

Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjan tuottavuuden parantaminen

Aki-Veikko Pietilä

Teollisuuden ja luonnonvara-alan opinnäytetyö
Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
Insinööri (YAMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Tämän työn tekeminen oli erittäin kiintoisaa ja antoisaa. Aihe oli minulle ennen työn aloittamista vielä tuntematon, mutta olen saanut lisää näkemystä ja ymmärrystä, joita voin käyttää hyödyksi tulevaisuudessa.

Haluan kiittää työnantajaani Pyhännän Rakennustuote Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä työ. Kiitän myös Pyhännän Rakennustuote Oy:n työntekijöitä ja toimihenkilöitä asiallisesta suhtautumisesta opinnäytetyöprosessin aikana.

Kiitokset kuuluvat myös opinnäytetyöni ohjaajille Soili Mäkimurto-Koivumaalle ja Juha Kaarelalle asianmukaisista kommentteista ja neuvoista prosessin aikana.

Lopuksi haluan antaa kiitokseni Annille, Remulle ja Cisselle tuesta ja ennen kaikkea ajasta, jonka soitte niin opiskelujeni kuin opinnäytetyöni aikana.

Kajaanissa 20.10.2014

Aki-Veikko Pietilä

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuus ja luonnonvarat

Koulutusohjelma:	Teknologiaosaamisen johtaminen
Opinnäytetyön tekijä:	Aki-Veikko Pietilä
Opinnäytetyön nimi:	Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjan tuottavuuden parantaminen
Sivuja (joista liitesivuja):	93 (19)
Päiväys:	20.10.2014
Opinnäytetyön ohjaajat:	Soili Mäkimurto-Koivumaa, Juha Kaarela
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtitehtaalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää keinoja suurelementtilinjan tuottavuuden parantamiseksi teorian ja tutkimuksen avulla. Nykysysteemissä esiintyvä vaihtelu on aiheuttanut keskinäisiä riippuvuussuhteita työvaiheiden välille ja sen myötä tehokkuus on laskenut. Vaihtelu on ollut suurta ennen kaikkea eri työvaiheiden jaksoaikoja verrattaessa. Työssä selvitettiin, miten suurelementtilinjan toimintaa saisi tehostetua. Tehtaan toimintaa on pyritty tehostamaan syksystä 2013 lähtien Leanin ja Six Sigman avulla.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutkittiin systeemeissä esiintyvää vaihtelua ja sen ymmärtämistä, tuottavuutta ja tehokkuutta prosesseissa sekä tuotannon kannalta tärkeitä johtamiseen ja tuotannon ohjaukseen liittyviä seikkoja. Lisäksi tutkittiin tuotantofilosofioiden tuomia mahdollisuuksia tuottavuuden parantamiseksi ja toimintojen tehostamiseksi. Teoriaosan lisäksi tehtiin kartoitus tehtaan nykytilanteesta.</p> <p>Työn tutkimusosassa tutkittiin runkoaseman jaksoaikojen vaihtelua Lean Six Sigma -työkalujen avulla. Tehtaalla on sovellettu tilastollista prosessin ohjausta (SPC), joten tutkimuksen apuna voitiin käyttää valmista dataa jaksoaikojen otantojen saamiseksi. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää riskitekijöitä, jotka vaikuttavat runkoaseman jaksoaikoihin. Riskitekijöitä mietittiin kunnossapidon näkökulmasta, sillä menetelmät asemalla on hiottu kuntoon jo aiemmin. Tutkimuksen tuloksena syntyi vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) runkoasemalle, jonka pohjalta nähtiin, miten paljon kukin tekijä vaikuttaa aseman toimintaan ja toimivuuteen riskiluvun (RPN) perusteella. Tämän myötä voidaan miettiä, mihin toimenpiteisiin on kannattavaa ryhtyä.</p> <p>Teorian ja tutkimuksen avulla löydettiin keinoja ja työkaluja tuottavuuden parantamiseksi ja toiminnan tehostamiseksi. Jaksoaikoja pienentämällä voidaan parantaa koko suurelementtilinjan ulostuloa. Runkoasemalla esiintyviä riippuvuuksia ja riskejä pienentämällä voidaan saada vaihtelua pienemmäksi ja läpimenoaikoja nopeutettua.</p>	
Asiasanat: vaihtelu, systeemi, tuottavuus, läpimenoaika, SPC, Lean, Six Sigma	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Technology Competence Management
Author:	Aki-Veikko Pietilä
Thesis title:	Improvement of the productivity of the large-panel production line of Pyhännän Rakennustuote Oy
Pages (of which appendixes):	93 (19)
Date:	20 October 2014
Thesis instructors:	Soili Mäkimurto-Koivumaa, Juha Kaarela
<p>This Master's thesis was assigned by Pyhännän Rakennustuote Oy. The aim of this study was to find ways to improve the productivity of the Large-panel production line with the help of literature research and study. The variability in the system in the factory has been causing interdependences between the stages and that has reduced efficiency. When comparing the lead times of the stages the variability has been plentiful. Increasing the effect of the production line is researched in this study. Lean and Six Sigma have been in use in the factory from the autumn 2013.</p> <p>The theory part explores understanding the variation in the systems, productivity and efficiency in the processes as well as the important principles of the leadership and control concerning production. The possibilities of production philosophies were also explored in the study to improve productivity and increase the effect of the production line. In addition to the theory part the present state of the factory was surveyed in the study.</p> <p>The study part itself dealt with the research of variability of the lead times in the frame station with the methods of the Lean Six Sigma. There were already data to be used for the study to get lead times from the frame station because the Statistical Process Control (SPC) has been used at the factory. The aim of the research was to find risk factors that have an effect on the lead times. The risk factors were considered from the point of view of maintenance because the methods at the station were worked on already earlier. The final result of the study part was failure mode and effect analysis (FMEA). The analysis showed the effects of the risk factors at the frame station based on the risk priority numbers. Based on the results it is possible to take steps which are profitable.</p> <p>The ways and tools to improve productivity and increase the effect of the production line were found with the help of the literature research and the study. By reducing the lead times it is possible to improve the throughput of the whole production line. By reducing the interdependences and risks at the frame station it is possible to reduce the variability and speed up the lead times.</p>	
Keywords: variation, system, productivity, lead time, SPC, Lean, Six Sigma	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
TERMIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 PYHÄNNÄN RAKENNUSTUOTE OY	10
3 TUTKIMUSMENETELMÄT	11
4 VAIHTELU SYSTEEMISSÄ	14
4.1 Systeemitheoria	14
4.2 Systeemi	15
4.3 Vaihtelu ja sen ymmärtäminen	16
4.3.1 Erityisyysvaihtelu ja luonnollinen vaihtelu	17
5 TUOTTAVUUS JA TEHOKKUUS	20
5.1 Tuottavuus	20
5.2 Tehokkuus	21
5.3 Resurssitehokkuus	22
5.4 Virtaustehokkuus	22
5.4.1 Läpimenoaika ja sen merkitys virtauksessa	23
6 TUOTANNON JOHTAMINEN JA OHJAUS	26
6.1 Johtaminen	26
6.2 Tuotannosuunnittelu	26
6.3 Työnjohto	27
6.4 Tiiminvetäjä	27
6.5 Informaatiovirrat	28
6.6 Materiaalivirrat	28
7 TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN	30
7.1 SPC (Statistical Process Control)	31
7.1.1 3 sigman rajat	32
7.2 Lean	32
7.2.1 Arvoa tuottavat toiminnot ja arvoketju	33
7.2.2 Virtaus ja imuohjaus	34

7.2.3	Hukka	34
7.2.4	Jatkuva parantaminen.....	35
7.3	Six Sigma	37
7.3.1	DMAIC-Prosessi.....	37
7.3.2	Six Sigma -organisaatio	38
7.4	Lean Six Sigma	39
7.4.1	SIPOC	41
7.4.2	Prosessikuvaus	42
7.4.3	Aivoriihi	42
7.4.4	Syy- ja seurauskaavio.....	43
7.4.5	Syy- ja seurausmatriisi	43
7.4.6	Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)	44
8	NYKYTILANNE.....	47
8.1	Elementtilinjasto.....	47
8.2	Tuotantoprosessi.....	48
8.2.1	Tuotannonohjaus	48
8.2.2	Valmistus	49
8.3	Tunnusluvut.....	55
8.4	Johtopäätökset	55
9	VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI - JAKSOAIKOJEN VAIHTELU RUNKOASEMALLA.....	58
9.1	Tutkimuksen eteneminen	58
9.2	Tutkimustulokset	60
9.3	Tutkimustulosten analysointi	65
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	70
	LÄHTEET.....	72
	LIITTEET	74

TERMIT JA LYHENTEET

Aivoriihi	Tiimityökalu, jolla tuodaan esiin luovuutta ja ideoita valitusta aiheesta.
FMEA	Failure Mode and Effective Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi. FMEA on riskianalyysi, joka ennakoi laaturiskejä ja tutkii virheiden vaikutuksia prosessissa.
Lean	Johtamiskulttuuri, joka pyrkii jatkuvaan parantamiseen ja toimintojen kehittämiseen ja tehostamiseen lisäarvoa tuottamalla.
Lean Six Sigma	Ajattelu- ja toimintamalli, jossa yhdistetään Leanin ja Six Sigman parhaita puolia.
Prosessikuvaus	Prosessikuvaus tunnistaa tapahtumien virran prosessissa.
SIPOC	Prosessikartta, jonka avulla selvitetään prosessiin liittyvät toimittajat, sisääntulot, prosessi, ulostulot ja asiakkaat.
Six Sigma	Tietoon ja tilastollisiin menetelmiin perustuva laadunparannus-työkalu, jolla pyritään häiriöiden poistamiseen ja vaihtelun pienentämiseen sekä minimoimiseen.
SPC	Statistical Process Control, tilastollinen prosessin ohjaus. Tilastollista prosessin ohjausta käytetään prosessien jatkuvaan seurantaan tilastollisesti käyttäytymiskaavioiden/ohjauskorttien avulla.
Systeemiteoria	Syy-seuraussuhteisiin perustuva teoria, jossa kaikki systeemiin kuuluvat tekijät vaikuttavat toisiinsa.
Syy- ja seurauskaavio	Graafinen työkalu, jolla tunnistetaan prosessin ulostuloon vaikuttavat syyt.
Syy- ja seurausmatriisi	Matriisin avulla tunnistetaan prosessin sisääntulojen suhde ulostuloihin.
Vaihtelu	Systeemien, prosessien, ympäristön ja ihmisten toiminnoissa syntyvää poikkeamaa, joka voi olla luonnollista tai erityisesti syystä johtuvaa.

1 JOHDANTO

Kilpailu talouteollisuudessa kasvaa jatkuvasti vallitsevan heikon taloustilanteen vuoksi. Vaikeina aikoina yrityksen on hankalaa olla muita kiinnostavampi. Yritysten on löydettävä asioita, joilla kilpailla ja olla erilainen tai parempi kuin muut. Tästä johtuen yhä pienenevillä markkinoilla on pyrittävä tuottavaan ja tehokkaaseen toimintaan, jotta tämä toiminta olisi kannattavaa. Vallitsevaan tilanteeseen ja siihen sopeutumiseen ei riitä, että tekee oikeita asioita. On aloitettava tekemään asioita oikein ja siitä syystä on pyrittävä tehostamaan toimintaa niin, että työtä voitaisiin tehdä enemmän vähemmällä panostuksella.

Työn tuottavuus on yksi asia, jossa voidaan jatkuvasti parantaa. Nykymaailmassa turhan työn osuus kokonaisuudesta on ongelma suuressa osassa eri organisaatioita. Sen vuoksi pyritään eliminoimaan hukkaa kaikista mahdollisista toiminnoista. Systeemissä ja prosessissa esiintyvän läpimenoaikojen vaihtelun ymmärtäminen ja ennen kaikkea pienentäminen mahdollistaa jatkuvaa parantamista työn tuottavuudessa. Johtamisen kannalta on tärkeää, että sitä tehdään oikealla tavalla oikeaan aikaan. Johdon tehtävä on määritellä, kuinka systeemit ja prosessit toimivat, ja näin ollen antaa puitteet työntekijöille oikeanlaiseen ja haluttuun tekemiseen. Siksi voidaan tässäkin yhteydessä todeta, että vika ei ole ihmisissä, vaan systeemissä. Jos systeemi tai prosessi ei tuota haluttuja tuloksia, ei vastuuta voida syyttää työntekijöiden harteille.

Kokonaisuuden kannalta on erityisen tärkeää, että jokainen henkilö tietää roolinsa ja vastuunsa organisaatiossa. Tieto, ymmärrys, luottamus ja ammattitaito takaavat hyvät lähtökohdat oikeanlaiseen tekemiseen ja laadukkaaseen toimintaan. Roolit ja vastuut helpottavat kokonaisuuden hallintaa. Informaation on kuljettava oikeaan suuntaan ja riittävästi. Vuosikymmenten saatossa on syntynyt erilaisia tuotantofilosofioita ja strategioita, joiden avulla monet organisaatiot ovat pyrkineet parantamaan laatua ja sen myötä tuottavuutta ja tehokkuutta prosesseissa ja systeemeissä. Oikealla tavalla ja kärsivällisesti tehtynä erilaisilla toimintamalleilla voidaan saada aikaan pysyviä tuloksia, jotka luovat pohjaa tulevaisuudelle.

Pyhännän Rakennustuote Oy:n linjatyypillisessä tuotantosysteemissä esiintyvä vaihtelu aiheuttaa voimakkaita keskinäisvaikutuksia (riippuvuussuhteita) työvaiheiden välille ja näin ollen tuotannon tehokkuus laskee. Yrityksen Suurelementtilinjaksi kutsutulla tuo-

tantolinjalla valmistetaan Jukkatalojen ulkoseinäelementit. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtitehtaan sisäpuolisia tekijöitä eli asioita, joilla on vaikutus suurelementtilinjan toimintaan ja ulostuloon. Tämän työn tavoitteena on ulkoseinäelementtituotannon työn tuottavuuden parantaminen teorian ja tutkimuksen avulla. Tarkoituksena on tutkia nykysysteemissä havaittuja ongelmia ja löytää niihin vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tutkimuksen kautta pyritään pääsemään käsiksi vaikuttaviin tekijöihin ja niiden ratkaisemiseen.

Opinnäytetyö sisältää teorian lisäksi tutkimusosion. Luvussa 2 kuvataan Pyhännän Rakennustuote Oy:n historiaa ja toimintaa. Luku 3 käsittelee tässä työssä käytettyjä tutkimusmenetelmiä. Luvussa 4 kuvataan systeemiteoriaa ja vaihtelun teoriaa. Luvussa paneudutaan myös vaihtelun esiintymiseen ja vaihtelun ymmärtämiseen johtamisessa. Viidennessä luvussa kerrotaan työn tuottavuudesta ja tehokkuudesta. Luvussa paneudutaan resurssi- ja virtaustehokkuuteen sekä kuvataan niiden merkitystä läpimenoaikaan.

Tämän työn luvussa 6 kuvataan tuotannon johtamiseen ja ohjaukseen liittyviä asioita. Luvussa käydään läpi johtamista, tuotannonohjausta ja rooleja tuotannossa. Tuotannonohjaukseen liittyvät olennaisesti myös materiaalien ja informaation kulku tuotannossa. Seitsemännessä luvussa käydään läpi eri tuotantofilosofioita ja toimintamalleja, joilla tuottavuutta voidaan parantaa. Luvussa paneudutaan filosofioiden ja toimintamallien käytännön toteuttamiseen sekä periaatteisiin. Luvussa kuvattavia asioita ovat SPC, Lean, Six Sigma ja Lean Six Sigma.

Työn kahdeksas luku koostuu Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjan nykytilanteen kartoituksesta. Luvussa kuvataan, kuinka tällä hetkellä toimitaan ja mitä parannuksia on jo tehty ennen tämän työn aloittamista. Kartoituksen havainnollistamisessa käytetään apuna itse ottamia kuvia tehtaalta. Luku 9 on työn tutkimusosio, jossa tutkitaan jaksoaikojen vaihtelua suurelementtilinjan runkoasemalla Lean Six Sigma-työkalujen avulla. Luvussa 10 käydään läpi opinnäytetyön antia.

2 PYHÄNNÄN RAKENNUSTUOTE OY

Jukkataloja valmistava Pyhännän Rakennustuote Oy perustettiin vuonna 1968. Toiminta aloitettiin lomamökkirakentamisella. Vuonna 1974 yrityksessä keskityttiin pelkästään Jukkatalojen rakentamiseen. Jo aikaisessa vaiheessa eli vuonna 1973 Pyhännän Rakennustuote Oy panosti omaan sahatoimintaan. Yrityksen alkuaikoina talomalleja oli vain pari kappaletta, mutta niiden määrä on noussut vuosi vuodelta kasvavan kysynnän ja kilpailun vuoksi. (Pyhännän Rakennustuote Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 26.4.2014.)

Valmistalotuotannon markkinajohtajan aseman Jukkatalo saavutti vuonna 1981. Seuraavana vuonna yrityksen yhteyteen hankittiin Kontiotuote, joka toimii hirsirakentamisen alalla. Vuonna 1989 laajennettiin sahaustoimintaa ja sen myötä ostettiin Pyhäsal-mella toimiva saha. Muutama vuosi myöhemmin eli vuonna 1992 yrityksen yhteyteen liitettiin keittiökaluusteovia valmistama Mellano Oy. Jo kaksi vuotta myöhemmin eli vuonna 1994 yrityksen liitettiin Lappli-talot Oy. Tämän toiminnan myötä voitiin avata markkinoita Saksaan. Jukkatalon nimi muutettiin vuonna 1998 Pyhännän Rakennustuote Oy:ksi. Samana vuonna perustettiin PRT-konserni, jonka yhtenä osana Pyhännän Rakennustuote Oy toimii. Jukkataloa on mahdollisuus saada pakettitoimituksena tai muuttovalmiina. (Pyhännän Rakennustuote Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 26.4.2014.)

Jukkatalon toiminta koostuu myynnistä, suunnittelusta/asiakaspalvelusta, tuotekehityksestä, tuotannosta ja rakentamisesta. Myynnistä vastaavat yksityisyrittäjinä toimivat myyjät. Yritys määrittelee, mitä voidaan myydä ja toteuttaa. Suunnittelu toteuttaa rakennuslupakuvat asiakkaalle myyntisopimuksen perusteella. Suunnittelun toimintaan kuuluvat näin ollen asiakaspalvelu, rakennuslupakuvat, rakennekuvat ja materiaalilaskenta. Tuotanto koostuu suunnittelusta ja valmistuksesta. Jukkatalo valmistaa ulkoseinäelementtien lisäksi päätykolmioelementtejä, varastoelementtejä, erikoiselementtejä, päätyräystäselementtejä, kaide-elementtejä ja kattoristikoita. Tuotannon suunnitteluun kuuluvat tuotannosuunnittelu, ikkunoiden tilaus, elementtisuunnittelu ja kattoristikosuunnittelu. Rakentaminen koostuu sovituissa määrin työmaa-aikaisesta rakentamisesta ja asennustyöstä.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä työssä tutkittiin tapoja työn tuottavuuden parantamiseen teorian, nykytilanteen selvittämisen ja tutkimuksen kautta. Teoriaosuus pohjautuu kirjallisiin ja sähköisiin lähteisiin, joiden pohjalta saatiin tietoa tuottavuuden parantamiskeinoista. Näitä havaittuja keinoja voidaan näin ollen käyttää apuna toimintojen kehittämisessä. Nykytilanteen kartoitus toteutettiin tutustumalla Pyhännän Rakennustuote Oy:n ulkoseinäelementtejä valmistavaan suurelementtilinjaan. Tutustuminen toteutettiin tekemällä muistiinpanoja tehtaalla ja haastatteleamalla tehtaan työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Kerättyjen aineistojen pohjalta päästiin syvemmälle aihepiiriin ja sen pohjalta voitiin toteuttaa konkreettinen tutkimus, joka koskee tuotantolinjaa ja sen työn tuottavuuden parantamista.

Tämän työn tutkimusosiossa tutkittiin Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjan runkoasemalla esiintyvää jaksoaikojen vaihtelua perustuen kerättyyn dataan. Tutkimus rajattiin koskemaan runkoasemaa, sillä poistamalla ja ennakoimalla riskitekijöitä yhdestä työvaiheesta, voidaan vaikuttaa kokonaisuuteen. Ulkoseinäelementtien valmistusprosessia tuotantolinjalla ohjataan ja seurataan SPC:n eli tilastollisen prosessin ohjauksen avulla, joten tutkimuksessa hyödynnettiin olemassa olevaa dataa, jota kerätään ohjaukshortteihin eli prosessin käyttäytymiskaavioihin. Tutkimuksessa käytettiin Lean Six Sigma -työkaluja ja saadun tiedon pohjalta analysoitiin, mitä tutkimuksessa saatiin selville. Lean Six Sigmassa käytetään Six Sigman DMAIC-menetelmää. Sen avulla voidaan havaita häiriötekijöitä systeemin ja prosessin parantamiseksi. Häiriötä poistamalla saadaan vakautettua ja tehostettua toimintaa. Ongelmanratkaisumenetelmän avulla päästään näin ollen syvälle prosessin juurisyiden selvittämisessä. Kun syyt saadaan selvitettyä, voidaan systeemin tai prosessin suorituskykyä parantaa huomattavasti. Tutkimuksessa käytettyjä työkaluja kuvataan tarkemmin tämän dokumentin luvussa 7. (Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 17.9.2014.)

Runkoaseman jaksoaikojen vaihtelua tutkittiin tässä työssä seuraavilla Lean Six Sigma -työkaluilla:

- runkoaseman nykytilanteen kuvaus valmiin datan pohjalta (SPC-ohjaukshortit)
- SIPOC
- aivoriihi
- prosessikuvaus

- syy- ja seurausdiagrammi (Ishikawa, Kalanruoto)
- syy- ja seurausmatriisi (XY-Matriisi)
- vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) kunnossapidon näkökulmasta.

Lean Six Sigma -työkaluilla valmis data kerätään ohjauskorteista ja tiedot syötetään Minitab-ohjelmaan, joka laskee ohjausraajat ja piirtää käyttäytymiskaavion. Näin nähdään, mikä on jaksoaikojen vaihtelun nykyinen taso runkoasemalla. SIPOC eli prosessikartta luodaan rajaamalla prosessiin vaikuttavat tekijät, jotka kootaan Excel-taulukoon. Valmis prosessikartta antaa kokonaiskuvan prosessista ja toimii apuna tutkimuksen seuraavissa vaiheissa. Aivoriihitekniikka toteutetaan yhdessä tuotantolinjan työntekijöiden tiiminvetäjän ja tehtaan tuotannonsuunnittelijan kanssa. Menetelmän avulla saadaan kerättyä tarralapuille häiriötekijöitä ja vikoja, joita runkoasemalla esiintyy valmistusajana kunnossapidon näkökulmasta. Tuloksia käytetään hyödyksi seuraavissa vaiheissa. Aivoriihitekniikka on hyvä menetelmä, kun halutaan saada ideoita esiin. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100 - 105, 114; Breyfogle 2003, 62, 103 - 105, 117 - 119.)

Lean Six Sigma -työkaluilla prosessikuvaus, syy- ja seurausdiagrammi, syy- ja seurausmatriisi sekä vika- ja vaikutusanalyysi luodaan SIPOC:n ja aivoriihen pohjalta. Prosessikuvaus antaa tietoa prosessin etenemisestä eli siitä, mitkä tekijät ja muuttujat vaikuttavat kussakin prosessin vaiheessa. Prosessikuvaus luodaan Excel-taulukoon. Syy- ja seurausdiagrammi luodaan Minitab-ohjelmaan järjestämällä häiriötä ja vikoja niille kuuluviin haaroihin, jolloin saadaan selville, johtuvatko häiriöt menetelmistä, henkilöistä, ympäristöstä vai koneista. Ohjelma tekee kaavion edellä mainittujen perusteella. Kaaviosta nähdään, miten kyseisen aseman viat jakautuvat edellä mainittuihin tekijöihin. Näin ollen tässä vaiheessa voidaan alustavasti jo havaita, mihin haaroihin ongelmat painottuvat. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 130 - 131; Breyfogle 120 - 122.)

Syy- ja seurausmatriisiin luokitellaan tiiminvetäjän ja tuotannonsuunnittelijan kanssa häiriötekijöiden ja muuttujien vaikutukset ulostuloihin Excel-taulukoon merkittävyyden perusteella asteikolla yhdestä kymmeneen. Luokittelun avulla saadaan laskettua kullekin muuttujalle prioriteettiluku. Luvut järjestetään suurimmasta pienimpään, minkä perusteella voidaan karsia pois muuttujat, joita ei oteta mukaan vika- ja vaikutusanalyysiin. Tutkimuksen lopputuloksena saadaan vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) runkoasemalle. FMEA luodaan tiiminvetäjän ja tuotannonsuunnittelijan kanssa syy- ja seurausmatriisin pohjalta Excel-taulukoon. Muuttujille luokitellaan vikatilat ja niiden vaiku-

tukset sekä syyt. Lisäksi luokitellaan asteikolla yhdestä kymmeneen vaikutusten vakavuus, syiden esiintyminen ja vikojen löydettävyys. Lopuksi lasketaan lukujen perusteella riskiluku (RPN=Risk Priority Number) ja riskiluvut järjestetään suurimmasta pienimpään. Tuloksena saadaan siis selville riskitekijöitä, jotka vaikuttavat runkoaseman toimintaan ja näin ollen koko elementtilinjan ulostuloon. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 168 - 169, 181; Breyfogle 2003, 356 - 380; Yang & El-haik 2009.)

4 VAIHTELU SYSTEEMISSÄ

Vaihtelusta puhuttaessa on ymmärrettävä, että asiat tapahtuvat ja ihmiset toimivat ajallisesti, yksilöllisesti ja toiminnallisesti eri tavoin riippuen systeemistä, jonka mukaan toimitaan. Edellä mainittuihin asioihin ei tule aina kiinnitettyä sen kummempaa huomiota, koska ne ovat jokapäiväisiä, luonnollisia tapahtumia. Oli systeemi, prosessi tai asia mikä tahansa, ne eivät koskaan toimi yhdenmukaisesti samalla tavalla. Kyse on siitä, että vaihtelua esiintyy aina joka paikassa ja kaikessa tekemisessä. Lähtökohtana systeemien ja vaihtelun ymmärrykselle tulee olla se, että parannusta tehdessä osataan hallita esiintyvää vaihtelua systemaattisesti.

4.1 Systeemiteoria

Systeemiteoria pohjautuu syuseuraussuhteisiin eli siihen, että kaikki systeemissä olevat palaset liittyvät ja vaikuttavat toisiinsa. Teorian ydin on siinä, että osataan tulkita kokonaisuuteen eli systeemiin liittyvät asiat. Näin ollen voidaan antaa tietoa asioiden toimivuudesta ja niin edelleen niiden parantamismahdollisuuksista. Teoria antaa myös mahdollisuuden tunnistaa erilaisia systeemejä. 1920-luvulla syntyi tutkimuksia systeemien organisoitumisesta eli siitä, miten ne käyttäytyvät ja vaihtelevat. Erilaisten tapojen ja asioiden tutkimisen myötä päästiin lopputulokseen, että satunnaisessa järjestyksessä olevat asiat tai palaset, muodostavat aina kokonaisuuden eli systeemin. Tämän ymmärryksen myötä avautui mahdollisuuksia kehittää ja prosessoida erilaisia systeemejä. (Karjalainen & Karjalainen 2000, 41 - 43.)

