



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Jere Laaksonen

SOP-standardi tuotesiirtomoottorin koonpanoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

17.1.2021

Tekijä Otsikko	Jere Laaksonen SOP-standardi tuotesiirtomoottorin kokoonpanoon
Sivumäärä Aika	25 sivua 2.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	valmistuspäällikkö Esa Lähteenmäki lehtori Eero Kupila
<p>Insinööriyön aiheena oli SOP-standardin luominen tuotesiirtomoottorin kokoonpanolinjalle. SOP-standardi koostuu ohjeista, jotka määrittävät kokoonpanon työvaiheet ja niihin kulu- van ajan. SOP-standardin ohjeet tehtiin käyttämällä ABB:n SAP-järjestelmää.</p> <p>Työn tavoitteena oli standardisoida tuotesiirtomoottorin kokoonpano uuden SOP-standar- din avulla.</p> <p>Teoriaosuudessa kerrotaan SOP-standardiin liittyvästä teoriasta. Teoriaan kuuluu SOP- ohjeiden tekemiseen vaadittavat keskeisimmät asiat ja miten lean-ajattelulla voidaan pa- rantaan tehtaan tuotantoa. Teoriaosuudessa myös kerrotaan tehtaan läpimenoaikojen las- kennasta ja miten SOP-ohjeet auttavat läpimenoaikojen laskemista.</p> <p>Työn aikana kävi ilmi, miten monia erilaisia vakiintuneita työtapoja asentajilla on kokoonpa- nossa. Haasteena oli selvittää, mikä vakiintuneista työtavoista oli tehokkain ja paras valinta SOP-ohjeeseen.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi tuotesiirtomoottorin neljä työvaihetta sisältävät SOP- ohjeet, jotka olivat 11 sivua pitkät. Ohjeissa on kuvat ja yksityiskohtaiset työvaihekuvauk- set ajastettuina. Ohjeen lopussa näkyy työvaiheeseen kuuluva yhteenlaskettu aika.</p> <p>SOP-standardin ohjeet ja SAP-järjestelmään liittyvät tiedot ovat salassa pidettäviä, joten ne eivät ole osana julkaistavaa insinööriyötä.</p>	
Avainsanat	lean, kokoonpano, SOP, läpimenoaika

Author Title	Jere Laaksonen SOP-standard for the assembly of an electrical motor.
Number of Pages Date	25 pages 17 January 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Engineering
Instructors	Esa Lähteenmäki, Manufacturing Manager Eero Kupila, Senior Lecturer
<p>The purpose of this bachelor's thesis was developing a SOP-standard for an electrical motor's assembly line. SOP-standard consists of instructions, which determine the work stages of the assembly line and how long the stages take. SOP-standard's instructions were made using ABB's SAP-system.</p> <p>The goal of the thesis was to standardize the motor's assembly using the new SOP-standard.</p> <p>The theory regarding SOP-standard will be covered. The theory includes the essential things needed to make a SOP-instruction and how lean-thinking can help improve the production time of a factory. The theory part also covers counting the lead time in a factory and how SOP-instructions can help in counting the lead time.</p> <p>During the work, it became apparent how many established methods the assemblers had in the motor's assembly. The challenge was to figure out, which of the established methods was the most efficient and the best choice for the SOP-instruction.</p> <p>The product of the bachelor's thesis was a 11 pages long SOP-instruction, which covered the motor's four work stages in the assembly line. The instructions include photos and explanations of all the work in each of the stages, which are also individually timed. The end of each instruction has the combined time it takes to complete the work stages.</p> <p>SOP-standard's instructions and the details of SAP-system are confidential, and thus are not included in the published bachelor's thesis.</p>	
Keywords	lean, assembly, SOP, lead time

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ABB:n tuotesiirtomoottori	2
3	SOP-standardi	4
4	Lean-ajattelu	5
4.1	Historia ja periaatteet	5
4.2	Leanin seitsemän hukkaa	7
4.3	Työympäristön parannus ja 5S-menetelmä	9
4.4	Jatkuva kehittäminen	11
5	Standard Operating Procedure	12
5.1	SOP-standardin tavoite	12
5.2	SOP-ohjeen laatiminen	12
5.3	SOP-ohjeen käyttöönotto ja ylläpito	14
5.4	SOP-standardi tuotannossa	14
5.5	Lopputarkastus standardin avulla	16
6	Läpimenoajan parantaminen	17
6.1	Läpimenoaika ja sen periaatteet	17
6.2	Littlen laki	18
6.3	Kapasiteetti tehtaassa	19
6.4	Läpimenoajalla laskenta	20
6.5	Läpimenoaikojen tarkastelu	21
7	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

Lyhenteet

Kaizen	On termi Lean-ajattelussa, mikä tarkoittaa jatkuvaa kehitystä ja jokapäiväistä ponnistusta täydellisyyteen päin.
Läpimenoaika	Tuotteen valmistumisaika, pitää sisällään arvoa ja ei-arvoa lisäävän ajan
SOP	Standard Operating Procedure. Tarkoittaa standardoitua toimintamallia.
SAP	Yritysten toiminnanohjausohjelmisto.
Tuotesiirto-moottori	Räjähdyksenkestävä moottorimalli.
TPS	Toyota Production Systems, Toyotan laatima hallintomenetely.
WIP	Work in Progress, keskeneräiset tuotteet tehtaassa.
5S	5S on osa Lean-ajattelua ja pyrkii turhien ja haittaavien tekijöiden poistamiseen prosessien aloitusvaiheista.

1 Johdanto

ABB Oy:n Motors and Generators-yksikköön tuli vuonna 2018 uusi moottorimalli, tuotesiirtomoottori. Uusissa moottoreissa on usein haasteita kokoonpanossa, sillä ei ole selkeitä toimintaohjeita niiden kokoonpanoon. Tämä voi johtaa siihen, että moottoreita kokoonpannaan eri tavoilla.

Tehtaissa työntekijät pystyvät tekemään yhteistyötä ja sopimaan yhteisistä pelisäännöistä, mutta koronan saavuttua Suomeen työvuorot on eristetty toisistaan viruksen leviämisen ehkäisemiseksi. Viestintä- ja kommunikaatio-ongelmat voivat johtaa erilaisiin ratkaisuihin moottorien kokoonpanossa. Moottorien täytyy olla samanlaisia ja läpäistä lopputarkistus ennen asiakkaalle lähettämistä. Laadusta ei voi tinkiä, minkä takia erilaiset ja väärät ratkaisut kokoonpanossa johtaa moottorien purkuun ja uusien osien tilaamiseen. SOP-ohjeet, eli standardoidut ohjeet, joissa käydään askel askeleelta työvaiheet läpi, auttavat työvaiheiden säännöllistämässä. Tavoite on se, että kokoonpanon ensimmäinen ja sadas moottori ovat identtisiä.

Kokoonpanossa yksi suuri hidaste on se, että tavara ei kulje ja asentajat joutuvat odottamaan seuraavan vaiheen osia. Asentajat tilaavat osat logistiikkapuolelta ja odottavat niiden saapumista ennen seuraavaa työvaihetta. Tavaroiden saapuminen on epäsäännöllistä, sillä logistiikan työntekijät eivät tiedä asentajien töiden kestoa. Kun on tehty selkeä SOP-standardi, logistiikkapuoli pystyy paremmin arvioimaan missä vaiheessa kokoonpanoon täytyy tuoda seuraavaan työvaiheeseen tarvittavat osat.

Insinööriyön tavoitteena on laatia SOP-standardi, joka olisi ohje tuotesiirtomoottorin kokoonpanossa. Standardista voi katsoa, miten moottori kuuluu kokoonpanna missäkin työvaiheessa. Vakioidut toimintaohjeet ohjaavat ja yhtenäistävät toiminta-, menettely- ja työtapoja sekä laitteiden ja tarvikkeiden käyttöä, ylläpitoa, seuranta, tarkastamista ja huoltoa. Asentajat voivat kerrata ja varmistaa, että moottoreista löytyy kaikki tarvittavat asiat ennen loppukokoonpanoon lähettämistä. Yksi SOPin päätarkoitus on säilyttää työtavat täydellisenä riippumatta siitä, kuka toiminnan suorittaa ja milloin.

