

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU

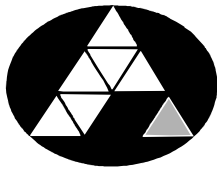
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Juha-Pekka Maaranen

TÄRYTTÄVÄT SYÖTTÖLAITTEET OSANA
MASSATUOTANTOKOKKOONPANOLINJAA

Opinnäytetyö

Toukokuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Juha-Pekka Maaranen

Nimeke
Täryttävät syöttölaitteet osana massakokoonpanolinjaa

Toimeksiantaja
Medisize Corporation, Kontiolahti

Tiivistelmä

Työssä tutkittiin täryttävien syöttölaitteiden toimintaa ja vaikutusta kokoonpanolinjan tuottoon. Tavoitteena oli parantaa kokoonpanoprosessin kokonaistehokkuutta, OEE:ta, täryttävien syöttölaitteiden toimintaa kehittämällä.

Ensimmäisenä kehittämistoimenpiteenä luotiin mittausmenetelmä syöttölaitteiden seurantaan. Mittaamalla syöttölaitteiden toimintaa ja häiriöaikoja saatiin selville lähtötilanne, jonka perusteella valittiin kehitettävät kohteet. Mitattuun tietoon, havaintoihin ja kokeemukseen perustuen tehtiin syöttölaitteille häiriöitä vähentäviä korjaavia toimenpiteitä. Tehtyjen toimenpiteiden vaikutus todennettiin tekemällä uusintamittaus ja seuraamalla OEE:n kehittymistä.

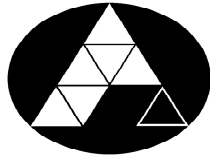
Työn tuloksena syöttölaitteiden suuri merkitys kokoonpanon tuottoon varmistui. Kolmen eniten häiriöitä aiheuttavien täryttävien syöttölaitteiden häiriöajat vähenivät 38 % samalla, kun kokoonpanolinjan OEE kasvoi 10 %. Samaan aikaan syöttölaitteiden häiriöaika kasvoi niillä komponenteilla, joihin ei kohdennettu toimenpiteitä.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää monipuolisesti Medisizen organisaatiossa. Mahdollisia tuotannon kehityskohteita ovat valvonnan lisääminen muille kokoonpanolinjoille, syöttölaittehuollon kehittäminen ja huolto- ja käyttöhenkilökunnan syöttölaitetekoulutus. Merkittävimpänä kehityskohteena on kuitenkin kokoonpanolaitteiden hankinta, jolla tullaan määrittämään syöttölaitteiden toiminta tulevaisuudessa.

Kieli
suomi

Sivuja 97
Liitteet 10
Liitesivumäärä 10

Asiasanat
kokoonpano, tärinä, tehokkuus, tuotannon kehittäminen



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2012
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**

Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author

Juha-Pekka Maaranen

Title

Vibration Feeders in Mass Production Assembly

Commissioned by

Medisize Corporation, Kontiolahti Plant

Abstract

In this thesis both the functionality of vibration feeding devices and their effect on the output of the assembly line were studied. The main purpose was to improve overall equipment effectiveness, OEE, by developing the function of the vibration feeders.

The first step was to create a measurement system to monitor the feeding devices. The capability base point was determined by measuring failure times of the feeders. Development targets were defined based on measured interruption times of the feeding devices.

Countermeasures against failure times were defined by measurement results, observations and professional experience. Effects of corrective and preventive actions were verified by re-measuring failure times and following OEE trend development.

The study shows that the feeding devices are playing an important role in terms of the assembly line output. Error times of three essential failure devices decreased 38 % while OEE increased 10 %. At the same time failure time increased with feeding devices not included in the development program.

All the results of the study can be utilized in various ways in the Medisize organization. Possible development targets would be to expand the monitoring system of feeders in other assembly lines and further develop the maintenance of feeding devices by the training of the maintenance men and assembly setters. However, the most important development target is purchasing which will define the functionality of feeders in the future.

Language

Finnish

Pages 97

Appendices 10

Pages of Appendices 10

Keywords

assembly, vibration, efficiency, production development

SISÄLTÖ

ESIPUHE

Tasan 20 vuotta sitten tein ensimmäisen opinnäytetyön, insinöörityön. Nyt, päivittäessäni tutkintoa, olen ollut saman asian äärellä uudestaan. Monta kertaa on mieleeni tullut, että miksi ihmeessä olen joutunut tai halunnut tähän tilanteeseen. Työ ohella ja nuorten lasten isänä vapaa-ajalle olisi ollut muutakin käyttöä kuin pohtia ja kirjoittaa tätä työtä.

Tasan 20 vuotta olen työskennellyt yritykselle, jolle tämä opinnäytetyö on tehty. Yhtä kauan on puhuttu syöttölaiteongelmista milloin missäkin yhteyksissä. Tässä työssä pyrin paneutumaan näihin ongelmiin syvällisemmin. Olen halunnut valaista asiaa sekä itselleni että työkavereilleni.

Työ ei olisi koskaan valmistunut ilman valvomoa ja syöttölaiteparannuksia. Haluan kiittää tuotantoteknikko Jarkko Siitosta, kehitysinsinööri Markku Pesosta ja kehitysinsinööri Sami Turusta valvomon pystytyksestä ja korjaavista toimenpiteistä. Kiitokset kuuluvat myös muille tuotantoteknikoille, kehityspäällikkö Jani Hirvoselle, projektipäällikkö Timo Turuselle, työnjohtaja Pekka Mönkköselle, sekä kokoonpanolinjan työntekijöille, jotka ovat olleet mukana ideoimassa ja tukemassa työtäni. Lisäksi haluan kiittää perhettäni siitä, että olette jaksaneet tylsää isää, joka vain istuu ja kirjoittaa.

Toivon, että saamme havaitsemiani kehitysasioita eteenpäin lähitulevaisuudessa. Uskon vahvasti, että niistä on hyötyä Medisizelle kokonaistehokkuuden lisääntymisenä ja kilpailukyvyn paranemisena.

Joensuussa 5.2.2012

Juha-Pekka Maaranen

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tarkoitus.....	7
1.2	Nykytila.....	7
1.2.1	Kokoonpanolinjan valmistajan lupaama tuotto	8
1.2.2	Todellinen tilanne	9
1.3	Työn tavoitteet.....	10
1.4	Menetelmät	11
1.5	Työn rajaus	12
1.5.1	Kokoonpantava tuote	12
1.5.2	Kokoonpanoprosessi.....	13
2	KAPASITEETISTA	15
2.1	Tuotannon kokonaistehokkuus (OEE).....	15
2.1.1	Käytettävyys, suorituskyky ja laaduntuottokyky.....	16
2.1.2	Käyttövarmuus	17
2.2	Lääketeollisuuden OEE.....	18
2.3	Medisize ja OEE.....	20
2.4	Solarsoftin toimenpidesuosituksia	20
3	TOIMINNAN LAADUN KEHITTÄMINEN	21
3.1	Kehittämisen vaikeudet, sopeutumisilmiö.....	21
3.2	Kuinka kehittämisvaikeudet voitetaan?	22
3.3	Toiminnan kehittäminen ongelmanratkaisun avulla.....	24
3.3.1	STQ-prosessi	25
4	TÄRYTTÄVÄT SYÖTTÖLAITTEET	26
4.1	Yleistä	26
4.2	Täryttävien syöttölaitteiden toimintaperiaatteista.....	27
4.2.1	Värähtely	27
4.2.2	Värähtelyn tuotto täryttävissä toimilaitteissa.....	28
4.2.3	Värähtelyn säädöstä.....	30
4.2.4	Toimilaitteet syöttöprosessissa.....	32
4.3	Kokoonpanolinjan täryttävät syöttölaitteet	36
4.4	Tuotesuunnittelu – Hopperability	37
5	TUTKIMUSMENETELMÄT	38
5.1	Mittaaminen.....	38
5.1.1	Mitä mitataan?.....	39
5.1.2	Kuinka mitataan?.....	41
5.1.3	Vaikeudet järjestelmän toimintaan saattamisessa.....	42
5.1.4	Ohjelmoinnin ja raportoinnin loppuunsaattaminen.....	43
5.1.5	Mittaustapahtuman oikeellisuus, verifiointi	43
5.1.6	Raportointi.....	45
5.1.7	Valvomon siirto tuotantoon	47
5.2	Tuotantoympäristön tarkastelu	48
5.2.1	Vuoropalautteet ja tuotto viikoilta 32–45, 2010.....	49
5.2.2	Case-tapauksia	50
5.2.3	Huolto.....	52
6	MITTAUSTULOKSIEN ANALYSOINTI.....	53
6.1	Valvomon mittaustulosten tarkastelua.....	53

6.1.1	OEE:n analysointia.....	54
6.1.2	Häiriöiden jako	56
6.1.3	Pitkät ja lyhyet häiriöt	56
6.1.4	Häiriöiden jakautuminen osakohtaisesti ja soluittain	57
6.2	Häiriöraportit.....	59
6.3	Häiriöraporttien ja valvomon tulosten vertailu.....	60
6.4	Häiriöraporttien ja valvomon tulosten analysointi	61
6.4.1	Kierre.....	62
6.4.2	Kytkin	62
6.4.3	Asteikko.....	64
6.4.4	Ikkuna.....	66
6.4.5	Pyöritin	67
6.4.6	Lukko.....	70
6.4.7	Runko.....	71
7	TOIMENPITEET	72
7.1	Suunnitellut toimenpiteet ja toteutukset syöttölaiteasiantuntijan käynnin jälkeen	72
7.1.1	Yleistä	73
7.1.2	Kytkin	73
7.1.3	Asteikko.....	73
7.1.4	Ikkuna.....	75
7.1.5	Pyöritin	75
7.1.6	Lukko.....	76
7.1.7	Runko.....	76
7.1.8	Yhteenveto tarkastuksesta	76
7.2	Muut suunnitelmat ja toteutukset.....	77
7.2.1	Osat vielä kerran	77
8	POHDINTA JA JATKOKEHITYSIDEAT.....	78
8.1	Mitattuun tietoon perustuva muutos	79
8.1.1	OEE.....	79
8.1.2	OEE:n tarkempaa analysointia.....	80
8.1.3	Syöttölaitehäiriöt.....	82
8.1.4	Kokemukseen perustuva lyhyt analyysi tuoton pullonkauloista	85
8.1.5	Luotettavuus (käyttövarmuus)	85
8.2	Jatkokehitys	87
8.2.1	Koneen suunnittelu.....	88
8.2.2	Käyttöohjeet	90
8.2.3	Kunnossapito ja kuluminen	90
8.2.4	Koulutus	91
8.2.5	Muut toimenpiteet.....	93
8.3	Opinnäytetyön haasteellisuus	93
	LÄHTEET.....	95
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia täryttävien syöttölaitteiden toimintaa osana massakokoonpanoa. Tuloksia käytetään lisäämään automaattisen kokoonpanolaitteen tuottoa poistamalla häiriöitä täryttävistä syöttölaitteista. Täryttävät syöttölaitteet eivät saa olla ”pullonkaulana” varsinaiselle kokoonpanoprosessille.

Mekaaninen kokoonpano on monimutkainen prosessi, joka koostuu sadoista paineilmakomponenteista, antureista ja mekaanisista toimilaitteista. Kun kokoonpantavien osien syöttölaitteet ovat kontrollissa ja tarkoituksenmukaisessa kunnossa, niin tuottavuuden pitäisi kasvaa tuotannon pysäyttävien häiriöiden vähentymisenä. Tällöin henkilökunnan energia on mahdollista suunnata varsinaisen kokoonpanoprosessin hallintaan syöttölaitteiden sijaan, jonka seurauksena kokoonpanoprosessin tehokkuus kasvaa paremman valvonnan johdosta: häiriöihin on mahdollista reagoida nopeammin.

1.2 Nykytila

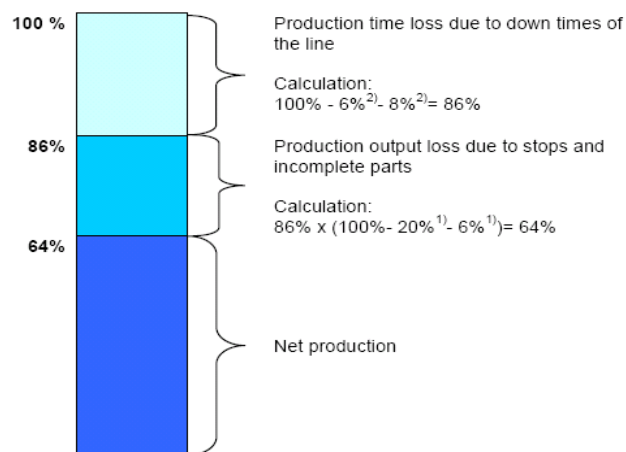
Kyseisen kokoonpantavan muovituotteen tuotantoprosessin ”pullonkaula” on pääasiassa ollut kokoonpanoprosessi koko tuotteen valmistushistorian ajan. Tuoton parantamista on tehty useiden eri projektien avulla ja kysynnän kasvaessa on hankittu toinen kokoonpanolinja.

Uuden kokoonpanolinjan suunnitteluun ja valmistukseen pyrittiin vaikuttamaan ottamalla jo määrittelyvaiheessa huomioon opitut asiat aiemmista kehitysprojekteista ja tuotannosta. Tavoitteena oli parantaa tuotantokapasiteettia ja laadun-

tuottokykyä. Sekä laadullinen että määrällinen kapasiteetti todennettiin kokoonpanolaitteen valmistavalla tehtaalla (FAT-testi)¹ ja asennuspaikalla (SAT-testi)² Medisizella. Molempien testien vaatimukset täyttyivät lopulta, vaikka SAT-testien (2 erillistä testiä) kanssa olikin ongelmia. Testit antoivat käsityksen kuitenkin vain suhteellisen lyhyen ajan kyvykkyydestä, yhdestä kahdeksan tunnin tuotantovuorosta.

1.2.1 Kokoonpanolinjan valmistajan lupaama tuotto

Kokoonpanolinjan valmistajan lupaama keskimääräinen vuorotuotto on 64 % (OEE)³ linjan teoreettisesta maksimituotosta (kuvio 1). Menetetty tuotto 36 % koostuu sekä laatuhävikistä että tuotannollisista häiriöistä. Laskelma antaa riittävän tuoton ajateltuun kapasiteettitarpeeseen nähden. Liitteessä 1 on kokoonpanolinjan valmistajan tarkempi erittely tuottohävikkiin johtavista syistä.



Based on an 8 hours per shift, 15 shifts per week, 50 weeks per year pattern, net output of the line is:

$$\text{gross output} \cdot 60 \text{ minutes} \cdot 8 \text{ hours} \cdot 15 \text{ shifts} \cdot 50 \text{ weeks} \cdot 64\% \text{ OEE} = \text{Mparts / year}$$

Kuvio 1. Toimittajan tuottolaskelma (Mikron Assembly Technology 2008a, 38, muokattu).

¹ Factory Acceptance Test = Testi, joka tehdään laitteen valmistavalla tehtaalla.

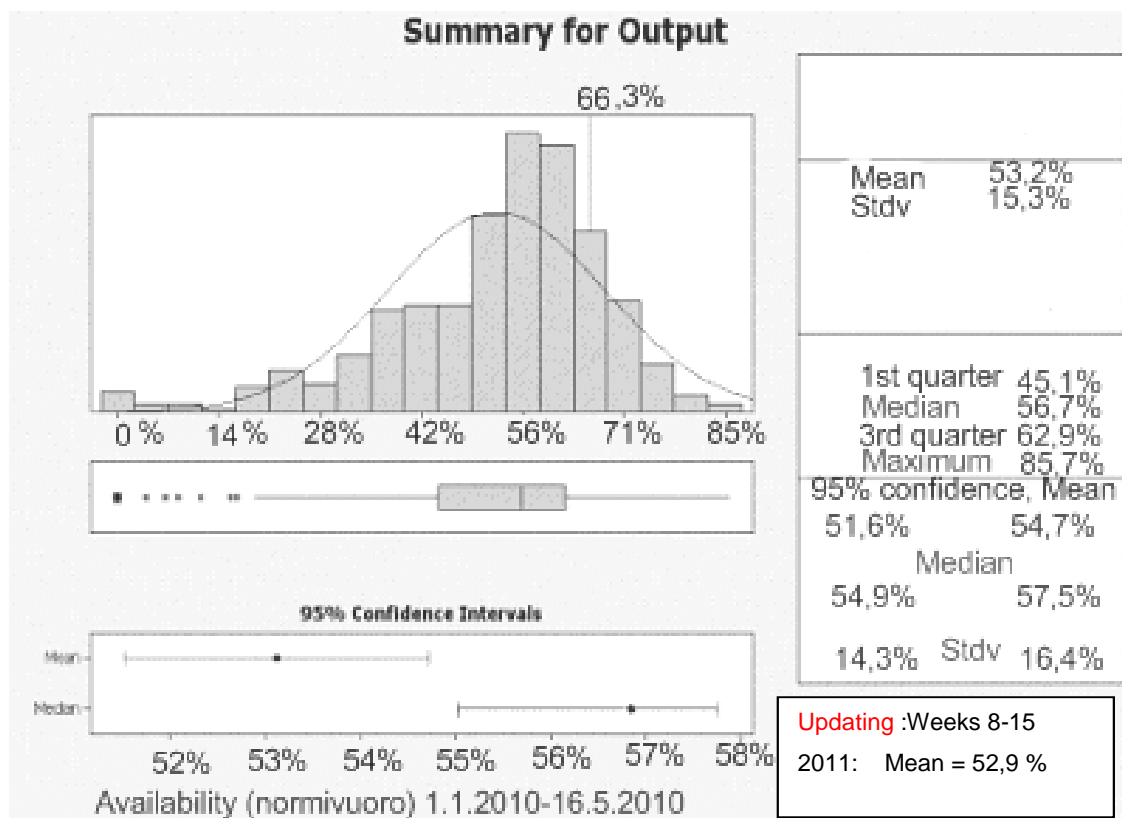
² Site Acceptance Test = Testi, joka tehdään laitteen asennuksen jälkeen tuotantotilassa.

³ OEE= Overall equipment effectiveness = Tuotannon kokonaistehokkuus (Käytettävyys (Availability) % * toiminta-aste (Performance) % * laatukerroin (Quality) %).

1.2.2 Todellinen tilanne

Edellä mainituista toimenpiteistä huolimatta on todettu, että uuden linjan pitkäaikaistuotto ei ole alkuperäisen vaatimuksen mukainen, vaikka yksittäisten työvuorojen tuotto voi jopa ylittää vaatimustason. Kuviosta 2 nähdään, että keväällä 2010 on 394 vuoron keskimääräinen tuotto ollut 53,2 % maksimituotosta. Tyypillisimmän vuoron tuotto on ollut 56,7 %. Linjatoimittajan lupaamasta keskimääräisestä tuotosta jäädyään siis 10,8 prosenttiyksikköä. Kaavasta (1) voidaan laskea, että luvutusta tuotosta puuttuu 17 %. Lisäksi tarkastettiin kevään 2011 tilanne, joka oli hyvin samankaltainen kuin vuotta aiemmin.

$$(1) \quad \text{Puuttuva tuotto \%} = \frac{\text{Luvattu tuotto} - \text{Saavutettu tuotto}}{\text{Luvattu tuotto}} * 100 \%$$



Kuvio 2. Vuorotuotto laskettuna ajalta 1.1.2010–16.5.2010 (394 vuoroa) ja päivitys keväältä 2011 (Korhonen 2010, muokattu).

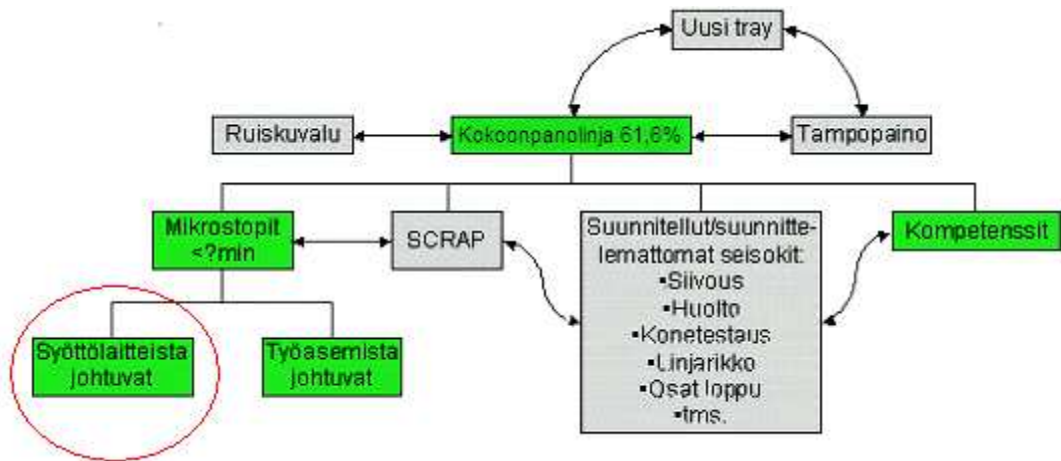
Vajaatuoton syistä on käyty keskustelua, mutta täydellistä yksimielisyyttä ei ole saavutettu. Yhtä mieltä ollaan kuitenkin siitä, että lukuisat eri syyt vaikuttavat tuottoa alentavasti. Eri syiden merkitys ja määrä voi vaihdella eri aikoina. Lisäksi ollaan yhtä mieltä siitä, että tuottoon vaikuttavat sekä suunnittelemattomat pysähdykset (häiriöt ja vikaantuminen) että suunnitellut pysähdykset (puhtaanapito, huolto, konetestit⁴ ja tuotevaihdot).

Häiriöt voidaan jaotella lyhyisiin ja pitkiin häiriöihin. Häiriöt voivat johtua joko syöttölaitteista tai kokoonpanoyksiköistä, soluista. Koneen pysäyttävät häiriöt voivat poistua automaattisesti tai häiriön poistoon tarvitaan ihmistä. Ihmisiä tarvitaan myös varsinaisen vian poistoon tai suunniteltujen pysähdysten toimenpiteisiin.

1.3 Työn tavoitteet

Tuoton kasvattamisvaatimus pohjautuu kokoonpanolinjan alkuperäiseen tuottovaatimukseen (kuvio 1). Konkreettiseksi tavoitteeksi on asetettu 61,6 prosentin keskimääräinen tuottovaatimus kutakin 8 tunnin työvuoroa kohti. Määrittely on tehty yrityksen ylimmän johdon toimesta. Tämä vaatimus on hieman vähemmän, kuin kokoonpanolinjan valmistajan lupaama 64 prosentin tuotto. Kuviossa 3 on esitetty kokoonpanolinjan tuottotavoite ja mahdolliset tuottoa alentavat häiriölähteet. Tässä työssä keskitytään syöttölaitteista johtuviin häiriöihin ja niiden poistoon siten, että syöttölaitteet eivät ole kapeikkona, pullonkaulana, linjan muulle toiminnalle.

⁴ Testit, joilla tarkastetaan linjan tekemien automaattisten tuotetestien oikeanlainen toiminta (testien testaus).



Kuvio 3. Kokoonpanolinjan tuottovaatimus ja tuottoon vaikuttavat tekijät (Hirvonen 2010, muokattu).

1.4 Menetelmät

Kuten aikaisemmin on mainittu, on Medisizella tehty lukuisia tuottoa kasvattavia projekteja. Osa tutkimuksista ja toimenpiteistä on tallennettu tarkasti, kuten STQ-projekteina⁵, opinnäytteinä, piirustuksina ja muutospyyntöinä⁶ ja osaa tuottoprojekteista on käsitelty vapaammin PowerPoint-esityksinä ja sähköpostikirjeenvaihtona. Kaikki tähän mennessä jo tehty työ kapasiteetin kasvatuksen ympärillä tuo lisähaasteen ongelmaa lähestyttäessä ja sen käsittelyssä. Niin sanotut "helpot hedelmät" on jo poimittu, vaikka yksikään aikaisemmin tehty tutkimus ei suoranaisesti koske syöttölaitteita.

Ensiksi paneudutaan kapasiteetin käsitteeseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Toisena asiana käsitellään kehittämistä, siihen liittyviä vaikeuksia ja huomioon otettavia asioita, jotta kehittämistyössä onnistutaan. Seuraavaksi paneudutaan täryttävien syöttölaitteiden toimintaperiaatteeseen ja toimilaitteisiin. Aikaisemmin on huomattu, että täryttäviin syöttölaitteisiin liittyy paljon olettamuksia ja

⁵ STQ = Solution To Quality. Medisizella omiin tarpeisiin kehitetty järjestelmällinen ongelmanratkaisu- ja raportointityökalu. Pitää sisällään elementtejä SixSigmasta.

⁶ Muutospyyntö on laatujohtamisen mukainen hyväksyntä- ja dokumentointijärjestelmä, johon muutokset kuvataan ja lupa toimeksiannolle hyväksytetään.

uskomuksia, jotka todennäköisesti johtuvat tiedon puutteesta. Asian käsittely työympäristössä jo sinällään voi vaikuttaa asenteisiin myönteisesti ja lisätä kiinnostusta syöttölaitteita kohtaan.

Viimeisenä vaiheena pyritään löytämään mittausmenetelmä, jolla voidaan arvioida syöttöjärjestelmän nykytilaa ja ongelmakohteita. Löydettyjä ongelmakohteita pyritään parantamaan siten, että syöttölaitteet ovat vähemmän aikaa häiriössä⁷ ja kokoonpanolinjan tuotto paranee.

1.5 Työn rajaus

Työ rajataan koskemaan vain tiettyä alikokoonpanoa koko tuotteesta. Alikokoonpanon valmistusprosessi rajataan koskemaan vain täyryttäviä syöttölaitteita.

1.5.1 Kokoonpantava tuote

Kokoonpantava tuote on lääkeannostelija, johon voidaan asettaa haluttu annos, joka näkyy numerona laitteen runkoon liitettyssä ikkunassa. Asetettu annosmäärä ruiskutetaan painamalla peukalolla annostusnappia.

Tuote koostuu kahdesta alikokoonpanosta. Toisessa alikokoonpanossa on 10 muoviosaa (*Kierre, Kytkin, Asteikko, Ikkuna, Pyöritin, Ruuvi, Lukko, Runko, Laakeri ja Nappi*) sekä yksi metalliosa (*Jousi*) ja toisessa alikokoonpanossa on vain kaksi muoviosaa. Tässä työssä käsitellään 10 muoviosan ja yhden metalliosan alikokoonpanon kokoonpanoprosessia. Osat ovat pieniä, massan vaihdellessa kolmesta milligrammasta kolmeen grammaan. Kokoonpano painaa yhteensä n.12 g.

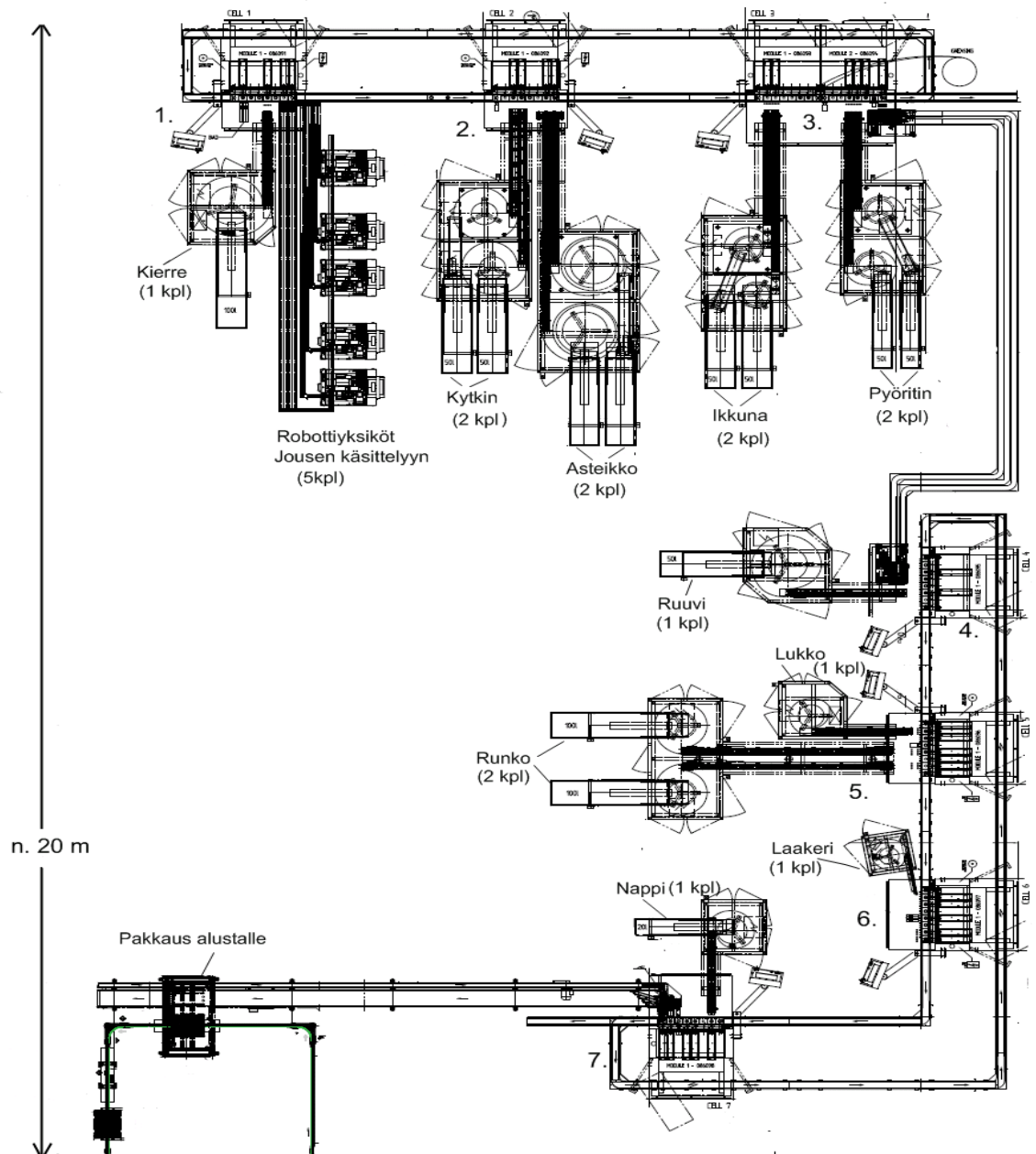
⁷ Häiriö tarkoittaa tilaa, jolloin syöttölaite ei jostain syystä pysty syöttämään komponentteja kokoonpanolaitteelle.

Kyseisessä kokoonpanoprosessissa jousien käsittelyyn käytetään konenäöllä varustettuja robottiyksiköitä. Täysin erilaisen tekniikan vuoksi niiden seuranta jätetään tässä työssä vähemmälle ja keskitytään vain 10 muoviosan täryttäviin syöttölaitteisiin.

1.5.2 Kokoonpanoprosessi

Kuviosta 4 nähdään kokoonpanolinjan pohjapiirros. Pohjapiirroksesta käy ilmi linjan koko ja muoto, sekä kokoonpantavien osien nimet ja syöttölaitteiden määrä kutakin kokoonpantavaa komponenttia kohti. Linja koostuu seitsemästä itsenäisestä solusta sekä pakkauspäästä. Tyypillisesti yhdessä solussa kokoonpannaan kaksi tai kolme osaa. Valmis osakokoonpano lähetetään seuraavalle solulle paletilla hihnakuuljetinta myöten. Kokoonpanoprosessi alkaa solusta 1 *Kierre* osan syötöllä, jonka jälkeen lisätään *Jousi*. Tämän jälkeen kokoonpano siirtyy solulle 2, missä kokoonpano jatkuu *Kytkimen* asennuksella. Näin prosessi etenee seitsemän solun läpi pakkauspäälle, jossa kokoonpano siirretään pakkausalustalle. Kun pakkausalusta on täynnä, se siirtyy automaattisesti lähettämöön, jossa robotti pakkaa alustat lavalle.

Solut 1–3 ovat kokonaisuus, jossa paletit kiertävät näiden solujen välillä. Solusta kolme kokoonpanot siirretään hihnalla solulle neljä. Solut 4, 5, 6 ja 7 muodostavat oman kokonaisuuden, jossa yhteiset paletit kiertävät. Solulta 7 valmiit kokoonpanot siirretään yksittäisille paleteille, jotka kuljetetaan hihnalla pakkauspäälle. Paleteissa on neljä pesää, eli neljä komponenttia kokoonpannaan yhtä aikaa. Solujen 2 ja 3 jaksonaika on kaksinkertainen, joten yhtä aikaa käsiteltävien komponenttien määrää on lisätty neljästä kahdeksaan. Tästä syystä näissä soluissa on myös syöttölaitteiden lukumäärää lisätty yhdestä kahteen. *Rungolle*, joka on isoin komponentti, on myös kaksi täryttävää syöttölaitetta, mikä johtuu osan suuresta koosta. *Laakerille*, joka on pienin komponentti, on vain yksi syöttölaite, vaikka asennusnopeus on kaksinkertainen ja yhtä aikaa käsiteltävien komponenttien määrä on kahdeksan.



Kuvio 4. Kokoonpanolinjan pohjapiirros (Mikron Assembly Technology 2008b, muokattu). Linjaan kuuluu yhteensä 20 syöttölaitetta, joista 15 on täyrtäviä syöttölaitteita.

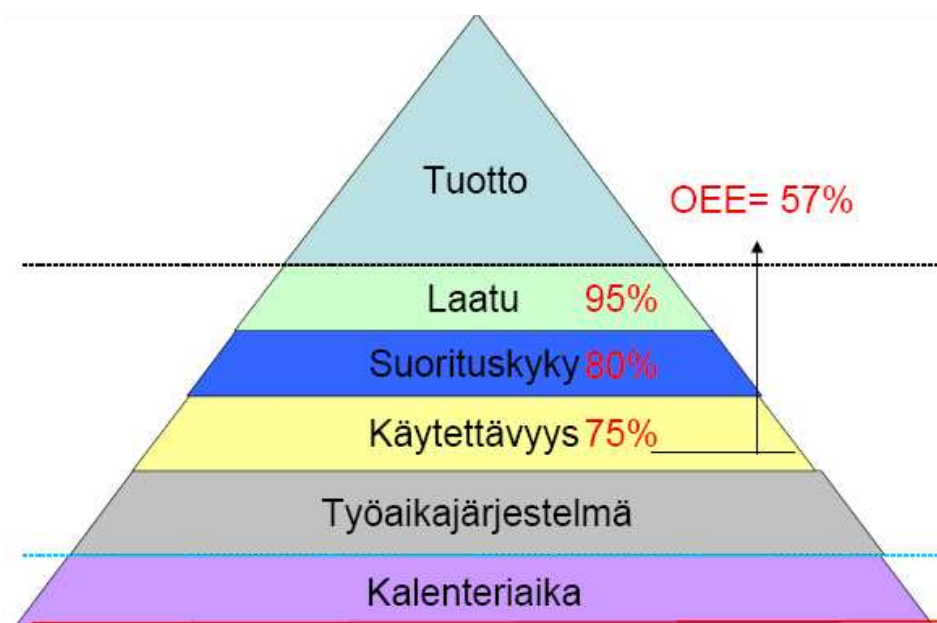
2 KAPASITEETISTA

2.1 Tuotannon kokonaistehokkuus (OEE)

On hyvin yleistä vertailla laitteiden ja tuotannon kyvykkyyttä OEE⁸ luvulla. Siitä ovat kiinnostuneita asiakkaat ja sitä vaaditaan laitetoimittajilta. OEE-luku ei ole kuitenkaan yksiselitteinen johtuen usean erilaisen osatekijän tulosta. OEE-luku lasketaan kaavasta (2).

$$(2) \quad \text{OEE \%} = \text{Käytettävyys \%} * \text{Suorituskyky \%} * \text{Laaduntuottokyky \%}$$

Jos laitteen tuotto on vuositasolla 50 %, niin ymmärrämme, että laite tuottaa laskennallisesta maksimikapasiteetista puolet. Kysymykseksi jää, mihin on toinen puolikas hävinnyt. Tähän kysymykseen antaa hyvin havainnollisen vastauksen kuvio 5. Kokonaistuottoon vuositasolla vaikuttaa viikoittainen suunniteltu työaika ja tuotantoviikot vuodessa (= työaikajärjestelmä), sekä OEE.



