



PROSESSIPUMPPUJEN TUOTANTOPOIKKEAMIEN HALLINTA
PROCESS PUMP NON-CONFORMITY MANAGEMENT

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan kandidaatintyö

2022

Severi Immonen

Tarkastaja: TkT Sami Matthews

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Severi Immonen

Prosessipumppujen tuotantopoikkeamien hallinta

Konetekniikan kandidaatintyö

2022

42 sivua, 18 kuvaa, 3 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja: TkT Sami Matthews

Ohjaaja: TkT Sami Matthews

DI Kalle Lehti

Avainsanat: prosessipumppu, poikkeavan tuotteen ohjaus, Sulzer, Karhulan pumpputehdas, visuaalisuus, poikkeavien tuotteiden merkintä

Tämän kandidaatin työn päätavoitteena on kehittää ja ehdottaa uutta poikkeavien prosessipumppujen merkintätapaa Sulzerin Karhulan pumpputehtaan uudelle tuotantolinjalle. Toisena tavoitteena on luoda triangulaation avulla poikkeavien tuotteiden ohjauksesta vuokaavio, jota todennetaan soveltamalla sitä Karhulan pumpputehtaan uudella tuotantolinjalla. Tutkimuksessa selvitettiin prosessipumppujen ominaisuuksia, sekä niiden yleisimpiä vikoja ja tarkasteltiin visuaalisuuden merkitystä tuotannon ohjauksessa. Triangulaatiossa käytettyjä lähteitä olivat standardit, asiantuntija haastattelut, sekä kirjallisuus. Erilaisia poikkeavien tuotteiden merkintätapoja vertailtiin vertailutaulukon avulla, ja vertailukriteerejä olivat mm. kustannus ja visuaalisuus. Valituksi merkintätavaksi osoittautui poikkeavien tuotteiden tunnistelappu, jonka pohjalta suunniteltiin vastaava suomenkielinen pohja, jota voidaan painaa mm. paperiin tai kartonkiin. Uudella tuotantolinjalla poikkeavia tuotteita voidaan käsitellä tehokkaasti hyödyntämällä visuaalisuutta, sekä työn standardoimista, mikä parantaa työprosessin luotettavuutta.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Severi Immonen

Process pump non-conformity management

Bachelor's thesis

2022

42 pages, 18 figures, 3 tables and 2 appendices

Examiner: D.Sc. (Tech.) Sami Matthews

Supervisor: D.Sc. (Tech.) Sami Matthews

M.Sc. (Tech.) Kalle Lehti

Keywords: process pump, non-conforming product control, Sulzer, Karhula pump factory, visibility, non-conforming product marking

The main aim of this bachelor's thesis is to develop and propose a new way of marking non-conforming process pumps for a new production line at Sulzer's Karhula pump factory. The secondary aim is to create a flowchart for the control of non-conforming products using triangulation, which is verified by applying it to the new production line at the Karhula pump factory. The study investigated the properties of process pumps, as well as their most common faults, and examined the importance of visibility in production control. The sources used in the triangulation were standards, expert interviews, and literature. Different ways of marking non-conforming products were compared using a comparison table, and the comparison criteria were e.g. cost and visibility. The non-conformity tag turned out to be the chosen marking method, on the basis of which a corresponding Finnish-language base was designed, which can be printed e.g. on paper or cardboard. Non-conforming products on the new production line can be handled efficiently by utilizing visuals, as well as standardizing work, which improves the reliability of the work process.

KIITOKSET

Haluan kiittää Sulzer Pumps Finland Oy:tä mahdollisuudesta mielenkiintoiseen ja käytännön läheiseen kandidaatintyön aiheeseen Karhulan pumpputehtaalla. Erityiskiitokset Karhulan pumpputehtaan tuotantopäällikölle Kalle Lehdelle, sekä työnjohdolle. Haluan myös kiittää Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston tutkijatohtoria Sami Matthewsia työnohjauksesta ja rakentavista kommentteista.

Severi Immonen

Lappeenrannassa 26.5.2022

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

1	Johdanto.....	7
1.1	Tutkimuksen ja yrityksen tausta.....	7
1.2	Tutkimusongelma.....	8
1.3	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	9
1.4	Tutkimusmenetelmät ja rajoitukset.....	10
2	Kirjallisuuskatsaus.....	12
2.1	Lean-ajattelutapa.....	12
2.1.1	Työn standardisointi	14
2.1.2	Sulzer ja Lean	14
2.2	Yleisesti prosessipumpuista	15
2.2.1	Keskipakopumppujen yleisimmät viat.....	16
2.2.2	Sulzerin prosessipumput	17
2.3	Poikkeaman ja vian määrittely	19
2.3.1	Karhulan pumpputehtaan tuotantolinjat.....	20
2.3.2	Tuotantopoikkeamat Karhulan pumpputehtaalla ja korjaavat toimenpiteet ..	21
2.3.3	Poikkeavien tuotteiden ohjaus	24
2.4	Sulzerin nykyinen poikkeavien tuotteiden merkintätapa	25
3	Ratkaisuehdotukset tuotantopoikkeamien hallintaan	27
3.1	Erilaisia merkintätapoja	27
3.1.1	Sähköpaperi	27
3.1.2	Poikkeavan tuotteen tunnistelappu	28
3.1.3	Mustesuihkukirjoitin.....	29
3.2	Merkintätapojen vertailu	30

3.3	Yleinen poikkeavan tuotteen ohjauksen vuokaavio	31
3.4	Case-esimerkki (uusi tuotantolinja)	32
3.5	Poikkeavan tuotteen käsittelyn standardisointi uudella tuotantolinjalla	33
4	Tulosten analyysi	35
4.1	Tulosten objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti	35
4.2	Tulosten merkitys kohdeyritykselle ja merkintätavan käyttöönotto	36
4.3	Tulosten yleistettävyys ja virhetarkastelu	36
4.4	Jatkotutkimusaiheet	37
5	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Ehdotettu poikkeavien tuotteiden merkintätapa.

Liite 2. Ehdotettu tuotteen hyväksymisen merkintätapa.

1 Johdanto

Tämä kandidaatintyö on tehty Sulzer Pumps Finland Oy:n Karhulan pumpputehtaalle. Työssä käsitellään investointiprojektin myötä tulevan uuden prosessipumpputuotantolinjan poikkeavien tuotteiden hallintaa ja käsittelyä Lean-ajattelutavan näkökulmista. Keskeisimpänä tavoitteena on analysoinnin ja vertailun avulla kehittää ja ehdottaa poikkeaville tuotteille visuaalista merkintätapaa, jota voidaan soveltaa uudella prosessipumpputuotantolinjalla. Toisena tavoitteena on luoda yleinen poikkeavan tuotteen ohjauksen vuokaavio, joka todennetaan Sulzerin case-esimerkin avulla. Työssä myös selvitetään miten, poikkeavia tuotteita tullaan käsittelemään käytännössä uudella tuotantolinjalla. Poikkeavalla tuotteella tarkoitetaan laitetta, joka joudutaan viallisen komponentin, suorituskykytuloksen tai jonkin muun syyn takia ottamaan pois normaalista tuotantovirrasta (Lehti 2022a).

1.1 Tutkimuksen ja yrityksen tausta

Organisaatioissa uudelleen tekemisestä on tullut hyväksytty toimenpide, joissa korjaaminen ja uusiminen suoritetaan normaalin toiminnan ohella. Toisinaan työsuoritus tai prosessi ei onnistu ensimmäisellä yrittämällä ja koko prosessin läpivyoityetty aika saanto on yleensä alle 10 %. Tuote joudutaan tekemään uudelleen, mikä aiheuttaa heikon saannon ja materiaalia kuluu. Prosessissa syntyy suuria määriä vikoja ja virheitä, joita ei yleensä huomata. Tämä johtaa arvovirtauksen ongelmiin ja hukkiin, jotka aiheuttavat jaksoajan hidastumista, varastoja, vikoja ja heikosta virtauksesta johtuvaa prosessin tehottomuutta. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 212–213).

Sulzer Pumps Finland Oy on osa Sulzerin teollisuuskonsernia, ja se valmistaa pumppuja, sekoittimia ja kompressoreita. Yhtiö on perustettu vuonna 2000, ja sen pääkonttori sekä pumpputehdas sijaitsevat Karhulassa. Karhulan lisäksi Sulzer Pumps Finland Oy:lla on

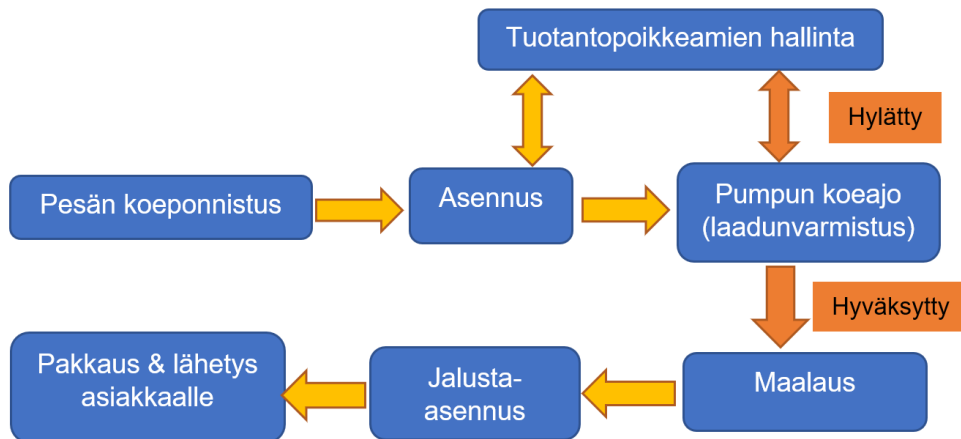
toimipaikkoja kuudella muulla eri paikkakunnalla. Yhtiöllä on henkilöstä Suomessa noin 450 ja Suomeen on sijoittunut muun muassa IT, markkinointi sekä tuotekehitys. (Lehti 2022a).