SOP-standardista näkee myös, kuinka kauan jokaiseen työvaiheeseen kuluu aikaa. Arvioimalla työvaiheisiin kuluva aika logistiikkapuolen on helpompi toimittaa oikeat tavarat

oikeaan aikaan kokoonpanoon. Tavaroita ei pystytä tuomaan kaikkia kerralla, sillä kokoonpanossa on rajattu määrä tilaa ja kasaantuvat tavaramäärät vaikeuttavat asennustyötä ja aiheuttavat turvallisuusriskejä.

Esittelen tässä insinööriyössä, mikä on SOP-standardi, miten SOP-ohjeet luodaan ja miten tuotantoa voidaan tehostaa lean-filosofialla. Samalla esittelen läpimenoajan tarkasteluun sekä laskentaan liittyvää teoriaa. Lisäksi luon SOP-standardin ABB:lle käyttäen ABB:n järjestelmiä ja hyödyntäen kokemustani kokoonpanosta.

2 ABB:n tuotesiirtomoottori

ABB

ABB:n toiminta keskittyy automaatiotekniikan ja sähkövoimatekniikan alueille. ABB:llä on neljä asiakaskeikeistä globaalisti johtavaa liiketoiminta-alueita, joita tukee yhteinen, digitaalinen ABB ability-alusta. Liiketoiminta-alueet ovat sähköistys, teollisuusautomaatio, generaattorit ja moottorit, sekä taajuusmuuttajat ja robotiikka. Suomessa ABB:n tytäryhtiö on ABB Oy. ABB työllistää Suomessa noin 5300 henkilöä 20 paikkakunnalla. Tehdas-keskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa. Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisista työnantajista, pääkaupunkiseudulla suurin. (9.)

ABB-yhtymä syntyi, kun ASEA ja Brown Boveri yhdistyivät vuonna 1988. Brown Boveri valmisti muun muassa sähkömoottoreita, turbiineja ja sähköveturien sähköisiä osia. ASEA:n osaamisalueisiin kuuluivat generaattorit, muuntajat, robotit, ydinvoimalat ja moottorit. (9.)

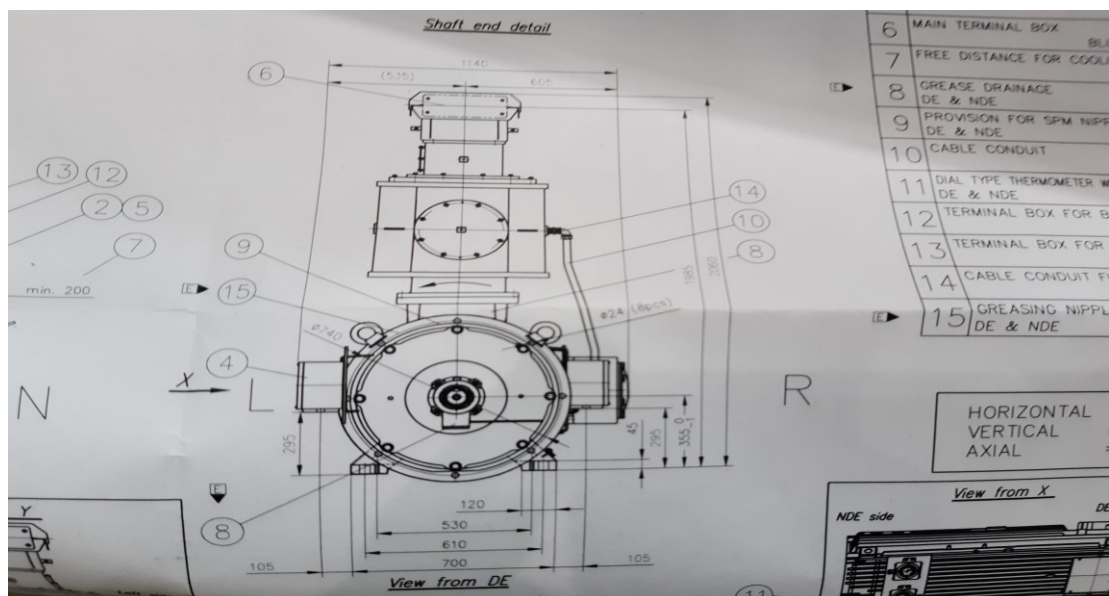
Maailmanlaajuisesti ABB:n moottori- ja generaattoriliiketoiminta työllistää 13 000 henkeä 31 tehtaassa 9 maassa. Suomessa liiketoiminta työllistää 1 520 henkilöä, joista Vaasassa 550 ja Helsingissä 900. (9.)

Tuotesiirtomoottori

Tuotesiirtomoottorit ovat korkeajännitteisiä ja tulenkestäviä moottoreita. Kuvassa 1 on Tuotesiirtomoottorista yleismittakuva, joka on otettu kyseisen moottorin materiaallistasta. Tuotesiirtomoottori on suunniteltu kestämään räjähdyksestä syntyvää painetta ilman moottorin sisäistä vahinkoa. Moottorin kotelot estävät liekkien leviämisen kotelon ulkopuolelle ja ovat sertifioitu kaasuluokille IIB ja IIC. (6.)

Tuotesiirtomoottori on turvallinen valinta räjähdysvaarallisiin tiloihin. Tuotesiirtomoottori täyttää kaikki oleelliset kansainväliset standardit, kuten IEC-, EN-, NEMA-, ATEX-direktiivit ja tärkeimmät laatuvaatimukset öljy- ja kaasuteollisuudessa. (6.)

Tukesin mukaan ”Räjähdysvaarallinen tila tarkoittaa tilaa, jossa voi esiintyä räjähdysvaarallinen ilmaseos. Palava kaasu, sumu, höyry tai pöly yhdessä normaalipaineisen ilman kanssa voi aiheuttaa räjähdysvaarallisen seoksen.” (7.)



Kuva 1. Yleismittakuva tuotesiirtomoottorista. (Lähde: ABB)

3 SOP-standardi



SOP on lyhenne englannin kielen sanoista Standard Operating Procedure. Suomeksi se tarkoittaa standardiohjetta. Standardoitu ohje sisältää vakioituneet toimintaohjeet työvaiheille. SOP on siis yhdistelmä ohjeita, joiden tavoite on pitää sisällään työn osa-alueet. ABB:n tietokanta kuvailee SOP-ohjeita seuraavalla tavalla: ”SOP-ohjeilla voidaan määrittellä standardisoidut toimenpiteet parhaalla mahdollisella tavalla ilman tehokkuuden hävikkiä. SOP-ohjeella siis pyritään haluttuun ja tarkasti ennalta määriteltyyn lopputulokseen”.

SOP on yksi työkaluista, joita käytetään yhtenäisten toimintamallien luomiseksi prosessikuvausten sekä työ- ja turvallisuusohjeiden rinnalle. SOPien tavoitteena on parantaa turvallisuutta, tuotteiden ja palveluiden laatua, minimoida ihmisten tekijöiden aiheuttamia virhetilanteita sekä parantaa tiimien keskinäistä kommunikaatiota. Kommunikaatio-ongelmat ovat pahentuneet koronan saavuttua Suomeen, sillä eri työvuorot on täyty-nyt eristää toisistaan. (11.)

Teollisuudessa SOP-ohjeita käytetään monissa eri toiminnoissa, näistä tärkeimpänä työn kannalta katsoen ovat tuotanto sekä huolto. Kuvassa 2 on esimerkki tehtaassa käytetystä SOP-ohjeen pohjasta.

Standardien tärkeimmät piirteet ovat:

- Standardista näkee tämänhetkisen parhaan, helpoimman ja turvallisimman tavan tehdä työ
- Standardilla säilytetään ammattitaito työorganisaatiossa
- Standardista näkee työvaiheiden vaikutuksen lopputulokseen
- Standardilla pystyy arvioimaan tehokkuutta.
- Standardi on lähtökohta huolto- ja parannustöille
- Standardi on lähtökohta koulutukselle
- Standardi antaa keinot vähentää virheitä ja muutoksia prosessien lopputuloksessa. (3, s.166–67.)

