

Jani Latvala

LEAN SIX SIGMAN KESKEISIMMÄT HYÖDYT JA HAASTEET

Teknisten tieteiden tiedekunta
Kandidaatintyö
Toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

Jani Latvala: Lean Six Sigman keskeisimmät hyödyt ja haasteet
Kandidaatintyö, 34 sivua
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden tutkinto-ohjelma, konetekniikka
Toukokuu 2019

Tämän kandidaatintyön aiheena on Lean Six Sigman keskeisimmät hyödyt ja haasteet. Lean Six Sigma on tunnettu ja yleisesti käytetty menetelmä. Kilpailu on kiristynyt niin teollisuudessa kuin palvelualoillakin, joten menestymiseen ja menestyksekkäästi liiketoiminnassa pysymiseen tarvitaan entistä tehokkaampia prosesseja ja vähemmän hukkaa. Pärjätäkseen kilpailussa yrityksen tulee parantaa prosessejaan ja panostaa tuotekehitykseen. Lean Six Sigman avulla on mahdollista parantaa prosesseja, vähentää hukkaa sekä tuottaa parempaa laatua alhaisemmilla kustannuksilla.

Tässä työssä perehdyttiin kirjallisuuden pohjalta Leanin ja Six Sigman tärkeimpiin työkaluihin ja menetelmiin, joiden avulla pyritään parantamaan yritysten prosesseja. Työn tavoitteena oli perehtyä Lean Six Sigmaan sekä sen hyötyihin ja haasteisiin sekä valmistavassa teollisuudessa että palvelualoilla.

Työn tuloksena saatiin selville Leanin, Six Sigman ja Lean Six Sigman keskeisimmät ja tärkeimmät työkalut ja menetelmät. Lisäksi työssä perehdyttiin Lean Six Sigman hyötyihin ja haasteisiin valmistavassa teollisuudessa sekä palvelualoilla, erityisesti terveydenhuollossa. Työn tuloksena saatiin Lean Six Sigman hyödyt ja haasteet valmistavassa teollisuudessa sekä terveydenhuollossa. Työn yhteenvetona voidaan todeta, että Lean Six Sigman avulla on mahdollista saavuttaa merkittäviä tuloksia eri aloilla. Voidaan todeta, että Lean Six Sigma sopii hyvin käytettäväksi myös palvelualoilla.

Avainsanat: Lean Six Sigma, Lean, Six Sigma, DMAIC, imuohjaus, arvovirtakuvaus, JIT

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1.JOHDANTO	1
2.LEAN	2
2.1 Tärkeimmät työkalut.....	2
2.1.1 5S	2
2.1.2 Kanban ja imuohjaus	4
2.2 Arvovirtakuvaus	6
2.3 Virtaustehokkuus	7
2.4 Just-In-Time	8
2.5 Tuotannon hukat	9
2.6 Leanin tulokset.....	11
3.SIX SIGMA.....	12
3.1 DMAIC-ongelmanratkaisumalli.....	12
3.1.1 Määrittelyvaihe (Define)	13
3.1.2 Mittaus (Measure).....	15
3.1.3 Analysointi (Analyze)	19
3.1.4 Parannus ja optimointi (Improve)	20
3.1.5 Ohjaus ja valvonta (Control).....	22
3.2 Käyttöönoton syyt.....	22
3.3 Six Sigman tulokset.....	23
4.LEAN SIX SIGMA	24
4.1 Työkalut	25
4.2 Lean Six Sigman tulokset.....	26
5.YHTEENVETO.....	27
5.1 Hyödyt.....	27
5.2 Haasteet	30
LÄHTEET	32

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ANOVA	engl. Analysis of Variance, varianssianalyysi
CTQ	engl. Critical to Quality, kriittinen laatuvaatimus
DOE	engl. Design of Experiments, koesuunnittelu
FMEA	engl. Failure Mode and Effect Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi
Gage R&R	engl. Gage Repeatability and Reproducibility, uusittavuus- ja toistettavuustesti
JIT	engl. Just-In-Time, juuri oikeaan tarpeeseen
MSA	engl. Measure System Analysis, mittaussysteemin analysointi
OFAT	engl. One Factor at a time, yksimuuttujakoe
RPN	engl. Risk Priority Number, riskiluku
SIPOC	engl. Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers, korkean tason prosessikuvaus
SPC	engl. Statistical Process Control, tilastollinen prosessinohjaus
VOC	engl. Voice of Customer, asiakkaan ääni
VSM	engl. Value Stream Mapping, arvovirtakuvaus

1. JOHDANTO

Menestyminen ja menestyksekkäästi liiketoiminnassa mukana pysyminen on entistä haastavampaa nyt kuin koskaan aikaisemmin. Kilpailu on kiristynyt niin teollisuudessa kuin palvelualoillakin, joten tarvitaan entistä tehokkaampia prosesseja ja vähemmän hukkaa. Pärjätäkseen kilpailussa yrityksen tulee parantaa prosessejaan ja panostaa tuotekehitykseen. Prosessien parantamiseen tarvitaan erilaisia laatutyökaluja ja -menetelmiä. Suosittuja laatumenetelmiä ovat Lean-ajattelu, Six Sigma ja näiden kahden yhdistelmä, Lean Six Sigma.

Työssä keskitytään Leanin ja Six Sigman tärkeimpiin työkaluihin ja menetelmiin, joiden avulla pyritään parantamaan yritysten prosesseja. Prosesseja pyritään parantamaan vähentämällä prosessien satunnaisvaihtelua ja poistamalla prosesseista hukkaa. Työn tavoitteena on selvittää Leanin ja Six Sigman keskeisimpiä hyötyjä ja haasteita. Hyötyjä ja haasteita tarkastellaan erityisesti valmistavan teollisuuden ja palvelualojen näkökulmasta.

Työn luvussa 2 käsitellään Leanin teoriaa, tärkeimpiä työkaluja, menetelmiä ja tuotannon hukkia. Leanin käsittelyn jälkeen luvussa 3 tarkastellaan Six Sigmaa ja DMAIC-ongelmanratkaisumallia. Mallin vaiheet ja niiden tärkeimmät työkalut esitellään yksityiskohtaisesti. Leanin ja Six Sigman pohjalta kehitettyä Lean Six Sigmaa, sen työkaluja ja tuloksia käsitellään luvussa 4. Luku 5 toimii työn yhteenvetona, joka kokoaa yhteen Lean Six Sigman hyödyt ja haasteet valmistavassa teollisuudessa sekä palvelualoilla.

2. LEAN

Lean-menetelmällä pyritään tunnistamaan ja poistamaan hukat liiketoimintaprosessien nopeuden ja joustavuuden maksimoimiseksi, jotta asiakkaalle voidaan toimittaa oikea tuote oikeaan aikaan. Menetelmä soveltuu tuotantoprosessien ja liiketoimintaprosessien parantamiseen. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 3)

Yrityksen tai organisaation tehtävänä on tuottaa arvoa asiakkailleen ja itselleen. Työn suorittamiseen kuluvaa aikaa kutsutaan läpimenoajaksi. Läpimenoaika pitää sisällään arvoa lisäävää ja arvoa tuottamatonta työtä. Lean-ajattelun perusajatus on määrittää arvo asiakkaan näkökulmasta. Arvoa tuottavalla työllä tarkoitetaan niitä asioita, joista asiakas on valmis maksamaan suoraan tai epäsuorasti. (Six Sigma) Vastaavasti arvoa tuottamaton työ kuluttaa aikaa, materiaalia ja tilaa, mutta ei edistä tuotetta fyysisesti tai lisää sen arvoa (Carreira 2004, s. 2). Leanin mukaan on olemassa kahdeksan hukkaa: ylituotanto, yliprosessointi, kuljetukset, tarpeeton liikkuminen, odottaminen, varastointi, virheet ja henkilöstön potentiaalinen käyttämättä jättäminen (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 4).

Leanin toinen oleellinen asia on muuttaa tuotanto resurssikeskeisestä virtauskeskeiseksi. Virtauksella tarkoitetaan materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon keskeytymätöntä liikkumista ilman väli- tai tuotevarastoja (Tuominen 2010, s. 72).

2.1 Tärkeimmät työkalut

Lean sisältää lukuisia työkaluja prosessien hukan tunnistamiseen ja pienentämiseen. Työkalujen tarkoitus on tuoda prosessien ongelmat esiin. Vastaavasti ihmisten tehtävä on ratkaista ilmenneet ongelmat hyödyntäen erilaisia työkaluja ja menetelmiä. Tässä luvussa käsitellään Leanin keskeisimpiä ja tärkeimpiä työkaluja.

2.1.1 5S

5S on usein Leanin yhteydessä nähtävä menetelmä. Se tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että oikeat asiat ovat oikealla paikalla. Monet organisaatiot käyttävät menetelmää luodakseen hyvin organisoidun ja toimivan työpaikan. Hyvin organisoiduilla työpaikoilla esiintyy vähemmän vaihtelua, sillä tavaroiden etsimiseen ei kulu aikaa. (Modig et al. 2013, s. 144)

Arcidiacono ja Calabrese (2012, s. 189) mukaan 5S on menetelmä, joka luo ja ylläpitää työympäristön siisteyttä, järjestystä, tehokkuutta ja turvallisuutta. Menetelmän hyötyjä

voidaan arvioida laadun, turvallisuuden ja tuottavuuden näkökulmasta. Tuottavuuden näkökulmasta menetelmän hyötyjä ovat hukka-ajan vähentyminen etsiessä työlle välttämättömiä välineitä tai tuotteita, lyhentyneet läpimenoajat sekä koneiden tehokas ylläpito säännöllisen huollon ja puhdistuksen ansiosta. Turvallisuuden näkökulmasta menetelmä parantaa työergonomiiaa ja lisää mukavuutta. Lisäksi menetelmä pienentää onnettomuuden todennäköisyyttä. Laadun näkökulmasta menetelmä eliminoi mahdollisuuden käyttää valmistukseen sopimattomia työkaluja tai komponentteja. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 189)

5S-menetelmä koostuu nimensä mukaisesti viidestä vaiheesta. Vaiheiden nimet tulevat sen alkuperämaan japaninkielisten sanojen (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) alkukirjaimista (QL Laatu toiminta Oy 2016). Englanniksi vaiheiden nimet ovat *sort*, *set in order*, *shine*, *standardize* ja *sustain*. Menetelmän viisi vaihetta ovat:

- Lajittelu (Sort, Seiri)
- Järjestäminen (Set in order, Seiton)
- Puhdistaminen (Shine, Seiso)
- Standardointi (Standardize, Seiketsu)
- Ylläpidä (Sustain, Shitsuke)

Lajitteluvaiheessa tarkoituksena on tunnistaa, mitä työpaikalla tarvitaan ja mitä ei. Tunnistamisen jälkeen poistetaan tarpeettomat asiat tai esineet. Tarpeettomia asioita tai esineitä voivat olla esimerkiksi materiaalit, tiedostot, laitteet, työvälineet ja tarvikkeet (Six Sigma). Tunnistamisen helpottamiseksi on laadittu kolme kysymystä. Ensimmäiseksi tulee pohtia, mikä on esineen tai asian tarkoitus? Esineen tai asian tarkoituksen jälkeen tulee miettiä, miksi työpaikalla on se, ja kuinka usein sitä käytetään? (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 190)

Lajitteluvaiheen jälkeen siirrytään järjestämisvaiheeseen. Vaiheen tarkoituksena on järjestää lajitteluvaiheesta jäljelle jääneet tavarat niin, että niitä voidaan käyttää nopeasti, ne löydetään nopeasti ja ne voidaan varastoida nopeasti. Käytännön kannalta käytetyimmät tavarat kannattaa sijoittaa parhaimmalle paikalle. Lisäksi tavaroiden paikat on hyvä merkata selvästi, jotta kaikki työntekijät löytävät tavaroiden oikeat paikat. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 190)

Kun ylimääräiset tavarat on karsittu ja jäljelle jääneet tavarat järjestetty paikoilleen, on aika siirtyä kolmanteen vaiheeseen, puhdistamiseen. Kolmannen vaiheen tarkoituksena on ylläpitää aikaan saatua järjestystä. (Carreira 2004, s. 251) Järjestystä voidaan ylläpitää säilyttämällä tavarat niille osoitetuilla paikoilla sekä puhdistamalla lattiaa ja koneita

säännöllisesti. Koneiden puhdistaminen on erittäin tärkeä asia, sillä se voi ehkäistä onnettomuuksia. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 190)