Vuonna 2021 Sulzer Pumps Finland Oy käynnisti suuren investointihankkeen Karhulan pumpputehtaalla, jonka tarkoituksena on uudistaa prosessipumppujen kokoonpano-, koeajo- ja maalaustoiminnot. Valmistusprosessien kehittämiseksi yhtiö hyödyntää myös digitalisointia ja automaatiota. Uuden tuotantolinjan on määrä valmistua vuoden 2022 aikana. Hankkeen päätyttyä Sulzer kasvattaa huomattavasti tehtaalla valmistettavien laitteiden määrää. Uuden tuotantolinjan lisäksi Sulzer rakennuttaa uuden 5 300 neliömetrin logistiikkakeskuksen. Logistiikka keskus rakennetaan tehtaan läheisyyteen, ja sen avulla Sulzer tehostaa materiaalityönsä. (Anttila 2021.)

1.2 Tutkimusongelma

ISO 9001-standardissa kerrotaan (2015, 26–27) miten poikkeavia tuotteita tulisi ohjata, mutta poikkeavien tuotteiden merkintätapoja ei ole standardisoitu. Sulzerin nykyisellä merkintätavalla on haasteellista havainnoida, minkä takia pumppu on viallinen ja kuinka pitkään pumppuun joudutaan odottamaan varaosia tai korjausta (Lehti 2022b). Nykyinen merkintätapa ei ole siis tarpeeksi visuaalinen eikä informatiivinen. Visuaalisuuden avulla työn edistymistä voidaan havainnoida paremmin ja sen avulla informaatio on nopeammin saatavilla koko organisaatiolle (McCracken 2021).

Sulzerin prosessipumppujen tuotantoprosessi uudella tuotantolinjalla on kuvattuna kuvassa 1. Yleisimmät tuotantopoikkeamat esiintyvät asennuksen ja koeajon aikana. Tuotantopoikkeamien korjaavia toimenpiteitä ovat muun muassa reklamointi, uuden komponentin tilaus, sekä poikkeavan komponentin korjaus. (Porkka 2022a.)



Kuva 1. Prosessipumppujen tuotantoprosessi uudella tuotantolinjalla (Porkka 2022a).

1.3 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kandinaatintyön tavoitteina on suunnitella konkreettinen käytännön toimenpide, sekä yleistettävissä oleva vuokaavio poikkeavien tuotteiden hallintaan. Konkreettisen käytännön toimenpiteen avulla suunnitellaan Sulzerin Karhulan pumpputehtaalle uusi visuaalinen merkintätapa, sekä standardisoitua tapaa käsitellä poikkeavia tuotteita Sulzerin uudella tuotantolinjalla. Käytännön konkreettisissa keinoissa hyödynnetään Lean-ajattelun näkökulmia. Yleistettävissä tuloksissa poikkeavan tuotteen ohjauksesta luodaan yleinen vuokaavio. Vuokaavion avulla poikkeavan tuotteen ohjaus erilaisissa yrityksissä standardisoidaan ja sitä kautta työn kulku visualisoidaan. Sulzer hyödyntää tuotannossaan Lean-ajattelutapaa (Porkka 2022a).

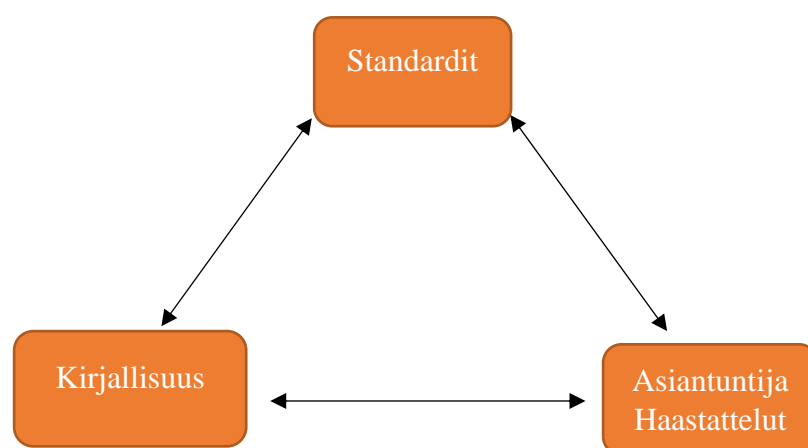
Työn tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miksi poikkeavia prosessipumppuja tulisi merkitä visuaalisesti?
- Miten poikkeavia prosessipumppuja hallitaan?
- Mitä erilaisia merkintätapoja prosessipumppuissa voidaan käyttää?

1.4 Tutkimusmetodit ja rajaukset

Kandinaatintyö tehdään kirjallisuustutkimuksena, jolloin tutkimustyö koostuu tiedonhankinnasta eri lähteistä. Tutkimuksen lähteitä etsitään pääasiassa LUT Primosta, sekä standardeista. Keskipakopumppujen tutkimisessa käytetään kirjallisuutta, sekä Sulzerin yritys sivuilla olevaa aineistoa. Tutkimuksessa vertaillaan erilaisia visuaalisia merkintätapoja taulukon avulla, ja niiden soveltuvuutta arvioidaan mm. hinnan ja helppokäyttöisyyden mukaan. Merkintätapoihin aineistoja haetaan kaupallisista lähteistä. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään vastaamaan työn tutkimuskysymyksiin.

Poikkeavan tuotteen ohjausta ja käsittelyä tutkitaan hyödyntäen triangulaatiota, jossa tarkastellaan kolmea toisistaan riippumatonta näkökulmaa. Työssä käytettävässä triangulaatiossa hyödynnetään standardeja, asiantuntija haastatteluja ja kirjallisuutta (kuva 2). Triangulaation avulla poikkeavan tuotteen ohjauksesta luodaan yleinen vuokaavio. Työssä käytetään yleisen vuokaavio tekemisessä ja todentamisessa case-tutkimusmenetelmää.



Kuva 2. Työssä käytettävä triangulaatio.

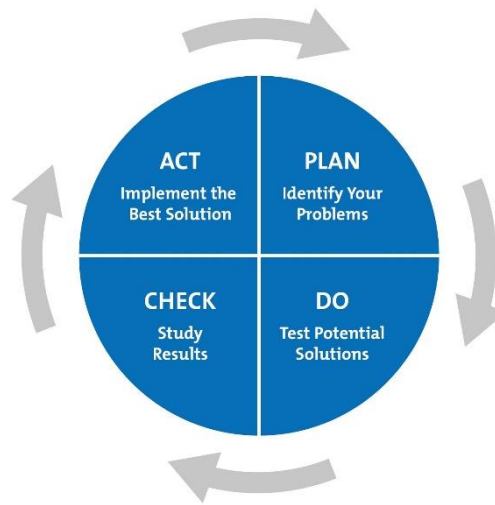
Kandinaatintyössä ei käsitellä laadunvarmistusta tai laadunhallintaa, vaan työssä keskitytään tuotannonohjaukseen. Perehdytään siis tarkemmin siihen, miten tuotetta käsitellään, kun poikkeama on jo ilmennyt. Lean-ajattelussa tarkastellaan laatuun ja virheisiin liittyviä tekijöitä, sekä visuaalisuuden merkitystä työnkulussa. Prosessipumppujen osalta, työssä keskitytään Sulzerin uudella tuotantolinjalla valmistettaviin keskipakopumppuihin. Merkintätapojen vertailussa keskitytään uuteen tuotantolinjaan, ja otetaan huomioon siihen liittyvät tekijät ja tehdas ympäristö.

2 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan Lean-ajattelutapaa, ja sen vaikutusta tuotannonohjaukseen ja Sulzerin toimintaan. Kappaleessa käsitellään myös yleisesti prosessipumppuja ja niiden yleisempiä vikoja, sekä Sulzerin prosessipumppuja ja niiden tuotantopoikkeamia. Kirjallisuuskatsauksen lopuksi käsitellään tarkemmin poikkeavan tuotteen ohjausta, Sulzerin tuotantolinjoja, sekä Sulzerin nykyistä poikkeavien tuotteiden merkintätapaa.

2.1 Lean-ajattelutapa

Lean -ajattelutapa pohjautuu laatujohtamiseen ja jatkuvaan parantamiseen, joita Toyota hyödynsi menestyksessään 1960–80-luvuilla. Toyotan menestys juontaa juurensa Toyotan tuotantosysteemiin (TPS), jonka avulla minimoitiin tuotantoprosessin aikavaihtelua. Leanin perusteos ”Lean thinking” ilmestyi vuonna 1996, joka perustuu siihen mitä uskottiin Toyotan käytäntöjen olevan. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 28–32.) Järjestelmällinen jatkuva parantaminen edellyttää organisaatiolta, että ongelmat tutkitaan ja ne ymmärretään, ratkaisuja testataan, niiden toimivuutta seurataan ja toimivat ratkaisut otetaan käyttöön. Tätä järjestelmällistä logiikkaa kutsutaan Demingin ympyräksi eli PDCA-sykliseksi (Plan-Do-Check-Act), joka on kuvattu kuvassa 3. (Logistiikan maailma 2022.)



Kuva 3. PDCA (Plan-Do-Check-Act) ympyrä (Mind tools).

Leanin mukaan prosessin aika voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat arvoa lisäävä työ, sivutyö ja hukka. Leanin lähtökohtana on lisätä arvoa lisäävä työtä ja vähentää hukkaa, joka ei luo arvoa yritykselle (Karjalainen & Karjalainen 2020, 62–63). Lean-ajattelutavan mukaan on olemassa seitsemän hukkaa, jotka ovat ylituotanto, turha kuljetus, turha varasto, odotusaika, yliprosessointi, virheet, sekä turha liike (Sulzer 2009).