		Document format	Document Code	Revision	Page		
Country FIABB		Title	Author	Approval date	Revision date		
PRINTED PAPER COPY IS UNCONTROLLED							
Toimintavaihe			Turvallisuus (henkilösuojaimet)				
							
Järjestys ja prosessivaiheet	Kuvaus työstä	Kuva	Tekemisen peruste	Työvälineet/laitteet	Tavoite	Kesto	Kuvat
1							1.
2							2.
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Yhteensä kesto						0	

Kuva 2. Esimerkki SOP-ohjeen pohjasta.

4 Lean-ajattelu

4.1 Historia ja periaatteet

Lean-ajattelu on muodostettu Toyota Production Systemin (TPS) periaatteista, jotka kehitettiin vuosien 1948–1975 välillä. Leanista alettiin puhua filosofiana 1990-luvulla. Yhtiöt ovat sopeuttaneet lean-filosofiaa kaikille toimialoille, mutta lean sopii parhaiten teollisuuden, tekniikkaan ja niihin liittyviin toimialoihin. (8.)

Lean-ajattelun tavoitteet tehdastyössä ovat poistaa hukat työn prosesseista, synnyttää arvokas tuote asiakkaan näkökulmasta ja jatkuvasti kehittää prosesseja. Hukilla tarkoitetaan tekoja tai askeleita prosesseissa, jotka eivät hyödytä asiakasta millään tavalla. Toisin sanoen hukka on asia, joka ei ole asiakkaalle arvokasta tai rahanarvoista. Tehdastyössä asiakas yleensä tarkoittaa seuraavaa työpistettä tai tuotteen ostanutta asiakasta, mutta se voi myös tarkoittaa esimerkiksi työntekijää. (1, s.3–6.)

Lean-filosofiassa on viisi ydinperiaatetta projektinhallinnassa. Periaatteet ovat:

- Asiakkaalle tärkeä arvo täytyy määrittää. Tuotteen arvon määrittäminen on välttämätöntä. Ennen kuin voi aloittaa mitään teollisuus projektia, täytyy arvioida tuotteen arvo asiakkaalle. Täytyy myös miettiä, paljonko asiakas olettaa tuotteelta. Voidaan esimerkiksi arvioida, paljonko asiakas suostuu maksamaan jokaisesta työvaiheesta. Sen jälkeen voidaan laittaa tuotteelle hyväksyttävä hinta. Tavoite on poistaa kaikki hukat työvaiheista, minkä avulla hinta saadaan mahdollisimman kustannustehokkaaksi.
- Arvovirran kartoitus ja arvon tunnistus. Tavoite on käyttää asiakkaan tarpeisiin ja haluihin perustuvaa arvoa vertauspisteinä ja havaita kaikki toimet, jotka edesauttavat tuotteen menestystä.
- Sujuvan virtauksen luominen. Sen jälkeen, kun arvovirrasta on poistettu hukat, niin täytyy varmistaa, että jäljelle jääneet vaiheet suoritetaan sujuvasti ilman keskeytyksiä tai viivästyksiä.
- Imuohjaus. Tuotantoa säädellään asiakkaiden kysynnän mukaan. Tunnetaan myös nimellä Just In Time (JIT) -tuotanto.
- Täydellisyys. Projektinhallinnassa pyritään jatkuvaan kehitykseen. Työvaiheiden optimoinnin täytyy tulla osaksi työpaikan kulttuuria. Jokaisen työpaikan työntekijän täytyy pyrkiä vähentämään hukkaa, lisäämään arvoa ja tuottamaan laatua. Lean-organisaatioissa on aina parantamisen varaa. (2, s.6–13.)

Tehtaan tuotannon parantamiseksi on välttämätöntä tietää tehtaan ongelmien lähde. Tehdastyössä vaihtelevuus standardista (laatu ja läpimenoaika) on ongelma. Luodakseen mahdollisen päämäärän ongelmien ratkaisemiseksi, täytyy tietää mikä on toivottu standardi (lopullinen tilanne) ja mikä on työn lähtökohta (alkuperäinen tilanne). Kustannustehokkain tapa parantaa tehtaan tuottavuutta on poistaa hukka tehdastyön prosesseista. (1, s.3.)

Merkkejä huonosta tuotannon hallitsemisesta ovat huono laatu, lisäkustannukset tuotannossa ja noussut läpimenoaika. Lean-ajattelu tarjoaa useita lähestymistapoja ongelmien ratkomiseen tehdastyössä. (1, s.3.)

4.2 Leanin seitsemän hukkaa

Pähkinänkuoressa, lean teollisuudessa on systemaattista hukan poistoa. Lean tarkoittaa suomeksi hoikkaa ja leanissa pyritään lihavuuden (fat) poistoon tuotannosta. Lihavuudella tarkoitetaan tuotannossa olevia ylimääräisiä toimenpiteitä eli hukkia tuotannossa. Tuotannon prosessit voidaan jakaa kolmeen osioon, arvoa lisääviin töihin, turhiin mutta välttämättömiin töihin ja turhiin töihin. Lean-ajattelussa puhutaan seitsemästä hukasta tehdastyössä. (8.)

Lean-ajattelun seitsemän hukkaa ovat:

- Kuljetus
- Varastot
- Joutilaisuus
- Odotusaika
- Ylituotanto
- Toimenpiteet
- Vialliset tuotteet (4, s.47.)

Kuljetuksessa hukka tarkoittaa tavaroiden, työntekijöiden, työkalujen tai tuotteiden liikeyhdistämisen luomaa ylimääräistä työtä ja turvallisuusriskejä.

Varastoissa hukka tarkoittaa ylimääräisiä tai unohdettuja varaosia, jotka vievät turhaan tilaa ja vaikeuttavat oikeiden osien löytämistä. Valmiit tuotteet, jotka odottavat kuljetusta varastossa, vievät tilaa ja asiakas joutuu odottamaan tuotettaan kauemmin.

Joutilaisuus tarkoittaa sitä, että työntekijöille ei ole tarjota järkevää työtä esimerkiksi aikaisemman työpisteen ruuhkautumisen takia. Tehtaassa tuotteiden kokoonpano on ajastettu ja joutilaisuus lisää tuotteen kokoonpanon aikaa turhaan.

Odotusaika tarkoittaa esimerkiksi sitä, että työntekijät joutuvat odottamaan materiaalia. Odotusaika voi myös viitata tuotteisiin. Tukossa olevat työpisteet ruuhkauttavat kokoonpanoa ja tuotteet joutuvat odottamaan seuraavaan työvaiheeseen pääsyä.

Ylituotanto tarkoittaa sitä, että tuotetaan tarpeettomia tuotteita, kun niitä ei tarvita. Ylituotantoa tapahtuu myös silloin, kun tehtaassa arvioidaan tuotteiden myynti väärin ja tuotetta tuotetaan liian suurissa määrin kysyntään nähden.

Toimenpiteet tarkoittavat sitä, että tuotteen kokoonpanossa on toimenpiteitä, jotka eivät lisää tuotteen arvoa. Turhat toimenpiteet vievät työaikaa ja lisäävät tuotteen kokoonpanoaikaa turhaan.

Vialliset tuotteet tarkoittavat yksinkertaisesti sitä, kun tehtaan kokoonpanossa tapahtuu virhe ja tuotetta ei voida myydä asiakkaalle.

Alun perin Toyota Production Systems ei luenut mukaan kahdeksatta hukkaa, hukattu työntekijän taito ja oma-aloitteisuus. Hukatut taidot viittaavat esimerkiksi huonoon koulutukseen, mitättömiin kannustuspalkkioihin tai siihen, että esimiehet eivät kuuntele työntekijöiden palautetta. Nykyään monet leanin käyttäjät lukevat kahdeksannen hukan mukaan lean-filosofiaan. (1, s.6–8.)

4.3 Työympäristön parannus ja 5S-menetelmä

5S on osa lean-ajattelua ja pyrkii turhien ja haittaavien tekijöiden poistamiseen prosessien aloitusvaiheista. 5S on usein yksi ensimmäisistä lean-ajattelun käsitteistä, joka otetaan käyttöön leanin implementoinnissa. 5S-menetelmän nimi tulee japanin kielen sanojen seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke alkukirjaimista. Suomeksi sanat tarkoittavat lajittelua, järjestämistä, puhdistamista, standardoimista ja sitoutumista. (1, s.147.)