Neljännän vaiheen tarkoituksena on ylläpitää ja parantaa kolmea edellistä vaihetta. Tässä vaiheessa jokaisella asialla tai esineellä tulee olla osoitettu ja merkitty paikka. Paikan merkitsemisessä kannattaa hyödyntää visuaalisia ohjeita ja värejä, jotka helpottavat ihmisiä pitämään tavarat oikeilla paikoilla. Visuaalisten ohjeiden tulisi kertoa, mikä kuuluu minne, missä on mitä, ja miten tavarat kuuluvat olla. (Carreira 2004, s. 251) Lisäksi järjestyksen ylläpidossa kannattaa hyödyntää päivittäisten siivous-, ylläpito- ja järjestystehtävien tarkistuslistaa. Tarkistuslistan käyttöä auttaa jaetut alueet ja vastuut. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 190)

5S-menetelmän viides ja samalla viimeinen vaihe on ylläpito. Vaiheen tavoitteena on nimensä mukaisesti ylläpitää menetelmän avulla saadut tulokset. Ylläpidon avulla vältytään esimerkiksi turhien tavaroiden kertymiseltä ja tavaroiden etsimiseen kuluvalta ajalta. Ylläpidon lisäksi menetelmää tulee parantaa jatkuvasti ja vakiinnuttaa opittuja toimintatapoja. Vakiinnuttamista edesauttaa tarkastukset, ja tämän jälkeiset mahdolliset korjaavat toimenpiteet. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 190)

2.1.2 Kanban ja imuohjaus

Kanban on japania ja tarkoittaa merkkiä, korttia tai signaalia. Kanban on tuotannon ajoitusjärjestelmä, joka auttaa määrittämään, mitä pitää tuottaa, milloin ja kuinka paljon. Järjestelmä on keskeinen osa Just-In-Time-tuotantoa, jossa oikeat osat tai tiedot toimitetaan oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. (Gygi & BarCharts 2016, s. 2) Kanban-kortit viestittävät varastolle tai alihankkijalle materiaaliarpeen syntymisestä, tai ne ovat merkki edelliselle työvaiheelle osien valmistuksen aloittamiseksi.

Kanban-järjestelmässä ohjausimpulssit tulevat asiakkailta eli asiakaskysyntä ohjaa toimintaa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että asiakkaan tilauksesta jätetään valmistusmääräys viimeiselle valmistusvaiheelle. Viimeinen valmistusvaihe viestittää syntyneestä osa- tai materiaaliarpeesta kanban-korteilla edeltävälle valmistusvaiheelle tai varastoon. Edellinen vaihe valmistaa tai toimittaa kyseisen määrän, jonka seuraava vaihe käyttää. Näin yhdistämällä kaikki valmistusvaiheet loppukokoonpanosta alihankkijaan tulee mahdolliseksi harjoittaa Just-In-Time-tuotantoa ilman, että annettaisiin valmistusmääräys jokaiselle työvaiheelle. Just-In-Time-tuotannon mahdollistamisen lisäksi menetelmä synnyttää tuotantoon imuohjauksen. (Yamashina 1982, s. 8–9) Imuohjausta käsitellään tarkemmin alaluvun 2.1.2 viidennessä kappaleessa.

Kanban-järjestelmässä on käytössä sekä yhden että kahden kanban-kortin menetelmä. Yhden kortin kanban-menetelmässä yksittäinen kortti viestittää edeltävälle valmistusvaiheelle tuotannon aloitussignaalin ja tuotantomäärän. (Hopp & Spearman 2000, s. 164) Kahden kortin kanban-menetelmässä kontrolloidaan sekä tuotantoa että materiaalin kuljetusta. Tuotanto-kanban käynnistää tarvittavien osien valmistuksen edellisessä valmistusvaiheessa. Vastaavasti kuljetuskortilla ilmaistaan tarvetta siirtää osat seuraavaan valmistusvaiheeseen. (Sendil Kumar & Panneerselvam 2007, s. 394) Kanban-korttien ensisijainen tehtävä on välittää kaikki valmistuksessa tarvittava informaatio (Yamashina 1982, s. 9).

Kanban-järjestelmä luo suhteita, jotka tunnistavat, missä materiaaleja käytetään ja mistä ne täydennetään. Materiaalit sijoitetaan tuotantolinjalle, jossa niitä tarvitaan. Materiaalitoimitukset voidaan toimittaa suoraan tuotantolinjalle, mikä vähentää transaktioiden prosessointitarvetta eli paperityön määrää. Järjestelmä on suunniteltu yksinkertaistamaan materiaalin- ja varastonhallintaa. Sen tavoite on nopeuttaa varaston kiertoa ja vähentää liiketoiminnan käyttöpääomavaatimuksia (Hobbs & Books24x7 2003, s. 30).

Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, jonka toiminta perustuu asiakastarpeen tahtiin ja jossa varastojen ja keskeneräisen tuotannon määrä on rajoitettu. Toisin sanoen materiaalivirran kontrolloimiseen käytetään oikeasti tapahtuvaa kysyntää eikä ennusteita. Tuotteita ja puolivalmisteita valmistetaan ja kuljetetaan eteenpäin ainoastaan, mikäli niitä tarvitaan ketjun seuraavassa vaiheessa. Käytännössä imuohjaus toteutetaan kanban-korttien avulla. Kanban-kortit antavat luvan valmistaa tai kuljettaa tuotteita kortin osoittaman määrän. Ilman kanban-korttia ei ole lupa valmistaa eikä kuljettaa tuotteita. (Logistiikan maailma 2019) Imuohjauksen ensisijainen tavoite on pienentää varastoa ja siihen liittyviä kustannuksia (Sendil Kumar & Panneerselvam 2007, s. 394). Tämän lisäksi imuohjauksella voidaan saavuttaa seuraavia konkreettisia hyötyjä:

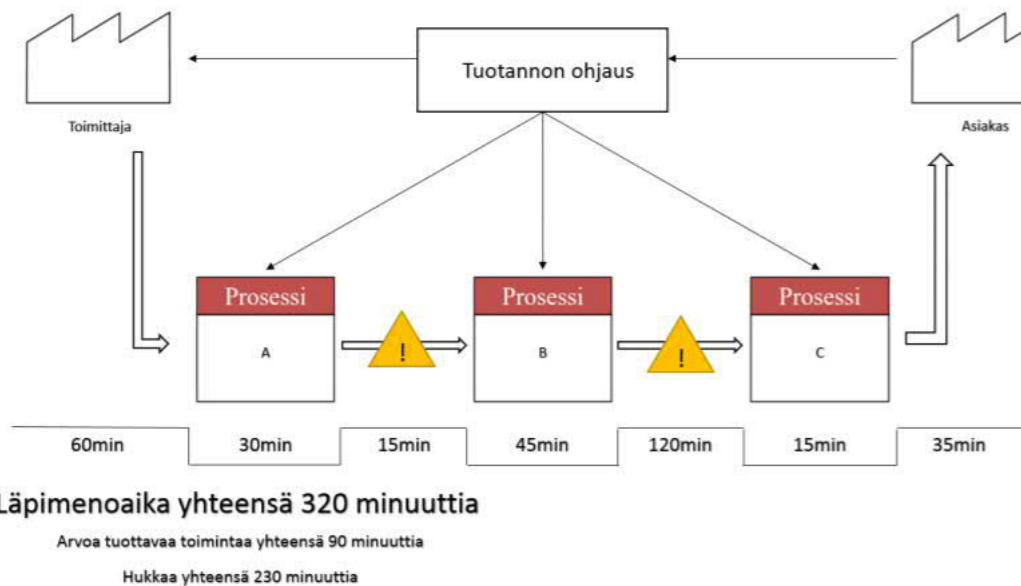
- yksinkertaistaa omaa materiaalinohjausta
- lyhentää tuotannon läpimenoaikaa
- selkeyttää tuotantoa
- parantaa tuotannon joustavuutta ja lisätä asiakaslähtöisyyttä. (Kouri 2010, s. 23)

Pitkän aikavälin kehitystyön tavoitteena on vähentää liikkeellä olevien kanban-korttien tai -laatikoiden määrää, jolloin tuotantojärjestelmän varastot pienenevät. Tämä onnistuu kehittämällä työmenetelmiä ja asetusaikoja eikä nopeuttamalla työtahtia. Imuohjaus pyrkii vähentämään Lean-toiminnan keskeistä hukkaa, ylituotantoa. (Kouri 2010, s. 22)

2.2 Arvovirtakuvaus

Prosessin kehittämiseen yksi yleisesti käytetty menetelmä on arvovirtakuvaus (VSM=Value Stream Mapping). Siinä kuvataan prosessin vaiheet, yhteydet, tiedonkulku, materiaalin kulku, varastojen määrät ja prosessien ajat yhdelle lomakkeelle. Havainnollistava kuva arvovirtakartasta esitetään kuvassa 1. Arvovirtakuvauksen avulla voidaan tunnistaa prosessin parannusmahdollisuuksia. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 30)

Arvovirtakuvaus koostuu tyypillisesti neljästä vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa piirretään prosessin nykytilasta arvovirtakartta. Seuraavassa vaiheessa tunnistetaan arvovirtakartan avulla mahdolliset parannusmahdollisuudet. Kolmannessa vaiheessa piirretään parannusmahdollisuudet huomioiden tulevaisuuden arvovirtakartta. Viimeisessä vaiheessa luodaan toimintasuunnitelma, jonka avulla saavutetaan kolmannessa vaiheessa piirretty arvovirtakartan mukainen tilanne. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 31)



Kuva 1. Havainnollistava kuva arvovirtakartasta (Ulla 2016, s. 15).

Varsinaisen arvovirran yläpuolella kuvassa 1 esitetään vasemmalta oikealle toimittajat, tuotannon ohjaus ja asiakas. Arvovirtakartan alaosassa kuvataan prosessin kaikki vaiheet raaka-aineista valmiiseen tuotteeseen. Lisäksi alaosassa kuvataan prosessien kestot sekä niiden väliset odotusajat. Kuvassa 1 keltaisella kolmiolla havainnollistetaan keskeneräisten tuotteiden varastoa. Mustat ohuet nuolet kuvaavat tiedonkulkua ja vastaa-

vasti mustat paksut nuolet kuvaavat materiaalin kulkua. Lisäksi arvovirtakartassa esitetään kokonaisläpimenoaika, jossa on tyypillisesti eritelty arvoa tuottava ja arvoa tuottamaton aika.

2.3 Virtaustehokkuus

Jotta voi ymmärtää, mitä virtaustehokkuudella tarkoitetaan, on tärkeää ymmärtää prosessien toiminta, sillä virtaustehokkuus syntyy prosesseissa. Kaikissa organisaatioissa on prosesseja. Niitä ovat esimerkiksi kehitys-, hankinta-, tuotanto-, toimitus- ja huolto-prosessit. Prosessin tehtävä on viedä eteenpäin jalostettavaa asiaa, jota kutsutaan virtausyksiköksi. Virtausyksikkö voi olla esimerkiksi materiaalia, informaatiota tai ihmisiä. (Modig et al. 2013, s. 17–19)

Resurssitehokkuudessa pääpaino on resurssien hyödyntämisessä. Modigin et al. (2013, s. 20) mukaan hyvä resurssitehokkuus tarkoittaa, että aika, jona resurssit antavat arvoa, on pitkä suhteessa tiettyyn ajanjaksoon. On tärkeää hyödyntää resursseja jatkuvasti eli varmistaa, että resurssit jalostavat aina jotakin virtausyksikköä.

Vastaavasti virtaustehokkuudessa tarkastellaan sitä, miten virtausyksikkö etenee prosessin läpi. Modigin et al. (2013, s. 20) mukaan hyvä virtaustehokkuus tarkoittaa, että aika, jona virtausyksikkö saa arvoa, on pitkä tiettyyn ajanjaksoon verrattuna. Hyvän virtaustehokkuuden takaamiseksi on tärkeää pitää virtaus käynnissä eli varmistaa, että koko ajan jokin resurssi jalostaa virtausyksikköä. Resurssitehokkuudessa maksimoidaan resurssin arvoa tuottava aika ja vastaavasti virtaustehokkuudessa maksimoidaan virtausyksikön arvoa vastaanottava aika. (Modig et al. 2013, s. 17–19)

Ennen kuin virtaustehokkuus voidaan määrittää, tulee määrittää läpimenoaika. Läpimenoaika on aika, joka virtausyksiköltä kuluu, kun se etenee prosessin alusta loppuun (Modig et al. 2013, s. 22). Läpimenoaikaa voidaan käyttää usein arvon mittarina: mitä lyhyempi se on, sitä parempi. Kun läpimenoaika on määritelty, voidaan virtaustehokkuus määrittää. Virtaustehokkuus on Modigin et al. (2013, s. 26) mukaan arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan.