Systeemiteoria antaa ymmärrystä kokonaisuuksista ja niiden hallinnasta. Tuotantoympäristöjä on erilaisia ja niihin liittyy monenlaisia systeemejä ja prosesseja, joissa niin edelleen esiintyy erilaisia syuseuraussuhteita. Tuotantosysteemit kyllä toimivat edellä mainituilla tavoilla, mutta kehityksen ja parantamisen näkökulmasta on huomioitava, että tuotantoa ohjataan yleensä ihmisten toimesta. Näin ollen voidaan päätellä, että ihmisten ollessa osana systeemiä täytyy jokaisen siihen liittyvän henkilön tuntea systeemi läpikotaisin ja tietää oma roolinsa kokonaisuudessa. (Karjalainen & Karjalainen 2000, 41 - 43).

Professori Peter M. Senge loi 1990-luvulla johtamistavan, jossa sovelletaan systeemijattelua, itsehallintaa, tietoisuutta, visiota ja tiimityöskentelyä. Systeemijattelulla tarkoitetaan sitä, että maailma on yksi kokonaisuus, joka muodostuu erilaisista asioista ja palasista, jotka taas liittyvät ja vaikuttavat eritavalla toisiinsa. Itsehallinta lähtee omasta halusta oppia ja syventää tietämystään motivoituneesti. Tietoisuus on sitä, että jokainen osaa henkisesti mukautua maailmaan ja ymmärtää sitä. Henkinen valmius toimintaan syntyy henkisen tietoisuuden kautta. Vision omaksuminen tarkoittaa jokaisen organisaatiossa olevan henkilön sitoutumista ajamaan yhteisesti sovittuja ja tärkeitä havaittuja asioita. Tiimityöskentelyn etuna on asioiden ja pohdinnan laajempi käsittely ja näin ollen ryhmässä tapahtuva oppiminen on sitä, että opitaan toisilta. Tiimityöskentelyä kannattaa aina hyödyntää mahdollisuuksien mukaan, sillä parhaat ideat syntyvät yhdessä tuumin. Se lisää myös motivaatiota ja yhteenkuuluvuuden tunnetta, jolloin jokainen voi tuntea itsensä tärkeäksi osaksi kokonaisuutta ja sen hallintaa. (Karjalainen & Karjalainen 2000, 50.)

4.2 Systemi

Systemi on joukko asioita, jotka ovat riippuvaisia toisistaan. Systemin osat toimivat yhdessä ja ne pyrkivät saavuttamaan yhteisen niille määrätyn päämäärän. Päämäärä on olennainen asia systeemissä, sillä systeemiä ei voida kutsua systeemiksi ilman sitä. Systemin päämäärä tai tavoite on oltava jokaiselle päivän selvää. Johtaminen on avainasemassa systeemissä, koska johdon tehtävä on määrittellä systemin osat, toiminnot ja siihen liittyvät ihmiset. Tärkeintä on muistaa, että systemi vaatii yhteistyötä ihmisiltä ja osilta, joita siihen liittyy. (Deming 1993, 50; Nilsson Orsini 2013, 58 - 60.)

Systemin johtamiseen kuuluu sen oikeanlainen ohjaaminen eli sitä täytyy johtaa siten, että jokainen systeemiin liittyvä palanen toimii hyvin ja parhaalla mahdollisella tavalla. Näin saadaan jokaisesta irti kaikki, mikä edesauttaa systeemiä toimimaan parhaalla mahdollisella kapasiteetilla ja myös parantumaan jatkuvasti. Johdon roolissa on tärkeää myös tulevaisuuden suunnittelu ja ennustaminen, sillä aika ja ympäristö tuovat jatkuvasti muutoksia sekä uudenlaisia vaatimuksia. Systemin sisäisen yhteistyön jatkuva kehittäminen ja parantaminen ovat tärkeitä asioita jokaisen systemin kannalta, jotta osataan entistä paremmin ennakoida tulevaa ja muuntua tulevaisuuden tuomien haasteiden ja

edellytysten mukaisesti. Koska muutos on pysyvä olotila, on systeemejä osattava hallita kaikissa tilanteissa systemaattisesti. (Deming 1993, 52 - 54.)

On muistettava, että systeemissä olevat osat muodostavat keskinäisiä riippuvuussuhteita toisiinsa nähden. Mitä suurempi riippuvuus ihmisten tai toimintojen välille syntyy, sitä enemmän tarvitaan vuorovaikutusta. Riippuvuussuhteita pienentämällä tai poistamalla voidaan systeemiä parantaa ja auttaa suoriutumaan parhaalla mahdollisella tavalla. Jos yksi osa systeemistä poikkeaa sovitusta tavasta toimia, on selvää, että se vaikuttaa muihinkin osiin ja kokonaisuuden hallintaan. Jokainen systeemin osa tarvitsee oikealla tavalla ja tehokkaasti toimiakseen muita systeemin osia. Jos riippuvuudet ovat liian voimakkaita, on johdon tehtävä miettiä ratkaisuja toiminnan tai systeemin parantamiseksi. Riippuvuuksista ei ole aina helppoa päästä kokonaan eroon, eikä tarvitsekaan, sillä joskus ne ovat välttämättömiä systeemin toiminnan kannalta. Kun siis halutaan parantaa nykysysteemin toimintaa muuttamalla sitä mahdollisimman vähän, voidaan se tehdä parantamalla ja opettelemalla kyseisen systeemin riippuvuuksien hallintaa. Jos riippuvuuksia on systeemin kannalta mahdotonta hallita ja niistä halutaan kokonaan eroon, on mahdollista miettiä koko systeemin uudelleen järjestelyä. Toisin sanoen muutetaan systeemin toiminta täysin toisenlaiseksi. (Deming 1993, 96 - 97.)

4.3 Vaihtelu ja sen ymmärtäminen

Vaihtelun ymmärtäminen alkaa siitä käsityksestä, että kaksi asiaa tai tapahtumaa eivät voi olla samanlaisia, vaan vaihtelua esiintyy joka paikassa. Mitään tapahtumaa tai tietoa ei voida täysin tutkia, koska prosesseissa tapahtuu vaihtelua, jota täytyy osata tulkita. Tulkinta on erittäin tärkeä taito, jotta voidaan omaksua ja hallita tapahtumia ja tietoja, joita toiminnoissa ja prosesseissa esiintyy. Näin ollen on ymmärrettävä, onko esiintyvä vaihtelu luonnollisesta vai erityisestä syystä johtuvaa. Jokaiseen poikkeavuuteen ei siis kannata puuttua, jos ei tiedetä sen merkitystä. Poikkeavuuttahan ei ole se, että systeemi tai prosessi tuottaa vaihtelevia tuloksia. Minkään toiminnan tulos ei voi näyttää ainoastaan suoraa viivaa, sillä näin ollen jokainen asia ja tapahtuma olisivat aina täysin identtisiä keskenään. (Wheeler & Chambers 1992, 1; Karjalainen & Karjalainen 2000, 11.)

Vaihtelun teorian kautta voidaan ymmärtää paremmin vaihtelun lähteitä ja vaikutuskeinoja. Vaikutuskeinot tietysti riippuvat siitä, onko kyseessä oleva vaihtelu toiminnoista,

ympäristöstä vai yksilöllisyydestä johtuvaa. Yksilöllisyydellä voidaan tarkoittaa ihmisten välisiä eroja. Vaihtelun ymmärtämisen kautta voidaan päätellä systeemin tai prosessin toiminnan vakaus. Vaihteluun vaikuttaminen lähtee siitä, että osataan erottaa erityisyyvaihtelu luonnollisesta vaihtelusta. Vaihtelua voidaan seurata tilastollisesti prosessin käyttäytymiskaavioiden kautta. Johdon tehtäviin kuuluu johtaa systeemiä ja sen vaihtelua sekä ihmisiä, jotka ovat osallisina toimintaan. On tärkeä edelleen tiedostaa, että vaihtelua esiintyy ihmisissä, tuotantoprosesseissa ja tuotteissa. Vaihtelun tutkiminen ja pienentäminen lähtee kysymyksestä, mitä vaihtelu yrittää kertoa toiminnoista. Edellä mainitun kysymyksen kysyminen esimerkiksi tuotantoympäristössä on erittäin tärkeä asia, kun vaihtelu on johdon mielestä hallitsematonta. (Nilsson Orsini 2013, 77.)

Vaihtelun hallinta lähtee siis johdosta ja johtamisesta. Jokaisen edellä mainitussa asemassa olevan tulee opiskella ja ymmärtää vaihtelua. Jos vaihtelun ymmärtäminen on puutteellista, on siihen mahdoton puuttua, koska väärällä ja hätäisellä lähestymistavalla voidaan saada aikaan enemmän haittaa kuin hyötyä. Näin ollen ainoa mahdollisuus on vain havaita esiintyviä tunnuslukuja, joita systeemi tuottaa. Kun reagoidaan vain lukuihin, ei osata tehdä mitään muuta, kuin antaa asioiden vain mennä kuten ne ovat aikaisemminkin menneet. Ilman vaihtelun ymmärtämistä johto ei voi parantaa systeemiä ja sen laatua eikä myöskään sen toimivuutta. (Nilsson Orsini 2013, 170 - 171.)

4.3.1 Erityisyyvaihtelu ja luonnollinen vaihtelu

Vaihtelu voi olla, kuten aiemmin on mainittu, erityisestä syystä johtuvaa tai luonnollisesta syystä johtuvaa. Vakaan systeemin ja toimivan prosessin lähtökohdaksi on, että ymmärretään vaihtelun syyt. Ilman syiden tai seurausten tiedostamista ja erottamista parantaminen voi olla hankalaa. Kysymyksen on saada aikaan aina vain parempaa, jotta jatkuvuus säilyisi ja tulevaisuus olisi ennustettavissa. Jos vaihtelun lähde ja merkitys ymmärretään väärin, saadaan aikaan vain ylimääräisestä tutkimattomasta säätämisestä johtuvaa vaihtelun kasvamista. Voidaan siis olettaa, että ylimääräinen ja turha tekeminen ymmärtämättömyydestä johtuen voi vaikeuttaa toimintojen kehittämistä ja lisäksi saadaan aikaan enemmän haittaa kuin hyötyä. (Deming 1986, 309.)

Tärkeä asia vaihtelun ymmärtämisessä on myös se, että tiedostetaan ulkoiset ja sisäiset tekijät, jotka vaikuttavat prosessiin tai systeemiin. Ulkopuolinen tekijä on niin sanottu

asiakkaan ääni, joka tuo vaatimuksia prosessin toimintaan, ja johon ei voida vaikuttaa. Systemi tai prosessi on saatava toimimaan ensisijaisesti siten, että se vastaa asiakkaan vaatimuksia. Ilman asiakasvaatimusten huomioimista, ei voida tietää, mikä on tarve. Asiakkaalla voidaan tarkoittaa loppuasiakasta tai esimerkiksi tuotantolinjan työvaihetta. Edeltävän työvaiheen on palveltava seuraavaa saadun tiedon ja sen myötä vaatimusten perusteella. Sisäpuolista tekijää kutsutaan prosessin tai systeemin ääneksi, joka kertoo itse prosessissa ja sen kulusta. Prosessia seuraamalla nähdään, toimiiko se, kuten halutaan, ja voidaan havaita, milloin prosessin kulkuun on puututtava. Näin ollen on erotettava, mikä on asiakkaasta ja mikä prosessista aiheutuvaa vaihtelua. Näitä asioita on siis syytä tutkia mahdollisuuksien mukaan, jotta parantaminen voidaan laittaa vireille. Muuten joudutaan taas tilanteeseen, jossa tehdään jotain harkitsematonta, mikä voi vaikeuttaa asioiden kulkua. (Wheeler 2000, 17 - 22.)

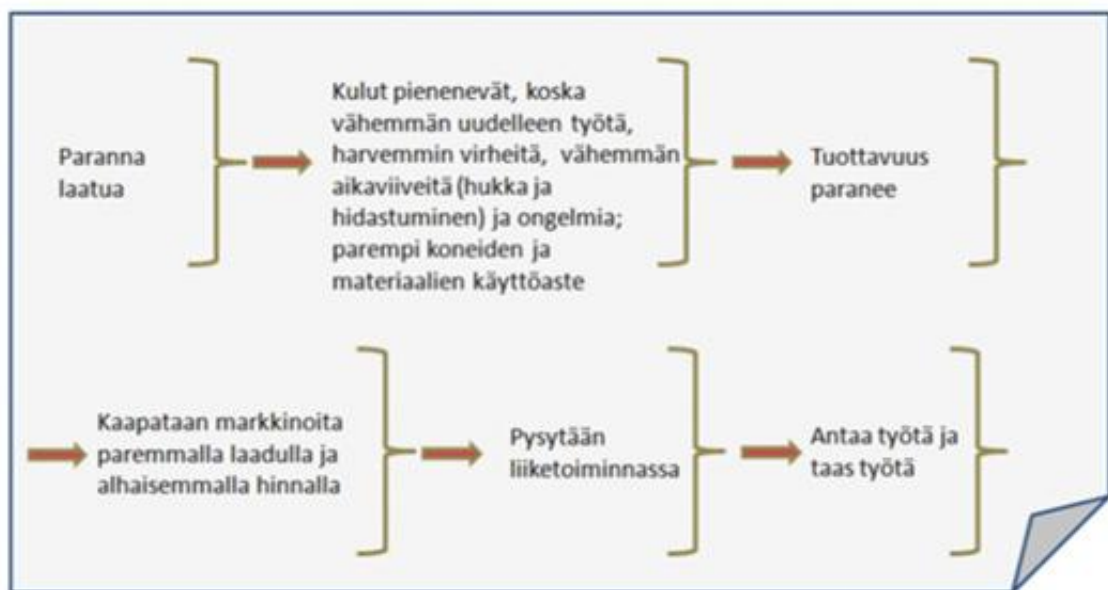
Syiden selvittämisen lähtökohtana on tilastollinen seuranta. Ilman tilastollista seuranta, ei syitä ja ongelmia saada näkyviin. Prosessille tai yksittäiselle toiminnolle lasketaan ohjausrajat, joiden välissä toiminnan vaihtelua tapahtuu. Esimerkkinä käytettäköön prosessin tai toiminnon läpimenoaikaa. Kun rajat on laskettu, saadaan selvitettyä vaihteluväli, jossa prosessi toimii ja prosessille voidaan alkaa tehdä jatkuvaa seuranta. Jatkovaa seurantaan voidaan tehdä sen jälkeen, kun on saatu kerättyä riittävästi otantoja. Tilastollisesti vaaditaan noin seitsemäntoista otantaa, jotta rajat olisivat luotettavalla tasolla. Tämän jatkuvan seurannan kautta nähdään, toimiiko systemi tai prosessi sille määritellyllä tavalla. Luonnollista vaihtelua on näin ollen se vaihtelu, joka pysyy näiden määritettyjen rajojen sisällä. Erityissyyvaihtelu tarkoittaa taas sitä vaihtelua, joka ei pysy rajojen sisällä häiriöistä johtuen. (Wheeler 2000, 23 - 31.)

Edellä mainittujen syiden selvittäminen on prosessin ja systeemin kannalta erityisen tärkeää, jotta tiedostetaan, kummasta syystä vaihtelu johtuu. Jos vaihtelu johtuu luonnollisesta syystä, sille ei voi, eikä saa tehdä mitään, koska se vain vaikeuttaa prosessia tai systeemiä ja aiheuttaa vain enemmän vaihtelua synnyttäen vaihtelua entisestään. Luonnollinen vaihtelu on ainoastaan toiminnossa esiintyvää normaalia kohinaa. Erityissyyt ovat niitä, joihin on puututtava aina, jotta ne eivät esiintyisi uudestaan. Jokainen poistettu erityissyy helpottaa prosessin ja systeemin toimintaa. Jos prosessi on luonnollisten rajojen sisällä, sitä voi parantaa vain parantamalla koko systeemiä tai systeemin osaa. Aikaisemmin puhuttiin keskinäisistä riippuvuussuhteista. Niihin viitaten voidaan

todeta, että systeemi tai prosessi ei välttämättä vaadi riippumattomuutta toiminnoissa toimiakseen luonnollisten rajojen sisällä. (Deming 1986, 310 - 322.)

5 TUOTTAVUUS JA TEHOKKUUS

W. Edwards Demingiä pidetään laadun isänä, joka kuvasi ketjureaktiollaan, kuinka laatu ja vaihtelu vaikuttavat tuottavuuteen. Kuvassa 3 esitetty Demingin ketjureaktio alkaa parantamalla laatua. Laadun parannus johtaa pienempiin kuluihin, koska samoja asioita ei tarvitse tehdä toiseen kertaan. Tämän myötä tuottavuus kasvaa. Tuottavuuden kasvetua voidaan valloittaa markkinoita paremmalla laadulla ja pienemmillä kuluilla. Kun valloitetaan markkinat, voidaan pysyä toiminnassa ja tarjota lisää työpaikkoja. (Deming 1986, 3.)



Kuvio 1. Demingin ketjureaktio (Piirainen 2013, hakupäivä 22.5.2014)

Tuottavuudella tarkoitetaan tämän työn yhteydessä työn tuottavuutta. Tämän myötä tuottavuuden käsittelyssä ei oteta huomioon syntyviä kustannuksia, mutta käsitteenä se on hyvä ottaa esille. Tuottavuuteen liittyy myös luonnollisesti tehokkuus. Tehokkuuden määrittely liittyy tässä tapauksessa resurssien käyttöön ja virtauksen luomiseen. Vaihtelun vaikutuksen huomioiminen on myös erittäin tärkeää edellä mainittuja asioita pohtiessa.

5.1 Tuottavuus

Tuottavuutta saadaan aikaan materiaalilla, pääomalla ja teknologialla. Sen sanotaan riippuvan asenteista pyrkiä jatkuvaan parantamiseen. Muutos on pysyvä olotila, joten ei

ole mitään syytä tyytyä nykytilanteeseen, vaan etsittävä ja tutkittava jotain parempaa. Jo aikaisemmin mainituissa W.Edwards Demingin opeissakin pyrittiin parantamaan toimintaa ja systeemiä. Kestävän kehityksen ja jatkuvuuden kannalta vallitseva olotila ei koskaan ole täydellinen, vaan on pyrittävä koko ajan parempaan. Siksi tuottavuuden parantaminen vaatiikin pitkäjänteistä työtä ja tuntemusta omaa asiaa kohtaan, jotta osataan tehdä oikeita asioita. (Kauppakaari Oy 1997, 13.)

Tuottavuuden määritelmää eli tuotoksen ja panoksen välistä suhdetta käytetään monissa yhteyksissä. Tuotannossa se voidaan käsittää tuotannon määrän ja tuottamiseen käytettyjen panosten suhteena. Tuottavuuden tavoitteena on saada aikaan tulosta mahdollisimman vähin panostuksin. Tämä tarkoittaa sitä, että on pyrittävä löytämään ratkaisuja, jotka palvelevat niin yritystä kuin asiakastakin. Asiakkaan näkökulma on tärkeä tekijä, sillä ensisijaisesti yrityksen tulee miettiä keinoja, joilla saadaan toiminta ja tuotanto tyydyttämään mahdollisimman suurta asiakaskuntaa. (Maliranta & Ylä-Anttila 2007, 29 - 31; Kauppakaari Oy 1997, 16, 231 - 232.)

Työn tuottavuudella tarkoitetaan työntekijöiden käytöstä syntyvää tehokkuutta. Työn tuottavuus mielletäänkin monesti juuri tuottavuudeksi, eikä sitä mittareiden käytön kannalta eritellä työn tuottavuudeksi. Työn tuottavuutta mitattaessa kyllä otetaan huomioon tuotos ja panos, mutta kustannukset jätetään huomioimatta. Tuotannossa tuottavuus tarkoittaa tuotannon määrää panosyksikköä kohti. Työpanoksena voidaan käyttää esimerkiksi tehtyjä työtunteja. Työn tuottavuuden mittauksessa on kuitenkin oltava tarkkana, sillä liian usein mitataan väärä asioita tuottavuuden mittauksessa. Siksi jokaisen tuotokseen ja panokseen liittyvän asian tai ihmisen tulee tietää tarkkaan, mitä mitataan, miten mitataan, ja missä vaiheessa mitataan. Ristiriitaiset toimintatavat eivät tuota luotettavia tuloksia, vaan lisäävät jo aikaisemmin mainittua vaihtelua. (Kauppakaari Oy 1997, 50, 232 - 234; Maliranta & Ylä-Anttila 2007, 35.)

5.2 Tehokkuus

Tehokkuus koostuu laadusta, hinnasta, tuotantomäärästä ja kustannuksista. Tuottavuudella tarkoitetaan työn tuottavuutta eli tuotantomäärä panosyksikköä kohti. Kun tuottavuus on esimerkiksi määrän suhde aikayksikköön, on tehokkuus tällöin määrän suhde aikayksikköön ja edelleen näiden suhde henkilöresursseihin. Tuotantolinjan tuottavuus

teen ei tässä työssä tehokkuuden kannalta huomioida hintoja eikä kustannuksia. Tehokkuutta voidaankin ajatella resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden kannalta. Nämä tehokkuuden muodot eivät kuitenkaan koskaan toimi erikseen, vaan niitä sovelletaan yhdessä. Toiminnoista riippuen niiden suhde vain vaihtelee. Tietyissä tilanteissa voidaan joutua keskittymään enemmän toiseen töiden suorittamisen kannalta. (Karlöf & Östblom 1993, 13.)

5.3 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuus on tehokkuutta, jossa panostetaan resurssien käyttöön. Tämä tehokkuuden muoto on aina ollut yleisin tapa toimia yrityksissä. Resurssitehokkuudella pyritään hyödyntämään siis käytössä olevia resursseja sekä sitä, että niitä on aina riittävästi saatavilla. Tehokkuudesta puhuttaessa voidaan ajatella sen tarkoittavan nimenomaan resurssien suurta hyödyntämistä. Resurssitehokkuutta korostettaessa nousevat suurimpaan huomioon esimerkiksi resurssit tuottaa tuotetta. Näitä resursseja ovat muun muassa työntekijät, työympäristö, koneet ja laitteet sekä järjestelmät. Resurssitehokkuutta mitataan tässä tapauksessa siten, kuinka paljon käytetään työntekijöitä tuotantoprosessin läpiviennissä. Resurssien suuri käyttö vaatii myös sen, että jokainen käytetty resurssi on tarpeellinen ja tärkeä. On kuitenkin muistettava, että tehokkuus laskee, jos käytetään suuria henkilöresursseja tuottamaan pieniä määriä tuotteita. (Modig & Åhlström 2013, 9 - 11.)

5.4 Virtaustehokkuus

Resurssitehokkuudessa otetaan huomioon resurssien tehokas käyttäminen, mutta virtaustehokkuudessa painotetaan itse virtauksen luomista resurssien sijasta. Virtauksessa huomio keskittyy itse tuotteeseen, jonka valmistusprosessi määrittelee. Tehokkaan virtauksen lähtökohtana on, että tuote saadaan valmistettua mahdollisimman tehokkaasti. Tuotantolaitoksessa resurssitehokkuus pyrkii nostamaan tuotettua määrää, kun taas virtaustehokkuus pyrkii tehostamaan itse valmistusprosessia. Virtausta mitataan sen valmistukseen kuluva ajasta. (Modig & Åhlström 2013, 13 - 14.)

5.4.1 Läpimenoaika ja sen merkitys virtauksessa

Minkä tahansa prosessin kannalta on tärkeää huomioida, että sille määritellään haluttu alku ja loppu. Johdon tulee määritellä prosessin tai järjestelmän rajat eli mikä on ensimmäinen, ja mikä viimeinen tapahtuma, joka vaikuttaa läpimenoaikaan. Läpimenoaika on siis se aika, mikä esimerkiksi tuotteelta kuluu sen valmistamisen aloittamisesta valmiiksi tuotteeksi. Johdon merkitys kasvaa juuri edellä mainittujen rajojen määrittelyssä, koska prosessissa voi olla sellaisia työvaiheita, joita ei oteta huomioon kokonaisläpimenoajassa. Kuten aikaisemmin mainittiin, jokaisen on tiedettävä tarkasti, milloin mittaus aloitetaan, ja milloin lopetetaan. Tällöin saadaan tarkkaa ja oikeellista tietoa prosessin kulusta ja läpimenoajoista. (Modig & Åhlström 2013, 22).

Läpimenoajoista puhuttaessa ei voida sivuuttaa Littlen lakia. Kyseisen lain mukaan läpimenoaika saadaan kertomalla keskeneräiset virtausyksiköt ja jaksoaika keskenään. Keskeneräisillä virtausyksiköillä tarkoitetaan tuotteita, jotka ovat määriteltyjen rajojen sisällä. Tuotannossa siis määritellään rajat, joista läpimenoaika lasketaan. Rajojen sisällä olevat tuotteet ovat valmistuksessa, mutta eivät ole läpäisseet sitä rajaa, johon läpimenoaika päättyy. Jaksoajalla tarkoitetaan sitä keskimääräistä aikaa, jonka tuote viipyy kussakin prosessin työvaiheessa. Virtaustehokkuuden kannalta on tärkeää, että tuote valmistuu kustakin työvaiheesta ongelmitta, eikä aiheuta odottelua seuraavaan vaiheeseen. (Modig & Åhlström 2013, 34 - 35.)

Littlen lakia voidaan havainnollistaa arvioimalla prosessissa syntyvää odotusaikaa ja edelleen prosessista syntyvää läpimenoaikaa. Kuviossa 2 on esitetty jono, jossa on viisi yksikköä, joista yksi on teossa. Yhden yksikön tekemiseen kuluu aikaan kymmenen minuuttia eli jakso-/vaiheaika on kymmenen minuuttia. Näin ollen valmiita yksiköitä syntyy kuusi kappaletta tunnin aikana. Jonotusajalla tarkoitetaan aikaa, jonka yksikkö joutuu odottamaan ennen käsittelyyn pääsyä. Jonotusaika lasketaan kertomalla jonossa olevat yksiköt jaksoajalla. Näin ollen jonotusaika on kaavan mukaan viisikymmentä minuuttia. Kokonaisjaksoaika voidaan laskea myös siten, että keskeneräiset työt jaetaan yksiköiden lukumäärällä eli viisikymmentä minuuttia (5/6 h) jaettuna viidellä yksiköllä. Tulokseksi saadaan siis kuusi yksikköä tunnissa. (Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 22.5.2014.)