Tavoite 5S-menetelmässä on se, että turhuudet voidaan nähdä ensisilmäyksellä. 5S on työkalu, jolla työpisteet saadaan järjestykseen. Ylikuormittunut linjasto heikentää materiaalin virtausta ja aiheuttaa turvallisuusriskejä. 5S perustuu siihen, että työntekijät koulutetaan ja kannustetaan ylläpitämään 5S-periaatteita. Nämä periaatteet ja rutiinit saavat työntekijät pitämään työpisteen siistinä pienellä vaivalla. Monet menetelmän ideat ovat yksinkertaisia ja pohjautuvat maalaisjärkeen. (1, s.148–149.)

Ensimmäinen osio 5S-menetelmässä on lajittelu. Tavaroiden ja lavojen siirtely voi luoda epäjärjestyksessä olevan ja sekavan työpisteen. Yli jääneet tavarat settilavoilla moottorin valmistuttua, keskeneräiset moottorit ja palauttamatta jääneet työkalut vaikeuttavat asentajien työtä tehtaassa. Työpisteen tavarat tulee jakaa kolmeen kategoriaan: niihin mitä käytetään usein, tarpeellisiin tavaroihin ja hyödyttömiin tavaroihin. Ainoastaan usein käytetyt tavarat tulisi olla työpisteellä ja tarpeelliset tavarat lajiteltuna työpisteen lähelle siten, että ne eivät häiritse työntekoa. (1, s.148.)

Seuraava osio on tehtaan järjestys. Järjestämisen edellytys on se, että ylimääräiset tavarat on poistettu työpisteiltä, sillä ei ole mitään järkeä järjestellä turhia tavaroita. Järjestelyn tavoite on vähentää työkalujen ja osien etsimiseen kuluvaa aikaa. Järjesteltyihin työpisteisiin on helpompi tuoda osia, ja selkeästi lajitellut lavat helpottavat työpisteellä liikkumista. (1, s.148—149.)

Kolmas osio on puhdistus. Tavoite on pitää työalue puhtaana. Lattialle jätetyt rasvat ovat turvallisuusriski, sillä asentaja voi esimerkiksi liukastua siihen. Likaiset työalustat tartuttavat likaa kokoonpanon osiin, esimerkiksi laakereihin. Työpisteiden puhdistuksen täytyy olla jokapäiväinen työ. (1, s.149.)

Neljäs osio on standardointi. Siisteyden standardin voi luoda, kun kolme aikaisempaa osioita ovat toimeenpantu. Tavoite on ennaltaehkäistä riskejä, jotka syntyvät epäpuhtaasta työoloista. Siivouksesta täytyy tulla työntekijöille tapa, jotta heidän on helppo huomata epäpuhtauden työpisteillä. (1, s.149.)

Viimeinen osio on sitoutuminen. Usein 5S-menetelmän toimeenpanon jälkeen työpisteet hitaasti palautuvat niiden aikaisempaan epäpuhtaaseen tilaan. Esimiesten täytyy pitää siisteyttä yllä, minkä avulla siisteydestä tulee osa työpaikan kulttuuria. (1, s.149.)

Kuvassa 3 on esimerkki työkaluseinästä, johon asentajat ovat palauttaneet työkaluja satunnaisesti. Ylimääräisiä tavaroita on laitettu työkaluseinän alle ja asentajilla ei ole aikaa siivota isoja sotkuja. Tehtaassa on pyrittävä siihen, että jokainen asettaa työkalut oikealle paikalle ja roskia ei jätetä lojumaan toisten tielle.



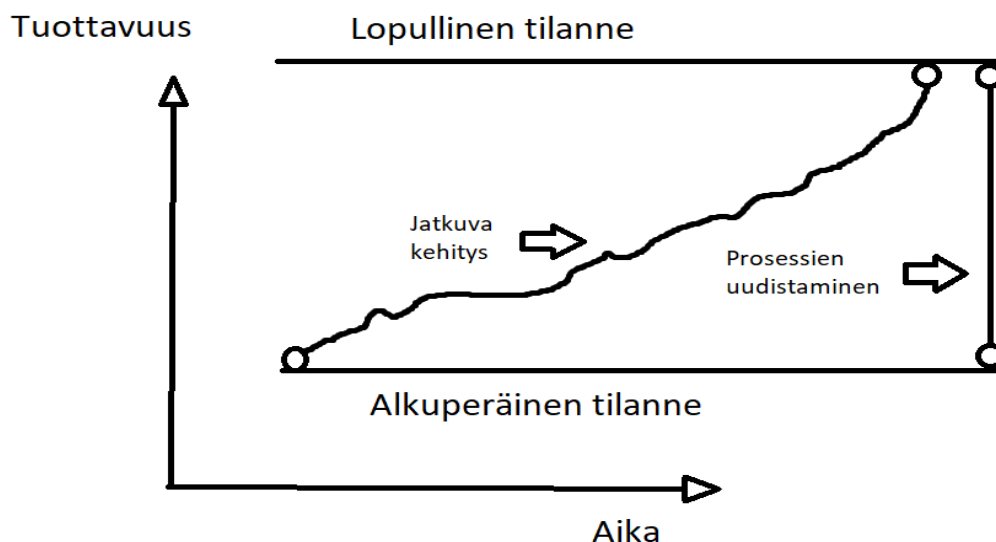
Kuva 3. Sekavat työkaluseinät hidastavat työntekoa.

4.4 Jatkuva kehittäminen

Kaizen on termi lean-ajattelussa, mikä tarkoittaa jatkuvaa kehittämistä ja jokapäiväistä ponnistusta täydellisyyteen päin. Kaizen on johdon filosofia, joka perustuu työntekijöiden ehdotuksiin. Työpaikalla täytyy olla kulttuuri, jossa työntekijöitä kannustetaan huomaamaan ja korjaamaan ongelmia. Jatkuvassa kehittämisessä pyritään täydellisyyteen laadussa, hinnassa ja lähetyksessä. Nämä kolme edellytystä on täytyttävä, jotta voidaan tyydyttää asiakkaiden tarpeet. Jatkuvan kehittämisen kolme päätoimintoa ovat 5S, standardisointi ja hukkien poisto. (3, s.164–167.)

Käyttökelpoisen ja merkityksellisen standardin luominen on välttämätöntä menestyksen luomiseksi. Standardia voi käyttää maalina, johon muutos on keskittynyt. Yritykset luovat standardien avulla parannuksia työprosesseihin. Työprosessit voidaan uudistaa täysin, tai työprosesseihin voi tehdä pieniä parannuksia aika ajoin. Prosessien täysi uudistaminen on kallista, mutta sen hintaa voi laskea kehittämällä prosesseja koko ajan. (1, s.2.)

Kuvassa 4 on esitetty jatkuvan kehittämisen konsepti verrattuna prosessien uudistamiseen. Jatkuvassa kehittämisessä saadaan koko ajan parannuksia tehtaen tuottavuuteen. Prosessien uudistamisessa kehitys tapahtuu vasta silloin, kun prosessien uudistus tapahtuu.



Kuva 4. Jatkuvan kehittämisen konsepti verrattuna prosessien uudistamiseen. (1, s.2.)

5 Standard Operating Procedure

5.1 SOP-standardin tavoite

Tässä insinööriyössä SOP-ohjeilla pyritään nopeuttamaan ja selkeyttämään tuotesiirtomoottorien kokoonpanon vaiheita. Tavoite on varmistaa, että toiminta-, menettely- ja työtavat ovat huolellisesti suunniteltuja ja testattuja. Siinä tapauksessa, että moottorissa on vika, voidaan SOPin avulla jäljittää vaiheelta tapauskohtaisesti ja löytää ongelma helpommin. Standardin luominen on tärkeää, sillä standardin avulla voidaan varmistaa, että jokainen moottori vastaa toistaan laadussa. (4, s.45–52.)