Kuvio 5. Työaikajärjestelmän ja OEE:n vaikutus tuottoon (Brunfeldt 2010, muokattu).

⁸ OEE = Overall Equipment Effectiveness

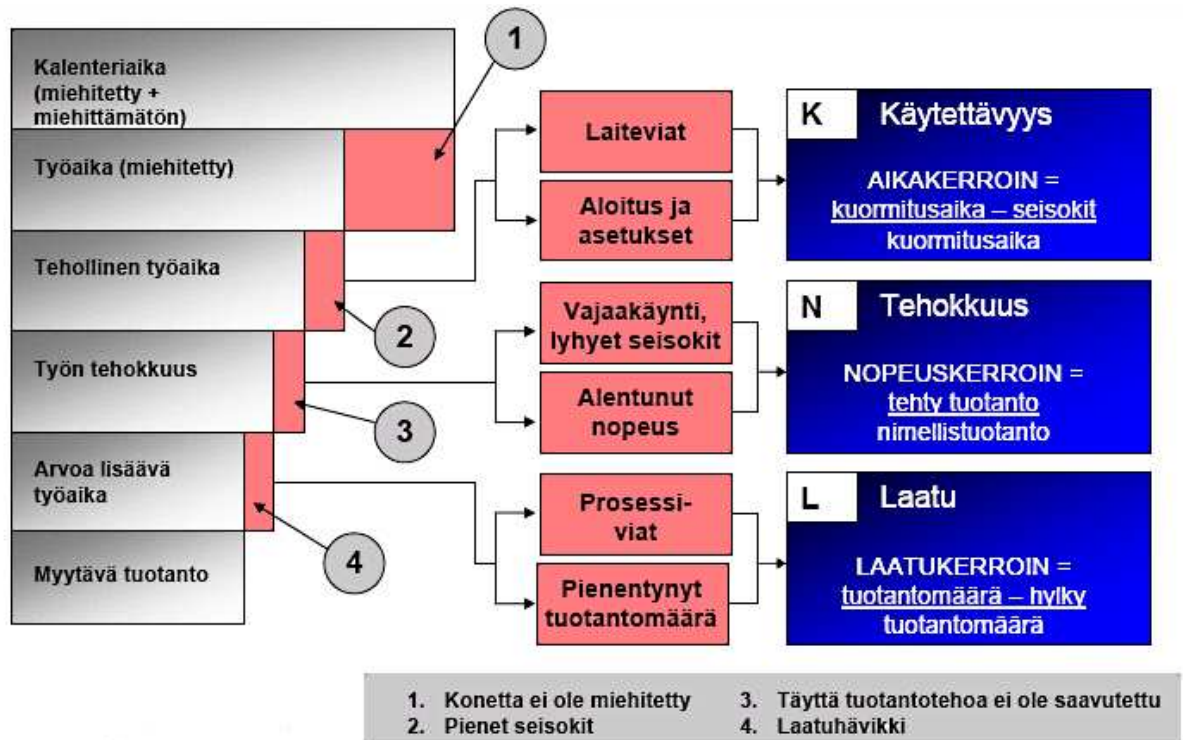
OEE-lukuun sisältyvä tieto täytyy kerätä eri lähteistä. Keräys on järjestetty yrityksissä eri tavoin, riippuen yritysten käytössä olevista tietojärjestelmistä. ”Kerätty tieto on huonoa tai vielä huonompaa ja laitteiden historiatieto on kerätty miten kerätty, joten on parasta verrata vain OEE-luvun muutosta” (Pernu 2010a).

Tällä Pernu (2010a) tarkoittaa sitä, että kerätty tieto, jota laskentaan käytetään, on usein puutteellista, mutta jos sitä käytetään yrityksen sisällä samalla tavalla, niin se antaa suunnan, mihin tehokkuudessa ollaan menossa. Luvun muutos kertoo, ovatko kehitystoimet olleet riittäviä vai ollaanko luisumassa tehottomampaan suuntaan.

Tuotannon kokonaistehokkuudelle on siis vaikeaa määritellä yleispäteviä arvoja eri teollisuudenalojen ja jopa yrityksen eri yksiköiden välisestä erilaisuudesta johtuen. Kokonaistehokkuusarvojen keskinäistä vertailua vaikeuttaa se, että eri osatekijät voidaan laskea usealla eri tavalla riippuen laskelman tekijästä, lähtötiedoista, sekä siitä, kuinka eri osatekijät on laskettu. Etenkin käytettävyys voidaan laskea hyvin monella eri tavalla. (Nopanen & Piispa 2007, 10.)

2.1.1 Käytettävyys, suorituskyky ja laaduntuottokyky

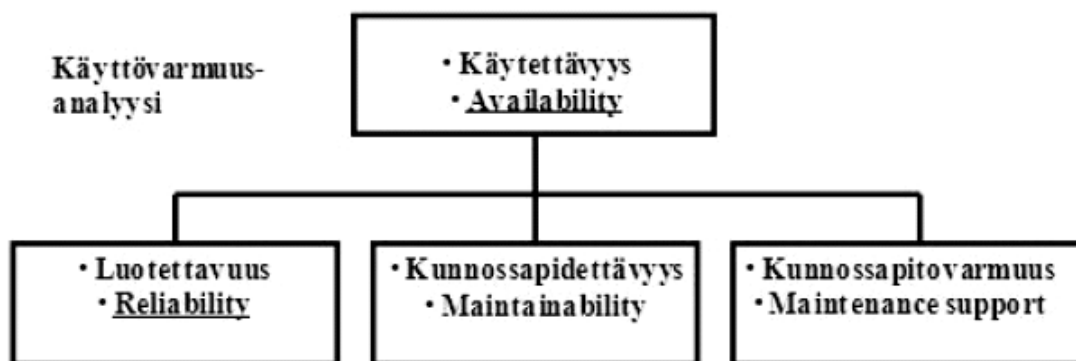
Käytettävyyshävikit jakautuvat toimintahäiriöistä johtuviin seisokkeihin ja tuotantoajan menetykseen, sekä laitteiston asetus- ja säätötoimiin tuotevaihdon vuoksi. Toiminta-astehävikit johtuvat tyhjäkäynnistä ja pienien vikojen (häiriöiden) aiheuttamista lyhyistä seisokeista, sekä alentuneesta ajonopeudesta. Laatuhävikit johtuvat tuotantolinjan aiheuttamista laaturvirheistä, sekä käynnistyksen aikana syntyvistä virheellisistä tuotteista. (Nopanen & Piispa, 2007, 9.) Kuviossa 6 käy selville OEE:n osatekijöiden (Suomeksi KNL) laskukaavat.



Kuvio 6. Käytettävyys, suorituskyky (tehokkuus) ja laatu (Järviö 2004, 5). Järviö on käyttänyt sanaa tehokkuus kuvaamaan suorituskykykerrointa.

2.1.2 Käyttövarmuus

OEE-luku pitää sisällään myös laitteiston käyttövarmuuden (Pernu 2010b, 4). Pernu (2010b) on liittänyt käyttövarmuuden käytettävyyden yhdeksi osatekijäksi. Nopanen & Piispa (2007, 9) ovat käytettävyyden osalta käsitelleet tätä toimintahäiriöistä johtuvina seisakkeina ja Järviö (2004, 5) yksinkertaisesti laitevikana (ks. kuvio 6). (2010b) Pernu on käsitellyt asiaa kunnossapidon kannalta: kuinka usein laite vikaantuu, kuinka vika saadaan paikallistettua ja korjattua, sekä mikä on huollon kyvykkyys. Kuviosta 7 ilmenee käytettävyyteen vaikuttavat käyttövarmuuden osatekijät. Liitteessä 2 on eritelty yksityiskohtaisemmin käyttövarmuuteen vaikuttavia asioita. Näemme, että pelkästään yksinkertaiselta näyttävän laitevian aiheuttama seisokkiaika on monen osatekijän summa. Laiteviat ja niistä johtuva käyttövarmuus ovat vain osa käytettävyyteen vaikuttavia seikkoja, kuten kuvio 6 ilmenee.



Kuvio 7. Käytettävyyteen vaikuttavat käyttövarmuuden osatekijät (Pernu 2010b, 4).

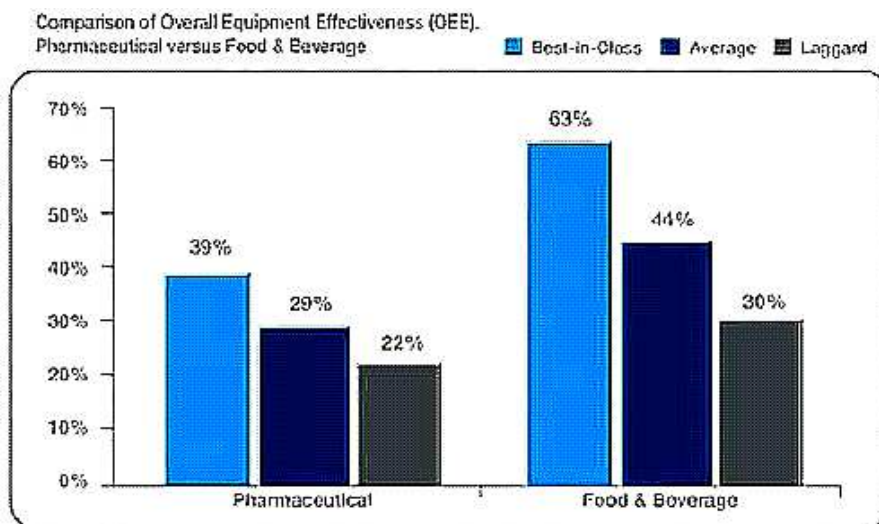
2.2 Lääketeollisuuden OEE

Yritys Solarsoft (2011) on tehnyt keväällä 2007 maailmanlaajuisen tutkimuksen 50 lääkketeollisuuden valmistajan tehokkuudesta. Merkittävimmät löydöt ovat seuraavanlaisia:

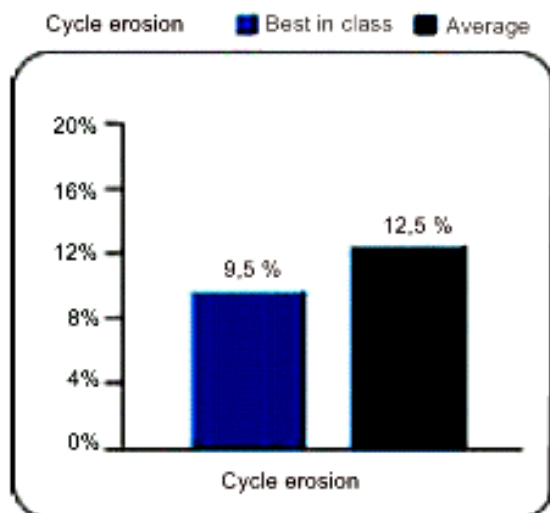
- Parhaat valmistajat saavuttivat 87 % suuremman käytettävyyden kuin tehottomimmat yritykset.
- Parhaat valmistajat menettävät tuottoa erilaisten vaihtoaikojen vuoksi (esim. raaka-aine- tai tuotevaihto) neljä kertaa vähemmän kuin tehottomimmat yritykset.
- Laiterikot ovat pienentäneet tuottoa merkittävästi. Parhailla valmistajilla menetys on 7 % ja tehottomimmilla 26 %.

Lääkketeollisuuden OEE on merkittävästi alhaisempi kuin muilla valmistavilla yrityksillä. Solarsoftin (2011) mukaan lääkketeollisuuden ongelmana on käytettävyys. Kuviosta 8 käy selville, että vain parhaat lääkketeollisuuden yritykset yltyvät tehokkuudessaan ainoastaan huonoimpien elintarviketeollisuuden yritysten edelle. (Solarsoft 2011, 2.)

Jaksonajan kasvu eli nopeuden hidastuminen on merkittävä ongelma. Hidastumisen johdosta parhaat lääketeollisuuden yritykset menettävät tuotosta 9,5 % ja keskivertotekijät 12,5 % (kuvio 9). Kuitenkin parhailla elintarviketeollisuuden yrityksillä menetykset ovat vain 3,5 %. Nopeuskertoimeen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lyhyet pysähdykset, hidastukset, kiihdytykset ja asetettu nopeus, sekä työntekijöiden väsyminen ja motivaatio. (Solarsoft 2011, 2.)



Kuvio 8. Lääketeollisuuden ja elintarviketeollisuuden OEE vertailua (Solarsoft 2011, 2).



Kuvio 9. Nopeuskertoimen (suorituskyvyn) pieneneminen parhaissa ja keskimääräisissä lääketeollisuuden yrityksissä (tumma tolppa) (Solarsoft 2011, 2).

2.3 Medisize ja OEE

Medisizen asiakkaat ovat lääketeollisuudesta ja yritykseen heijastuvat asiakaidensa toimintatavat ja viranomaisten⁹ vaatimukset. Myös Medisizella mitataan kokoonpanolinjojen OEE:ta kuukausikohtaisesti. Epävarmuustekijät historiatietojen keräyksessä ovat ongelmana myös Medisizella. Tästä syystä tässä työssä käsitellään yksinkertaista prosenttilukua, joka lasketaan kaavasta (3). Laskentaan ei tarvitse erotella käytettävyyttä, suorituskykyä, eikä laaduntuotto-kykyä. Tämä voidaan laskea helposti halutulle aikajaksolle valmistettujen tuotteiden perusteella. Työnjohto seuraa valmistuneiden tuotteiden määrää vuoro-kohtaisesti.

$$(3) \quad \text{OEE \%} = \text{Tehdyt kokoonpanot} / \text{Teor. maksimituotto} * 100 \%$$

2.4 Solarsoftin toimenpidesuosituksia

Huonoimpien ja keskimääräisten valmistajien tulisi Solarsoftin (2011) mukaan:

- Lisätä ymmärrystä ja näkyvyyttä hävikkien syistä.
- Mitata säännöllisesti prosessimuutosten vaikutusta tulostuloksiin.
- Luoda nopean reagoinnin prosessi tulostuloksiin kääntyessä punaiselle.

Parhaat yritykset ovat saavuttaneet kilpailukyyn suunnitelmallisella aloitteellisuudella. Nämä yritykset saavuttavat enemmän ja enemmän tietojen ja osaamisen karttuessa. Tulostulokset kapuavat ylöspäin, organisaation aloitekyky kasvaa ja yrityksestä kehitty entistä joustavampi. (Solarsoft 2011, 2.)

⁹ Mm. Suomessa Valvira ja USA:ssa FDA

3 TOIMINNAN LAADUN KEHITTÄMINEN

Toiminnan laadun kehitystyön tavoitteena on virheiden vähentäminen (kuvio 10). Yleensä toiminnan laadulla tarkoitetaan tuotteiden valmistuksen taloudellisuutta ja virheettömyyttä. Toisaalta toiminnan laatu voi koskea kaikkea yrityksen toimintaan liittyvää työtä riippumatta työn vaikutuksesta tuotteen laatuun. Tällöin virheeksi katsotaan kaikki turha työ, jota tehdään työtehtävän suoritusvaatimusten ulkopuolella. (Salminen 1990, 13.)



Kuvio 10. Nollavirheajattelun periaate (Salminen 1990, 14).

3.1 Kehittämisen vaikeudet, sopeutumisilmiö

Ihmiset hyväksyvät ajan mittaan vallitsevan tilanteen. Tätä sopeutumisilmiötä pidetään kehittämisen suurimpana esteenä. Sopeutuminen johtaa välinpitämättömyyteen ja itseohjautuvuuteen. Toiminnan tavoitteet hämärtyvät ja toiminta alkaa rönsyillä. Sopeutumista tapahtuu aina, kun toimintaprosessit jätetään vaille riittävää ohjausta. Sopeutuminen johtuu ennen kaikkea voimattomuuden tunteesta. Sopeutumisilmiötä tukevat seuraavat seikat:

- Kehittämisvastuu on epämääräistä, koska useat toiminnot jakavat vastuun ja vastuuhenkilöt ovat korkealla hierarkiassa.
- Organisaatiossa on tiukka tehtävänkuva-ajattelu.
- Toiminnan ohjaus on puutteellista.
- Poikkeamien poistamista ei pidetä tarpeellisena tai mahdollisena, vaan poikkeamat nähdään luonnollisena osana työprosesseja.
- Toimintaympäristöstä puuttuu konkreettinen tuote, jonka virheet ovat helposti osoitettavissa.
- Ongelmat henkilöityvät aiheuttaen kiistatilanteita ja selityksiä.
- Turhan työn mittaaminen synnyttää suojeluajattelua. (Salminen 1990, 18–19.)

3.2 Kuinka kehittämisvaikeudet voitetaan?

Kehitystyön organisointi on avainasemassa. Ylimmän johdon on valvottava ja edellytettävä tuloksia. Mukaan on saatava ihmisiä, jotka käytännössä hoitavat kehitystyön kohteena olevia tehtäviä. Heillä on tieto asioiden oikeasta tilasta ja samalla saavutetaan parempi sitoutuminen kehitystyön eteenpäin viemiseksi. Mielenkiinto on suunnattava kehitettävään asiaan selkeällä tavoiteasettelulla ja motivoinnilla. Näin kehityksen kannalta negatiivinen suojelu jää vähäisemmäksi. Muita huomioon otettavia asioita ovat:

- Kehitystyö on ohjattava nopeasti konkreettisiin kohteisiin, joissa asioiden käsittely perustuu tosiasioihin ja parantaminen johtaa tuloksiin.
- Ensimmäiset vastoinkäymiset ja ajan puute eivät saa pysäyttää kehitystyötä.
- On varmistettava, että kehitystyö on johdonmukaista ja tuloksilla on merkitystä. Tarvittaessa koulutetaan.
- On varmistettava kehitystyön tulosten pysyvyys. Uudet toimintatavat otetaan nopeasti käyttöön ja seurantaan.

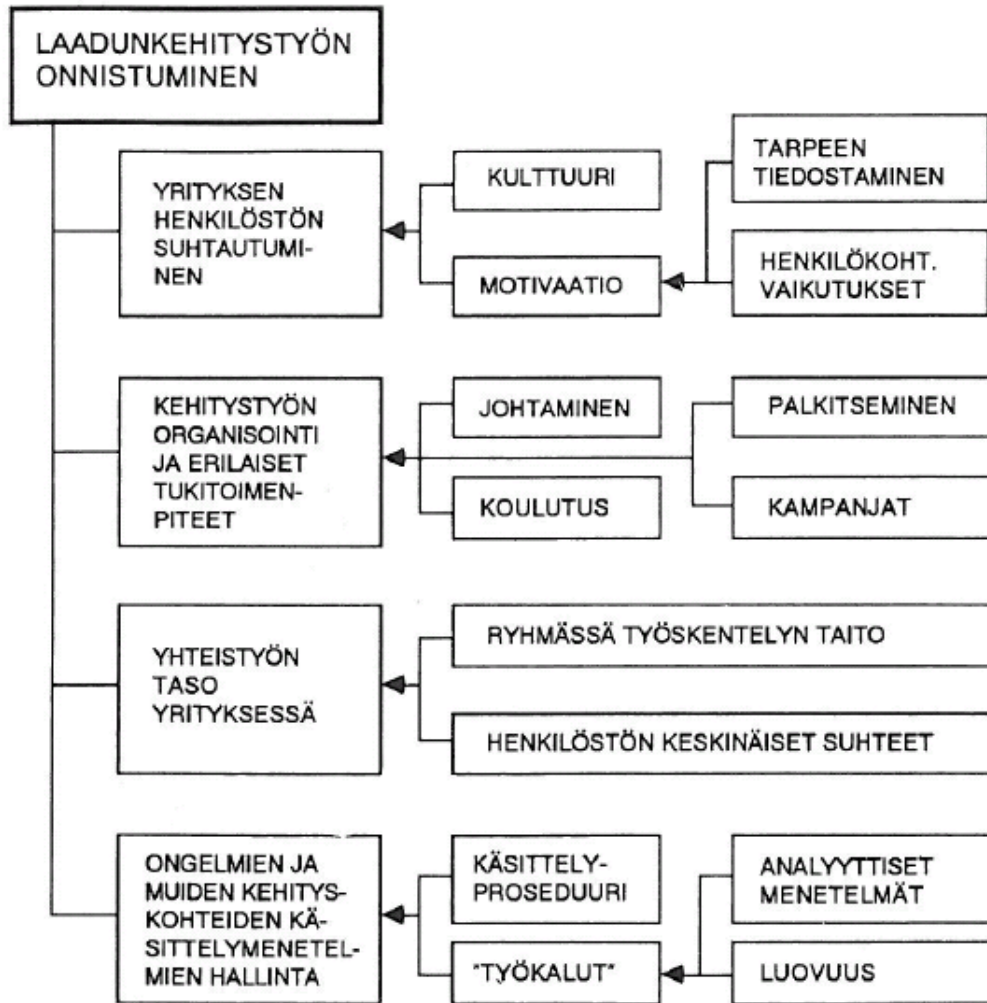
- Tehdään jatkuvasta, pienin askelin tapahtuvasta kehittämisestä jatkuva toimintatapa.
- Tulokset eivät saa johtaa ihmisten pettymiseen, vaan suurin osa hyödystä on käytettävä tulevaisuuden rakentamiseen. (Salminen 1990, 55–56.)

Kehitystyön suunnittelussa ja toteuttamisessa on tärkeää ymmärtää kehitystyön onnistumiseen vaikuttavat seikat. Tärkeimpänä näistä on yrityksen henkilöstön suhtautuminen kehitystyöhön, kehitystyönorganisointi, yhteistyön laatu ja kehitystyössä käyttökelpoisten menettelytapojen osaaminen. (Salminen 1990, 62.)

Henkilöstön suhtautumiseen vaikuttavat mm. seuraavat seikat:

- Minkälainen on yleinen suhtautuminen kehitykseen, kulttuuri.
- Kuinka tarpeellisena yksittäinen kehityshanke koetaan (tarpeen perustelu on ratkaisevampaa kuin kulttuuri).
- Yksittäisen henkilön kokemus muutoksen tarpeellisuudesta, vaikutuksesta työtehtäviin, asemaan.
- Minkälainen on valittu muutosstrategia. (Salminen 1990, 62.)

Kuviosta 11 nähdään tiivistettynä kehitystyön onnistumiseen vaikuttavia seikkoja. Näyttää siltä, että perusta jonka päälle projekti rakennetaan, on erilainen jokaisessa yksittäisessä yrityksessä.



Kuvio 11. Laadun kehitystyön onnistumiseen vaikuttavat seikat (Salminen 1990, 63).

3.3 Toiminnan kehittäminen ongelmanratkaisun avulla

Laatuongelmien ratkaisussa pyritään syy-seuraussuhteen tarkastelulla löytämään ja poistamaan ongelmien todelliset syyt. Samalla tosiasioihin ja numeeriseen tietoon perustuvalla ongelmanratkaisulla vältetään vääriä kuvitelmia ja uskomuksia, jotka hidastavat kehitysprosessia. Ongelmanratkaisun hallinta on ammattitaitoa ja tätä käyttämällä muukin ammattitaito lisääntyy tosiasioihin perustuvan tiedon lisääntyessä. Näin opitaan tuntemaan tarkasteltavan kohteen luonne. Ongelmatilanteessa toimenpiteet suunnataan todellisiin syihin ja estetään niiden uusiutuminen. (Salminen 1990, 66.)

Syiden etsinnässä käytetään hyväksi vaiheistettua menetelmää:

- Osoitetaan, että ongelma on tärkeä.
- Tutkitaan ongelmaa useasta näkökulmasta, jotta ymmärretään sen luonne (aika, paikka, tyyppi ja ilmenemismuoto). Syihin ei vielä puututa.
- Analysoidaan ongelmaa kaksijakoisesti. Tehdään oletus pääsyyistä ja toisessa vaiheessa oletus todistetaan vääräksi tai oikeaksi.
- Tehdään toimenpiteitä ongelman syiden poistamiseksi tai ongelman lieventämiseksi.
- Tarkastetaan toimenpiteiden tehokkuus.
- Standardoidaan. Syntyy uusia ohjeita, menettelytapoja ja ajattelua.
- Tehdään yhteenveto tilanteesta ja jäljelle jäävistä ongelmista.
- Usein prosessi ei etene täysin edellä esitetyllä tavalla. Tarkastellaan toimintatapoja ongelmanratkaisuprosessin kehittämiseksi. (Salminen 1990, 66–70.)

”Ongelmat eivät ole kenenkään syytä, vaan ne johtuvat asioiden epätäydellisestä tilasta ja yhteisvastuullisesta pätemättömyydestä” (Salminen 1990, 70).

3.3.1 STQ-prosessi

STQ-prosessi on kehitetty Medisizen tarpeisiin sekä raportoinnin että ongelmanratkaisun välineeksi Six Sigma-prosessin pohjalta. Six Sigma-ongelmanratkaisumenetelmällä pyritään pienten muutosten sijaan kerralla suurempaan muutokseen. Liitteessä 3 on esitelty Six Sigman pääperiaatteet.

Tämän opinnäytetyön ongelman käsittelyssä päätettiin käyttää hyväksi havaitun STQ-prosessin runkoa muistilistana ja ideointivälineenä. STQ-prosessiin kuuluu olennaisena osana mittausmenetelmän luonti, jonka avulla olemassa olevaa

prosessia voidaan tutkia ja havainnoida yksityiskohtaisesti. Tällä tavalla voidaan saada tärkeää tietoa nykytilan kohentamiseen ja jatkuvaan havainnointiin syöttöprosessin tilasta. Saadun tiedon perusteella voidaan laatia ohjeita, kouluttaa opittuja asioita ja kehittää toimintaa paremmaksi. Parhaimmassa tapauksessa opittuja asioita voidaan siirtää yrityksen sisällä toisten tuotteiden kokoonpanolaitteisiin ja niitä käyttävälle ja huoltavalle henkilökunnalle. Mahdollisuuksien mukaan opittua voidaan käyttää myös kokoonpanolaitteiden ostospesifikaation, URS:n¹⁰, määrittelyyn hankintaprosessin tukena.

4 TÄRYTTÄVÄT SYÖTTÖLAITTEET

4.1 Yleistä

Useimmiten kokoonpantavat osat saapuvat tuotantoon sekaisin laatikoissa tai pusseissa, ellei ole olemassa jotakin erityisyyttä, kuten pelkoa naarmuuntumisesta tai särkymisestä, jolloin osa on voitu asentaa valmiiksi tiettyyn asentoon esimerkiksi pakkausalustalle. Tällöin komponentti on mahdollista poimia tietyistä asennosta kokoonpanokoneelle. Useimmiten ei ole mahdollista, eikä järkevääkään valmistaa komponentteja kokoonpanokoneen yhteydessä. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi:

- Komponenttien valmistuksessa ja kokoonpanossa on erilainen valmistusnopeus.
- Komponentit on ostettu muualta.
- Komponentit joudutaan valmistamaan muualla, mikä johtuu käytettävästä teknologiasta ja osaamisesta. (Riley 1996, 101.)

Edellisten syiden lisäksi on pidettävä mielessä komponentin valmistusprosessin luotettavuus verrattuna kokoonpanoprosessin luotettavuuteen. On otettava

¹⁰ URS = User Requirement Specification

huomioon, kuinka suurta makasiinia on mahdollista käyttää asetusajkojen ja häiriöiden kompensointiin. Komponenttien valmistusprosessista ei saa syntyä kokoonpanoprosessin ”pullonkaulaa”, joka heikentää lopputuotteen valmistuksen OEE:tä.

4.2 Täryttävien syöttölaitteiden toimintaperiaatteista

Tärymaljat, lineaarit ja muut täryttävät laitteet ovat kokoonpanolaitteiston työhevosiä. On vain harvoja kokoonpanoprosesseja, joissa niitä ei käytetä. Ongelmana kuitenkin on, että suorituskyky on useimmiten alle määritetyn tason. Tämä johtuu siitä, että täryttävien syöttölaitteiden toimintaperiaatteita ei tunneta niiden yksinkertaisuudesta huolimatta. Yksinkertaisin tapa on ajatella maljatyön osia, alustaa, jousia ja maljaa, ylösalaisin seisovaksi heiluriksi. (Henry 2008.)

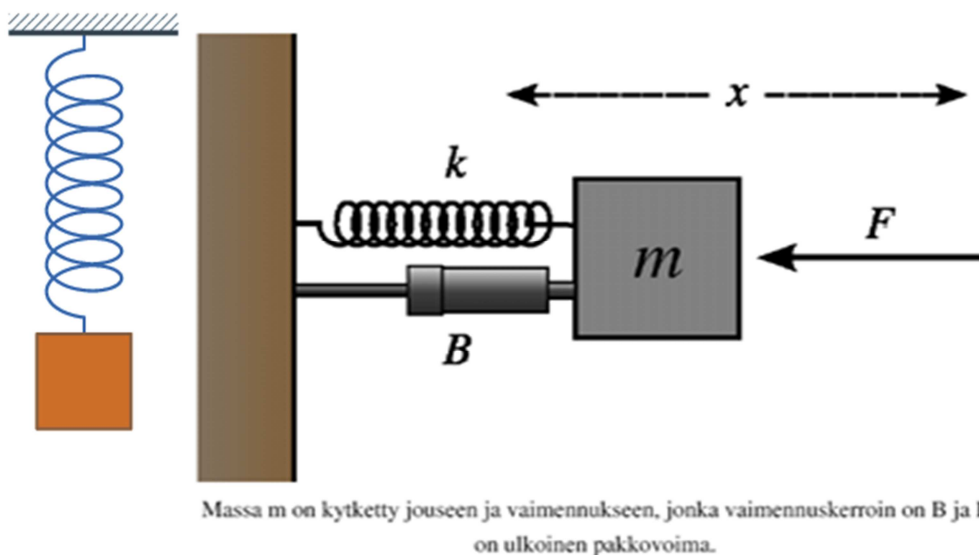
4.2.1 Värähtely

Aluksi halusin ottaa tarkasteluun, mitä Henry (2008) tarkoittaa heilurivertauksellaan. Tarkastelemme asiaa tarkemmin erilaisten värähtelysystemien kautta.

Vaimenemattomassa harmonisessa värähtelijässä kappaleeseen vaikuttaa harmoninen voima. Kitkaton jousimassasysteemi (kuvio 12) ja kitkaton heiluri ovat hyviä esimerkkejä vaimenemattomasta harmonisesta värähtelijästä. Tätä kutsutaan myös ideaaliseksi harmoniseksi värähtelijäksi, koska mukana ei ole värähtelyä vaimentavaa kitkavoimaa. Tällaisella värähtelijällä on vakio amplitudi ja taajuus. (Wikipedia 2011.)

Värähtelevään systeemiin vaikuttaa käytännössä kitkavoimia ja tämän seurauksena liike ei jatku ikuisesti, vaan vaimenee ajan kuluessa. Tällaista systeemiä kutsutaan vaimennetuksi harmoniseksi värähtelijäksi. (Wikipedia 2011.)

Vaimennetun harmonisen värähtelijän ulkopuolelta tuotavalla voimalla voidaan vaimeneminen, amplitudin pieneneminen, estää. Tällaista systeemiä kutsutaan vaimennetuksi ja pakotetuksi harmoniseksi värähtelijäksi (kuvio 12). (Wikipedia 2011.)



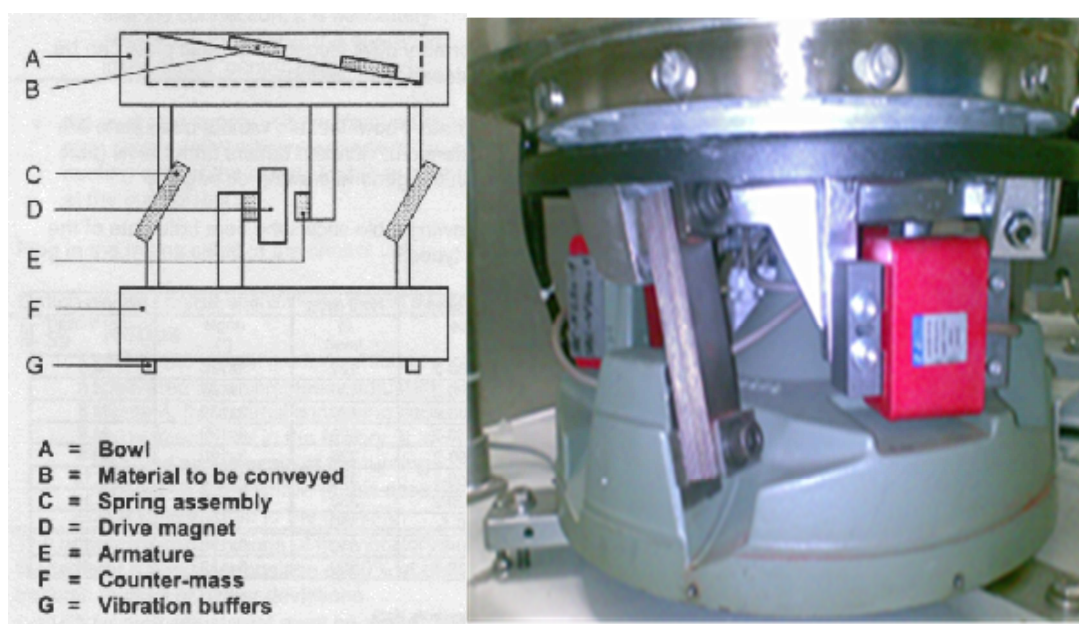
Kuvio 12. Vaimentamaton harmoninen värähtelijä (vasen), sekä vaimennettu ja pakotettu harmoninen värähtelijä (Wikipedia 2011, muokattu).

4.2.2 Värähtelyn tuotto täryttävissä toimilaitteissa

Täryttävät syöttölaitteet toimivat vaimennetun ja pakotetun harmonisen värähtelijän tapaan. Harmonisella värähtelijällä on systeemille ominainen taajuus, mikä tarkoittaa samaa jaksonaikaa riippumatta iskun pituudesta, amplitudista (Henry 2008). Vaimentuvassa harmonisessa värähtelijässä amplitudi pienenee ajan kuluessa, mutta taajuus pysyy samana, kunnes värähtely loppuu kokonaan.