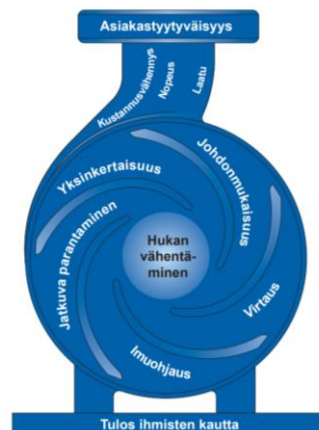
Visuaalisen hallinnan avulla tietoa voidaan välittää visuaalisella tavalla niin, että sen ymmärtäminen ei vaadi selitystä. Hyvä visuaalinen hallinta mahdollistaa jokaisen työntekijän näkemään työn nykytilan ja sen etenemisen. Organisaatiot voivat tehdä työstä tuottavampaa luomalla työpaikalle visuaalisia ohjeita, jotka tekevät tiedosta selkeää ja käyttökelpoisempää. Visualisuus edistää oppimista jopa 400 % ja ihminen pystyy käsitellä visuaalista sisältöä 60 000 kertaa nopeammin kuin tekstiä. (McCracken 2021.) Visualisoimalla työn vaiheita, kommunikointi esimiehen ja työntekijän välillä on helpompaa ja heidän on helpompi reagoida ongelmiin (Balle 2017).

2.1.1 Työn standardisointi

Standardoinnin avulla korkea laatu syntyy luotettavasti ja jatkuvasti, ja se mahdollistaa uuden tason säilyttämisen. Standardoinnin avulla yritys varmistaa luotettavuuden, alentaa kustannuksia, ylläpitää työntekijöiden suoritustasoa ja turvallisuutta. Näiden tekijöiden avulla yritys voi kilpailla tehokkaammin. Standardisoinnin etuja ovat jatkuva parantaminen ja nopea vaste asiakkaiden tarpeisiin. Standardoinnin edellytyksenä on että, työmenetelmät on määritelty tarkasti ja kaikki menetelmän muuttajat on käyty läpi, ja selvitetty niiden kokeellinen vaikutus. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 319).

2.1.2 Sulzer ja Lean

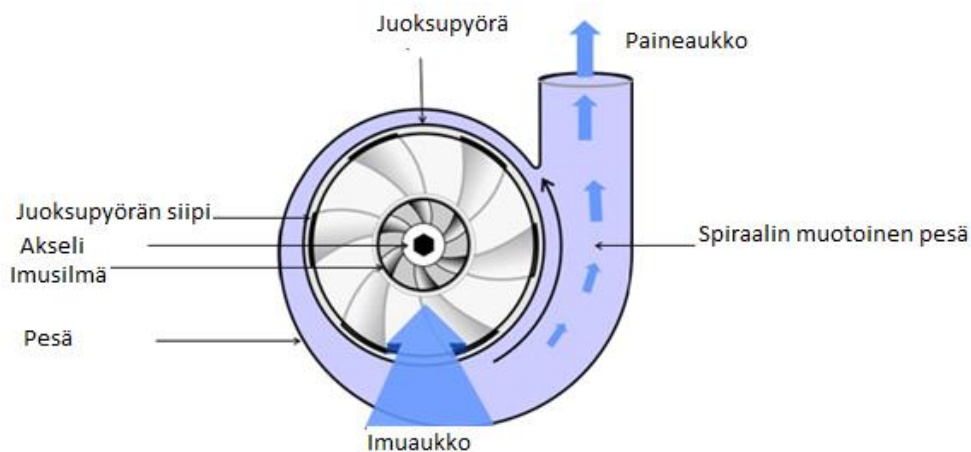
Sulzer hyödyntää toiminnassaan Lean-ajattelutapaa, joka tukee sen liiketoimintatavoitteita ja edustaa tavoiteltua toimintakulttuuria. Sulzerin Lean-ajattelun kulmakiviä ovat asiakastyytyväisyys, tehokkaat kustannukset, nopeus, laatu, sekä ihmisten panos ja tiimityö. Sulzerillä käytettäviä Lean työkaluja ovat kaizen, 5S, vakioidut toimintaohjeet (SOP), visuaalinen ohjaus, sekä kanban. Kuvassa 4 Sulzerin Lean-ajattelun periaate. (Lehti 2022b.)



Kuva 4. Sulzerin Lean-ajattelu (Sulzer 2009).

2.2 Yleisesti prosessipumpuista

Keskipakopumput tarjoavat yksinkertaisia ja edullisia ratkaisuja useimpiin matalapaineisiin ja suuritehoisiin pumppaussovellutuksiin. Keskipakopumpuissa käytetään yleensä alhaisen viskositeetin nesteitä, kuten vettä tai kemikaaleja. Tyypillisimpiä käyttökohteita keskipakopumpuilla ovat vedenjakelu, kierrätys, kastelu ja kemikaalien siirto kemiantehtailla. Kuvasssa 5 esitelty keskipakopumpun toimintaperiaate. (Michael smith engineering 2022.)



Kuva 5. Keskipakopumpun toimintaperiaate (Micheal smith engineers 2022).

Keskipakopumppu on dynaaminen pumppu, ja se on yleisin prosessiteollisuudessa käytetty pumpputyyppejä. Keskipakopumpussa neste saadaan pyörivään liikkeeseen pyörivän juoksupyörän avulla. Tällöin neste siirtyy juoksupyörällä kehälle päin keskipakovoiman ansiosta. Keskipakopumpun pesä on spiraalin muotoinen, mikä mahdollistaa liikkuvan nesteen ohjauksen paineaukkoon. Neste voidaan myös ohjata paineaukkoon johtosiivilällä. Keskipakopumppu on toiminnaltaan jatkuvatoiminen. Juoksupyörän keskelle muodostuu alipainetta, koska neste siirtyy keskipakovoiman avulla juoksupyörän kehälle päin. Alipaineen vuoksi pumppu imee uutta nestettä juoksupyörän keskelle. Keskipakopumpun tärkeimmät

komponentit ovat pesä, juoksupyörä, akseli ja paineaukko. Pesän raaka-aine valitaan pumpun sijoitus olosuhteiden ja pumpattavan nesteen mukaan. Juoksupyörän raaka-aineen valinnassa vaikuttaa pumpattavan nesteen ominaisuudet. Pesän ja juoksupyörän raaka-aine voi olla esimerkiksi valurautaa, jolloin pumpattava neste on tällöin vettä. (Kimmo 1987, 8–10.)

2.2.1 Keskipakopumppujen yleisimmät viat

Merklen (2014, 1) mukaan pumpun viat, jotka ilmenevät lähes heti pumpun käyttöönotosta johtuvat usein huonosta suunnittelusta tai pumpun huonosta hoidosta. Pumpun akseliin kohdistuu vääntö- ja taivutusmomenttia, jotka voivat taivuttaa akselia. Pienikin akselin taipuminen voi asettaa pyörän epäkeskeiseen asentoon vällysrenkaan sisällä. Akseli voi myös taipua liian suuren kulmanopeuden takia, jolloin se saattaa vaurioitua. (Wirzenius 1978, 153–154.) Kavitaation seurauksena pumpussa ilmenee yleensä voimakasta värähtelyä ja ääntä, jotka voivat aiheuttaa vaurioita akselissa ja laakereissa. Kavitaatio tarkoittaa järjestelmän voimakasta ylikuormitusta, mikä voi aiheuttaa pumpun rikkoutumisen. (Merkle 2014, 13.) Lähes kaikki juoksupyörät valmistetaan valamalla, ja pienemmissä pyörissä siiven ja seinän paksuus määräytyvät metallin valettavuuden perusteella (Wirzenius 1978, 173). Pumpussa osissa voi ilmetä eroosiota, jos pumpattavassa nesteen mukana on hankaavia aineita. Suurin osa juoksupyörään kohdistuvasta eroosiosta kohdistuu sen pinnalle, missä nesteen nopeus on suurimmillaan. (Merkle 2014, 4–6.) Myös kierukkapesät valmistetaan valamalla. Sen valaminen on vaativaa ja pienemmissä pumpuissa valumuotin keerna voi siirtyä vähän, jolloin pesä voi tulla liian ohueksi. Liian ohutseinäistä pesää on haasteellista koneistaa, sillä se saattaa deformoitua työkoneeseen kiinnittämisestä ja terän leikkuuvoimasta. (Wirzenius 1978, 187.) Eniten pesässä tapahtuvasta eroosiosta tapahtuu pesän kierteen sisällä olevilla reunoilla, kuten tyhjennysreiässä (Merkle 2014, 7).