Toimivalla virtauksella voidaan saavuttaa monia hyötyjä: parantaa laatua, lisätä joustavuutta, parantaa tuottavuutta, vapauttaa lattiatilaa, parantaa turvallisuutta, parantaa työmotivaatiota ja pienentää varastokustannuksia (Tuominen 2010, s. 72–73). Lisäksi toimiva virtaus vaikuttaa oleellisesti toimitusvarmuuteen ja asiakastytyvyyteen. Toimitusvarmuuden kannalta oleellista on, että kaikki tilaukset saadaan ongelmitta prosessin läpi. Tasaisesti virtaavaa ja luotettavaa prosessia on helpompi hallita ja sen suorituskykyä

on helpompi ennustaa, jonka seurauksena toimituspäivä voidaan arvioida tarkemmin. (Transval Group 2017)

Yksi toimivalla virtauksella saavutetuista hyödyistä on parantunut laatu. Laatu parantuu, kun työntekijä tai solun työntekijät valmistavat yhden tuotteen kerrallaan ilman vaiheiden välistä varastoa. Tällöin työn tulos on helpompi tarkastaa, eikä virheellinen tuote pääse eteenpäin. (Tuominen 2010, s. 72–73)

Joustavuus lisääntyy, kun läpimenoaika on lyhyt. Tällöin voidaan reagoida nopeasti asiakkaan tarpeeseen ja vastata kysynnän muutokseen. Virtauskeskeisellä tuotannolla voidaan parantaa tuottavuutta. Hyvin virtaavassa prosessissa arvoa tuottamatonta työtä on vähän, joten tuottavuus on korkea. Virtauskeskeisessä tuotannossa pyritään minimoimaan väli- ja tuotevarastot, mikä johtaa lattiatilan vapautumiseen. Vapautunut lattiatila voidaan käyttää esimerkiksi kapasiteetin lisäykseen. (Tuominen 2010, s. 72–73)

Turvallisuus paranee, kun valmistetaan yksi tuote tai pieni erä kerrallaan. Tavara virtaa suunniteltuja reittejä pitkin, joten ei synny yllätyksiä prosessissa tai sen ulkopuolella työskenteleville. Virtauskeskeisessä tuotannossa jokainen tuotannon osa on tärkeä. Jokainen voi nähdä työnsä tuloksen ja tuntea itsensä arvokkaaksi. Lisäksi varastokustannukset pienenevät, joten vapautuvaa pääomaa voidaan hyödyntää esimerkiksi investointeihin. (Tuominen 2010, s. 72–73)

2.4 Just-In-Time

Just-In-Time-tuotannossa eli lyhyemmin JIT-tuotannossa oikeat osat tai tiedot toimitetaan oikeaan paikkaan oikeaan aikaan (Gygi & BarCharts 2016, s. 2). Periaatteen mukaan materiaaleja valmistetaan, kuljetetaan ja siirretään vain todellisen tarpeen mukaan. Todellinen tarve syntyy asiakaskysynnästä. (logistiikanmaailma.fi) Pääoman sitoutuminen, ylimääräinen käsittely, ylimääräinen varastossapito ja laatutulosten hidastaminen ovat seurausta siitä, että työn alla on samanaikaisesti paljon valmisteita (Yamashina 1982, s. 2).

Perinteisessä tuotannossa pyritään ennustamaan, mitä asiakas haluaa ja tämän perusteella valmistetaan tuotteita. Tuotteita valmistetaan suuria eriä, sillä uskotaan, että tällöin koneita ja prosesseja hyödynnetään tehokkaasti. Tämä johtaa pitkiin läpimenoaikoihin, suuriin välivarastoihin ja suuriin lopputuotevarastoihin. (Lean manufacturing tools 2019)

Yksi tärkeimmistä asioista JIT-menetelmässä on imuohjaus. Imuohjauksen toteuttamiseksi on olemassa useita työkaluja. Yleisin niistä on kanban-menetelmä. Menetelmässä viestitetään kanban-korttien välityksellä alihankkijalle, varastolle tai edelliselle

työvaiheelle syntyneestä materiaalityöväst. Menetelmästä kerrotaan tarkemmin alaluvussa 2.1.2 *Kanban ja imuohjaus*.

JIT-menetelmän hyötyihin lukeutuvat:

- pienentyneet tuotantokustannukset
- pienentyneet varastot
- lyhentyneet läpimenoajat
- parantunut laatu
- työvoimatarpeen väheneminen
- tehostunut tiimityöskentely
- vähentynyt hukka. (García-Alcaraz & Maldonado-Macías 2016, s. 12)

García-Alcaraz ja Maldonado-Macías (2016, s. 161) mukaan yleisesti menetelmän tärkeimpänä hyötynä pidetään prosessin tehokkuuden kasvattamista. Toiseksi tärkein JIT-menetelmän hyöty on hukan väheneminen. Näin ollen menetelmän suurimmat hyödyt liittyvät tuotantoprosessiin. Menetelmän kolmanneksi tärkein hyöty on laatu, joka on kahden edellisen hyödyn tulos. Tärkeimmistä hyödyistä voidaan päätellä, että menetelmän tärkein keino, jolla yritys voi saavuttaa kilpailuetua, on prosessin tehostaminen ja laadun parantaminen. Näin voidaan tuottaa sopivaa laatua kilpailijoita alhaisimmalla hinnolla. (García-Alcaraz & Maldonado-Macías 2016, s. 161)

2.5 Tuotannon hukat

Lean-menetelmän tarkoituksena on parantaa yrityksen tuottavuutta. Tuottavuutta ei ole tarkoitus parantaa kasvattamalla työtahtia, vaan poistamalla hukkaa prosesseista. Hukan poistaminen on Lean-ajattelun ydin. (Tuominen 2010, s. 86) Hukka määritellään resurssien kuten ajan, materiaalin ja työvoiman käytöksi, joista asiakas ei ole valmis maksamaan tai se ei lisää tuotteen tai palvelun arvoa (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 4). Erilaisia hukkia on löydettävissä kaikkialta, on kyse sitten toimistotyöstä, tehtaan kokoonpanolinjasta tai asiakaspalvelusta (Kouri 2010, s. 10). Arcidiacono ja Calabrese (2012, s. 4) mukaan hukat voidaan jakaa kahdeksaan kategoriaan:

1. **Yli tuotanto.** Yli tuotannolla tarkoitetaan sitä, että valmistetaan tai tilataan enemmän kuin on välttämätöntä. Tavoitteena on valmistaa tilattu määrä oikeaan aikaan.

2. **Yliprosessointi.** Yliprosessoinnilla tarkoitetaan tarpeettomia prosesseja ja toimintoja, jotka eivät lisää tuotteen tai palvelun arvoa. Tavoitteena on optimoida arvoa tuottavat toiminnot ja poistaa tarpeettomat vaiheet.
3. **Kuljetukset.** Tarpeeton materiaalien kuljettaminen luokitellaan hukaksi, koska se ei lisää asiakasarvoa. Tavoitteena on minimoida kuljetukset järjestämällä prosessit lähelle toisiaan.
4. **Tarpeeton liikkuminen.** Ylimääräinen liike työvaiheiden aikana, kuten esimerkiksi etsiminen, kurottelu, osien ja työkalujen etsiminen ovat hukkaa. Tavoitteena on poistaa tarpeeton liikkuminen ja parantaa materiaalien sijoittelua työpaikalla.
5. **Odottaminen.** Tarkoittaa aikaa, joka ei tuota arvoa. Odottamista syntyy esimerkiksi pullonkaulojen, epäjatkuvan virtauksen ja epätasaisen työmäärän seurauksena. Tavoitteena minimoida arvoa tuottamaton aika, ja synnyttää prosessiin jatkuva virtaus.
6. **Varastointi.** Liian suuri raaka-aineiden, keskeneräisten tuotteiden ja valmiiden hyödykkeiden varastointi aiheuttaa läpimenoajan pidentymistä, ylimääräisiä kuljetus- ja varastointikustannuksia sekä myyntikelvottoman tavaran riskiä. Tavoitteena on mitoittaa varasto oikein todellisen tarpeen ja toimittajan toimitusaikojen mukaan.
7. **Virheet.** Virheillä tarkoitetaan tuotteita tai palveluja, joita ei voi myydä asiakkaille. Virheistä aiheutuu aina lisäkustannuksia organisaatiolle.
8. **Henkilöstön potentiaalin käyttämättä jättäminen.** Tällä tarkoitetaan henkilöstön kykyjä, ideoita ja parannusehdotuksia, jotka jäävät hyödyntämättä. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 4)

Tuomisen (2010, s. 86) mukaan useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä. Välttämätön edellytys hukan poistamiselle on hukan tunnistaminen. Hukan tunnistaminen ei ole aina helppoa, mutta hukan tunnistamiseen on kehitetty monia keinoja. Yksi keino hukan tunnistamiseen on tunnistaa arvoa tuottava työ. Muu kuin arvoa tuottava työ on hukkaa. Toinen keino hukan tunnistamiseen on nykytilanteen analysointi. Nykytilanteen analysointiin on käytettävissä muun muassa prosessikaavioita, menetelmien kuvauksia, aikakaavioita ja tarkistuslistoja. (Tuominen 2010, s. 86) Näiden analysointimenetelmien avulla hukan tunnistaminen on helpompaa.

Hukan tunnistamisen jälkeen hukka voidaan poistaa prosesseista. Hukan poistaminen prosesseista parantaa tuottavuutta ja tehostaa prosesseja. Tuominen (2010, s. 87) on listannut kirjassaan ohjeita, joiden avulla hukka poistetaan prosesseista. Ensimmäinen

ohje hukkan poistamiseen on lopettaa ”näin on ennenkin tehty” -ajattelu. Tulee kehittää ihmisen ja koneen välistä toimivuutta sekä poistaa tarpeettomat liikkeet. Tämän lisäksi tulee tutkia yleisempiä hukkan lähteitä, kuten säilyttämistä, kuljetuksia, siirtoja, prosessi-aikaa ja tarkastamista. (Tuominen 2010, s. 87)

Hukkien tunnistamisen ja poistamisen lisäksi hukkan syntymistä voidaan ehkäistä. Hukan syntymisen ehkäisyyn on olemassa monenlaisia keinoja. Yksi keino on standardoida prosessi, joka estää hukkan syntymisen. Lisäksi tulee jatkuvasti kehittää hukkan synnyn, ehkäisyyn, tunnistamisen ja poistamisen menetelmiä. (Tuominen 2010, s. 87)

2.6 Leanin tulokset

Leanin avulla on mahdollista saavuttaa lukuisia hyötyjä. Saavutetut hyödyt riippuvat käytetyistä työkaluista, menetelmistä sekä sovelluskohteista. Lean pyrkii tunnistamaan ja pienentämään prosessien hukkaa sekä lyhentämään läpimenoaikoja. Lisäksi Leanin peruseriaatteisiin kuuluu lisätä maksimaalisesti arvoa asiakkaalle ja karsia asiakkaalle arvoa tuottamatonta toimintaa. Leanissa arvo määritellään asiakkaan näkökulmasta. Tämä johtaa mahdollisesti parantuneeseen asiakastyytyväisyyteen sekä kustannusten pienemiseen.

Leanin yhtenä pyrkimyksenä on tuottaa oikeat osat tai tiedot oikeaan paikkaan oikeaan aikaan sekä harjoittaa imuohjausta. Näiden seurauksena keskeneräinen työ vähenee, varastot pienenevät, läpimenoajat lyhenevät sekä toiminta tehostuu. Lisäksi pienentyneet varastot vähentävät sitoutuneen pääoman määrää, tilantarvetta sekä aiheutuvia kustannuksia.

