin olematon, koska onnistunut SMED-menetelmä takaa, että asetusoperaation työtehtävät vievät vain muutamia minutteja ja ovat niin yksinkertaisia, että niistä selviytyy kuka vain. Samanaikaisia operaatioita suunniteltaessa on kuitenkin otettava huomioon työturvallisuus, koska kaksi työntekijää tekevät samaa työtä mahdollisesti toistensa näkymättömissä. Lisäksi samanaikaiset operaatiot tulee suunnitella siten, että niistä on hyötyä asetusoperaation kannalta. (Shingo 1985, s. 53-55)

Funktionaaliset kiinnikkeet pyrkivät vähentämään kiinnittämiseen, kuten ruuvaamiseen käytettävää aikaa. Esimerkkejä funktionaalisista kiinnikkeistä ovat esimerkiksi yhden käännön kiinnikkeet ja ponttikiinnikkeet. Esimerkiksi muoviteollisuudessa ponttikiinnikkeitä voidaan käyttää muottien kiinnityksessä. (Shingo 1985, s. 55-56, 61-

63) Sisäisen asetuksen työvaiheiden virtaviivaistamiseen kuuluu myös säätöjen eliminointi. Säädot ja testiajojen suuri määrä johtuu yleensä siitä, että jossain aiemmassa sisäisen asetuksen työvaiheessa on tehty virhe. Yleisimpiä virheitä ovat muotin tai työstettävän kappaleen keskittämisessä ja paikoituksessa tehdyt mittavirheet tai virheelliset parametrit. (Shingo 1985, s. 66-68) Keinoja säätöjen eliminoinniksi ovat esimerkiksi kalibroinnit, tarkat mittavälineet, jigit, stopparit ja paikoituksen mekanisointi (Shingo 1985, s. 66-91).



Kuva 2. SMED-menetelmän vaiheet. (mukaillen Shingo 1985, s. 92; da Silva & Filho 2019)

3.3 SMED-menetelmän tulokset

Da Silvan & Filhon (2019) kirjallisuuskatsauksen mukaan yleisimmät SMED-menetelmän aikaansaamat tulokset ovat yrityksen tuottavuuden kasvu, asetusajan putoaminen alle yhdeksän minuutin ja tuotannon joustavuuden kasvu. Kirjallisuuskatsaus osoittaa, että asetusajat voidaan lyhentää useasta tunnista kymmeneen minuuttiin.

Myös Shingo (1985) esittelee kirjassaan monia SMED-menetelmän mahdollistamia etuja. Nämä edut ovat samoja kuin yleisesti lyhyistä asetusajoista saatavat edut. Shingo luettelee

saavutetuiksi eduksi muun muassa asetusajan dramaattisen lyhenemisen, varastottoman tuotannon, high-mix low-volume -tuotannon pienillä varastotasoilla, tuottavuuden kasvamisen, koneiden käyttöasteiden ja kapasiteetin kasvamisen, tuotteiden ja tuotantoprosessien paremman laadun, työturvallisuuden lisääntymisen, läpimenoajan lyhenemisen, tuotannon joustavuuden lisääntymisen ja kustannusten putoamisen. (Shingo 1985, s. 113-126)

3.4 SMED-menetelmän puutteet

Kirjallisuudessa on vuosien aikana useasti nostettu esille asioita, joita Shingon SMED-menetelmä jättää huomioimatta tai miten menetelmää tulisi kehittää. SMED-menetelmää on erityisesti kritisoitu siitä, että se ei anna mitään työkaluja lyhyiden asetusajojen säilyttämiselle (Singh ym. 2018; Cakmakci & Karasu 2007). Myös menetelmän rakennetta ja sopivuutta kaikkiin tuotantoympäristöihin on kirjallisuudessa kritisoitu (McIntosh ym. 2007).

Kehitysprojektin, jolla pyritään lyhentämään asetusajoja, onnistuminen mitataan kestävyydellä. SMED-menetelmän suurena heikkoutena nähdäänkin se, että menetelmä ei esitä mitään keinoa, miten lyhyet asetusajat voidaan säilyttää. Tämä puute pitää ottaa huomioon kehitystyössä ja huomioida, että jokainen työvaihe tulee standardoida tarkasti SMED-menetelmän aikana ja sen lopuksi, jotta projektin tulokset ovat kestäviä. (Cakmakci & Karasu 2007)