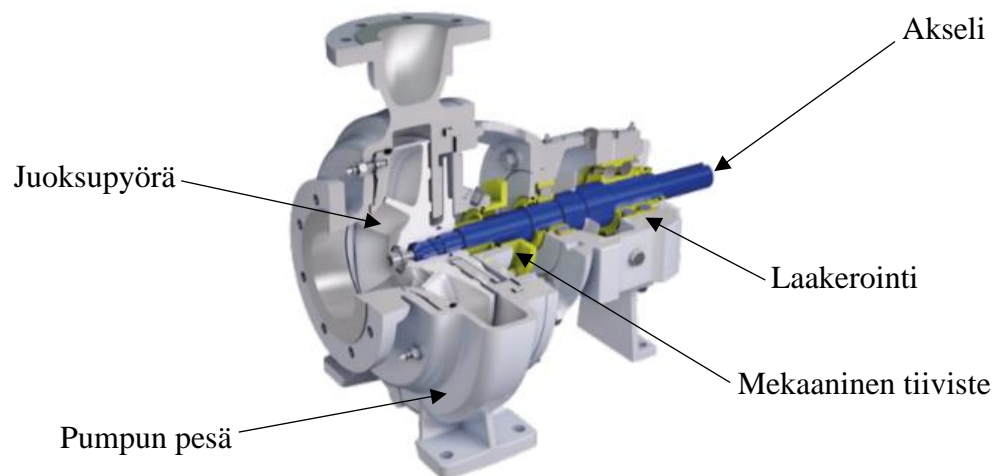
Pumpussa tiivisteiden toimivuus on tärkeää, sillä se voi käydä pitkään ilman valvontaa (Wirzenius 1978, 207). Mekaanisia tiivisteitä käytetään pyörivissä laitteissa ja ne voivat toimia pitkäänkin ilman valvontaa. Osat, joissa on tiivistepintoja voi olla työlästä vaihtaa. Lisäksi ei ole aina mahdollista havaita milloin tiiviste tulisi vaihtaa. (Wirzenius 1978, 215.)

Yleisimmät syyt tiivisteiden kulumiseen on kuiva-ajo, normaalin käytön kuluminen, materiaalin kuluminen, sekä väärä asennustapa. Yli 10 % pumppujen vioista johtuu pumpun tiivisteiden kuiva-ajosta. (Merkle 2014, 14.)

Yksi pumppujen tyypillisistä vioista on laakereiden rikkoutuminen, joka johtuu 80 % tapauksista väärän voitelun takia. Vääränlainen voitelu aiheuttaa laakerin ylikuumentumisen. Laakerit voivat hajota myös väärän laakerin valinnan takia, ylikuormituksesta tai väsymyksestä. Kyttimeen voi myös liittyä vikoja, mitkä voivat johtua kohdistusvirheestä, ylikuormituksesta, vääntöväärähtelystä tai vääränlaisesta voitelusta. (Samotics, 2020.)

2.2.2 Sulzerin prosessipumput

Sulzer Pumps Finland Oy:n Karhulan pumpputehtaalla valmistettavat prosessipumput ovat keskipakopumppuja. Pumput seuraavat kansainvälistä ISO 5199-standardia, jonka mukaisia pumppuja käytetään prosessiteollisuudessa. Yleisimmät valmistettavat mallit ovat AHLSTAR A- ja SNS-sarjan prosessipumput. Kuvassa 6 esitetty Sulzerin valmistama prosessipumppu ja sen tärkeimmät komponentit. (Sulzer 2022.)



Kuva 6. AHLSTAR prosessipumpun komponentit (Sulzer 2016).

AHLSTAR A-sarjan prosessipumppuja (kuva 7) käytetään vaativissa teollisuuden sovelluksissa, kuten ydinvoimaloissa, sellutehtaissa ja vedenjakelussa. Pumpumalli ylittää ISO 5199 ja ISO 2858 standardit, mikä takaa hyvän suorituskyvyn ja luotettavuuden. Prosessipumpun elinkaarikustannukset ovat alhaiset sen ainutlaatuisen rakenteen vuoksi. Yleisimpiä pumpattavia nesteitä ovat viskoottiset nesteet, puhtaat ja epäpuhtaat nesteet, sekä kiintoaineita sisältävät nesteet. AHLSTAR prosessipumpun tekniset tiedot esitettynä taulukossa 1. (Sulzer 2022).



Kuva 7. AHLSTAR A-sarjan keksipakopumppu (Sulzer 2022).

Kapasiteetti	11 000 m ³ /h
Nostokorkeus	160 m
Paine	16 / 25 bar
Lämpötila	180 °C
Paineyhteen koko	32–700 mm
Pyörimisnopeus	3600 r/min

Taulukko 1. AHLSTAR A tekniset tiedot (Sulzer 2022).

SNS-prosessipumppusarja (kuva 8) ylittää ISO 5199-standardin, sekä MEI 0,7 hyötöindeksin, mikä takaa prosessipumppumarkkinoiden parhaan hyötysuhteen. Nykyaikaisen

rakenteen avulla pumppu on luotettava ja sen energian kulutus on alhainen. Pumpun käyttökohteita ovat teollisuuden erilaiset sovellutukset, kuten kaivostoiminta, puhtaan veden syöttö ja jakelu, sekä puhtaan veden käsittely. SNS-pumppusarjalla voidaan pumpata puhtaita ja epäpuhtaita nesteitä, viskoottisia nesteitä, sekä kuitususpensioita. SNS prosessipumpujen tekniset tiedot esitettynä taulukossa 2. (Sulzer 2022.)



Kuva 8. SNS-prosessipumppu (Sulzer 2022).

Kapasiteetti	1400 m ³ /h
Nostokorkeus	160 m
Paine	16 bar
Lämpötila	120 °C
Paineyhteen koko	25–125 mm
Pyörimisnopeus	3600 r/min

Taulukko 2. SNS-pumppusarjan tekniset tiedot (Sulzer 2022).

2.3 Poikkeaman ja vian määrittely

Vika ja poikkeama ovat termejä, joita voidaan käyttää synonyymeina toisistaan monissa tilanteissa. Joissakin tilanteissa termit eroavat toisistaan. Poikkeama voidaan määrittellä

laatuominaisuuksien epäonnistumisena vastaamaan asetettua tasoa, joka ei vastaa annettuja vaatimuksia. Vialla tarkoitetaan vakavaa poikkeamaa, joka ei täytä normaalin käytön vaatimuksia. (Borror 2008, 190.) Tri Walter A. Shewhart luoman laatuteorian (SPC) mukaan poikkeamat syntyvät yleisistä syistä ja erityisistä. 94–98 % poikkeamista johtuvat yleisistä syistä, jotka ovat ennustettavia. Loput 2–6 % poikkeamista syntyvät erityisistä, jotka eivät ole ennustettavissa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 152). Virheet määrittyvät prosessin ulkopuolisista vaatimuksista, spesifikaatioista, asetetuista rajoista ja niiden alituksista ja ylityksistä (Karjalainen & Karjalainen 2020, 191). SFS-EN ISO 9000 -standardin mukaan (2015, 24) poikkeamalla tarkoitetaan asetettujen vaatimuksen täyttämättömyyttä.

2.3.1 Karhulan pumpputehtaan tuotantolinjat

Sulzerin nykyisen tuotantolinjan prosessipumppujen valmistuksen ensimmäinen työvaihe on laakerointi, joka tehdään itse laakerointiasennuksessa. Tämän jälkeen pumpun pesä koneistetaan koneistus pisteessä, jossa sijaitsee mm. FMS. Laakeroinnin ja koneistuksen jälkeen pumppu kasataan kokoonpano pisteessä, josta se siirtyy koeajoon. Koeajon jälkeen pumppu lähetetään maalaukseen alihankkijalle toiseen rakennukseen. Maalauksen jälkeen pumppu siirtyy jalusta-asennukseen, jossa pumppu loppuvarustellaan. Kun loppuvarustelu on tehty, pumput viedään pakkaamoon ja lähetetään asiakkaalle. Tuotannossa mahdolliset poikkeavat tuotteet siirretään sivuun siinä työpisteellä missä ne on havaittu. Nykyisessä tuotantolinjassa ei ole hyödynnetty automatisaatiota, ja pumpun läpimenoaika tuotantolinjalla on noin viikko. (Johansson ym. 2022).

Sulzerin uudella tuotantolinjalla maalaamo ja koeajo linjat ovat osittain automatisoitu. Nuppikokoonpanossa, koeajossa, sekä jalusta-asennuksessa on kussakin kaksi linjastoa eri koon pumppuille. (Johansson ym. 2022.) Pumppujen osat tulevat nuppikokoonpanolinjalle settivaunuissa junalla. Pumpun pesä koe ponnistetaan uudessa logistiikkakeskuksessa ennen sen saapumista kokoonpanolinjalle. Pumppuja siirretään tuotantolinjalla eteenpäin automaattitrukeilla. Kokoonpanon jälkeen toimiva pumppu viedään koeajoon, jossa tarkistetaan sen toiminnalliset ominaisuudet. Jos pumpussa ilmenee poikkeamia kokoonpanossa tai koeajossa,

pumppu siirretään pumppusairaalaan odottamaan toimenpiteitä. Koeajon jälkeen läpimennyt pumppu siirretään maalaamoon, jonka jälkeen se siirtyy jalusta-asennukseen, eli loppuvälineisiin. Jos pumpussa ilmenee poikkeamia maalauksessa tai jalusta-asennuksessa, sitä ei enää siirretä pumppusairaalaan. Jalusta-asennuksen jälkeen pumppu vietään pakkaamoon ja lähetetään asiakkaalle. Uudella tuotantolinjalla pumpun läpimenoaika on noin 30 tuntia. (Porkka 2022a.)

Uudella tuotantolinjalla tullaan soveltamaan enemmän lean-ajattelua ja tuotannon keskeinen käsite on one-piece flow. One-piece flown ideana on tehdä yhtä tuotetta kerrallaan, koska poikkeaman ilmetessä se voi esiintyä kaikissa tuotteissa. Tällä tavoin säästetään aikaa. (Porkka 2022a.) Uudella tuotantolinjalla siirtymät on minimoitu yhdistämällä työpisteet yhteen sarjaan. Uusi tuotantolinja rakennettiin, koska kustannukset tulevat vähenemään ja tuotantokapasiteetti kasvaa. Uuden logistiikkakeskuksen avulla tuotantolinjan varastointi tarve vähenee, jonka avulla minimoidaan keskeneräisten laitteiden määrää. (Johansson ym. 2022.)