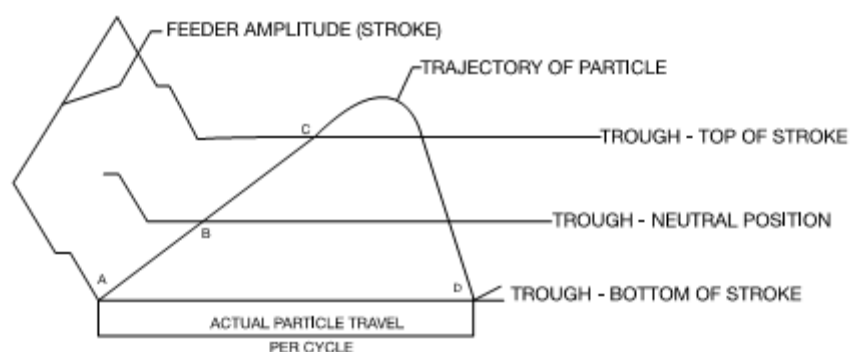
Yleensä täryttävien syöttölaitteiden taajuus on kiinteä. Suurimmassa osassa täryttävistä syöttölaitteista on käyttövoimana vaihtovirtamagneetit tai -solenoidit, jotka jännittävät ja vapauttavat jouset sähköverkon taajuuden mukaan (kuva 1). 50 Hertzin taajuus tarkoittaa normaalisti 100 vapautusta sekunnissa. Systemin ulkopuolinen kitkoja kompensoiva voima on ajoitettava oikein, aivan kuin lasta kiikutettaessa. Systemin ominaistaajuuden on oltava sama kuin ulkopuolisten

voimaimpulssien taajuus. Jos voimaimpulssi tuodaan liian myöhään tai aikaisin, niin silloin komponenttien syöttönopeus pienenee ja pomppiminen lisääntyy vaikeuttaen oikeaa suuntaamista, energiaa kuluu tarpeettomasti ja toimilaitteet ylikuumenevat, sekä melu lisääntyy. Jos syöttösystemin ja voimaimpulssien taajuus on sama ja samanaikainen, niin silloin systeemi on viritetty oikein. Ellei systeemi ole vireessä, niin systeemin taajuutta voidaan muuttaa massaa tai jousia lisäämällä tai vähentämällä. Voimaimpulssien taajuuteen voidaan vaikuttaa mm. taajuusmuuttajalla. (Henry 2008.)



Kuva 1. Vasemmalla tärymaljan rakenne, jossa näkyy tärymalja ja täryttävät komponentit (A, B), jouset (C), sähkömagneetti ja ankkuri (D,E), runko (F) ja vaimentimet (G) (Rhein-Nadel Automation GmbH 2004, 4). Oikealla on tärymaljan mekanismi kuoret poistettuna.

Pelkkä värähtely ei riitä kuljettamaan kappaleita eteenpäin, vaan värähtely on suunnattava oikein. Jouset asetetaan tiettyyn kulmaan, jolloin värähtelyliike heittää komponentit ylös ja eteenpäin. Kun komponentit ovat vielä ilmassa, niin tärymalja on palannut alkuasentoon. Komponentit putoavat pystysuoraan alas, mutta edemmäs radalla. Tällä "sahanteräliikkeellä" (kuvio 13) komponentit etenevät hellävaraisesti ja nopeasti. (Henry 2008.)



Kuvio 13. Sahanteräliikkeessä tärymaljan pinta liikkuu A:sta C:hen. Komponentti jättää pinnan kohdassa B pudoten takaisin pinnalle kohdassa D (Eriez Magnetics 2007, 4).

Värähtelyn lähteeksi on kehitelty muunkinlaisia ratkaisuja, kuten pietso-tekniikkaan perustuvia syöttölaitteita. Ne ovat tarkoitettu lähinnä pienien ja keveiden komponenttien kuljettamiseen. Näissä laitteissa värähtelytaajuus on suuri amplitudin ollessa pieni. Tällaisia syöttölaitteita ei ole kuitenkaan käytössä käsiteltävässä kokoonpanolinjassa.

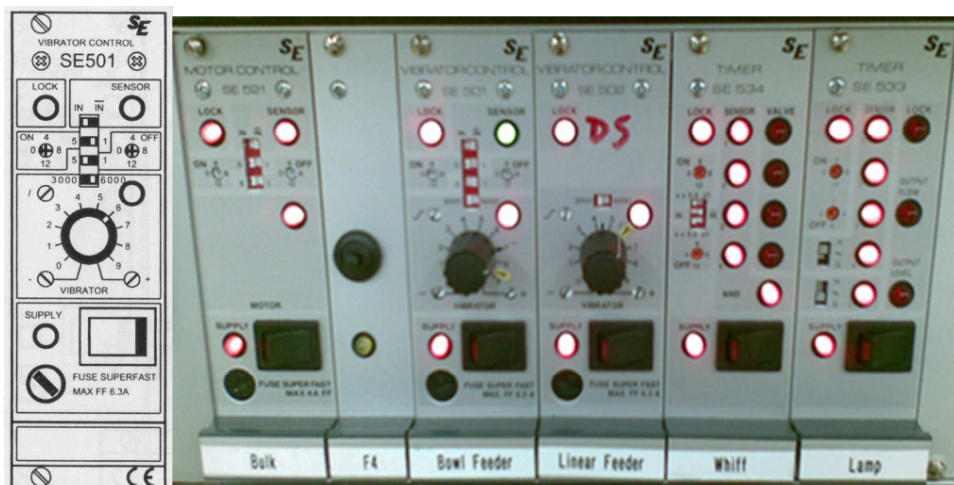
4.2.3 Värähtelyn säädöstä

Malja- ja lineaaritäry ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin samanlaisia. Maljatäryn värinä on edestakaista liikettä keskiakselinsa ympäri, mutta lineaaritäryillä suoraan eteenpäin.

Eri valmistajilla on käytössä erilaisia säätimiä täryttävälle syöttölaitteille. Säätimissä on mm. mahdollisuus valita, onko värähtelytaajuus 3000 vai 6000 (täyden- tai puolen aallon pituus) värähdystä minuutissa 50 Hz:n sähköverkossa. Lisäksi käytössä on pehmytkäynnistimiä ja -pysäyttimiä, sekä erilaisia mahdollisuuksia lukita toimintoja ja asettaa toimintarajoja. Lisäksi voi olla ohjattu solenoidi esim. ilmapuhallusta varten. Ominaisuudet ja monipuolisuus vaihtelevat valmistajien mukaan. Edistyneemmissä säätimissä voi olla lisäksi taajuuden säätö ja mittausmahdollisuus amplitudille.

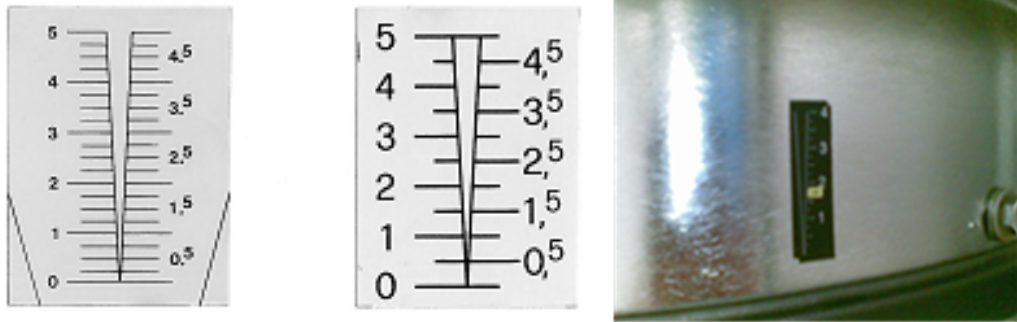
Linearijohteiden perussäädöissä on asetettava myös sähkömagneetin kulma massakeskipisteen mukaan, jotta värähtely saadaan mahdollisimman samanlaiseksi koko lineaarin alueella. Väärä kulma voi aiheuttaa komponenttien erilaista käyttäytymistä erityisesti lineaarin alku- ja loppupäässä, mutta myös muilla alueilla. Lineaarin on oltava myös riittävän jäykkä tai muuten sähkömagneetin kulman säätö ja massakeskipisteen muutos eivät poista ongelmia. Tällöin lineaaria joudutaan mahdollisesti jäykistämään. Kun lineaari- ja ohjausrakennelmat on rakennettu ja lopullinen massa saavutettu niin silloin tehdään viimeinen säätö oikeaan ominaistajuuteen. (Rhein-Nadel Automation GmbH 2006a, 7-13.)

Merkittävin ominaisuus perussäätimissä on kuitenkin iskunpituuden, amplitudin, säätö. Itse asiassa tämä on ainoa ominaisuus, mitä käyttäjät voivat normaalisti säätää. Säätö tapahtuu potentiometrillä jännitettä muuttamalla. Käsiteltävässä kokoonpanolinjassa on tällaiset säätimet (kuva 2).



Kuva 2. Värähtelysäädin (HSH Handling Systems AG. 2008) ja säädin asennustelineessä, jossa on säätimet säiliövaraston hihnamootorille, malja- ja lineaaritärylle, sekä ajastimet ilmapuhalluksille, lineaarien ruuhkarajoille ja tärymaljan täytölle.

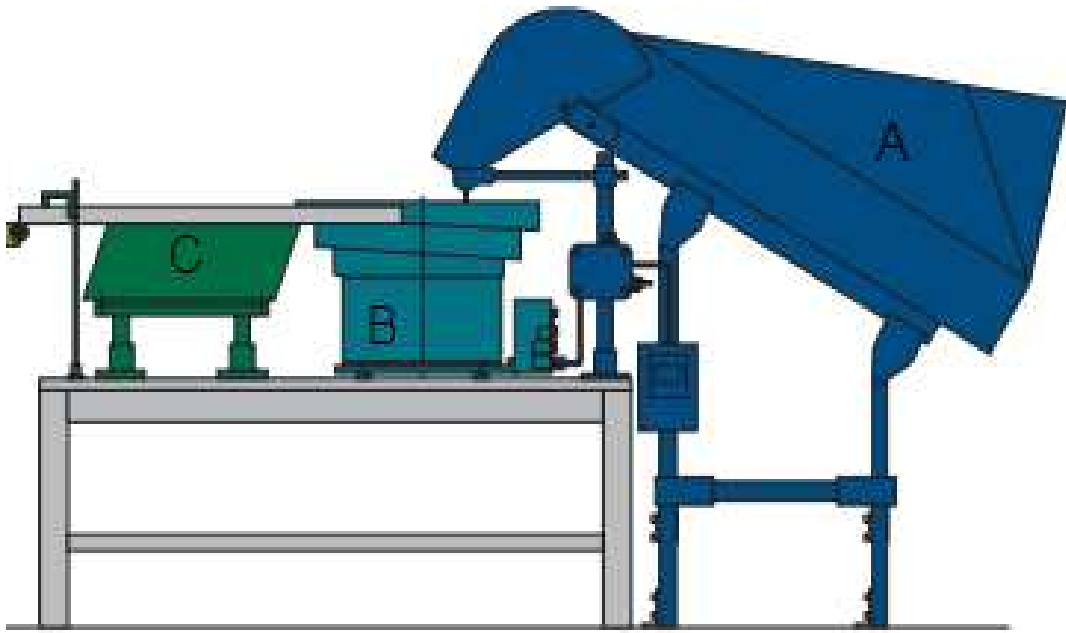
Syöttölaitteet on viritetty ja amplitudi esiasetettu jo syöttölaitteita valmistavalla tehtaalla. Tärymaljoihin tai lineaareihin saattaa olla kiinnitetty yksinkertaiset, kuvan 3 kaltaiset amplitudimittarit, joihin on merkitty pienellä merkillä säädetty amplitudi.



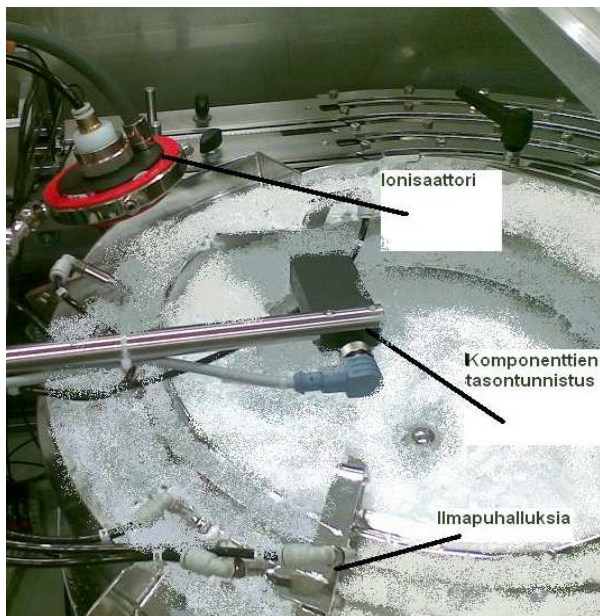
Kuva 3. Visuaalisia amplitudimittareita. Asteikon keskellä oleva V-ura sulkeutuu sitä ylempää, mitä suurempi on amplitudi.

4.2.4 Toimilaitteet syöttöprosessissa

Syöttölaitekokonaisuus koostuu kuvan 4 mukaisesta kokoonpanosta. Komponenttien säilömiseksi on säiliövarasto A, josta komponentit siirtyvät liukuhihnalla maljatyryyn B. Useimmiten ennen maljatyryä on esierottelija, joka annostelee komponentteja maljatyryyn pitäen komponenttimäärän maljatyryssä vakiona. Komponenttimäärää tutkitaan jatkuvasti ulkoisella anturilla, joka antaa signaalin esierottelijalle. Tällä tavoin pyritään pitämään maljatyryn massa ja niin ollen myös ominaisvärähtelytaajuus samana. Näin maljatyryn ominaisuudet, suuntaus ja syöttönopeus, saadaan pysymään mahdollisimman vakiona. Maljatyryn pääasiallisena tehtävänä on suunnata sekaisin olevat komponentit tiettyyn asentoon. Joskus, varsinkin pienien muovisten komponenttien kanssa, voidaan joutua käyttämään apuna ionisoitua ilmaa staattisen sähkövarauksen aiheuttamien ongelmien poistamiseksi (kuva 5).



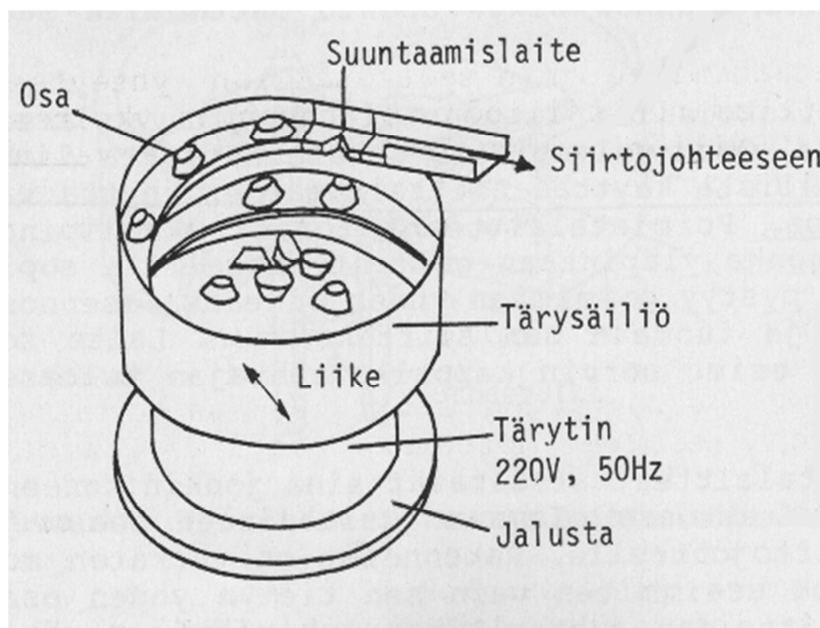
Kuva 4. Syöttölaitekokonaisuus: säiliövarasto A, maljatäry B ja lineaaritäry C (Rhein-Nadel Automation GmbH.2006b, 3, muokattu).



Kuva 5. Tärymalja, jossa on näkyvissä komponenttien tasontunnistus, ionisaattori ja ilmapuhalluksia.

Toimintaperiaatteeltaan suuntaamislaitteet jakautuvat asentovalitsimiin tai kääntölaitteisiin. Asentovalitsimet vain hylkäävät satunnaisesti väärässä asennossa saapuvat komponentit ja pudottavat ne takaisin tärymaljan pohjalle. Kääntölait-

teet hyväksyvät oikeassa asennossa olevat komponentit ja kääntävät väärässä asennossa olevat komponentit oikeaan asentoon. Yleensä asentovalitsimet on sijoitettu tärymaljaan (kuva 6) ja kääntölaitteet siirto- eli lineaarijohteelle. (Fonselius, Laitinen, Pekkola, Suosara & ammattikasvatus-hallitus 1998, 75). Liitteessä 4 on esitelty erilaisia asentovalitsimia joista osaa voi kutsua kääntölaitteiksi.



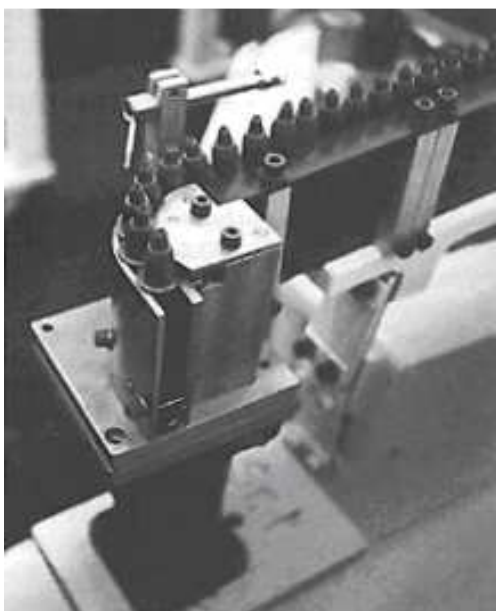
Kuva 6. Tärymaljaan yhdistetty suuntaamislaitte (Fonselius ym. 1988, 74).

Maljatäryltä komponentit siirtyvät täryttävälle lineaarijohteelle (kuva 7). Lineaarijohteen päätarkoitus on siirtää komponentit solulle. Komponentit ovat yleensä jo keskenään samassa asennossa, mutta tarvittaessa väärin päin olevat osat voidaan kääntää oikeaan asentoon. Siirron lisäksi lineaarit toimivat makasiinina tasaamaan syöttöhäiriöiden vaikutusta soluun. Lineaarille on asetettu ns. ruuhkarajat, jotka ohjaavat tärymaljan käyntiä. Jos lineaarilla on tarpeeksi komponentteja, niin tärymaljan toiminta pysähtyy. Kun vajumista tapahtuu alarajalle, niin tärymalja käynnistyy taas uudelleen.



Kuva 7. Täryttävä lineaarijohde (Rhein-Nadel Automation GmbH 2007,1).

Lopulta komponentit saapuvat lineaaritäryn päähän (kuva 8), jossa ne paikoitetaan solulle siirtoa varten. Paikoituksen aikana komponentti voidaan vielä kääntää oikeaan asentoon. Yleensä paikoituksen onnistuminen on varmistettu anturoinnilla, jotta komponentit eivät vahingoitu poimintaprosessin aikana. Tätä vaihetta voidaan pitää syöttöprosessin viimeisenä vaiheena.



Kuva 8. Paikoitettu komponentti lineaarin päässä. Tämä on passiivinen rakenne, jossa ei estettä takana olevien komponenttien aiheuttamaa painetta, eikä osan asentoa voi muuttaa (Riley 1996, 132).

4.3 Kokoonpanolinjan täryttävät syöttölaitteet

Käsiteltävän kokoonpanolinjan täryttävä syöttölaitteisto koostuu 15 maljatärystä, joista komponentit siirretään yhteensä 53 radan kautta kokoonpanosoluille (Kuvio 4).

Tyypillisesti yhdeltä maljatäryltä lähtee neljä rataa vastaten kokoonpanosolun yhtäaikaista kappaleenkäsittelyä. Jos jaksonaika on puolitettu ja kokoonpanosolu käsittelee kahdeksaa komponenttia yhtä aikaa, niin silloin myös tärymaljojen määrä on lisätty yhdestä kahteen. Pääasiallisena syynä lienee maljatäryn rakenne ja koko. Poikkeuksena ovat *Runko* ja *Laakeri*, tilavuudeltaan suurin ja pienin komponentti. *Rungon* tärymaljasta lähtee vain kaksi rataa, joten neljää rataa varten on kaksi tärymaljaa. *Laakerit* syötetään tärymaljasta vain yhtä rataa myöten, vaikka kokoonpano tapahtuu puolinopeudella kahdeksan ”päisenä”.

Tärymaljat ovat yleensä valmistajan omia standardikokoja. Kahdeksan radan erottelu yhdestä maljatärystä lienee hankalampaa, kuin lisätä yksi tärymalja toisen rinnalle. Kaikki maljatäryt ovat valmistettu käsityönä standardimaljojen ympärille ruostumattomasta teräspellistä hitsaamalla.

Riley (1996) mukaan maljojen valmistajat ovat taiteilijoita. He työskentelevät katsellen, analysoiden ja kokeillen. Päämääränä on, että vain oikeassa asennossa olevat osat läpäisevät suuntaamislaitteiden esteradan. (Riley 1996, 126.)

Ruostumattomasta teräksestä koneistetut radat on kiinnitetty ruuvein täryttävien standardilineaarijohteiden päälle. Myös hitsattuja lankarakenteita käytetään, varsinkin siirryttäessä tärymaljalta johteelle. Komponentit voivat roikkua johteesta tai maata johteella pitkällään. Valittu asento riippuu komponentin geometriasta. Radat on peitetty ruostumattomin teräskansin (kuva 9), jotka estävät sekä komponenttien pomppimisen ja kiilautumisen toistensa päälle että komponenttien altistumisen ulkopuolisille epäpuhtauksille.

Lineaarijohteiden päät on rakennettu yksilöllisesti. Näiden toimintaa käsitellään yksityiskohtaisemmin luvuissa 6 ja 7.



Kuva 9. Lineaarijohteet on suojattu pikakiinnitettävillä teräskansilla. Kansien läpinäkyvyys helpottaisi syöttöprosessin seuranta.

Tärymaljat, lineaarijohteet ja lineaarin pään toimilaitteet on erotettu toisistaan ilmapäleihin. Toisin sanoen, ne eivät ole eivätkä saa olla toisiinsa kosketuksessa, vaan ovat toisistaan täältä osin riippumattomia. Ne ovat kuitenkin yhteydessä toisiinsa komponenttijonojen kautta.

4.4 Tuotesuunnittelu – Hopperability

Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi, minkälaisia asioita tulisi ottaa huomioon, kun suunnitellaan täryttäviä syöttölaitteita muovikomponenteille. Tarkoituksena on selvittää mahdollista komponenttien vaikutusta syöttöongelmiin.

Useat akateemiset ja teolliset tutkimukset ovat osoittaneet komponenttien uudelleen suunnittelun yhdeksi keskeisimmäksi tekijäksi parantamaan komponenttien syötön ja siirron luotettavuutta. Uudelleen suunniteltavia asioita ovat mm. komponentin muoto, paino ja ulokkeet, sekä valmistustoleranssit. Englannin kielessä komponenttien syöttöominaisuutta kuvataan sanalla hopperability. (Riley 1996, 33.)

Tuote täytyy suunnitella täysin symmetriseksi tai selvästi epäsymmetriseksi.

Riley (1996) mukaan seuraavat asiat on otettava huomioon:

- Osat täytyy saada järjestettyä samanlaiseen asentoon (ei välttämättä asennusasento).
- On oltava mahdollisuus syöttää komponentteja riittävällä vakionopeudella kokoonpanokoneen jaksonaikaan nähden.
- Komponentit eivät saa jumia suuntaamislaitteisiin, eikä lineaarijohteille. (Riley 1996, 34.)

Symmetrisyys ei yksin takaa edellä mainittuja ominaisuuksia. Esimerkiksi pallon muotoiset tai tietyn mittasuhteen omaavat sylinterimäiset komponentit ovat hankalia käsitellä. Syöttölaitteiden valmistaja tarvitsee ulkopinnalle ”kahvan”, johon tarttua. Kolot, kohoumat ja laipat ovat tällaisia ulokkeita. (Riley 1996, 35.)

Usein kokoonpanolaitteet valmistuvat rinnan muovikomponenttien valmistusvälineiden kanssa, minkä johdosta syöttölaitteiden suunnittelu joudutaan usein aloittamaan vajavaisin tiedoin ja prototyypikomponenteilla. Tästä syystä jo tuote- ja muottisuunnittelussa on pystyttävä ottamaan huomioon komponentin jakotasojen, syöttöpisteiden ja pesänumeroiden paikat siten, että ne eivät haittaa syöttölaitteiden toimintaa, painottaa Riley (1996). (Riley 1996, 35.)

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Mittaaminen

Oletetaan, että syöttölaitteet vaikuttavat sekä OEE:n nopeuskertoimeen että käytettävyyteen. Lisäksi syöttölaitteista johtuva epätasainen käynti voi johtaa myös laatuhävikkiin. Tällöin kaikki kokonaistehokkuuteen vaikuttavat asiat toteutuvat.

Syöttölaitehäiriöt, jotka pysäyttävät solun hetkellisesti, osien odotusajaksi, ovat selvästi tehokkuutta eli nopeutta alentavia häiriöitä. Pääsääntöisesti solut odottavat osia 15 sekuntia, ennen kuin menevät häiriöön. Jos osa kuitenkin saapuu

paikalle häiriöajan kuluessa, solu jatkaa käyntiään automaattisesti. Häiriöön mennyt solu täytyy "kuitata" käyntiin.

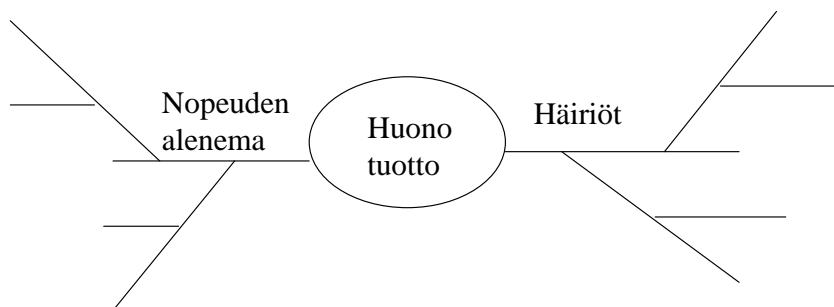
Solun kokonaan pysäyttävät häiriöt lasketaan joko nopeutta alentaviin häiriöihin, tai käynnistysviiveen kasvaessa käytettävyyteen vaikuttaviin häiriöihin. Yleensä alle viisi minuuttia kestävät häiriöt tai häiriöt, joihin ei tarvita huoltomiestä, ajatellaan vaikuttavan nopeuteen ja niin ollen tehokkuuskertoimeen N (VorneTM, 2010).

Alkuperäisenä ajatuksena oli rakentaa mittausjärjestelmä vain täyryttävälle syöttölaitteille, mutta järjestelmää rakennettaessa myös jousia käsittelevät robottiyksiköt kytkettiin mukaan järjestelmään. Robottiyksiköiden kytkentä ei juuri lisännyt työmäärää, joten oli järkevää tehdä kytkennät valmiiksi myös niiden seuranta varten. Tähän päätökseen vaikuttivat myös erinäiset havainnot tuotannossa, joita käsitellään tarkemmin luvussa 5.2.1.

5.1.1 Mitä mitataan?

Ensimmäisenä vaiheena oli määrittellä, mitä mitataan. Kuinka syöttölaitteiden tila voidaan todeta mittaamalla? Kuinka saadaan selville, missä vika on?

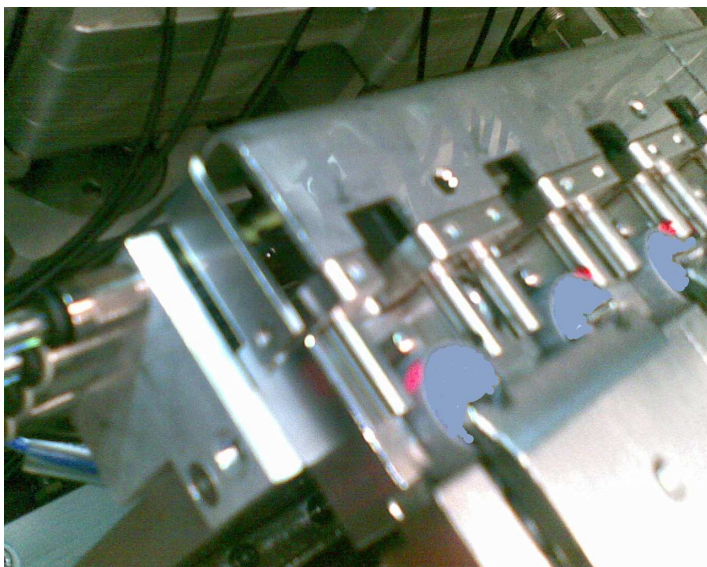
Jos syöttölaitteisto ei toimi oikein, niin se ilmenee tuoton alenemana. Tuoton alenemaan vaikuttaa kaksi asiaa: tuotto on loppunut kokonaan tai tuottonopeus on alentunut (kuvio 14). Molemmissa vikatapauksissa oire ilmenee häiriönä, joka pysäyttää kokoonpanolinjan solun, joko kokonaan tai vähäksi aikaa.



Kuvio 14. Ideointia syöttölaitteiden huonoon tuottoon.

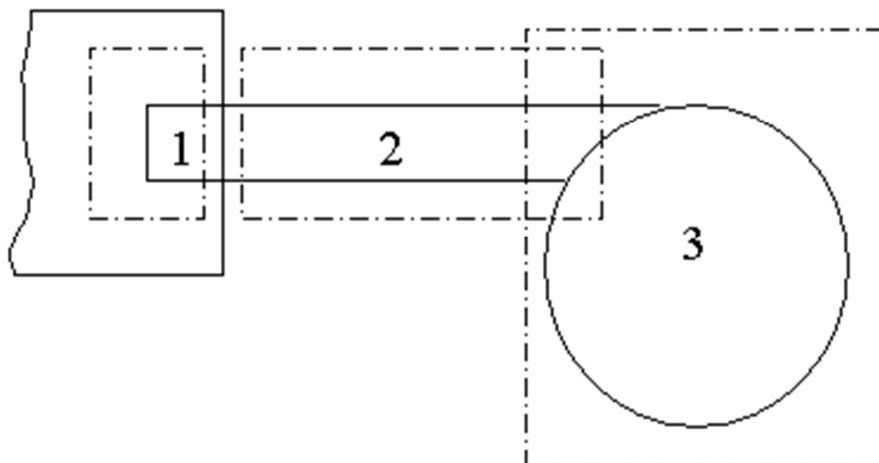
Koko syöttölaiteprosessia arvioidessa prosessin häiriöt summautuvat prosessin viimeisessä vaiheessa, eli lineaarin päässä. Jos nopeus on alentunut tai kappaale on jumittunut jonnekin matkalle, niin lineaarin päähän ei tule kappaletta ajallaan ja syntyy häiriö. Ajallaan tarkoittaa tässä tuotantosolun työkierron aikaa. Kun anturi työkierron aikana lukee komponentin paikalla olevaksi, niin silloin saadaan lupa komponentin poimintaan eikä häiriötä synny.

Nopeuden mittaaminen automaattisesti osoittautui hankalaksi järjestää, joten sovittiin, että aletaan mittaamaan häiriöiden lukumäärää ja häiriöaikoja. Näiden mittaamiseen on kokoonpanolinjalla olemassa jo valmis anturointi osan läsnäolon tunnistukseen. Kuvassa 10 näkyy *Pyörittimen* paikallaan olon tunnistus lineaarin päässä. Jos anturi ei lue komponenttia työkierron aikana, niin se kirjataan aina syöttölaitehäiriöksi.



Kuva 10. *Pyörittimen* läsnäolon tunnistus lineaarin päässä.

Jos syöttölaitehäiriöiden indikaattori osoittaa syöttölaitteissa olevan ongelmaa, niin silloin laitteistoa tarkastamaan menevän henkilön on kyettävä paikallistamaan ongelman lähde. Vaihtoehtoja on karkeasti jaoteltuna kolme: ongelma on joko lineaarin päässä, lineaarilla tai tärymaljassa (Kuvio 15).



Kuvio 15. 1. Lineaarin pää, 2 lineaari ja 3 tärymalja

Seuraamalla osien käyttäytymistä lineaarilla voidaan päätellä, onko ongelma tärymaljassa, lineaarilla vai lineaarin päässä:

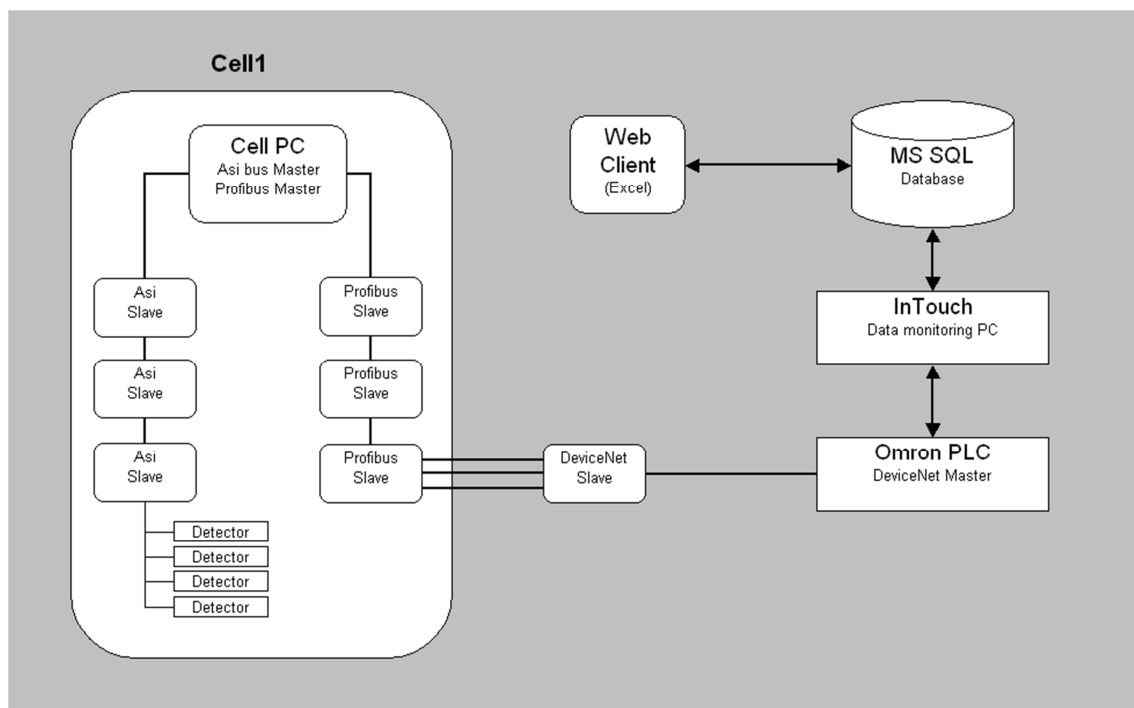
- Jos osien määrä ei linjan käydessä kasva lineaarilla, eli osat eivät saavuta ruuhkarajaa, niin silloin ongelma on tärymaljassa.
- Jos lineaarin ruuhkaraja täyttyy ja kappaleet kulkevat hyvin lineaarin päähän, niin silloin ongelma on lineaarin päässä.
- Jos ruuhkaraja täyttyy, mutta osat eivät kunnolla kulje lineaarin päähän, niin silloin ongelma on lineaarilla.