McIntosh ym. (2007) kritisoivat erityisesti SMED-menetelmän rakennetta. He nostivat esille menetelmän käytännön kehitystekniikoiden ristiriitaisuuksia. Esimerkki tästä ristiriitaisuudesta on se, että SMED-menetelmän toisessa vaiheessa pyritään varmistamaan tuotannon vaatimat olosuhteet etukäteen, vaikka sama asia voidaan yleensä toteuttaa jo ensimmäisessä vaiheessa, jossa ulkoinen ja sisäinen asetus erotellaan asetusoperaatiossa. SMED-menetelmän implementoijalle tulee olla erittäin tärkeä ymmärtää, mitkä ovat SMED-menetelmän peräkkäisten vaiheiden tavoitteet. (McIntosh ym. 2007)

Toinen seikka, jonka McIntosh ym. (2007) nostavat esille on SMED-menetelmän jäykkä rakenne. SMED-menetelmän avulla onnistuminen perustuu hyvin pitkälle ajatukseen, että suurin osa asetusoperaatiosta on sisällytetty sisäiseen asetukseen. Tämän lisäksi SMED-menetelmän tehokkuus riippuu siitä, miten samankaltaisia asetusoperaatiot eri tuotantoympäristöissä ovat. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kehitystyössä on tehokkaampaa räätälöidä SMED-menetelmän kehityskeinot vastaamaan jokaista tilannetta erikseen, kuin seurata SMED-menetelmän jokaista vaihetta pilkulleen. (McIntosh. ym 2007) Ongelmana implementoinnille voidaan nähdä se, että joissain tilanteissa SMED-menetelmä ei anna tarkkoja ohjeita asetusajkojen kehittämiseen ja toisaalta se, että joissain tilanteissa SMED-menetelmän keinojen seuraaminen voi rajata tuloksia. (Singh ym. 2018; McIntosh ym. 2007) Mielestäni tämä on tärkeä huomio, koska esimerkiksi valukoneeseen tehtävä asetus eroaa huomattavasti elintarviketeollisuudessa tehtävistä asetusoperaatioista. Elintarviketeollisuudessa ei voida käyttää samoja SMED-menetelmän käytännön toimenpiteitä kuin valumuotin vaihdossa. Kuitenkin molemmat asetusoperaatiot ovat ajatuksellisella tasolla samanlaisia - molemmista löytyy sisäisiä ja ulkoisia työvaiheita. Näin ollen SMED-menetelmää voidaan hyödyntää molemmissa asetusoperaatioissa, mutta kullekin asetusoperaatiolle tulee etsiä parhaat käytännön kehitystekniikat tapauskohtaisesti.

SMED-menetelmä ei myöskään ota huomioon muita mahdollisia keinoja kehittää asetusoperaatioita. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi säännölliset huoltotoimenpiteet, hyvä kommunikaatio organisaatiossa tai muissa yrityksissä standardoitujen työtapojen käyttöönotto. Tämän lisäksi SMED-menetelmän eri vaiheissa ei oteta kantaa laitesuunnittelun mahdollisuuksiin asetusoperaatioita kehitettäessä. (McIntosh ym. 2007) Cakmakci & Karasu (2007) nostavat esille myös, että SMED-menetelmässä ei kiinnitetä huomiota asetusoperaation liikkeiden analysointiin, kuten kehon liikkeisiin. Kirjoittajien mukaan SMED-menetelmä ei ota myöskään huomioon esimerkiksi työntekijöiden motivaatiota ja inhimillistä tekijää. Inhimillisellä tekijällä tarkoitetaan sitä, kun työntekijä suorittaa samoja työtehtäviä usein, jolloin hänen taitonsa kehittyvät ja hän pystyy suoriutumaan työtehtävästään nopeammin. Ilmiö on kirjallisuudessa tunnettu oppimiseffektinä. (Pargar 2017, s. 33)

3.5 SMED-menetelmää täydentävät työkalut

Kirjallisuudessa on esitelty useita eri tapoja ja työkaluja, joilla SMED-menetelmää on täydennetty ja paranneltu. Yleisimmin SMED-menetelmän kanssa on käytetty erilaisia lean-työkaluja. (da Silva & Filho 2019)