2.3.2 Tuotantopoikkeamat Karhulan pumpputehtaalla ja korjaavat toimenpiteet

Sulzerin Karhulan pumpputehtaan yleisimmät prosessipumppujen tuotantopoikkeamat esiintyvät juoksupyörissä. Juoksupyörissä olevat poikkeamat ovat muotovirheitä (kuva 12) tai mittavirheitä, esimerkiksi juoksupyörän halkaisijan väärä mitta. Tuotantopoikkeamia voi myös ilmetä pumpun pesässä koeponnistuksen aikana, jos mitatut arvot eivät vastaa asiakkaan asettamia vaatimuksia. Pesään liittyviä tuotantopoikkeamia ovat vuotaminen tai se ettei pesän sivulevy mene paikalleen. Tuotantopoikkeamia voi esiintyä kaksitoiminen mekaanisen tiivisteen koeponnistuksen aikana, jolloin se voi vuotaa. Asennuksessa o-renkaat ja ta-sottiivisteet voivat hajota helposti (Porkka, 2022a).



Kuva 9. Poikkeava juoksupyörä, jossa muotovirhe. Kuva on otettu Karhulan pumpputehtaalla 2022.

Usein tuotantopoikkeamat havaitaan koeajon aikana, jolloin koeajosta saadut arvot eivät täytä asiakkaan vaatimuksia. Koeajossa mitataan yleisesti mm. pumpun tuottoa, nostokorkeutta ja tehonottoa. (Porkka, 2022b). Koeajon jälkeen juoksupyörää ja pesää voidaan muokata vielä sopiviksi. Juoksupyörää voidaan muokata trimmauksella, esimerkiksi muodonajolla, alaviilauksella, kiillotuksella tai pienennyksellä. Pesää voidaan trimmata kiillotamalla tai kielen lyhennyksellä. Kuvassa 13 on vuotava pumpun pesä, joka on merkattu poikkeavaksi tuotteeksi. (Porkka, 2022c.)



Kuva 10. Vuotava pumpun pesä. Kuva on otettu Karhulan pumpputehtaalla 2022.

Tuotantopoikkeamat johtuvat suunnitteluvirheestä, toimitusvirheestä tai asennusvirheestä. Suunnitteluvirheessä suunnittelija on tilannut väärän komponentin, mikä ei sovi pumppuun. Poikkeaman havaitsemisen jälkeen osaluettelot ja kuvat päivitetään, ja poikkeavien komponenttien tilalle tilataan uudet tai niitä muokataan tehtaalla sopiviksi. Toimitusvirheessä alihankkija on toimittanut väärän tai viallisen komponentin, joka ei sovi pumppuun. Sen seurauksena tehdään reklamaatio toimittajalle, jonka jälkeen toimittaja korjaa komponentin tai lähettää uuden. Komponentti voidaan myös korjata itse tai lähettää pumppu viallisena asiakkaalle, jolloin toimiva komponentti lähetetään jälkitoimituksena. Asennusvirhe johtuu työntekijän inhimillisestä virheestä, jolloin komponentti rikkoutuu. Asennuksessa rikkoutunut komponentti voidaan yrittää korjata tai sen tilalle tilataan uusi. (Porkka, 2022a.)

2.3.3 Poikkeavien tuotteiden ohjaus

Tarkastuksen, testauksen tai käsittelyn aikana huomautetut poikkeavat tuotteet tulisi pitää erillään normaaleista tuotteista. Poikkeavat tuotteet on säilytettävä tunnistetussa paikassa, jotta ne eivät sekoitu normaalien tuotteiden kanssa. (Purushothama 2015, 115). Organisaatiolla tulee olla dokumentoitu toimenpidesuunnitelma, jolla päätetään, miten kyseistä tuotetta hallitaan (Keen, 2022).

Organisaation tulee tunnistaa tuotteet, jotka eivät täytä asetettuja vaatimuksia ja ohjata niitä siten, että niiden jakelu tai käyttö estetään. Poikkeaman havaitsemisen jälkeen poikkeavaa tuotetta voidaan käsitellä seuraaviin toimenpitein:

- Poikkeaman korjaus
- Ilmoittaminen asiakkaalle
- Valtuutuksen hankkiminen tuotteen hyväksymiseen poikkeusluvalla
- Tuotteen tuottamisen keskeyttäminen, erottaminen, rajoittaminen tai niiden palauttaminen

Kun, poikkeava tuote on korjattu, sen vaatimustenmukaisuus on todennettava. Lisäksi organisaation tulee säilyttää dokumentoitua tietoa, jossa:

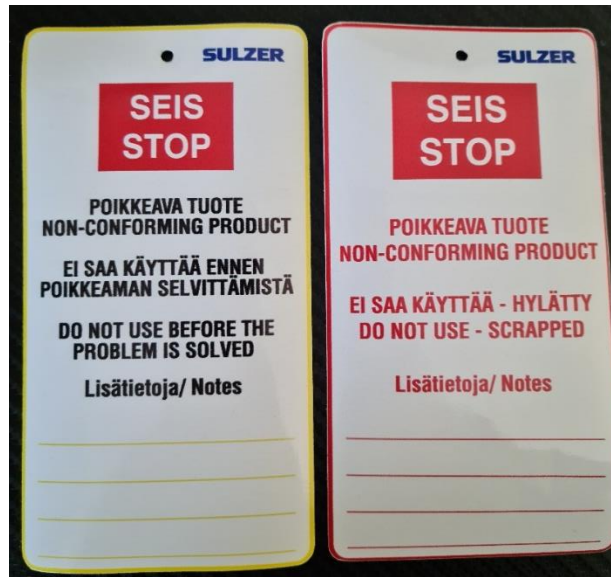
- Poikkeama kuvataan
- Tehdyt toimenpiteet kuvataan
- Saadut poikkeusluvut kuvataan
- Määritellään valtuutettu osapuoli, joka päättää miten poikkeamaa käsitellään

(SFS-EN ISO 9001:2015, 26–27.) Tarvittaessa organisaation tulee myös tehdä muutoksia laadunhallintajärjestelmään, sekä päivitettävä suunnittelun aikana määritettyihin riskeihin ja mahdollisuuksiin liittyviä tietoja (SFS-EN ISO 9001:2015, 30).

Sulzerin Karhulan pumpputehtaalla poikkeamat havaitsee yleensä asentaja, joka ilmoittaa poikkeamasta työnjohdolle, jonka jälkeen tuote merkitään tussilla tai lapulla ja laitetaan siivuun. Työnjohtaja menee paikalla todentamaan poikkeaman ja ottamaan kuvat poikkeamasta. Työnjohtaja kirjaa poikkeaman Excel-pohjaiseen tuotannonohjausjärjestelmään ja ryhtyy selvittämään poikkeaman syytä. Jos kyseessä on toimittajan tekemä virhe, työnjohto avaa reklamaation, joka välitetään hankinnan kautta toimittajalle. Vastuu toimenpiteiden päättämisestä siirtyy hankinnalle, joka sopii toimittajan kanssa toimienpiteistä. Tuotannosta ei olla yhteydessä asiakkaaseen prosessin aikana, vaan myynti on tarvittaessa yhteydessä, jos tarvitaan hakea hyväksyntää poikkeamalle tai poikkeama viivästyttää laitteen toimitusta. Suunnitteluvirheen tapauksessa, asentaja tai työnjohto ilmoittaa laitteen sovellussuunnittelijalle poikkeamasta, jolloin sovellussuunnittelija tekee tilausmuutoksen. Kun poikkeama on korjattu, riittävän pätevyyden omaava henkilö toteaa tuotteen korjatuksi. Rikkoutunut tai poikkeava komponentti romutetaan tai lähetetään takaisin toimittajalle. Toimivat poikkeavat komponentit voidaan myös varastoida, jos kyseiselle komponentille on tarve tiedossa tai oletetaan että tarvetta on tulevaisuudessa. Joissakin tapauksissa toimiva komponentti on siirretty pumppuhuollon varastoon. Korjauksien jälkeen pumppu koeajetaan ja loppuvarustelussa pumpun mitat tarkistetaan. Lopuksi tuote merkitään korjatuksi tuotannonohjausjärjestelmään ja palautetaan takaisin tuotantovirtaan. (Porkka, 2022a.)

2.4 Sulzerin nykyinen poikkeavien tuotteiden merkintätapa

Sulzerin nykyisellä merkintätavalla on haasteellista havainnoida, minkä takia pumppu on viallinen ja kuinka pitkään se joutuu odottamaan varaosia tai korjausta (Lehti 2022b). Sulzerin Karhulan pumpputehtaalla tuotantopoikkeamat on ennen merkitty kyltillä (kuva 15) tai tussilla. Tehtaalla on otettu kuvan 14. mukainen tarrakäytäntö kokeiluun poikkeavien tuotteiden tunnistamiseen, joka on visuaalinen ja siihen voidaan kirjoittaa lisätietoja. (Porkka, 2022a).



Kuva 11. Tuotantopoikkeamien merkitseminen tarralla. Kuva otettu Karhulan pumpputehtaalla 2022.



Kuva 12. Tuotantopoikkeaman merkitseminen kyltillä. Kuva otettu Karhulan pumpputehtaalla 2022.

3 Ratkaisuehdotukset tuotantopoikkeamien hallintaan

Kandinaatintyön lähtökohtana oli selvittää miten poikkeavien tuotteita tullaan hallitsemaan Sulzerin uudella tuotantolinjalla. Työn tavoitteina oli ehdottaa uutta prosessipumppujen merkintätapaa kohdeyritykselle, sekä selvittää miten poikkeavia tuotteita tullaan ohjaamaan ja käsittelemään.