Leanin tuloksena syntyy hyvin määritellyt ja organisoidut prosessit, jotka sisältävät mahdollisimman vähän hukkaa. Hukkaa pyritään eliminoimaan esimerkiksi ylläpitämällä siisteyttä sekä määrittämällä jokaiselle esineelle tai osalle omat paikkansa. Siisteys ja järjestys lisäävät turvallisuutta, mukavuutta, viihtyisyyttä sekä vähentävät hukkaa.

3. SIX SIGMA

Six Sigma on laatufilosofia, jonka tarkoituksena on tuottaa parempaa laatua pienemmillä kustannuksilla. Six Sigma pyrkii tilastollisia menetelmiä hyödyntäen parantamaan systemaattisia prosesseja. Menetelmän tavoitteena on pienentää prosessin vaihtelua prosessin tuotoksissa. Vaihtelun pienentämiseen pyritään tutkimalla prosessin syyseuraussuhteita ja tekemällä niistä oikeita johtopäätöksiä.

3.1 DMAIC-ongelmanratkaisumalli

Six Sigma pohjautuu viisivaiheiseen DMAIC-ongelmanratkaisumalliin, jolla saavutetaan haluttu tavoite. DMAIC-malli on yksi Six Sigma -konseptin käytetyimpiä jatkuvan parantamisen työkaluja (Uusitalo 2012). Mallin on kehittänyt tri Mikael J. Harry satunnaisen syyn löytämiseksi (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 43). Lyhenne DMAIC tulee sanoista *define, measure, analyze, improve, control* eli määrittely, mittaus, analysointi, parannus ja ohjaus (Zhan & Ding 2015).



Kuva 2. DMAIC-ongelmanratkaisumallin viisi vaihetta (Uusitalo 2012).

Menetelmässä siirrytään seuraavaan vaiheeseen kuvan 2 mukaisesti, kun edellinen vaihe on saatu päätökseen. Tarvittaessa voidaan palata edellisiin vaiheisiin. Menetelmä perustuu laajaan valikoimaan laadullisia ja määrällisiä työkaluja, joiden avulla optimoidaan valmistus- ja transaktioprosessit vähentämällä niiden vaihtelua (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 1). Aluksi menetelmässä keskitytään ongelman kuvaamiseen ja syyehdokkaiden (epäiltyjen) etsimiseen, karakterisointivaiheeseen. Vaiheen jälkeen seuraa optimointivaihe, jossa syytekijöitä muuttamalla pyritään parantamaan prosessia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 43)

Karjalainen ja Karjalainen (2002, s. 43–44) kiteyttää DMAIC-mallin suurimmat edut ja erot verrattuna normaaliin ongelmanratkaisumenetelmään seitsemään kohtaan:

1. **Ongelman mittaaminen.** DMAIC-mallissa ongelma tulee aina todistaa tosiasioilla eli esimerkiksi mittaustuloksilla.
2. **Keskittyminen asiakkaaseen.** Asiakastyytyväisyyteen keskittyminen on yksi Six Sigman tärkeimmistä pääperiaatteista.

3. **Juurisyiden todentaminen.** Mallissa ei riitä, että tiimi päättää yhdessä ongelman syystä. Syy tulee todistaa uudelleen esimerkiksi faktoilla ja datalla.
4. **Vanhoista tavoista luopuminen.** DMAIC-mallista tulevien ratkaisujen ei tulisi olla vain pieniä muutoksia vanhaan prosessiin. Todelliset muutokset saavat aikaan luovia uusia ratkaisuja.
5. **Riskin johtaminen.** Oleellinen osa mallia on kehittää ja testata uusia ratkaisuja. Uusien ratkaisujen kehittämiseen ja testaamiseen sisältyy aina riski.
6. **Tulosten mittaaminen.** Tulosten mittaaminen on oleellista, jotta voidaan varmistua muutosten todellisesta vaikutuksesta. DMAIC-malli perustuu dataan ja strukturoituun tilastolliseen ongelmanratkaisumenetelmään.
7. **Muutoksen ylläpitäminen.** Muutoksia tulee hoitaa, kehittää, tukea ja vaalia, jotta niistä tulee pysyviä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 43–44)

Alaluvuissa 3.1.1–3.1.5 käsitellään DMAIC-ongelmanratkaisumallin vaiheita sekä vaiheiden tärkeimpiä työkaluja tarkemmin.

3.1.1 Määrittelyvaihe (Define)

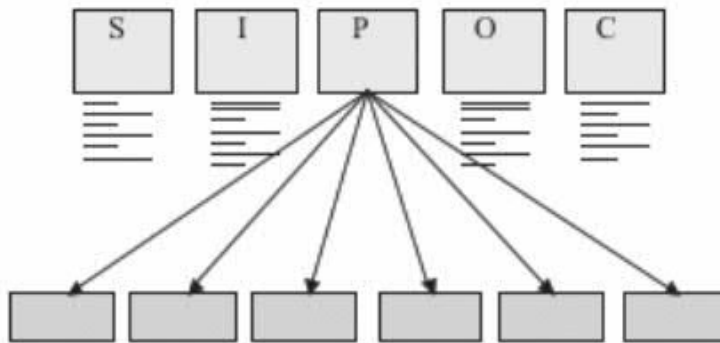
DMAIC-ongelmanratkaisumallin ensimmäinen vaihe on määrittelyvaihe (Define). Vaiheen tarkoituksena on määritellä ongelma ja asiakasvaatimukset. Nämä määrittelevät projektin tarkoituksen ja laajuuden. Tässä vaiheessa on oleellista vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Minkä asian parissa työskentelemme?
- Miksi työskentelemme tämän tietyn ongelman kimpussa?
- Kuka on asiakas?
- Mitkä ovat asiakkaan vaatimukset?
- Miten työ tai asia tällä hetkellä hoidetaan?
- Mitkä ovat parannuksen hyödyt? (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 46)

Tässä vaiheessa luodaan tyypillisesti noin yhden sivun pituinen projektikuvaus (project charter). Projektikuvaus tulee hyväksyttäväksi projektin johtajalla ennen kuin projekti voidaan aloittaa. SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers) -analyysi voidaan aloittaa heti, kun projektikuvaus on hyväksytty. Hyväksyttävällä varmistetaan, että koko tiimi ymmärtää täysin nykyisen prosessin, ketkä ovat prosessin sidosryhmät ja mitä asiakkaat tahtovat prosessilta. (Zhan & Ding 2015, s. 57)

Määrittelyvaiheen tavoitteena on aikaansaada selkeä lausuma asetetusta parannuksesta, ylätasen prosessikuvaus (SIPOC) eli kuvaus siitä, kuinka jalostusarvo muodostuu prosessissa sekä määrittää asioita, jotka ovat tärkeitä asiakastytyvyyden, laadun, toimitusajan ja kustannusten osalta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 46)

Vaiheen tärkeimpiin työkaluihin lukeutuvat SIPOC ja VOC-analyysi (VOC=Voice of Customer). SIPOC on korkean tason prosessikartta, jolla kuvataan yksinkertaistettuna prosessin vaiheet lähtien toimittajista ja päättyen asiakkaisiin. SIPOC tulisi tehdä määrittelyvaiheen alussa, sillä se määrittää projektin rajat ja laajuuden sekä erottaa prosessin syötteet ja tuotokset toisistaan. (Taghizadegan 2013, s. 148)



Kuva 3. Havainnollistava kuva SIPOC:n vaiheista (Taghizadegan 2013, s. 149).

Kuvan 3 mukaan prosessin alussa toimittajat (S=suppliers) antavat prosessille syötteen (I=inputs). Prosessi (P=process), jota on määrä parantaa, lisää arvoa, mikä johtaa tuotokseen (O=outputs), joka täyttää tai ylittää asiakkaan (C=customers) odotukset. Näin tehty prosessikartta auttaa tunnistamaan prosessin parannusmahdollisuudet. Olennaiset parannusmahdollisuudet on helpompi tunnistaa, kun aloittaa SIPOC:n oikealta (asiakkaiden odotuksista) ja etenee vasemmalle (toimittajiin). (Taghizadegan 2013, s. 148)

SIPOC:n luomiseksi on kuusi vaihetta:

1. Tunnista asiakkaat (ulkoiset ja/tai sisäiset).
2. Tunnista prosessin tuotokset.
3. Aseta makroprosessille rajat (prosessin alku ja loppu).
4. Määritä prosessin omistaja.
5. Määritä prosessin syötteet ja toimittajat.
6. Toista vaiheet käyttämällä ylhäältä alas -menetelmää. Erotta prosessin aikana arvoa lisäävät ja arvoa tuottamattomat toiminnot. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 14)

SIPOC auttaa hahmottamaan liiketoiminnan prosessinäkökulmasta, ja varmistaa, että kaikki tiiminjäsenet näkevät prosessin samalla tavalla. Lisäksi menetelmä auttaa tunnistamaan prosessin parannusmahdollisuuksia.

Toinen määrittelyvaiheen tärkeimmistä työkaluista on VOC-analyysi. Se on tärkeä osa onnistunutta Lean Six Sigma -projektia. Yksinkertaisesti, yksi Lean Six Sigman tavoitteista on vastata asiakkaiden tarpeisiin ja toiveisiin. VOC-analyysiä käytetään asiakkaiden tarpeiden ja toiveiden selvittämiseen. Asiakastarpeiden ja -toiveiden selvittämiseen on tunnistettava ja valittava tehokkain menetelmä. VOC-analyysi on olennainen osa jokaisessa DMAIC-prosessin vaiheessa, mutta erityisen tärkeä määrittelyvaiheessa. (Taghizadegan 2013, s. 113)

VOC-analyysi alkaa suorien ja epäsuorien asiakkaiden tunnistamisella. Tunnistamisen jälkeen kerätään ja analysoidaan asiakastarpeita ja -toiveita, jotta saadaan selville keskeisimmät asiakastarpeet. Suorien asiakkaiden tarpeet ja toiveet voidaan selvittää esimerkiksi kyselyiden, haastatteluiden, valituksien ja keskusteluryhmien avulla. Vastavasti epäsuorat asiakasvaatimukset voidaan tarkistaa esimerkiksi asetuksista, laeista ja säännöistä. Tämän jälkeen asiakastarpeet muutetaan kriittisiksi laatuvaatimuksiksi (CTQ=Critical to Quality). CTQ tarkoittaa tuotteen kriittistä laatuominaisuutta, jota asiakas odottaa tuotteelta tai palvelulta. Lopuksi voidaan määrittellä tuotteiden tai palveluiden kriittiset laatuvaatimukset (CTQ:t). (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 112)

VOC-prosessin tuloksena saadaan lista suorista ja epäsuorista asiakkaista ja asiakas-segmenteistä. Tämän lisäksi saadaan sanallista tai numeerista tietoa asiakastarpeista sekä tuotteiden tai palvelujen kriittiset laatuvaatimukset. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 112) Nämä auttavat organisaatiota tunnistamaan asiakastytyvyyteen vaikuttavia tekijöitä sekä suuntaamaan parannustoimenpiteitä oikeisiin kohteisiin.

3.1.2 Mittaus (Measure)

Mittausvaihe on looginen seuraus määrittelyvaiheelle. Vaiheen tarkoituksena on kerätä tietoja parannettavasta prosessista. Prosessista kerätyillä tiedoilla pyritään ymmärtämään paremmin, mitä prosessissa tapahtuu sekä mitkä ovat asiakkaiden odotukset ja ongelmat. Mittausvaihe aloittaa ongelman tai mahdollisten ydin- ja juurisyiden etsinnän. Tässä vaiheessa tulisi:

- ymmärtää prosessin toiminta luomalla nykyisestä tilasta prosessikartta
- ymmärtää, missä riski prosessissa sijaitsee suorittamalla vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA=Failure Mode and Effect Analysis)

- määrittää, kuinka hyvin prosessi täyttää asiakasodotukset
- varmentaa mittauksien luotettavuus. (Shankar 2009, s. 11)

Prosessilla on kolme pääkategoriaa mittauksille. Ensimmäinen kategoria on prosessin tuotos. Prosessin tuotoksien avulla voidaan mitata prosessin välittömiä tuloksia sekä pidempiaikaisia vaikutuksia. Välittömiä tuloksia ovat esimerkiksi kuljetukset, viat ja valitukset. Vastaavasti pidempiaikaisia vaikutuksia ovat esimerkiksi tuotto ja tyytyväisyys. Toinen kategoria on prosessi eli asiat, joita voidaan mitata ja jäljittää, joiden avulla pyritään havaitsemaan ongelmien syitä. Viimeinen kategoria on prosessin syöte, josta seuraa prosessin tuotos. Prosessin syötteitä mittaamalla voidaan tunnistaa mahdollisia ongelman aiheuttajia, sillä huonot syötteet saattavat vaikuttaa prosessin tuotokseen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 48)

Mittausvaiheen tuloksena syntyy prosessin lähtötilanteen dataa ja niistä tehdyt käyrät, jotka kuvaavat nykyisen tilanteen ja alustavat suorituskykymääräykset asiakkaille. Kerätty data rajaa ongelman tiettyyn paikkaan tai kuvaa sen yleisyyttä ja laajuutta. Datan luotettavuus on varmistettu ja sen on oltava < 10 % pienimmästä toleranssivälisestä ja/tai tutkittavan prosessin hajonnasta. Tämän jälkeen ongelman lausuma muutetaan tilastolliseksi ongelmaksi. Mittaustulokset luovat perustan seuraavalle vaiheelle, jossa analysoidaan sekä prosessia että dataa ja luodaan hypoteesi ongelman ratkaisemiseksi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 48)

Vaiheen tärkeimpiin työkaluihin lukeutuvat vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA), uusittavuus- ja toistettavuustesti (Gage R&R=Gage Repeatability and Reproducibility) sekä tilastollinen prosessinohjaus (SPC=Statistical Process Control). Työkaluja käsitellään tarkemmin omissa kappaleissaan.