Esimerkiksi Stadnicka (2015) käytti case-tutkimuksessaan SMED-menetelmän rinnalla ajatushautomoa, benchmarkkausta, 5S-tekniikoita, spagettidiagrammia ja riskinhallinta-analyysia FMEA:ta. Spagettidiagrammin avulla hän tutki ja kehitti asetusoperaation suorittavan operaattorin liikkeitä asetuksen aikana. Alkutilanteessa operaattori käveli asetusoperaation aikana 110 metriä ja SMED-menetelmän jälkeen kävely oli vähentynyt muutamaan metriin asetuksen aikana. Hän käytti myös riskinhallinta-analyysi FMEA:ta, jonka avulla hän etsi asetusoperaation kriittisimmät työvaiheet. Näihin työvaiheisiin kiinnitettiin erityistä huomiota standardoituja ohjeita tehdessä. FMEA:n avulla asetusoperaatiosta löydettiin työvaiheet, joiden aikana tapahtuvat virheet voivat pidentää merkittävästi esimerkiksi testiajoaika. (Stadnicka 2015) Da Silva & Filho (2019) tekivät kirjallisuuskatsauksen SMED-menetelmään tutkien aiheesta 130 huippujulkaisua. Katsauksessa selvisi, että kolme yleisintä lean-työkalua SMED-menetelmän kanssa olivat 5S, OEE-luku ja Kaizen. Kirjallisuuskatsauksesta kävi myös ilmi se, kuinka tärkeää yrityksen ylimmän johdon sitoutuminen on projektin onnistumisen kannalta. Ylimmän johdon tehtävänä tulisi olla kehitysprojektin etenemisen seuraaminen ja kehitystiimin motivointi. (da Silva & Filho 2019)

Cakmakci & Karasu (2007) täydensivät SMED-menetelmää tutkimalla kehon liikkeitä asetusoperaation aikana. He jakoivat asetusoperaation kehittämisen kahteen tasoon, makro- ja mikrotasoon. Makrotasolla asetusoperaatiota kehitettiin SMED-menetelmän keinoin tarkoituksena optimoida työtehtävät ja niiden suorittaminen. Mikrotasolla puolestaan keskityttiin tutkimaan operaattorin kehon liikkeitä sisäisen asetuksen aikana ja optimoimaan niitä. Sisäisen asetuksen aikaiset kehon liikkeet standardoitiin MTM-UAS -koodeilla. MTM-UAS -menetelmässä kaikki liikkeet jaetaan seitsemään eri kategoriaan, joille on määritetty liikkeisiin kuluvat ajat. Näitä MTM-UAS kategorioita ovat muun muassa ”ota ja aseta paikalleen”, ”paikoita”, ”koneen tai työkalun käynti”, ”kehon liikkeet, kuten kävely” ja ”visuaalinen tarkkailu”. Näiden koodien avulla sisäisen

asetusoperaation työvaiheista saadaan erittäin tarkkaan standardoituja. Sisäisen asetuksen työvaiheen standardoitu ohjeistus voi olla todella yksityiskohtainen. Esimerkkinä Cakmakcin & Karasun (2007) standardoitu ohje kiinnikkeiden kiinnittämiseen: ”Kaksi kiinnikettä otetaan kiinnikelaatikosta ja asetetaan koneen T-uraan. Kierrä ruuveja kaksi kierrosta käsin ja kiristä mutterinvääntimellä kolme kierrosta.” Yksityiskohtainen mikrotason liikeanalyysi auttaa löytämään olennaiset ongelmat asetusoperaatiosta mikrotasolla ja eliminoimaan turhat liikkeet. MTM-UAS vaatii kuitenkin onnistuakseen tarkasti määritellyn työnsisällön, kokeneita työntekijöitä ja töiden toistuvuuden. Näin ollen sitä ei voida hyödyntää tilanteissa, joissa asetusoperaatiota tehdään harvoin. Kuitenkin ympäristöissä, joihin MTM-UAS soveltuu, SMED-MTM-menetelmä takaa paremmat tulokset asetusajoissa ja asetusoperaatioissa kuin pelkkä SMED-menetelmä. (Cakmakci & Karasu 2007)

4 POHDINTA

Tässä luvussa pohdin, mitä asioita pitää ottaa huomioon SMED-menetelmän mukaisessa kehitystyössä ja miten kehitystyö olisi paras toteuttaa. SMED-menetelmä on todistettu toimivaksi keinoksi lyhentää asetusajoja, mutta sitä on myös kritisoitu monella tavalla. Luvussa otan kantaa, miten itse kehittäisin SMED-menetelmää ja mitkä asiat ovat mielestäni tärkeitä kehitysprojektia suoritettaessa.

4.1 SMED-menetelmän strateginen vaihe

Shingon (1985) kirja SMED-menetelmästä ei ota juurikaan kantaa SMED-menetelmän strategiseen vaiheeseen ja kehitystyön tavoitteiden asettamiseen. Mielestäni ennen kehitystyön aloittamista pitäisi SMED-menetelmän alustavan vaiheen yhteydessä olla strateginen vaihe. Strateginen vaihe tulisi suorittaa limittäin alustavan vaiheen kanssa nykytilatutkimusta hyväksikäyttäen. Strateginen vaihe varmistaisi yrityksen johdon sitoutumisen kehitystyöhön, varmistaisi projektille tarvittavat resurssit ja antaisi selkeät tavoitteet kehitystyölle. Tällä estettäisiin, ettei asetusajojen lyhentäminen olisi suunnittelematonta lattiataason kehitystyötä, joka ei ole pitkällä aikavälillä kestävä. Johdon sitouttamisella varmistettaisiin myös kehitystiimin motivaatio tavoitteiden saavuttamiselle.