3.1 Erilaisia merkintätapoja

Kandinaatintyön tutkimuksessa löydettyjä merkintätapoja, joita voitaisiin käyttää Karhulan pumpputehtaalla ovat sähköpaperi, poikkeavan tuotteen tunniste kortti, sekä mustesuihku-kirjoitin.

3.1.1 Sähköpaperi

E Ink on sähköpaperitekniikan kehittäjä ja alan kaupallinen johtaja. Yritys valmistaa elektronisia paperinäyttöjä (EPD), joka valmistetaan liittämällä elektroniikkaa laminoituun muovikalvoon. Elektroninen muste on kemian, fysiikan ja elektroniikan fuusio. Se muistuttaa hyvin paljon paperia ja siinä käytetään samoja pigmenttejä, kuin painoteollisuudessa. (Eink, 2020a). Kuva E Ink näytöllä jää pysymään, vaikka siihen yhdistetyt virtalähteet katkaistaan. Näyttö kuluttaa siis virtaa vain silloin kun näyttöä muutetaan. Tämän takia E Ink mustetta käyttävien laitteiden akun kesto on pitkä. E Ink näytöissä ei käytetä taustavaloa, vaan näyttö heijastaa ympäristön valoa. Perinteiseen LCD-näyttöön verrattuna E Ink näytön akun käyttöikä on merkittävästi pidempi. Muovipohjaiset E Ink näytöt tekevät lopputuotteesta

kevyemmän ja ohuemman kuin lasipohjaiset näytöt. Muovipohjaiset näytöt ovat myös kestäviä ja taipuvaisia. (Eink 2020b). Kuvassa 16 esitetty Eink:in valmistama hyllyetiketti.



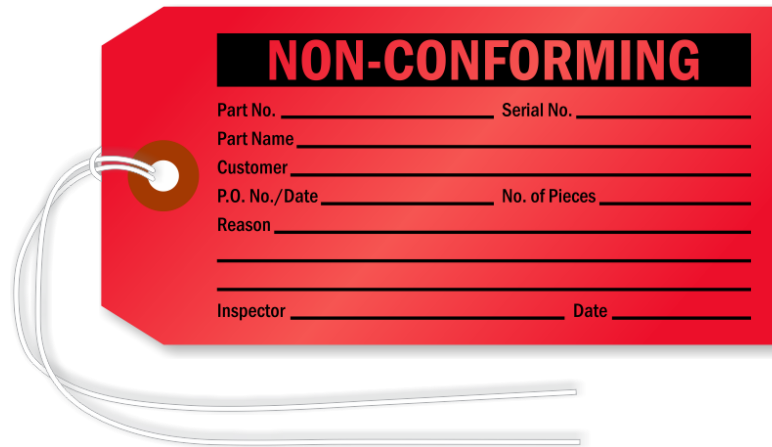
Kuva 13. E Ink Spectra 3100 hyllyetiketti (Eink 2021).

E Ink Spectra 3100 on neljän pigmentin mustejärjestelmä, jossa voidaan käyttää mustaa, valkoista, punaista ja keltaista väriä. Siinä on parannettu päivitysaika ja suurempi lämpötila-alue punaisille ja keltaisille alueille, mikä parantaa tunnistamista. E Ink on optimoitu elektronisia hyllyetikettejä ja ostopisteiden kylttejä varten. Elektronisten hyllyetikettien avulla etiketin tietoja voidaan päivittää etänä, eikä etikettiä tarvitse vaihtaa manuaalisesti, mikä säästää aikaa. (Eink, 2021).

3.1.2 Poikkeavan tuotteen tunnistelappu

Poikkeavan tuotteen tunnistelappu (kuva 17) tarkoituksena on taata laadunhallinta, niin että ISO 9001 laadunhallintajärjestelmän asettamat ehdot täyttyvät. ISO 9001 standardin mukaan yrityksen tulee tunnistaa poikkeavat tuotteet ja varmistaa niiden jakelun ja käytön estäminen. Poikkeavan tuotteen tunnistelapun avulla työntekijä voi merkitä tuotteet, jotka eivät täytä määriteltyjä ehtoja. Tunnisteissa on tyhjiä kohtia, joihin voidaan lisätä kommentteja poikkeaman tilasta. Tunnisteet sisältävät repäisynauhat, sekä järjestysnumerot tunnistamista ja seuraamista varten. Tunniste voidaan tilata narun kanssa tai ilman, ja siihen voidaan lisätä

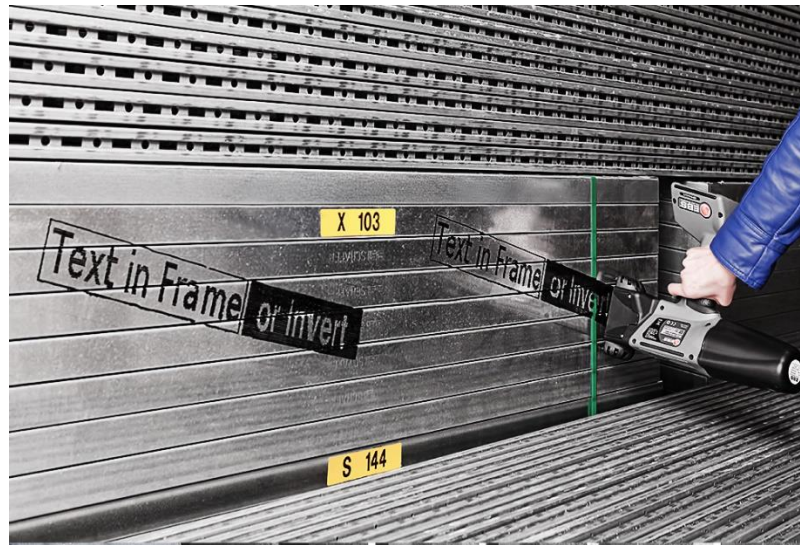
osan numero, osan nimi, asiakkaan nimi, poikkeaman syy, päiväys, ja vastuuhenkilön nimi. (XpressTags 2022).



Kuva 14. Poikkeavan tuotteen tunniste lappu (XpressTags 2022).

3.1.3 Mustesuihkukirjoitin

EBS-260-käsikkoderi (kuva 18) on manuaalinen mustesuihkukirjoitin, jota voidaan käyttää melkein kaikille eri pinnoille (Teollisuusmerkintä 2022). EBS-260-käsikkoderilla voidaan tulostaa erilaisia tekstejä, viivakoodeja, sekä logoja (Handjet 2022a). Laitteen musteen tulostutusta voidaan ohjata laitteen omalla kosketusnäytöllä tai tietokoneella. Suihkutettu tekstin korkeus vaihtelee 11 mm ja 57 mm välillä ja sillä voidaan tuottaa maksimissaan 5 riviä tekstiä. Mahdollisia värejä ovat valkoinen, keltainen, sininen, musta, punainen ja vihreä. (Handjet 2022b.)



Kuva 15. EBS-260-käsikooderi (Handjet 2022c).

3.2 Merkintätapojen vertailu

Merkintätapoja arvioidaan taulukon 3 mukaisen vertailutaulukon avulla. Vertailukriteereiksi valittiin kustannus, visuaalisuus, helppokäyttöisyys, informatiivisuus, sekä arvio soveltuvuudesta. Visuaalisuudella tarkoitetaan kuinka hyvin merkintätapa kuvaa erilaisilla väreillä poikkeaman tilaa. Helppokäyttöisyys kuvaa kuinka helppoa merkintätavan käyttäminen on. Soveltuvuudella arvioidaan merkintätavan soveltuvuutta prosessipumppuihin ja tehdasympäristöön. Informatiivisuudella arvioidaan merkintätavan kykyä välittää tietoa kokonaisuudessaan. Hintaa arvioidaan suhteellisesti verrattuna merkintätapojen välillä. Merkintätapojen vertailukriteereitä pisteytetään arvosanoin 1–5*.

Merkintätapa	Sähköpaperi (Eink)	Poikkeavan tuotteen tunnistelappu	Mustesuihukirjoitin	Painoarvo
Kustannus**	3	5	2	0,25
Visuaalisuus	4	4	3	0,25
Helppokäyttöisyys	3	5	2	0,2
Soveltuvuus	4	4	3	0,1

Informatiivisuus	5	4	3	0,2
Painotettu pisteytys	3.75	4.45	2.55	1,0
Lisätiedot	Vaatii erillisen ohjelmiston tekstin kirjoittamiseen	Teksti kirjoitetaan lappuun käsin	Logojen suunnitteluun vaaditaan erillinen ohjelmisto	
Väri vaihtoehdot	Punainen, keltainen, musta ja valkoinen.	Käytännössä kaikki värit mahdollisia, jälleenmyyjästä riippuen.	Valkoinen, keltainen, sininen, musta, punainen ja vihreä.	