Tässä vaiheessa tehtävä prosessikartta tulee olla valmis ennen FMEA:n aloittamista. FMEA on riskienhallintatyökalu, joka tutkii prosessin mahdollisia virheitä, niiden vaikutusten vakavuutta, syitä sekä nykyisiä tarkastusmenetelmiä virheiden havaitsemiseksi. Menetelmässä virheet arvioidaan niiden vakavuuden, yleisyyden ja havaitsemisen perusteella numeroilla 1-10. Tuloksena syntyvä riskiluku (RPN=Risk Priority Number) määrittää riskin jokaiselle prosessin vaiheelle. Riskiluku on virheen vakavuuden, yleisyyden ja havaitsemisen tulo. Korkein RPN ilmaisee prosessin vaiheen, jolla on suurin riski. (Shankar 2009, s. 14–16)

FMEA luodaan seuraavien vaiheiden avulla:

1. **Tunnista vikamuoto (failure mode).** FMEA:n ensimmäisen vaiheen vikamuoto on dokumentoitu prosessin ei-toivottu tuotos.

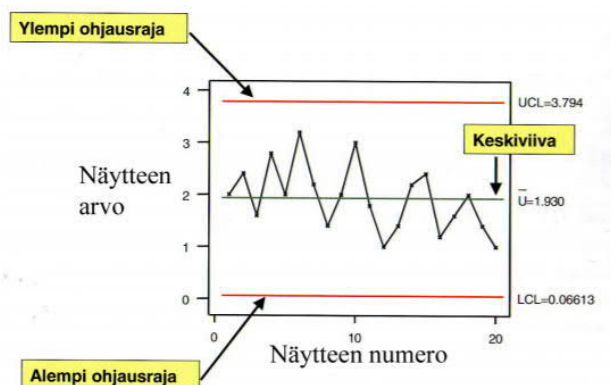
2. **Tunnista virheen vaikutus (failure effect).** Tässä vaiheessa tulee vastata kysymykseen: "Mitä jos tämä virhe tapahtuu?" Kysymyksen vastaus on virheen vaikutus.
3. **Tunnista syy (cause).** Kysy kysymys: "Mikä aiheutti vian/vikatilan?" Kysymyksen vastaus on syy. Tässä vaiheessa tulee tarkastaa, onko kyseinen syy tunnistettu prosessikartassa yhdeksi syötteenä (X). Mikäli ei ole, tulee syy lisätä prosessikarttaa. Tässä vaiheessa voi olla useita syitä yksittäiseen virhetilaan.
4. **Tunnista valvonnat (controls).** Listaa tässä vaiheessa kaikki valvontamenetelmät. Jos valvontamenetelmiä ei ole, dokumentoidaan "ei ole".
5. **Määritä riskiluku (RPN).** Riskiluku määritetään virheen vakavuuden, yleisyyden ja sen havaitsemisen perusteella asteikolla 1-10. Suuri luku tarkoittaa suurta vakavuutta, yleisyyttä ja huonoa havaitsemista. Vastaavasti pieni luku tarkoittaa vähäistä vakavuutta, vähäistä esiintymistä ja hyvää virheen havaitsemista.
6. **Määritä toimenpiteet.** Korkeiden riskilukujen kohdalla tarvitaan toimenpiteitä, joilla numeroita saadaan pienennettyä. Ideoiden laatimisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi aivoriihettä. Toimenpiteiden jälkeen lasketaan uudet riskiluvut, jotka tulee olla alkuperäisiä pienempiä. Riskiluku ei voi muuttua, ellei kyseistä vaihetta suunnitella uudelleen. (Shankar 2009, s. 14–16)

Ylläolevat vaiheet tulee toistaa jokaiselle prosessikartan vaiheelle, kunnes kaikki vaiheet ovat valmiita. FMEA:n avulla voidaan saavuttaa monia hyötyjä kuten parantaa laatua, luotettavuutta ja tuotteiden turvallisuutta. Menetelmä parantaa asiakastytyvyyttä sekä vähentää tuotteen kehitysaikaa ja kustannuksia. Kustannusten lisäksi menetelmä vähentää uudelleentyön, korjausten ja hukan määrää. Se dokumentoi ja jäljittää suoritettujen toimenpiteiden. Näiden lisäksi menetelmä priorisoi puutteet parannustoimenpiteisiin keskittymisessä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 168)

Gage R&R analysoi sitä, miten ja kuinka tarkasti tällä hetkellä prosessia mitataan. Tätä kutsutaan myös mittaussysteemin analysoinniksi (MSA=Measure System Analysis). MSA:n tavoitteena on selvittää, onko jokin vaihtelunlähteistä peräisin mittauksista ja määrittää mittaussysteemin luotettavuus. Organisaatio voi kuvitella, että vaihtelu tulee prosessista, vaikka todellisuudessa se aiheutuukin mittauksesta. Tällöin organisaatio voi tietämättään tehdä vääriä muutoksia prosessiin. Tämä voi vaikuttaa merkittävästi koko DMAIC-ongelmanratkaisuprosessiin. Tämän takia onkin tärkeä määrittää, onko mittaussysteemi luotettava vai ei. Ideaalisessa MSA:ssa mittaustulokset ovat sekä uusittavissa että toistettavissa. (Shankar 2009, s. 29)

On olemassa kahden tyyppistä MSA:ta riippuen onko kerätty data variaabeli- vai attribuuttidataa. Variaabelidataa kutsutaan jatkuvaksi dataksi, jota kerätään ja mitataan erilaisilla mittareilla. Mittareilla mitataan esimerkiksi korkeutta, painoa, tiheyttä, paksuutta, voimaa ja pituutta. Variaabeli Gage R&R tavoitteena on tunnistaa ja määrittää vaihtelun lähteitä, jotka vaikuttavat mittaussysteemiin. Vastaavasti attribuuttidata ilmaisee päätöksiä kuten läpäisee/ei läpäise, hyvä/huono ja hyväksyä/hylätä. (Shankar 2009, s. 20) Attribuutti Gage R&R menetelmän tavoitteena on yhdenmukaistaa toimintatavat, joilla eri henkilöt erottelevat esimerkiksi hyvät tuotteet huonoista. Tavoitteena on, että tarkastajat saavat yhdenmukaisia tuloksia keskenään sekä tunnetun master-tason kanssa. Menetelmä pyrkii vastaamaan: milloin koulutukselle on tarvetta, milloin ohjeet ovat puutteelliset tai milloin standardit eivät ole määritellyt. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 143–144)

Ohjaukortit ovat graafisia kortteja, joita käytetään seuraamaan, ohjaamaan ja stabiloimaan prosessin suorituskykyä tutkimalla vaihtelua ja sen lähteitä (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 170). Vaihtelu voidaan jakaa satunnaissyiden aikaansaamaan vaihteluun (common causes) ja erityissyiden aikaansaamaan vaihteluun (special causes). Satunnaissyistä johtuva vaihtelu on prosessin luonnollista vaihtelua, joka ei liity mihinkään erityiseen tapahtumaan. Vastaavasti erityissyistä aiheutuva vaihtelu liittyy usein erityisiin tapahtumiin. Erityisen syyn tuloksena prosessi näyttää usein trendin, kausiluontaisuuden tai muita ei normaaleja kuvioita. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 261) Ohjaukortit osoittavat onko prosessi stabiili ja ohjauksessa sekä erottelevat satunnais- ja erityissyitä toisistaan. Ohjaukorttien avulla pystytään määrittämään, milloin prosessia tulee säätää tai korjata, jotta se säilyttää ennustettavuutensa. Ohjaukortteja on olemassa lukuisia erilaisia. Käytettävät ohjaukortit valitaan käytettävissä olevan datan perusteella. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 173)



Kuva 4. Ohjaukortti (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 171).

Kaikissa SPC-korteissa on joitakin peruselementtejä, kuten keskiarvo, ylempi ohjausraja, alempi ohjausraja ja yksittäiset datapisteet. Nämä elementit ovat havainnollistettu

kuvassa 4. Kukin yksittäinen datapiste edustaa tarkasteltavaa ominaisuutta, esimerkiksi etäisyyttä tai vikojen määrää. Ohjausrajat kuvaavat laskettuja arvoja, jotka ovat kolmen standardipoikkeaman päässä keskiviivasta. Datapistettä, joka sijaitsee ohjausrajojen ulkopuolella, kutsutaan erityisyyksi. Tällöin on selvitettävä ja määritettävä, mistä syy johtuu. (Shankar 2009, s. 96)

3.1.3 Analysointi (Analyze)

Analysointivaiheen tarkoituksena on selvittää prosessin syy-seuraus-suhteiden avulla, mikä prosessin syöte vaikuttaa prosessin tuotokseen. Tässä vaiheessa eliminoidaan suuri määrä prosessin syötteitä tilastollisia menetelmiä käyttäen, jotka eivät vaikuta prosessin tuotoksiin. Analysointivaihe alkaa niiden toimien toteuttamisella, jotka mittausvaiheessa tunnistettiin. Prosessin muutosten jälkeen kerätään lisää dataa, jota analysoidaan tilastollisia menetelmiä kuten regressio- ja varianssianalyysiä (ANOVA=analysis of variance) käyttäen. (Shankar 2009, s. 41)

Syy-seuraus-suhteiden tutkimisen lisäksi vaiheessa pyritään selvittämään poikkeamien perussyt, piilevät prosessivaihtelun lähteet, prosessin suorituskyky, perussyiden taloudelliset vaikutukset ja priorisoimaan perussyt (Ihalainen & Hölttä 2001, s. 61). Näiden analysointiin käytetään riittävän tarkkoja mittauksia ja mittareita sekä kuvaavaa statiikkaa. Datasta analysoidaan stabiilisuus, toistettavuus ja lasketaan suorituskykyindeksi. Analysoinnin tarkoituksena on ideoida ja paikallistaa ydin- tai juurisyillä ilmaistut ongelman aiheuttajat tai mahdolliset ratkaisijat. Dataa ja tilastollisia menetelmiä hyödyntäen teoria eli hypoteesi joko vahvistetaan tai kumotaan. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 48)

Analysointivaiheen tärkeimpiin työkaluihin lukeutuvat mittaussysteemin analysointi (MSA) ja edellä mainittu regressio- ja varianssianalyysi (ANOVA). ANOVA on hypoteettinen menetelmä, jonka avulla vertaillaan kahta tai useampaa ryhmää keskenään. Lisäksi ANOVA on analyysimenetelmä, jolla voidaan suorittaa keskeisiä testejä muille tilastollisille menetelmille kuten koesuunnittelulle, jota käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.1.4 Parannus ja optimointi (Improve). (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 160) Käytännössä ANOVA perustuu siihen, että selitettävä muuttuja jaetaan kahteen osaan. Ensimmäinen osa mittaa luokkien sisäistä hajontaa ja toinen luokkakeskiarvojen välistä hajontaa. Mikäli nämä kaksi varianssia eivät poikkea paljon toisistaan, on todennäköistä, että luokkien väliset keskiarvot ovat peräisin samankaltaisesta jakaumasta. (KvantiMOTV 2002) Eri luokkien välisiä eroja havainnollistetaan P-arvolla. Mikäli P-arvo on suurempi kuin 0,05 ei ryhmien välillä esiinny merkittäviä eroja. Vastaavasti jos P-arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 0,05 ainakin yhden ryhmän keskiarvo poikkeaa merkittävästi muista.