Strategisessa vaiheessa tulisi selvittää edellytykset asetusajojen lyhentämiselle ja raamit, miten kehitystyö tulisi suorittaa. Tärkeimpiä asioita, mitä strategisessa vaiheessa tulisi määrittää ovat todellinen tarve kehitystyölle, tavoitteet uusille asetusajoille ja projektille suunnattavat resurssit. Tarve SMED-menetelmän mukaiselle kehitystyölle selviää tutkimalla yrityksen asetusoperaatioiden luonnetta eli kuinka usein asetuksia esiintyy ja miten kauan ne kestävät. Tarve muutokselle ja selkeät tavoitteet kehitystyölle auttavat johtoa valitsemaan oikean tien asetusajojen lyhentämiseen. Vaihtoehtoina on investoida uusiin tuotantokoneisiin, joihin on helpompi tehdä asetuksia tai kehittää nykyisiä asetusoperaatioita esimerkiksi SMED-menetelmän avulla. Lisäksi strategisessa vaiheessa tulisi määrittää projektille resurssit, joiden avulla kehitystyö voidaan suorittaa. Strategisessa vaiheessa yrityksen johdon tärkeys korostuu kehitysprojektin suunnittelussa ja alkuvaiheiden toteuttamisessa.

4.2 SMED-menetelmän rakenne

McIntosh ym. (2007) kritisoivat SMED-menetelmän rakennetta ja mielestäni kritisointi on paikallaan. Rakenne laiminlyö kaksi merkittävää vaihetta onnistuneessa kehitystyössä. SMED-menetelmä jättää suunnitteluvaiheen ja tulosten säilyttämiseen pyrkivän vaiheen kokonaan huomioimatta. Lisäksi SMED-menetelmän varsinaisten vaiheiden 1-3 suorittaminen menetelmän ehdottamassa järjestyksessä voi heikentää kehitystyön tulosten saavuttamista.

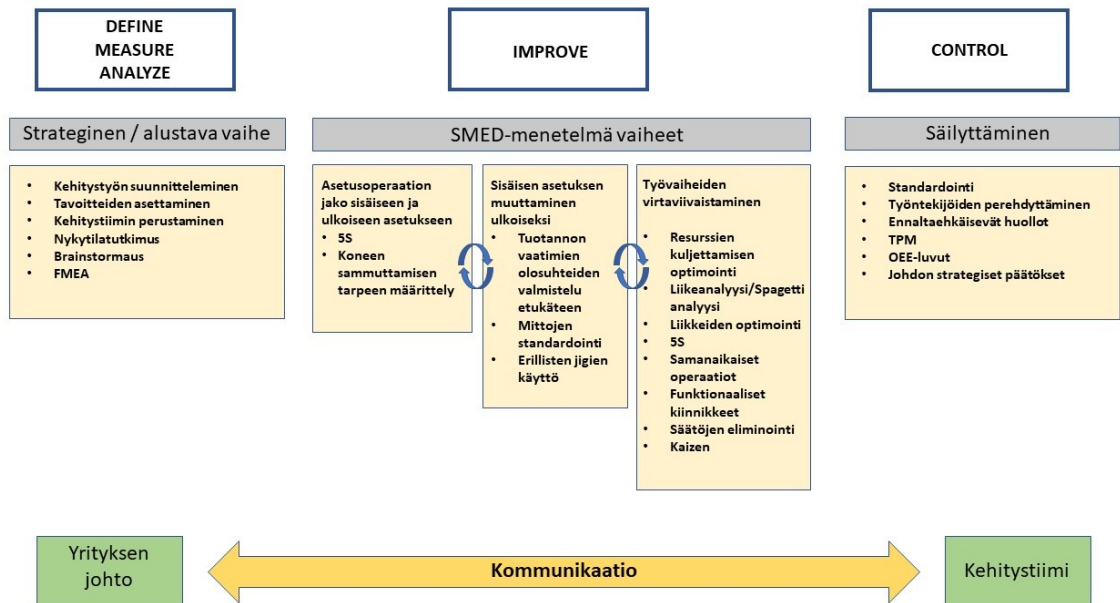
Mielestäni asetusajkojen lyhentämiseen pyrkivän kehitystyön voisi sitoa Lean Six Sigman ongelmanratkaisutyökalun DMAIC-kehikkoon. DMAIC on ongelmanratkaisutyökalu prosessien kehittämiseen, jonka vaiheet ovat ongelman määrittäminen (define), ongelman mittaaminen (measure), ongelman analysointi (analyze), kehitysehdotusten implementointi (improve) ja tulosten säilyttäminen (control) (GoLeanSixSigma.com 2020). Strateginen ja alustava vaihe olisivat DMAIC-kehikon define-, measure- ja analyze-vaiheet, joissa määritellään ongelmat asetusoperaatioissa, tehdään nykytilatutkimus ja esitetään tutkimuksen pohjalta kehitysehdotuksia. Analysointivaiheessa kehitetään ideoita, kuinka työtehtäviä muutetaan ulkoisiksi työtehtäviksi ja määritetään asetusoperaation kriittisimmät työvaiheet esimerkiksi riskienhallintatyökalun FMEA:n avulla.