SOP-ohjeet helpottavat uusien työntekijöiden perehdytystä. Mikäli tehtaassa ei ole tehty työohjeita, joilla perehdyttää uusi työntekijä, niin uuden työn oppiminen voi olla hidasta ja vaikeaa. Ohjeiden avulla on helpompi omaksua työtehtävät. Tiedon jakaminen sujuu paljon nopeammin ohjeiden avulla, ja suullisten ohjeiden muistaminen on haastavaa. Perehdytys on myös helpompaa, sillä perehdytettävä voi itsenäisesti kertaasi asiat SOP-ohjeesta. (4, s.52–66.)

Työtapoja päästään kehittämään paremmiksi, kun työvaiheen on standardisoitu. Asentajat voivat esittää omia ehdotuksia standardin muuttamiseksi, jos parempi työtapa löytyy.

5.2 SOP-ohjeen laatiminen

SOP-ohje täytyy kirjoittaa suppeasti, selkeästi, ja siinä tulee käyttää selkeää formaattia. Tekemäni SOP-ohjeen luominen lähti siitä, että aloin keskustella tuotesiirtomoottoriin liittyvistä kokoonpanon haasteista työnjohtajan kanssa. Tämän jälkeen päätimme tehdä työvaiheista ohjeet, joista tulisi tuotesiirtomoottorin kokoonpanon standardi. Sain ABB:ltä ohjeita SOP-ohjeiden kirjoittamiseen ja olen laatinut osiot 5.2 ja 5.3 niitä ohjeita hyödyntäen.

SOP-ohje tulee jakaa osa-alueisiin, mikäli se on mahdollista. Ohjeiden ensimmäinen osa-alue voi olla esimerkiksi toimintavaihe. Toimintavaiheessa kerrotaan, mitä ohje

kuvaa, mitä ohje sisältää ja kenelle ohje on tarkoitettu. Toimintavaiheen ohjeissa myös käydään läpi työturvallisuuteen ja laatuun liittyvät asiat.

Toinen osa-alue SOP-ohjeessa on prosessien kohdat ja kuvaukset työstä. Työt tehdään tietyssä järjestyksessä kokoonpanon nopeuttamiseksi ja selkeyttämiseksi. Työvaiheet kuvataan kirjallisesti ja kuvien avulla. Kuvissa on kuvatekstit ja järjestysnumerot ohjeiden selkeyttämiseksi. Ohjeessa myös pyritään selittämään tekemisen peruste. Kerrotaan, miksi asiat tehdään kyseisellä tavalla, ja onko turvallisuuteen liittyviä seikkoja otettava huomioon.

Viimeisessä osa-alueessa käydään läpi tehtaan kokoonpanon työn tavoitteet ja se, miten kauan työvaiheissa kestää. Kestoa laskiessa pyritään pilkkomaan työvaiheisiin kuluva aika ja sen lisäksi laskemaan yhteenlaskettu kesto. Tavoite on, että tuotannon suunnittelijat pystyvät arvioimaan, kauanko laitteessa kestää kokoonpanna ja suunnitella materiaalivirran kokoonpanoon sen perusteella.

SOP-standardia laatiessa on myös mietittävä, onko prosessissa mahdollisia ongelmia. Työvaiheiden kestoa laskiessa täytyy muistaa, että kokoonpanossa on paljon muuttujia. Esimerkiksi settilavalta voi puuttua jokin tavara, tai staattorissa voi olla jotain vikaa. Tämän takia kokoonpanossa pitää olla niin monta moottoria työn alla, että jos yhden kokoonpano pysähtyy, niin asentajat voivat siirtyä toisen moottorin kokoonpanoon. Työvaiheiden ajastuksen ansiosta työnjohto pystyy arvioimaan kokoonpanon tarpeet tukkimatta kokoonpanoa.

5.3 SOP-ohjeen käyttöönotto ja ylläpito

Minun tekemiä SOP-ohjeita ei vielä ole otettu käyttöön tätä insinööriyötä kirjoitettaessa. Käyn kuitenkin tässä osiossa läpi, miten SOP-ohjeet otetaan käyttöön ja miten niiden laatua ylläpidetään.

Ohjeiden valmistuttua on mietittävä, miten SOP-standardia voidaan arvioida. Kun arviointikriteerit ovat päätetty, voidaan määrittää SOPin arvo suhteessa yhtiön laajempiin tavoitteisiin. Arvioitavia asioita ovat esimerkiksi lisääntykö kokoonpantujen moottorien määrä, vähenikö moottoreissa esiintyneiden haittojen määrä, kulkiko kokoonpanon taravavirta ajallaan ja oliko kokoonpanossa liian vähän vai liikaa moottoreita työn alla

SOP-ohjeita täytyy testata ohjeiden laadun parantamiseksi. SOP-ohjeiden mukaiset toimintatavat tulee implementoida operatiiviseen toimintaan esimerkiksi kouluttamalla henkilöstöä sekä käyttämällä SOP-ohjeita perehdyttämisessä.

Ohjeita testataan kokoonpanossa, ja on tärkeää pyytää asentajilta palautetta SOP-ohjeista. Pelkästään johdon kanssa keskusteleminen ei riitä, vaan on tärkeää saada palautetta ihmisiltä, jotka tekevät kyseistä työtä päivittäin. Asentajien ehdotukset listataan ylös, minkä jälkeen mietitään johdon kanssa, voiko SOP-ohjeita ja standardia parantaa.

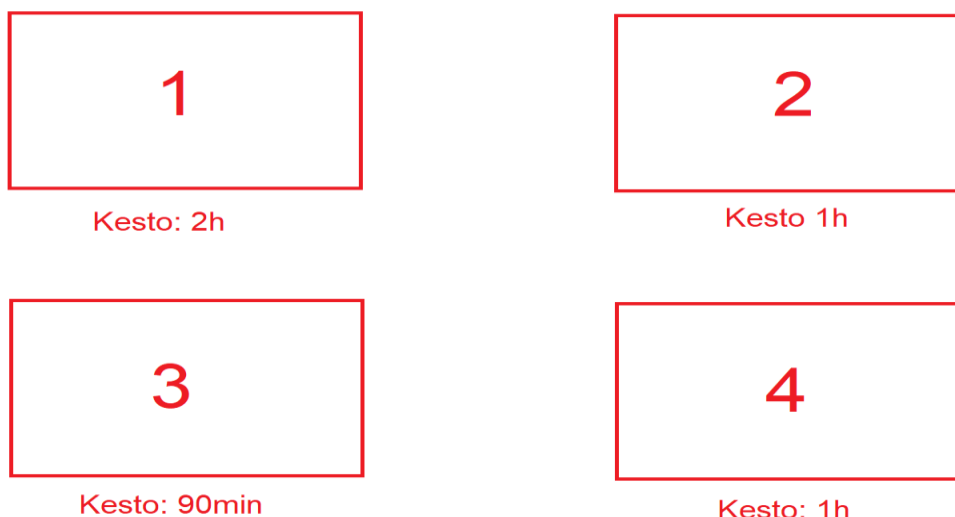
Tarvittaessa esimiesten tulee käydä SOP-ohjeet läpi ja tehdä niihin parannuksia. Muutuneet tiedot ovat helppoja päivittää SAP-järjestelmään.

5.4 SOP-standardi tuotannossa

Tekemäni SOP-standardi tulee osaksi kokoonpanoa (manufacturing). Tuotesiirtomoottorien keskimääräinen läpimenoaika oli selvitetty ennen ohjeiden tekemisen aloittamista. Läpimenoajan avulla standardin tehokkuutta pystyy vertailla aikaisempaan työtahtiin.

Tuotteen kokoonpano on jaettu ajastettuihin työvaiheisiin. Tavoitteena on saada arvioitu aika tuotteen läpimenoille. Tämän avulla pystytään seurata tuotteiden valmistumista ja huomata eroavaisuudet läpimenoajoissa.

Kuvassa 6 on esimerkki tuotteen kokoonpanon työvaiheista. Työvaiheet ovat ajastettuja ja asentajien tulee pyrkiä suorittamaan työvaihe aikamääreessä. SOP-ohjeet ovat ajastaneet työvaiheiden jokaisen tehtävän, ja sen takia tuotannon suunnittelijan on helppo tarkastella tuotteiden kokoonpanon aikoja.