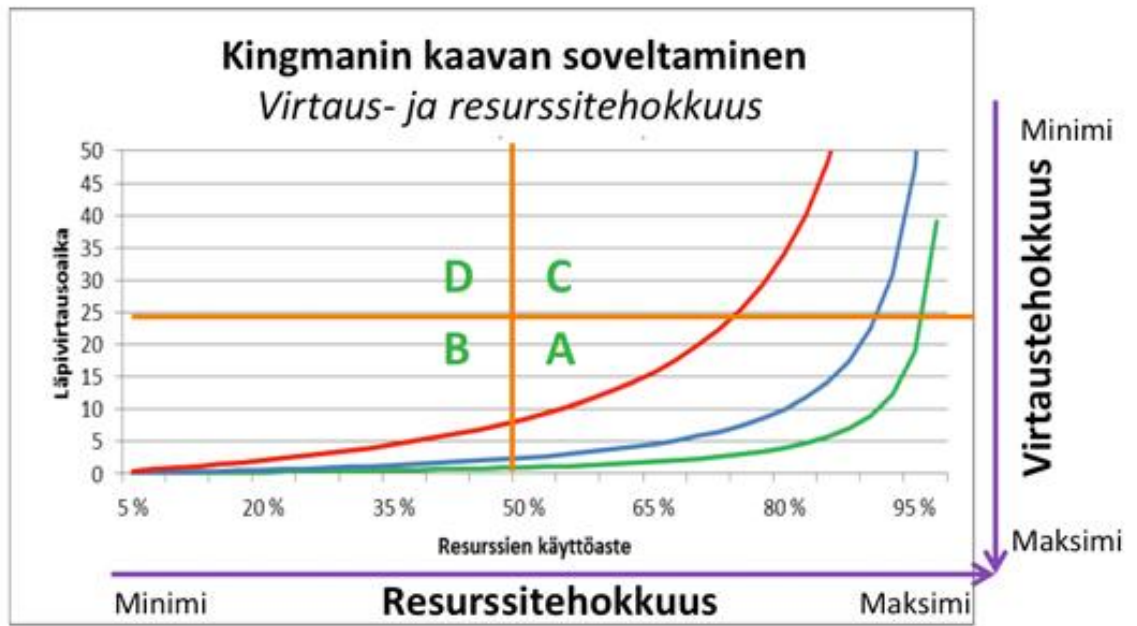


Kuvio 2. Littlen laki (Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 22.5.2014)

Toinen läpimenoon vaikuttava asia on tuotannossa esiintyvät pullokaulat. Niitä syntyy prosesseissa, joiden jaksoajat vaihtelevat suuresti. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi jokin tuotannon työvaihe on niin työläs ja herkkä vaihtelulle, että se aiheuttaa odottelua seuraavassa työvaiheessa. Kun työvaihe purkautuu seuraavaan vaiheeseen, syntyy jonoa, mikä taas kuormittaa seuraavia työvaiheita ja virtaus kärsii. Tätä pullokauloista johtuvia riippuvuussuhteita vaikeuttaa entisestään tuotantoprosessi, jossa työvaiheet on tehtävä juuri tietyssä järjestyksessä. Vaihtelu aiheuttaa myös pullonkauloja, kun prosessi on liian herkkä erilaisille muutoksille ja sisäisille sekä ulkoisille vaikutuksille. Siksi on edelleen erittäin tärkeää, että koko prosessiin tai systeemiin liittyviä asioita opitaan hallitsemaan ja parantamaan. (Modig & Åhlström 2013, 37 - 39.)

Aikaisemmassa luvussa puhuttiin vaihtelusta ja sen ymmärtämisestä. Näin ollen se on kolmas asia, joka vaikuttaa virtaustehokkuuteen. Tuotantoprosesseissa syntyy aina vaihtelua, mutta sen käsittelyä helpottaa vaihtelun ymmärtäminen. Kingmanin kaavalla voidaan osoittaa yhteys resurssitehokkuuden, virtaustehokkuuden ja läpimenoajan välillä. Kuvio 3 osoittaa sen, että läpimenoaika kasvaa vaihtelun suuretessa. Vaihtelulla tarkoitetaan tässä yhteydessä muutoksia resurssi- ja virtaustehokkuudessa. Tämän myötä myös läpimenoajassa esiintyy vaihtelua. (Modig & Åhlström 2013, 40 - 43).

Kuviossa 3 A on korkea resurssi- ja virtaustehokkuus, B on alhainen resurssitehokkuus ja korkea virtaustehokkuus, C on korkea resurssitehokkuus ja alhainen virtaustehokkuus, D on alhainen resurssi- ja virtaustehokkuus. Läpimenoaika kasvaa pysty akselin suunnassa. Kuvan käyrät osoittavat vaihtelua, joka syntyy resurssien käyttöasteiden mukaan. Näin ollen voidaan huomata, että läpimenoaika kasvaa vaihtelun suuretessa. Lean-ajattelussa pyritään toimimaan alueella A, sillä se on tuotannon ja asiakkaan näkökulmasta paras vaihtoehto. (Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 22.5.2014.)



Kuvio 3. Kingmanin kaavan soveltaminen (Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 22.5.2014)

6 TUOTANNON JOHTAMINEN JA OHJAUS

Tuotannon johtaminen ja ohjaus koostuvat monista asioista. Jotta toiminnasta saadaan hyvin toimivaa, tehokasta ja tuottavaa, eri ihmisten ja organisaatioiden on pyrittävä keskinäiseen vuorovaikutukseen. Monet yritykset ovat saaneet oppia Toyotan tavasta toimia pyrkimällä tuottavuuteen esimerkiksi laadun, johtamisen ja jatkuvan parantamisen kautta. Toyotan kulttuurissa on asioita, joita kannattaa ottaa esille. Lean perustuu näihin samoihin periaatteisiin. Eri tuotantofilosofioita ja tuottavuuden parantamiskeinoja ja – työkaluja käsitellään luvussa 7. Tässä luvussa käsitellään asioita, jotka ovat tärkeitä tuotannon johtamisessa, ohjauksessa ja rooleissa. (Liker 2004, 184 - 198).

6.1 Johtaminen

Johtamisen tulee pyrkiä jatkuvaan parantamiseen ja työmenetelmien kehittämiseen. Johto luo suorittavan työn tekijöille puitteet oikeanlaiseen ja hyvään työskentelyyn. Esimiehen tulee olla lähestyttävissä ja kuultavissa, jotta mahdollisia esiintyviä ongelmia voidaan havaintojen perusteella parantaa tai korjata. Johdon tehtävä on luoda yhteys työntekijöihin luottamuksen synnyttämiseksi. Työntekijöillä on oltava riittävät tiedot ja taidot työn tekemiseen. Esimiehen on opastettava, kuinka kussakin tilanteessa tulee toimia. Virheitä tulee, ja se on tarkoituskin toiminnan kehittämisen kannalta. Ihmisten johtamisessa on tärkeää, että työntekijä saadaan arvostamaan oman työnsä merkitystä kokonaisuudessa. Ihmisten johtaminen korostuu vaikeina muutoksen aikoina, sillä muutostakin on osattava johtaa. Tällöin molemminpuolinen arvostus ja luottamus korostuvat edelleen. Toyotankin yhtenä periaatteena on poikkeuksellisen etevien ihmisten ja tiimin kehittäminen. (Teknologiateollisuus ry 2007, 73 - 79; Liker 2004, 184 - 198.)

6.2 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelulla tarkoitetaan tuotantoa tukevia toimintoja, jotka avustavat tai helpottavat itse tuotantotyön suorittamista. Tuotannonsuunnittelija on osa tuotantotiimiä. Tuotannonsuunnittelijan vastuulla on ensisijaisesti huolehtia edellytyksistä onnistuneeseen tuotannon ohjaukseen. Hän määrittelee, mitä tehdään ja milloin. Tuotannonsuunnittelijan vastuulla on myös kyky nähdä nykyhetkeä kauemmas. Toisin sanoen on

osattava arvioida ja ennakoida tulevaa. Toyotalla tämä työvaihe liittyy työnjohdon tehtäviin, joten tuotannosuunnittelijalla voi olla myös työnjohdollista vastuuta. (Liker 2004, 193).

6.3 Työnjohto

Työnjohdolla on tärkeä merkitys siihen, että työt tehdään oikein ja niiden tekemiseen löytyy tarvittavat puitteet kuten opastus ja ohjeistus sekä resurssit. Työnjohdon on oltava vuorovaikutuksessa työntekijöihin. Toyotan tapaan työnjohdon tai ryhmänvetäjän rooleihin ja vastuisiin kuuluu monenlaisia tehtäviä. Ryhmänvetäjä laatii aikatauluja työstä ja hoitaa kuukausittaista tuotannon suunnittelua. Ylläpidollisia toimia ovat suunnittelu, avustaminen ja korjaavat toimenpiteet. Työnjohto suunnittelee myös laadunparantamista ja prosessinkehittämistä. Lisäksi työnjohto varmistaa, että jokainen työntekijä on sitoutunut tehtävään. Prosessikokeilut ja työntekijöiden kehittäminen kuuluvat myös vastuualueisiin. Tuotannossa on suoritettava jatkuvaa seuranta ja kehittämistä tuottavuudesta ja laadusta. Tuotannosta ja tuotannotoimintatavoista riippuen on sovellettava kuhunkin tuotantoympäristöön hyväksi havaittuja menetelmiä oikeanlaiseen työn johtamiseen. (Liker 2004, 193 - 194.)

6.4 Tiiminvetäjä

Tuotannossa tiiminvetäjä huolehtii siitä, että tuotteet liukuvat tuotannon läpi ongelmitta. Tiiminvetäjäksi valitaan yksi tuotannon työntekijöistä. Hänen on osattava ennakoida, mitä tuotannossa milloinkin on tulossa. Työt aloitetaan joka päivä tiiminvetäjän opastuksella. Tiiminvetäjällä on enemmän vastuuta kuin muilla tuotantolinjan työntekijöillä, mutta heillä ei ole käytössään määräysvaltaa. (Liker 2004, 193.)

Toyotan tapaan tiiminvetäjälle kuuluu tiettyjä vastuita. Tiiminvetäjä ohjaa prosessia ja käynnistää sen joka päivä. Tuotantotavoitteista huolehtiminen kuuluu osana vastuualueisiin. Jokainen linjan työntekijä on laadunvarmistaja, mutta tiiminvetäjä tekee laadullisia tarkastuksia päivittäin. Jos linjan työntekijä on syystä tai toisesta poissa, tiiminvetäjä paikkaa häntä. Tiiminvetäjä kouluttaa työntekijöitä ja huoltotehtävien ilmentyessä hän huolehtii, että asia hoidetaan. Kun tehtaalla on rutiinitöitä, on tiiminvetäjän vastuulla

varmistaa laatu. Tiimivetäjä osallistuu myös jatkuvan parantamisen kehittämiseen ja huolehtii, että linjalla on kaikki tarvittavat työkalut ja materiaalit käytettävissä. Edellä mainitut toimintatavat liittyvät nimenomaan Toyotan hyväksi havaittuihin ja koettuihin tapoihin. Näin ollen tiiminvetäjän tarpeellisuus ja vastuut tulee määritellä tässäkin tapauksessa tuotantolaitoksen käytäntöihin ja toimintaan sopiviksi. Toisin sanoen arvioidaan, onko tiiminvetäjä aina puuttuva lenkki virtauksen luomisessa. Tiiminvetäjän käyttäminen tuotantolinjalla tuskin ainakaan hidastaa toimintaa ja sen kehittämistä. (Liker 2004, 193.)

6.5 Informaatiovirrat

Tiedon kulku tuotantolinjalla on tärkeää, jotta jokainen systeemin tai prosessin osatekijä tietää, mitä tehdään ja miten. Informaation on liikuttava aina loppupäästä alkupäähän, jotta laatu vastaisi asiakkaan toiveita. Loppupäällä tarkoitetaan asiakasta ja alkupäällä henkilöä, joka on tuotteen toimitusketjun ensimmäinen linkki. Siksi jokaisen työvaiheen työntekijän on palveltava seuraavaa työvaihetta niin, ettei ongelmia syntyisi. Toisin sanoen jokaisen työntekijän on voitava varautua tuleviin töihin saamansa tiedon perusteella ja valmis tuote palvelee loppuasiakasta. Lähtökohtana tehokkaaseen toimintaan on se, että tieto on saatavilla heti valmistuksen alettua eikä tietoa tarvitse lähteä hakemaan enää uudestaan. Tiedonpuute ja tiedon esiin kaivaminen vaikeuttavat oleellisesti prosessin kulkua. (Teknologiateollisuus ry 2007, 125.)

6.6 Materiaalivirrat

Materiaalien on ohjauduttava tuotantolinjalla aina alkupäästä loppupäähän. Tuotantolinjan virtauksen kannalta on tärkeää, että materiaalit virtaavat koko ajan eteenpäin. Pyrkimyksenä virtauksessa on se, että materiaalitkin virtaavat ilman keskeytyksiä. Olosuhteiden pakosta materiaaleja voidaan joutua kuitenkin varastoimaan, jos prosessi tai systeemi niin vaatii. Näitä varastoja kutsutaan puskureiksi. Pienet puskurivarastot voivat edesauttaa virtausta, mutta ihanteellinen tilanne olisi, ettei liiallisia välivarastointeja syntyisi. Voidaan siis havaita se tosi asia, että materiaalien esteetön kulku nopeuttaa tuotannon toimintaa, mutta on kuitenkin tärkeää huomioida materiaalimäärät ja – laadut,

joita käsitellään ja liikutellaan. Lisäksi huomion arvoiseksi asiaksi nousevat toimintaympäristön tuomat haasteet ja mahdollisuudet. (Tuominen 2010, 72.)

7 TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN

Tuottavuuden parantamiseen on useita tapoja ja malleja. Strategian valinnassa on tärkeintä, että valitaan omalle organisaatiolle oikeanlainen lähestymistapa. Menetelmien valintaan vaikuttaa omalta osaltaan myös kokonaisuus, johon parantaminen kohdistuu. Tuottavuuden ja toimintojen parantamisessa on tärkeintä, että sitä tehdään jatkuvasti. Toinen tärkeä asia on johtamistapa, jolla asiaa lähdetään ajamaan. Strategian valinnassa johdon merkitys kasvaa entisestään, koska strategia vaatii myös sen oikeanlaisen johtamisen. Johtoryhmän on saatava koko henkilöstön tuki, jotta parantamisessa voidaan onnistua. Parantaminen on hankalaa, jos asenteet eivät ole kohdallaan. Väärät asenteet johtuvat epätietoisuudesta, mikä taas aiheuttaa epävarmuutta ja vastarintaa.

Tuotantolaitoksissa parantaminen kohdistuu yleensä tuotantolinjan tai -ketjun toimintaan. Tuottavuuden parantamis- ja ylläpitämiskeinot voivat liittyä tuotannossa laadun parantamiseen ja vaihtelun hallintaan. Muita keinoja ovat hukkan ja virheiden minimointi sekä oikeanlainen ja järkevä tekeminen. Joskus voi olla myös paikallaan tutkia jo olemassa ja hyväksi havaittuja menetelmiä, joilla tuottavuutta on saatu parannettua, ja sitä voidaanko niitä kehittää edelleen.

Työn tuottavuuden kehittäminen voidaan muodostaa kolmesta asiasta. Ensimmäinen asia on onnistumisen seuranta, mittaus ja palkitseminen kehittymisestä. Edellä mainitut asiat tarkoittavat sitä, että osoitetaan mielenkiintoa niitä kohtaan. Positiivista ja korjaaavaa palautetta on annettava riittävästi säännöllisin väliajoin. Kehittyminen edellyttää kannustavuutta, mikä vaikuttaa merkittävästi asenteisiin ja motivaatioon. Kannustamisen myötä voidaan työn tuottavuutta parantaa merkittävästi. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen tuntee itsensä tärkeäksi osaksi kokonaisuutta. (Teknologiateollisuus ry 2007, 120.)

Toisena merkittävänä asiana voidaan pitää sitä, että systemaattisesti poistetaan esteitä ja häiriötekijöitä toiminnasta. Tämä taas tarkoittaa sitä, että tekijöihin on puututtava analysoiden ja priorisoiden. Poistetaan ensimmäiseksi ne tekijät, joilla nähdään olevan suurin vaikutus. Näin ollen pyritään jatkuvaan parantamiseen ja toimintojen kehittämiseen. Vaikuttaviin tekijöihin on osattava jatkuvasti puuttua, jotta ne saataisiin eliminoitua. Tieto ja taito ovat kolmas tärkeä seikka, mikä vaikuttaa työn tuottavuuden kehittämiseen. Toisin sanoen pyritään siihen, että koko ajan tiedetään, mitä tehdään ja miten. Jo-

kaisen osapuolen kuuluu saada tarvittavat tiedot ja taidot toimiakseen oikealla tavalla eli tehdäkseen asioita määritetyillä menetelmillä sekä tavoilla. Tämä tarkoittaa mahdollisten koulutusten järjestämistä riippuen asian vakavuudesta ja vaikeudesta. Kannustaminen itsensä jatkuvaan kehittämiseen on asia, jota johdon on tuettava. (Teknologiateollisuus ry 2007, 120.)

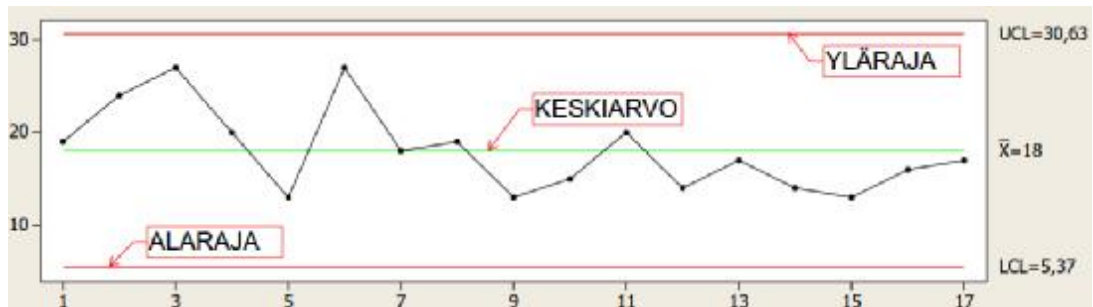
Kehittyminen edellyttää johdolta myös havainnointia, ennakointia ja tavoitteellisuutta. Näiden asioiden määrittely vaatii jälleen kerran ymmärrystä ja tietoa siitä, mitä ollaan tekemässä. Kun tiedetään, mitä tehdään, voidaan alkaa miettiä miten. Laatu vaatii osaaavaa johtamista, jotta parannusta saadaan aikaan. Pahimmassa tapauksessa huolimaton ja hätäinen toiminta voi aiheuttaa, sen että asiat ovat heikommin kuin kehitystyötä aloitettaessa. (Salomäki 1999, 9.)

7.1 SPC (Statistical Process Control)

SPC eli Statistical Process Control (tilastollinen prosessin ohjaus) tarkoittaa jatkuvaa tilastollista prosessien seurantaa. SPC:hen liittyy erilaisia toimintatapoja yhdessä tilastollisen ajattelun kanssa. Prosessia seurataan prosessin käyttäytymiskaavioiden avulla. Ajattelu perustuu Walter A. Shewhartin 1900-luvun alkupuolella esittelemiin oppeihin tilastollisesta seurannasta. SPC on laatutyökalu, jota ei vain käytetä satunnaisesti, vaan sillä pyritään jatkuvaan parantamiseen. Vaihtelun pienentäminen on olennainen osa tilastollista prosessin ohjausta, koska ilman tilastollista ajattelua ja seurantaa prosessissa ilmeneviä ongelmia ei saada esille, eikä sen myötä korjattua tai poistettua. (Wheeler & Chambers 1992, 21; Salomäki 1999, 8; Karjalainen & Karjalainen 2000, 10.)

Tilastollinen seuranta perustuu siihen, että tarkkaillaan prosessia tai systeemiä ja niissä esiintyvää vaihtelua. Jokaiselle prosessille määritellään ohjausrajat, joiden välillä toiminta tapahtuu. Ohjausrajojen sisällä tapahtuva toiminta on luonnollista vaihtelua ja ylittävät sekä alittavat arvot erityissyvaihtelua. Edellä mainittuja asioita käsiteltiin luvussa 4.3.1. Olennainen asia on ymmärtää, että SPC:llä voidaan parantaa prosessia aloittamalla tilastollinen seuranta haluttuun osa-alueeseen. Tämän jälkeen ohjausta käytetään jatkuvan parantamisen ja seurannan työkaluna. Kun systeemin tai prosessin ongelmia saadaan poistettua, on tällä laadullisesti merkittävä vaikutus. Sen myötä saadaan myös parannettua tuottavuutta ja tehokkuutta. Kuviossa 4 on esitetty ohjauskortti, jossa

vaihtelu on luonnollista eli otannat ovat ohjausrajojen sisällä. (Karjalainen & Karjalainen 2000, 10.)



Kuvio 4. Ohjauskortti (liite 1)

7.1.1 3 sigman rajat

Prosessin ohjausrajat määritellään noin seitsemäntoista otannan jälkeen 3 sigman rajoihin. 3 sigman rajat ovat tilastollisesti toimivimmat käytännössä, koska prosessissa syntyvät tulokset esiintyvät keskiarvillisesti useimmiten näiden rajojen sisällä. Kun prosessin toiminto esiintyy näiden rajojen ulkopuolella, se on mitä ilmeisimmin erityisestä syystä johtuva häiriötekijä. 3 sigman rajoihin perustuu sääntö, jonka mukaan 3:n sigma toimii parhaiten. Otantojen perusteella saadaan siis keskiarvo ja ohjausrajat, jotka noudattavat 3:n sigman sääntöä. Jatkuvan seurannan kautta voidaan tarkkailla prosessin kulkua. Jos kaavioiden perusteella on nähtävissä selkeää muutosta, rajat on laskettava uudelleen. Rajat voidaan laskea uudelleen, kun prosessista saadaan riittävästi otantoja, joilla muutos voidaan perustella. Tilastollinen seuranta perustuu siihen, että pyritään parantamaan prosessia jatkuvan seurannan avulla. Sen vuoksi edistymisen seuraaminen vaatii edellä mainittujen rajojen tarkkailua ja laskemista uudelleen riittävin aikavälein. (Wheeler & Chambers 1992, 60 - 65.)

7.2 Lean

Lean-ajattelu on saanut alkunsa Japanista, jossa Toyota kehitti omaan tuotantoonsa tärkeän TPS:n (Toyota Production System). Lean on johtamiskulttuuri, joka pyrkii jatkuvaan parantamiseen ja toimintojen kehittämiseen ja tehostamiseen lisäarvoa tuottamalla. Jatkuva parantaminen lähtee johdon luomasta strategiasta. Lean poistaa hukkaa ja ylimääräisiä resursseja toiminnasta. Näin ollen saadaan aikaan tehokkaampaa ja laaduk-

kaampaa toimintaa. Virtauksen luominen kuuluu olennaisesti Lean-periaatteisiin. Lean-ajattelua voidaan kuvata viiden periaatteen (kuvio 5) mukaan. Näitä periaatteita ovat arvon tunnistaminen, arvoketjun havainnollistaminen, virtauksen luominen, imuohjauksen perustaminen ja täydellisyyden etsiminen. (Tuominen 2010, 6.)



Kuvio 5. Leanin viisi periaatetta (Lean.org www-sivut 2014, hakupäivä 26.8.2014)

7.2.1 Arvoa tuottavat toiminnot ja arvoketju

Arvoa tuottavat toiminnot ovat yksinkertaisesti niitä toimintoja, jotka palvelevat asiakkaan tarpeita. Virtaustehokkuus, jota käsiteltiin luvussa 5.4, liittyy olennaisesti arvoa tuottavien toimintojen käsittelyyn. Ilman näiden toimintojen ymmärtämistä on vaikea panostaa virtaukseen. Mietitään tilanne, jossa tuotetta valmistetaan. Kaikki se toiminta tuotteen hyväksi, joka jalostaa tuotetta eteenpäin asiakkaan tarpeiden mukaisesti, on lisäarvoa tuottavaa. Lisäarvoa tuottamaton toiminta on taas hukkaa, jota käsitellään tarkemmin luvussa 7.2.3. Arvo on käsite, joka tulee suoraan asiakkaalta, ja jonka mukaan toimitaan. Arvoketju on taas käsite, joka johdon tulee havainnollistaa tuotteelle. Arvoketjun kautta ymmärretään, mitkä toiminnot ovat hyödyksi asiakkaalle ja mitkä ovat hukkaa. Kuviossa 6 esitetään arvoketju. (Modig & Åhlström 2013, 23 - 24.)



Eliminoi KITKA, eliminoi PULLONKAULAT, KEHITÄ KATKEAMATON LISÄARVON LUONTI

Kuvio 6. Arvoketju (Rauhala 2014, luentomateriaali; Väisänen 2013, hakupäivä 17.9.2014)

7.2.2 Virtaus ja imuohjaus

Virtauksen luominen perustuu siis siihen, että asiat virtaavat ilman keskeytyksiä ja väli-varastoja. Virtaukselle luodaan puitteet ja edellytykset, joilla se voidaan toteuttaa. Tuotannon virtauksen ollessa hyvällä tasolla, saadaan siitä suurta hyötyä. Tehokas ja onnistunut virtaus parantaa laatua, koska varastoja ei synny ylituotannosta. Virtaus parantaa tuotteen läpimenoa prosessissa ja sen myötä saadaan joustavuutta toimintaan. Virtaustehokkuus parantaa myös työn tuottavuutta. Jatkuva virtaus tuo esille virheitä, joita poistetaan, eivätkä ne siirry eteenpäin tai ilmene uudestaan. Imuohjaus tarkoittaa sitä, että tuote siirtyy oikeaan aikaan (Just-in-time) oikeaan paikkaan eli tuote tai osa imetään ongelmitta seuraavaan vaiheeseen. Imuohjauksen apuvälineenä käytetään kanbania. Kanbanina voidaan käyttää esimerkiksi korttia, jossa kerrotaan, että jotain halutaan tai jossa ilmoitetaan, että työvaihe on valmis. (Tuominen 2010, 72 - 73, 83; Liker 2002, 106 - 107.)

7.2.3 Hukka

Lean-ajattelun ydin on poistaa hukkaa toiminnoista. Hukan estäminen, tunnistaminen ja poistaminen ovat olennaisia Lean-ajattelussa. Kaikki työ, mikä ei hyödytä asiakasta, on hukkaa. (Tuominen 2010, 86.)

Hukkaa synnyttäviä toimintoja ovat

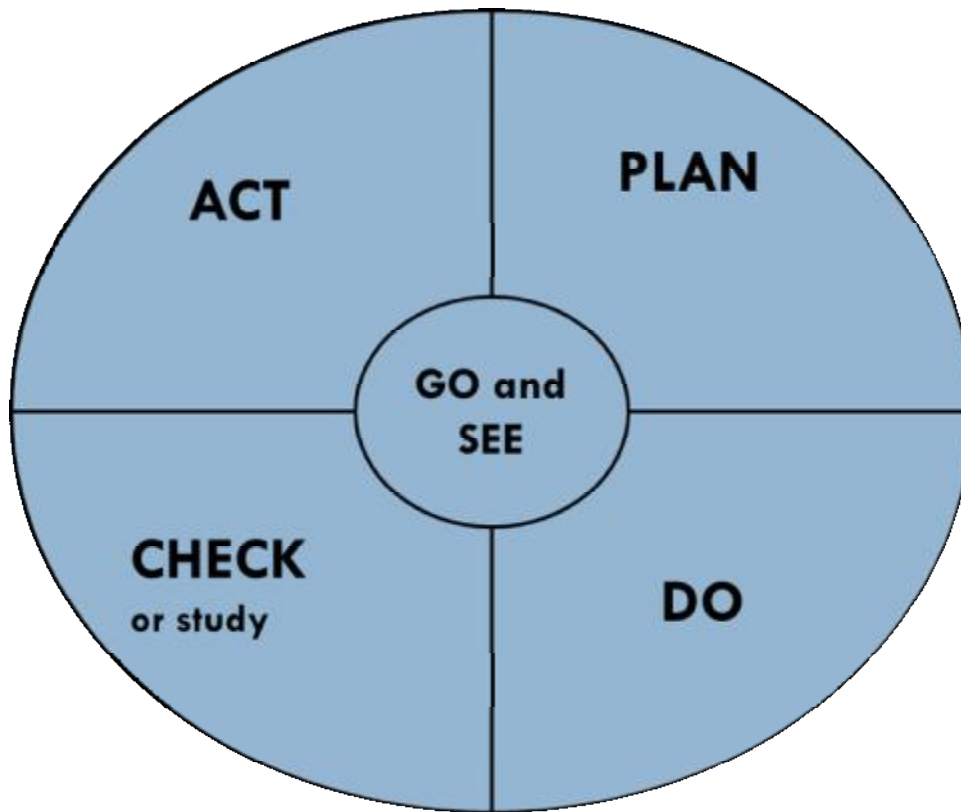
- ylituotanto
- odottaminen
- materiaalien siirrot
- ylimääräinen tekeminen

- varastointi
- turhat liikkeet
- virhekustannukset.