SMED-menetelmän varsinaiset vaiheet kuuluvat DMAIC-kehikon improve-vaiheeseen. SMED-menetelmän vaiheiden ei tarvitse olla jäykässä järjestyksessä, vaan vaiheiden mukaista kehitystyötä voidaan tehdä myös limittäin. Mielestäni tehokas tapa suorittaa improve-vaihe on noudattaa SMED-menetelmän varsinaisten vaiheiden tekniikoita, mutta joustavammissa järjestyksessä. Implementoinnissa on kuitenkin huomioitava se, että esimerkiksi asetusoperaation työvaiheiden tulee olla eroteltuna ulkoiseen ja sisäiseen asetukseen ennen kuin on järkevää ruveta virtaviivaistamaan työvaiheita. SMED-menetelmää olisi hyvä myös täydentää useammilla eri lean-työkaluilla. Esimerkiksi 5S olisi hyvä toteuttaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa implementointia, mutta myös uudelleen virtaviivaistamisvaiheessa. Saattaa olla, että virtaviivaistamisessa käytetty liikeanalyysi tai spagettianalyysi osoittavat paremmat paikat esimerkiksi työkaluille kuin, mitä alkuperäinen 5S on osoittanut. Virtaviivaistamisessa myös Kaizen on tärkeä työkalu.

Mielestäni on hyvä huomioda, että asetusoperaation virtaviivaistaminen ei lopu implementointivaiheen loppuessa, vaan asetusoperaatioita tulee Kaizenin avulla jatkuvasti kehittää.

Erittäin hyvin DMAIC-kehikosta SMED-menetelmään sopii control-vaihe, jolla pyritään säilyttämään saavutetut tulokset. Alkuperäinen SMED-menetelmä ei kiinnitä ollenkaan huomiota kehitystyön kestäväydellemme. Control-vaiheessa tulisi tehdä tarvittavat standardit kehitetyn asetusoperaation säilyttämiseksi. Tämän lisäksi työntekijät, jotka suorittavat asetusoperaatioita tulee perehdyttää uusiin työtapoihin. Control-vaiheessa tulisi huomioda myös tuotantokoneiden ja asetusoperaatioon tarvittavien apuvälineiden ennaltaehkäisevät huollot. Ennaltaehkäisevillä huolloilla varmistetaan, etteivät koneiden vikaantumiset pidennä asetusaikaa. Huollot tulisi varmistaa esimerkiksi TPM-ohjelmalla. Tulosten kestävyyttä tulee yrityksen johdon tarkkailla myös implementoinnin jälkeen. Hyvä työkalu muutoksen tarkkailuun on OEE-luku, joka ottaa huomioon muun muassa koneiden käyttöasteet ja tätä kautta myös asetusajat. Control-vaiheessa, kun kehitystyön tulokset ovat nähtävissä, yrityksen johdon tulee myös tehdä uusien asetusaikojen pohjalta strategisia päätöksiä esimerkiksi valmistettavien eräkokojen määristä.

SMED-menetelmästä on huomattava, että menetelmä sellaisenaan kuin Shingo on sen esittänyt, ei kuitenkaan sovellu jokaiseen kehitystilanteeseen ja tuotantoympäristöön. Kuten aiemmin mainitsin, menetelmä jättää huomioimatta muun muassa kehitysprojektin tavoitteiden asettamisen ja keinot lyhyiden asetusaikojen säilyttämiseksi. Lisäksi menetelmän esittämät työkalut sellaisinaan jäävät vajaiksi. Näistä syistä esitänkin paremman jaon SMED-menetelmän vaiheille ja työkaluille kuvassa 3. Esittämäni kuva on sidottu löyhästi DMAIC-ongelmanratkaisutyökalun kehikkoon.



Kuva 3. SMED-menetelmän yhdistäminen DMAIC-kehikkoon.