Kuva 6. Tuotteen kokoonpano on jaettu neljään eri työvaiheeseen, jotka ovat ajastettuja.

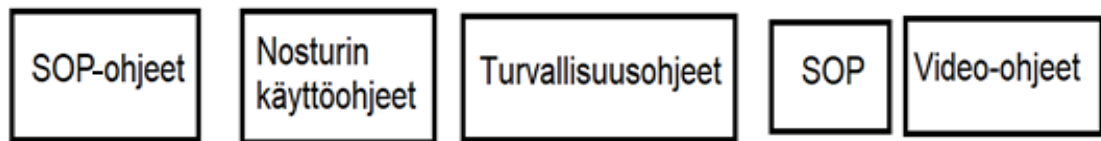
Standardisoinnista ei ole mitään hyötyä, jos standardisoinnissa ei pyritä parantamaan toimintamalleja. Läpimenoaikaa seuraamalla on helppo huomata, jos kokoonpanossa on haasteita. Esimiehen tulee selvittää, onko kyse heikosta materiaaalivirrasta, puutteellisesta standardista, vai jostakin muusta. Ongelman selvittyä täytyy miettiä, voiko ongelman syntymisen estää päivittämällä nykyistä käytössä olevaa standardia. (4, s. 31–33.)

SOP-ohjeita käyttöön ottaessa voi tulla eteen haasteita. Yleisin ongelma SOP standardin implementaatioissa on se, että vanhemmat työntekijät eivät halua muuttaa työtapojaan, sillä tarvittavissa parannuksissa kestää jonkin verran tehdä. (4, s.39.)

Standardoitujen työtapojen käyttöönoton pitäisi lähteä työpisteen esimiehestä. Insinöörin on vaikea lähteä ajamaan standardin käyttöönottoa, sillä hän ei tunne työpistettä ja työntekijöitä samalla tavalla, kuin esimies. Työntekijät ovat myös helpommin johdettavissa, kun johtaja on tuttu esimies. (4, s.39.)

Standardit eivät ole koskaan täydellisiä, ja tästä syystä työpisteen tuntevan esimiehen on helpompi korjata standardia ja ohjeistaa työntekijöitä mahdollisista muutoksista. SOP-ohjeet kannattaa asettaa työpisteelle selkeälle paikalle, josta niitä on helppo käydä kertaamassa.

Tässä työssä luodut SOP-ohjeet tulevat sekä sähköisessä muodossa ABB:n järjestelmiin, että paperisena kokoonpanoon. Kuvassa 7 esitellään kokoonpanossa esiintyviä työohjeita SOP-ohjeiden ja -standardin lisäksi.



Kuva 7. Kuvaus kokoonpanoon prosesseihin liittyvistä ohjeista.

5.5 Lopputarkastus standardin avulla

Lopputarkastus on tuotteen valmistamisen viimeinen prosessi. Lopputarkastuksessa tarkistetaan, että tuote täyttää valmistajan vaatimukset laadussa, ulkonäössä ja toiminnassa. Tarkoitus on se, että asiakas ei menetä luottamusta valmistajaan korjaamalla mahdolliset ongelmat ennen tuotteen lähettämistä asiakkaalle.

Tehtaassa tuotteet testataan esimerkiksi testikentällä, josta tuote lähetetään seuraavaan työvaiheeseen tai takaisin kokoonpanoon. Jokaisen tehtaan valmistaman tuotteen täytyy olla samanlainen ja yhtä laadukas, kuin kaikki muut saman sarjan tuotteet. Standardin tavoite on vähentää tuotteiden takaisinkutsua testikentältä mahdollisimman pieneksi. Jokainen takaisinkutsuttu tuote myöhästyy suunnitellusta läpimenoajasta ja aiheuttaa lisäkustannuksia yhtiölle.

6 Läpimenoajan parantaminen

6.1 Läpimenoaika ja sen periaatteet

Tehtaassa pyritään luomaan mahdollisimman paljon arvoa työntekijöille ja asiakkaalle. Tuotteen valmistaminen vie aikaa, ja tätä aikaa kutsutaan läpimenoajaksi. Tuotteen valmistamiseen sisältyy aina arvoa lisäävä ja ei-arvoa lisäävä työaika. (8.)

Läpimenoaikaa voi parantaa vähentämällä turhuutta ja ei-arvoa lisäävää työtä työprosessista. Työympäristön parantaminen 5S-menetelmällä helpottaa asentajien työtä, mikä myös parantaa läpimenoaikaa. Turhuuden ja ei-arvoa lisäävän työn selvittämisessä täytyy seurata läpimenoaikoja, ja huomata poikkeavat ajat standardista. Läpimenoajan parantamisessa voi käyttää apuna esimerkiksi Littlen lakia.

Kasvat läpimenoajat johtavat siihen, että keskeneräiset tuotteet (WIP) odottavat kokoonpanossa seuraavaan työvaiheeseen pääsyä. Tämä hidastaa kokoonpanoa, sillä kokoonpanossa on rajattu määrä tilaa ja keskeneräiset tuotteet ja niiden materiaalit hidastavat ja vaikeuttavat asentajien työtä. (5, s.23.)

Kasvat läpimenoajat myös johtavat siihen, että tuotannon suunnittelu täytyy tehdä pidemmälle aikavälille, ja tuotannon joustavuus vähenee. Pidemmät läpimenoajat kasvattavat toimitusaikoja, mikä taas heikentää yrityksen kilpailukykyä.

Lawrence D. Fredendall ja Mathia Thürer esittelee viisi tapaa parantaa tuotantoa Toyotan tapaan. Tuotannon parannustyyli on jaettu määrää lisäävään lähestymistapaan ja arvoa lisäävään lähestymistapaan. (4, s.95.) Määrää lisäävät tavat ovat:

- lisätä työntekijöiden määrää
- lisätä tuotannossa olevien tuotteiden määrää
- tehdä ylitöitä.

Arvoa lisäävät eli Kaizenia hyödyntävät tavat:

- työskennellä järkevämmiin
- vähentää hukkaa ja ei-arvoa lisäävää työtä.

Määrää lisäävien lähestymistapojen haaste on se, että määrän lisääntyessä myös kustannukset lisääntyvät. (4, s.96.)

6.2 Littlen laki

Littlen laki linkittää läpimenon, varaston ja tuotevirran. Littlen lakia käytetään läpimenoajan selvittämiseen, jonotusajan arvioimiseen ja tuotannon tehostamiseen. Tehtaissa pyritään välttämään pullonkaulan (Bottle Neck) syntymistä tuotantoon ja Littlen laki auttaa suhteuttamaan tuotantoa kapasiteettiin nähden. (10.) Littlen lain alkuperäinen kaava on:

$$L = \lambda W.$$

L tarkoittaa jonossa olevien tulevien tuotteiden tai asiakkaiden lukumäärää

λ tarkoittaa aikaa, kuinka kauan tuotteilla tai asiakkailla kestää saapua jonoon

W tarkoittaa kuinka kauan tuote tai asiakas joutuu jonottamaan. (10.)

Nykyisin Littlen laista käytetään kaavaa

$$WIP = TH \times CT \text{ tai } CT = WIP / TH.$$

WIP (Work In Progress) tarkoittaa keskeneräisiä tuotteita varastoissa, työstöön tulevien kappaleiden lukumäärä

TH (Throughput) on läpimeno

CT (Cycle Time) on jaksoaika.

Silloin kun asiakas valitsee tuotetta, yksi tärkeimmistä kriteereistä, hinnan ja laadun lisäksi on toimitusaika. Littlen lailla pystytään osoittamaan, että tuotteiden läpimenoaikaa pystytään vähentämään parantamalla tehtaan suorituskykyä tai vähentämällä WIP-varastoa. (5, s.35–41.)

6.3 Kapasiteetti tehtaassa

Tehtaassa tuotteet vaativat useita työvaiheita ennen valmistumista. Silloin kun yhdessä prosesissa ei riitä kapasiteetti tuotteiden lukumäärään suhteutettuna, niin syntyy pullonkaula tuotantoon. Littlen lain avulla tuotantoa säädellään kapasiteetin mukaan. (5, s.42–43.)