ANOVA olettaa, että analysoitava data on normaalijakautunut. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 160) ANOVA sisältää useita laajennuksia. Näitä ovat yksi- ja kaksisuuntainen varianssianalyysi, kovarianssianalyysi sekä monen muuttajan varianssianalyysi. Yksisuuntainen varianssianalyysi on kaikista yksinkertaisin. Siinä on vain yksi selitettävä muuttuja. Vastaavasti kaksisuuntaisessa varianssianalyysissä selitettäviä muuttujia on kaksi. (KvantiMOTV 2002)

Analysointivaiheen tuloksena saadaan hypoteesi eli otaksuma, mistä ongelmat johtuivat ja kuinka tavoitteisiin päästään. Syntynyt hypoteesi on vahvistettu ja varmennettu datalla. Tulosten varmentamiseksi prosessista on tehty pienimuotoisia kokeita. Todistetut syyt luovat perustan seuraavalle vaiheelle. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 51)

3.1.4 Parannus ja optimointi (Improve)

Analysointivaiheen tarkoituksena oli ideoida ja paikallistaa ydin- tai juurisyillä ilmaistut ongelman aiheuttajat tai mahdolliset ratkaisijat. Parannus ja optimointi vaiheen tavoitteena on kokeilla ja soveltaa ratkaisuja edellisessä vaiheessa paikallistettuihin ongelman aiheuttajiin. Parannusvaihe koostuu kolmesta vaiheesta:

- mahdollisten ratkaisujen tunnistamisesta
- sopivien ratkaisujen valitsemisesta
- ratkaisujen suunnittelusta ja testauksesta. (Brenig-Jones & Dowdall 2018, s. 63)

Six Sigma -menetelmän ydin perustuu vaihtelun pienentämiseen. Parannus ja optimointi vaiheessa käytetään erilaisia karakterisointi- ja optimointikokeita vaihtelun pienentämiseksi. Koesuunnittelu (DOE=Design of Experiments) toimii tässä päätyökaluna. Koesuunnittelussa luodaan teoria vaihtelua aiheuttavista tekijöistä, joka muunnetaan tilastolliseksi ongelmaksi (hypoteesiksi). Tämän jälkeen hypoteesi joko todistetaan tai hylätään tilastollisen testin, esimerkiksi ANOVA:n avulla. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 51)

Koesuunnittelu on menetelmä, joka perustuu hyvin suunniteltuihin kokeisiin ja kokeellisten tulosten analysointiin. Menetelmää käytetään analysointivaiheessa tunnistamaan tärkeimmät muuttajat ja vuorovaikutukset, jotka vaikuttavat prosessin tuotokseen. Analysointivaiheen lisäksi koesuunnittelua voidaan käyttää parannus- ja optimointivaiheessa tunnistamaan parametrit, joilla optimoidaan prosessin tuotos. (Arcidiacono & Calabrese 2012, s. 247) Koesuunnittelutyyppejä on olemassa lukuisia erilaisia. Yleensä suunnittelutyypit jaetaan yksimuuttujakokeisiin (OFAT=One Factor at a Time), haravointikokeisiin (screening), karakterisointikokeisiin (characterization) ja optimointikokeisiin (optimizing).

Listan alkupään kokeet ovat huomattavasti yksinkertaisimpia ja halvempia toteuttaa kuin listan loppupään kokeet. Listan loppupään kokeet vaativat suuremman kokeen sekä enemmän näytteitä. Useissa tilanteissa haravointikokeet ovat riittäviä. Niiden avulla saadaan selville nopeasti ja suhteellisen edullisesti, mitkä tekijät vaikuttavat eniten prosessin tuotokseen. Mikäli halutaan selvittää prosessin optimaalinen toimintakohta, tulee käyttää monimutkaisempia ja kalliimpia optimointikokeita. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 163)

Suunnittelukokeilla haetaan yleensä vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat avaintekijät, jotka vaikuttavat prosessin tuotokseen?
- Millä "asetuksilla" saavutetaan optimaalinen laatu, kustannus ja nopeus?
- Kuinka kerätään dataa, jonka avulla selvitetään "asetukset"?
- Mitkä ovat prosessin päätekijät ja keskinäisvaikutukset?
- Millä "asetuksilla" prosessin tuotos vaihtelee mahdollisimman vähän? (Karjalainen 2007)

Koesuunnittelun avulla on mahdollista saavuttaa lukuisia hyötyjä. Hyvin suunniteltujen kokeiden ansiosta on mahdollista saavuttaa merkittäviä tuottoja. Pienen mittakaavan yksittäisillä kokeilla voidaan saavuttaa jopa kymmenien tuhansien eurojen tuotot. (Karjalainen 2007) Verrattuna SPC:hen ja FMEA:han koesuunnittelu on tehokas menetelmä, sillä se optimoi kokeiden määrän, josta seuraa resurssien kuten rahan, ajan ja koneiden tehokas käyttö. Lisäksi koesuunnittelun avulla on mahdollista tarkastella kaikkien tekijöiden vaikutusta sekä yhdessä että erikseen. Vastaavasti FMEA:n avulla voidaan tutkia ainoastaan yhtä vikamahdollisuutta kerrallaan. Koesuunnittelu mahdollistaa muutosten vaikutusten tarkkailun ja analysoinnin, jotta voidaan tunnistaa prosessin parhaat tulokset. (Ghahremanpour et al. 2012, s. 148)

Optimoinnissa on tärkeä huomioida, että toleranssit on määritetty oikein ja hajonnan keskiarvo on asetettu keskelle toleranssialuetta. Kun tarkoituksena on vähentää kriittisen ominaisuuden vaihtelun määrää (standardipoikkeamaa), tulee tunnistaa tärkeiden prosessin syötteiden keskinäiset vaikutukset ja optimoida ne prosessin tuotoksien suhteen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 51)

Parannus ja optimointi vaiheen tuloksena syntyy suunnitelmat ja testatut toimenpiteet, joilla ongelmat vähenevät tai mahdollisesti ratkeavat. Toimenpiteet poistavat tai pienentävät tunnistettujen juuri- tai ydinsyiden vaikutuksia. Tässä vaiheessa löydettyjä ja testattuja ratkaisuja sovelletaan ohjaus ja valvonta vaiheessa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 52)

3.1.5 Ohjaus ja valvonta (Control)

Ohjaus ja valvonta on DMAIC-ongelmanratkaisumallin viimeinen vaihe. Tässä vaiheessa prosessi on saatettu kyvykkääksi ja stabiloitua, joten siirrytään ennaltaehkäisyyn ja proaktiiviseen ohjaukseen (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 52). Vaiheen tarkoituksena on varmistaa, että suunnitellut toimet tai ratkaisut toteutetaan suunnitellusti, ne parantavat prosessia sekä ovat pysyviä (Brenig-Jones & Dowdall 2018, s. 75).

Ohjaus ja valvonta vaiheen tuloksena saadaan prosessin monitorointi ja seurantajärjestelmä (SPC), täydelliset dokumentit tuloksista, päivitetty johtamisjärjestelmän menettelyt, laatuajärjestelmän muutokset ja päivitetty riskianalyysi, FMEA. Lisäksi DMAIC-prosessin tuloksena saadaan ennen ja jälkeen prosessia tehtävä tulosanalyysi. Tulosanalyysistä käy ilmi, mikä oli projektin liiketoiminnallinen vaikutus ja mitä DMAIC-prosessilla saavutettiin. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 53)

3.2 Käyttöönoton syyt

On mahdoton määritellä tarkasti, miten organisaation tulisi aloittaa Six Sigman toteuttaminen. Tämä johtuu siitä, että organisaatiot ovat erilaisia ja Six Sigman toteuttaminen vaihtelee organisaatiosta riippuen. Organisaation tulee määrittää millä laajuudella ja syvyydellä se lähtee toteuttamaan Six Sigmaa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 57)

Mikäli organisaatio on jäämässä jälkeen markkinoista, menettämässä rahaa, menettämässä asiakkaita tai menettämässä uusien tuotteiden markkinoita tulisi koko liiketoimintaa muuttaa Six Sigman avulla. Tällaisessa tilanteessa organisaation tulee muuttua ja päästä eroon vanhoista tavoista ja menettelyistä. Kyseisessä tilanteessa voidaan tutkia esimerkiksi:

- kuinka yritys levittää tuotteita
- yrityksen myyntiprosessien tehokkuutta
- uusien tuotteiden kehittämistä
- kriittisiä asiakasvaatimuksia
- tuotteiden vikoja sekä tavanomaisia ongelmia
- kriittisiä informaatiojärjestelmiä
- kustannusten muutoksia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 57)

Tämän lisäksi vaihtoehtoisia lähestymistapoja ovat strateginen parannus sekä ongelmanratkaisu. Strategisessa parannuksessa keskitytään yhteen tai kahteen kriittiseen liiketoiminnan kohteeseen. Useat yritykset ovat lähteneet toteuttamaan Six Sigmaa aluksi vain tiettyyn strategiseen kohteeseen ja vasta tämän jälkeen laajentaneet sen koko organisaatioon. Ongelmanratkaisu keskittyy olemassa olevan ongelman ratkaisuun, johon voidaan käyttää Six Sigman työkaluja. Menetelmä on paras vaihtoehto organisaatioille, jotka eivät halua tehdä suuria muutoksia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 57–58)

Six Sigman käyttöönottoon kuluva aika riippuu luonnollisesti yrityksestä. Sen toteuttaminen vaatii vahvaa koulutusta sekä organisointia. Tätä varten on kehitetty karatesta tuttu vyöjärjestelmä. Six Sigman toteuttamiseen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat asiat:

- organisaation koko
- koulutettavien ihmisten määrä
- käytettävissä olevat taloudelliset resurssit
- ylimmän johdon sitoutuminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 58)

Mikäli muutos tehdään koko organisaatioon, tulee yrityksen johdon kouluttaa koko yritys Six Sigmaan. Tämän ansiosta yritys tuntee Six Sigman onnistumisstrategiat sekä tukee projektin tavoitteita. Koulutuksen kesto riippuu organisaation koosta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 58)

3.3 Six Sigman tulokset

Six Sigma vaikuttaa neljään eri osa-alueeseen. Osa-alueet ovat parantunut asiakastyytyväisyys, lyhentynyt läpimenoaika (jaksonaika), vähentyneet viat ja arvoa lisäämättömän työn väheneminen. Parannukset kyseisillä osa-alueilla saavat usein aikaan merkittäviä liiketoiminnan kustannussäästöjä, liikevaihdon lisäystä ja mahdollisia uusia asiakkaita uusilta markkinoilta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 17)

Karjalainen ja Karjalainen (2002, s. 29) mukaan Six Sigma -yritykset pystyvät lisäämään kapasiteettiaan ilman resurssilisäyksiä 12–18 %. Lisäksi yritykset voivat vähentää 12 % työvoimatarvetta sekä 10–30 % pääomatarvetta. Globaalisti tunnettuja Six Sigma -yrityksiä, jotka ovat raportoineet tuloksistaan julkisesti ovat muun muassa GE, Allied Signal, Dow Chemical ja Honeywell. Näistä esimerkiksi GE:n kate nousi vuosien 1996–2000 aikana 14,8 % Six Sigman ansiosta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 29)

4. LEAN SIX SIGMA

Six Sigma keskittyy pikemminkin parantamaan laatua kuin nopeutta. Six Sigman nopeuden puute ratkaistaan Leanilla. Lean keskittyy parantamaan nopeutta ja prosessin virtausta kuin parantamaan laatua. Parhaisiin tuloksiin päästään, kun käytetään Leania ja Six Sigmaa yhdessä. Menetelmiä käytetään yhdessä toistensa tukemiseksi. (Atmaca & Girenes 2013, s. 2108)