4.3 Huomioita asetusajojen lyhentämisestä

Mielestäni on mielenkiintoista, että kirjallisuudessa ei esitetä suositusta sille, kuka hoitaa ulkoisen asetuksen työtehtävät. Usein tuotantokone tarvitsee valvontaa sen ollessa käynnissä. Tällöin operaattori ei itse voi hoitaa ulkoisen asetuksen työtehtäviä. Esimerkiksi muotin hakeminen varastosta ja sen esilämmittäminen voivat olla kestoiltaan pitkiä työvaiheita, joiden takia operaattori ei voi jättää konettaan valvomatta. Näin ollen yrityksissä, joissa ei käytetä erillistä asetustiimiä, suositeltava menetelmä asetusoperaatioille olisi se, että sisäisen asetuksen hoitaisi koneen operaattori ja ulkoisen asetuksen työvaiheet toinen työntekijä. Tämän työntekijän, joka hoitaa ulkoisen asetuksen, työnkuva koostuisi pelkästään ulkoisista asetusoperaatioista ja operaattorin auttamisesta sisäisen asetuksen samanaikaisissa operaatioissa.

Samanaikaiset operaatiot ovat erittäin tehokkaita keinoja lyhentää sisäistä asetusajaa ja virtaviivaistaa ulkoista asetusta. Monesti este samanaikaisille operaatioille on se, että kahden työntekijän käyttäminen samaan työtehtävään, esimerkiksi muotin

kiinnittämiseen, nähdään resurssien tuhlauksena. Todellisuudessa, jos lasketaan asetuskustannuksia, työntekijöiden palkkakustannus on sama riippumatta suorittaako työntekijä työtehtävän yksin vai suorittaako työtehtävää kaksi henkilöä, mutta puolet nopeammin. Kahden työntekijän käyttäminen on kuitenkin taloudellisempaa, kun asetuskustannukseen otetaan mukaan tuotantoseisokista johtuva menetety myynnin arvo. Kun seisokki kestää kaksi kertaa kauemmin yhdellä työntekijällä, on myös menetety myynnin arvo kaksi kertaa suurempi verrattuna työtehtävään, joka suoritetaan kahdella henkilöllä. Samanaikaiset operaatiot ovat kuitenkin erittäin tärkeä suunnitella siten, että kahden työntekijän käyttäminen on mahdollisimman tehokasta. Hyvällä suunnittelulla ehkäistään se, ettei työntekijöiden työaika hukata odotteluun. Huonosti suunnitellut samanaikaiset operaatiot pahimmillaan heikentävät asetuksesta suoriutumista.

Toinen merkittävä seikka, joka pitää ottaa huomioon yrityksessä asetusoperaatioita kehitettäessä on se, että kuka asetuksen hoitaa. Erillisen asetustiimin käyttäminen on tehokasta sellaisissa yrityksissä, joissa asetusoperaatiot ovat monimutkaisia ja niitä tehdään suhteellisen harvoin. Tällöin on hyvä, että yrityksessä on asetusoperaatioihin perehtynyt henkilöstö, jonka pääasiallinen työ on tehdä asetusoperaatioita. Operaattorin käyttäminen asetusoperaatioissa on puolestaan tehokasta silloin, kun asetus on tarpeeksi yksinkertainen ja niitä suoritetaan tarpeeksi usein. Tällöin operaattori harjaantuu suorittamaan asetuksia tehokkaasti. Operaattorin käyttäminen voi olla varsinkin pk-yrityksissä suositeltavaa, joissa ei ole toiminnan kannalta järkevää ylläpitää erillistä asetustiimiä.

Lyhyiden asetusajkojen säilyttämisen kannalta on tärkeää, että asetusoperaatioista on olemassa tarkat standardit. Mielestäni tehtävien ohjeistusten tarkkuuden pitäisi riippua asetusten luonteesta ja tavoitteellisista asetusajoista. Ympäristöissä, joissa työntekijät tekevät asetusoperaatioita todella usein tai heidän työnsä koostuu asetusoperaatioiden suorittamisesta, liikeanalyysiä hyödyntävät standardit ovat hyödyksi. Esimerkki tällaisesta toimintaympäristöstä voisi olla automatisoitu muoviteollisuus, jossa työntekijät tekevät pelkästään asetuksia. Heidän työnkuvansa koostuu pelkästään asetusoperaatioista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitä useammin asetuksia tehdään sitä ammattimaisempia ja standardoidumpia asetusoperaatioista voidaan tehdä.