5.1.2 Kuinka mitataan?

Mittausjärjestelmän luonti aloitettiin määrittelemällä anturit, joilta saadaan tieto valvomoon. Päätimme mitata täryttäviä syöttölaitteita kaikilta radoilta lineaarin pään anturien avulla.

Anturien määrittely onnistui suhteellisen helposti yhdessä viikossa valvomon rakentamisen aloittamisesta. Tämän jälkeen alkoivat haasteet, jotka johtuivat siitä, että anturitietoa ei saatu erotettua muusta tietovirrasta. Ongelmaan yritettiin löytää ratkaisu Medisizen asiantuntijoiden avulla, mutta sellaista ei kuitenkaan löytynyt. Asiantuntijat alkoivat tutkia toisenlaista mahdollisuutta. Ajatukse-

na oli rakentaa erillinen anturointi, josta tulevaa tietoa käsiteltäisiin ohjelmoitavan logiikan avulla. Ideointi jatkui ja asiantuntijat päätyivät lopulta ratkaisuun, jossa käytetään kuitenkin valmista lineaarin pään anturointia, mutta tieto kuljetaan eri kautta, ASI-väylässä¹¹. Ratkaisu oli valmis 2 kuukauden päästä valvon rakentamisen aloittamisesta. Kuviossa 16 on kuvattu sekä mittausjärjestelmä, että mittaustiedon raportointijärjestelmä.



Kuvio 16. Mittausjärjestelmä ja mittaustiedon raportointi (Pesonen 2011).

5.1.3 Vaikeudet järjestelmän toimintaan saattamisessa

Valittu järjestelmä edellytti ohjelmamuutosta jokaiseen soluun. Tämän toteuttamiseen oli kaksi mahdollisuutta: muutos toteutetaan omin voimin tai linjan toimittajan avustuksella. Aikaisemmat kokemukset linjan toimittajan kyvystä palvella nopeasti ja joustavasti olivat osoittautuneet heikoksi, joten päädyttiin omaan ohjelmointityöhön.

¹¹ ASI-väylä = *Actuator Sensor Interface*. Väylä soveltuu hyvin yksinkertaisten, mutta paljon I/O-liityntöjä sisältävien järjestelmien tiedonsiirtoon.

Linjan toimittaja oli toimittanut ohjelmointiavaimen tällaisia ohjelman muutoksia varten. Ohjelmointiavain ei kuitenkaan toiminut oikein. Kaiken kaikkiaan ohjelmointiavaimen kuntoon saattaminen kesti yli 4 kuukautta. Tässä vaiheessa aikaa mittausjärjestelmän toteutuspäätöksestä oli kulunut jo puoli vuotta.

5.1.4 Ohjelmoinnin ja raportoinnin loppuunsaattaminen

Työnjako sovittiin siten, että solujen ohjelmoinnista ja raportoinnista vastaavat eri henkilöt. Rajapintana toimii device net slave (kuvio 16). Solujen muutoksen yhteydessä tehtiin samalla myös muita muutoksia ja korjauksia, jotka toimiva ohjelmointiavain teki mahdolliseksi toteuttaa. Solujen ohjelmointi toteutettiin kehitysinsinöörin toimesta itsenäisesti, mutta raportoinnin suunnittelussa pidettiin useita suunnittelupalavereja.

5.1.5 Mittaustapahtuman oikeellisuus, verifiointi

Antureiden (detector) sijainti ja niiden koodaus tarkastettiin ohjelmoijan toimittamaa anturilistausta vastaan. Samassa yhteydessä varmistettiin kuinka pitkät lukuviiveajat (suodatus) antureille oli asetettu. Viiveaikojen tarkoitus on estää väärien häiriötietojen syntymistä seurantaohjelmaan. Lisäksi tarkastettiin linjalle asetetut asemien häiriöviiveajat. Ennen häiriöviiveajan täyttymistä linja ei pysähdy häiriöön, vaan odottaa komponenttia. Komponentin saapuessa paikalle linja jatkaa käyntiä. Kun häiriöviiveaika täyttyy, niin linja pysähtyy häiriötilaan. Uudelleen käynnistys vaatii ihmisen paikalle käynnistystoimenpiteiden suorittamiseksi. Liitteeseen 5 on koottu asemien anturikoodaus, anturin paikka, anturin viiveaika ja linjan häiriöaika.

Toisessa vaiheessa varmistettiin tiedon oikeellisuus. Aluksi tämä yritettiin tehdä siten, että otettiin häiriölistausta seurantaohjelmasta ja verrattiin linjan antamaan häiriötietoon. Syöttölaitehäiriöt löytyivät, mutta aika ja anturin nimi eivät täsmänneet tarkasti. Kokoonpanolinja kerää niin paljon erilaista häiriötietoa sa-

maan paikkaan, että syöttölaitteiden häiriöiden erottelu tästä joukosta oli melkein mahdotonta. Niinpä päädyttiin tekemään syöttölaitehäiriöitä linjalle ja sen jälkeen tarkastamaan seurantaohjelman merkinnät. Tässä testauksessa tehdyt häiriöt poimittiin muiden häiriöiden joukosta kellon ajan mukaan. Jokainen asema, jolle osia syötetään, testattiin. Lisäksi lähes jokainen asema testattiin radoitain, lukuun ottamatta Ikkunan ja Laakerin ratoja. Ikkunan ja Laakerin ratojen testaaminen erikseen on käytännössä vaikeaa, joten ne on testattu ”köntässä”.

Testauksessa havaittiin seuraavanlaisia ongelmia:

- Solu 2, asema 3, rata 1: antaa häiriön aseman 8 kaikille radoille.
- Solu 2, asema 8: minkään radan häiriöt eivät tallennu.

Molemmat ongelmat korjattiin. Aseman 3 ongelmat johtuivat muuttujan väärästä nimeämisestä valvomosovelluksessa. Aseman 8 ongelmat johtuivat linjalle tehdyistä vääristä kytkennöistä Profibus-¹² ja Device-väyläyksikön välillä.

Kolmannessa vaiheessa tutkittiin satunnaisesti häiriöiden kirjaantumista valvomon. Eräs merkille pantava tapaus sattui tuotannossa, kun osat pääsivät loppumaan *Asteikon* toiselta syöttölaitteelta (asema 8) ja solu 2 pysähtyi. Pysähtymisen syynä oli, että osia ei ollut lisätty riittävän aikaisin. Tämä johti viiveeseen, joka kesti hieman yli 4 minuuttia, mikä on selkeästi käytettävyyttä pienentävä pysähdys. Kun jälkikäteen tarkasteltiin tiedonkeruujärjestelmään kirjautuneita tietoja (taulukko 1), niin ilmeni, että 4 minuutin ja 2 sekunnin häiriöajasta oli kirjautunut vain 26 sekuntia. Selvisi, että sovellus lopetti häiriöajan laskennan kun solu meni häiriöön 15 sekunnin kuluttua. Sovittiin, että syöttöhäiriöaika alkaa kun anturilta tulee tieto puuttuvasta osasta ja häiriöaika loppuu, kun anturille saapuu uusi osa. Syöttöhäiriöaika siis jatkuu, vaikka solu menee häiriöön!

¹² Profibus = Process Field Bus = kenttäväyläteknikka.

Taulukko 1. Tiedonkeruujärjestelmään kirjautuneet häiriöt.

Machine	number	duration	Occurring_time	Resetting_time
5	6	14	14.4.2011 11:31:00	14.4.2011 11:31:14
1	4	4	14.4.2011 11:30:59	14.4.2011 11:31:03
1	4	5	14.4.2011 11:30:47	14.4.2011 11:30:52
1	4	5	14.4.2011 11:30:35	14.4.2011 11:30:40
1	4	3	14.4.2011 11:30:29	14.4.2011 11:30:32
2	15	0	14.4.2011 11:23:35	14.4.2011 11:23:35
2	15	4	14.4.2011 11:23:27	14.4.2011 11:23:31
2	16	2	14.4.2011 11:19:51	14.4.2011 11:19:53
2	15	15	14.4.2011 11:19:51	14.4.2011 11:20:06
2	16	1	14.4.2011 11:19:46	14.4.2011 11:19:47
2	15	2	14.4.2011 11:19:41	14.4.2011 11:19:43
2	15	2	14.4.2011 11:19:36	14.4.2011 11:19:38
2	15	0	14.4.2011 11:19:33	14.4.2011 11:19:33
5	1	0	14.4.2011 11:16:35	14.4.2011 11:16:35
3	5	1	14.4.2011 11:16:18	14.4.2011 11:16:19
3	5	13	14.4.2011 11:15:30	14.4.2011 11:15:43

Tämän jälkeen testausta jatkettiin satunnaisesti. Eräissä tarkastelussa ilmeni, että häiriöajat ovat useita tunteja, mutta samaan aikaan linjan tuotto oli kuitenkin ollut hyvällä tasolla. Ongelmaa yritettiin korjata Intouch-sovellusohjelman päivityksestä muuttamalla, mutta tämäkään ei tuonut täydellistä parannusta. Ilmeisesti syynä on tietoverkon ylikuormitus. Tästä syystä ohjelmaa muutettiin siten, että se tarkkailee solujen käyntiä ja nolaa ”roikkumaan” jääneen häiriön jos solu käy. Tällä tavalla tilanne saatiin korjattua.

5.1.6 Raportointi

Raportoinnin tarkoitus on esittää mitattu tieto helposti luettavassa muodossa niille, jotka tietoa tarvitsevat. Molempien asioiden, mittaustiedon ja raportoinnin on oltava kunnossa, jotta seurantajärjestelmä toimii parhaalla mahdollisella tavalla. Useiden keskustelujen pohjalta sovittiin seuraavanlaisia asioita:

- Ensisijaisena tavoitteena oli luoda työkalu linjan ylläpitämiseen kokoonpanoasettajille, huoltomiehille, sekä tuotantoteknikoille.
- Raportin tulee noudattaa aikaisempaa tuotannon seurantaraportin muotoa.
- Häiriöiden lukumäärää vuorokautta ja tuntia kohti kuvataan palkein, jolloin muutos havaitaan nopeasti.
- Häiriöiden kokonaismäärä kuvaa koko linjan toimintaa syöttölaitteiden osalta.

Uudet kentät lisättiin olemassa olevaan valvomopohjaan. Jotta kaikki raportoitava asia saatiin näkymään yhteen kuvaruutuun riittävän selkeästi ja ymmärrettävästi, niin monesta ajatuksesta piti luopua. Päädyttiin mm. näyttämään häiriöiden kokonaismäärää lukumääränä ja menetetyt tuoton prosenttilukuna (menetetty OEE) graafisen näytön sijaan. Lisäksi monitori täytyi kääntää pystyasentoon, jotta kaikki tieto on yhtä aikaa näkyvillä ja näin ollen helposti luettavissa. Menetetty tuotto laskettiin kaavan 4 mukaan.

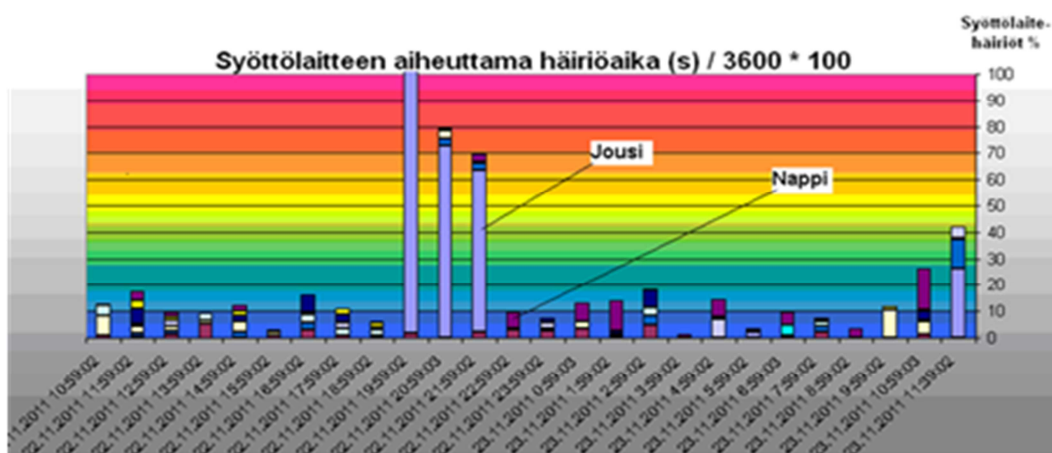
$$(4) \quad \text{Menetetty tuotto \%} = (\text{Hlkm} * \text{Ht}) / 3600 \text{ s} * 100 \%$$

Hlkm= Häiriöiden lukumäärä

Ht = Häiriöiden kesto aika (s)

Menetettyä tuottoprosenttia voidaan pitää suoraan menetettynä OEE-prosenttina, koska tuo aika ei ole enää valmistukseen käytettävissä. Lopputulos näytti melkoisen selvältä, varsinkin, kun tuoton ja linjan hylkäämien kappaleiden esitykseen oli jo aikaisemmin käytetty samankaltaista esitystapaa (liite 6).

Testivaiheessa huomattiin valvomon liioittelevan ongelmien lukumäärää ja niin ollen myös menetetyt tuoton prosenttilukua. Tämä johtui siitä, että useita ratoja oli yhtä aikaa häiriössä ja kaikki laskettiin yhteen häiriöajaksi. Linja pysähtyy, jos yksikin rata on häiriössä, mutta useiden ratojen päällekkäiset häiriöt kasvattivat vain häiriöaikaa. Päällekkäiset häiriöt voivat olla saman osan rinnakkaisten ratojen häiriöitä tai vaikka eri solun osien syöttöhäiriöitä. Tätä virhettä ei tässä vaiheessa alettu ohjelmasta korjata, koska nopeaa ja helppoa ratkaisua ei keksitty. Täydellisen ratkaisun hakeminen olisi edelleen viivästyttänyt valvomon jalkauttamista tuotantoon. Päällekkäiset virheet vahvistivat ongelmat suuremmiksi kuin ne tosiasiallisesti olivatkaan. Lyhyen seurannan perusteella valvomo kuitenkin paljasti ongelmakohdat, mikä oli alkuperäinen tarkoituskin (kuvio 17).



Kuvio 17. *Jousen* ja *Napin* ongelmat olivat selvästi piirtyneet valvomon näytölle. *Napin* syötön kanssa on harvoin ollut ongelmia, mutta nyt vikaantuneita komponentteja oli päässyt kokoonpanoon, jotka aiheuttivat syöttöongelmia lineaarilla.

5.1.7 Valvomon siirto tuotantoon

Ohjelmointiavaimen käyttöönoton jälkeen aikaa oli kulunut neljä kuukautta ennen kuin valvomo lopulta saatiin siirrettyä tuotantoon viikon 18 lopulla. Tuotantojärjestelmän käytössä ollut tietokone vapautettiin täysin tuotantojärjestelmän käyttöön ja aikaisempi tuoton ja hävikin seuranta yhdistettiin syöttölaitteiden seurantaan ja siirrettiin eri tietokoneelle ja monitorille (kuva 11). Erillisillä tietokoneilla taattiin valvomon esilläolo. Kyseisestä asiasta oli tehty aloite jo aikaisemmin, mutta vasta tässä yhteydessä asia saatiin toteutettua.

Valvomon siirto tuotantoon alkoi hieman spontaanisesti ilman ennakkovalmistelua, joten opastus ja tiedotus hoidettiin jälkikäteen viikon 19 alussa. Informoimme kolmea tuotantovuoroa tuotannossa ja lisäksi asiasta laitettiin sähköposti tavoittamattomille vuoroille, huollolle ja teknisille tukitoiminnoille. Sähköpostissa pyydettiin antamaan palautetta uudesta valvomosta. Tällä valvomon julkaisulla pyrittiin herättämään kiinnostus syöttölaitteita kohtaan. Tekninen tuki pidettiin suunnittelussa mukana alusta alkaen ja näin pyrittiin varmistamaan valvomon jatkuva seuranta ja palaute valvomon toiminnasta. Lisäksi tiedottamista jatkettiin seuraavalla viikolla eri tahoille, myös puuttuvalle tuotantovuorolle ja johtoryh-

mälle. Päivittäisellä seurannalla pyrittiin pitämään asia aktiivisena ja näin saamaan valvomo toimivaksi työkaluksi päivittäiseen toimintaan.

Noin neljä viikkoa myöhemmin valvomosta ja siihen mennessä tehdyistä havainnoista tiedotettiin vielä uudestaan tuotantolinjalaverissa ja kehoitettiin tuotannon työntekijöitä, erityisesti kokoonpanoasettajiä, seuraamaan valvomoa ja reagoimaan muutoksiin. Tuotantolinjalaverissa esitetty aineisto esiteltiin myös tehtaan johtoryhmälle ja asiaa sivuttiin vielä seuraavassa kokouksessakin.



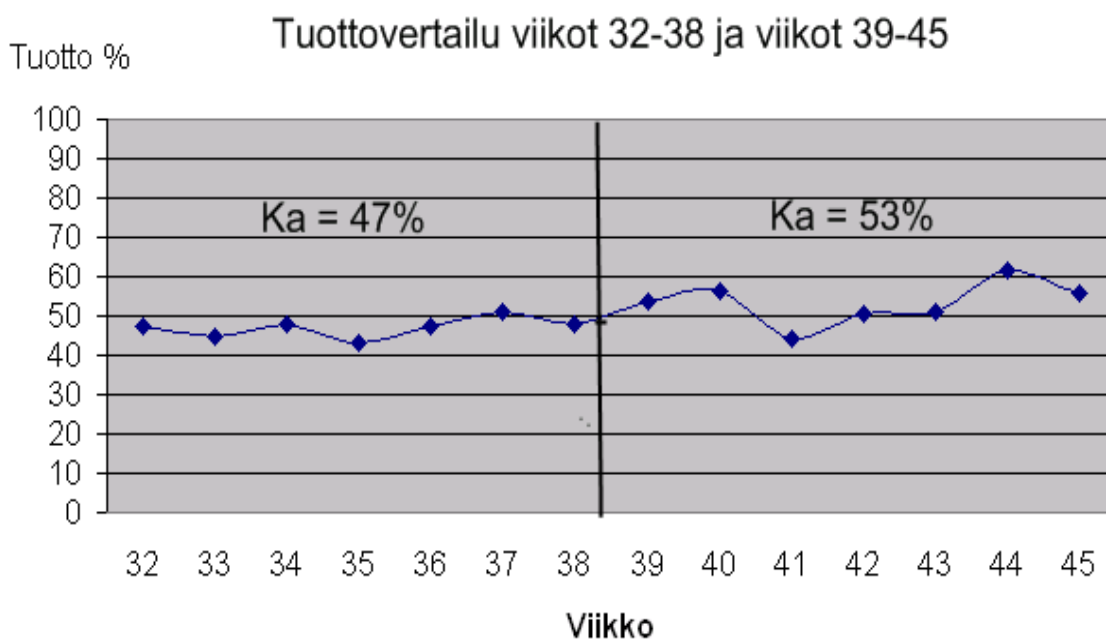
Kuva 11. Valvomomonitori tuotannossa.

5.2 Tuotantoympäristön tarkastelu

Tähän osioon on kerätty sekalaisia tapahtumia ja havaintoja, joihin on törmätty tutkimuksen aikana. Nämä tapahtumat ovat omalta osaltaan lisänneet ymmärrystä toimintaympäristöstä ja suunnanneet tutkimusta tiettyyn suuntaan.

5.2.1 Vuoropalautteet ja tuotto viikoilta 32–45, 2010

Syksyn 2010 aikana huomattiin, että tuotto on parantunut merkittävästi (kuvio 18). Vuororaportteihin perustuvalla, kahteen eri ajanjaksoon suunnatulla tarkastelulla selvitettiin, mikä asiaan olisi voinut vaikuttaa. Tuona ajankohtana mittausjärjestelmä ei ollut vielä toimintakunnossa.



Kuvio 18. Tuottovertailua (OEE) vuoden 2010 syksyiltä.

Molemmilta ajanjaksoilta käytiin läpi 123 vuoron palautteet. Ensimmäiseltä ajanjaksolta suoraan täryttäviin syöttölaitteisiin kohdistuneiksi kommentteiksi voitiin lukea yhteensä 12 kommenttia. Lisäksi oli 14 kommenttia, jotka liittyivät *Jousien* robottikäsitteilyyn. Toisen, hyvän tuoton ajanjaksolta oli 13 kommenttia täryttävistä syöttölaitteista. Tältä osin tulokset olivat hyvin samankaltaisia, eivätkä selittäneet tuottoeroa. Merkittävä ero löytyi kuitenkin jousien käsittelystä: jousien käsittelyn kommentit olivat vähentyneet neljästätoista kolmeen.

Vaikka tutkimus perustuikin vain tuotannon työntekijöiden kirjoittamiin muutaman rivin mittaisiin vuoropalautteisiin, eikä mitattuun tietoon, niin se antoi kuitenkin selvän viestin siitä, että ”*Jousirobotteja*” on syytä seurata ja niillä on merkittävää vaikutusta tuottoon. Ensimmäisen jakson vuoropalautteet olivat johtaneet toimenpiteisiin, joilla *Jousien* käsittelyyn liittyvät ongelmat oli saatu vähenemään.

5.2.2 Case-tapauksia

Tässä käydään lyhyesti läpi erilaisia havaintoja tuotannosta, jotka ovat yleistettävissä koko täryttävien syöttölaitteiden ympäristöön. Usein näihin tapauksiin on päädytty vuoropalautteiden perusteella.

Seuraavanlaisia havaintoja tehtiin:

- Komponentit pysähtelivät lineaarille. Lineaarilla oli epäjatkuvuuskohta, jonka rakoa pienennettiin (kuva 12).

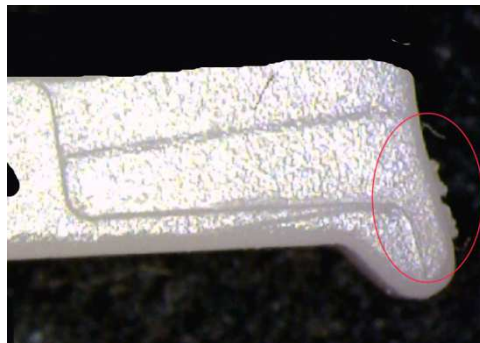


Kuva 12. Lineaarijohteiden epäjatkuvuuskohtia, joihin komponentit takertuvat helposti kiinni.

- Lineaarin pään valitsin ei toiminut luotettavasti. Syyksi selvisi alipaineputkien ristiinkytkentä huollon yhteydessä. Parantavaksi toimenpiteeksi tuli letkujen värikoodaus.
- Ongelmia oli lineaarin päässä yhdellä radalla. Syyksi selvisi lineaarin pään stopparisylinteri. Parantavana toimenpiteenä ku-

ristusventtiiliä¹³ avattiin ja sylinteri saatiin toimimaan muiden sylinterien tahtiin.

- Ongelmana oli huono syöttö linearin päässä olevalle valitsimelle. Syynä oli linearin pään väärä asemointi suhteessa valitsimeen.
- Komponentit takertelivat lineaarijohteella. Syyksi paljastui n. 0,05 mm kalvo komponentissa (kuva13).



Kuva 13. Kalvo komponentissa.

- Syöttölaite ei syöttänyt kunnolla, minkä johdosta valokuituja jouduttiin säätämään. Usein kuidut tai valokennot ovat vaikeasti säädettävissä: paikka on hankala tai toiminta on epätarkkaa (kuva 14).



Kuva 14. Koko tuki jouduttiin irrottamaan valokuitujen säätöä varten.

¹³ Kuristusventtiili = venttiili, jolla voidaan säätää paineilman määrää.

- Tärymalja ei syöttänyt komponentteja riittävästi. Ongelmaa etsittiin lähes 2 vuorokautta, kunnes ongelman perussyiksi löytyi tärymaljan jousien löystynyt kiinnitysruuvi. Ruuvi käännettiin oikeaan kiristysmomenttiin ja vika korjaantui.

Usein on tullut vastaan tilanteita, jossa on tehty sitä ja tätä yrittäen korjata tilannetta. Asia on usein parantunut, mutta ei lopullisesti korjaantunut, vaan ongelmaan on jouduttu palaamaan myöhemmin. Kysymyksessä on voinut olla väärä tai puutteellinen analyysi tilanteesta, varaosan puute, puutteellinen korjaus tai yksinkertaisesti vikaa ei ole löydetty. Kysymyksessä voi olla myös tilanne, missä muovikomponentit ovat vaihtuneet eri muotin komponentteihin ja hienoinen ero komponenteissa on aiheuttanut paluun ongelmaan. Myös syöttölaitteiden perustuntemus näyttää aiheuttaneen ongelmia. Tästä on hyvänä esimerkkinä kuultu kommentti tuotannosta: ”Käänsin lopulta napit kaakkoon, kun en muutakaan keksinyt.”

Siirtämällä ”napit kaakkoon” on ilmeisesti yritetty lisätä syöttölaitteiden tuottoa lisäämällä amplitudia kuitenkin ymmärtämättä, mitä tapahtuu. Ongelmana näyttäisi olevan tiedon puute. Amplitudin asetusarvoja ei ole selvästi kerrottu, eikä merkitty. Kyselykierroksen jälkeen havaittiin, että eivät edes kaikki huoltomiehet tunne amplitudimittarin merkitystä asettajista puhumattakaan. Kuvan 2 (s. 31) mukainen ”säädin hässäkkä”, ei helpota tilannetta. Ilman kunnollista koulutusta ja suomenkielisiä ohjeita tilanne voi johtaa väärin ymmärrykseen ja vääriin säätötoimenpiteisiin.

5.2.3 Huolto

Huollon työnjohtajan mukaan syöttölaitteet eivät ole huollon piirissä, lukuun ottamatta lineaarien pään paineilmatoimisia osia, kuten erottelijasylintereitä. Valmistajan manuaalit eivät tarjoa huolto-ohjelmaa syöttölaitteille ja lisäksi aikaisempi kokemus tärymaljojen huollosta on tuonut varmuutta siitä, että syöttölait-

teita ei tarvitse ennakkohuoltaa, vaan korjaus ja huoltotoimenpiteet tehdään tarvittaessa.

Paineilmatoimilaitteisiin merkitään vaihtoajankohta, jos niissä on tilaa merkinnoille. Useimmiten on kuitenkin niin, että esimerkiksi pieniä erottelijasyylintereitä ei käytännössä merkitä, joten vaihtoajankohdasta ei ole yksityiskohtaista tietoa. Pienet erottelijasyylinterit ovat kuitenkin halpoja komponentteja, n. 20–40 €, joten kannattaa ainakin harkita aikaan perustuvaa vaihtamista eli ennakkohuoltoa.

6 MITTAUSTULOKSIEN ANALYSOINTI

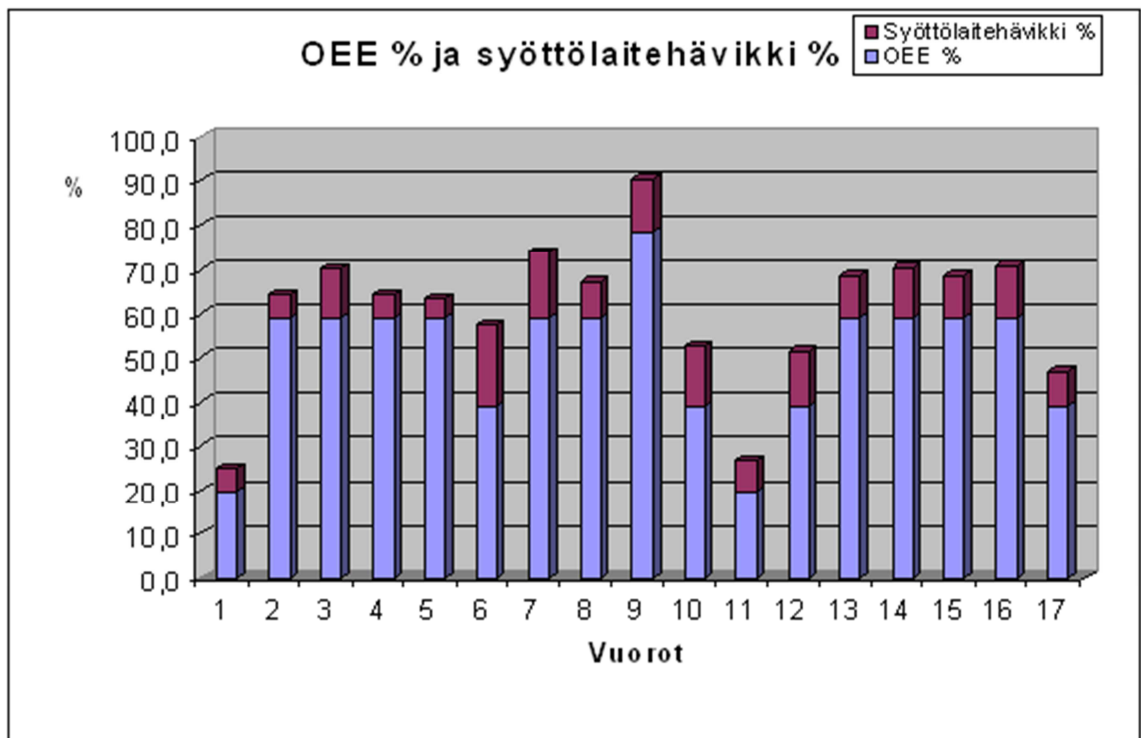
6.1 Valvomon mittaustulosten tarkastelua

Mittaustulosten keräys saatiin käyntiin viikolla 17 / 2011. Mittaustieto viikolta 18 päätettiin kerätä siten, että huolto- ja siivousvuoro jätettiin pois. Käsiteltävä aineisto kattoi niin ollen 17 vuoroa, yhteensä 136 h.

Käsiteltävästä aineistosta karsittiin päällekkäiset häiriöt perustuen häiriön alkamis- ja kestoaikaan. Suuren aineiston läpikäynti oli työlästä ja tulokset eivät ole absoluuttisen oikeita. Virhettä voi aiheutua esimerkiksi inhimillisestä virheestä aineiston käsittelyssä (tuhansia rivejä tuloksia), sekä eri solujen päällekkäisten häiriöiden poistamisesta ja sen aiheuttamasta epävarmuudesta linjan seisokkiaikaan. Tulokset ovat kuitenkin riittävän tarkkoja ongelmien luokitteluun ja antamaan käsityksen ongelmien laajuudesta. Toisin sanoen, tulosten suuruusluokka on oikea ja ne kertovat lähtötilanteen kehitystoimenpiteille.

6.1.1 OEE:n analysointia

Viikon 18 OEE laskettujen 17 vuoron osalta oli keskimäärin 51 %. Kuviosta 19 näkee, kuinka tämä on jakautunut vuorojen välillä. Samaan kuvioon on laitettu syöttölaitteiden aiheuttama hukka-aika osoittamaan saamatta jäänyttä tuottoa. Keskimääräinen syöttölaitteiden hävikki on 10 %, joka on yhteensä 13,5 h. Samaan aikaan kokoonpanolinjan automaattiset testilaitteet aiheuttivat keskimäärin 5,5 % komponenttien hävikkiä. Tämä on samalla saamatta jäänyt tuotto, eli aikahukka. Tuottohävikin kokonaismäärä on laskettu kaavasta 5.



Kuvio 19. Viikon 18 vuorokohtainen tuotto ja syöttölaittehävikki.

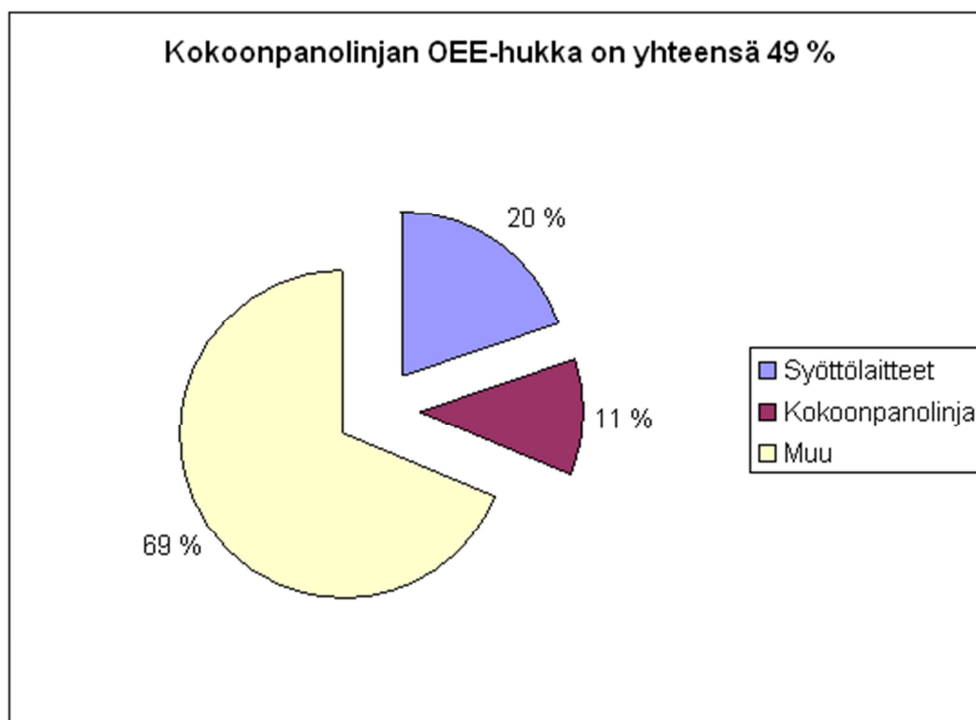
$$(5) \quad \text{Menetetty OEE \%} = \text{S hukka \%} + \text{L hukka \%} + \text{muu hukka \%}$$

$$\text{S hukka \%} = \text{Syöttölaittehävikki \%}$$

$$\text{L hukka \%} = \text{Kokoonpanolinjan automaattisten testilaitteiden aiheuttama hukka}$$

$$\text{Muu hukka} = \text{Kaikki muu pysähdyksistä aiheutuva hukka}$$

Hävikin jakautuminen on esitetty kuviossa 20 graafisessa muodossa. OEE % on 51 %, joten aikahukka on 49 %.



Kuvio 20. Kokoonpanolinjan tuottohukan jakautuminen.

On merkille pantavaa, että syöttölaitteiden aiheuttama aikahävikki on lähes kaksinkertainen verrattuna hylättyjen komponenttien aiheuttamaan aikahävikkiin. Taloudellisessa tarkastelussa on hylättyjen komponenttien osalta otettava huomioon aikahävikin lisäksi myös raaka-ainehävikki. Hylätyn komponentin kokonaishävikki on siis aikahävikin ja raaka-ainehävikin summa. Mitä korkeampi on raaka-aineen osuus myyntihinnasta, niin sitä merkittävämmäksi muodostuu materiaalihävikin merkitys kustannuksiin.