Ylituotannolla tarkoitetaan sitä, että tuotteita valmistetaan enemmän kuin niitä todellisuudessa tarvitaan. Ylituotanto aiheuttaa välivarastoja. Odottelua syntyy esimerkiksi tuotantolinjan työvaiheiden välisistä riippuvuuksista, mikä voi taas johtua pullonkauloista. Materiaalien siirroilla tarkoitetaan pitkiä välimatkoja sekä turhia tuotantosysteemistä johtuvia siirtoja. Ylimääräinen tekeminen ei tuota lisäarvoa. Varastoinnilla tarkoitetaan kaikkia varastoja. Turhat liikkeet muodostuvat liikkeistä, joilla ei ole hyötyä lopputuloksen kannalta. Virhekustannuksilla taas tarkoitetaan kustannuksia, joita syntyy toiminnan aiheuttamista virheistä. (Tuominen 2010, 86.)

7.2.4 Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen (Kaizen) on keskeinen osa toimintojen kehittämisessä ja jatkumossa. Johdon tehtävä on saada koko henkilöstä ajamaan jatkuvan parannuksen periaatetta. Kun puhalletaan yhteen hiileen ja toimitaan yhdessä kohti päämäärää, jonka jokainen ymmärtää, voidaan parantaa ja kehittyä jatkuvasti. Siksi tärkeintä jatkuvan parantamisen ilmapiirin luomisessa on se, että saadaan asenteet ja motivaatio kohdalleen. On aina muistettava suuria muutoksia tehdessä, että kun jotain saadaan valmiiksi, kehittäminen ei saisi jäädä siihen. Usein tyydytään liikaa valmiiseen ja kehitys sekä jatkuva parantaminen jäävät taustalle. Organisaatiosta on tehtävä oppiva, jotta se voisi kehittyä ja oppia koko ajan. Organisaatioon kuuluville annetaan mahdollisuus myös oppia toisiltaan. Ongelmanratkaisu on tärkeä osa jatkuvaa parantamista, joten siksi ihmisten tulee omaksua jatkuvan parantamisen malli (kuvio 7). (Liker 2004, 250 - 251.)



Kuvio 7. Jatkuvan parantamisen malli (PDCA-ympyrä) (Limma 2010, koulutusmateriaali)

Kuviossa 7 kuvataan kaavaa, jolla parannus tai muutos toteutetaan. Ensin suunnitellaan muutos, koe tai tutkimus. Toisessa vaiheessa tehdään itse koe tai tutkimus. Kolmanneksi otetaan opiksi kokeen tai tutkimuksen tuloksista sekä havainnoidaan ja poistetaan esille tulleita esteitä. Lopuksi toimitaan eli toteutetaan muutos, poistetaan esteitä ja ongelmia. Edellä mainittu kierto käynnistetään uudelleen aina, kun halutaan parantaa prosessia tai systeemiä. (Limma 2010, koulutusmateriaali).

Lean-ajattelussa käytetään Japanissa luotua viiden s-kirjaimen järjestelmää. 5 S:llä painostetaan siisteyteen ja järjestykseen ja sen myötä tuottavuuden parantamiseen. Menetelmän tarkoitus on, että kaikki asiat löytyvät sovitusta paikasta. Siisteys ja järjestys kasvattavat motivaatiota ja yhteishenkeä, koska miellyttävä työympäristö takaa mielekkään ja motivoituneen työskentelyn. 5 S:ää tulee japanin kielestä ja suomennettuna ne ovat lajittele, järjestä, siivoa, vakiinnuta ja ylläpidä. Jos 5S:n käytäntö mietityttää tai tuntuu turhalta vaivalta, voi itse kokeilla omassa työympäristössään, tuntuuko kyseinen toimintatapa toimivalta ja järkevältä ratkaisulta. (Tuominen 2010, 94 - 95.)

Lean-ongelmanratkaisu lähtee myös taustasyiden selvittämisestä. Ongelman ilmentyessä kysytään viisi kertaa miksi-kysymys. Menetelmällä saadaan esiin juurisyy ongelman poistamiseksi. Esimerkkinä mainittakoon tuotannossa esiintyvä vika, joka vaikuttaa toimintaan. Viiden miksi-kysymyksen myötä päästään käsiksi vikaan ja sen aiheuttajaan. Taustasyyn löytäminen mahdollistaa näin ollen parannukseen. (Liker 2002, 252 - 253.)

7.3 Six Sigma

Six Sigma on tietoon ja tilastollisiin menetelmiin perustuva laadunparannustyökalu, jolla pyritään häiriöiden poistamiseen ja vaihtelun pienentämiseen. Se on parannusmenetelmä, jota johto voi käyttää toiminoja parantaessa ja tehostaessa. Toisin sanoen sillä pyritään parantamaan yrityksen suorituskykyä. Six Sigmassa määritellään kriittiset tekijät yritystä ja asiakasta ajatellen. Six Sigma vaatii koulutusta, jotta sitä voidaan toteuttaa. Tämän vuoksi johdon rooli on avainasemassa Six Sigma-projektin onnistumisessa. Six Sigma-projektiin on johdon sitouduttava ja sitoutettava muu henkilöstö. Sitouttaminen on näin ollen johdon tärkein tehtävä projektin onnistumisessa, sillä kokemus on osoittanut, että epätietoisuus aiheuttaa epävarmuutta ja vastarintaa. Jokainen ihminen on oma persoonansa ja näin ollen jokaisessa työyhteisössä esiintyy henkilöitä, jotka eivät suostu toimimaan halutulla tavalla kyseenalaistamatta uutta ja tuntematonta asiaa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 12 - 14, 64 - 65.)

7.3.1 DMAIC-Prosessi

DMAIC-prosessi koostuu viidestä vaiheesta, jotka ovat määrittelyvaihe (Define), mittausvaihe (Measure), analysointivaihe (Analysis), parannus- ja optimointivaihe (Improvement) sekä ohjaus- ja valvontavaihe (Control). Vaiheet suoritetaan kyseisessä järjestyksessä. Ensimmäisessä eli määrittelyvaiheessa määritellään asiakkaan tuomat vaatimukset. Lisäksi määritellään ja rajataan ongelma, joka halutaan ratkaista. Toisessa eli mittausvaiheessa vahvistetaan ongelma ja pyritään tunnistamaan ongelmatekijät. Tiedon laadunvarmistus otetaan myös huomioon eli varmistetaan mittauksen luotettavuus. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43, 46 - 48.)

Prosessin kolmannessa eli analysointivaiheessa käytetään hyödyksi kerättyä tietoa, jonka pohjalta tutkitaan, mitkä tekijät ovat ongelmana prosessissa. Neljäs vaihe on parannus- ja optimointivaihe, jossa kokeellisesti ratkaistaan ja testataan ongelmatekijöitä. Viimeisessä eli ohjaus- ja valvontavaiheessa seurataan systemaattisesti parannuksen onnistumista ja varmistetaan parannuksen säilyminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48 – 53.)



Kuvio 8. DMAIC-prosessi (Rauhala 2014, luentomateriaali; Six Sigman www-sivut 2014, hakupäivä 17.9.2014)

Six Sigman eri vaiheissa käytetään useita tilastollisia työkaluja, joita hyödynnetään määrittämään, todentamaan ja havainnollistamaan kunkin prosessin suorituskykyä. Six Sigma työkaluja on olemassa yli sata kappaletta. Samoja työkaluja käytetään DMAIC-prosessin eri vaiheissa, koska ne ovat hyväksi havaittuja ja antavat todistetusti oikean kuvan suorituskyvystä. Esimerkkinä mainittakoon SIPOC, joka on prosessikartta, johon tehdään selvitys prosessista ja siihen liittyvistä seikoista. Työkaluista kerrotaan tarkemmin luvussa 7.4. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100, 120.)

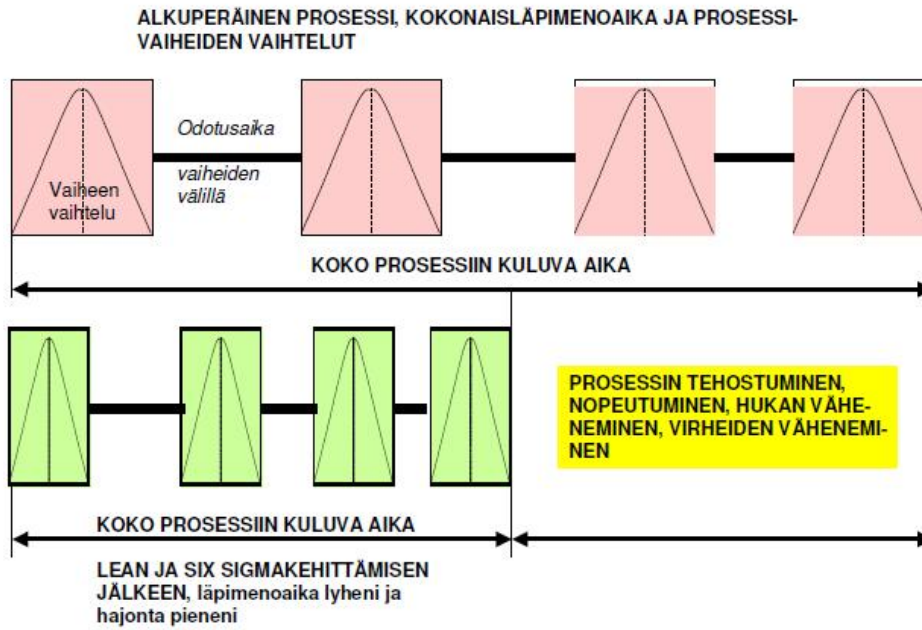
7.3.2 Six Sigma -organisaatio

Six Sigma -organisaatio koostuu työryhmistä ja yksittäisistä henkilöistä, joilla on erilaisia rooleja ja vastuualueita. Nämä organisaatioon osallistujat ovat Executivet, Championit, Master Black Beltit, Black Beltit, Green Beltit ja muut projektitiimin jäsenet. Executive on yrityksen johto, joka näyttää yrityksen suunnan ja toimii muutoksen johtavana elimenä. Championit ovat projektien omistajia, jotka toteuttavat ratkaisumallit ja toimivat esimiesasemassa muulle organisaatiolle. Championit käyttävät aikaa kaksi päivää viikossa kymmentä projektia kohden. Master Black Beltit käyttävät taas kaiken aikansa six sigman hyväksi. He ovat Championeiden alaisia ja kouluttavat Black Beltejä ja Green Beltejä. He ovat myös ammattilaisia tilastotekniikassa ja sen vuoksi tärkeä osa projektien läpiviemisiksi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 73 - 76.)

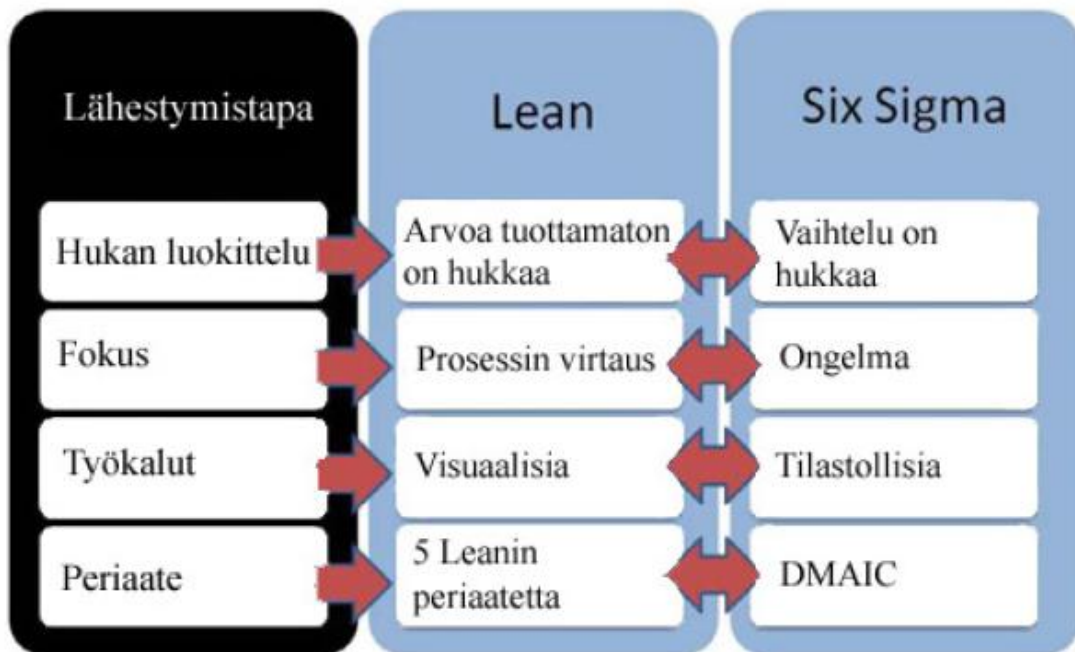
Mastereiden alaiset eli Black Beltit kouluttavat Green Beltejä ja käyttävät aikaansa 50 - 100 % kokonaisuudesta. He johtavat projektitiimejä ja tuovat ammattimaisen panoksensa ongelmien ratkaisemiseksi. Green Belttien pääasiallinen tehtävä on hoitaa pieniä projekteja, joita jaetaan osastokohtaisesti. Green Beltit toimivat osa-aikaisesti oman työnsä ohella. Tiimin jäseniä koulutetaan myös Six Sigma -metodeihin. He toimivat apuna projekteissa sillä ajankäytöllä, joka projektissa tarvitaan. Koulutuksen järjestäminen johdon toimesta ei tässäkään tapauksessa yksistään riitä parannuksen tekemisessä, koska jokaisen valitun osapuolen on ymmärrettävä tarkoitus ja syy toimintaan ryhtymiseen. Siksi koulutuksiin kannattaa valita jo motivoituneita henkilöitä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei muitakin työyhteisön osapuolia tarvitsisi opastaa ja informoida asiasta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 73 - 76.)

7.4 Lean Six Sigma

Lean Six Sigmassa yhdistetään molempien toimintamallien parhaat puolet. Toimintamallissa pyritään siis sekä hukkan poistamiseen että vaihtelun pienentämiseen Six Sigmasta tutun DMAIC-prosessin avulla. Molemmat ajattelutavat pyrkivät parannukseen, joten yhdistämällä toimintamallien hyviä ominaisuuksia voidaan päästään haluttuihin tavoitteisiin. Lean Six Sigman mahdollisuudet ovatkin siinä, että Leanin avulla saadaan prosessi virtaamaan ja Six Sigman avulla päästään syvemmälle prosessin vaihteluun ja häiriötekijöihin. Siitä, kumpaa tulisi käyttää ensin, on eriäviä mielipiteitä, sillä Leanin ja Six Sigman avulla voidaan vaikuttaa eri tekijöihin. Pääasiahan on, että prosessia saadaan parannettua. Ensin on kuitenkin hyvä antaa mahdollisuudet oikeanlaiseen tekemiseen ja sen jälkeen keskittyä vaihteluun ja häiriötekijöihin. (Rauhala 2014, luentomateriaali; Breyfogle 2003, 31 - 33.)



Kuvio 9. Lean ja Six Sigma yhdessä (Rauhala 2014, luentomateriaali; Breyfogle 2003, 31 - 33)



Kuvio 10. Lean ja Six Sigman erot (Rauhala 2014, luentomateriaali; Quality Training Portal www-sivut 2014, hakupäivä 18.9.2014)

7.4.1 SIPOC

SIPOC on prosessikartta, joka lyhenteensä mukaisesti sisältää toimittajat (Suppliers), sisääntulot (Inputs), itse prosessin (Process), ulostulot (Outputs) ja asiakkaat (Customers). Karttaa käytetään prosessin dokumentoinnissa ja laadun parantamisessa. SIPOC:en avulla esitetään prosessin toimintaa ja vaikuttavia tekijöitä. Prosessikartan laadinnan perusteena pidetään sitä, että jokainen tiimiin kuuluva jäsen ymmärtää, kuinka prosessi toimii. SIPOC tehdään projektin alkuvaiheessa ja tärkeä työkaluja vika- ja vaikutusanalyysiä tehdessä. SIPOC sisältää 4-7 prosessiin kuuluvaa vaihetta. Kun vaiheet on määritelty, voidaan tunnistaa asiakkaat, ulostulot, inputit ja toimittat. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100; Breyfogle 2003, 62, 103.)

Prosessin kuvauksessa selvitetään asiakkaan tarpeiden mukaiset ulostulot. Ulostulot ovat tuloksia, joita prosessi synnyttää. On tärkeää muistaa, että ulostulot varmasti täyttävät asiakkaan tarpeet ja odotukset. Asiakkaat voivat olla joko ulkoisia tai sisäisiä. Inputit ovat prosessin toimintaan tarvittavia tekijöitä. Toimittajat voivat myös olla sisäisiä tai ulkoisia, ja ne luovat prosessin inputit. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 100 - 101.)

SIPOC luodaan kahdeksassa vaiheessa. Ensimmäiseksi tulee tunnistaa kuvattava prosessi ja nimetä se. Toiseksi määritellään prosessin laajuus ja selvennetään, mistä prosessi alkaa ja mihin se päättyy. Lisäksi tulee myös määrittää kuvauksen aloitus ja lopetus. Seuraavaksi listataan ulostulot eli otetaan huomioon niiden vaatimukset. Vaatimusten lisäksi tulee listata myös se, kuinka niitä mitataan. Neljännessä vaiheessa listataan prosessin ulostulojen sisäiset ja/tai ulkoiset asiakkaat. Seuraavassa vaiheessa kirjataan ylös ulostulojen asiakasvaatimukset, määritellään ulostulojen ominaisuudet ja vaatimukset prosessin sisääntuloille. Kuudennessa vaiheessa listataan prosessin inputit ja kuinka niitä mitataan. Seuraavaksi tehdään listaa toimittajista ja määrälliset odotukset, joita prosessilta odotetaan. Lopuksi voidaan tunnistaa, nimetä ja määrittää prosessin vaiheet. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 101.)

SIPOC:n luomista varten mietitään siis prosessin olemassa olon tarkoitus, mitä prosessi tekee, ketä prosessi palvelee, keitä ovat toimittajat, mistä tieto ja materiaali tulevat sekä mitä sisääntuloissa tapahtuu. Näin ollen saadaan selvitettyä tarkoitus, ulostulot, asiakkaat, sisääntulot, toimittajat ja prosessin vaiheet. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 101 - 102.)

7.4.2 Prosessikuvaus

Prosessikuvauksen avulla selvennetään prosessin ominaisuuksia. Se sisältää hyödynnettävää tietoa prosessin yksityiskohdista, joilla on suuri merkitys parannuksen tekemisessä. Näitä ominaisuuksia tai yksityiskohtia voivat olla esimerkiksi jaksoaika, laatu, kustannus, sisääntulo ja ulostulo. Prosessikuvauksen tarkoitus on tunnistaa jokainen vaihe prosessista. Prosessikuvaus havainnollistaa visuaalisesti prosessin vaiheet ja niihin liittyvät seikat yksityiskohtaisesti. Siitä käyvät myös ilmi sisääntulomuuttujat (X), jotka tuottavat ulostulomuuttujat (Y). Prosessikuvauksen avulla luokitellaan kriittiset avaintekijät, ohjattavat tekijät, häiriötekijät ja SOP (standardi-menetelmä). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 103; Breyfogle 2003, 103 - 105.)

Prosessikuvaus tehdään alkuvaiheessa, jotta tiedetään, minkälaisien tekijöiden kanssa ollaan tekemisissä. Tiedot kootaan esimerkiksi Excel-taulukkoon. Kuvausta voidaan tarkentaa jälkeenpäin, sillä se ei ole koskaan täysin valmis. Prosessikuvauksen avulla saadaan tietoa myös syy- ja seurausmatriisia sekä vika- ja vaikutusanalyysia silmällä pitäen. Kuvauksen tulee sisältää tehtävät, alaprosessit, prosessien rajapinnat, inputit, outputit, prosessi- ja tuoteparametrit, asiakkaat ja toimittaja sekä prosessin omistajat. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 104 - 105.)

Prosessikuvauksen luonti aloitetaan määrittämällä prosessin laajuus. Seuraavaksi kootaan ylös prosessin kaikki vaiheet. Dokumentointi voidaan tehdä taulukko-ohjelmalla. Kolmanneksi listataan prosessivaiheiden outputit ja inputit. Inputit on tämän jälkeen luokiteltava. Lopuksi listataan tarvittaessa toimintaspesifikaatiot ja prosessitavoitteet inputeille, joita ohjataan. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 105.)

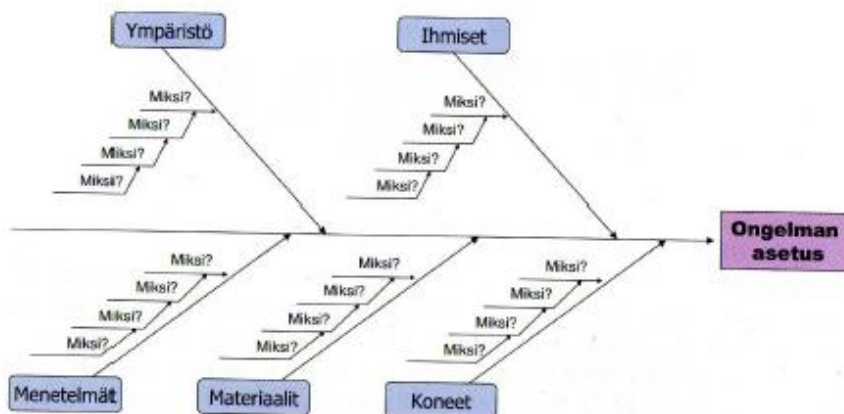
7.4.3 Aivoriihi

Aivoriihi on tekniikka, jolla parannusprojekti voidaan aloittaa. Siinä tiimi tai työryhmä kokoontuu miettimään asioita valitusta aiheesta tai parannuskohteesta ja sen toiminnasta. Aivoriihessä kootaan lista tehtävistä ja/tai ratkaisuvaihtoehtoista. Tekniikalla varmistetaan jokaisen ryhmän jäsen osallistuminen ideointiin. Kaikki mahdolliset mieleen tulevat ideat listataan, mutta myöhemmin voidaan tehdä seulontaa parhaiden ajatusten löytämiseksi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 114; Breyfogle 2003, 103-105, 117 - 119.)

Aivoriihi voidaan toteuttaa viidessä vaiheessa. Aluksi määritellään tietysti käsiteltävä aihe. Jokainen henkilö listaa vähintään viisi ideaa esimerkiksi erillisille paperilapuille. Aivoriihityöskentely kestää noin viisitoista minuuttia. Sen jälkeen ideoita tarkastellaan ja yhdistellään yhteiset ideat. Jos on aikaa, voidaan listaa täyttää jälkeinpäin, sillä ideoita voi syntyä ja hautua vielä aivoriihityöskentelyn jälkeen. Näin ollen saadaan varmasti kaikki tarpeellinen esiin. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 114; Breyfogle 2003, 103 - 105, 117 - 119.)

7.4.4 Syy- ja seurauskaavio

Syy- ja seurauskaaviolla tunnistetaan ja organisoidaan ulostuloihin vaikuttavat syyt. Kaaviota kutsutaan myös Ishikawa-diagrammiksi ja kalanruotokaavioksi. Kalanruotokaaviossa (Kuva 12) ongelma esitetään kaavion oikeassa reunassa. Ongelman aiheuttajat ovat taas haaroissa. Ongelman aiheuttajat voivat olla materiaaleihin, koneisiin, ihmisiin, menetelmiin tai ympäristöön liittyviä. Aivoriihen avulla löydetään lisähaaroja edellä mainittuihin tekijöihin. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 130 - 131; Breyfogle 2003, 120 - 122.)



Kuvio 11. Kalanruotokaavio (Karjalainen & Karjalainen 2002, 130)

7.4.5 Syy- ja seurausmatriisi

Syy- ja seurausmatriisi (XY-matriisi) on taulukko, johon kerätään prosessivaiheet ja määritellyt ulostulot. Matriisissa priorisoidaan ja suhteutetaan prosessivaiheiden merkitys ulostuloihin pisteytyksellä eli mikä on inputtien suhde outputteihin. Tässä työssä

XY-matriisia käytetään yhtenä perustana vika- ja vaikutusanalyysille. Taulukkoon kerätään prosessivaiheet ja niissä esiintyvät muuttujat. Muuttujat voivat olla häiriöitä, ohjattavia, kriittisiä tekijöitä tai standarditoimintaa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 181; Breyfogle 2003, 356 – 357.)

7.4.6 Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)

Vika-vaikutusanalyysi (failure mode and effect analysis, FMEA) on riskianalyysi, jota käytetään luotettavuustekniikassa. FMEA:ta voidaan käyttää sekä tuote- että prosessisuunnittelussa. FMEA:n tyyppejä ovat prosessi-FMEA (process FMEA), suunnittelu-FMEA (design FMEA). Prosessi-FMEA:n avulla etsitään keinoja tuotteen virheettömmään valmistamiseen ja valmistamisen ohjaukseen sekä valvontaan. Suunnittelu FMEA:lla etsitään suunnittelusta heikkouksia, mitkä vaikuttavat tuotteen valmistamiseen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 168; Breyfogle 2003, 360; Yang & El-haik 2009.)

Vika- ja vaikutusanalyysi kuuluu ennaltaehkäiseviin laatumenetelmiin, joita ei ole aiemmin käytetty niin paljon laatutekniikassa. Sen avulla kartoitetaan prosessien ja tuotteiden mahdollisia vikoja ja virheitä jo suunnitteluvaiheessa. Tällä tavalla saadaan laaturiskit minimoitua ennakoivasti, mikä taas tarkoittaa taloudellisessa mielessä suuria säästöjä tuotantokustannuksiin. Olennaisena osana analyysiä on selvittää virhetilanteet ja löytää niiden aiheuttamat vaikutukset ja näin saada vähennettyä vaihtelua. Keskeisiä kysymyksiä analyysin kannalta on; ”Mikä voi mennä vikaan” ja ”Mistä vaihtelu johtuu”? Analyysin ansiosta asiakastyytyväisyys lisääntyy laadukkaampien tuotteiden kautta. Lisäksi tuotekehitysaika lyhenee, uudelleen tekemisen tarve vähenee ja tuotannossa syntyy vähemmän hukkaa. Systemaattinen dokumentointi takaa sen, että toimenpiteet ovat jäljitettävissä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 168; Breyfogle 2003, 362 - 363; Yang & El-haik 2009.)

Vika- vaikutusanalyysin tekeminen vaatii kehittäjiltä tuotannon fyysisiin sekä prosessien rakenteisiin tutustumista ja ymmärrystä. Historiatiedon lisäksi asiakkaan toiveet ja tarpeet, suorituskykyvaatimukset, määrittelyt ja suunnitelmat sekä prosessikuvaukset tulee ottaa huomioon, jotta saataisiin haluttu lopputulos. Jokaisen toiminnallisen vaatimuksen tuotanto- tai kokopanolinjan kohdalla tulee miettiä, mikä voi mennä pieleen.