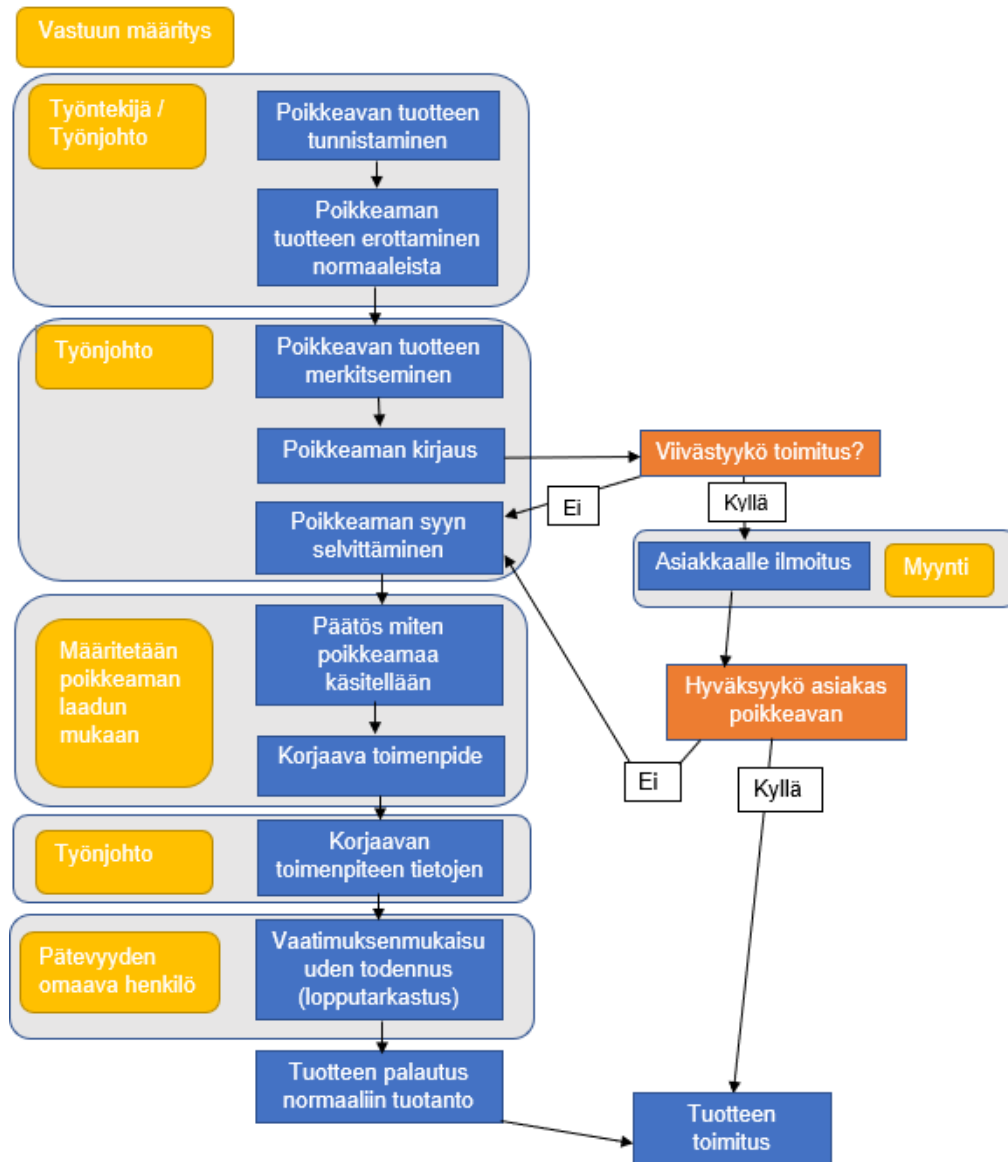
Taulukko 3. Merkintätapojen vertailu taulukko.

*1= Erittäin huono, 2= Huono, 3= Tyydyttävä, 4=Hyvä, 5=Erittäin hyvä

**1=Erittäin korkea, 2=korkea, 3=Kohtuullinen, 4=matala, 5=Erittäin matala

3.3 Yleinen poikkeavan tuotteen ohjauksen vuokaavio

Kandidaatin työn tavoitteena oli tutkia poikkeavien tuotteiden ohjausta triangulaation avulla. Kuvassa on 18 esitettyä yleinen vuokaavio poikkeavien tuotteiden ohjauksesta, joka perustuu standardeihin, asiantuntija haastatteluihin ja aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Poikkeavien tuotteiden vuokaavion vastuun määrittely perustuu asiantuntija haastatteluihin Karhulan pumpputehtaalla. Vastuu jakautuu työntekijöiden, työnjohdon, myynnin, sekä lopputarkastajan välillä. Vuokaavion työvaiheet on merkitty sinisillä ja niiden vastuuhenkilöt merkitty keltaisella. Pääsääntöisesti ohjaus etenee suoraviivaisesti poikkeavan tuotteen tunnistamisen ja korjaavien toimenpiteiden jälkeen tuotteen lopputarkastukseen ja toimitukseen. Tarvittaessa asiakkaaseen voidaan olla yhteydessä, jos haetaan valtuutusta poikkeaman hyväksymiseen. Vuokaavion avulla yritykset voivat kehittää itselleen dokumentoidun toimintasuunnitelman jokaiselle mahdolliselle poikkeamalle. Päätös miten poikkeamaa käsitellään ja korjaavien toimenpiteiden tilalle, yritys laittaa oman toimintasuunnitelmansa kunkin poikkeaman mukaan.

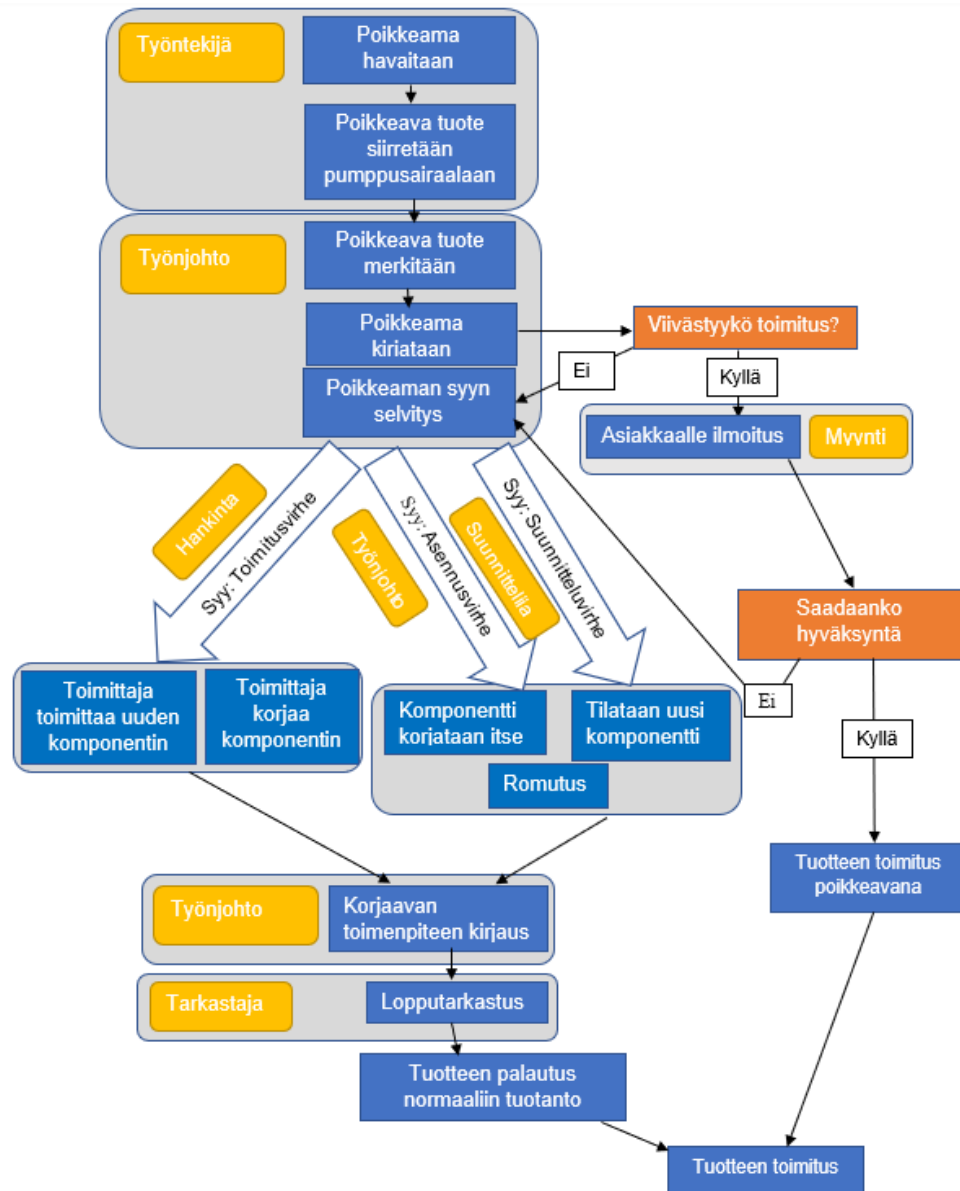


Kuva 16. Yleinen vuokaavio poikkeavien tuotteiden ohjaukseen

3.4 Case-esimerkki (uusi tuotantolinja)

Yleinen poikkeavan tuotteen ohjauksen vuokaavio todennetaan soveltamalla sitä Sulzerin uuteen tuotantolinjaan. Poikkeavan tuotteen ohjaus tuotantolinjalla etenee kuvan 19 mukaisesti. Todennetussa case-esimerkissä on eritelty tarkemmin poikkeamien yleisimmät syyt, sekä korjaavat toimenpiteet. Vastuu poikkeaman käsittelystä määräytyy poikkeaman syyn mukaan, joita ovat toimittajan-, asennus-, ja suunnitteluvirhe. Sulzerin toimintasuunnitelman

korjaavat toimenpiteet ovat komponentin korjaus, romutus, uuden komponentin tilaus, sekä toimittajan reklamaatio prosessi.