Käsiteltävästä aineistosta poistettiin maanantain aloitusvuoro, jolloin tehdään sekä linjan huolto että siivous. Aloitusvuoron poisto tehtiin siitä syystä, että se ei pitkäkestoisena erikoissuunnana väärinä syöttölaitteiden antamaa informaatiota. Todellinen OEE on 49 % kun mukaan lasketaan puuttuva vuoro.

6.1.2 Häiriöiden jako

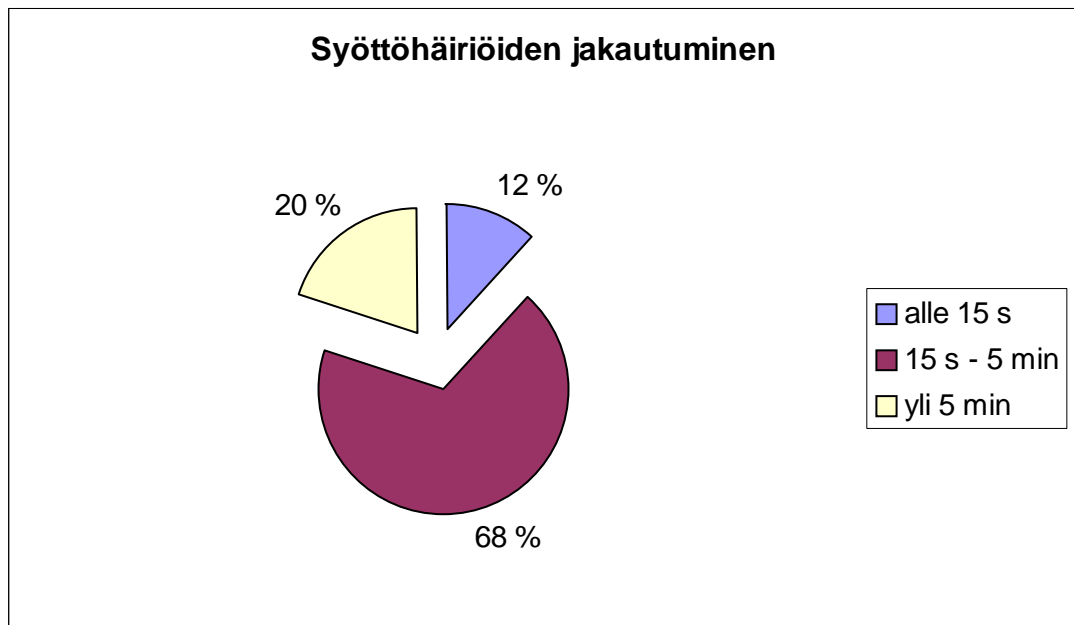
Päätimme jakaa häiriöt kahteen eri luokkaan, lyhyisiin ja pitkiin häiriöihin. Ajatuksena oli noudattaa OEE:n laskennan jakoa nopeuteen ja toiminta-asteeseen (käytettävyyteen) vaikuttaviin häiriöihin. Yli viisi minuuttia kestävät häiriöt käsitellään pitkinä häiriöinä. Alle viisi minuuttia kestävät häiriöt ovat puolestaan lyhyitä häiriöitä.

6.1.3 Pitkät ja lyhyet häiriöt

Pitkiä häiriöitä on vain 20 % kaikista syöttölaitehäiriöistä. Niin ollen pääasialliset toimenpiteet on kohdistettava lyhyiden häiriöiden eli tehokkuuteen vaikuttavien asioiden eliminointiin. Liitteessä 7 on tarkempi häiriöiden erottelu osakohtaisesti.

Lyhyet häiriöt jaettiin kestoajaltaan vielä kahteen eri luokkaan, piilohäiriöihin ja näkyviin häiriöihin. Piilohäiriöt ovat häiriöitä, jotka pysäyttävät linjan, mutta osan saapuessa anturin luettavaksi odotusajan sisällä linja käynnistyy automaattisesti uudelleen. Näiden häiriöiden huomioon ottaminen ja havainnointi on vaikeaa, joten aikahävikkiä syntyy huomaamattomasti. Piilohäiriöiden laskennassa käytettiin aikana 15 sekuntia, koska tämä on asetettu pääasialliseksi pysäytysajaksi lukuun ottamatta asteikkoa, jossa on käytössä 30 sekunnin häiriöaika (liite 4). Näkyvät häiriöt ”juoksuttavat” kokoonpanoasettajia ja ovat niin ollen hyvin vaikuttavia. Vuororaportointiin ilmestyy helposti merkintä toimimattomasta syöttölaitteesta. Piilohäiriöiden osuus ajallisesti on vain 12 % syöttölaitehäiriöistä (kuvio 21) ja 15 % lyhyistä syöttölaitehäiriöistä. Liitteessä 8 on tarkemmin eritelty lyhyiden häiriöiden jakautuminen osakohtaisesti.

Johtopäätöksenä voi sanoa, että suurin osa syöttölaitteiden aikahävikistä on riippuvainen kokoonpanoasettajien nopeudesta häiriön poistossa. Huollon ja kehityksen puolelle menee häiriötaajuuden alentaminen, joka on tehokas keino vaikuttaa pysyvästi syöttölaitehävikkien pienenemiseen.



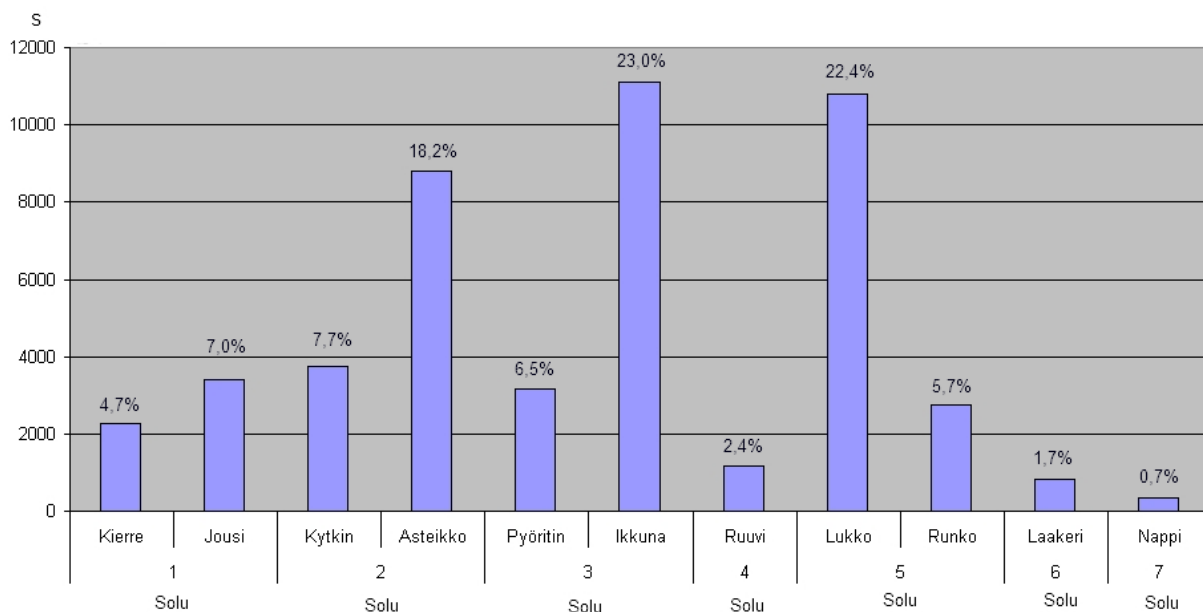
Kuvio 21. Syöttölaitehäiriöiden jakautuminen pitkiin-, näkyviin- ja piilohäiriöihin.

6.1.4 Häiriöiden jakautuminen osakohtaisesti ja soluittain

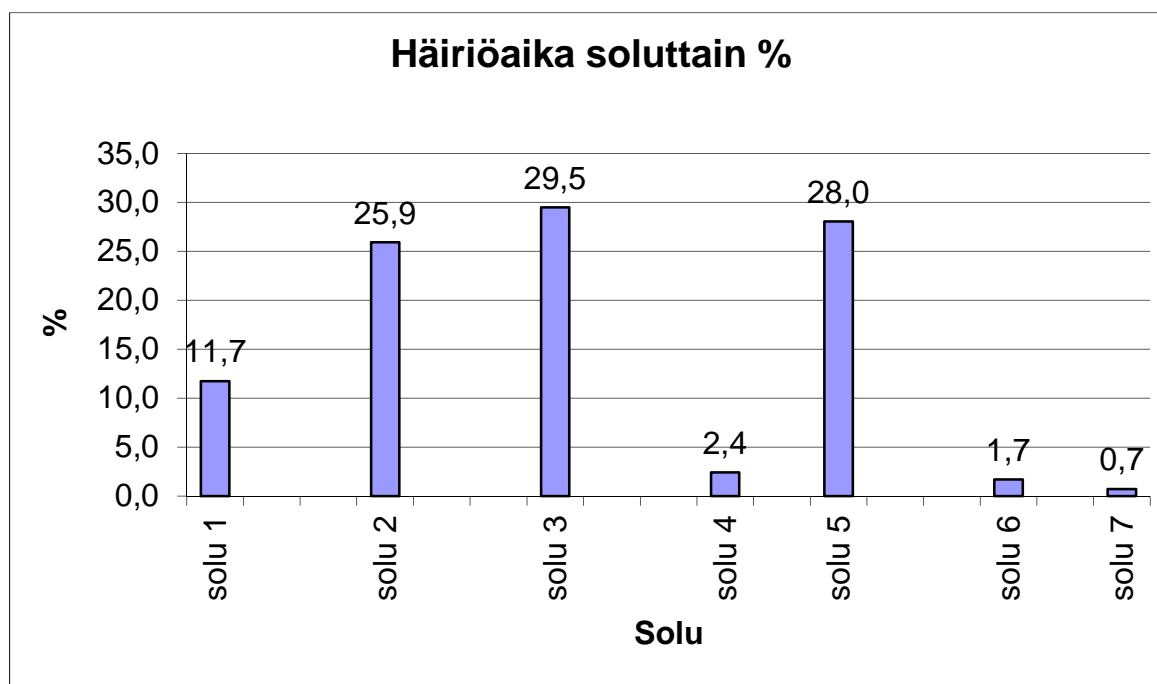
Merkittävimmät häiriölähteet ovat kuvion 22 mukaan *Asteikko*, *Ikkuna* ja *Lukko*. Kaikki kolme komponenttia sijaitsevat eri soluissa. Mitättömimmät häiriönlähteet ovat puolestaan *Nappi*, *Laakeri* ja *Ruuvi*. Nämäkin komponentit sijaitsevat eri soluissa.

Kuviosta 23 näkee häiriöiden merkityksen soluittain. Solut 4, 6 ja 7, joita edustavat komponentit *Nappi*, *Laakeri* ja *ruuvi*, eivät juuri häiriötä aiheuta. niiden yhteenlaskettu osuus on vain 4,8 % kokonaishäiriöajasta. Tällä perusteella kyseiset solut ja komponentit voidaan rajata kehitystoimenpiteiden ulkopuolelle. Jäljelle jääneistä soluista 2,3 ja 5 ovat merkitykseltään lähes yhtä suuria. Kaikissa näissä soluissa kuitenkin toinen komponentti on merkitykseltään selvästi suurempi häiriönlähde. Solu 1 on merkitykseltään selvästi pienempi ja häiriöt ovat melko tasaisesti jakautuneet molempien komponenttien kesken. Solua on syytä kuitenkin seurata, vaikkakin toisena komponenttina on *Jousi*, joka erilai-

sen syöttöprosessin vuoksi rajattiin tästä työstä pois. *Kierre* on kuitenkin aikaisemmin aiheuttanut hankaluuksia ja siksi oltava mukana jatkokäsittelyssä.



Kuvio 22. Häiriöajat osakohtaisesti eroteltuina.



Kuvio 23. Häiriöajat soluittain eroteltuina.

6.2 Häiriöraportit

Valvomon antaman tiedon perusteella saatiin selvitettyä merkittävimmät syöttölaitteiden häiriölähteet soluittain ja komponentteittain. Tämä tieto ei kuitenkaan riittänyt, jotta korjaavat toimenpiteet olisi voitu käynnistää, vaan tarvittiin yksityiskohtaisempaa tietoa syöttölaittehäiriöiden synnyn syistä. Yksityiskohtainen tieto helpottaa päätöksen tekoa ja auttaa kohdistamaan toimenpiteet oikeaan paikkaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja viiveellä.

Selvitystyötä jatkettiin laatimalla kyselykaavakkeet, häiriöraportit, merkittävimmille soluille. Raporteissa syöttölaite oli jaettu tärkeimpiin osa-alueisiin, kuten lineaarin solun puoleiseen päähän, lineaariin ja tärymaljaan. Tässä käytettiin hyväksi aikaisemmin luotua raporttia, jota muokattiin tarpeisiin sopivaksi. Raportti laitettiin soluille 1, 2, 3, ja 5. Solulta 1 otettiin mukaan vain *Kierre* niminen komponentti, koska *Jousi* rajattiin pois täysin erilaisen syöttöprosessin vuoksi

Häiriöraportit olivat paikallaan 8-16.6.2011. Raportit vaihdettiin uusiin pääsääntöisesti päivittäin, jotta kirjaukset pysyivät selkeinä. Väliin mahtui yhden vuorokauden tuotannollinen seisokki, joten tutkimus kesti käytännössä 7 vuorokautta. *Rungon* raportti oli paikoillaan yhden vuorokauden vähemmän, koska tutkimustulosten ja kokemusten valossa *Runko* ei ensiksi tuntunut tärkeältä komponentilta. Komponentti päätettiin kuitenkin ottaa mukaan tutkimukseen valvomon näyttämien syöttöongelmien vuoksi. Raporttien häiriömerkinnät tehtiin kokoonpanoasettajien, huoltomiesten ja tuotantoteknikkojen toimesta käyttäen tukkimiehen kirjanpitoa. Häiriöraporttien tulokset kasattiin osakohtaisesti yhteen. Tulokset ovat luettavissa taulukosta 2.

Taulukko 2. Syöttölaitteiden häiriöraporttien seurantalokset aikaväliltä 8-16.6.2011.

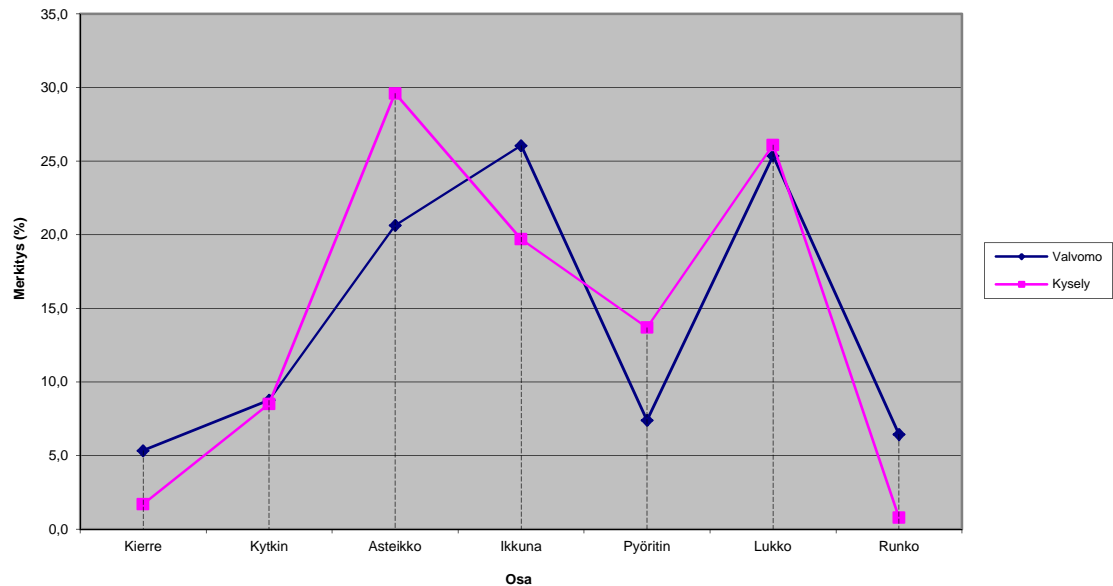
OSA	ALUE										Häiriöitä yhteensä kpl
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kierre	3	0	5								8
Kytkin	14	4	11	3	2	7					41
Asteikko	2	0	24	4	0	113					143
Ikkuna	38	1	0	0	1	1	5	0	0	49	95
Pyörin	17	0	2	14	0	6	18	9			66
Lukko	86	0	1	39							126
Runko	0	0	4	0							4
											Yht. 483 kpl

6.3 Häiriöraporttien ja valvomon tulosten vertailu

Häiriöraporttien ja valvomon antama tieto koottiin samaan kuvioon 24. Valvomon antamasta tiedosta on poistettu *Jousen*, *Napin*, *Laakerin* ja *Ruuvien* häiriöajat (11,8 %). Loppujen komponenttien häiriöajat muodostavat vertailussa 100 % ja osakohtaiset tulokset jakautuvat sen mukaisesti.

Tulokset näyttävät silmämääräisesti tarkasteluna hyvin samankaltaisilta, kun verrataan osien tärkeysjärjestystä ja häiriön merkitystä. Kolme merkittävintä häiriönlähdettä ovat molemmissa tutkimuksissa samat, vaikka komponentit eivät olekaan samassa suuruusjärjestyksessä. Samankaltaisuus on merkittävä, vaikka valvomon mittaustulos kuvaa häiriöaikaa ja häiriöraporttien mittaustulos häiriöiden lukumäärää. Tuloksen samankaltaisuutta ei vähennä se, että tutkimuk-

set tehtiin eri aikoina, vaan tulos vahvistaa valvomon mittaustuloksen luotettavuuden ja toimenpiteet voidaan jatkossa kohdistaa merkittävimpiin häiriölähteisiin.



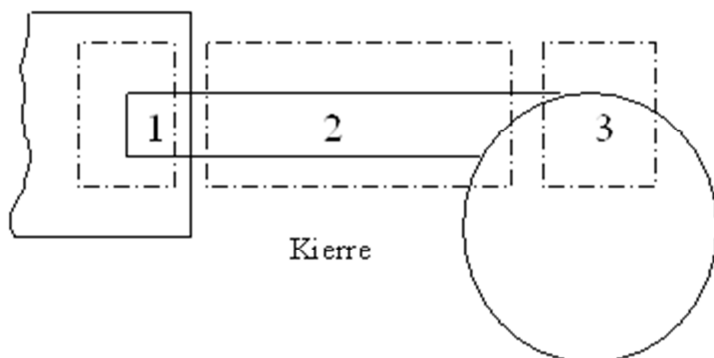
Kuvio 24. Häiriön merkitys komponenttikohtaisesti kahden eri tutkimuksen mukaan. Kolme komponenttia, *Asteikko*, *Ikkuna* ja *Lukko*, ovat merkittävimmät häiriölähteet.

6.4 Häiriöraporttien ja valvomon tulosten analysointi

Tuloksia kokoonnuttiin käsittelemään kahteen eri palaveriin. Ensimmäinen palaveri pidettiin 27.6.2011. Palaveriin osallistui kyseiselle kokoonpanolinjalle nimetty tuotantoteknikko, tukitoimintojen päällikkö, kyseisen kokoonpanolinjan hankintaan osallistunut projektipäällikkö, sekä tämän opinnäytetyön tekijä. Palaveri pidettiin juuri ennen tuotantolinjan syöttölaitteiden valmistajan asiantuntijan vierailua. Palaverin tarkoituksena oli laittaa ongelmakohtat tärkeysjärjestykseen ja miettiä mahdollisia alustavia ratkaisuja ongelmien poistamiseksi. Pääasiallisena tarkoituksena oli kuitenkin saada ongelmat jäsenneltyä niin, että ne voidaan esittää syöttölaitteiden valmistajan asiantuntijalle. Asioiden esittelijäksi nimettiin tuotantoteknikko, joka tulisi työskentelemään asiantuntijan kanssa vierailun yhteydessä.

6.4.1 Kierre

Kierteen osalle kokonaismerkintöjen määrä on 8, jota jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Alueet on merkitty kuvioon 25.

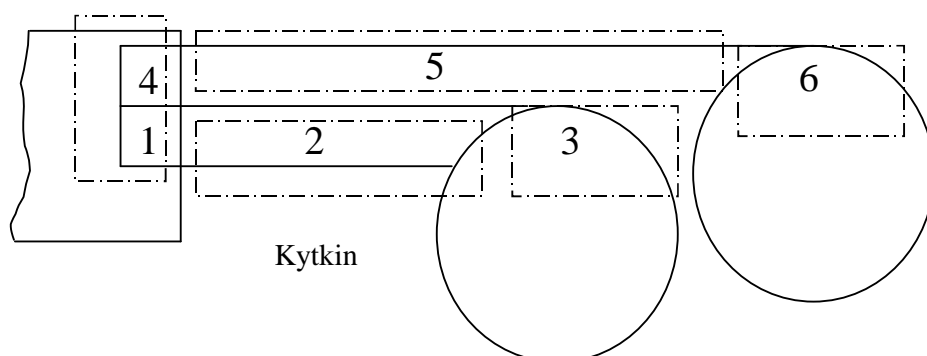


Kuvio 25. *Kierteen* syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Häiriöseurannan mukaan ongelmat ovat lineaarien päässä (alue 1) ja tärymaljassa (alue 3). Päätimme, että kyseinen osa ei vaadi jatkotoimenpiteitä vähäisten häiriöiden vuoksi, vaikka ongelmia olikin aikaisemmin esiintynyt.

6.4.2 Kytkin

Kytkimen osalle kokonaismerkintöjen määrä on 41, jotka jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Seurattavat alueet on merkitty kuvioon 26.



Kuvio 26. *Kytkimen* syöttölaitteiston seurattavat alueet.

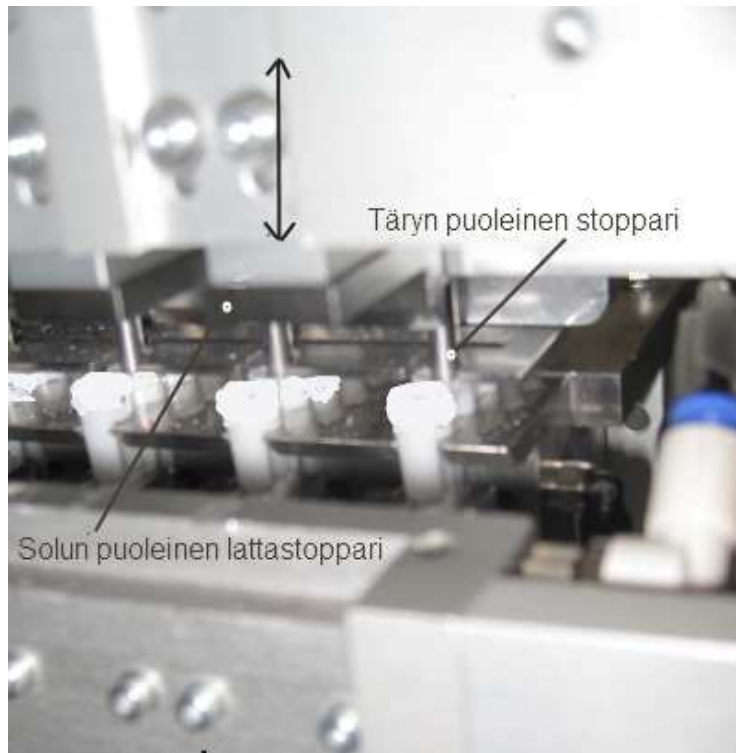
Häiriöseurannan mukaan ongelmat ovat lineaarien päässä alueella 4 (kuva 15) ja tärymaljassa alueilla 3 ja 6 (kuva 16). Alueiden 3 ja 6 häiriöt aiheutuvat lyttyyn painuneesta osasta ns. *haitarikytkimestä*, joka syntyy ruiskuvaluprosessin ulostyöntövaiheessa. Alueen 4 ja 1 ongelmat johtuvat lineaarin ja sillan¹⁴ välisestä liitoskohdasta ja varsinkin komponentin asennosta solun puoleisen stopparin, latan, alla.

Komponentit kulkevat lineaarilta sillalle. Sillalla olevat kappaleet liikkuvat eteenpäin lineaarilla olevien kappaleiden paineesta. Tärymaljan puoleinen stoppari erottaa yksittäisen komponentin vapaaksi tästä paineesta. Solun puoleinen lattastoppari pitää komponentin suorassa, kunnes tarttujen tarraa siihen. Tällöin solun puoleinen lattastoppari väistyy ja tarttujen poimivat komponentin soluun. Tärymaljan puoleinen stoppari laskee uuden komponentin, jonka solun puoleinen lattastoppari asemoi paikoilleen seuraavaa työkiertoa varten.

Ongelmat johtuvat komponentin mahdollisesta kallistumisesta solun puoleisen lattastopparin alla. Jos komponentti kallistuu, niin silloin valokuituanturi ei lue komponenttia paikalla olevaksi ja syntyy häiriö. Lattastopparin ja komponentin välisellä ilmaraolla, asetuksella, on suuri merkitys tähän häiriöön. Kuvassa 15 on lineaarin pää,

On selvittävää, onko lineaarin päätä mahdollista tukea oikean kohdistuksen varmistamiseksi. "Haitariongelma" täytyy keskustella muottihuollon kanssa, jotta selviää onko mahdollista tehdä pinnoitusta muotin osiin tai ennakkohuoltoa muotille. Onko solun puoleisen lattastopparin säädöille tehtävissä jotain, jotta kappaleiden kallistumisesta johtuvat häiriöt vähenisivät.

¹⁴ Silta on kiinteä, tärisevä osa lineaarin jälkeen, jossa osan paikoitus tapahtuu ennen soluun siirtoa.



Kuva 15. Lineaarin pää.

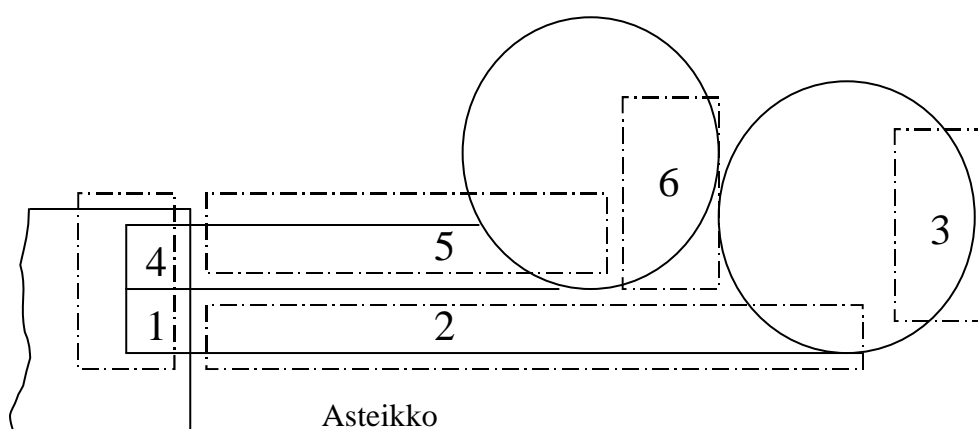


Kuva 16. "Haitarikytkimien" jumiutumisaikka tärjymaljalla.

6.4.3 Asteikko

Asteikon osalle kokonaismerkintöjen määrä on 143, jotka jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Seurattavat alueet on merkitty kuvioon 27.

Häiriöseurannan mukaan merkittävimmät ongelmat ovat tärymaljojen alueilla 6 ja 3. Alueet 6 ja 3 ovat tärymaljojen viimeiset kaarteet. Erikoisesti ihmetyttivät alueen 6 suuri häiriöiden lukumäärä verrattuna alueeseen 3. Komponentit jäävät kiinni kaarteeseen, jossa ne kulkevat pystyssä laipan varassa (kuva 17). Nopeuserot kaarteessa eri ratojen välillä ja kappaleiden kallistuminen voivat olla yhtenä syynä häiriöihin. Lisäksi pyörötäryn säätimen alhaiset tehoasetukset johtuen säätimen sulakkeen jatkuvasta palamisesta saattavat vaikuttaa negatiivisesti komponenttien sujuvaan liikkeeseen aiheuttaen häiriöitä. Mitkään edellä mainitut seikat eivät kuitenkaan selitä alueiden 3 ja 6 välistä suurta eroa häiriömäärissä.



Kuvio 27. Asteikon syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Pieni määrä häiriöitä aiheutui lineaarin päässä alueilla 1 ja 4. Nämä ongelmat saattavat johtua siitä, kun komponentit menevät lineaarilta siltaosalle tai siltaosalta erottimelle.

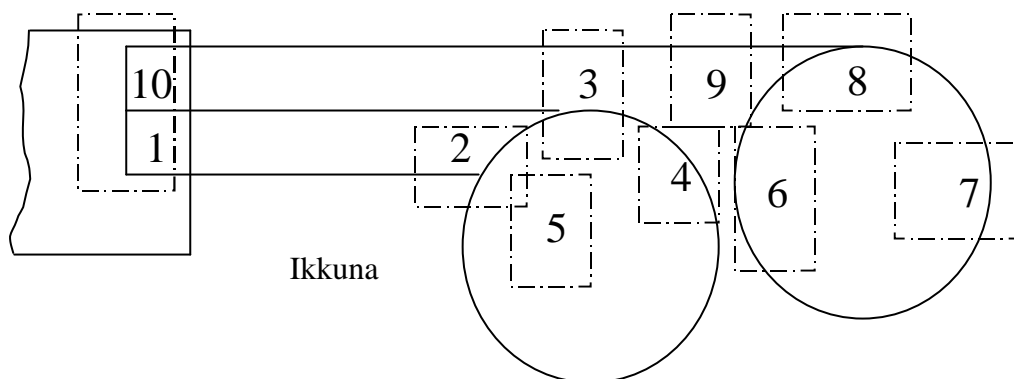
Syöttölaitteiden asiantuntija korjaa sulakkeen palamista aiheuttavan vian, jolloin selviää nopeuden vaikutus häiriöihin. Lineaarin pään tuenta saattaisi auttaa alueiden 4 ja 1 ongelmiin.



Kuva 17. Asteikon häiriöpaikka 6 tärymaljassa.

6.4.4 Ikkuna

Ikkunan osalle kokonaismerkintöjen määrä on 95, jotka jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Seurattavat alueet on merkitty kuvaan 37.



Kuvio 28. Ikkunan syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Häiriöseurannan mukaan ongelmat ovat lineaarien päässä alueilla 1 ja 10 (kuva 18). Ongelmat johtuvat kappaleiden juuttumisesta lineaarin ja sillan liitoskohtaan ja erikoisesti kappaleiden kallistumisesta erottelijassa¹⁵. Kallistuminen joh-

¹⁵ Erottelija siirtää lineaarilta siirtyneen komponentin tarjolle solun tarttujalle samassa asennossa kuin se on ollut lineaarilla. Komponenttia ei käännetä erikseen oikeaan asentoon ennen solulle siirtoa.

tuu sillan kannen ja komponentin välisestä ilmaraosta, säädöstä, aivan kuin Kytkin komponentilla. Valokuitu ei lue kallistunutta komponenttia oikein asemointuneeksi ja syntyy häiriö. Lisäksi on mahdollista, että komponentteja on joutunut lineaarille väärässä asennossa. Tämän vian aiheuttaa pyörötärn huono erottelukyky.

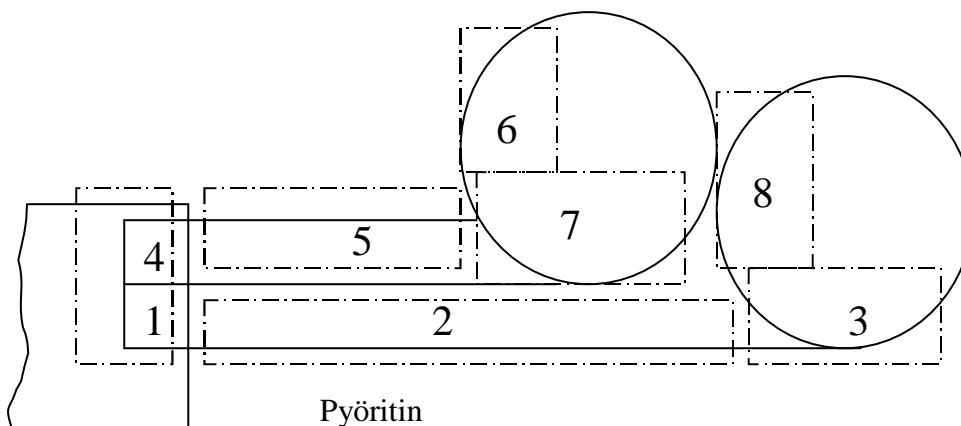
Mahdolliseksi avuksi ajateltiin lineaarin tuentaa oikean kohdistuksen varmistamiseksi siltaan nähden. Onko erottelijan kannen ja komponentin ilmaraolle löydettävissä oikeaa asetusta?



Kuva 18. Lineaarin päässä siltaosalla olevat stopparisylinterit laskevat vain yksittäisen komponentin erottelijaan.

6.4.5 Pyöritin

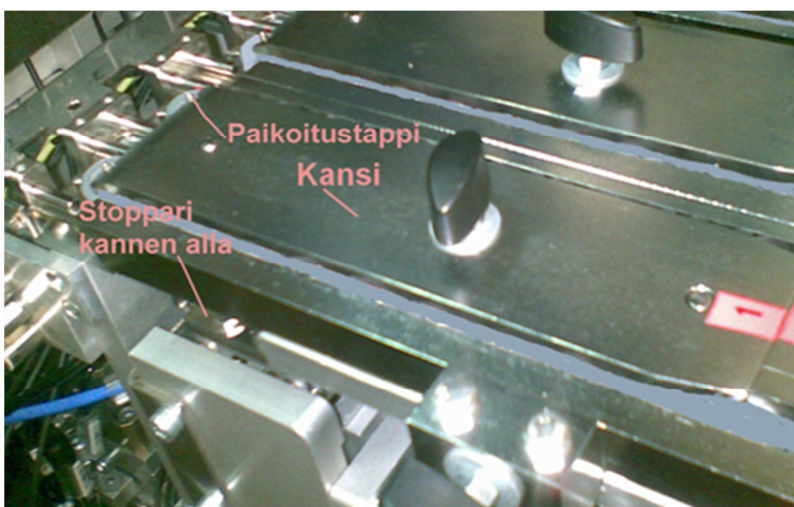
Pyörittimen kokonaismerkintöjen määrä on 66, jotka jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Seurattavat osa-alueet on merkitty kuvioon 29.



Kuvio 29. Pyörittimen syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Häiriö seurannan mukaan ongelmat ovat lineaarisen päässä (alueet 1 ja 4) ja pyörötäryillä (alueet 7 ja 8). Lineaarisen päässä (kuva 19) ongelmien ajateltiin johtuvan joko lineaarisen kansien hienoisesta paksuuserosta, jonka johdosta kappaleet jäävät jumiin lineaarisen ja erottelijan liitoskohtaan tai stopparisynterin toiminnasta.