Toisaalta liian tarkat ohjeistukset voivat aiheuttaa työntekijöissä negatiivisia tunteita ja ohjeiden lukemisen laiminlyöntiä. Tällä tarkoitan sitä, että jos ohjeistuksessa on neuvottu todella yksityiskohtaisesti esimerkiksi ruuvien kiristäminen, voi ohjeistus luoda työntekijälle kuvan, että hänen ammattitaitonsa vähätellään. Näin ollen asetusoperaatioiden standardien tulee olla tarpeeksi tarkkoja, jotta niiden avulla pystytään säilyttämään lyhyet asetusajat, muttei kuitenkaan liian yksityiskohtaisia, että työntekijöiden jokaista liikettä alettaisiin kontrolloimaan.

Mielestäni tuotantoympäristöt, joissa asetuksia tehdään usein, tarjoavat oivalliset olosuhteet asetusoperaatioiden kehittämiseksi. Kun asetuksia tehdään usein, voidaan SMED-menetelmän mukaista kehitystyötä tehdä tehokkaasti. Tällöin tilanteita, joita pyritään kehittämään, esiintyy yrityksessä usein, joka muun muassa nopeuttaa tulosten näkymistä.

5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia asetusoperaatioita ja asetusajojen vaikutusta yrityksen toimintaan. Työn tarkoituksena oli myös esitellä asetusajojen lyhentämiseen kehitetty SMED-menetelmä ja pohtia kirjallisuuden avulla menetelmän implementointia sekä menetelmän puutteita. Työn alussa keskityttiin tutkimaan asetusoperaatioita yleisesti. Työssä tutkittiin asetusajojen vaikutusta yrityksen toimintaan ja miksi niiden lyhentäminen on tärkeää. Tämän jälkeen kerrottiin lyhyiden asetusajojen eduista ja vaikutuksista muun muassa yrityksen kilpailukykyyn. Asetusajojen tutkimisen jälkeen siirryttiin tutkimaan SMED-menetelmää, jonka avulla yrityksen asetusajoja voidaan lyhentää. SMED-menetelmän mukainen kehitystyö käytiin työssä melko yksityiskohtaisesti läpi seuraten menetelmän kehittäjän japanilaisen Shigeo Shingon neuvoja menetelmän implementoinniksi. SMED-menetelmän vaiheiden esittelemisen jälkeen työssä esiteltiin SMED-menetelmällä saavutettavia tuloksia ja keskityttiin kirjallisuuskatsauksen perusteella löytyneiden SMED-menetelmän puutteiden tutkimiseen. Tämän jälkeen työssä perehdyttiin siihen, miten SMED-menetelmää on kirjallisuudessa täydennetty muun muassa erilaisilla lean-työkaluilla. Työn lopussa pohdittiin, miten SMED-menetelmän mukaista kehitystyötä voisi kehittää ja mitkä asiat ovat tärkeitä asetusajoja kehitettäessä. Työn tavoitteena oli, että tämä keräisi tiiviiksi kokonaisuudeksi asetusajojen lyhentämisen SMED-menetelmällä ja auttaisi kehitysprojektien tekijöitä asetusajojen lyhentämisessä.

Työ osoitti, että lyhyillä asetusajoilla on erittäin paljon vaikutusta yrityksen kilpailukykyyn ja toimintaan. Jokaisen yrityksen tulisi toiminnassaan pyrkiä minimoimaan asetusoperaatioihin kuluva aika. Tämä edellyttää tietoista kehitysprojektia, jonka tarkoituksena on virtaviivaistaa asetusoperaatioita. Kehitysprojektin tavoitteena on tarkkojen työtapojen ja standardien luominen asetusoperaatioiden tueksi. SMED-menetelmä toimii kiistatta hyvänä menetelmänä kehittää asetusoperaatioita ilman suuria investointeja uusiin tuotantolaitteisiin. SMED-menetelmä ei kuitenkaan toimi jokaisessa tuotantoympäristössä yhtä tehokkaasti, jos menetelmä implementoidaan sokeasti Shingon ohjeiden mukaisesti. SMED-menetelmä antaa erittäin hyvän viitekehyksen kehystoiminnalle, mutta menetelmä tulee sovittaa aina jokaiseen kehystilanteeseen ja

tuotantoympäristöön tapauskohtaisesti. Tällä tavoin menetelmästä voidaan saada suurin hyöty irti.

Työn laajuus huomioon ottaen työssä ei voitu perehtyä syvemmin SMED-menetelmää täydentäviin keinoihin ja esimerkkeihin SMED-menetelmän implementoinnista. Mielestäni SMED-menetelmä ei sinällään ole vielä täydellinen kehitysmenetelmä, vaan sen päivittämistä ja täydentämistä tulisi tutkia lisää. Jatkotutkimuksen aiheena näkisinkin sen, miten SMED-menetelmä voitaisiin sitoa laajemmin muihin kehitystyömalleihin, kuten DMAIC:iin. Lisäksi mielenkiintoinen tutkimuksenaihe voisi olla, miten SMED-menetelmää voisi hyödyntää palvelutoiminnan asetusten kehittämisessä.