FMEA tarjoaa systemaattisen menetelmän vikojen tunnistamiseen, analysointiin sekä priorisointiin. Se tunnistaa kriittiset tuoteominaisuudet ja prosessimuuttajat, joiden pohjalta voidaan laittaa tärkeysjärjestykseen tuotteen ja prosessin puutteet. FMEA:n avulla voidaan arvioida riskiä, mikäli prosessimuuttaja (x) on viallinen. Se avulla voidaan löytää toimenpiteet riskin minimoimiseksi. Tarkoituksena on siis muokata tuotesuunnitelua ja prosesseja niin, että ”väärin” asioiden tapahtuminen estetään. Kehitysstrategioiden sopeutetaan erilaisiin tilanteisiin, prosesseja suunnitellaan uusiksi variaation vähentämiseksi ja pyritään nollavirhetasoon suunnittelun ja prosessien osalta. Pyrkimys vika-tilanteiden ja -lähteiden ennakoitavuuteen on iteratiivinen eli suunnitelmia ja prosesseja parannetaan niin kauan kuin parannuksia saadaan aikaan. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 168; Breyfogle 2003, 362 - 363; Yang & El-haik 2009.)

FMEA:n tehokkuus lisääntyy, mitä aikaisimmassa tuotantovaiheessa sitä hyödynnetään. Se on elävä dokumentti, jossa listataan kaikki mahdolliset syyt virheeseen. Dokumentin avulla voidaan seurata ja priorisoida prosessin parannukseen tarvittavia toimenpiteitä. Sen avulla voidaan arvioida riskiä asiakkaalle, mikäli joku keskeisimmistä prosessimuuttajista epäonnistuu. Prosessin muuttuessa myös dokumentin on muututtava mukana, jotta siinä olisi aina ajantasainen tieto. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 169; Breyfogle 2003, 362 - 363; Yang & El-haik 2009.)

FMEA:n toteuttaminen aloitetaan yleensä perustamalla tiimi, joka tekee analyysin ja joka luo ja kuvaa prosessikartan. Ensimmäisessä vaiheessa voidaan hyödyntää suoraan fyysistä tai prosessin kuvausta. Tässä vaiheessa voidaan hyödyntää lohkokaaviota tarpeen mukaan. Toisessa vaiheessa tunnistetaan tuoteparametrit, jotka liittyvät prosessiin. Kolmannessa vaiheessa analysoitavalla vikamuodolla tarkoitetaan ainakin yhden toiminnallisen vaatimuksen puuttumista. Analyysin tarkoituksena on löytää kaikki potentiaaliset vikamuodot. Tämän jälkeen vikamuodot voidaan kategorisoida esim. materiaalin, ympäristön tai laitteen mukaan. Neljännessä vaiheessa arvioidaan virheen aiheuttama seuraamusta asiakkaan kannalta ja sen vakavuusastetta. Usein tämän kuvaamiseen käytetään diskreettiä skaalaa 1 (ei vaikutusta) - 10 (haitallinen/vaaraa aiheuttava vaikutus). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 169; Breyfogle 2003, 362 - 380; Yang & El-haik 2009.)

Viidennessä vaiheessa tunnistetaan potentiaaliset vian syyt, esiintymis-/ilmenemisaste ja puutteet suunnittelussa, jotka eivät kohtaa perusolettamusta ja parhaita käytäntöjä.

Tällöin voidaan saada selville vikaantumismekanismi. Kuudennessa vaiheessa arvioidaan nykyisillä kontrolli- ja havaitsemismenetelmillä haavoittuvuuksia ja heikkouksia sekä tunnistetaan havaitsemisaste, joka kertoo kumulatiivisen vikojen määrän koko elinkaaren aikana. FMEA:n mukaan oletetaan, että jos syy esiintyy, esiintyy myös vika. Tämän oletuksen pohjalta, havaitsemisaste on kutakuinkin sama kuin vikamuoto (*failure mode*). Havaitsemisaste määritetään skaalalla 1 (lähestulkoon ei koskaan) – 10 (lähes varmasti). Seitsemännessä vaiheessa lasketaan RPN (Risk priority number), joka muodostuu vakavuus-, ilmenemis- ja havaitsemisasteesta. Tämän arvo vaihtelee 1 - 1000 välillä riskin mukaan. Kun RPN arvo on saatu laskettua, tehdään RPN arvon mukainen priorisointi. Tämän jälkeen määritetään tarvittava toimenpide tai suunnitelma, jonka pohjalta edetään. Tämän jälkeen lasketaan riskiluku uudelleen suunnitelmaan pohjautuen. Tämän myötä varsinainen analyysityö on tehty ja korjaava toimenpide voidaan toteuttaa. Korjaavia toimenpiteitä valittaessa tulee huomioida, että arvioidaan tärkeimmät ja selkeimmät parannusta vaativat asiat, eikä yritetä korjata kaikkea järjestään yhdellä kertaa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 169; Breyfogle 2003, 371 - 380; Yang & El-haik 2009.)

8 NYKYTILANNE

Olellainen osa muutoksen tai parantamisen tekemisessä on tutkia tilanne, jossa ollaan tällä hetkellä. Selvityksen kohteena on Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjan tämänhetkinen tilanne eli taso, jossa ollaan nyt. Tilanteen selvittämisen yhteydessä nähdään, mitkä asiat aiheuttavat ongelmia linjastossa. Nykytilanteen analysoinnissa käydään läpi olellaiset asiat, jotka liittyvät elementtien tuotantoprosessiin eli selvitetään, kuinka linjasto toimii ja mitä tekijöitä prosessiin liittyy. Lisäksi saadaan tietoa, mitä laadullisia toimenpiteitä tuottavuuden parantamiseen on jo olemassa ja miten niitä voisi kehittää.

8.1 Elementtilinjasto

Pyhännän Rakennustuote Oy:ssä käytetään saksalaista Weinmann-elementtilinjastoa, joka koostuu eri työasemista (liite 1). Linja hankittiin tehtaalle vuonna 2006 ja se avattiin käyttöön 28.8.2006. Linjasto hankittiin, jotta voitaisiin vastata kasvavaan kysyntään eli pystyttäisiin valmistamaan suurempia toimitusmääriä. Elementtilinjastossa valmistetaan ulkoseinäelementtejä, joiden korkeus vaihtelee 1,5 metristä 3,2 metriin. Minimissään elementin pituus voi olla 0,3 metriä ja maksimissaan 12,2 metriä. Edellä mainitut mitat ovat siis raja-arvoja, joiden puitteissa elementit voidaan valmistaa. (Saaranen 6.3.2014, haastattelu.)

Elementtilinjasto koostuu alkupäästä, itse linjasta ja loppupäästä. Alkupää ja loppupää on erotettu muista linjan osista pienillä puskureilla. Toisin sanoen alkupäässä valmistellaan elementin tekoa ja loppupäässä viimeistellään ja varustellaan valmis elementti käyttäen tarvittavaa varastoa valmiille materiaaleille. Linjalla elementin valmistus tapahtuu siten, että jokaisella työasemalla tehdään tarvittavat toimenpiteet, minkä jälkeen elementti voidaan siirtää seuraavalle asemalle. (Saaranen 6.3.2014, haastattelu.)

Kokonaisuudessaan elementtilinjaston kokoonpanoon kuuluvat osavalmistus, ikkunoiden riivaus, moduuliasema, villamaailma, runkoasema, karsina, sisäpuolen koolaus, tuulensuoja-asema, ulkopuolen koolaus, heftaus, verhousasema, maalaus, varustelu/viimeistely ja paketointi. Työvaiheet määritellään tarkemmin luvussa 8.2.2.

8.2 Tuotantoprosessi

Pyhännän Rakennustuote Oy:n tuotannossa valmistetaan ulkoseinäelementtien lisäksi erikoiselementtejä, päätykolmioelementtejä, päätyräystäselementtejä ja kattoristikoida. Edellä mainittujen valmistamiseen ei tässä työssä puututa, sillä ne eivät liity linjalla valmistettaviin ulkoseinäelementteihin.

Elementtituotannon prosessi koostuu johtamisen ja työn tekemisen välisestä vuorovai-
kutuksesta. Tarkemmin sanottuna suurelementtituotannon kokonaisuus muodostuu tuo-
tannosta ja sen ohjauksesta. Tuotantoprosessin ollessa monivaiheinen, kuten aikaisem-
min tässä luvussa mainittiin, on tärkeää, että jokainen osapuoli tietää, mitä tehdään ja
milloin. Seuraavassa luvussa eritellään, mistä asioista ja tehtävistä tuotannonohjaus ja
valmistus koostuvat.

8.2.1 Tuotannonohjaus

Tuotannon ohjaukseen liittyvät oleellisesti työnjohto ja tuotannosuunnittelu. Tuotan-
nonohjauksella pidetään tuotantoprosessi käynnissä. Työnjohdon ja suunnittelun tärkeys
perustuu oikea-aikaisuuteen ja ennakkointiin. Ohjauksessa tapahtuva virhe huomataan
yleensä vasta sitten, kun on jo liian myöhäistä.

Tuotannonohjauksen tarkoitus yrityksessä on turvata tulevien viikkojen ja päivien tuo-
tannon onnistuminen. Viikoissa katsottuna ennakkointi sijoittuu kolmen neljän viikon
päähen. Päivittäisessä onnistumisessa tarkastellaan tuotantoa yhdestä kolmeen päivään.
Siksi on erityisen tärkeää olla tilanteen tasalla päivittäin. (Palosaari 13.3.2014, haastat-
telu.)

Tuotannon onnistumisen turvaamiseen liittyy seuraavia asioita:

- ikkunoiden riittävyyden varmistaminen
 - ikkunat tilataan ajoissa
 - ikkunat kotiutetaan tehtaalle ajoissa
- erikoistilauksista huolehtiminen ja niiden ennakoiminen
 - tuotteet, joissa normaalia pidempi toimitusaika
- tilannetaju

- resurssien tarve tuotannossa
- kohteiden elementtikohtainen tekojärjestys/työjono
 - ikkunat ja suunnitelmat oltava valmiina
- työmääräimet
 - tuotannon työ kuvat
- selvittämisvelvollisuus
 - tutkitaan ja ratkotaan ongelmia.

Tuotannonohjaukseen liittyvät myös työnjohtajalle kuuluvat tehtävät. Työnjohtaja huolehtii, että työhön vaadittavat resurssit mahdollistavat virtauksen tuotannossa. Lisäksi johto käy suunnitelmat ennakkoon läpi yllättävien asioiden välttämiseksi. Tehtäviin kuuluu myös laatutarkastukset työvaiheissa ja materiaaleissa. Työnjohtaja ylläpitää seurantataulukkoa, jossa seurataan tuotannon tuottavuutta, esiintyviä vikoja ja jaksoaikoja eli kuinka paljon kuluu kunkin työvaiheen tekemiseen. (Moisanen 11.3.2014, haastattelu.)

8.2.2 Valmistus

Elementtilinjaston alkupäässä sijaitsevan osavalmistuksen tarkoituksena on valmistaa valmiita osia tuotantoa varten. Osanteossa huolehditaan runkotolppien ja ikkunatolppien valmistuksesta ja niiden toimittamisesta viereisille työpisteille eli moduuliasemalla ja runkoasemalle. Lisäksi huolehditaan elementin nostotolpista ja elementtiin tulevista kannatinpalkeista. Osavalmistukseen tarvittavat materiaalit ovat valmiina työpisteiden vieressä. Materiaalit toimitetaan pisteelle sisäjärjestelijän toimesta. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 1. Osavalmistus

Ikkunan riivauksessa valmistellaan ikkunat elementteihin. Ikkunan riivaaja valmistelee ikkunat tekojärjestyksen mukaisesti. Ikkunat tulevat tehtaalte riivauspisteen viereen. Ikkunoiden valmisteluun kuuluu eristeiden ja paperin laitto sekä ikkunoihin tulevien aukkopalkkien keräys. Työpisteen vierestä löytyy valmiina materiaaleja toimintoja varten. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 2. Ikkunan riivaus

Elementin linjavalmistus aloitetaan villamaailmasta. Kyseisellä asemalla villat leikataan oikeisiin mittoihinsa elementtikuvien mukaisesti ja elementtikohtaisesti. Kuvat ovat valmiina niille kuuluvissa lokeroissa tekojärjestyksessä. Villat pudotetaan rampilla seuraavalle asemalle eli tässä tapauksessa runkoasemalle. Villamaailmaan toimitetaan villat valmiiksi ja pyritään välttämään ylimääräisiä siirtoja. Kun viimeinen villa on leikattu, voidaan siirtyä runkoasemalle. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 3. Ramppi villamaailmasta runkoasemalle

Runkoasemalla kuten muillakin linjaan kuuluvilla asemilla elementti kohdistetaan ristimittoihinsa. Seuraavaksi aukaistaan sähköinen elementtikuva (WUP) tuotantokoneella.

Asemalla on käytössä niin sanotut ”päättymättömät” ala- ja yläjuoksut. Näitä juoksuja jatketaan tarvittaessa. Rungonteko aloitetaan ohjelman mukaisesti eli ohjelma pyytää seuraavaa komponenttia, joka voi olla moduuli, runkotolppa tai villa. Sen jälkeen komponentti asetetaan työstettäväksi. Sitten ohjelmaan kuitataan komponentti valmiiksi, jonka jälkeen ohjelma tekee tarvittavat työstöt. Työstö voi olla esimerkiksi runkotolpan kiinnitys. Työstämisen jälkeen elementti siirtyy seuraavaan komponenttiin asti. Tämän jälkeen ohjelma pyytää suorittamaan seuraavan toimenpiteen. Viimeisen toimenpiteen jälkeen portaali katkaisee elementin oikeasta kohdasta WUP:n mukaisesti. Elementti siirretään seuraavalle asemalle, jota kutsutaan karsinaksi. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 4. Runkoasema

Karsinassa elementtiin tehdään nostoreiät elementtikuvien perusteella. Kuvien perusteella merkataan myös ristikoiden paikat yläjuoksuun. Tällä asemalla asennetaan elementtiin tuleva yläpalkki ja runkoasemalla asennetut villat oiotaan eli asetellaan tiiviiksi. Seuraavaksi elementti siirretään seuraavalle asemalle eli sisäpuolen koolaukseen. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 5. Karsina

Sisäpuolen koolauksessa elementtiin laitetaan höyrynsulkumuovi, jonka jälkeen voidaan asentaa sisäpuolen vaaka- ja pystykoolaukset elementtikuvien ja työohjeiden mukaan. Tässä vaiheessa myös suojataan elementin yläjuoksu muovilla. Lopuksi elementti siirretään kääntöpöydälle, joka kääntää elementin tuulensuoja-asemalle. (Palosaari 11.3.2014, haastattelu.)



Kuva 6. Sisäpuolen koolaus

Tuulensuoja-asemalla asennetaan ensimmäiseksi nostoliinat karsinassa tehtyihin nostoreikiin. Puuttuvat moduulien villat voidaan myös asentaa tässä vaiheessa, koska elementti on käännetty oikein päin. Karsinassa asennettu elementin sisäpuolen yläpalkki ei mahdollista moduulivillojen laittoa ennen kuin elementti on oikein päin eli ulkopuoli työntekijästä katsottuna ylöspäin. Ennen ulkopuolen koolausasemalle siirtämistä elementtiin asennetaan tuulensuoja levyt elementtikuvien mukaisesti. Portaali naulaa ja työstää tuulensuojalevyt WUP:n mukaisesti. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



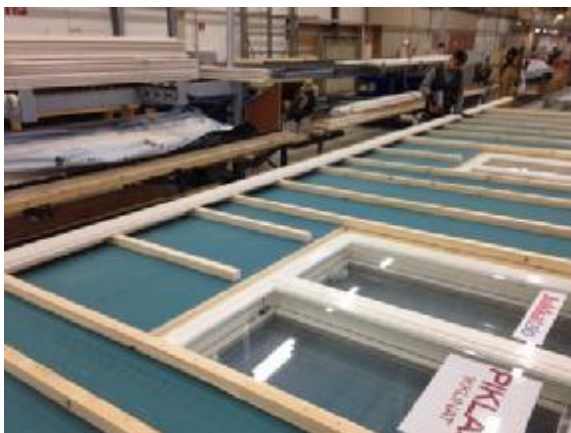
Kuva 7. Tuulensuoja-asema. (Portaali ei vielä käytössä)

Ulkopuolen koolausasemalla avataan elementtikuvan WUP-tiedosto. Seuraavaksi kohdistetaan katossa oleva laser, joka heijastaa koolaukset elementtiin. Koolausten lisäksi asennetaan myös mahdolliset elementtiin kiinnitettävät kannatinsoivot. Tämän jälkeen elementtiin asennetaan satularaudat elementtilinjaston loppupäässä olevien kiskojen vuoksi. Lopuksi merkitään ulkoverhouspaneelin lähtö ja suojataan ikkunat, jos elementtiin on tulossa välimaalaus tehtaalla. Elementti voidaan siirtää heftaukseen. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



Kuva 8. Ulkopuolen koolaus

Heftausasemalla elementtiin kiinnitetään jakolaudat edellisellä asemalla merkittyjen lähtöjen mukaisesti. Jos elementin verhous porrastaa, merkitään niiden paikat. Jakokamman avulla asetellaan ulkoverhouslaudat elementtiin ja ne heftataan. Tämän jälkeen elementti siirretään verhous asemalle. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



Kuva 9. Heftaus

Verhousasemalla aukaistaan ensimmäiseksi WUP-tiedosto. Seuraavaksi käynnistetään kone/ohjelma, joka naulaa ja sahaa ulkoverhousta WUP:n mukaisesti. Tässä vaiheessa

on tarkkailtava, että kaikki menee hyvin. Työstöjen jälkeen ylimääräiset verhouksen palaset siivotaan elementistä ja pinta puhdistetaan pölystä. Tämän jälkeen elementti siirretään poikittaiskuljettimelle. Siirto tehdään siten, että elementin alle asennetaan rullat ja se käännetään pystyasentoon ja viedään maalattavaksi. Edellä mainittu vaihe toteutetaan huolimatta siitä, tuleeko maalausta vai ei. Maalauksesta elementti siirretään poikittaiskuljettimella varusteluun. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



Kuva 10. Elementti maalattavana

Varustelussa elementtiin kiinnitetään ennakkoon valmistetut vuorilaudat eli smyygit ja pielet ikkunoihin ja oviin. Myös reikävanteiden asennus elementtien työmaa-asennusta varten tapahtuu tässä vaiheessa. Lopuksi elementti voidaan siirtää paketoitavaksi. Varustelu on myös linjan ulkopuolinen työasema, jossa tehdään siis ennakkoon vuorilaudat ikkunoihin ja oviin asiakaskohtaisesti. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



Kuva 11. Varustelu

Paketointi toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Yhteen pakettiin mahtuu 1-12 elementtiä. Paketoinnissa asennetaan sidontaköydet, joilla elementti sidotaan tukirautoihin kiinni kaatumisen estämiseksi. (Palosaari 13.3.2014, haastattelu.)



Kuva 12. Valmis paketti

8.3 Tunnusluvut

Tässä yhteydessä tunnusluvuilla tarkoitetaan Pyhännän Rakennustuote Oy:n elementtilinjaston toiminnassa esiintyviä tunnuslukuja eli asioita, joita mitataan. Tällä hetkellä tuotannossa käytettäviä tunnuslukuja ovat tuottavuus, jaksoaika ja virtaus. Suurelementitehtaan tuottavuus mitataan seuraamalla, kuinka paljon metrejä tehdas valmistaa henkilöä kohti (m/hlö/pvä). Jaksoajalla tarkoitetaan sitä, kuinka kauan elementti viiptyy kulakin työasemalla. Tehtaan virtauksella tarkoitetaan päivittäin valmistuvia elementtimetrejä (m/pvä). (Moisanen 11.3.2014, haastattelu.)

8.4 Johtopäätökset

Nykytilanteen selvittämisessä havaittiin, että nykysysteemissä on sekä hyviä että huonoja puolia. Elementtilinjaston työvaiheissa jaksoajat ovat nopeita ja materiaalit ovat helposti käden ulottuvilla. Työpisteissä on ergonomisesti hyvä työskennellä, koska siirtoja on vähän. Positiivisena asiana voidaan myös pitää sitä, että linjalla tapahtuva elementtien valmistus tuottaa mittatarkkaa työtä. Työvaiheet ovat yksinkertaisia, eivätkä vaadi tekijöiltä koulupohjaista koulutusta, ja näin ollen työntekijä on helppo perehdyttää linjan työvaiheisiin. Hyvänä puolena mainittakoon vielä välimatkojen pienuus.

Hyvistä puolista huolimatta linjalla esiintyy myös tuotantoprosessia vaikeuttavia asioita. Elementtilinjalla on paljon rajoituksia, jotka liittyvät elementtien äärimittoihin. Linja ei mahdollista suuria puskureita, joten se on erittäin herkkä vaihtelulle. Vaihtelua esiintyy erityisesti läpimenoajoissa. Ulkoiset tekijät aiheuttavat herkkyyttä linjan toimintaan, koska linjasto sallii vain tietyt äärimitat ja ominaisuudet elementeille. Tavallista erikoisempi rakenne tai yksilöllisyys vaikuttaa heti työskentelyyn. Linjaston vaurioituessa ei työntekijä voi itse vaikuttaa korjaavin toimenpitein. Linja tarvitsee myös sille räätälöidyt elementtikuvat, joita se lukee. Elementtikuvien puutteellisuus tai viallisuus vaikeuttaa myös toimintaa linjalla. Aina, kun jokin edellä mainittu asia ilmenee, syntyy vaihtelua ja riippuvuuksia, mikä taas laskee elementtilinjaston tuottavuutta.

Tuotannossa on käytössä Lean- ja Six Sigma -työkaluja. Tuotantoa seurataan tilastollisen prosessin ohjauksen (SPC:n) avulla. Seurattavia asioita ovat työvaiheiden jaksoajat jokaiselta linjaan kuuluvalla työasemalla. Lisäksi mitataan tehtaassa virtausta päivittäin sekä tuottavuutta eli sitä, kuinka paljon valmistuu seinämetrejä työntekijää kohti. Työntekijät ovat myös opetelleet toistensa työtehtäviä, joten tiimityöskentelyä ja henkilökohtaisen osaamisen laajentamista on tehostettu. Hiljattain tehtaalla nimitettiin yksi linjan työntekijä tiiminvetäjäksi, joka huolehtii virtaustehokkuudesta avustavin toimenpitein. Tämän lisäksi on pyritty kiinnittämään huomiota siisteyteen ja järjestykseen. Tuotannonohjausta pyritään tehostamaan ja parantamaan jatkuvasti luomalla uusia, parempia toimintamalleja.



Kuva 13. Seurantataulu

Tuotannossa on saatavilla kerättyä ja jo olemassa olevaa dataa, jota voidaan käyttää hyväksi tutkimusta tehdessä. Jotta ongelman rajaus ei karkaisi liiallisuuksiin, kannattaa keskittyä sinne, missä ongelma on ilmeisin. Nykysysteemi aiheuttaa sen, että läpimeno- tai läpivirtausaika muodostuu hitaimman työvaiheen mukaan. Siksi onkin tärkeää tutkia keinoja parantaa yksittäistä työvaihetta. Parantamisen tulee perustua työvaiheen vaihtelun tutkimiseen ja sen pienentämiseen. Siellä, missä vaihtelu on suurimmillaan, syntyy myös todennäköisesti eniten hukkaa. Tutkimuksen kautta voidaan saada myös lisätietoa ja ajatuksia vaihtoehtoista tuottavuuden parantamiseen.

9 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI - JAKSOAIKOJEN VAIHTELU RUNKOASEMALLA

Pyhännän Rakennustuote Oy:n runkoasemalla esiintyvää vaihtelua tutkittiin Lean Six Sigma -työkalujen avulla. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää runkoasemalta häiriötekijöitä, joilla on vaikutus aseman toimintaan ja toimivuuteen. Vaikka vaihtelu itsessään olisi luonnollisten rajojen puitteissa, voidaan toimintaa aina parantaa, jotta jaksoaikoja saataisiin pienennettyä. Häiriötekijöitä ja riskejä kartoittamalla voidaan ennakoida mahdollisia esiintyviä ongelmia, jotka olennaisesti suurentavat vaihtelun määrää asemalla. Nykytilaa ja tutkimuksessa käytettäviä työkaluja ja menetelmiä on kuvattu tämän dokumentin aikaisimmissa luvuissa.

Tässä tutkimuksessa käytetyt työkalut ja menetelmät:

- runkoaseman nykytilanteen kuvaus (ohjauskortit) valmiin datan (SPC) pohjalta
- SIPOC
- aivoriihi
- prosessikuvaus
- syy & seurausdiagrammi
- syy- ja seurausmatriisi
- vika- ja vaikutusanalyysi.

9.1 Tutkimuksen eteneminen

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa luotiin ohjauskortti runkoasemalta valmiin datan pohjalta. Näin ollen saatiin viitteitä siitä, mikä on kyseisen prosessivaiheen nykytila. Varsinaista mittaustyötä ei ollut tarpeen suorittaa, koska tehtaalla on jo SPC käytössä. Ohjauskortti luotiin Minitab-laskentaohjelman avulla. Seuraavaksi projekti rajattiin luomalla SIPOC, jossa saatiin selville runkoaseman toimittajat, sisääntulot, prosessivaiheet, ulostulot ja asiakas, joka on tässä tapauksessa sisäinen, sillä kysymys on tuotantolinjasta. Tiedot koottiin Excel-taulukoon.

Kolmannessa vaiheessa suoritettiin aivoriihi, joka tehtiin yhdessä tuotantolinjan tiiminvetäjän ja tehtaan työnjohdon kanssa. Aivoriihen tarkoituksena oli listata runkoasemaan

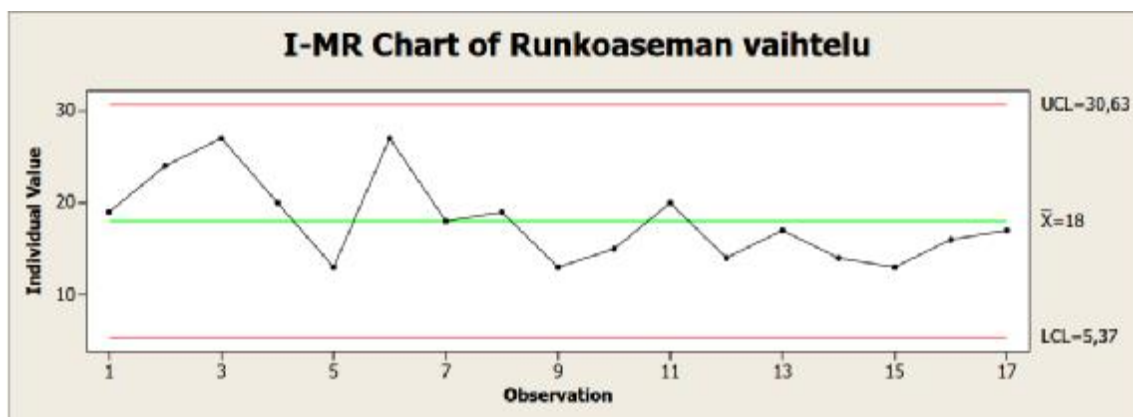
vaikuttavia tekijöitä (muuttujia) kuten häiriöitä, vikatilanteita sekä tarkastus- ja huolto-toimenpiteitä kesken prosessin. SIPOC:n ja aivoriihen pohjalta voitiin luoda tarkka prosessikuvaus, jossa edellä mainittujen menetelmien tulokset koottiin Excel-taulukoon. Prosessinkuvaus-taulukkoon lisättiin inputit ja prosessivaiheet. Jokaisen prosessivaiheen alle kerättiin muuttajat ja ne luokiteltiin siten, että onko kyseinen muuttuja häiriö, ohjattava, standardi menettelytapa vai kriittinen tekijä.