Stoppari pysäyttää kappaleen ja tunnistaa osan asennon. Syöttölaitteelta väärinpäin tulevat osat puhalletaan sivuun, pois syöttöprosessista. Näissä tapauksissa on puhalluksella korjattu oireita, eikä perussyitä, joka on syöttölaitteistolla ennen lineaaria. Oikein päin olevat osat jatkavat matkaansa yksi kerrallaan erottelijalle, johon ne paikoitetaan alta työntyvän tapin avulla odottamaan poimintaa solulle.

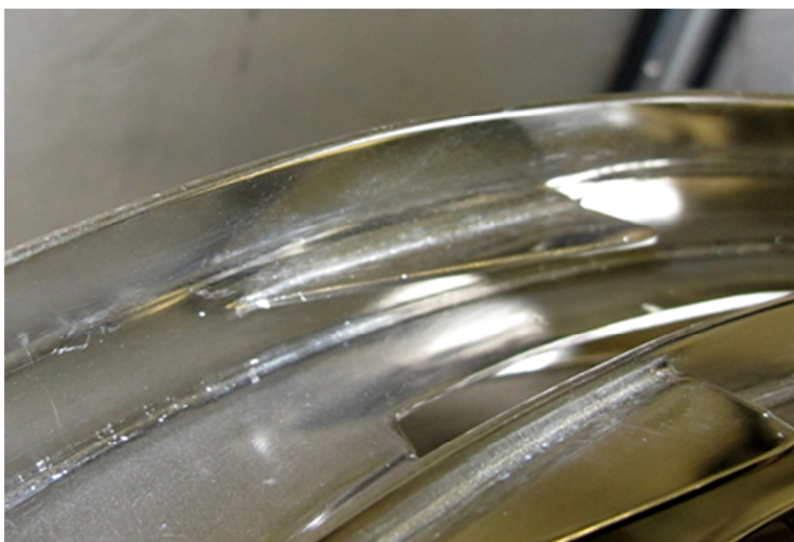


Kuva 19. Lineaarisen päässä, jossa näkyy paikoitustapin pysäyttämä osa, stopparin paikka kannen alla ja kansi.

Komponentit saapuvat tärymaljalta haaroittimeen, missä komponentit jaetaan lineaarin neljälle radalle. Ongelmat alueilla 7 ja 8 johtuvat tukoksista, jotka syntyvät komponenttien siirtyessä haaroittimesta lineaarille (kuva 20) tai erilaisista tärymaljan erottimista (kuva 21), joiden tehtävänä on poistaa väärinpäin olevat komponentit tärymaljan radalta. Mahdollisena korjaavana toimenpiteenä ajateltiin lineaarin ja erottajan välisen kohdistuksen varmistusta korkeus- ja sivusuunnassa.



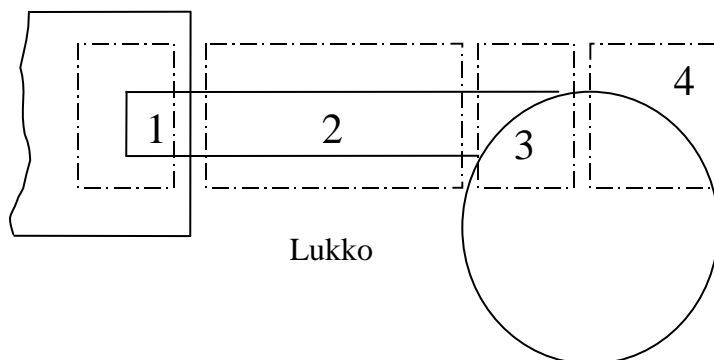
Kuva 20. Komponentit siirtyvät haaroittimesta lineaarille, jossa liitospalan epä-jatkuvuuskohta ennen lineaaria aiheuttaa tukoksia.



Kuva 21. Pyörötäryllä olevia suuntaamislaitteita, joiden alle komponentit helposti ruuhkautuvat.

6.4.6 Lukko

Lukon kokonaismerkintöjen määrä on 126, jota jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Alueet on merkitty kuvioon 30.



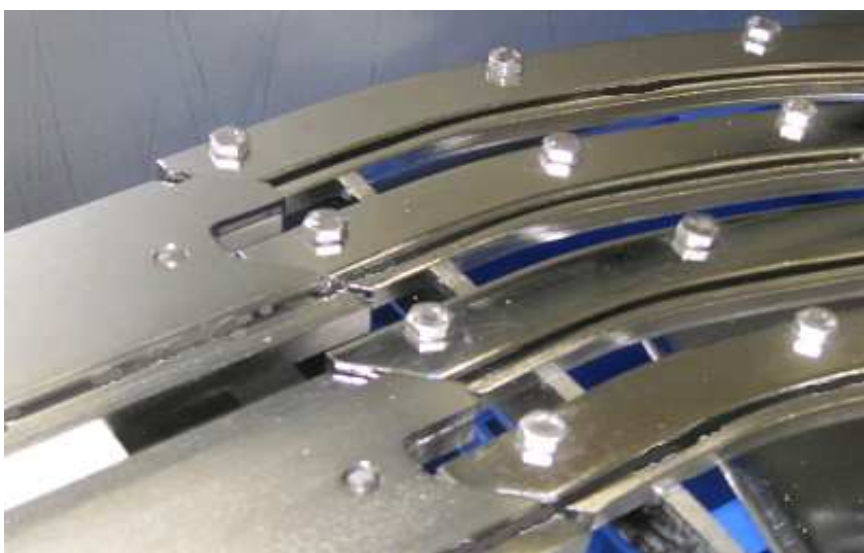
Kuvio 30. *Lukon* syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Häiriöseurannan mukaan ongelmat ovat lineaarin päässä (alue 1) ja tärymaljassa (alue 4). Pahin ongelmakohta on lineaarin päässä. Komponentit siirtyvät lineaarilta suoraan erottimeen ilman siltaosan ylitystä. Komponentin pysyminen paikallaan erottimen liikkeen aikana on varmistettu alipaineella. Jos komponentti ei mene oikeassa asennossa erottimen pohjaan, niin valokuitu ei havaitse komponenttia, jonka johdosta stoppari ei toimi ja lineaarilla olevat komponentit työntyvät erottelijassa olevan komponentin päälle, mikäli kannen korkeusasetus on väärä. Tästä syystä erottelijan ja lineaarin kohdistus on erittäin tärkeää. Lisäksi jos kansi ottaa komponenttiin kiinni, niin komponentti voi irrota imusta erottelijan liikkeen aikana. Tämän johdosta komponentin poiminta oikeassa asennossa solulle vaikeutuu ja johtaa helposti häiriöön. Toimenpiteinä mietittiin lineaarin pään tuentaa ja säännöllistä puhdistusta, sekä tarvittaessa lineaarin ja erottelijan uudelleen kohdistusta.

Tärymaljassa ongelmaksi on muodostunut komponenttien jumittuminen ja väärinpäin kääntyneet komponentit suuntaamislaitteella (kuva 22). Toimenpiteeksi ajateltiin puhdistusta ja tarvittaessa suuntaamislaitteen leveyssäätöä. Toinen potentiaalinen häiriöpaikka on tärymaljan ja lineaarin liitoskohta (kuva 23), vaikka tätä kohtaa ei tutkimuksen aikana havaittukaan ongelmaksi.



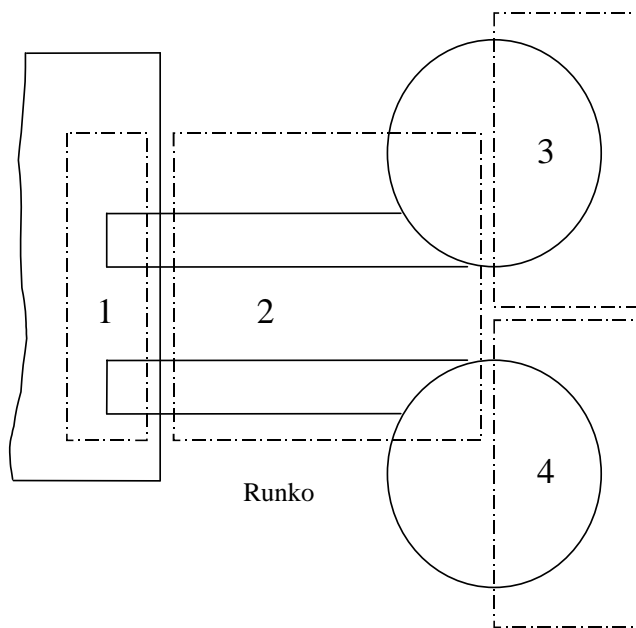
Kuva 22. Tärymaljan jumipaikka, suuntaamislaitte (alue 4).



Kuva 23. Tärymaljan ja lineaarin liitoskohta (alue 3) on potentiaalinen häiriöpaikka. Ongelmia ei tosin seurannan aikana juurikaan ilmennyt.

6.4.7 Runko

Rungolle kokonaismerkintöjen määrä on vain 4, jotka jakautuvat taulukon 2 mukaisesti. Seurattavat alueet on merkitty kuvioon 31.



Kuvio 31. *Rungon* syöttölaitteiston seurattavat alueet.

Häiriöseurannan mukaan ongelmat ovat vähäisiä ja nekin vähäiset häiriöt ovat vain toisessa tärymaljassa. Keskusteluissa tuli ilmi, että alueen 3 tärymaljan nopeus vaihtelee itsestään. Toimenpiteeksi sovittiin tarkastus, minkä tekee syöttölaitteiden asiantuntija.

7 TOIMENPITEET

7.1 Suunnitellut toimenpiteet ja toteutukset syöttölaitteasiantuntijan käynnin jälkeen

Toinen palaveri pidettiin 4.7.2011 syöttölaitteiden asiantuntijan vierailun jälkeen. Tämän palaverin tarkoituksena oli keskustella ehdotetuista ja tehdyistä toimenpiteistä ja tehdä päätöksiä jatkon suhteen. Läsnä olivat tuotantoteknikko, tuki-toimintojen päällikkö, kehityspäällikkö ja tämän opinnäytetyön tekijä.

7.1.1 Yleistä

Tuotantoteknikon mukaan linja oli hyvässä kunnossa. Pääasiallisena käynnin tarkoituksena oli *Asteikon* tärysäädinkomponentin (asema 7) toistuvan palamisen korjaaminen. Korjaamisen jälkeen oli aikaa jäänyt myös muiden ongelmien seuraamiseen. Yhteistyö oli ollut niin hedelmällistä, että Medisize sai asiantuntijan suorat yhteystiedot. Tulevaisuudessa kaikkia asioita ei tarvitse enää keskustella kokoonpanolinjan toimittajan välityksellä, jolloin on vaarana, että osa yksityiskohtaisesta tiedosta suodattuu pois.

7.1.2 Kytkin

Syöttölaitteistosta yritettiin löytää paikka, jossa ruiskuvalussa satunnaisesti syntyvät vahingoittuneet komponentit voidaan poistaa syöttöprosessista. Viallisten komponenttien poistaminen estäisi tukokset, jotka aiheuttavat syöttölaitteiston häiriöt. Asiantuntijan mukaan ”haitareita” ei saada eroteltua pois nykyisellä syöttölaitesysteemillä. Asiantuntijalla ei ollut muita kommentteja *Kytkimestä*.

7.1.3 Asteikko

Tarkemmassa tutkimuksessa selvisi, että jos lineaarilla ei ole tarpeeksi osia, niin silloin liikkuvuus lineaarilla hidastuu, joka aiheuttaa häiriöitä lineaarin päähän alueille 1 ja 4.

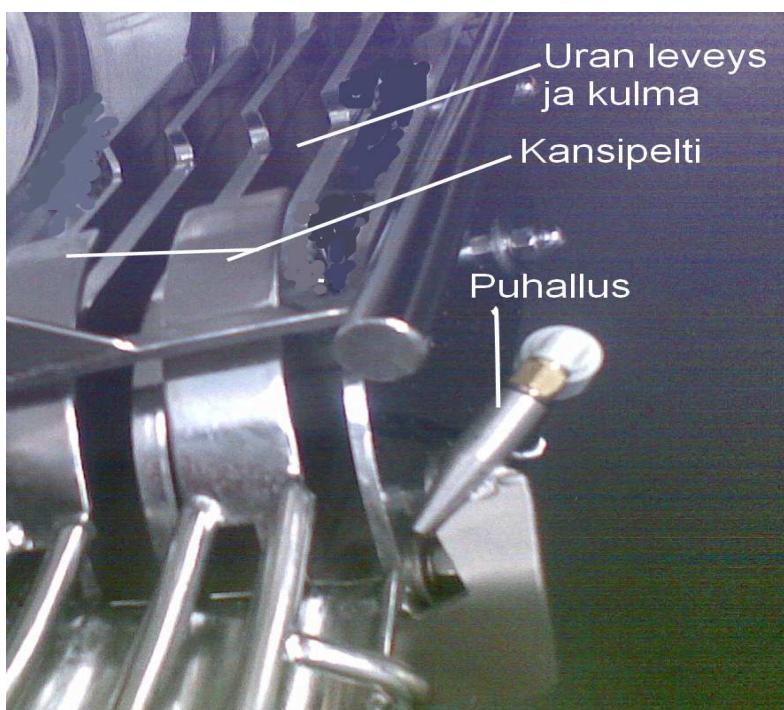
Tärymaljasta löytyi lommo kaarteesta, mutta tuotantoteknikon mukaan komponentit eivät siihen juurikaan takerrelleet. Lisäksi säädettiin ratojen leveyttä (kuva 17 sivulla 66). Aluksi syöttö näytti toimivan hyvin, mutta jo seuraavassa vuorossa havaittiin ongelmia. Säättötoimenpiteitä jatkettiin kokeilemalla erikokoisia aluslevyjä ja lopulta päädyttiin 0,3 mm paksuihin aluslevyihin. Tärymaljan

loppukaarteessa oli ruuviinnitteinen ohjainpala, joka oli hieman ulkoneva. Tämä korjattiin säätämällä välykset pois, jolloin pykälä poistui.

Muita havaintoja olivat, että lineaarin pään kohdistuksen ja stopparisylintereiden on oltava kunnossa, jotta tuotto on hyvällä tasolla.

Tärysäädinkomponentin korjauksen ja syöttölaitteiston säätöjen jälkeen kaikki lineaarin radat täyttyivät tasaisesti. Syöttönopeutta pystyi lisäämään, koska tärysäädin toimi nyt oikein.

Myöhemmässä tarkastelussa havaittiin alueiden 6 ja 3 suuren eron mahdollisesti johtuvan tärymaljojen erilaisuudesta. Aseman 7 (alue 3) tärymaljan syöttöä komponentin käännön kohdalla (horisontaalisesta asennosta vertikaaliin asentoon) oli varmistettu puhalluksella. Asemasta 8 (alue 6) puhallus puuttui kokonaan. Muita mahdollisia eroja ovat ratojen leveys, kallistuskulma ja muoto, sekä käännön kansipellin muoto ja syöttönopeus. Näitä eroavaisuuksia on esitelty kuvassa 24.



Kuva 24. Mahdollisia eroavaisuuksia, jotka saattavat vaikuttaa alueiden 3 ja 6 erilaiseen häiriömäärään.

Lisäksi lineaarin pään stopparisylinterit vaihdettiin joustavaan malliin, joka sallii epätarkemman asennuksen ja kuluminen on mahdollisesti pienempää. Viikolla

36 muutettiin myös ns. susitusstopparin toimintaa siten, että se toimii vain kun kokoonpanoa ei haluta jatkaa, eli alikokoonpano on hylkykappale.

7.1.4 Ikkuna

Aikaisempiin pohdintoihin saatiin varmistusta: lineaarin ja sillan kohdistus, sekä kannen korkeus ovat merkittäviä seikkoja häiriöiden syntyyn. Tässä yhteydessä varmistui myös se, että kannen korkeutta ei ole tarkoitettu säädettäväksi, mutta paikka voi muuttaa koko lineaaria nostamalla.

Syöttö toimi tarkastuksen aikana hyvin. Pitkä lineaari ja pieni komponentti varmistaa ison makasiinin ennen lineaarin päätä. Tästäkin syystä maljätärlyn toiminta ei ole niin kriittistä, kuin lineaarin pään toiminta. Asiantuntijan yleinen kommentti oli: ”Kun on erilaisia ”väkäsiä” ja ulokkeita, niin komponenttien takerumisia tapahtuu ajoittain.”

7.1.5 Pyöritin

Haaroitin todettiin *Pyörittimen* ongelmakohdaksi (kuva 20 sivulla 69). Komponentit takertelevat eniten kahdelle radalle, radoille 2 ja 3. Jos haaroitin on tyhjentynyt, niin ratojen täytyminen alkaa radalta 1 jatkuen radalle 2 ja 3,. Viimeiseksi alkaa täytyä rata 4 (kuvassa 20 ruuvimeisselin kärki osoittaa rataa 4).

Yhdeksi korjaavaksi toimenpiteeksi ajateltiin haaroittimen jälkeisten ratojen täytymisjärjestyksen ohjaamista mekaanisesti. Toiseksi syöttöä parantavaksi toimenpiteeksi todettiin puhdistus. Asiantuntija oli havainnut syöttölaitteen heikon tuoton. Korjaaminen oli tapahtunut kiillottamalla tärymaljaa Indusol-pesuaineeseen kostutetulla siivouspyyhkeellä. Kiillotuksessa siivouspyyhke oli mustunut ja komponentit olivat taas alkaneet liikkua tärymaljassa.

7.1.6 Lukko

Ongelmaksi osoittautuivat radat 3 ja 4, joissa komponentti kiilautui toisen komponentin päälle, aivan kuin aikaisemmin oli havaittu. Syyksi epäiltiin, että kannen korkeusasetukset eivät ole vielääkään oikeat ja kansi voi olla jopa hieman kiero. Jos komponentti ei jostain syystä mene erottimen pohjaan, niin silloin valokuitu ei havaitse komponenttia ja stopparisylinterit eivät toimi. Komponentit pääsevät ahtautumaan erottelijassa olevan komponentin päälle, jos kansi ei ole tarpeeksi alhaalla. Korjaavana toimenpiteenä tehtiin ainoastaan kannen korkeuden säätö.

7.1.7 Runko

Rungon ongelmat olivat tutkimuksen mukaan vähäisiä ja vain toisessa tärymaljassa. Epäiltiin, että tärymaljan ongelmat johtuvat itsestään vaihtelevasta syöttönopeudesta. Syytä nopeuden vaihteluun ei tiedetty. Asiantuntijalta ei saatu mitään selvää kommenttia, mistä ongelmat voisivat johtua. Mahdolliseksi ongelman aiheuttajaksi arvailtiin ympäristöolosuhteiden, kuten lämpötilan muutoksia. Mitään toimenpiteitä ei tehty, vaan päätettiin seurata tilanteen kehittymistä.

7.1.8 Yhteenveto tarkastuksesta

Aikaisemmin mietityt lineaarin päiden tuennat eivät saaneet asiantuntijan varauksetonta tukea, koska tuenta muuttaa värähtelyominaisuuksia (ominaistajuutta) ja voi niin ollen vaikuttaa tuottoa alentavasti.

Yhdeksi vaihtoehdoksi mietittiin kriittisimpien paikkojen valokuvausta. Tällä tavalla saataisiin tallennettua ainakin tietyn hetken tärkeimmät asetukset säätimisestä ja mekaanisesti kriittisimmät paikat syöttölaitteista.

Yhdeksi konkreettiseksi toimenpiteeksi päätettiin Asteikon syöttölaitteiden tiukkojen ratojen levennys säätölevyjä käyttäen. Säätölevyjen paksuus täytyy testata pitkällä aikavälillä.

Puhdistus on hyvä, halpa ja nopea huoltotoimenpide syöttöongelmiin. Kaikkea ei voi puhdistaa (kiillottaa), joten paikat on määriteltävä tarkasti. Normaalilla ylläpitopuhdistuksella ei todennäköisesti ole riittävän voimakasta positiivista vaikutusta komponenttien syöttöön.

7.2 Muut suunnitelmat ja toteutukset

7.2.1 Osat vielä kerran

Asteikon säätötoimenpiteitä jatkettiin vaihtamalla aluslevyjen paksuutta. Näyttää siltä, että paikka on niin herkkä, että eri muottien samanlaiset osat kulkevat eri tavalla eri radoilla. Aseman 8 radoilla 3 ja 4 on 0,2 mm paksuiset aluslevyt, kun taas radoilla 1 ja 2 käytetään 0,3 mm paksuisia aluslevyjä. Lisäksi asemalle 8 lisättiin samanlainen ilmapuhallus kuin asemalle 7 on jo alun perin asennettu. Lisäksi aseman 8 tärymaljan nopeutta piti säätää pienemmälle, jotta rata 1 täyttyy paremmin ja toiminta on varmempaa kansipellin kohdalla (kuva 24). Myöhemmin aluslevyjen kokoa piti edelleen muuttaa. Tähän mitä ilmeisimmin on syynä osien vaihtelu muottikohtaisesti. Tarkan kontrollin vuoksi vaihtelu on millin sadasosia, joten voidaan sanoa, että syöttölaite on liian herkkä komponenttien mittavaihtelulle.

Ikkunan stopparisylintereihin päätettiin kokeilla samanlaisia joustavia sylinterejä (kuva 25) kuin *Asteikolle* asennettiin. Aiemmin tutkittua tietoa joustavan sylinterin kestoajoista ei ollut vielä saatavilla, mutta harmiakaan niistä ei ole aiheutunut, joten kokeilu päätettiin toteuttaa myös tässä kohteessa. Lisäksi asemasta korjattiin ohjelmointivirhe, joka aiheutti kappaleiden kallistumisen. Jos kappaletta ei poimita solulle (osakokoonpano menossa hylkyyn), niin tappi, joka tukee

komponenttia erottelijan siirtyessä etuasentoon, ei enää olekaan yläasennossa tukemassa komponenttia, kun erottelija siirretään alkuasentoon. Ohjelmoija on tehnyt virheen ajatellessaan paikan olevan aina tyhjä, kun erottelija palaa alkuasentoon.



Kuva 25. Joustavalla sylinterin varrella varustetut stopparisylinterit.

Pyörittimen syötössä havaittiin nopeusongelma. Komponentit eivät painautuneet ylimmän radan ulkolaitaan, vaan kulkivat radan reunaan. Tämän seurauksena osat putosivat liian usein tärymaljan pohjalle, jolloin syöttö oli tehotonta. Puhdistus Indussoliin kostutetulla siivouspyyhkeellä toimi korjaavana toimenpiteenä, aivan kuin asteikolla. Muita tällä tavoin puhdistettavia kohteita ei ole vielä määritetty.

8 POHDINTA JA JATKOKEHITYSIDEAT

Mietin, kuinka paljon tehdyt toimenpiteet ovat voineet muuttaa tilannetta. Onko-
han tehdyillä toimenpiteillä päästy eteenpäin päätavoitteessa OEE:ssa ja ovatko
syöttölaitteet edelleen pullonkaulana. Halusin myös tietää, ovatko tiedot syöttö-
laitteiden toiminnasta ja merkityksestä lisääntyneet. Näihin ajatuksiin pyrin löy-
tämään vastauksia tutkimalla ja analysoimalla syksyn 2011 tuottotietoja ja syöt-
tölaitevalvomon tallentamaa tietoa viikolta 44. Lisäksi pohdin nykytilaa läpikäy-

dyn prosessin kokemuksiin perustuen. Tulevaisuuden jatkotoimenpiteitä arvioin näiden asioiden käsittelyn jälkeen.

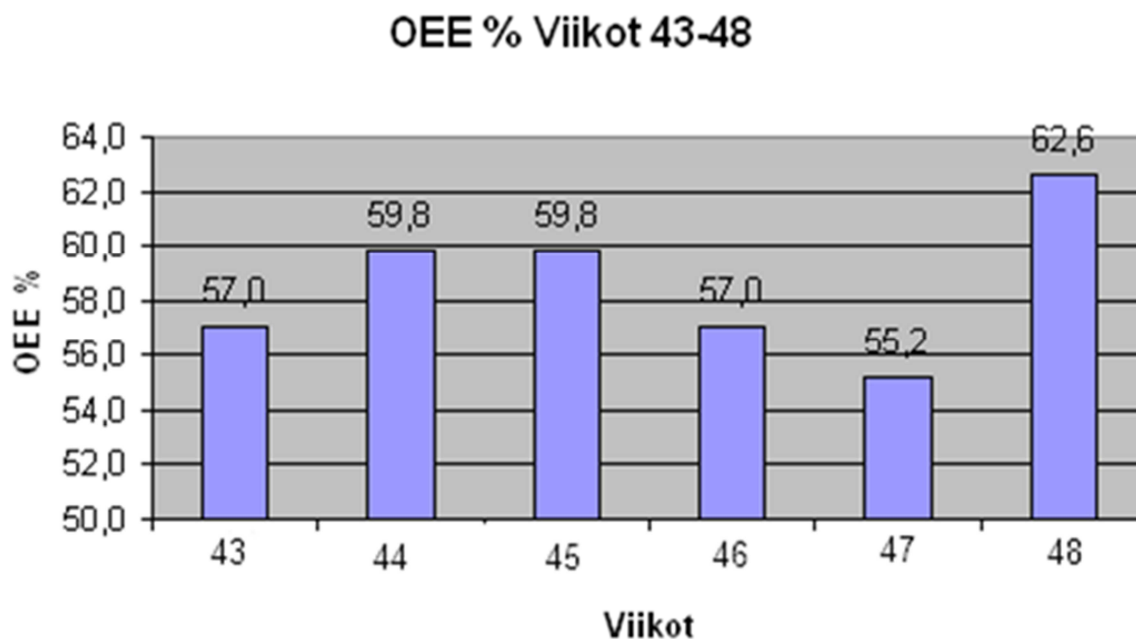
8.1 Mitattuun tietoon perustuva muutos

8.1.1 OEE

Ensimmäisiä viitteitä valvomon vaikuttavuudesta saatiin jo heti valvomon pystytyksen, tiedotuksen ja kyselyn jälkeen. OEE laskettiin viikoilta 19–25 vuororaporttien tuottoon perustuen. Tämä seitsemän viikon keskimääräinen OEE oli noussut 53,6 prosenttiin. Vaikka nousua oli alle 1 prosenttiyksikköä verrattuna lähtötietoihin, niin ”vire” tuntui kuitenkin positiiviselta. Lisäksi muista asioista johtuvat ongelmat heikensivät tuottoa tutkimukseen sisältyvän kahden viikon aikana. Reilua nopeiden voittojen ”early wins” -tilannetta ei kuitenkaan saatu aikaan.

Toimenpiteiden vaikutusta selvitettiin tekemällä viikolla 44 samanlainen tutkimus kuin viikolla 18 tehtiin. Laskentaan otettiin mukaan 17 vuoroa ja siivousvuoro poistettiin, aivan kuten tehtiin viikon 18 tiedoille.

Viikon 44 OEE oli 59,8 %. Tässä on huima nousu verrattuna viikon 18 (51 %) lukuihin. Tarkasteltaessa pidempää ajanjaksoa viikoilta 43–48 on keskimääräinen OEE 58,6 %. Yksittäisten viikkojen jakauma näkyy kuviossa 32. Nousua pitkän ajan (lähtötilanne) lukemiin on runsaat 5 prosenttiyksikköä. Tavoitelukemasta, 61,6 %, ollaan kuitenkin yhä jäljessä 3 prosenttiyksikköä. Tuotonkehitys on kuitenkin ollut oikeansuuntainen. Tuottavuus on kasvanut yli 10 % pitkän ajan keskimääräiseen tuottoon verrattuna.

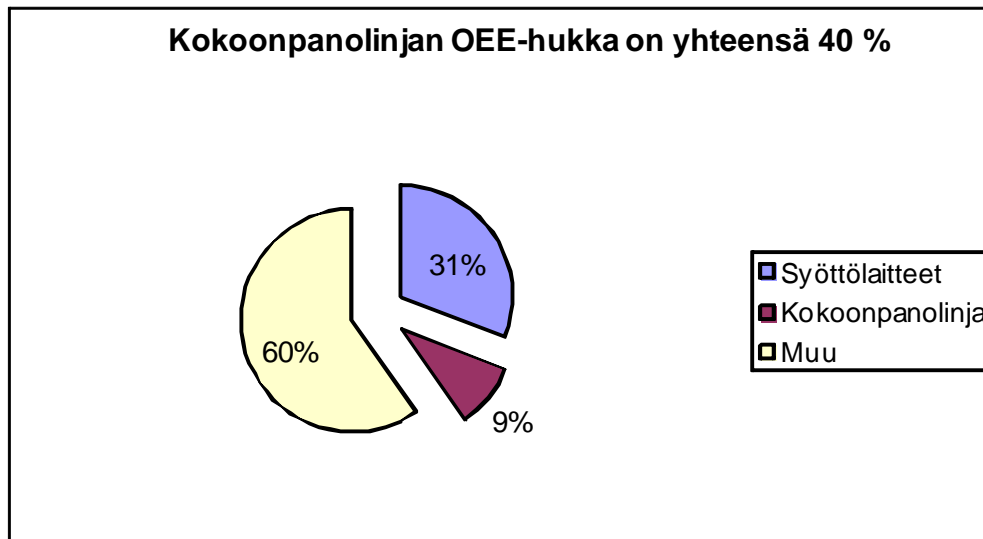


Kuvio 32. OEE:n jakautuminen viikoilla 43–48.

Vahvaan OEE:n kasvuun on varmaankin pääasiassa vaikuttaneet muuttuneet vuorojärjestelyt, jotka mahdollistavat keskeytymättömän tuotannon ja erinomaiset, motivoivat edut. Syöttöjärjestelmät ovat kuitenkin joutuneet todelliseen testiin, koska solut ja koko kokoonpanolinja ovat käyneet enemmän vaatien syöttölaitteilta suurempaa tuottoa aikayksikköä kohti.

8.1.2 OEE:n tarkempaa analysointia

Kokoonpanolinjan automaattisten testilaitteiden hävikki oli 3,8 % viikolla 44. Kokoonpanolinja on siis käynyt 63,5 % kokonaisajasta. Valvomon keräämän aineiston pohjalta on laskettu syöttölaitteiden aiheuttama hävikki, joka oli noussut 12,4 prosenttiin aikaisemmasta 10 prosentista. Syöttölaitteiden kokonaishäiriöaika oli noussut lähes 17 tuntiin. Kuvio 33 näkee kokonaistuottohävikin (40 %) jakautumisen eri osa-alueiden kesken.



Kuvio 33. Kokoonpanolinjan tuottohukan jakautuminen viikolla 44.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että syöttölaitteiden tuotto on huonontunut ja kaikki tehdyt toimenpiteet ovat valuneet hukkaan. Asia on kuitenkin päinvas-
toin.

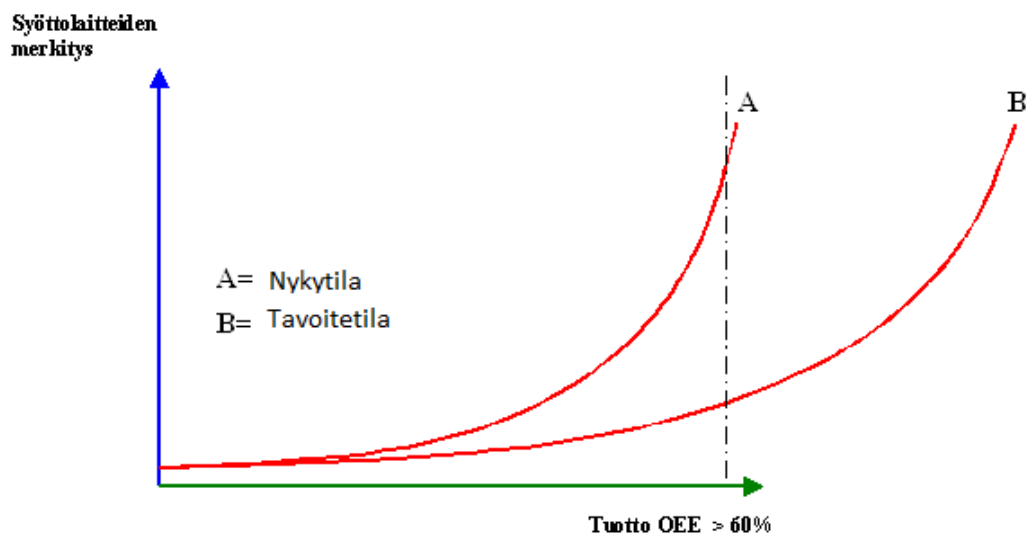
Linjan solujen käynnin parantuessa solut ovat vähemmän aikaa häiriössä ja niin ollen kokoonpanolinjan käyntiaika lisääntyy. Tämä merkitsee sitä, että syöttölaitteiden käyntiaika lisääntyy myös samassa suhteessa, koska syöttölaitteet käyvät vain silloin, kuin linjakin käy. Vain makasiinien täyttö (linearijohteet) jatkuu jonkin aikaa solun pysähtyessä häiriöön.

Edellisen perusteella voidaan ajatella, että syöttölaittehäiriöiden määrä kasvaa linjan käyntiajan kasvun suhteessa. Jos linja käy 30 minuuttia tunnista, niin vain tämän 30 minuutin aikana voi syntyä syöttölaittehäiriöitä. Linjan käynnin parantuessa 40 minuuttiin (parannusta 33 %) johtaa tämä syöttölaittehäiriöiden lisääntymiseen 33 %:lla. Näin tapahtuu yksinkertaistetussa mallissa.

Todellisuudessa syöttölaittehäiriöiden kasvu ei ole suorassa suhteessa kokoonpanolinjan tuoton kasvuun johtuen mm. syöttölaitteiden tasaisemmasta käynnistä, joka johtaa häiriöttömämpään syöttöprosessiin. Toisaalta linjan parempi tuotto vaatii suurempaa tuottoa myös syöttölaitteilta. Makasiinien tyhjentyminen on nopeampaa ja niiden täyttöön on vähemmän aikaa, koska linja on harvemmin

häiriössä. Linjan häiriöiden vähentyminen lisää syöttölaitteiden häiriöitä, minkä seurauksena syöttölaitteiden merkitys OEE:n kasvuun lisääntyy.

Edellisen teorian perusteella voi väittää, että syöttölaitteiden merkityksen muutos kapasiteetille linjan OEE:n kasvaessa ei ole lineaarinen, vaan enemmänkin eksponentiaalinen (kuvio 34). Alhaisen OEE:n aikaan häiriöiden painopiste on soluissa. Muiden häiriöiden vähentyessä syöttölaittehäiriöt lisääntyvät. Tämä tuntuu fyysisesti asettajien toiminnassa: asettajat joutuvat kuittaamaan linjan pysäyttävät häiriöt. OEE:n kasvaessa syöttölaittehäiriöiden kasvu on näkynyt lisääntyneenä syöttölaitteiden raportointina vuororaporteissa. Kuviossa 34 käyrä B kuvaa tavoitetilaa, mikä tarkoittaisi käytännössä häiriöttömpiä ja suuremman kapasiteetin omaavia syöttölaitteita. Tällöin syöttölaitteet eivät olisi pulonkaulana hyvälle OEE:lle.