Kapasiteettia voi laskea kokoonpanossa esimerkiksi taulukon 1 avulla:

Taulukko 1. Esimerkki kokoonpanon kapasiteetin laskemista

Moottori	Työmäärä	Läpimenoaika	Moottorien LKM	Asentajien määrä
Tyyppi A	32 H	32 - 40 H	5	1 per moottori
Tyyppi B	50 H	50 - 80 H	3	1 - 2 per moottori

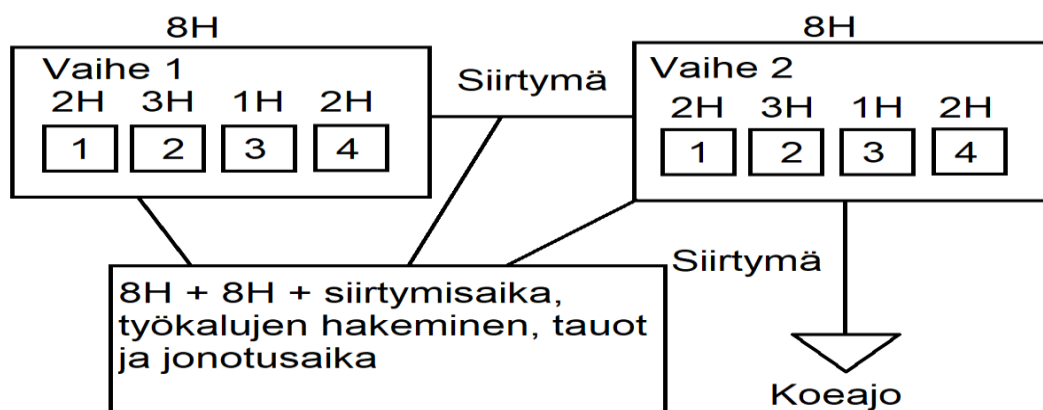
Muutokset läpimenoajassa johtuu materiaalivirrasta, asentajien ammattitaidosta ja asentajien määrästä per moottori, työohjeiden selkeydestä ja mahdollisesta puollonkaulasta seuraavassa työvaiheessa. Työvuoroihin sisältyy myös tauot, jotka täytyy ottaa huomioon läpimenoaikaa laskettaessa. Moottorityyppi A on nopeampi kokoonpanna, eli se on joustavampi ja ei tuki kokoonpanoa yhtä helposti, kuin moottori B. Tämä tarkoittaa sitä, että Tyyppiä A voi tilata kokoonpanoon suuremmissa määrissä kuin B.

Kokoonpanossa työpisteen tila on suurin kapasiteetin jarruttaja, ja mitä vähemmän koneita seisoo kokoonpanossa, niin sitä enemmän moottoreita pystytään valmistamaan.

6.4 Lämpimenoajalla laskenta

Esimerkiksi moottorin A kokoonpanon työmäärässä kestää 16 tuntia SOP-ohjeiden mukaan. Jos tehtaassa on aamu- ja iltavuoro, niin työpäivässä on $8 * 2$ tuntia eli 16 tuntia. Tässä tapauksessa moottorin suunniteltu läpimenoaika olisi vähintään 1 työpäivä. Arvioiduksi läpimenoajaksi arvioidaan kuitenkin noin kaksi päivää (32 tuntia), sillä asentajat eivät tee töitä tauotta, moottorin liikuttamisessa työvaiheiden välillä kuluu aikaa, ja asentajat joutuvat odottamaan materiaalien saapumista.

Kuvassa 8 esitellään moottorin läpimenoajan laskenta. Työvaiheet ovat ajastettuja, mutta työvaiheiden lisäksi aikaa kuluu moottorin siirtämiseen ja mahdolliseen jonotukseen työvaiheiden välillä.



Kuva 8. Moottorin läpimenoajan arviointi selkeytettynä.

Mikäli tehtaassa on tavoite saada moottoreita A valmistettua 40 viikossa, niin täytyy laskea, kuinka monta moottoria täytyy olla työn alla päivässä tavoitteen saavuttamiseksi. Moottorin A kokoonpanossa kestää enintään 32 tuntia. Moottoreita tarvitaan 40, eli työtunteja vaaditaan $40 * 32 = 1280$. Yhdessä työpäivässä on 16 työtuntia, eli työmäärä jaetaan yhden päivän työtunneilla $1280 / 16 = 80$. Tästä nähdään, että tehtaassa täytyy olla $80 / 5 = 16$ moottoria työn alla päivittäin tavoitteen saavuttamiseksi.

Kaavassa 1 on moottorien työtuntien laskeminen selkeämmin esitettynä kaavamuodossa.

$$\text{Työmäärä} = \text{moottorien määrä} * \text{arvioitu läpimenoaika}$$

$$\text{Moottoreita työn alla per päivä} = \frac{\text{Työmäärä}}{\text{Päivän työtunnit} * \text{viikon työpäivät}}$$

Kaava 1. Työtuntien laskeminen.

Nyt kun on päivittäinen moottoritarve selvillä, niin tuotannon suunnittelija pystyy siirtämään työvoiman oikeille työpisteille ja varmistamaan, että kapasiteetti kokoonpanossa riittää moottorien valmistukseen.

6.5 Läpimenoaikojen tarkastelu

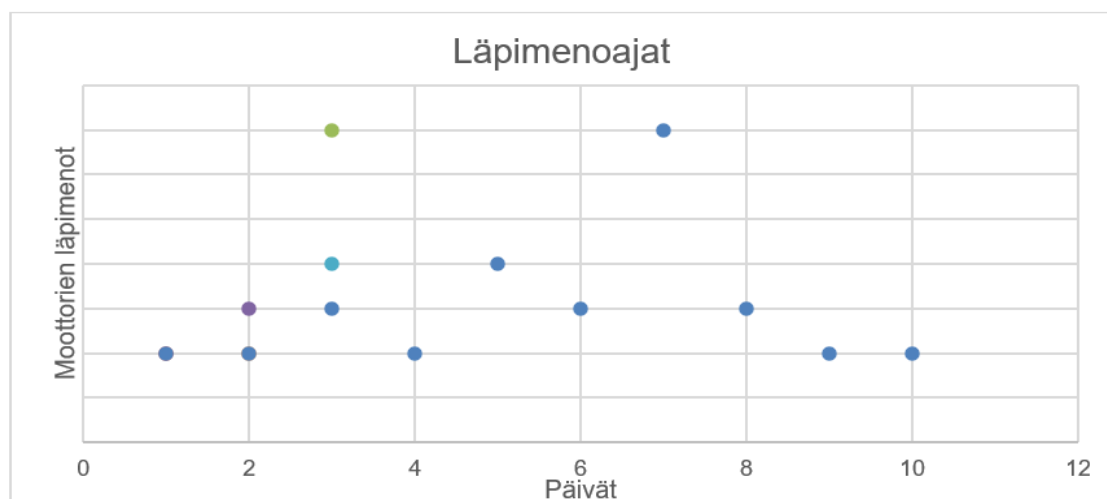
Tehtaassa pyritään saamaan läpimenoaikojen hajonta mahdollisimman pieneksi. Kasvavat läpimenoajat ja suuri vaihtelu läpimenoajoissa vaikeuttaa tuotannon suunnittelua ja joustavuutta. Läpimenoaikoja seuraamalla pystyy huomaamaan tuotannossa piilevät ongelmat ja sen kautta niitä pystyy ratkomaan.

Taulukoissa 2 ja 3 on esimerkki tapauksesta, jossa moottorien läpimenoajoissa on suuri vaihtelu. Tavoiteaika moottorissa on noin 1 – 2 päivää, mutta syystä tai toisesta moottoreita on seissyt kokoonpanossa toista viikkoa. Lean-filosofiaa hyödyntäen tuotannon suunnittelijan täytyy selvittää, mistä vaihtelu johtuu ja miten korjata ongelmat.

Taulukko 2. Moottorien läpimenoajat Excelissä kirjoitettuna.