Tutkimuksen viidennessä vaiheessa luotiin syy- ja seurausdiagrammi Minitab-laskentaohjelman avulla. Diagrammiin lajiteltiin muuttajat siten, miten ne liittyvät menetelmiin, henkilöihin, ympäristöön vai koneisiin. Seuraavaksi luotiin syy- ja seurausmatriisi Excel-taulukoon. Matriisi luotiin aikaisempien menetelmien pohjalta eli prosessivaiheet ja muuttajat kirjattiin taulukkoon. Ulostulot ja muuttajat pisteytettiin yhdestä kymmeneen merkittävyyden perusteella. Näiden pisteytyksien pohjalta saatiin laskettua kullekin muuttujalle prioriteetti-luku, joka määrittelee, mitkä muuttajat ovat olennaisia ulostulojen kannalta. Lisäksi voitiin karsia pienimmät luvut saaneet muuttajat. Näiden lukujen pohjalta luotiin pareto-kuvaaja havainnollistamaan kokonaisuutta. Seuraavaan vaiheeseen eli vika- ja vaikutusanalyysiin valittiin suurimmat luvut saaneet muuttajat.

Viimeisessä vaiheessa tehtiin vika- ja vaikutusanalyysi, jonka tiedot koottiin Excel-taulukkoon. Analyysiin valittiin muuttajat edellisen vaiheen eli syy- ja seurausmatriisiin pohjalta. Taulukkoon määriteltiin muuttujista aiheutuvat vikatilat ja niiden vaikutus. Seuraavaksi määriteltiin syitä muuttujien esiintymiselle sekä niiden syynhallinta- ja havainnointimenetelmät. Muuttujien vakavuus, esiintyminen ja löydettävyys pisteytettiin asteikolla yhdestä kymmeneen. Edellä mainittujen lukujen perusteella saatiin laskettua RPN, joka kuvaa riskin suuruutta. Riskiluvun perusteella voidaan havaita, mitkä muuttajat ovat olennaisia runkoaseman vaihteluun läpimenoajassa, rungon mittatarkkuudessa ja valmistusmäärässä. Lisäksi lukujen perusteella voitiin päätellä, mitä asioita voidaan parantaa, jotta toiminta olisi ennakoitavissa. Taulukon pohjalta luotiin pareto-kuvaaja, joka kuvaa riskiluvut suurimmasta pienimpään. Senkin perusteella voitiin tehdä karsintaa asioista, joihin olisi hyvä puuttua.

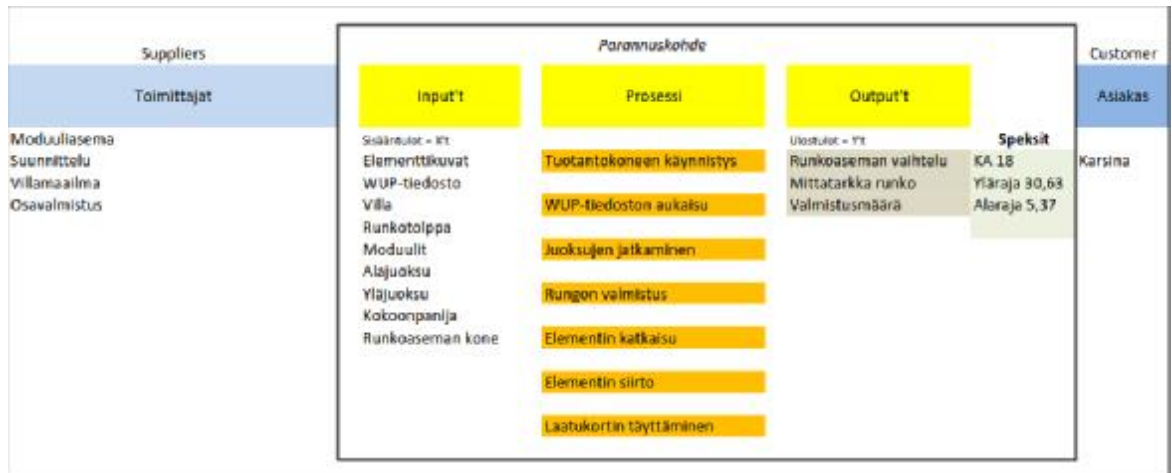
9.2 Tutkimustulokset

Runkoaseman nykytilanne luotiin kerätyn datan perusteella. Dataa kerättiin seitsemäntoista otoksen verran. Otokset olivat tässä tapauksessa runkoaseman jaksoaikoja. Kun ajat syötettiin laskentaohjelmaan, ohjelma laski runkoaseman vaihtelua kuvaavan ohjauskortin (liite 2), jossa esitetään, kuinka työvaihe ajallisesti käyttäytyy. Alla olevassa kuvasta nähdään, että työvaiheelle saatiin ylärajaksi 30,63 minuuttia. Kyseinen aika kuvastaa sitä, kuinka pitkän ajan elementti voi korkeintaan viipyä asemalla, jotta se pysyisi rajojen sisällä synnyttämättä erityisyyttä. Alaraja 5,37 minuuttia kuvastaa taas sitä, minkä ajan elementti voi minimissään viipyä asemalla synnyttämättä erityisyyttä. Runkoaseman jaksoaikojen keskiarvoksi saatiin 18 minuuttia. Vaihtelun ollessa normaalia jaksoajat pysyvät rajojen sisällä. Näin ollen nähdään, että runkoasemalla tapahtuu luonnollista vaihtelua.



Kuvio 12. Jaksoaikojen vaihtelu runkoasemalla

SIPOC:n avulla saatiin kokonaiskuva asioista, jotka liittyvät ja vaikuttavat runkoaseman toimintaan. Alla olevasta kuvasta (kuvio 13 ja liite 3) nähdään runkoaseman toimittajat, sisääntulot, prosessi, ulostulot, speksit ja asiakas. Toimittajat ovat tässä tapauksessa tekijöitä, jotka tuottavat ja toimittavat sisääntuloja eli sisääntulevia tekijöitä rungon tekemistä varten. Prosessi koostuu seitsemästä vaiheesta, joita voidaan tehdä toimittajien ja inputtien ansiosta. Ulostulot ovat prosessista syntyviä asioita. Spekseillä kuvataan runkoaseman rajoja, joiden sisällä se toimii. Runkoasema tuottaa valmiin rungon seuraavalle asemalle eli asiakkaalle, joka on karsina.



Kuvio 13. SIPOC

Aivoriihen avulla saatiin havainnollistettua, mitä ongelmia ja hidastavia tekijöitä rungon valmistuksessa voi esiintyä. Menetelmä toteutettiin yhdessä tuotantolinjan tiiminvetäjän ja tuotannosuunnittelijan kanssa. Pohdinnan kestoksi määriteltiin viisitoista minuuttia ja jokainen kirjoitti tuona aikana tarralapuille ajatuksia. Tämän jälkeen tarralaput koottiin pöydälle ja samaa asiaa koskevat ideat yhdistettiin (Kuva 27). Aivoriihen tuloksia voitiin käyttää hyödyksi myös muissa tutkimuksen vaiheissa.

Aivoriihen tuloksena ilmeni seuraavia muuttujia:

- energiakisko poikki
- energiakiskon puhdistus/tarkastus
- tarraimen irtoaminen
- hakasnaulaimen iskurivika
- hakaspyssy rikki
- hätäseis päällä jossain linjalla
- imuri ei vedä
- tuotantokoneen käynnistäminen kestää
- tuotantokoneen puhdistus ja huolto
- käskyn kuittausnappi ei toimi
- virtajohto/muu johto rikki/poikki
- naulaimien huolto
- naulain jumissa
- naulain rikki
- runkonaulainvika
- ohjainkaapelit kourussa

- paineilimaliittimien tarkastus
- pitkä villaränni
- pääkoneen järjestelmän päivitys
- saha jumissa
- sahayksiköiden terien vaihto
- sirkkelin terän vaihto
- sähköt poikki
- tuotantokone ei aukea
- työvaihe jää välistä
- ukkonen
- valosilmä/ raja rikki
- vasteet irti
- vasteiden tarkistus
- verkkoviat
- WUP-tiedosto ei aukea.

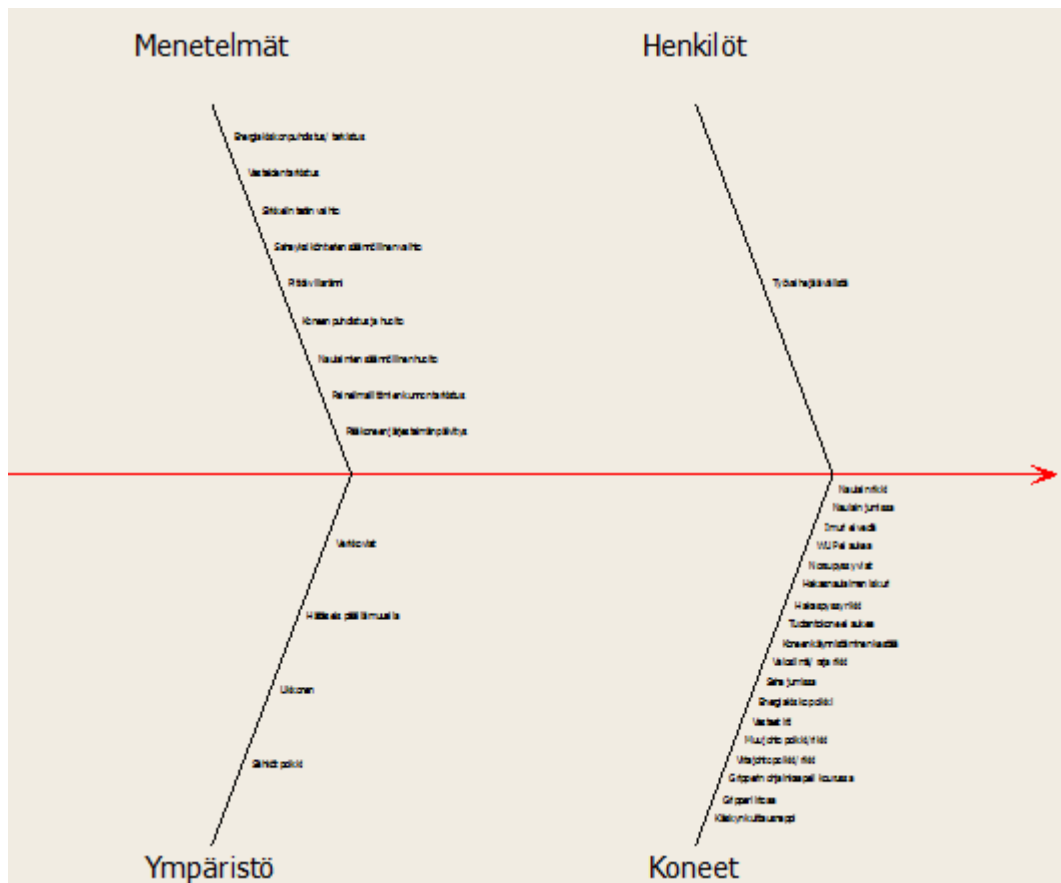


Kuva 14. Aivoriihi

Prosessikuvaus tehtiin SIPOC:n ja aivoriihen pohjalta. Aivoriihen tulokset liitettiin prosessin vaiheisiin, joissa ne voivat ilmetä. Prosessikuvaus löytyy liitteistä (liite 4). Syy- ja seurausdiagrammi saatiin liittämällä aivoriihen tulokset oikeaan ryhmään. Menetelmät-haaraan saatiin energiakiskon puhdistus/tarkastus, vasteiden tarkastus, sirkkelin terän vaihto, sahayksiköiden terien vaihto, pitkä villaränni, koneen puhdistus ja huolto, naulaimien huolto, paineilimaliittimien kunnan tarkastus sekä pääkoneen

järjestelmän päivitys. Henkilöihin liittyvää toimintaa on ainoastaan työvaiheen välistä jääminen.

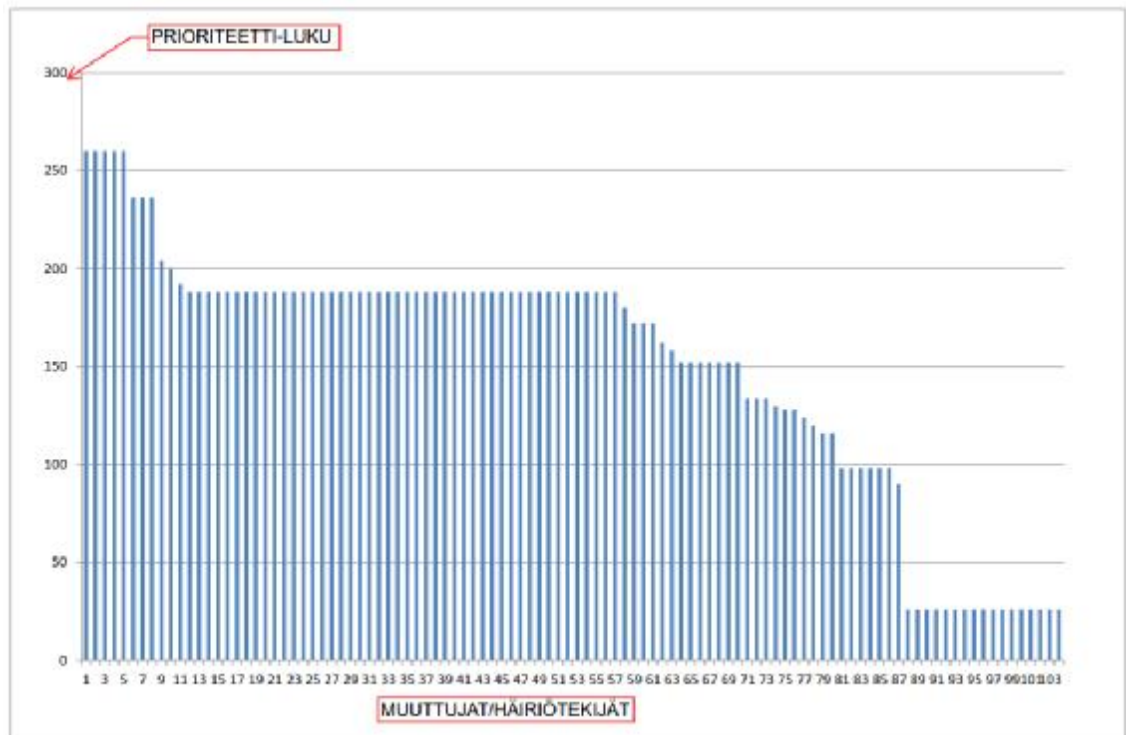
Ympäristö-haaraan liittyvät olennaisesti verkkoviat, hätäseis, ukkonen ja sähköt poikki. Koneet-haaraan liittyvät eniten muuttujia. Näitä muuttujia ovat naulain rikki, naulain jumissa, imuri ei vedä, WUP ei aukea, runkonaulainvial, hakasnaulaimen iskurivika, hakaspysy rikki, tuotantokone ei aukea, koneen käynnistäminen kestää, valosilmä/raja rikki, saha jumissa, energiakisko poikki, vasteet irti, virtajohto poikki, muu johto poikki, ohjainkaapeli kourussa, tarrain irtoaa ja käslyn kuittaus nappi. Edellä mainittujen muuttujien pohjalta saatiin luotua alla oleva diagrammi (Kuvio 14 ja liite 5).



Kuvio 14. Syy- ja seurauskaavio

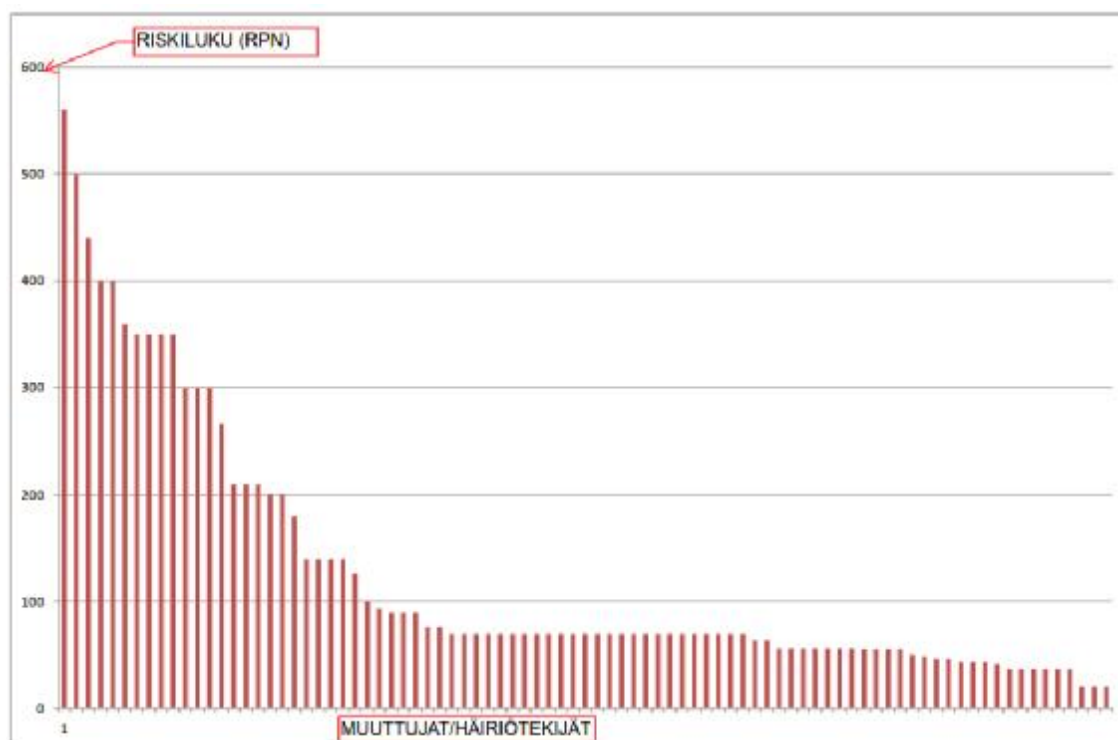
Syy- ja seurausmatriisista (liite 6) saatiin oleellista tietoa runkoaseman muuttujien vaikutuksesta jaksoajan vaihteluun, rungon mittatarkkuuteen ja valmistusmäärään. Syy- ja seurausmatriisi loi pohjaa vika- ja vaikutusanalyysille, jotta nähtäisiin, mitkä muuttujat ovat oleellisia. Kuviossa 15 on esitetty kuvaaja matriisista. Y-akseli kuvaa prioriteetti-lukua ja x-akselilla esitetään muuttujat. Kuvaaja on järjestetty pienimmästä

suurimpaan. XY-kuvaajan tarkoitus on antaa kokonaiskuva matriisista. Pienimmät pylväät karsittiin ja niitä ei otettu mukaan vika- ja vaikutusanalyysiin.



Kuvio 15. XY-kuvaaja

Vika- ja vaikutusanalyysissä (liite 7) saatiin selville, mitkä tekijät ja muuttujat ovat suurimpia riskejä runkoaseman toiminnalle. Kuviossa 16 on esitetty analyysin kuvaaja, josta voidaan päätellä, mihin muuttujiin tulee keskittyä ja pohtia parannuskeinoja. Kuvaajan y-akselilla on esitetty riskiluku (RPN) ja x-akselilla muuttujat. Tämänkin kuvaajan tarkoitus on saada kokonaiskuva riskiluvuista ja se on järjestetty riskilukujen suuruuden perusteella.



Kuvio 16. FMEA-kuvaaja

9.3 Tutkimustulosten analysointi

Vika- ja vaikutusanalyysin (ks. liite 7) perusteella suurimman riskiluvun sai tuotantokoneen käynnistys (RPN = 560), eli koneen käynnistys kestää tavallista pidempään. Tämä aiheuttaa sen, että tekemistä ei voida aloittaa. Siihen puuttuminen on kuitenkin hankalaa ja kallista, koska silloin täytyisi miettiä tuotantokoneen vaihtoa. Tuotantokoneen ja tuotantosysteemin vaihto on monimutkainen prosessi, koska silloin koko ulkoseinien valmistus olisi mietittävä uudelleen. Aluksi tulee miettiä ratkaisuja nykysysteemin parantamiseen. Lähtökohtaisestihan tämän työn tarkoituksena on ollut nykysysteemin parantaminen eikä muuttaminen. Nykysysteemi on kuitenkin arvioimisen arvoinen asia, jos halutaan linjasta aiheutuvia riippuvuuksia pienennettyä.

Pitkä villaränni rungon valmistusvaiheessa (RPN = 500) sai toiseksi suurimman riskiluvun. Se aiheuttaa suurta varastoa ja näin ollen hidastaa tekemistä. Syy on kuitenkin tuotantolinjasta johtuvaa ja parannus vaatisi tässäkin tapauksessa tuotantolinjan uudelleen järjestelyä. Moduulien loppuminen (RPN = 440) on myös riski, koska tekeminen keskeytyy sen takia. Syyksi ilmeni liian pieni varasto. Varaston suurentaminen ei ole ratkaisu, koska linjalla on pyritty mahdollisimman pieniin varastoihin. On vain huolehdit-

tava siitä, että moduuleja riittää myös suurimman kiireen aikaan. Kiirettähän on pyritty poistamaan siitä lähtien, kun toimintatapojen kehittäminen lähti liikkeelle syksyllä 2013.

Vika- ja vaikutusanalyysin mukaan tekeminen voi hidastua myös siten, että saha menee asemalla jumiin tylsän terän takia sekä rungon valmistuksessa että elementin katkaisussa (RPN = 400). Tämä asia voidaan varmistaa säännöllisemmällä huollolla, jottei odottelu-aikaa syntyisi. Kokoonpanijan ollessa sairaana (RPN = 360) tekeminen luonnollisesti hidastuu, mutta siihen tuskin löytyy parannuskeinoja, koska liiallisten resurssien pitäminen ei ole tehokkuuden ja kannattavuuden kannalta oikea ratkaisu. Tuotantokoneen käynnistysvaiheessa voi ilmetä myös sitä, etteivät kuvat aukea (RPN = 350). Tällöin on yritettävä uudestaan tai ilmoitettava työnjohtoon ongelman ratkaisemiseksi. Tuotantokoneesta aiheutuvaan syyhyn puuttuminen vaatii suurempia toimenpiteitä, kuten aikaisemmin mainittiin.

Hätäseis linjastolla ilmeni seuraavaksi riskiksi runkoaseman toiminnan kannalta tuotantokoneen käynnistysvaiheessa, rungon valmistuksessa ja elementin siirrossa. Kaikilla edellä mainituilla saatiin riskiluvuksi 350. Tällöin tekeminen keskeytyy kokonaan. Aiheuttajaa joudutaan etsimään, koska ohjelma keskeytyy, eikä voida heti tietää syytä. Tämäkin on tuotantolinjasta johtuvaa, joten on keskityttävä heti ongelman ilmentyessä aiheuttajan etsimiseen ja ongelman ratkaisuun, jotta töitä voitaisiin jatkaa. Rungon valmistuksessa ja elementin siirrossa voi tarrain irrota (RPN = 300). Tämä riski voi aiheuttaa sen, että elementin asemointi menee pieleen tai elementti voi kääntyä poikittain ja sen myötä tekeminen keskeytyy. Näin ollen joudutaan odottamaan korjausta. Tämän vuoksi olisikin hyvä tarkastaa ja huoltaa tarrain ja sen toimintaan liittyvät tekijät säännöllisemmin. Tässäkin tulisi noudattaa yhteisesti sovittavia menetelmiä.

Työvaiheen välistä jääminen (RPN = 300) on riski, mikä johtuu huolimattomuudesta. Jos työvaihe jää välistä, joudutaan elementti tekemään uudestaan. Uudelleen tekemisen tarve kertoo yleensä siitä, että systeemissä, prosessissa tai tekemisessä on jotain parannettavaa. Juoksujen jatkamisessa voi saha mennä jumiin (RPN = 267), joten säännöllinen huolto on tässä asiassa myös paikallaan. Seuraava odottelua aiheuttava tekijä on se, että WUP-tiedosto ei aukea (RPN = 210), koska se on viallinen tai sitä ei ole ollenkaan. Tämä vika menee suunnittelun ja suunnitteluohjelman piikkiin, joten ongelmaa on läh-

dettävä purkamaan sieltä käsin. Palautteen antaminen ja tiedon kulku on tärkeää, jotta voitaisiin parantaa niin, että ongelmat olisivat harvinaisempia tai jopa olemattomia.

Naulainten kanssa esiintyvät ongelmat, joita ovat naulain jumissa (RPN = 210) ja naulain rikki (RPN = 210). Nämä asiat hidastavat aseman toimintaa ja voivat johtua kulumisesta, joten säännöllisempi huolto on tärkeässä roolissa. Jos rungon valmistusvaiheessa vasteet ovat irti (RPN = 200), tekeminen keskeytyy, koska runkotolppa asemoituu väärin. Siksi vasteet on tarkastettava ja huollettava useammin sovitulla tavalla. Tekemisen keskeytyminen aiheuttaa aina kokonaisuuden hidastumista ja ylimääräistä työtä. Villan loppumisen (RPN = 180) yhteydessä on ajateltava samoin kuin tilanteessa, jossa moduulit loppuvat. Villojen loppuminen syyksi määriteltiin kiire linjalla.

Kun valosilmä tai raja on rikki (RPN = 140) rungon valmistuksessa, elementin siirrossa tai katkaisussa, se aiheuttaa ohjelman keskeytymisen ja samalla työn keskeytymisen. Tällöin joudutaan odottelemaan huoltomiestä. Valosilmällä tai rajalla tarkoitetaan sitä rajaa, jota elementti ei saa valmistuksen aikana ylittää turvallisen työskentelyn varmistamiseksi. Jotta näin ei tapahtuisi, on nämä tarkastettava säännöllisesti, eikä vain silloin, kun vika ilmenee. Tietysti voitaisiin tutkia, mikä sen voi aiheuttaa ja miettiä toimintamallia, jossa näin ei tapahdu. Rungon valmistuksessa esiintyy myös runkonaulainvikoja. (RPN = 140). Tämä vaatii huoltomiestä paikalle. Koska sekin on kulumisesta johtuvaa, tulisi miettiä huoltotoimenpiteet niin, että näin kävisi harvemmin tai ei koskaan.

Verkkovika on myös mahdollinen häiriötekijä, kun ollaan aukaisemassa WUP-tiedostoa (RPN = 127). Tämän tapahtuessa tekemisen aloitus viivästyy. Asiaa on mahdotonta ennakoita, joten on tärkeää, että voidaan heti ottaa yhteyttä IT-tukihenkilöön, joka voi selvittää tilannetta. Jos rungon valmistusvaiheessa energiakisko on poikki (RPN = 100), se vaikuttaa runkoaseman toimintaan siten, että tekeminen keskeytyy ja joudutaan kutsumaan huoltomies paikalle. Kisko voi mennä poikki epäpuhtauden takia. Siksi se tulee tarkastaa säännöllisesti yhteisesti sovituin menetelmin ja aikavälein.

Vika- ja vaikutusanalyysin seuraavat riskiluvut jäävät alle sadan (RPN < 100). Nämäkin tekijät tulee huomioida niiltä osin kuin tarpeelliseksi katsotaan. Tekemisen aloitus viivästyy, jos runkoaseman kone ei käynnisty (RPN = 93). Kyseinen häiriö juontaa myös juurensa tuotantosysteemiin. Elementin katkaisuvaiheessa tekeminen voi keskeytyä virtajohdon tai muun johdon ollessa poikki (RPN = 90). Tällöin on kutsuttava sähkömies paikalle tilanteen korjaamiseksi. Ennakoitava toimenpide voisi tässä tapauksessa olla

johtojen säännöllinen tarkastus ja asianmukainen suojaus sovittavin toimenpitein. Elementin katkaisussa energiakiskon katkeaminen (RPN = 90) epäpuhtauden vuoksi aiheuttaa myös keskeytyksen toiminnassa ja vaatii huoltomiestä paikalle. Kuten aikaisemmin on todettu, asia vaatii säännöllisyyttä huoltotoimenpiteissä. Kyseisessä vaiheessa on toimittava samoin myös valosilmän/rajan ollessa rikki (RPN=77).