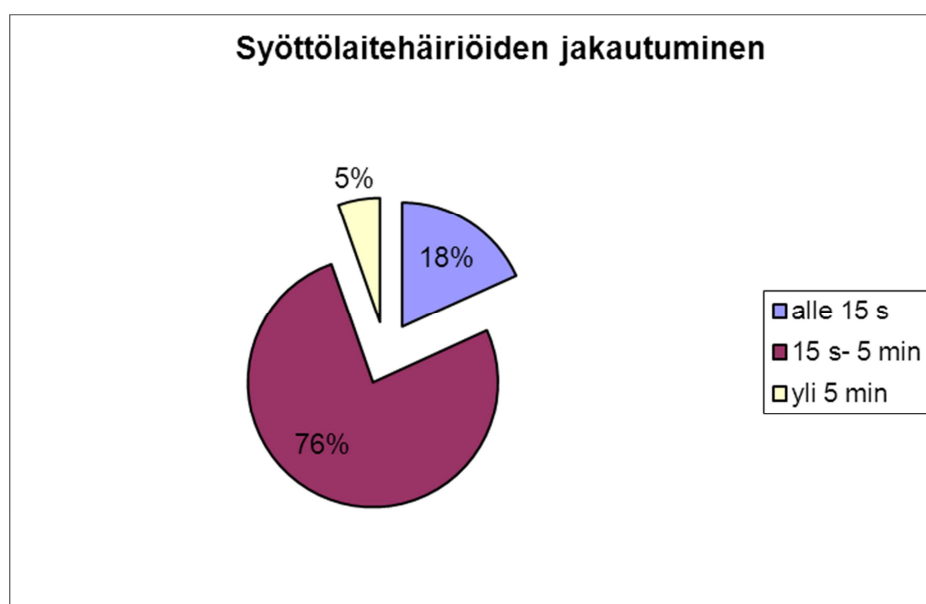
Kuvio 34. Syöttölaitteiden merkityksen kasvu tuotolle kokoonpanolinjan tuoton kasvaessa.

8.1.3 Syöttölaittehäiriöt

Tehdyt toimenpiteet ovat etupäässä vaikuttaneet ongelmallisiin lyhyisiin häiriöihin. Pitkien ja lyhyiden häiriöiden suhde on kuitenkin muuttunut siten, että lyhyi-

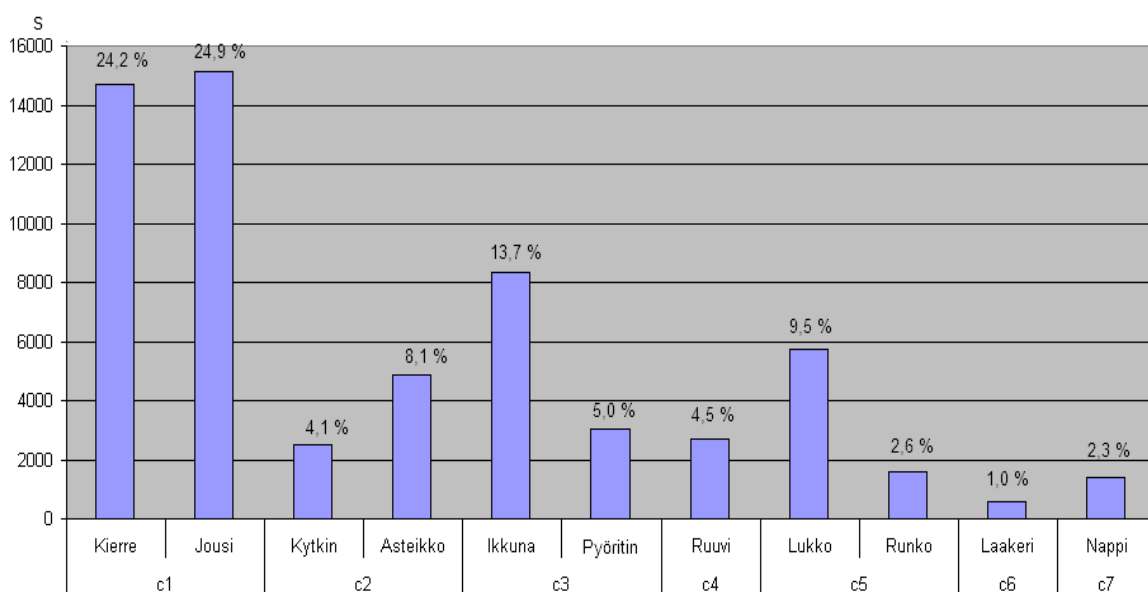
den häiriöiden (alle 5 min.) määrä on kasvanut 95 prosenttiin häiriöiden kokonaismäärästä. Niin ollen pitkien häiriöiden osuus on pudonnut 5 prosenttiin. Ajallisesti pitkien häiriöiden määrä on pienentynyt kolmannekseen. Erikoisesti *Asteikon*, *Ikkunan* ja *Rungon* pitkät häiriöt ovat vähentyneet. *Asteikolle* tehtiin syöttölaitevalmistajan toimesta korjaus sulakkeen palamista vastaan. Tämä ongelma aiheutti aika-ajoin pitkiäkin häiriöitä. Liitteessä 9 on tarkempi erittely lyhyistä ja pitkistä häiriöistä osakohtaisesti.

Lyhyiden häiriöiden osuus on kasvanut lähes 50 prosenttiin verrattuna viikon 18 lukuihin. Piilohäiriöiden osuus on kasvanut ajallisesti 18 prosenttiin kaikista syöttölaitehäiriöistä (kuvio 35) ja 19 prosenttiin lyhyistä syöttölaitehäiriöistä. Piilohäiriöt ovat nyt paljon merkittävämmässä roolissa kuin pitkät häiriöt. Liitteessä 10 on tarkempi erittely lyhyiden häiriöiden jakautumisesta piilo- ja lyhyisiin häiriöihin.



Kuvio 35. Syöttölaitehäiriöiden jakautuminen pitkiin, näkyviin ja piilohäiriöihin viikolla 44.

Häiriöiden määrä on kasvanut, mutta onko muutosta tapahtunut osien tai solujen suhteen. Kuviosta 36 nähdään, että puolet häiriöistä on siirtynyt solulle 1. Tämä solu ei ollut mukana kehitystoimissa johtuen *Jousen* erilaisesta syöttötekniikasta ja siitä syystä, että solulla ei juuri silloin ollut ongelmia *Kierteen* kanssa. Nyt tilanne on muuttunut täydellisesti.



Kuvio 36. Viikon 44 häiriöajat osakohtaisesti merkittynä.

Asteikko, Ikkuna ja Lukko olivat kolme suurinta häiriönlähdettä viikolla 18. Niiden yhteenlaskettu häiriöaika oli 30 698 sekuntia. Viikon 44 yhteenlaskettu häiriöaika on vähentynyt 18 950 sekuntiin. Vähentymistä on yhteensä 38 %. Keskinäinen suuruusjärjestys on säilynyt samana kuin viikolla 18. Ikkunan muutos on suhteellisesti pienin. Muita mainittavia muutoksia on tapahtunut *Kytkimen* osalta, jonka häiriöaika on vähentynyt 33 %. *Napin* häiriömäärä on kasvanut voimakkaasti, mutta on ajallisesti hyvin pieni ja niin ollen merkityksetön.

Korjaavat toimenpiteet ovat olleet oikeansuuntaisia ja merkittäviä, varsinkin kun otetaan huomioon käyntiajan kasvu ja sen lisäämä häiriöherkkyys, kuten luvussa 8.1.2 on asiaa käsitelty.

Solun 1 komponenttien valtava häiriömäärän lisäys on yllätys, varsinkin *Kierteen* osalta, vaikka komponentti on aiheuttanut häiriöitä aikaisemmin. *Jousen* osalta tällaista tulosta osattiin odottaa aikaisempien kokemusten perusteella.

8.1.4 Kokemukseen perustuva lyhyt analyysi tuoton pullonkauloista

Viikolla 45, ennen tutkimustulosten valmistumista, tehtiin lyhyt muutaman minuutin kestävä pullonkaulakartoitus tämän opinnäytetyön tekijän, kokoonpanotuotannon työnjohtajan ja kehityspäällikön toimesta. Tämän joukon kokemukseen perustuva arvaus oli järjestyksessä seuraavanlainen:

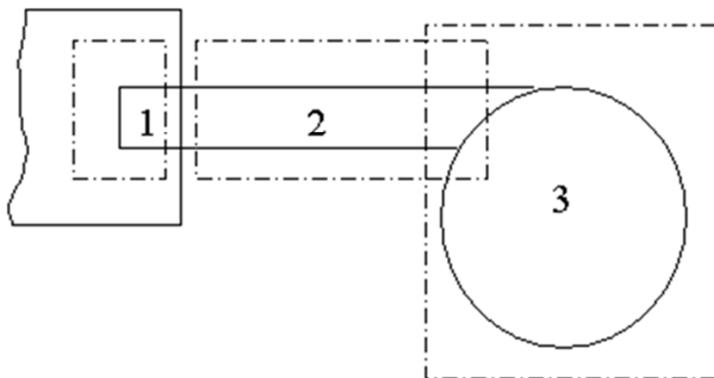
- *Jousen* syöttölaitteet
- linjan koneen osien kuluminen, ikääntyminen ja tärinä
- anturit yleensäkin ja yksityiskohtana solun 4 ”kääntö”
- syöttöhäiriöt yleensä ja niihin reagointi

Tämä kokemukseen perustuva arvaus ja syöttölaitteiden tutkimustulokset tukevat toisiaan.

8.1.5 Luotettavuus (käyttövarmuus)

Käsiteltävän linjan syöttölaitekokonaisuudessa on ratoja 53 kappaletta. Radan toisessa päässä on tärymalja ja toisessa päässä päädyn toimilaitteet (kuvio 37).

Jos tärymaljassa tai radalla tapahtuu häiriö, niin solu ei pysähdy välittömästi, vaan vasta makasiinien tyhjennettyä, eli kun lineaarin päähän ei riitä enää komponentteja. Luotettavuus riippuu laitteiden toimintavarmuudesta ja siitä, kuinka nopeasti asettajat reagoivat näihin häiriöihin. Lineaarin pään toimilaitteiden häiriö pysäyttää solun välittömästi. Tärymalja-, rata- ja päätykokonaisuudelle on mahdollista määritellä luotettavuus.



Kuvio 37. Lineaarin pää 1, lineaari (radat) 2 ja tärymalja 3.

Linjan solujen välillä on pienet palettein rakennetut makasiinit ja lisäksi solujen 3 ja 4 välillä on isompi palettimakasiini. Makasiinien hyöty on minimaalinen, koska solujen jaksonaika on sama. Ainoastaan häiriöiden määrä voi pudottaa solun jaksonaikaa, nopeutta, toiseen soluun verrattuna. Tällöin makasiinista voi olla hyötyä.

Periaatteessa kaikki syöttölaitteiden radat ovat sarjaan kytketty, koska minkä tahansa yksittäisen radan päätylaitteiston häiriö pysäyttää linjan. Tämä merkitsee sitä, että 53 radan tulo on komponentin syötön kokonaisluotettavuus. Luotettavuus (käyttövarmuus) sarjaan kytketyille laitteille lasketaan kaavasta (6) (Asp, Tuovinen, Hyppönen & Opetushallitus 2012, 1.3).

$$(6) \quad L_k = L_1 * L_2 * L_3 * \dots * L_x$$

L_k = on sarjaan kytkettyjen laitteiden kokonaisluotettavuus

L = yksittäisen laitteen luotettavuus

Jos yhden rajan luotettavuus on 0,997, niin rata olisi käytettävissä 99,7 % kokonaisajasta. Tämä tarkoittaa sitä, että linja olisi häiriössä yhden tunnin aikana 10,8 s ja kokonaisen 8 tunnin työvuoron aikana alle 90 s. Tuntuu äkkiä ajateltuna melko mitättömältä ajalta.

Jos kaikki 53 rataa ovat luotettavuudeltaan samanlaisia (0,997), niihin silloin kokonaisluotettavuus on 0,857, mikä tarkoittaa sitä, että radat olisivat häiriössä 14,7 %, eli OEE olisi pudonnut 14,7 % pelkkien syöttölaittehäiriöiden vuoksi.

Kaavaan 6 sijoitetaan kuviteltu yhden radan luotettavuus:

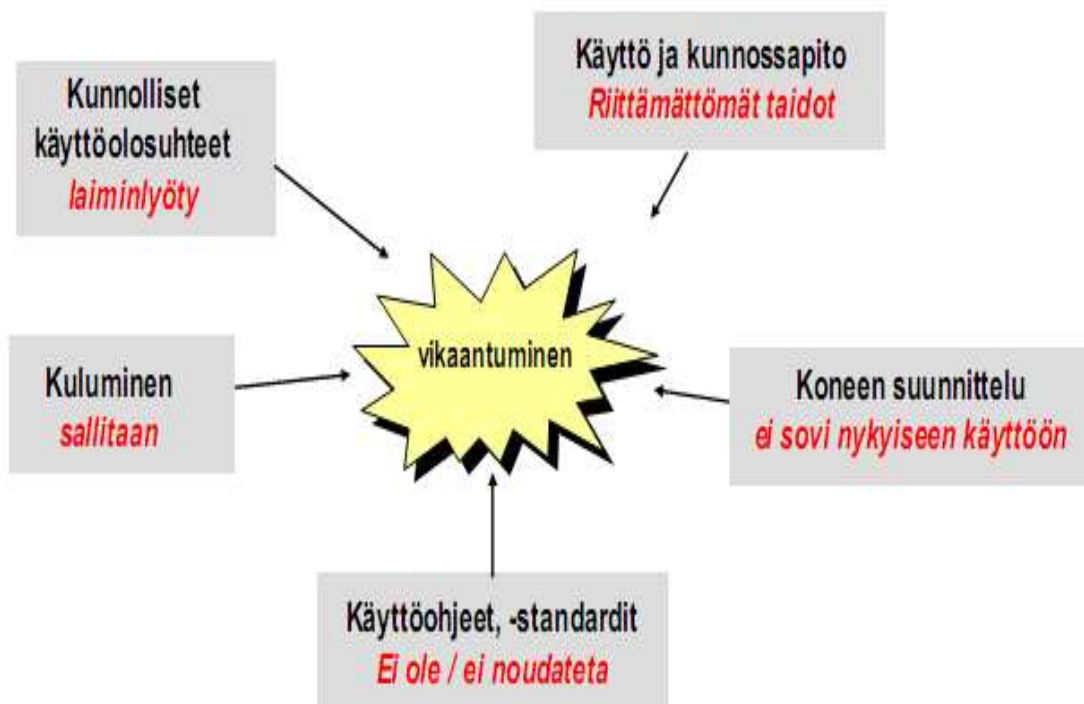
$$- L = 0,997$$

$$\Rightarrow L_k = 0,997^{53} = 0,853$$

Edellinen esimerkki osoittaa, että syöttölaitteiden luotettavuus on erittäin merkittävä asia, minkä olemme jo aikaisemmin tutkimuksella todistaneet. Viikolla 44 syöttölaitteet olivat häiriössä 12,4 %, mikä on aika lähellä edellistä kuvitteellista esimerkkiä. Viikon 44 luvussa ovat mukana myös jousirobotit, jotka edustivat 25 prosenttia häiriöistä. Jos ne poistetaan, niin silloin täryttävien syöttölaitteiden häiriöt jäävät 9,3 prosenttiin, mikä vastaa yksittäisten laitteiden luotettavuutta 0,98.

8.2 Jatkokehitys

Mitä asioita tulisi kehittää edelleen, jotta tulevaisuudessa Medisizen kokoonpanon tuotto ei olisi syöttölaitteista kiinni. Asia palautuu tekniseen suorituskykyyn ja käyttövarmuuteen. Syöttölaitteiden kapasiteetin on oltava riittävän suuri, vikaantumisia vähän ja vikaantumisen sattuessa vika havaitaan ja korjataan nopeasti. Kuviossa 38 on eritelty erilaisia syitä vikaantumiseen.



Kuvio 38. Vikojen syyt (Järviö 2004, 13, muokattu).

Kunnollisten käyttöolosuhteiden laiminlyönti puhdastilatuotannossa, jossa lämpötila, kosteus ja epäpuhtaudet ovat jatkuvassa kontrollissa tuntuvat epätodennäköiseltä syytä vikaantumiseen. Loput kuvion 38 asiat ovat hyvinkin asiaankuuluvia syitä mahdolliseen vikaantumiseen.

8.2.1 Koneen suunnittelu

Syöttölaitteiden suunnittelussa, valmistuksessa ja testauksessa luodaan perusta, kuinka hyvin laite toimii asennettuna tuotantotilassa. Kunnossapidon keskeinen päämäärä on puolestaan käyttövarmuuden ylläpito (Asp ym., 1.2).

Tutkimuksen aikana olen huomannut, että usein ongelmien ratkaisu on hankalaa tai ongelma palaa takaisin ajan myötä, kuten tapahtui *Kierteen* kanssa. Useinkaan ei ole saatu lopullista ratkaisua aikaan. Perusteellisessa muutoksessa laite pitää siirtää pois tuotantotilasta, koska puhdastilatuotannossa tehtävät toimenpiteet ovat hyvin rajattuja vapautuvien hitsauskaasujen ja hiomapartikke-

leiden vuoksi. Siirtäminen ei ole kuitenkaan mahdollista tuotannollisista syistä. Tästäkin syystä syöttölaitteet tulee rakentaa luotettaviksi jo valmistavalla tehtaalla. On syytä pohtia, miksi laitteet eivät sitten ole jo alun perin luotettavia ja tuotoltaan riittäviä ja miksi samanlaisissa syöttölaitteissa on erilaisia ja eri määrä häiriöitä.

Laitteiden hankintaa tulee kehittää siten, että syöttölaitteiden määrittely ja testaus on suunniteltu huolellisesti. Tarjous ja hankintasopimukset on laadittava selkeiksi, että ne pitävät sisällään vaatimukset huollettavuudesta ja luotettavuudesta (Asp ym. 2012, 7.2). Syöttölaitteet tulee valmistaa riittävällä ylikapasiteetilla, jotta niistä ei synny pullonkaulaa missään vaiheessa. Nykyisen kokoonpanotoimittajan tarjoama 1,2-kertainen maksimikapasiteetti ei ole riittävä. Tosin ei ole tietoa, miten tai missä vaiheessa tämä kapasiteetti on todennettu. Todistusaineistoa ei ole saatavissa siitä, onko ylikapasiteettia koskaan ollutkaan.

Riley (1996) pitää erittäin tärkeänä, että komponenttien jakotasojen, syöttöpis-
teiden ja pesänumeroiden suunnittelussa on otettu huomioon syöttölaitteet (Riley 1996, 35). Kuitenkin tuotesuunnittelussa tärkeintä on saavuttaa komponentin toiminnallinen vaatimus. Seuraavaksi tärkeintä on suunnitella komponentti sellaiseksi, että se voidaan valmistaa ja vasta kolmantena tulevat kokoonpanon vaatimukset. Tästä syystä kokoonpanolaitteiden valmistajalle on toimitettava mahdollisimman hyvä tieto kokoonpantavasta komponentista, jotta laitteet voidaan suunnitella komponentin ehdoilla. Mielestäni syöttölaittevalmistajalta tulee vaatia vastine, kuinka he ovat laitteidensa valmistuksessa ottaneet huomioon komponentin ominaisuudet, kuten mahdolliset jakotasojen kalvot. Vastine voi olla vaikka suunnittelukatselmus, johon asiakas osallistuu.

Syöttölaitteet tulisi testata hyvin, ennen kuin ne liitetään kokoonpanolaitteiston yhteyteen. Usein syöttölaittevalmistaja toimii alihankkijana kokoonpanolaitteen valmistajalle. Tärymaljoja testataan varmaankin eniten, koska ne ovat laitteistossa ensimmäisenä ja niitä käytetään syöttämään komponentteja lineaarille ja päätylaitteille. Heikoin lenkki on lineaarin päätylaitteisto, jossa komponentit paikoitetaan kokoonpanokoneelle siirtoa varten. Päätylaitteistoa testataan vähiten, koska se asennetaan viimeisenä lineaarin päähän. Lisäksi kunnollinen testaus

on vaikeaa ennen kokoonpanolinjaan liittämistä. Tutkimuksen aikana huomattiin, että merkittävimmät ongelmat liittyvät juuri lineaarin pään toimilaitteisiin. Merkittävyttä korostaa se, että päädyn häiriö pysäyttää kokoonpanolinjan heti ilman varoitusta. Kokoonpanolinjaa hankittaessa on syöttölaitteiden painoarvoa nostettava, jotta vaadittu mahdollisimman hyvä OEE on mahdollista saavuttaa.

8.2.2 Käyttöohjeet

Syöttölaitteistosta on saatavilla vain yksittäisten toimilaitteiden englanninkieliset ohjeet, mutta ei koko syöttölaitteiston prosessikuvausta. Jopa teknisten ammattilaisten on hyvin vaikea selvittää, mitä yksittäisen ilmapuhalluksen tulisi tehdä. Väärin säädettyinä ja asetettuna syöttölaitteiston teho on huono.

Käyttöohjeiden puutetta on Medisizella yritetty paikata luomalla oma ohjeistus täyryttävien syöttölaitteistojen perussäädöistä. Ohje on hyvä, mutta sitä ei ole vielä siirretty toiminnanohjausjärjestelmään kaikkien saataville. Ohje tulee kytkeä osaksi virallista järjestelmää.

Syöttölaitteiston valmistajalta tai kokoonpanolinjan toimittajalta on vaadittava yksityiskohtainen kuvaus syöttölaitteiston toiminnasta. Jokainen yksittäinen toiminto tulisi kuvata. Tällöin huoltomiesten ja linjan henkilökunnan olisi mahdollista säätää ja korjata linjaa asiaankuuluvalla tavalla. Aikaa säästyy ja tuotto pysyy hyvällä tasolla.

8.2.3 Kunnossapito ja kuluminen

Syöttölaitteille ei tehdä ehkäisevää kunnossapitoa. Varsinainen tärymekanismi onkin melkein huoltovapaa. Luvussa 8.1.4 on kuitenkin esimerkki, jossa jousen momentti oli löystynyt ja vikaa etsittiin turhaan lähes kaksi vuorokautta. Toinen esimerkki löytyy säiliövaraston hihnan väliin kiilautuneesta komponentista. Vika johtui suoja-alan kulumisesta.

Edellisiin esimerkkeihin perustuen vähintäänkin syöttölaitteiston säännöllinen katselmointi olisi hyvä tehdä. Katselmoinnissa tarkastettaisiin mahdollisten kuluvi-
en osien kunto ja mahdollisesti irti kiertyneet ruuvit ja mutterit. Tärinän joh-
dosta liitokset pyrkivät löystymään. Medisizen päätti toteuttaa tämän toimenpi-
teen.

Keskustelimme myös lineaarin päädyn stopparisylintereiden määräaikaishuollon
mahdollisuudesta, mutta kehityspäällikön mielestä tämä ei ole järkevää, koska
sylinderit ovat vaikeasti saavutettavissa ja vaihdon jälkeen lineaarin säätötoimet
vievät kohtuuttoman paljon aikaa.

Nykyisen linjan laitteistosta ei ole olemassa kunnollista prosessikuvausta ja on-
gelmien löytäminen ja korjaaminen vaatii joskus valmistajan ammattitaitoa. Tä-
stä syystä päätettiin, että Medisize kutsuu syöttölaittevalmistajan edustajan 1–3
kertaa vuodessa tarkastamaan laitteiston kunnon ja tekemään tarvittavat säätö-
toimenpiteet.

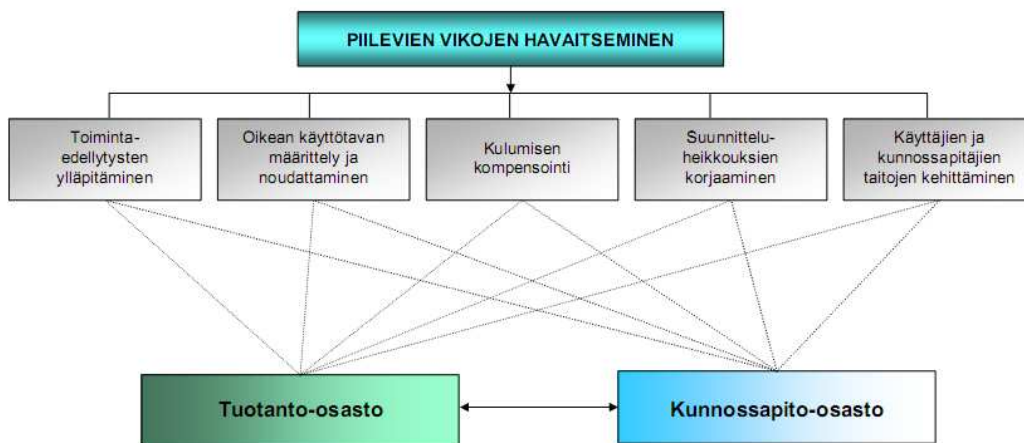
8.2.4 Koulutus

Opitut asiat tulee juurruttaa koko organisaatioon. Koulutus on tässä avainase-
massa. Niinpä sovimme, että syöttölaitteiden perusasioista pidetään koulutus
vähintäänkin huoltomiehille ja asettajien ryhmävastaaville.

Jatkossa kannattaa miettiä, voiko huoltomiesten töistä osan siirtää asettajien
hoidettavaksi kuvion 39 mukaan. Pienet päivittäiset huoltotyöt tehtäisiin asetta-
jan töiden ohella, mutta isommat huollot jäisivät edelleen huoltomiesten tehtä-
väksi. Tämä lisäisi ymmärrystä, joustavuutta ja tehokkuutta koneiden ylläpidos-
sa ja huoltotöissä. Lisäksi yhteistyön kehittäminen (kuvio 40) muutenkin laa-
jemmalle pohjalle vahvistaisi osaamista edelleen: huoltomiehet ja asettajat op-
pisivat ymmärtämään paremmin toistensa työtehtäviä. Tämä kehitystyö ei tie-
tenkään onnistu hetkessä, vaan pitkällä aikavälillä ja suunnitelmallisella koulu-
tuksella. Syöttölaitteiden koulutus voisi olla alku tälle tielle.



Kuvio 39. Huoltotoimien jakautuminen käyttäjien ja kunnossapitäjien kesken (Järviö 2004, 14).



Kuvio 40. Käyttäjien ja huollon yhteistyön kehittäminen (Järviö 2004, 25).

8.2.5 Muut toimenpiteet

Valvomo on havaittu niin hyödylliseksi seurantavälineeksi, että se päätettiin rakentaa myös vanhemmalle linjalle. Sitä pyritään kehittämään niin, että päällekkäiset virheet saadaan poistettua ilman erillistä laskentaa. Näin saadaan helposti perusteellisimpia raportteja päivittäisen seurannan lisäksi.

Kontiolahden tehtaalla on tärymaljoja 77 erilaisissa kokoonpanolaitteissa. On syytä tutkia, minkälaista seurantaa voidaan kaikille näille laitteille järjestää.

Käsiteltävän kokoonpanolinjan Jousenkäsittelyrobottien kehitystyö on jo aloitettu. Kun tämä työ on saatettu loppuun, on mahdollista, että linjan jatkuva tuotto ylittää OEE tavoitteeseen, mikä on 61,6 %.

8.3 Opinnäytetyön haasteellisuus

Täryttäviin syöttölaitteisiin liittyvää kirjallisuutta oli vaikea löytää. Lyhyitä artikkeleita tai lukuja täryttävistä syöttölaitteista löytyy mukavasti laitevalmistajilta, mutta yhtään tutkimusta, eikä kirjaa, joka olisi kokonaisvaltaisesti kertonut täryttävien syöttölaitteen suunnittelusta, valmistuksesta, testauksesta ja käytöstä, ei löytynyt. Asiat täytyi koota yhteen pienistä palasista eri lähteistä.

Suurimmaksi ongelmaksi nousi mittausjärjestelmän luominen, joka kesti lähes vuoden ja niin ollen viivästytti tutkimuksen valmistumista. Valvomon rakentaminen kuitenkin kannatti, koska nyt järjestelmä on päivittäin aktiivisessa käytössä. Järjestelmän avulla seurataan syöttölaitteympäristössä tapahtuvia muutoksia jatkuvasti. Aikaisemmin tietoa saatiin viiveellä vuoropalautteiden tai muun sattunaisen viestinnän kautta. Tiedon ajoituksessa, tarkkuudessa ja sisällön laadussa oli tuolloin merkittäviä puutteita.

Toiseksi haasteelliseksi asiaksi nousi itse aiheen käsittely ja tavoitteiden saavuttaminen. Opinnäytteen olisi voinut tehdä vaikka yhden komponentin ongel-

mista ja yksityiskohtaisesta parannuksesta. Mietin, mikä olisi se tapa, jolla saisin kahlattua koko aihealueen läpi ja nostettua olennaiset asiat esille ja samalla vaikutettua syöttölaiteasioihin yksityiskohtaisesti niin, että tuotannolliset tavoitteet toteutuisivat. OEE-tavoite lääketeollisuuden saavutusten valossa tuntui erittäin haastavalta. Toisaalta jotkut TPM-yritykset¹⁶ Japanissa ovat saavuttaneet jopa 85–95 % OEE-tason (Järviö 2004, 4).

Maaperä Medisizella on otollinen, koska yrityksellä on pitkät perinteet erilaisista kehitystoimista Six Sigma-ympäristössä. Yrityksessä on totuttu mittaamaan asioita ja tekemään toimenpiteitä mitattuun tietoon perustuen. Aikaisemmin yrityksellä oli myös oma automaatiolaitteita valmistava tehdas, johon kuului täryttävien syöttölaitteiden valmistusta. Tuohon aikaan kokoonpanolaitteet ja tuotantonopeudet olivat pienempiä, joten laitteiden vaatimukset olivat myös erilaisia. Tällä on varmasti ollut vaikutusta nykyiseen ajatteluun ja toimintatapoihin. Positiivisesta ympäristöstä huolimatta jatkuva huomion kiinnittäminen syöttölaitteiden toimintaan muiden ”isompien” ongelmien keskellä arvelutti. Kuitenkin työn etenemisen myötä olin varma, että tämä asia kannattaa kahlata perusteellisesti läpi. Siitä on varmasti hyötyä yritykselle myös tulevaisuudessa.

¹⁶ TPM = Total Productive Maintenance

LÄHTEET

Asp, R., Tuominen, T., Hyppönen, H. & Opetushallitus. Kunnossapito, menestystekijä. Perusteet.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>. 10.1.2012

Brunfeldt, K, Projektipäällikkö. 2011. Medisize Corporation.

Eriez Magnetics. 2007. How to choose and use vibratory feeders and conveyors.

<http://pdf.directindustry.com/pdf/eriez/how-to-choose-use-vibratory-feeders-and-conveyors/19120-89189.html#>. 30.12.2011

Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Suosara, E. & ammattikasvatusthallitus. 1988. Koneautomaatio, Kappaleenkäsittelylaitteet. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Hallikainen, L. 1975. Tekniikan käsikirja 8, lastuamalla valmistettävien kappaleiden suunnittelu. Jyväskylä: K.J. Gummerus.

Henry, J. 2008. <http://www.changeover.com/feeder.html>. 29.12.2011

Hirvonen, J-P. Projektipäällikkö. 2010. Medisize Corporation.

HSH Handling Systems AG. 2008. Combined control unit, Vibrator control SE501 Operation instructions.

Järviö, J. 2004. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Service Management Solutions SMS Oy.

<http://ylivieska.cop.fi/sjjkurssit/kupitek/sis%C3%A4lt%C3%B62008/Kunnossapitostrategia/RCM%20Jarvio%202004.pdf>. 17.2.2011

Korhonen, P. Metrology Manager. 2010. Medisize Corporation.
Mikron Assembly Technology. 2008. Final quotation B0408210.

Mikron Assembly Technology. 2008. Layout C088032,010.

Nopanen, E & Piispa, T. 2007. Kunnossapidon palveluprosessin laatu ja prosessiivieet, case häiriökorjaukset. Espoo: Helsinki University of Technology.

Pernu, H. Tutkija. Tampereen teknillinen yliopisto. Medisizella pidetyn kunnossapitoluennon muistiinpanot 27.11.2010.

Pernu, H. 2010. Medisize Kontiolahden kunnossapitotoimintamallin ja -järjestelmien kehittäminen, loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto.

Pesonen, M. Kehitysinsinööri. 2011. Medisize Corporation.

Rhein-Nadel Automation GmbH. 2004. Operating instructions, vibratory bowl feeder SRC-N 63-2, 100-2. http://www.rnaautomation.com/downloads/VT-BA-SRC63_100-GB.pdf. 31.12.2011

Rhein-Nadel Automation GmbH. 2006. Operating instructions, Linear Feeder SLL 175, 400, 800, 804, SLF 1000 and hopper type BV.

Rhein-Nadel Automation GmbH. 2006. Control boxes for vibratory drive units. <http://www.rnaautomation.com/downloads/RNAControlBox.pdf>. 31.12.2011

Rhein-Nadel Automation GmbH. 2007. Standard Equipment, Linear Feeders. http://www.rnaautomation.com/downloads/RNALinearFeeder_000.pdf. 1.1.2012

Riley, F. 1996. Assembly Automation, A Management Handbook. New York: Industrial Press Inc.

Salminen, P. 1990. Tuotteiden ja toiminnan laadun kehittäminen. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Solarsoft. 2011. Best in class manufacturing benchmark study, pharmaceutical & medical manufacturing.

<http://info.solarsoft.com/rs/solarsoft/images/Benchmarking-Executive-Summary-Pharmaceutical.pdf>. 17.2.2011

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2011. Six Sigman soveltamisstrategia.

<http://www.sixsigma.fi/?sivu=Six%20Sigma&id=15&SixSigmaSessionID=875d6d9e7fd8e3d249d48987c067f46f&gclid=CKX0nZDDIKgCFYKEDgodRQ0ZDA>.
11.4.2011

Vorne™. 2010. OEE Pocket Guide.