	Läpimenoaika (PV)	Tavoite	% Tavoitteesta
Moottori A	4	2	200 %
Moottori A	8	2	400 %
Moottori A	7	2	350 %
Moottori A	2	2	100 %
Moottori A	1	2	-50 %
Moottori A	2	2	100 %
Moottori A	3	2	150 %
Moottori A	5	2	250 %
Moottori A	3	2	150 %
Moottori A	3	2	150 %
Moottori A	6	2	300 %
Moottori A	10	2	500 %
Moottori A	9	2	450 %

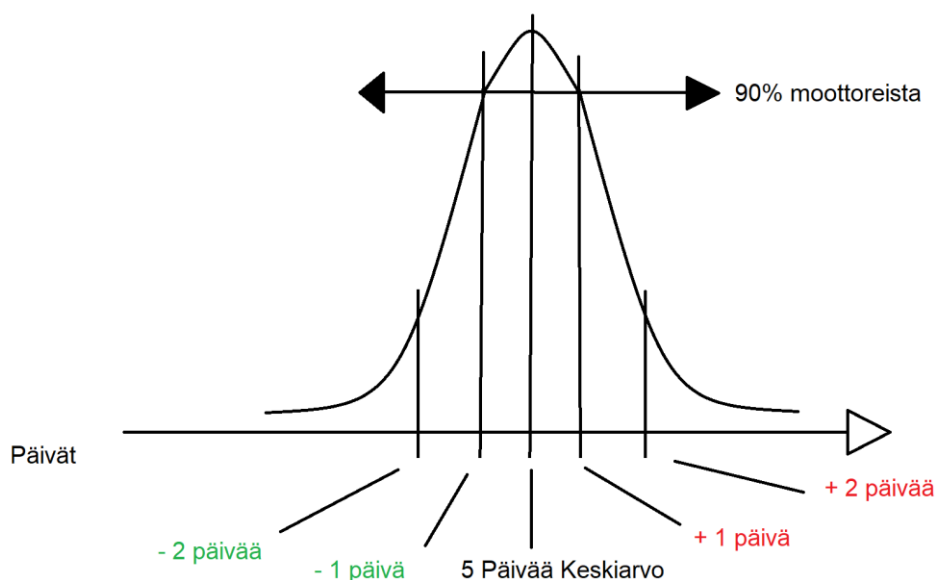
Taulukko 3. Suuri vaihtelu läpimenoajoissa, taulukkona Excelissä.



Tehtaassa tuotteiden läpimenoaikoja tarkastellaan sähköisten järjestelmien avulla. Ennen työn aloittamista asentaja merkitsee järjestelmään, että aloittaa kyseisen moottorin kokoonpanon. Moottorin kokoonpano kerryttää tunteja järjestelmän avulla SAP-tietokantaan ja moottorin valmistuttua tuotannon suunnittelija näkee, miten kauan moottorin läpimenoa kesti. Läpimenoajat voidaan kirjata esimerkiksi Exceliin taulukon 2 osoittamalla tavalla.

Kasvat läpimenoajat hidastavat tuotteiden toimitusta asiakkaalle, mikä saattaa johtaa asiakkaan luottamuksen menettämiseen. Jokaisessa tehtaassa tavoitteena on saada yhtenäiset läpimenoajat, minkä avulla tuotantoa on helppo suunnitella ja resursseja on helpompi siirrellä tehtaassa.

Kuvassa 9 on esimerkki yhtenäisestä keskihajonnasta moottorien läpimenoajoissa. Tehtaan kokoonpanossa pyritään päästä yhtenäiseen keskihajontaan, sillä silloin moottorien tuotantoa on helpompi säädellä kysynnän mukaan. Kuvassa 9 ylöspäin osoittavat viivat esittävät valmistuvien moottorien määrää ja kuvaajasta on helppo nähdä, että moottorimallin kokoonpanossa 90 % moottoreista valmistuu 4–6 päivän aikana. Keskiarvoksi saadaan siis 5 päivää. Yli 5 päivää kestävässä kokoonpanossa on todennäköisesti ilmennyt jonkinlainen ongelma, johon tulee puuttua.



Kuva 9. Yhtenäinen keskihajonta.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön aikaansaannoksena syntyi standardisoidut ohjeet tuotesiirtomoottorin kokoonpanoon. Standardisoinnin tavoite oli nopeuttaa ja yhtenäistää moottorin kokoonpano. Insinööriyö on jaettu teoriaosuuteen ja SOP-ohjeisiin.

Teoriaosuuteen kuuluivat lean-ajattelun periaatteet ja ABB:n omasta SAP-järjestelmästä saadut SOP-standardin luomisen ohjeet. Työssä käytiin läpi, miten tehtaassa tarkastellaan moottorien läpimenoaikoja, miten läpimenoajalla lasketaan kapasiteettia ja miten SOP-standardia voi käyttää läpimenoaikojen parantamiseen.

SOP-ohjeet luotiin käyttämällä ABB:n omaa SAP-järjestelmää. Ohjeissa työvaiheeseen liittyvät työt on selitetty yksityiskohtaisesti. Työn kuvauksen jälkeen ohjeissa lukee tekemisen peruste, tarvittavat työvälineet ja laitteet, työn tavoite ja työhön liittyvät kuvat. Työvaiheet ovat myös ajastettuja, ja SOP-ohjeen lopussa näkyy koko työvaiheeseen kuluva aika.

Haasteita SOP-ohjeiden luomisessa oli se, että eri työvuorojen asentajilla oli erilaiset vakiintuneet työtavat kokoonpanna moottori. SOP-standardissa tavoite on yhtenäistää työt, minkä avulla varmistutaan siitä, että kokoonpanon ensimmäinen ja sadas moottori ovat identtisiä. Ohjeita tehdessä piti arvioida ja päättää, mitkä työtavat olivat tehokkaimmat ja sopivimmat SOP-ohjeisiin.

Kävin tehtaassa pyytämässä palautetta ohjeisiin asentajilta. Asentajien mielipide on erittäin tärkeä, sillä asentajat tietävät uusimmat työtavat parhaiten. Asentajat pitivät SOP-ohjeita selkeinä ja asiallisina. Insinööriyön valmistuessa SOP-ohjeita ei ollut vielä käytteenotettu ja testattu.

SOP-ohjeiden pituudeksi tuli yhteensä 11 sivua. Ohjeet kuvaavat neljän eri työvaiheen työt tuotesiirtomoottorin kokoonpanossa. Luodut ohjeet sisältävät salassa pidettävää materiaalia, joten niitä ei julkaista.

Lähteet

1. Santos Javier, Wysk Richard A. and Torres Jose M. 2006. Improving production with Lean Thinking. Jhon Willey and Sons, incorporated.
2. Lal H. Organizational Excellence Through Total Quality Management. 2008. New Age International Ltd.
3. Moore, Ron. 2006. Selecting the right manufacturing improvement tools: What tool? When? Butterworth-Heinemann. Elsevier Science and Technology.
4. Obara Samuel and Wilburn Darril. 2012. Toyota by Toyota: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry. Productivity Press.
5. Fredendall Lawrence D. and Thüerer Matthias. 2013. An Introduction to Lean Work Design: Fundamentals of Lean Operations, Volume I. Business Expert Press.
6. Tuotesiiirtomoottori. 2020. Verkkoaineisto. ABB. <<https://new.abb.com/motors-generators/motors-and-generators-for-explosive-atmospheres/flameproof-motors/high-voltage-flameproof-motors>> Luettu 21.9.2020.
7. Räjähdyksvaaralliset tilat. 2020. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/teollisuus/rajahdyksvaaralliset-tila>> Luettu 21.9.2020.
8. Lean-teoriaa. 2020. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>> Luettu 9.10.2020.
9. ABB lyhyesti Suomessa. 2020. Verkkoaineisto. ABB. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>> Luettu 4.9.2020.
10. Littlen laki. 2020. Verkkoaineisto Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/littlen-laki/>> Luettu 9.10.2020.
11. Standard Operating Procedure. 2020. Verkkoaineisto Process.st. <<https://www.process.st/writing-standard-operating-procedures>> Luettu 10.10.2020.