Lean keskittyy hukkan (muda) poistamiseen prosessista ja monimutkaisuuden vähenemiseen. Sen tavoitteena on kehittää ratkaisuja käyttämällä mahdollisimman vähän resursseja (ihmisiä, materiaalia ja pääomaa) ja toimittaa tuotteet ajoissa asiakkaille. Leania voi soveltaa kaikille aloille ja sen avulla voidaan parantaa suorituskykyä. Six Sigma on tilastollinen laatufilosofia, joka tarjoaa työkalut prosessin suorituskyvyn seuraamiseksi. Sen tavoitteena on vähentää prosessin vaihtelua ja poistaa virheitä. Lean ja Six Sigma toimivat hyvin yhdessä. Tämän avulla yrityksen on mahdollista saavuttaa kolme tavoitetta, jotka ovat nopeampi asiakaskysyntään vastaaminen, työskentely Six Sigma -tasolla sekä kilpaileminen maailmanlaajuisten kustannustasojen kanssa. (Atmaca & Girenes 2013, s. 2108)

Mikäli käytetään vain Six Sigmaa:

- ei voida keskittyä suoraan prosessin nopeuden kasvattamiseen
- ei keskitytä vähentämään varastokustannuksia
- ei pystytä saavuttamaan nopeaa tuottoa, sillä oppiminen, tiedonkeruu ja analysoiminen kestävät kauan. (Atmaca & Girenes 2013, s. 2108)

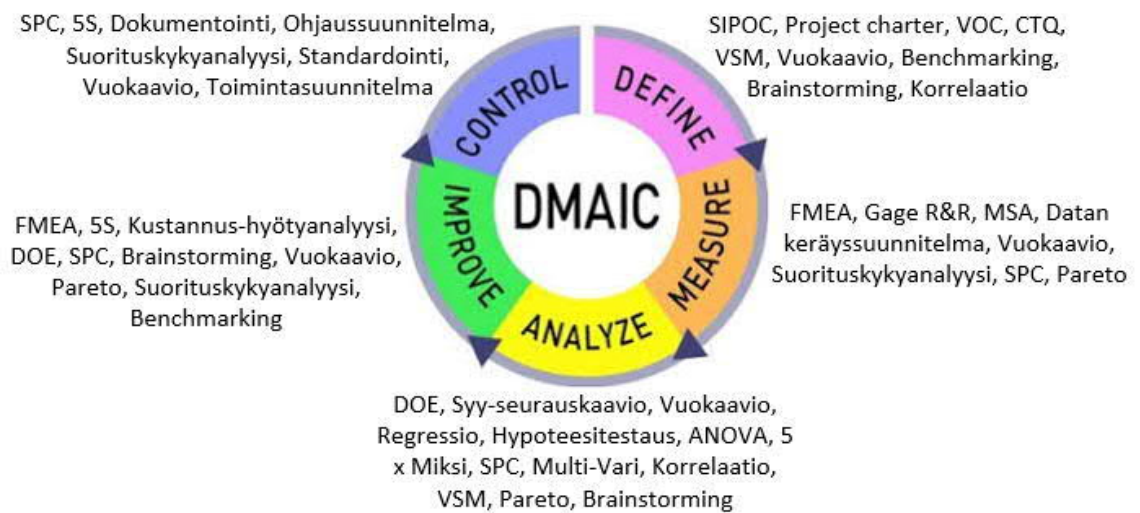
Vastaavasti jos käytetään vain Leania:

- prosesseja ei valvota tilastollisesti
- päätöksenteossa käytettävien mittausjärjestelmien vaihtelua ei lasketa
- prosessin parannukset eivät perustu matemaattisiin työkaluihin. (Atmaca & Girenes 2013, s. 2108)

Kun Leania ja Six Sigmaa käytetään yhdessä nämä edellä mainitut puutteet kumoutuvat.

4.1 Työkalut

Lean Six Sigman työkalut perustuvat Six Sigmasta tuttuun DMAIC-ongelmanratkaisumalliin. Mallin mukaisesti jokaisessa vaiheessa keskitytään ongelman eri kohtiin. Jokaiseen mallin vaiheeseen valitaan parhaiten soveltuva työkalu joko Leanin tai Six Sigman työkaluista. Kuvassa 5 luetellaan käytettävissä olevia työkaluja. Mahdollisia työkaluja luetellaan kuvassa 5. Siinä työkalut on luokiteltu DMAIC-ongelmanratkaisumallin vaiheiden mukaan. Useat näistä työkaluista ovat nopeita ja helppoja käyttää kuten esimerkiksi 5S. Monia näistä työkaluista käytetään jatkuvasti ilman, että ajatellaan niiden olevan peräisin joko Leanista tai Six Sigmasta.



Kuva 5. Lean Six Sigman työkaluja DMAIC-vaiheissa (pohjautuen Millard 2017).

Lean ei tarjoa vaihtelun pienentämiseen juurikaan työkaluja. Vaihtelulla on merkittävä vaikutus viallisten tuotteiden määrään. Viallisten tuotteiden seurauksena kustannukset kasvavat merkittävästi, ja tehty työ joudutaan tekemään uudelleen.

Vastaavasti Six Sigma ei erota arvoa tuottamatonta työtä arvoa tuottavasta työstä. Tästä johtuen Six Sigmalla ei voi poistaa arvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa. Vaihtelultaan pienissäkin prosessissa saattaa olla paljon hukkaa. Kun Leanin ja Six Sigman työkaluja käytetään yhdessä, saadaan pienennettyä prosessin vaihtelua sekä vähennettyä hukkaa.

4.2 Lean Six Sigman tulokset

Lean Six Sigmalla on mahdollista saavuttaa sekä Leanin että Six Sigman tulokset. Saavutetut tulokset riippuvat käytetyistä menetelmistä, työkaluista sekä sovelluskohteista. Molemmat menetelmät pyrkivät prosesseja parantamalla lisäämään asiakastyytyväisyyttä.

5. YHTEENVETO

Siitä huolimatta, että Lean Six Sigmaa käsiteltiin hyvin teollisuuspainotteisesti voidaan sitä soveltaa hyvin myös palvelualoihin. Sen soveltaminen on kuitenkin vaikeampaa, sillä esimerkit ja kirjalliset lähteet ovat pääsääntöisesti teollisuuspainotteisia. Lisäksi tilastolisten menetelmien käyttö palvelu- ja julkishallinnon organisaatioissa on vierasta. Palvelualojen tarve kehittyä on kasvanut viime vuosina merkittävästi. Palvelualoilla tarvitaan entistä tehokkaampia prosesseja, parempaa laatua sekä nopeampia palveluita alhaisemmilla kustannuksilla.

Lean Six Sigma tarjoaa työkalut ja menetelmät niin teollisuus kuin palvelualojenkin prosessien parantamiseen ja tehostamiseen. Alaluvuissa 5.1 ja 5.2 käsitellään Lean Six Sigman hyötyjä ja haasteita sekä valmistavassa teollisuudessa että palvelualoilla.

5.1 Hyödyt

Leanin tavoite on luoda virtaus joko fyysisen tuotteen valmistukseen tai palvelun kulkuun. Terveystuotteen tapauksessa tavoitteena on luoda sujuva potilasvirta. Tällä tarkoitetaan potilaiden kulkemista hoitoprosessin läpi niin, että he eivät joudu odottamaan missään hoitoprosessin vaiheessa. Suneja et al. (2017, s. 20) mukaan tehokkain tapa selvittää tehottomuuden perimmäiset syyt on keskittyä potilaiden odotusaikoihin. Kun potilaan hoito etenee sujuvasti, tehdään monia asioita oikein ja käytetään resursseja tehokkaasti. Vastaavasti, jos potilaat joutuvat odottamaan pitkään terveysaseman resursseja menee hukkaan. Esimerkiksi tutkimuhuoneessa odottava potilas pitää hoituhuonetta varattuna, eikä se ole silloin käytettävissä seuraavaa potilasta varten. Henkilökunta saattaa joutua kulkemaan pitkiä matkoja saadakseen lääkärin katsomaan potilasta tai yrittäessään selittää viivästymisen syitä potilaan omaisille. Huono käyntikokemus voi johtaa valitukseen, joka kuluttaa vieläkin enemmän sairaalan arvokkaita resursseja. (Suneja et al. 2017, s. 20–21)

Suneja et al. (2017, s. 22) on kehittänyt kuusivaiheisen tavan soveltaa Leania menestyksekkäästi mihin tahansa terveydenhuollon prosessiin. Vaiheissa hoitoa tarkastellaan kokonaisuutena potilaan (asiakkaan) näkökulmasta. Tämän lisäksi vaiheet tukevat yhteen lääkäriin ja odotusaikoihin keskittymistä. Yhteen lääkäriin keskittyminen tarkoittaa sitä, että parannukset tapahtuvat yksi lääkäri kerrallaan kokonaisen yksikön tai erikoisalan sijaan. Menetelmällä on saavutettu monia hyötyjä terveydenhuollossa. Näitä ovat virtauksen luominen lääkärin työhön, lääkärin arvoa tuottavan työajan maksimointi, hyvin

koordinoidut vastaanoton prosessit, potilaiden hoidon etenemistä koskeva visuaalinen johtaminen, henkilökunnan työtehtävien vakiointi, vastaanottotilojen uudelleenjärjestely tarpeettoman liikkeen poistamiseksi sekä hoitomallin muuttaminen potilasvirran parantamiseksi. (Suneja et al. 2017, s. 20–24)

Virtaus lääkärin työhön luodaan, kun ajatellaan lääkäri yhteisenä resurssina, joka määrää prosessin tahdin. Tavoitteena on maksimoida lääkärin potilaalle tarjoama konsultaatioaika sekä minimoida potilaiden välissä tapahtuva vaihtotyö. Lääkärin ei tulisi koskaan hukata aikaansa esimerkiksi puutteellisten potilastietojen takia. Jotta lääkärin arvoa tuottava työaika maksimoitaisiin sekä lääkärin työhön luotaisiin virtaus tulee vastaanoton prosessien olla tehokkaita sekä hyvin koordinoituja. Hyvin koordinoitujen vastaanoton prosessit vaativat pätevän tiiminvetäjän, joka varmistaa lääkärin ajan tulevan tehokkaasti käytetyksi. (Suneja et al. 2017, s. 22–23)

Potilaiden hoitoa koskeva visuaalinen johtaminen tarkoittaa erilaisia visuaalisia merkkejä tai signaaleja, jotka ilmaisevat prosessin tilan. Näin tiimin jäsenet tietävät, miten asiat etenevät sekä mitä tulee tehdä tai odottaa seuraavaksi. Potilastaulu on yksinkertainen mutta tehokas visuaalisen johtamisen työkalu terveydenhuollossa. (Suneja et al. 2017, s. 23)

Visuaalisen johtamisen lisäksi henkilökunnan työtehtävien vakioinnilla ja vastaanottotilojen uudelleenjärjestelyllä saavutetaan monia hyötyjä terveydenhuollossa. Työtehtävien vakiointi tuo prosessiin vakautta sekä toimii systemaattisen jatkuvan parantamisen lähtökohtana. Lisäksi työtehtävien vakiointi selkeyttää kunkin työntekijän roolia hoitoprosesseissa. Vastaavasti vastaanottotilojen uudelleenjärjestely vähentää tarpeetonta liikkumista sekä parantaa potilaiden virtausta ja henkilöstön keskinäistä kommunikointia. Potilasvirran parantamisen tavoitteena on keskeytymätön potilaan hoitoprosessi, vaikka toiminta jakautuu eri yksiköihin tai eri terveydenhuollon ammattilaisille. Jatkuva virtaus edellyttää hyvää yhteistyötä eri yksiköiden välillä sekä pullonkaulojen eliminointia. (Suneja et al. 2017, s. 23–24)

Edellä mainittujen hyötyjen lisäksi Lean Six Sigman avulla on saavutettu terveydenhuollossa parempia hoitotuloksia, läpinäkyvämpiä prosesseja sekä potilaiden, lääkäreiden ja henkilökunnan tyytyväisyys on kasvanut (Pruthi & Raynor 2014, s. 685). Lisäksi resursien käyttöaste on tehostunut, virtaus on parantunut ja virheet vähentyneet (Waring & Bishop 2010, s. 1338). Näiden seurauksena kustannukset ovat pienentyneet. Muita terveydenhuollossa saavutettuja hyötyjä ovat:

- potilaiden lyhyempi odotusaika
- kasvanut vastaanottokapasiteetti

- suurempi diagnoosien määrä
- parantunut työympäristö, puhtaus ja turvallisuus
- pienentyneet varastot ja tilan tehokkaampi käyttö
- paremmat ja tehokkaammat hallintoprosessit
- tehokkaampi potilastieto- ja ajanvarausjärjestelmä
- ajantasaisempi ja tehokkaampi hoito. (Aherne 2007, s. 15)

Lean Six Sigman avulla on mahdollista saavuttaa vaikuttavia tuloksia terveydenhuolto-organisaatioissa. Yhtenä esimerkkinä toimii Wisconsinin lastensairaalan ortopediakeskus. Keskuksen odotusajat pienenevät yli 70 prosentilla sekä nykyään potilaita pystytään vastaanottamaan 25 prosenttia enemmän. Samalla potilaiden tyytyväisyys on yltänyt jopa 100 prosenttiin ja työntekijöiden tyytyväisyys on kasvanut 25 prosenttia. (Suneja et al. 2017, s. 24–25)

Palvelualojen lisäksi Lean Six Sigmalla voidaan saavuttaa lukuisia hyötyjä valmistavassa teollisuudessa. Näitä ovat esimerkiksi:

- pienentyneet varastot ja varastokustannukset
- vähentynyt hukka
- nopeampi varastokierto
- lyhentyneet läpimenoajat
- tehostunut tuotanto ja resurssien käyttö
- pienentyneet kustannukset
- parantunut laatu
- parantunut asiakastyytyväisyys
- parantunut tuottavuus ja suorituskyky
- vähentyneet virheet

Lean Six Sigman yhtenä tavoitteena on tuottaa korkeaa laatua alhaisilla kustannuksilla. Menetelmän hyödyt riippuvat sovelluskohteesta, käytettävistä menetelmistä ja työkaluista.