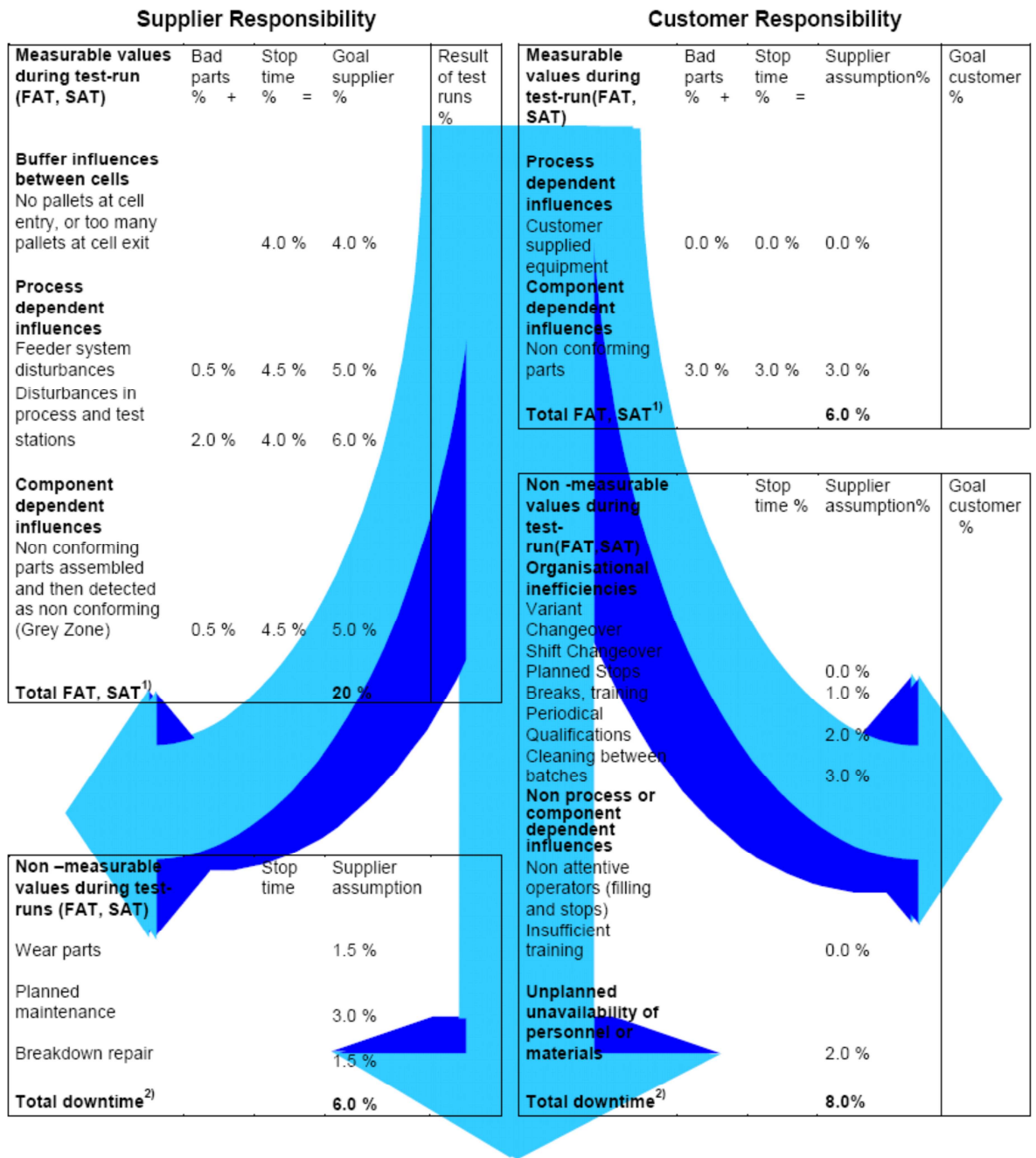
<http://www.oeo.com/free-oeo-tools.html>.6.11.2011

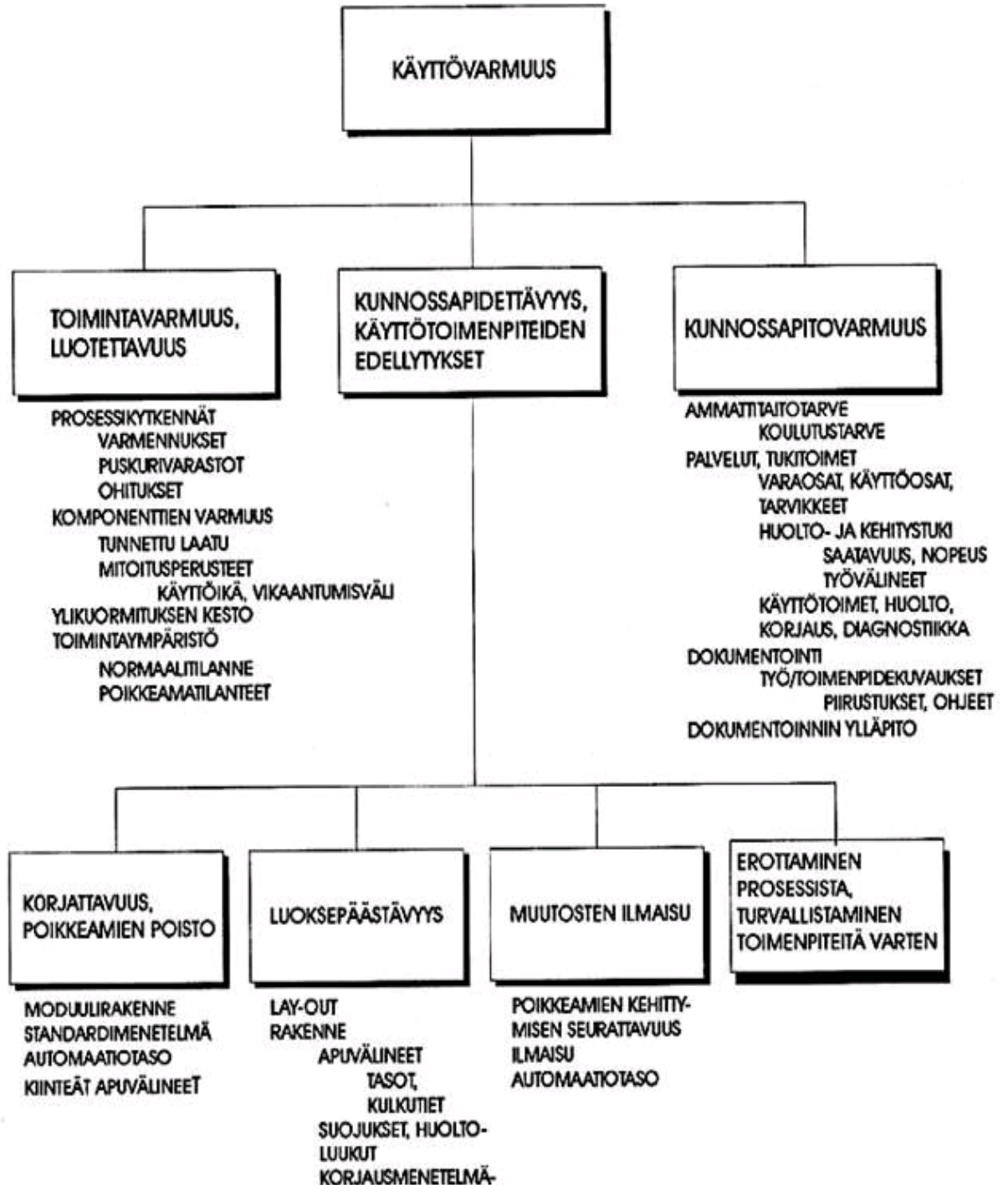
Wikipedia. 2011. Harmoninen värähtelijä.

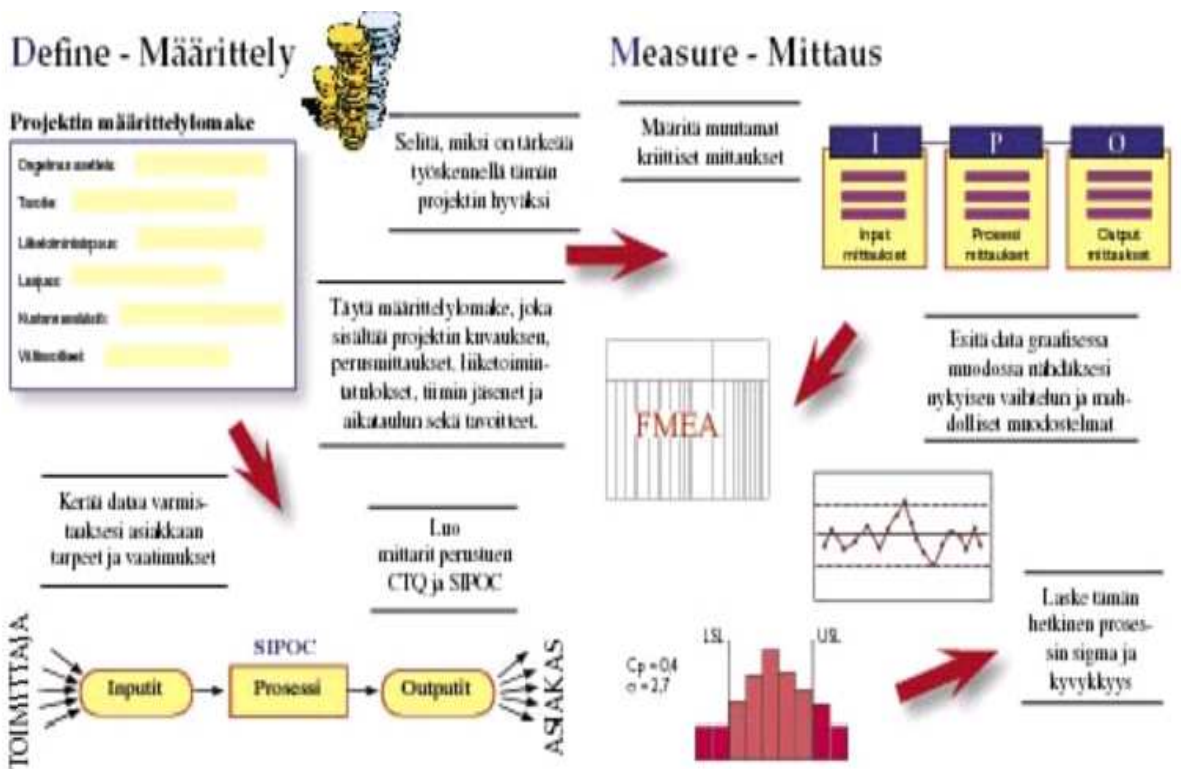
http://fi.wikipedia.org/wiki/Harmoninen_v%C3%A4r%C3%A4htelij%C3%A4.
29.12.2011

LIITTEET

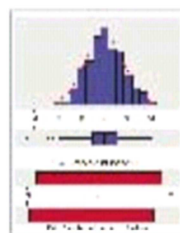
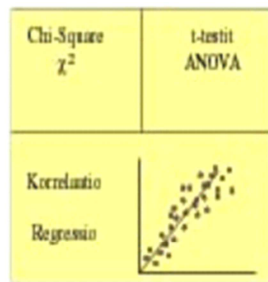
LIITE 1	Tuottohävikkien syyt
LIITE 2	Käyttövarmuus
LIITE 3	Six Sigma
LIITE 4	Asentovalitsimia
LIITE 5	Anturitiedot
LIITE 6	Valvomon näyttö
LIITE 7	Lyhyet ja pitkät häiriöt, viikko 18
LIITE 8	Häiriöt alle ja yli 15 s, viikko 18
LIITE 9	Lyhyet ja pitkät häiriöt, viikko 44
LIITE 10	Häiriöt alle ja yli 15 s, viikko 44





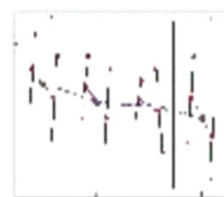


Analyze - Analysointi



Käytä hypotesitestausta tunnistaksesi eroja. Etsi juurisyytiä käyttäen lukuisia tilastollisia työkaluja

Improve - Parannus

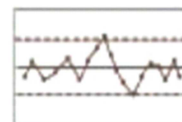


Käytä Multi-Vari-tutkimusta

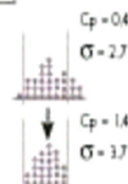
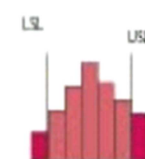
Käytä erilaisia kohteita esim. DOE:ta ja vasteputaoptimointia etsiäksesi parannusta



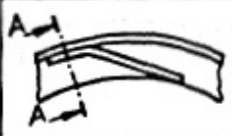
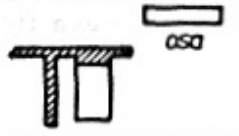
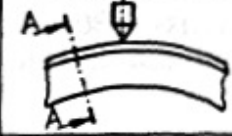



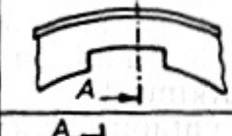
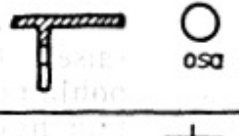
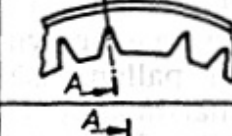
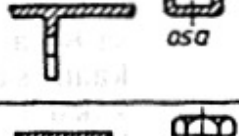
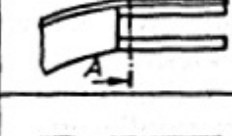
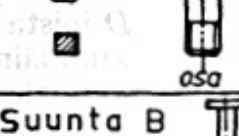
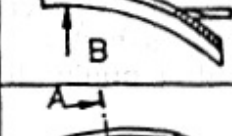
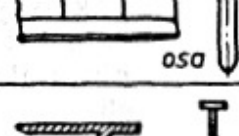

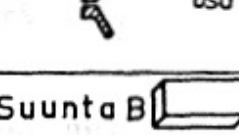
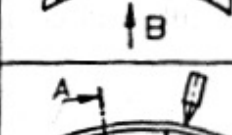




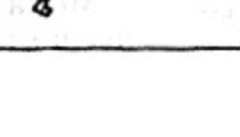
Control - Ohjaus



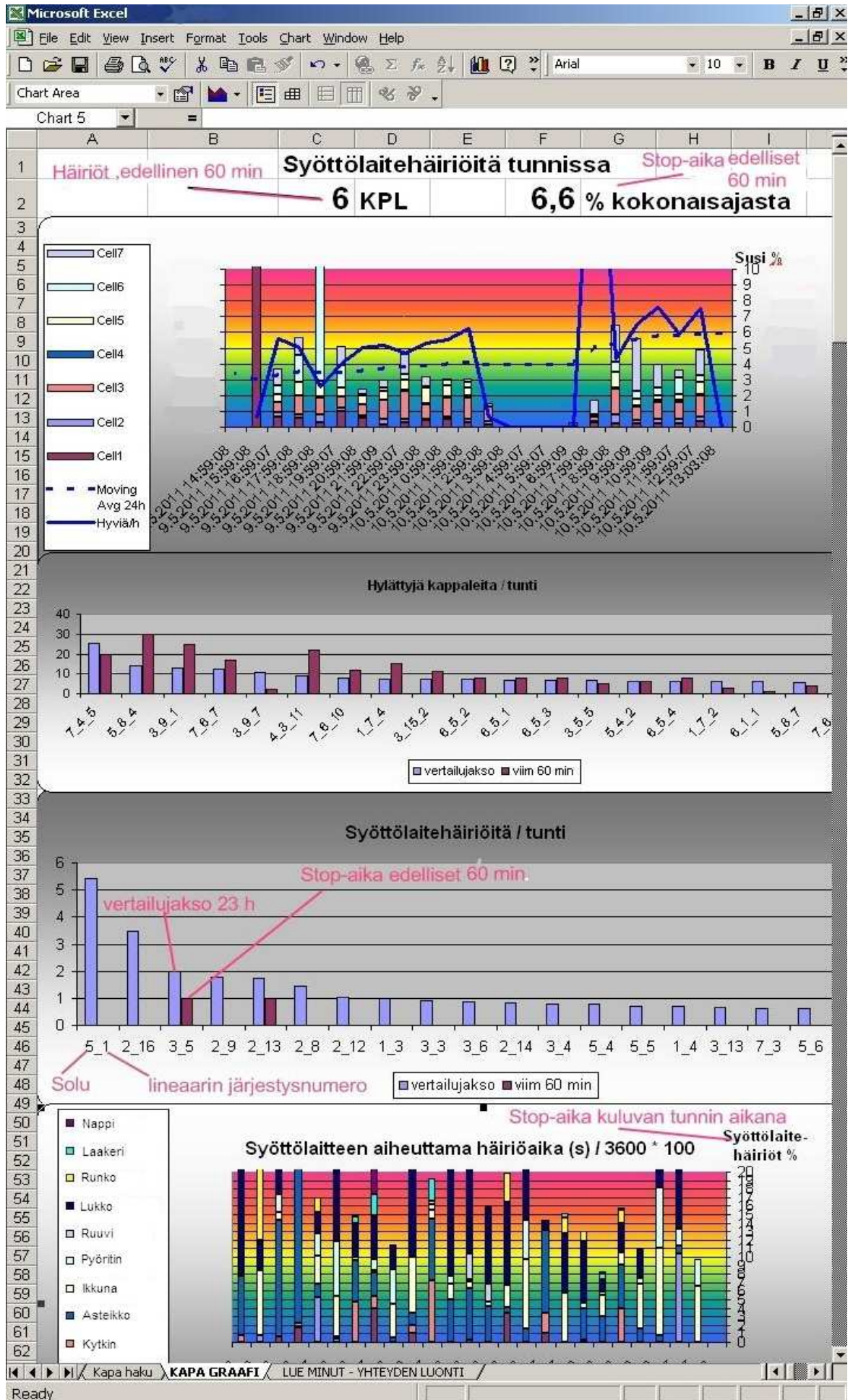
Arvioi tuloksia: Lase uudelleen prosessin kyvykkyys, sigma ja lopulliset tulokset jotka perustuvat parannukseen.



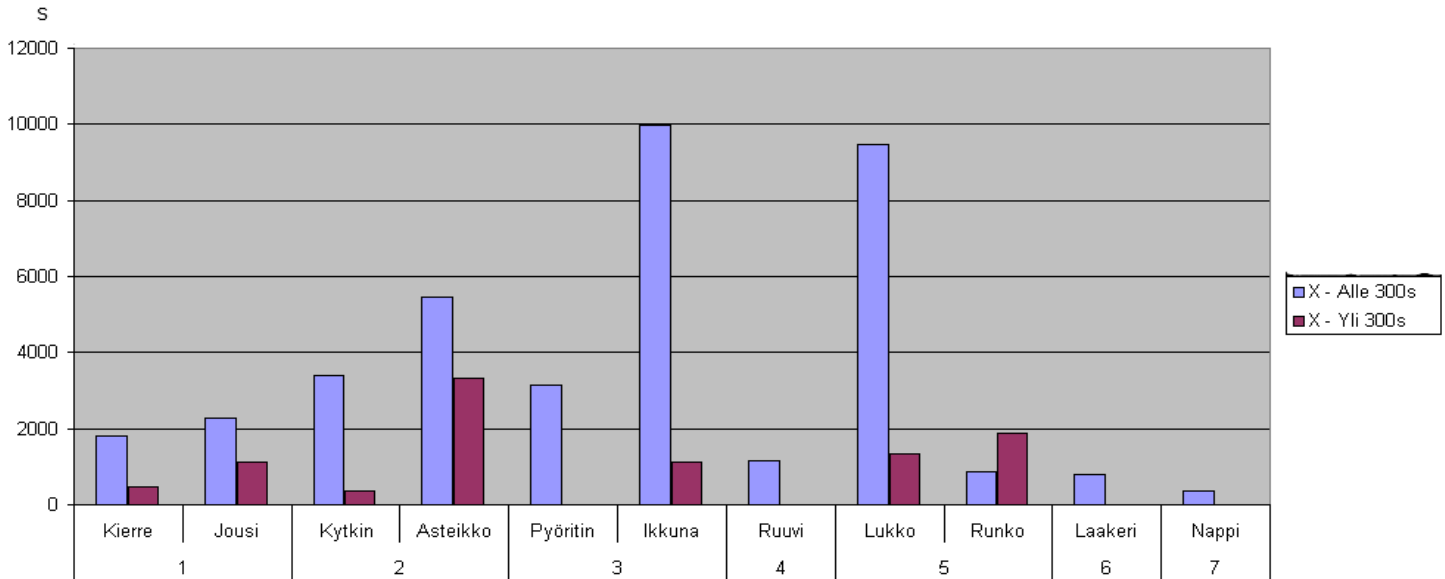
Dokumentoi tulokset, tunnista seuraavat projektit

Lajittelu- laite	Päältä katsottuna	Leikkaus A-A sekä käsitel- tävä osa	Vaikutus
1. Pyyhkijä			Ylimääräiset ja pystyssä olevat osat pyyhitään pois.
2. Ilmasuutin			Päällekkäiset levymäiset osat tai kulmaosa, jonka pitempi sivu on ylhäällä, puhalletaan pois
3. Aseteltava kourun leveys			Samantapaisille, mutta eri kokoisille osille.
4. Kourun reu- nassa lovi			Kouru kapenee loven koh- dalla ja pudottaa makaa- van osan takaisin.
5. Monilovinen kouru			Kuppimaiset osat, joiden aukko on alaspäin, puto- avat pois.
6. Kiskomainen poisto			Osat jäävät riippumaan kannastaan.
7. Altaan sei- nässä on lovi ja jatkuu kis- koina		Suunta B 	Kannalliset pitkät osat tulevat lovesta kiskoille ja kääntyvät pystyyn.
8. Pohjaural- linen prisma- mainen kouru			Kannalliset osat ohjataan kourusta kiskoille.
9. Nouseva si- säreuna		Suunta B 	Pitkulaiset osat järjes- tyvät pitkittäin siirto- suuntaan.
10. Silta ja ilmasuutin yhdessä			Osat järjestyvät paksum- pi päälle siirtosuuntaan.
11. Reunalli- nen kalteva kouru			Kiekkojen viiston tai pyöristetyn reunan olles- sa ylöspäin osa putoaa takaisin rumpuun.

osa	solu ja asema	anturikoodaus	anturin paikka	anturin viiveaika	linjan häiriöaika
Kierre	solu 1, asema 5	rata 1 anturi: U028 rata 2 anturi: U029 rata 3 anturi: U030 rata 4 anturi: U031	Lineaarin päässä.	0,5 s	30 s
Jousi	solu 1, asema 7 solu 1, asema 8	rata 1 ja 2 anturit: B072 ja B076 rata 3 ja 4 anturit: <u>B073 ja B077</u> rata 1 ja 2 anturit: B074 ja B078 rata 3 ja 4 anturit: B075 ja B079	Hihnakujettimen loppuosassa. Jousella ratanumero ei kerro, millä radalla häiriö on ollut, sillä jousipaletit sekoittuvat matkalla.	0,5 s	0 s Pysähtyy heti, odottaa komponenttia ikuisesti.
Kytkin	solu 2, asema 3 solu 2, asema 4	rata 1 anturi: U008 rata 2 anturi: U009 rata 3 anturi: U010 <u>rata 4 anturi: U011</u> rata 1 anturi: U096 rata 2 anturi: U097 rata 3 anturi: U098 rata 4 anturi: U099	Lineaarin päässä.	0,5 s	15 s
Asteikko	solu 2, asema 7 solu 2, asema 8	rata 1 anturi: U040 rata 2 anturi: U041 rata 3 anturi: U042 <u>rata 4 anturi: U043</u> rata 1 anturi: U080 rata 2 anturi: U081 rata 3 anturi: U082 rata 4 anturi: U083	Lineaarin päässä.	1 s	15 s
Ikkuna	solu 3, asema 2 solu 3, asema 3	rata 1 anturi: U292 rata 2 anturi: U293 rata 3 anturi: U294 <u>rata 4 anturi: U295</u> rata 1 anturi: U328 rata 2 anturi: U329 rata 3 anturi: U330 rata 4 anturi: U331	Lineaarin päässä erottelijas sa.	0,5 s	15 s
Pyöritin	solu 3, asema 12 solu 3, asema 13	rata 1 anturi: U032 rata 2 anturi: U033 rata 3 anturi: U034 <u>rata 4 anturi: U035</u> rata 1 anturi: U052 rata 2 anturi: U053 rata 3 anturi: U054 rata 4 anturi: U055	Lineaarin päässä erottelijas sa.	0,5 s	15 s
Ruuvi	solu 4, asema 6	rata 1 anturi: U020 rata 2 anturi: U021 rata 3 anturi: U022 rata 4 anturi: U023	Lineaarin päässä.	0,5 s	15 s
Lukko	solu 5, asema 1 Solu 5, asema 2	<u>rata 3 anturi: U024</u> <u>rata 4 anturi: U025</u> <u>rata 1 anturi: U026</u> <u>rata 2 anturi: U027</u>	Lineaarin päässä erottelijas sa.	0,5 s	15 s
Runko	solu 5, asema 5 solu 5, asema 7	rata 1 anturi: U072 rata 2 anturi: U073 rata 3 anturi: U076 rata 4 anturi: U077	Lineaarin päässä erottelijas sa.	1 s	15 s
Laakeri	solu 6, asema 2 solu 6, asema 3	rata 1 anturi: U012 rata 2 anturi: U013 rata 3 anturi: U014 <u>rata 4 anturi: U015</u> rata 1 anturi: U036 rata 2 anturi: U037 rata 3 anturi: U038 rata 4 anturi: U039	Lineaarin päässä. Toimii eri tavalla kuin muut komponentit. Osat tulevat peräkkäin jonossa. Ensiksi luetaan aseman 3 komponentit ja sitten aseman 2 komponentit.	0,5 s	15 s
Nappi	solu 7, asema 5	<u>rata 1 anturi: U011</u> <u>rata 2 anturi: U010</u> <u>rata 3 anturi: U009</u> <u>rata 4 anturi: U008</u>	Lineaarin päässä erottelijas sa.	0,5	15 s

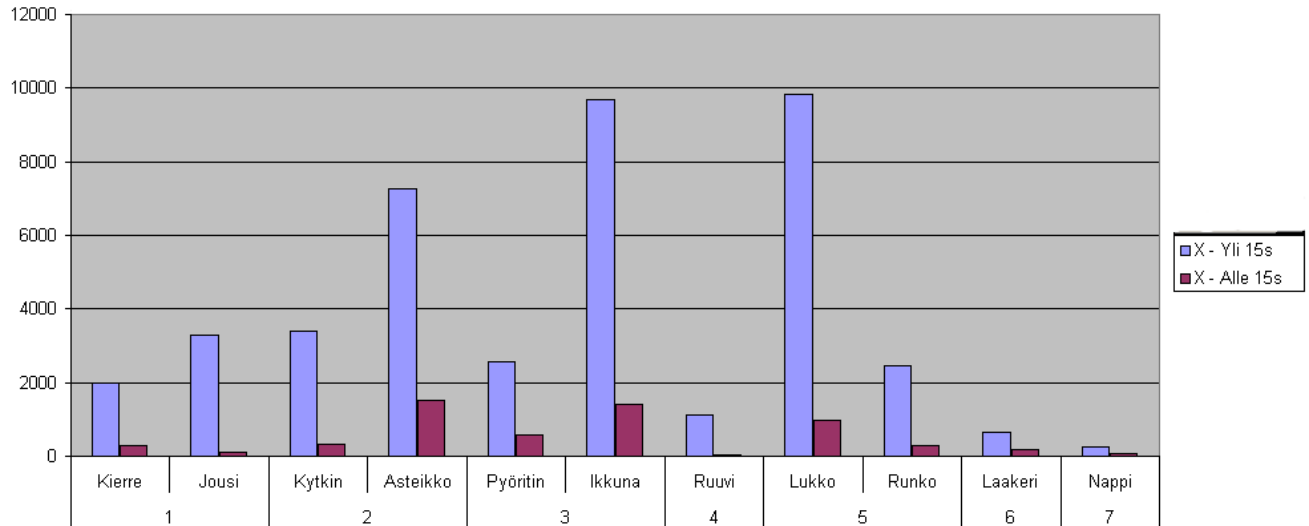


Lyhyet ja pitkät häiriöt

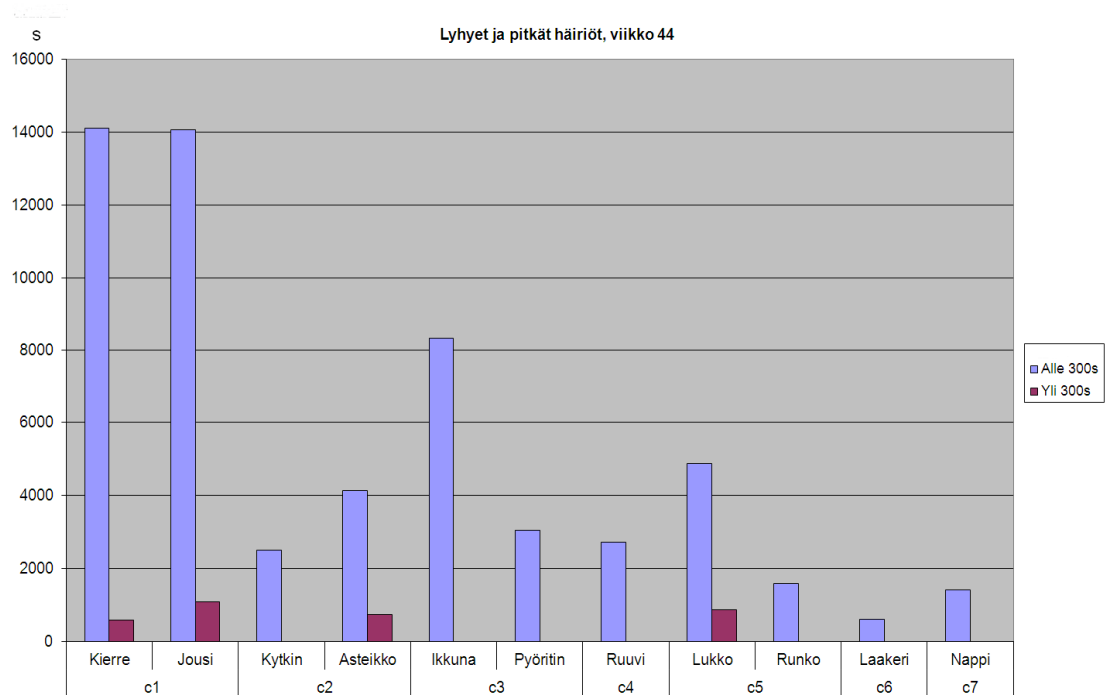


Kokonais häiriö kesto / komponentti (Yli / alle 300s)			
Sum of Kesto		Yli 0	Yli/Alle 300s
		X	
Solu	Komponentti	Alle 300s	Yli 300s
1	Kierre	1799	474
	Jousi	2266	1136
1 Total		4065	1610
2	Kytkin	3385	350
	Asteikko	5468	3323
2 Total		8853	3673
3	Pyöritin	3149	0
	Ikkuna	9972	1130
3 Total		13121	1130
4	Ruuvi	1164	0
4 Total		1164	0
5	Lukko	9452	1353
	Runko	855	1892
5 Total		10307	3245
6	Laakeri	812	0
6 Total		812	0
7	Nappi	345	0
7 Total		345	0
Grand Total		38667	9658
		80%	20%

Häiriöt alle ja yli 15 s

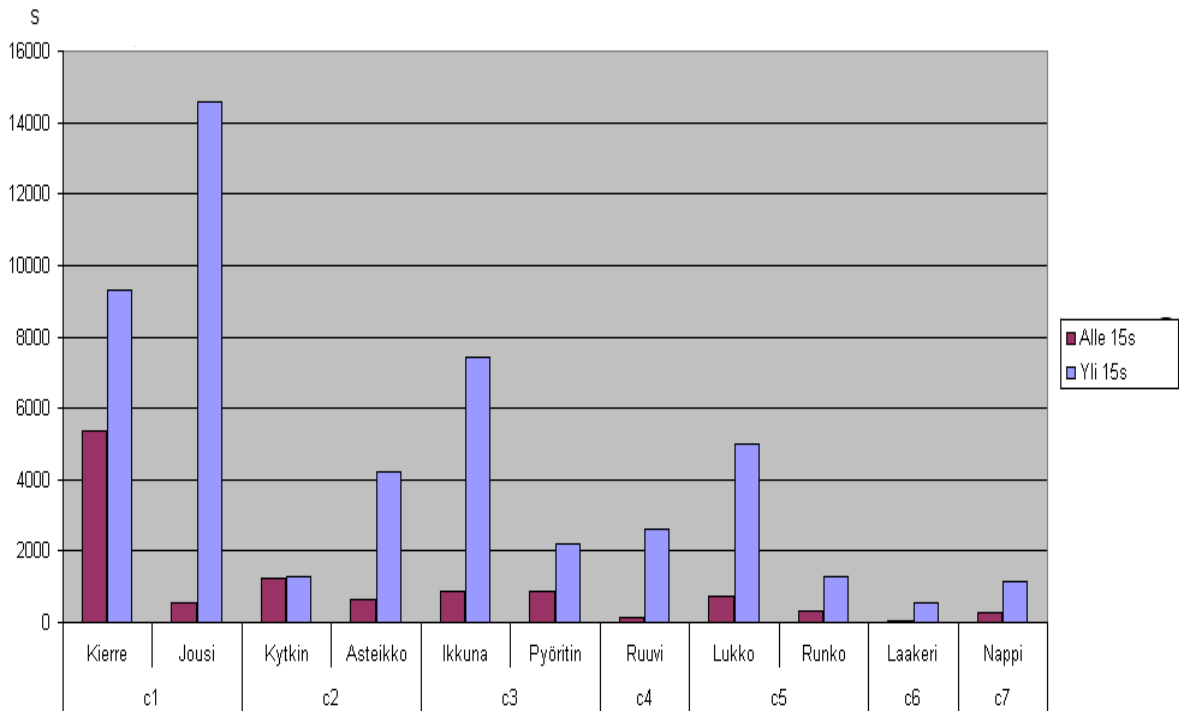


Solu	Komponentti	X	
		Yli 15s	Alle 15s
1	Kierre	1981	292
	Jousi	3305	97
1 Total		5286	389
2	Kytkin	3395	340
	Asteikko	7274	1517
2 Total		10669	1857
3	Pyöritin	2580	569
	Ikkuna	9694	1408
3 Total		12274	1977
4	Ruuvi	1115	49
4 Total		1115	49
5	Lukko	9838	967
	Runko	2455	292
5 Total		12293	1259
6	Laakeri	635	177
6 Total		635	177
7	Nappi	265	80
7 Total		265	80
Grand Total		42537	5788



Solu	Komponentti	Alle 300s	Yli 300s	Grand Total
c1	Kierre	14108	588	14696
	Jousi	14054	1074	15128
c1 Total		28162	1662	29824
c2	Kytkin	2501		2501
	Asteikko	4140	744	4884
c2 Total		6641	744	7385
c3	Ikkuna	8328		8328
	Pyöritin	3055		3055
c3 Total		11383		11383
c4	Ruuvi	2716		2716
c4 Total		2716		2716
c5	Lukko	4872	866	5738
	Runko	1593		1593
c5 Total		6465	866	7331
c6	Laakeri	597		597
c6 Total		597		597
c7	Nappi	1413		1413
c7 Total		1413		1413
Grand Total		57377	3272	60649

Häiriöt alle ja yli 15 s



Solu	Komponentti	Alle 15s	Yli 15s	Grand Total
c1	Kierre	5385	9311	14696
	Jousi	567	14561	15128
c1 Total		5952	23872	29824
c2	Kytkin	1227	1274	2501
	Asteikko	654	4230	4884
c2 Total		1881	5504	7385
c3	Ikkuna	881	7447	8328
	Pyöritin	854	2201	3055
c3 Total		1735	9648	11383
c4	Ruuvi	124	2592	2716
c4 Total		124	2592	2716
c5	Lukko	749	4989	5738
	Runko	305	1288	1593
c5 Total		1054	6277	7331
c6	Laakeri	51	546	597
c6 Total		51	546	597
c7	Nappi	272	1141	1413
c7 Total		272	1141	1413
Grand Total		11069	49580	60649