LÄHTEET

13.8.2004/759. Laki yksityisyyden suojasta työelämässä. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20040759> [viitattu 10.4.2020]

Allahverdi, A., 2015. The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs. *European Journal of Operational Research*, 246 (2), S. 345-378.

Allahverdi, A., Gupta, J. N. D. & Aldowaisan, T., 1999. A review of scheduling research involving setup considerations. *Omega, The International Journal of Management Science*, 27 (2), S. 219-239.

Allahverdi, A. & Soroush, H. M., 2008. The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187 (3), S. 978-984.

Brack, S., 2018. AccountingTools, Articles, Setup cost [verkkodokumentti]. AccountingTools. Saatavissa: <https://www.accountingtools.com/articles/2017/5/16/setup-cost> [viitattu 9.4.2020].

Cakmakci, M. & Karasu, M. K., 2007. Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33 (3-4), S. 334-344.

da Silva, I. B. & Filho, M. G., 2019. Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102, S. 4289-4307.

Franca, P. M., Gendreau, M., Laporte, G. & Müller, F. M., 1996. A tabu search heuristic for the multiprocessor scheduling problem with sequence dependent setup times. *International Journal of Production Economics*, 43, S. 79-89.

GoLeanSixSigma.com, 2020. GoLeanSixSigma.com, Blog, The Basics of Lean Six Sigma, DMAIC – The 5 Phases of Lean Six Sigma [verkkodokumentti]. Ewa Beach:

GoLeanSixSigma.com. Saatavissa: <https://goleansixsigma.com/dmaic-five-basic-phases-of-lean-six-sigma/> [viitattu: 13.4.2020].

Kim, S. C. & Bobrowski, P.M., 1997. Scheduling jobs with uncertain setup times and sequence dependency. *Omega, The International Journal of Management Science*, 25 (4), S. 437-447.

Kumar, K. & Aouam, T., 2018. Effect of setup time reduction on supply chain safety stocks. *Journal of Manufacturing Systems*, 49, S. 1-15.

Liu, C. Y. & Chang, S. C., 2000. Scheduling flexible flow shops with sequence-dependent setup effects. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 16 (4), S. 408-419.

Mahoney, R. M., 1997. *High-Mix Low-Volume Manufacturing*. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall, 222 s. ISBN 0-13-255688-X

McIntosh, R., Owen, G., Culley, S. & Mileham, T., 2007. Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54 (1), S. 98-111.

Mileham, A. R., Culley, S. J., Owen, G. W. & McIntosh, R. I., 1999. Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, 19 (8), S. 758-796.

Palanisamy, S. & Siddiqui, S., 2013. Changeover time reduction and productivity improvement by integrating conventional SMED method with implementation of MES for better production planning and control. *International Journal of Innovative Research in Science & Technology*, 2 (12), S. 7961-7974.

Pargar, F., 2017. *Resource optimization techniques in scheduling: Applications to production and maintenance systems*. Oulu: University of Oulu, 92 s. ISBN 978-952-62-1693-5

Singh, J., Singh, H. & Singh, I., 2018. SMED for quick changeover in manufacturing – a case study. *Benchmarking: An International Journal*, 25 (7), S. 2065-2088.

Shingo, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Stamford: Productivity Press, 361 s. ISBN 0-915299-03-8

Shingo, S., 1992. *The Shingo Production Management System: Improving Process Functions*. Cambridge: Productivity Press, 215 s. ISBN 0-915299-52-6

Stadnicka, D., 2015. Setup analysis: Combining SMED with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6 (1), S. 36-50.

Suri, R., 1998. *Quick response manufacturing: A company wide approach to reducing lead times*. Portland: Productivity Press, 544 s. ISBN 1-56327-201-6

Tersine, R. J., 1984. *Principles of Inventory and Materials Management*. 2 painos. New York: North-Holland, 477 s. ISBN 0-444-00641-9

Trevino, J., Hurley, B. J. & Friedrich, W., 1993. A mathematical model for the economic justification of setup time reduction. *International Journal of Production Research*, 31 (1), S. 191-202.

Van Goubergen, D. & Van Landeghem, H., 2002. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18 (3-4), S. 205-214.

Womack, J.P. & Jones, D.T., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Lontoo: Simon & Schuster, 396 s. ISBN 13: 978-0-7432-3164-0