5.2 Haasteet

Lean Six Sigman käyttöönottoon ja käyttöön liittyy haasteita sekä valmistavassa teollisuudessa että palvelualoilla. Menetelmän keskeisimpiä haasteita käsitellään tässä alaluvussa.

Six Sigman käyttöönotto voi vaatia suuria alkupanostuksia ja paljon aikaa, mikäli prosessista ei kerry valmiiksi riittävästi tietoa. Vastaavasti jos prosessista kertyy valmiiksi riittävä määrä käyttökelpoista ja luotettavaa dataa säännöllisesti on Six Sigman työkaluilla helppo perehtyä prosessiin. Tarvittavan tiedon kerääminen voi tuntua työntekijöistä heidän tarkkailultaan, mikä tekee siitä entistä haastavampaa. Six Sigma vaatii usein, että tuotteita tarkastellaan suunnittelusta lähtien, jotta koko prosessi saadaan tavoitellulle tasolle. Six Sigman käyttöönoton haasteisiin liittyy myös, kuinka menetelmän työkaluja saadaan sovellettua juuri oman yrityksen toimintaan.

Lean ja Six Sigma ovat jo yksinään raskaita ja laajoja menetelmiä, jotka sisältävät lukuisia työkaluja. Tämä saattaa olla pelote käyttää entistä laajempaa menetelmää, Lean Six Sigmaa. Lean Six Sigman käyttäminen voi olla hyvin työläs projekti etenkin, jos käyttää kaikkia Lean Six Sigman työkaluja. Näitä kolmea menetelmää on kuitenkin mahdollista käyttää myös kevyesti. On mahdollista käyttää vain esimerkiksi DMAIC-vaiheiden tärkeimpiä työkaluja, joista on kerrottu tarkemmin alaluvussa *3.1 DMAIC-ongelmanratkaisumalli*. Näillä työkaluilla monen yrityksen on hyvä aloittaa toiminnan tehostaminen.

Yhtenä haasteena voidaan pitää vanhoista toimintatavoista irtautumista ja uusien toimintatapojen omaksumista. Kun ihmiset harjoittavat tietoisesti uusia käyttäytymismalleja päivittäin, ajan myötä tämä vaikuttaa ihmisten ajatteluun ja asenteisiin. Pitkällä aikavälillä tämä vaikuttaa organisaatiokulttuuriin ja näin uudet toimintatavat omaksutaan. (Rother & Niemi 2011, s. 221) Mikäli asiat tehdään niin kuin ennenkin, mikään ei muutu. Kehitystä ei saavuteta ilman rohkeita kehitysaskelaita. Virheiden ja väärin valintojen avulla opitaan tekemään oikeita asioita.

Lean Six Sigman hyödyntämiseen terveydenhuollossa liittyy haasteita. Yksi näistä haasteista on terveystietojen yhtenäistäminen paremmin eri palveluntarjoajien verkkoihin samalla suojaten potilastiedot. Lisäksi innovaatioiden kanssa tulee huomioida, että noudatetaan akkreditointi-, sääntely- ja eettisiä ohjeita. Tarjoamaa muodostaessa tulee ymmärtää asiakkaita ja heidän tarpeitaan. Näiden perusteella tarjoamaa tulee muokata niin, että se vastaa asiakkaiden tarpeisiin kustannustehokkaasti. Laatufunktioita voidaan käyttää asiakastarpeiden muuttamisessa prosessivaatimuksiksi. (Furterer 2014, s. 382–

383) Furtererin (2014, s. 383) mukaan tulee hyödyntää enemmän asiakkuudenhallintajärjestelmää (CRM=Customer Relationship Management), jolla kerätään ja seurataan asiakasvaatimuksia ja asiakastytyväisyysdataa.

Yhtenä Leanin soveltamisen haasteena terveydenhuoltoon voi olla organisaation valmiuden puute Lean-ajattelulle ja tähän liittyen jatkuvan parantamisen kulttuurin puuttuminen. Organisaatiossa ei välttämättä ole tarpeeksi Lean-osaajia, joilla on kokemusta terveydenhuollon organisaatioissa toimisesta. Useimmat Leanin työkalut ovat yksinkertaisia, mutta suurin rajoite Leanin soveltamiselle on se, että työntekijöillä ei ole tarpeeksi tietoa ja kokemusta niistä. Lisäksi henkilöstöllä tulisi olla koulutusta organisaatiomuutoksiin, niiden hallintaan ja tiimityöhön liittyen.

Usein keskitytään Lean Six Sigman työkaluihin ja niiden käyttämiseen. Tulee kuitenkin muistaa, että Lean Six Sigma ei ole ainoastaan työkalujen käyttämistä vaan Lean Six Sigman tavoitteena on muuttaa organisaation kulttuuria niin, että jatkuvasta parantamisesta tulee osa jokapäiväistä toimintaa kaikilla organisaatiotasoilla. Muutos on hyvä aloittaa työkaluilla, mutta onnistunut Lean Six Sigman toteutus edellyttää myös muutoksen johtamisesta. Pysyvän Lean Six Sigma -kulttuurin aikaansaaminen voi olla usein haasteellista ja viedä paljon aikaa. Tämä on kuitenkin mahdollista toteuttaa johtamalla muutosta esimerkkiä ja suuntaa näyttämällä.

LÄHTEET

- Aherne, J. (2007). Think lean, *Nursing management*, vol. 13, no. 10, pp. 13-15.
- Arcidiacono, G. & Calabrese, C. (2012). *Leading processes to lead companies: Lean Six Sigma*, Springer Milan.
- Atmaca, E. & Girenes, S.S. (2013). Lean Six Sigma methodology and application, *Quality & Quantity*, vol. 47, no. 4, pp. 2107–2127.
- Brenig-Jones, M. & Dowdall, J. (2018). *Lean Six Sigma for leaders*, John Wiley & Sons, Incorporated, Newark.
- Carreira, B. (2004). *Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. Saranac Lake, US: Amacom, 303 p.
- Furterer, S.L. (2014). The Future and Challenge of Lean Six Sigma in Healthcare, in *Lean Six Sigma Case Studies in the Healthcare Enterprise*, ed. S.L. Furterer, Springer London, London, pp. 379-384.
- García-Alcaraz, J. & Maldonado-Macías, A. (2016). *Just-in-Time Elements and Benefits*, Springer Cham.
- Ghahremanpour, S., Koochaksaraee, S.B., Andersson, R. & Lau, P. (2012). Analysis of the Benefits of Using Design of Experiments in Validation of a New Method/Product, *International Journal of Business and Management Studies*, vol. 4, no. 1.
- Gygi, C. & BarCharts, I. (2016). *Lean Six Sigma*, BarCharts, Inc, Boca Raton, Florida.
- Hobbs, D.P. & Books24x7, I. (2003). *LEAN Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer*, J. Ross Publishing, Inc, Boca Raton.
- Hopp, W.J. & Spearman, M.L. (2000). *Factory physics: foundations of manufacturing management*, 2.th edn, Irwin McGraw-Hill, New York; Singapore.
- Ihalainen, P. & Hölttä, T. (2001). *Six sigma pähkinänkuoressa*, Metalliteollisuuden kustannus, Helsinki.
- Karjalainen, T. & Karjalainen, E. (2002). *Six Sigma: uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä*, Quality Knowhow Karjalainen, Hollola.
- Karjalainen, T. (2007). *Koesuunnittelu - Tehokas prosessin sekä datankeräys- ja analysointimenetelmä*. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.03.2019): <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/koesuunnittelu-tehokas-prosessin-sekae-datankeraeys-ja-analysoin/>
- Kouri, I. (2010). *Lean-taskukirja*, Teknologiainfo Teknova, Helsinki.
- KvantiMOTV, (2002). *Varianssianalyysi*. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.03.2019): <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/varianssi/anova.html>
- Lai, K. & Cheng, T.C.E. (2009). *Just-in-Time Logistics*, Taylor & Francis Group, Abingdon.
- Lean manufacturing tools, (2019). *Just in Time (JIT) Production*. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 01.03.2019): <http://leanmanufacturingtools.org/just-in-time-jit-production/>

- Logistiikan maailma, (2019). JIT (JUST-IN-TIME) JA IMUOHJAUS, Reijo Rautauoman säätiö. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.02.2019): <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Millard, M. (2017). A Quick Guide to DMAIC for Beginners. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 29.03.2019): <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/six-sigma/dmaic/a-quick-guide-to-dmaic-for-beginners>
- Modig, N., Åhlström, P. & Tillman, M. (2013). Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin, 1. p. Rheologica Publishing, Tukholma.
- Pruthi, R.S. & Raynor, M.C. (2014). Enhanced recovery programmes: an important step towards going lean in healthcare, BJU international, vol. 113, no. 5, pp. 685-686.
- QL Laatutoiminta Oy, (2016). Mitä on 5S? verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.02.2019): <https://www.ql.fi/missiomme/mika+on+5s/>
- Rother, M. & Niemi, M. (2011). Toyota kata, Readme.fi, Helsinki.
- Sendil Kumar, C. & Panneerselvam, R. (2007). "Literature review of JIT-KANBAN system", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 32, no. 3, pp. 393–408.
- Shankar, R. (2009). Process improvement using Six Sigma: a DMAIC guide, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.
- Six Sigma, Quality Knowhow Karjalainen Oy. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 08.02.2019): <http://www.sixsigma.fi/fi/etusivu>
- Suneja, A., Suneja, C., Rajala, H. & Syrjälä, A. (2017). Lean ja terveydenhuolto, 1. painos edn, Duodecim, Helsinki.
- Taghizadegan, S. (2013). Mastering Lean Six Sigma: advanced black belt concepts, Momentum Press, New York, N.Y. (222 East 46th Street, New York, NY 10017).
- Transval Group, (2017). Lean Six Sigman avulla nostetaan virtaustehokkuutta merkittävästi. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 26.02.2019): <https://www.transval.fi/2017/06/21/lean-six-sigma-abil-suurendatakse-markimisvaarselt-vootohusust/>
- Tuominen, K. (2010). Lean - kohti täydellisyyttä: itsearviointin oppi- ja työkirja, Readme.fi, Helsinki.
- Ulla, A. (2016). Tuotekehitysprosessin kehittäminen Lean-toimintaperiaatteita hyödyntäen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere
- Uusitalo, M. (2012). Lean Six Sigma. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere
- Waring, J.J. & Bishop, S. (2010). Lean healthcare: Rhetoric, ritual and resistance, Social science & medicine, vol. 71, no. 7, pp. 1332-1340.
- Yamashina, H. (1982). Japanilainen valmistusfilosofia ja Kanban-järjestelmä, Suomen metalliteollisuuden keskusliitto, Hki.

Zhan, W. & Ding, X. (2015). Lean Six Sigma and statistical tools for engineers and engineering managers, First; 1 edn, Momentum Press, New York [New York] (222 East 46th Street, New York, NY 10017).