Huolimattomuus ja kiire voivat aiheuttaa runkotolppien loppumisen (RPN = 77) asemalla. Koska tämä aiheuttaa töiden katkeamisen, täytyy myös runkotolppien riittävydestä huolehtia. Tuotantokonetta käynnistettäessä voi käydä niin, että pääkoneen järjestelmän päivitys on käynnissä (RPN = 70). Kyseiseen asiaan ei voida vaikuttaa ennakoin toimenpitein, vaan on sovittava toimintatapa, miten tällaisessa tilanteessa toimitaan, eli voidaanko tehdä muita valmistavia toimenpiteitä päivityksen aikana. Tällä hetkellä vain odotellaan. Tekemistä ei voida myöskään aloittaa, kun syynä on ukkonen tai sähköt ovat poikki (RPN = 70). Ukkosen aikaan konetta ei käynnistetä ollenkaan, ja jos sähköt ovat poikki, ei kone luonnollisesti käynnisty.

Kun WUP-tiedoston aukaisuvaiheessa virta-/muut johdot tai sähköt ovat poikki (RPN = 70), ohjelma ei voi käynnistyä. Näissä tapauksissa voidaan ottaa yhteyttä huoltomieheen/sähkömieheen, jotta asiaa saataisiin eteenpäin. Rungon valmistusvaiheessa esiintyy myös jo aikaisemmin mainittuja häiriöitä (virta-/muut johdot poikki, sähköt poikki, pääkoneen järjestelmän päivitys), jotka saivat riskiluvun 70. Yhtä suuren riskin aiheuttavat elementin katkaisussa sirkkelin terän vaihto, sahayksiköiden terien vaihto, sähkökatkos ja hätäseis. Elementin siirtovaiheessa riskilukuun 70 ylsivät myös virta-/muut johdot poikki, energiakisko poikki ja sähköt poikki. Juoksujen jatkamisvaiheessa kesken töiden ilmenevä äkillinen naulainten huoltotarve voi hidastaa tekemistä. Riskiluku on kuitenkin tässä tapauksessa vain 57. Saman riskiluvun saavat rungon valmistuksessa terien vaihto. Huoltotoimenpiteitä ennakoimalla saadaan tällaiset pienet riskit poistettua. Aikaisemmin mainittu ukkonen voi aiheuttaa rungon valmistusvaiheessa ohjelman keskeytymisen (RPN = 56) ja näin ollen joudutaan odottamaan, ennen kuin tekemistä päästään jatkamaan.

Harvinainen, mutta mahdollinen rungon valmistuksessa esiintyvä vika voi olla käskyn kuittaus -napin toimimattomuus (RPN=49). Tämä on siinä mielessä hankala tapaus, että tällöin joudutaan etsimään aiheuttajaa. Vian voi aiheuttaa kuluminen tai rikkoutuminen. Tätäkin asiaa voidaan tarkkailla, mutta riski on kuitenkin pieni verrattuna suurempiin

riskeihin. Juoksujen loppuminen (RPN = 47) on myös mahdollista kiireen takia. Tämä on kuitenkin selvityksen perusteella paljon harvinaisempaa. Voidaan siis päätellä, että kiire on todellinen silloin, kun juoksut pääsevät loppumaan. Harvinaista on myös tuotantokonetta käynnistettäessä tilanne, jossa valosilmä/raja rikkoutuu (RPN = 42). Tällöin ei töitä voida aloittaa.

Toiseksi pienimmät riskiluvut (RPN = 37) saivat hakasnaulaimen/-pyssyn rikkoutuminen ja muiden naulainten rikkoutuminen/jumiutuminen juoksujen jatkamisen yhteydessä. Saman riskiluvun sai koneen puhdistus/huolto rungon valmistusvaiheessa. On harvinaisen tilanne, että näin joudutaan toimimaan kesken valmistuksen. Pienimmät riskiluvut liittyvät tuotantokoneen käynnistysvaiheessa huoltotoimenpiteisiin ja huolto-/sähkömiehen kutsumiseen. Nämä asiat voivat olla tarpeen, jos virta-/muut johdot ovat poikki tai energiakisko on poikki. Pienin riskiluku vika- ja vaikutusanalyysissä oli 21, joka ei ole merkittävä.

Vika- ja vaikutusanalyysi esitetään kokonaisuudessaan liitteessä 7. Tämän analyysin pohjalta voidaan harkita ja päättää, mihin asioihin ja riskitekijöihin tartutaan tulevaisuudessa. Suuri riskiluku kertoo kyllä riskin suuruuden ja mahdollisuuden, mutta silti on harkittava ja pohdittava, mihin ryhdytään. Osa riskien aiheuttajista on helpompi poistaa kuin toiset. Toisaalta jo yhden häiriön tai muuttujan poistaminen vaikuttaa jokaiseen runkoaseman vaiheeseen, koska suurin osa vioista on helposti löydettävissä tämän analyysin perusteella. Siksi on mietittävä jatkoa ajatellen, miten resursseja käytetään ajallisesti ja taloudellisesti. FMEA-taulukon ja -kaavion pohjalta näitä ratkaisuja voidaan ryhtyä tekemään. Mahdollisilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa runkoaseman jaksoaikojen vaihteluun ja niiden pienentämiseen sekä edelleen koko linjan ulostuloon.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää keinoja työn tuottavuuden parantamiseksi ja toimintojen tehostamiseksi Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtilinjalla teorian ja tutkimuksen kautta. Selvityksessä käytettiin apuna kirjallisuutta, joka liittyy edellä mainittuihin ongelmiin. Teorian pohjalta voitiin suorittaa vaihtelun tutkintaa suurelementtilinjan runkoasemalla. Tietysti lähtökohtana tutkimuksessa oli myös tehtaan nykytilanne, joka havainnollisti, mitä parannuskeinoja on ollut käytössä syksystä 2013 lähtien.

Kirjallisuusosiossa tutustuttiin systeemiin ja vaihtelun teoriaan, sillä ilman vaihtelun ymmärtämistä ei parannusta voida täydellisesti suorittaa. Vaihtelun ymmärtäminen on yksi tärkeä seikka parannusta tehdessä, sillä on ymmärrettävä, kuinka systeemit ja prosessit käyttäytyvät, ja miten niihin voidaan vaikuttaa. On huomioitava myös, miten sistemien ja prosessien eri tekijät vaikuttavat toisiinsa. Vaihtelun hallinnalla saadaan tuloksia myös tuottavuudessa ja tehokkuudessa.

Eri tuotantofilosofioiden tunteminen ja niiden mukaiset menetelmät tuovat apua edellä mainituissa asioissa. Filosofiat antavat keinoja ja työkaluja oikeanlaiseen tekemiseen ja johtamiseen. On tärkeää, että toimintaa seurataan jatkuvasti, jotta jatkuva parantaminen olisi mahdollista. Lisäksi on tärkeää, että informaatio ja materiaalit liikkuvat oikeaan suuntaan oikeaan aikaan. Kun toiminnan tai tuotannon kannalta merkittävät asiat saadaan toimimaan ja ihmiset tietävät, mitä tekevät, voidaan alkaa poistamaan niistä riippumattomia häiriötekijöitä.

Lean Six Sigma -työkalujen avulla saatiin tehtyä vika- ja vaikutusanalyysi runkoasemalle kunnossapidon näkökulmasta. Analyysi paljasti riskinumeroiden perusteella tekijät, jotka vaikuttavat aseman toimintaan, jaksoaikoihin ja niin edelleen koko linjan ulostuloon. Linjan ulostulo määräytyy aina hitaimman aseman tai työvaiheen mukaan. Tämä pätee monessa muussakin asiassa ja tekemisessä.

Tulevaisuuden kannalta tulee valita vika- vaikutusanalyysin pohjalta asiat, joihin puututaan ja joita pyritään parantamaan. Parannustoimenpiteet tulee valita siten, että ne ovat järkeviä nykysysteemin kannalta. Kun asiat saadaan kuntoon runkoasemalla, voitaisiin tehdä sama tutkimus myös muille asemille. Näin saadaan linjaa entistä tuottavammaksi

ja häiriötekijöitä pienemmäksi. Tutkimisen arvoinen asia olisi myös nykyisen tuotantolinjan muuttaminen siten, että linja jaettaisiin erillisiin soluihin. Tämän myötä saataisiin tilanne, jossa syntyisi vähemmän keskinäisiä riippuvuussuhteita asemien välillä.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli melko vaikeaa, mutta samalla mielenkiintoista. Vaikean työstä teki se, että aihe oli itselleni tuntematon ennen työn aloittamista. Sisällön rajaaminen oli myös työlästä, sillä aihe on laaja ja monimutkainen. Helpotusta tekemiseen toi kuitenkin saatavilla oleva kirjallisuus. Oppimisen kannalta työ oli opettava kokemus, josta on varmasti hyötyä tulevaisuudessa.

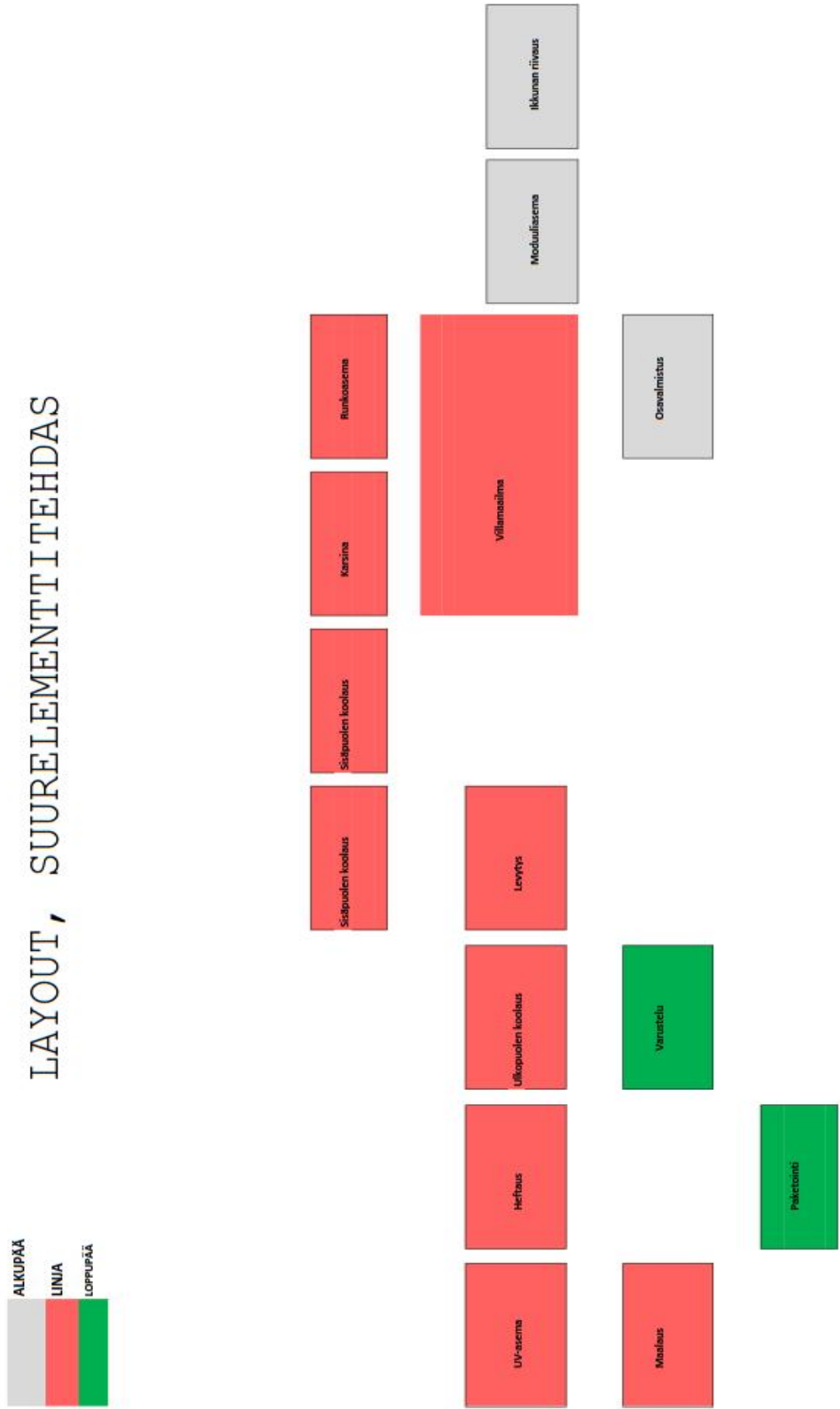
LÄHTEET

- Breyfogle, Forrest W. 2003, Implementing Six Sigma. Smarter Solutions Using Statistical Methods. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- Deming, W. Edwards 1986. Out of the Crisis. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Central for Advanced Engineering Study.
- Deming, W. Edwards 1993. The New Economics. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Central for Advanced Engineering Study.
- Karjalainen, Tanja & Karjalainen, Eero E. 2000. Laatujohtamisoppien (TQM) soveltaminen PK-yritykseen. SPC, systeemiteoria, TOC-teoria. Hollola: Salpausselän Kirjapaino Oy.
- Karjalainen, Tanja & Karjalainen, Eero E. 2002. Six Sigma. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenelmä. Lahti: Aldus Oy.
- Karlöf, Bengt & Östblom, Svante 1993. Benchmarking. Tuottavuudella ja laadulla mestariksi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kauppakaari Oy, Uusi-Rauva, Erkki 1997. Tuottavuus. Mittaa ja menesty. Vantaa: Tummuvuoren Kirjapaino Oy.
- Lean www-sivut 2014, Hakupäivä 26.8.2014. < <http://www.lean.org> >
- Liker, Jeffrey K. 2004. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino oy.
- Limma, Jouni, Toimitusjohtaja, Pyhännän Rakennustuote Oy, Koulutusmateriaali 18.8.2010.
- Maliranta, Mika & Ylä-Anttila, Pekka 2007. Kilpailu, innovaatio ja tuottavuus. Helsinki. Yliopistopaino.
- Moisanen, Pekka, Työnjohtaja, Pyhännän Rakennustuote Oy. Haastattelu 11.3.2014.
- Modig, Niklas & Åhlström Pär 2013. Tätä on Lean. Halmstad. Bulls Graphics AB.
- Nilsson Orsini, Joyce 2013. The Essential Deming. Leadership Principles from the Father of Quality. McGrawHill. The United States of America.
- Palosaari, Jouni, Tuotannonsuunnittelija, Pyhännän Rakennustuote Oy. Haastattelu 11.3.2014
- Palosaari, Jouni, Tuotannonsuunnittelija, Pyhännän Rakennustuote Oy. Haastattelu 13.3.2014
- Piirainen, Antti 2013. Laatu puhuttaa Suomessa. Hakupäivä 22.5.2014. <<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/laatu-puhuttaa-suomessa/>>
- Pyhännän Rakennustuote Oy:n www-sivut 2014. Hakupäivä 26.4.2014. <www.jukkatalo.fi>
- Quality Training Portal www-sivut 2014. Lean or Six Sigma: Which Should You “Do?” Hakupäivä 18.9.2014.
- Rauhala, Ville 2014. Lapin ammattikorkeakoulu. Teknologiaosaamisen johtaminen. Kunnossapitostrategiat. Lean Six Sigma. Luentomateriaali 25.4.2014.
- Saaranen, Ismo, Tuotantovastaava, Pyhännän Rakennustuote Oy. Haastattelu 6.3.2014.
- Salomäki, Rauno 1999. Hyödynnä SPC. Suorituskykyiset prosessit. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Six Sigman www-sivut 2014. Kingmanin kaava. Hakupäivä 22.5.2014. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/kingmanin-kaava/>>
- Six Sigman www-sivut 2014. Littlen laki. Hakupäivä 22.5.2014. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/littlen-laki/>>
- Six Sigman www-sivut 2014. Lean Six Sigma DMAIC. Hakupäivä 17.9.2014. <<http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/>>
- Teknologiatoimintamalli Ry, Larikka, Markku & Heinilä, Pekka & Selin, Keijo & Tuominen, Jouni 2007. Tuottavuuden jatkuva parantaminen. Uusi toimintamalli esimiehille. Uusia tuottavuusmenettelyjä tiimeille. Tampere: Tammer-Paino Oy.

- Tuominen, Kari 2010. Lean – Kohti täydellisyyttä. Mitä Toyota ja lean-yritykset tekevät eri tavalla kuin muut. Juva: WS Bookwell Oy.
- Väisänen Jouni 2013. Arvovirtakuvaus. Hakupäivä 17.9.2014. <<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>>
- Wheeler, Donald J. & Chambers David S. 1992. Understanding Statistical Process Control. Knoxville, Tennessee: SPC Press.
- Wheeler, Donald J. 2000. Understanding Variation. The Key to Manage Chaos. Knoxville, Tennessee: SPC Press.
- Yang, Kai & El-Haik Basem S. 2009. Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development, 2. painos. The McGraw-Hill Companies, Inc..

LIITTEET

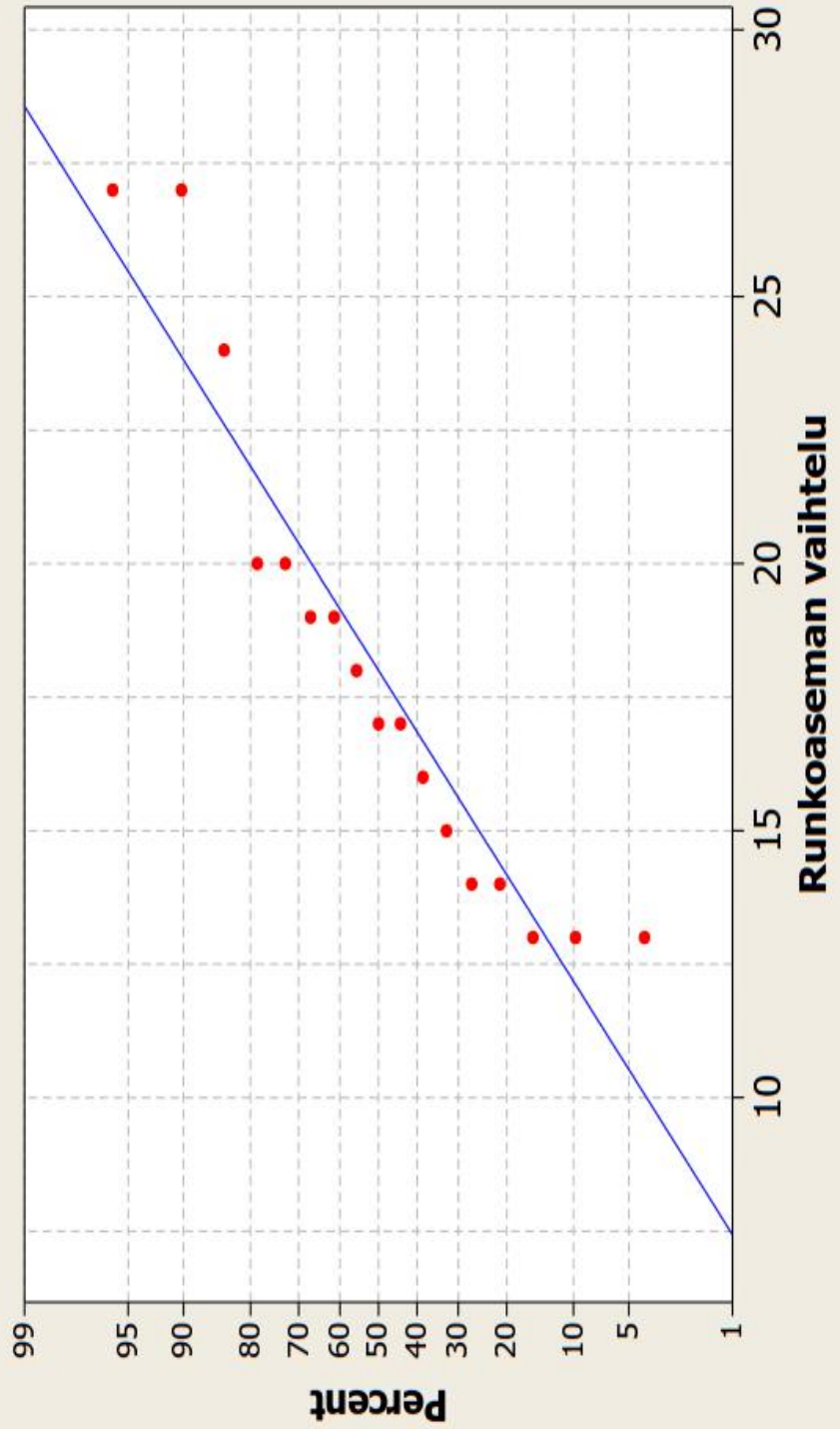
- Liite 1. Layout, Suurelementtitehdas
- Liite 2. Ohjaukortit, runkoasema
- Liite 3. SIPOC
- Liite 4. Prosessikuvaus
- Liite 5. Syy- ja seurausdiagrammi
- Liite 6. Syy- ja seurausmatriisi
- Liite 7. Vika- ja vaikutusanalyysi



JAKSOAJAT, RUNKOASEMA

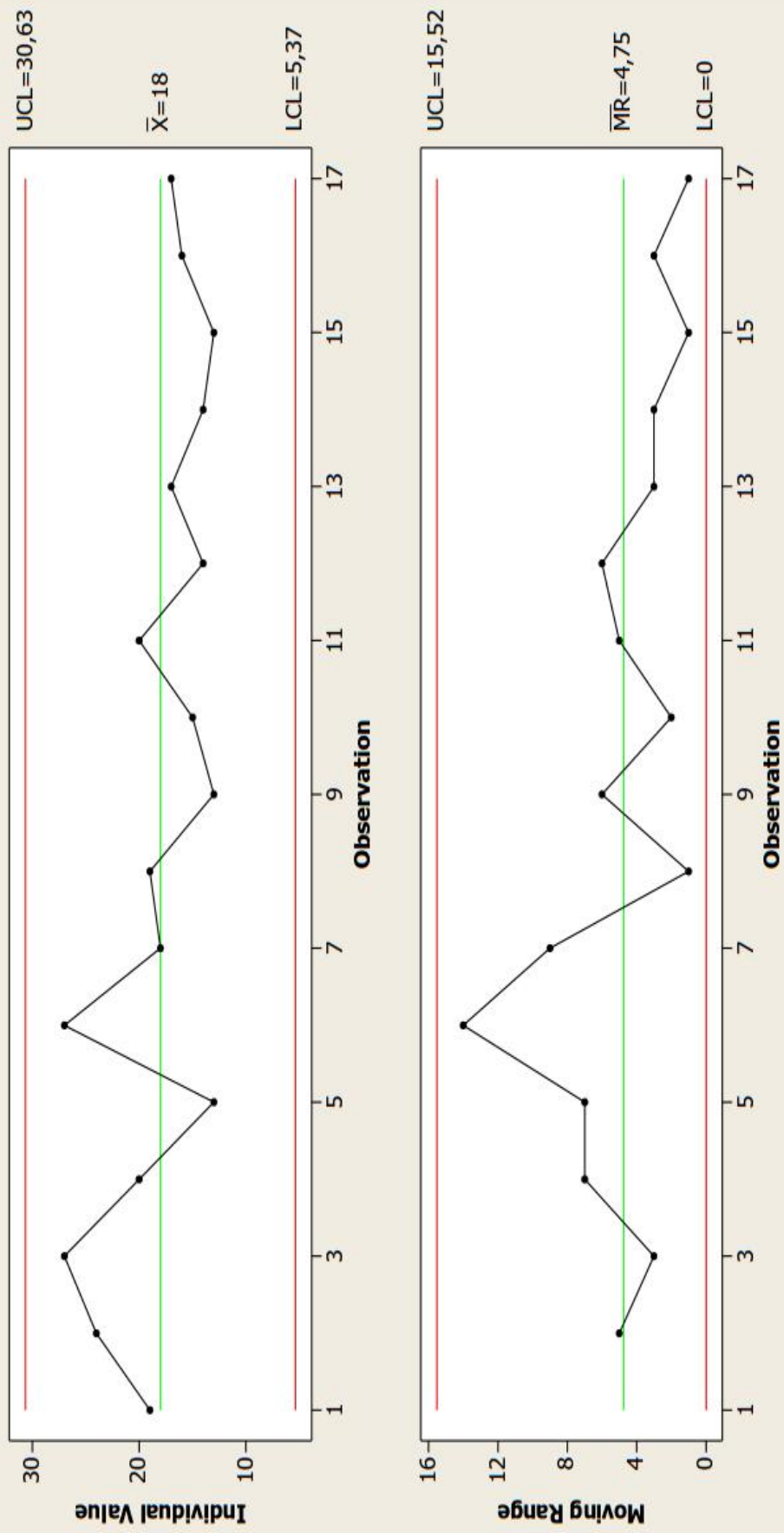
Probability Plot of Runkoaseman vaihtelu

Normal



JAKSOAJAT, RUNKOASEMA

I-MR Chart of Runkoaseman vaihtelu



SIPOC - Projektin rajaaminen

Päivitetty

16.6.2014

Runkoaseman vaihtelu kunnossapidon näkökulmasta



Prosessikuvaus:

Runkoseman vaihtelu kunnossapidon näkökulmasta

Päivitetty
22.7.2014

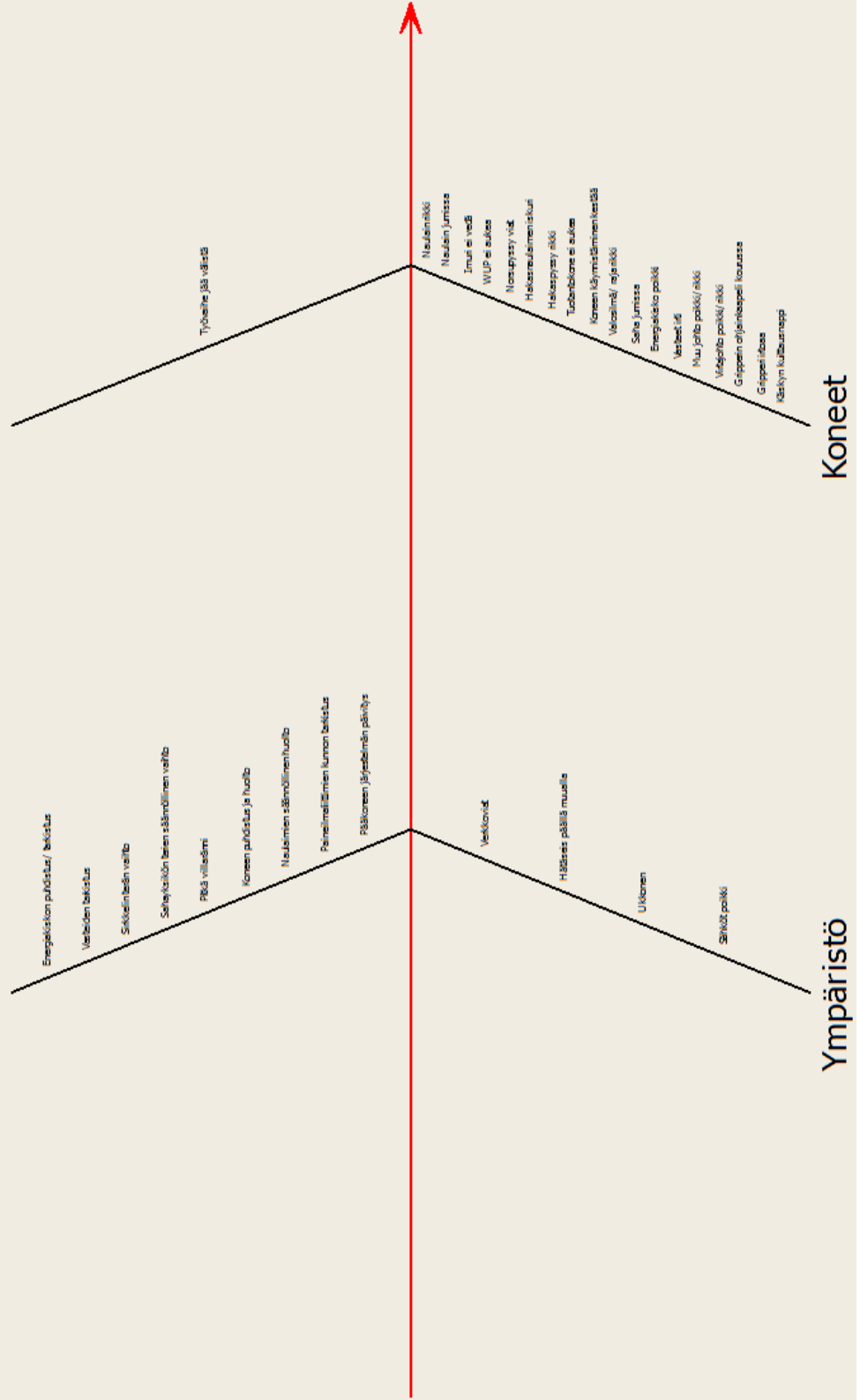
	→ y1	WUP-tiedoston aukaisu	→ y2	Juoksujen jatkaminen	→ y3	Rungon valmistus	→ y4	Elementin tarkastus	→ y4	Elementin siirto	→ y4	Laatukortin täyttäminen
	x1 = muuttujat	x1 = muuttujat	y5	x1 = muuttujat	y5	x1 = muuttujat	y5	x1 = muuttujat	y5	x1 = muuttujat	y5	x1 = muuttujat
x = Saastuulevat												y = Rakastava asia
Elementit/kuivat	x Tuotantokone ei aukea Koneen käynnistäminen	x Virtajohto rikki/poikki	n	x Saha jumissa	x	x Käshyn kuittausnapit	x	x Virtajohto rikki/poikki	x	x Gripperi irtoaa	x	x Työvähe jäs veltta
WUP-tiedosto	n kestää	x Muajohto rikki/poikki	x	x Hakaspyssy rikki	x	x Gripperi irtoaa	x	x Muajohto rikki/poikki	x	x Ohjainkaapit kourussa	x	
Villa	x Virtajohto rikki/poikki	x WUP ei aukea	n	x Hakasnaulaimen iskuri	x	x Ohjainkaapit kourussa	x	x Energialaisko poikki	x	x Virtajohto rikki/poikki	x	
Runkotolppa	x Muajohto rikki/poikki	sop Koneen puhdistu ja huolto	n	x Naulain jumissa	x	x Virtajohto rikki/poikki	n	x Saha jumissa	x	x Muajohto rikki/poikki	x	
Moduulit	x Energialaisko poikki	sop Pääkoneen järjestelmän	x	x Naulain rikki	x	x Muajohto rikki/poikki	x	x Velosilma/ raja rikki	x	x Energialaisko poikki	x	
Alajuoksu	x Velosilma/ raja rikki	x Sähköt poikki	sop	x Vasteet itti	n	x Imuri ei viedä	n	x Imuri ei viedä	n	x Velosilma/ raja rikki	x	
Yläjuoksu	sop Energialaiskun puhdistus/ p tarkastus	x Ukkonen	sop	x Sirkkelin terän vaihto	x	x Energialaisko poikki	n	x Naulain jumissa	n	x Naulain jumissa		Energialaiskun puhdistus/ sop tarkastus
Kokoonpanija	sop	x Verkkoviivat	sop	x Naulaimien huolto	n	x Saha jumissa	x	x Naulain rikki	x	x Naulain rikki		sop Koneen puhdistu ja huolto
Runkoseman kone	p	x Verkkoviivat	sop	x Paineilmalaittimien tarkastus	x	x Velosilma/ raja rikki	x	Energialaiskun puhdistus/ sop tarkastus	sop	x Paineilmalaittimien tarkastus		sop Paineilmalaittimien tarkastus
	x Sähköt poikki			Pääkoneen järjestelmän								
	x Ukkonen			sop päivitys								
	x Hättöset, muualla			x Hakaspyssy rikki	x	x Hakaspyssy vieti	x	sop Sähkyksiköiden terien vaihto	sop	x Sähköt poikki	x	
	x Verkkoviivat			n Hakasnaulaimen iskuri	n	x Nonsuspisy vieti	n	sop Koneen puhdistu ja huolto	sop	x Hättöset, muualla	x	
				x Imuri ei viedä	n	x Imuri ei viedä	n	sop Naulaimien huolto	sop	x Verkkoviivat	x	
				n Naulain jumissa	n	x Naulain jumissa	n	sop Paineilmalaittimien tarkastus	sop			
				x Naulain rikki	x	x Naulain rikki	x					
				sop Energialaiskun puhdistus/ sop tarkastus	sop	Energialaiskun puhdistus/ sop tarkastus	sop					
				sop Pääkoneen järjestelmän	sop							
				sop päivitys								
				x Sirkkelin terän vaihto	sop							
				sop Sähkyksiköiden terien vaihto	sop							
				c Pitsa villaränni	c							
				sop Koneen puhdistu ja huolto	sop							
				sop Naulaimien huolto	sop							
				sop Paineilmalaittimien tarkastus	sop							
				sop Pääkoneen järjestelmän päivitys	sop							
				x Sähköt poikki	x							
				x Ukkonen	x							
				x Hättöset, muualla	x							
				x Verkkoviivat	x							
				x Työvähe jäs veltta	x							

Muuttujatyytit
N = Noise
C = Ohjattava
SOP = Standardi menetelmä/tapa
x = Kriittinen tekijä

Cause-and-Effect Diagram

Menetelmät

Henkilöt



XY matriisi

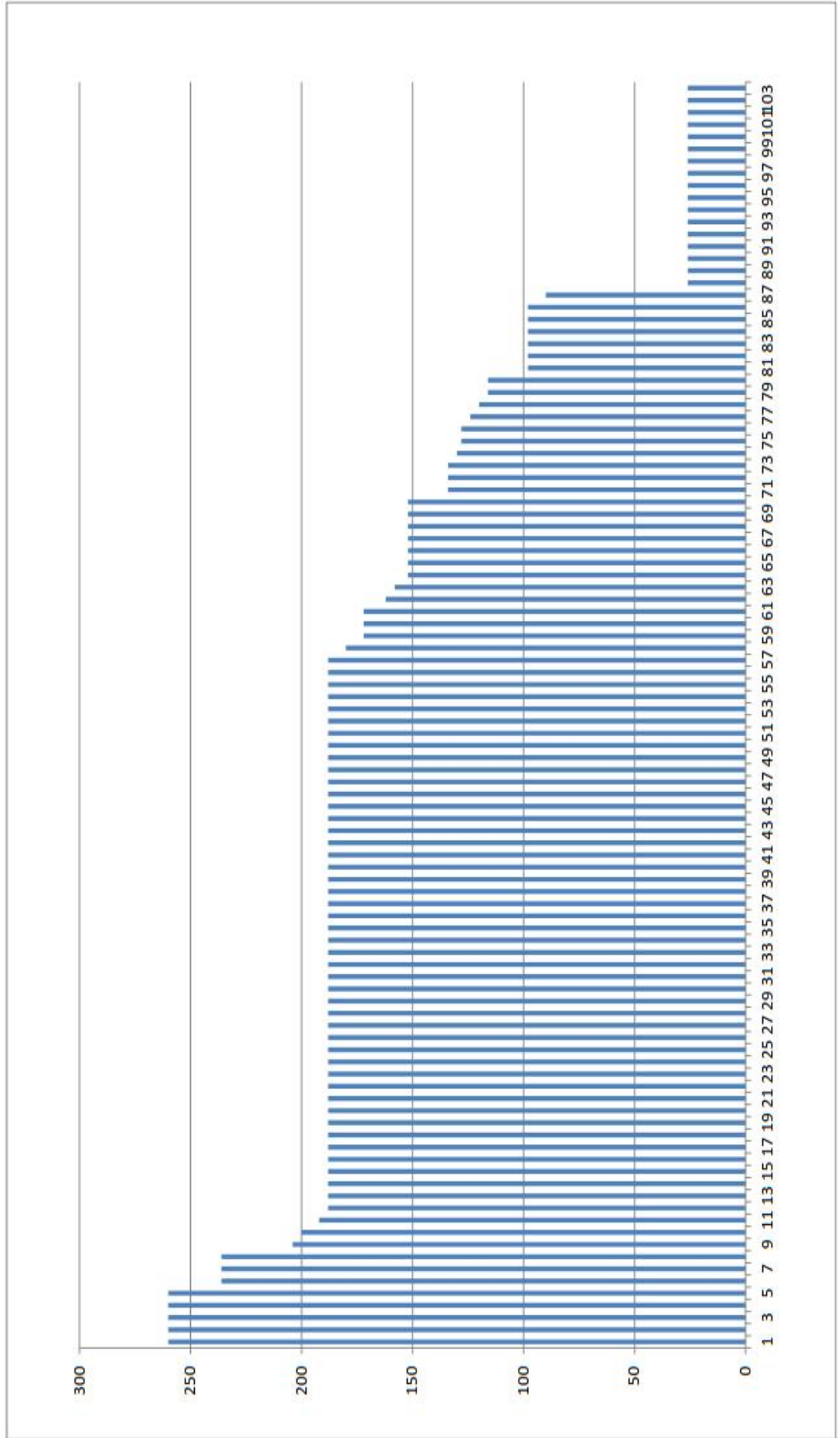
Runkoaseaman vaihtelu

Päivitetty
7.8.2014

Prosessi vaihe	Muuttujan nimi	Tyyppi (Y/X/x)	Luokka (S/C/N/X)	Vaatimukset	Ulostulot (Y's)			Prioritetettu luku
					Runkoaseaman vaihtelu	Mittatarkka runko (kuvien m	Valmistus määrä	
					1	2	3	
					10	8	8	
Rungon valmistus	Gripperi irtoaa	x	X		10	10	10	260
Rungon valmistus	Vasteet irti	x	X		10	10	10	260
Rungon valmistus	Energiakisko poikki	x	X		10	10	10	260
Rungon valmistus	Työvaihe jää välistä	x	X		10	10	10	260
Elementin siirto	Gripperi irtoaa	x	X		10	10	10	260
Elementin katkaisu	Virtajohto rikki/ poikki	x	X		10	7	10	236
Elementin katkaisu	Muu johto rikki/ poikki	x	X		10	7	10	236
Elementin katkaisu	Energiakisko poikki	x	X		10	7	10	236
Elementin katkaisu	Valosilmä/ raja rikki	x	X		10	3	10	204
Input	Runkotolppa	X	X		8	8	7	200
Input	Moduulit	X	X		8	6	8	192
Tuotantokoneen käynnistyminen	Tuotantokone ei aukea	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Koneen käynnistäminen kestää	x	N		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Virtajohto rikki/ poikki	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Muu johto rikki/ poikki	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Energiakisko poikki	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Valosilmä/ raja rikki	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Pääkoneen järjestelmän päivitys	x	SOP		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Sähköt poikki	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Ukkonen	x	X		10	1	10	188
Tuotantokoneen käynnistyminen	Hätäseis, muualla	x	X		10	1	10	188
WUP- tiedoston aukaisu	Virtajohto rikki/ poikki	x	X		10	1	10	188
WUP- tiedoston aukaisu	Muu johto rikki/ poikki	x	X		10	1	10	188
WUP- tiedoston aukaisu	WUP ei aukea	x	X		10	1	10	188
WUP- tiedoston aukaisu	Sähköt poikki	x	X		10	1	10	188
WUP- tiedoston aukaisu	Ukkonen	x	X		10	1	10	188

Rungon valmistus	Käskyn kuittaus nappi	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Virtajohto rikki/ poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Muu johto rikki/ poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Valosilmä/ raja rikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Norsupysyviät	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Naulain jumissa	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Naulain rikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Naulaimien huolto	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Pääkoneen järjestelmän päivitys	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Sähköt poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Ukkonen	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Hätäseis, muualla	x	10	1	10	188	100	8	80
Rungon valmistus	Verkkoviät	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Sirkkelin terän vaihto	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Sahayksiköiden terien vaihto	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Pääkoneen järjestelmän päivitys	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Sähköt poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Ukkonen	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Hätäseis, muualla	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin katkaisu	Verkkoviät	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Ohjainkaapelit kourussa	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Virtajohto rikki/ poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Muu johto rikki/ poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Energiakisko poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Valosilmä/ raja rikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Energiakiskon puhdistus/ tarkastus	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Pääkoneen järjestelmän päivitys	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Sähköt poikki	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Ukkonen	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Hätäseis, muualla	x	10	1	10	188	100	8	80
Elementin siirto	Verkkoviät	x	10	1	10	188	100	8	80
Input	WUP-tiedosto	x	10	1	9	180	100	8	72
Tuotantokoneen käynnistyminen	Verkkoviät	x	10	1	8	172	100	8	64
WUP- tiedoston aukaisu	Pääkoneen järjestelmän päivitys	x	10	1	8	172	100	8	64
WUP- tiedoston aukaisu	Verkkoviät	x	10	1	8	172	100	8	64
Input	Villa	x	9	1	8	162	90	8	64
Input	Kokoonpanija	x	7	4	7	158	70	32	56
Juoksujen jatkaminen	Sirkkelin terän vaihto	x	8	1	8	152	80	8	64
Juoksujen jatkaminen	Naulaimien huolto	x	8	1	8	152	80	8	64
Juoksujen jatkaminen	Paineilmaliittimien tarkastus	x	8	1	8	152	80	8	64
Rungon valmistus	Sirkkelin terän vaihto	x	8	1	8	152	80	8	64

XY – KUVAAJA



Runkoaseman vaihtelu kunnossapidon näkökulmasta										Päivitetty 14.8.2014
FMEA	Prosessi vaihe	Muuttujan nimi (X)	Vikatila	Vaikutus (Y)	Vakavus	Syy	Esiltyminen	Nykyinen syyhallinta/ havainnointi menetelmä	Löydetyys	RPN
	Tuotantokoneen käynnistys	Koneen käynnistäminen kestää	Kuvien aukeaminen kestää	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Tuotantokone	8	Odotellaan/tekijä huomaa	10	560
	Rungon valmistus	Pitkä villaränni	Suuri varasto	Tekeminen hidastuu	5	Tuotantolinja	10		10	500
	Input	Moduulit	Moduulit loppu	El voi jatkaa töitä	7	Lilian pieni varasto	6	Mennään tekemään moduleita/tekijä huomaa	10	440
	Rungon valmistus	Saha jumissa	Tylsä terä	Tekeminen hidastuu	5	Kuluminen/rikkoutuminen	8	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	400
	Elementin katkaisu	Saha jumissa	Tylsä terä	Tekeminen hidastuu	5	Kuluminen/rikkoutuminen	8	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	400
	Input	Kokoonpanija	Työntekijä sairaana	Työnteko hidastuu	6	Vilustuminen	6		10	360
	Tuotantokoneen käynnistys	Tuotantokone ei aukea	Kuvat ei aukea	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Tuotantokone		Yritetään uudestaan, jos ei auta niin ilmoitetaan työnjohtoon/tekijä huomaa		
	Tuotantokoneen käynnistys	Hätäseis, muualla	Ohjelma keskeytyy	Tekeminen jää kesken	7	Tuotantolinja	5	Etsitään aiheuttaja	10	350
	Rungon valmistus	Hätäseis, muualla	Ohjelma keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	7	Tuotantolinja	5	Etsitään aiheuttaja	10	350

Elementin siirto	Hätäseis, muualla	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Tuotantolinja	5	Etsitään aiheuttaja	10	350
Rungon valmistus	Gripperi irtoaa	Elementin asemointi muuuntuu	Tekeminen keskeytyy	10	Kuluminen/rikkoutuminen	3	Korjataan/tekijä huomaa	10	300
Rungon valmistus	Työvaihe jää välistä	Elementti ei ole kuvien mukainen	Tekeminen hidastuu	10	Huolimattomuus	3	Korjataan/tekijä huomaa	10	300
Elementin siirto	Gripperi irtoaa	Elementti voi mennä poikittain	Korjausta?	10	Kuluminen/rikkoutuminen	3	Korjataan/tekijä huomaa	10	300
Juoksujen jatkaminen	Saha jumissa	Työvä terä	Työnteko hidastuu	3	Kuluminen/rikkoutuminen	8	Vaihdetaan/tekijä huomaa	10	267
WUP- tiedoston aukaisu	WUP ei aukea	Viallinen WUP	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Viallinen WUP/ei ole ollenkaan		Soitetaan työnjohtoon tai suunnitteluun/tekijä huomaa	10	210
Rungon valmistus	Naulain jumissa	Hakanen/iskuri	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen	3	Korjataan/tekijä huomaa	10	210
Rungon valmistus	Naulain rikki	Hakanen/iskuri	Tekeminen keskeytyy		Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	210
Rungon valmistus	Vasteet irti	Tolppa ei asemoidu oikein	Tekeminen keskeytyy	10	Rikkoutuminen/epäsäännöllinen huolto	2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	200
Input	WUP-tiedosto	Ei aukea	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Viallinen WUP/ei ole ollenkaan		Soitetaan työnjohtoon/tekijä huomaa	10	200
Input	Villa	Villa loppu	Tekemistä ei voida aloittaa	6	Kilire	3	Odotellaan/tekijä huomaa	10	180
Rungon valmistus	Valosilmä/ raja rikki	Ohjelma keskeytyy	Tekemistä ei voida jatkaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen	2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	140

Rungon valmistus	Norsupyyssyviät	Naula jumissa, iskuri poikki	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen	2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	140
Rungon valmistus	Naulaimien huolto	Ei toimi kunnolla	Tekeminen hidastuu	7	Kuluminen/rikkoutuminen	2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	140
Elementin siirto	Valosilmä/ raja rikki	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen	2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	140
WUP- tiedoston aukaisu	Verkkoviät	Ei aukea	Tekemistä ei voida aloittaa	6	Verkkohäiriö	2	Soitetaan IT-tukeen/tekijä huomaa	10	127
Rungon valmistus	Energiakisko poikki	Elementti ei siirry	Tekeminen keskeytyy	10	Likaisuus	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	100
Input	Runkoaseman kone	Kone ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	5	Tuotantokone	2	Soitetaan huoltomiehelle ja IT-tukeen/tekijä huomaa	10	93
Elementin katkaisu	Virtajohto rikki/ poikki	Elementin katkaisu keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	9	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	90
Elementin katkaisu	Muu johto rikki/ poikki	Elementin katkaisu keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	9	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	90
Elementin katkaisu	Energiakisko poikki	Elementin katkaisu keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	9	Likaisuus	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	90
Elementin katkaisu	Valosilmä/ raja rikki	Elementin katkaisu keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	8	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	77
Input	Runkotolppa	Tolpat loppu	Ei voi jatkaa töitä	8	Huolimattomuus/kiire	1	Ilmoitetaan sisäjärjestelijälle/tekijä huomaa	10	77

Tuotantokoneen käynnistyminen	Pääkoneen järjestelmän päivitys	Ei voida tehdä töitä	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Tuotantokone	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
Tuotantokoneen käynnistyminen	Sähköt poikki	Ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Ukkonen/sähköverkkohäiriö	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
Tuotantokoneen käynnistyminen	Ukkonen	Ei käynnistetä	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Ukkonen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
WUP- tiedoston aukaisu	Virtajohto rikki/ poikki	Ohjelma ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
WUP- tiedoston aukaisu	Muu johto rikki/ poikki	Ohjelma ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
WUP- tiedoston aukaisu	Sähköt poikki	Ohjelma ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Ukkonen/sähköverkkohäiriö	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Rungon valmistus	Virtajohto rikki/ poikki	Ohjelma keskeytyy	Tekemistä ei voida jatkaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Rungon valmistus	Muu johto rikki/ poikki	Ohjelma keskeytyy	Tekemistä ei voida jatkaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Rungon valmistus	Pääkoneen järjestelmän päivitys	Ohjelma keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	7	Tuotantokone		Odotellaan/tekijä huomaa		
Rungon valmistus	Sähköt poikki	Ohjelma keskeytyy	Tekeminen keskeytyy	7	Ukkonen/sähköverkkohäiriö	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Rungon valmistus	Verkkoviivat	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	7	Verkkohäiriö	1	Soitetaan IT-tukeen/tekijä huomaa	10	70
Elementin katkaisu	Sirkkelin terän vaihto	Työsaari	Tekeminen hidastuu	7	Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	70

Elementin katkaisu	Sahayksiköiden terien vaihto	Tylsä terät	Tekeminen hidastuu	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	70
Elementin katkaisu	Pääkoneen järjestelmän päivitys	Ei vaikutu	Ei vaikutu	7	Tuotantokone	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
Elementin katkaisu	Sähköt poikki	Sahaus jää kesken	Tekeminen keskeytyy	7	Ukkonen/sähköverkkohäiriö	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Elementin katkaisu	Hätäseis, muualla	Sahaus jää kesken	Tekeminen keskeytyy	7	Tuotantolinja	1	Etsitään aiheuttaja	10	70
Elementin katkaisu	Verkkoviat	Ei vaikutu	Ei vaikutu	7	Verkkohäiriö	1	Soitetaan IT-tukeen/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Ohjainkaapelit kourussa	Ei vaikutu	Ei vaikutu	7		1		10	70
Elementin siirto	Virtajohto rikki/poikki	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Muu johto rikki/poikki	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Energiakisko poikki	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Energiakiskon puhdistus/tarkastus	Ei vaikutu	Ei vaikutu	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Pääkoneen järjestelmän päivitys	Ei vaikutu	Ei vaikutu	7	Tuotantokone	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	70
Elementin siirto	Sähköt poikki	Ei siirry	Tekeminen keskeytyy	7	Ukkonen/sähköverkkohäiriö	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	10	70

Elementin siirto	Verkkoviati	Ei vaikutta	Ei vaikutta	Ei vaikutta	7	Verkkohäiriö	1	Soitetaan IT-tukeen/tekijä huomaa	10	70
Tuotantokoneen käynnistyminen	Verkkoviati	Kone ei käynnisty	Tekemistä ei voida aloittaa	6	Verkkohäiriö	1	Soitetaan IT-tukeen/tekijä huomaa	10	63	
WUP- tiedoston aukaisu	Pääkoneen järjestelmän päivitys	Ei vaikutta	Ei vaikutta	6	Tuotantokone	1	Odotellaan/tekijä huomaa	10	63	
Juoksujen jatkaminen	Sirkkelin terän vaihto	Ei vaikutta	Ei vaikutta	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Vaihdetaan/tekijä huomaa	10	57	
Juoksujen jatkaminen	Naulaimien huolto	iskuri rikki	Tekeminen hidastuu	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
Juoksujen jatkaminen	Painellaliittimi en tarkastus	Ei vaikutta	Ei vaikutta	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
Rungon valmistus	Sirkkelin terän vaihto	Tylsä terä	Tekeminen hidastuu	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
Rungon valmistus	Sahayksiköiden terien vaihto	Tylsät terät	Tekeminen hidastuu	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
Elementin siirto	Koneen puhdistus ja huolto	Ei vaikutta	Ei vaikutta	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
Elementin siirto	Painellaliittimi en tarkastus	Ei vaikutta	Ei vaikutta	6	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	57	
WUP- tiedoston aukaisu	Ukkonen	Ei käynnistetä	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Ukkonen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	8	56	
Rungon valmistus	Ukkonen	Ohjelma saattaa keskeytyä	Tekemistä ei voida jatkaa	7	Ukkonen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	8	56	

Elementin katkaisu	Ukkonen	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Ukkonen	7	Ukkonen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	8	56
Elementin siirto	Ukkonen	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Ukkonen	7	Ukkonen	1	Odotellaan/tekijä huomaa	8	56
Rungon valmistus	Ohjainkaapelit kourussa	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Ei vaikuta	Tuotantolinja	5		1		10	50
Rungon valmistus	Käskyn kuittaus nappi	Ei toimi	Tekemistä ei voida jatkaa		Kuluminen/rikkoutuminen	7		1	Etsitään aiheuttaja/tekijä huomaa	7	49
Input	Alajuoksu	Alajuoksu loppuu	Tekeminen keskeytyy		Kilre	5		1	Soitetaan sisäjärjestelijälle/tekijä huomaa	10	47
Input	Yläjuoksu	Yläjuoksu loppuu	Tekeminen keskeytyy		Kilre	5		1	Soitetaan sisäjärjestelijälle/tekijä huomaa	10	47
Input	Elementtikuvat	Ei vaikuta	Ei vaikuta			4		1		10	43
Rungon valmistus	Energiakiskon puhdistus/tarkastus	Ei vaikuta	Ei vaikuta		Kuluminen/rikkoutuminen	4		1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	43
Rungon valmistus	Vasteiden tarkistus	Ei vaikuta	Työnteko hidastuu		Kuluminen/rikkoutuminen	4		1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	43
Tuotantokoneen käynnistys	Valosilmä/ raja rikki	Ei voida tehdä töitä	Ei voida tehdä töitä		Kuluminen/rikkoutuminen	7		2	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	3	42
Juoksujen jatkaminen	Hakaspyssy rikki	Hakanen/iskuri	Työnteko hidastuu		Kuluminen/rikkoutuminen	4		1	Vaihdetaan ja huolletaan/tekijä huomaa	10	37
Juoksujen jatkaminen	Hakasnaulaimen iskuri	Hakanen/iskuri	Työnteko hidastuu		Kuluminen/rikkoutuminen	4		1	Vaihdetaan ja huolletaan/tekijä huomaa	10	37

Juoksujen jatkaminen	Naulain jumissa	Hakanen/iskuri	Työnteko hidastuu	4	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Korjataan/tekijä huomaa	10	37
Juoksujen jatkaminen	Naulain rikki	Hakanen/iskuri	Työnteko hidastuu	4	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Vaihdetaan ja korjataan/tekijä huomaa	10	37
Rungon valmistus	Koneen puhdistus ja huolto	Epäpuhtaus	Työnteko hidastuu	4	Epäsäännöllinen puhdistus ja huolto	1	Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa	10	37
Rungon valmistus	Painelmalittimi en tarkastus	Ei vaikuta	Ei vaikuta		Kuluminen/rikkoutuminen		Soitetaan huoltomiehelle/tekijä huomaa		
Tuotantokoneen käynnistys	Virtajohto rikki/ poikki	Kuvat ei aukea	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	3	21
Tuotantokoneen käynnistys	Muu johto rikki/ poikki	Kuvat ei aukea	Tekemistä ei voida aloittaa	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	3	21
Tuotantokoneen käynnistys	Energiakisko poikki	Ei voida tehdä töitä	Ei voida tehdä töitä	7	Kuluminen/rikkoutuminen	1	Soitetaan sähkömiehelle/tekijä huomaa	3	21

FMEA - KUVAAJA