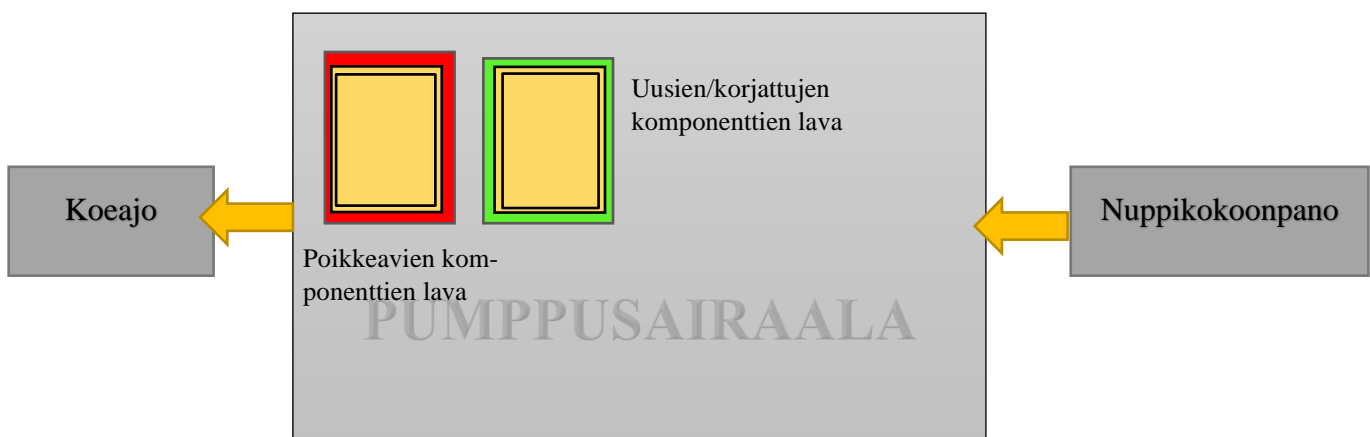
Kuva 17. Poikkeavan tuotteen ohjaus Sulzerin uudella tuotantolinjalla

3.5 Poikkeavan tuotteen käsittelyn standardisointi uudella tuotantolinjalla

Standardoimalla poikkeavan tuotteen käsittely Sulzerin uudella tuotantolinjalla työstä poistetaan epäselvyydet, eikä työvaiheet jää tulkinnanvaraiseksi. Standardisointi parantaa

tehokkuutta ja luotettavuutta tuotantolinjalla. Uudella tuotantolinjalla poikkeavat prosessipumput tai niiden vialliset komponentit merkitään ehdotetulla merkintätavalla, ja siirretään pumppusairaalaan korjaavia toimenpiteitä varten. Poikkeavien tuotteiden käsittelyssä hyödynnetään Lean-toimintamallia visualisoimalla ja poistamalla hukkaa.

Pumppujen poikkeavat komponentit siirretään merkitsemisen jälkeen omalle kuormalavalle kuvassa 20 punaiselle lavalle. Poikkeavien komponenttien lava on tarkoitettu komponenteille, jotka odottavat korjausta, romutusta tai takaisin toimittajalle lähetystä. Poikkeavien komponenttien kuormalavan sisältöä tulee käsitellä mahdollisimman nopeasti, ettei poikkeavat komponentit vie turhaa varastotilaa. Uudet tilatut komponentit, sekä korjatut komponentit siirretään uusien komponenttien kuormalavalle, kuvassa 20 vihreä lava. Kuormalavojen visualisointi helpottaa poikkeavien tuotteiden tunnistamista, sekä erottamista normaaleista tuotteista. Ylimääräiset toimivat komponentit, joille on tarvetta tulevaisuudessa, varastoidaan selkeästi merkittyyn paikkaan tuotantolinjan läheisyyteen. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen pumpun tai komponentin poikkeavan tuotteen merkintä poistetaan ja se palautetaan normaaliin tuotevirtaan.



Kuva 18. Uuden pumpputuotantolinjan suunniteltu poikkeavien tuotteiden säilytys alue. Punaisella merkitty poikkeavien komponenttien säilytys kuormalava, vihreällä merkitty uusien ja korjattujen komponenttien säilytys kuormalava.

4 Tulosten analyysi

Poikkeavien tuotteiden merkintätapoja ei ole standardoitu, eikä vastaavia tutkimuksia poikkeavien tuotteiden merkintätavoista ole aikaisemmin tehty.

4.1 Tulosten objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti

Merkintätapojen tutkimisessa, erilaisia merkintätapoja lähdettiin hakemaan pääasiassa kaupallisista lähteistä, mikä ei välttämättä takaa objektiivista informaatiota. Yleisen vuokaavioon käytetty teoria perustui triangulaatioon, jonka lähteet perustuivat osiltaan ISO 9001-standardiin. Voidaan siis olettaa, ettei lähteet ole täysin toisistaan riippumattomia. Yleisen vuokaavion tuloksia voidaan kuitenkin pitää objektiivisina, sillä käytettyä tietoa otettiin erityyppisistä lähteistä. Suurin osa triangulaatiossa käytettävistä lähteistä perustui Sulzerin asiantuntija haastatteluihin, joten vuokaaviossa painottui Sulzerin toimintatavat. Sulzerin asiantuntija haastatteluja ei voida pitää täysin objektiivisina, sillä asiantuntija ei välttämättä voi antaa työpaikastaan puolueetonta tietoa.

Tutkimuksen lähteiden reliabiliteettia pyrittiin varmistamaan valitsemalla mahdollisimman uusia painoksia standardeista ja kirjallisuudesta. Poikkeus tapauksia olivat paljon käytetyt vanhemmat lähteet, joista ei löydy uudempia vastaavia lähteitä. Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin myös yritysten verkkoaineistoja, ja niiden oletetaan olevan luotettavia, sillä yritykset todennäköisesti haluavat tarjota luotettavaa ja ajankohtaista tietoa asiakkailleen. Muita käytettyjä verkkoainesitoja olivat erinäiset tieteelliset artikkelit, jotka on julkaistu luotettavilla ja ajankohtaisilla verkkosivuilla. Sulzerin työnjohdon haastatteluja voidaan pitää luotettavina, sillä he ovat kokeneita alan ammattilaisia.

Tutkimuksen validiteettia varmistettiin työn alussa tarkoilla rajauksilla, joita oli mm. laadunhallinnan jättäminen työn ulkopuolelle. Tutkimuksen validiteettia vahvistavat

tulokset, joita voidaan hyödyntää myös tutkimusasetelman ulkopuolisessa tilanteissa, joka kuitenkin rajoittuu tehdasympäristöön.

4.2 Tulosten merkitys kohdeyritykselle ja merkintätavan käyttöönotto

Kandinaatintyön tulosten avulla poikkeavien tuotteiden käsittely helpottuu ja selkeytyy uudella tuotantolinjalla. Kappaleessa 3.3 vertailutaulukon arvioinnin perusteella sopivammiksi vaihtoehdoksi osoittautui poikkeavien tuotteiden tunnistelappu. Valitun merkintätavan suurimmat edut muihin verrattuna oli sen hinta ja helppokäyttöisyys. Poikkeavan tuotteen tunnistelappujen jälleenmyyjiä ja toimittajia löytyy mm. Euroopasta, sekä Yhdysvalloista. Jälleenmyyjien kieli on englanti, joten tunnistelappujen tekstit ovat pääasiassa englanniksi. Englantia voidaan pitää nykyään monilla kansainvälisissä yrityksissä työkielenä, mutta tehtaan sisällä Suomen kielellä olisi helpompi viestiä. Valmiita suomenkielisiä poikkeavien tuotteiden tunnistelappujen jälleenmyyjiä ei löytynyt, joten kohdeyritykselle ehdotetaan liitteen 1 mukaista poikkeavien tuotteiden tunniste pohjaa. Ehdotettua pohjaa voidaan soveltaa vain tehtaalla valmistettaviin prosessipumppuihin. Ehdotettu pohja voidaan painaa mm. pahviin tai tarraan. Ehdotettu merkintätapa on yksilöity pääasiassa käytettäväksi Karhulan pumpputehtaalla, ja siihen on lisätty tehtaan yleisimpien poikkeamien aiheuttajat, sekä mahdolliset toimenpiteet. Uuden merkintätavan avulla poikkeavien tuotteiden hallinta helpottuu visuaalisuuden, sekä selkeän informaation avulla. Kun poikkeama on korjattu poikkeavan tuotteen tunnistelappu, poistetaan ja tuotteeseen lisätään liitteen 2 mukainen hyväksymistunniste. Hyväksymistunnisteeseen kirjataan tehdyt toimenpiteet ja tuotteen vaatimuksenmukaisuuden tarkastajan nimi.

4.3 Tulosten yleistettävyyden ja virhetarkastelu

Tutkimuksen tuloksista yleisten poikkeavien tuotteiden vuokaaviota voidaan yleistää muihin tehtaisiin, jossa tehdään kokoonpano työtä. Myös ehdotettuja merkintätapoja voidaan

yleistää muihin yrityksiin, jos yleisemmät poikkeamat ja toimenpiteet muokataan tehdas kohtaiseksi.

Merkintätapojen vertailutaulukon arvostelu perustuvat kaupallisten lähteiden arviointiin, mikä voi jättää tuloksiin tulkinnanvaraa, sillä asiasta voi olla erilaisia näkemyksiä. Vertailutaulukon vertailukriteerit käytiin läpi kandidaatintyön teettäjällä.

4.4 Jatkotutkimusaiheet

Merkintätapojen vertailussa yksi vaihtoehto oli sähköpaperi, jonka markkinoija ja valmistaja on Eink. Syy miksi tämä vaihtoehto ei tullut valituksi oli sen hinta verrattuna poikkeavien tuotteiden tunnistelappuun. Sähköpaperia käytetään nykyisin mm. kauppojen etiketeissä, mutta sitä voisi myös mahdollisesti soveltaa tehtaiden tuotantolinjoihin. Sähköpaperilla voitaisiin merkitä poikkeavien tuotteiden lisäksi tuotantolinjalla olevien tuotteiden nykytilaa. Jos merkintätapaa sovellettaisiin Sulzerin Karhulan pumpputehtaalla, sillä voitaisiin merkitä jokaisen pumpun tuotantovaiheen tilaa. Mahdollisia pumppujen tiloja olisi mm. asennus, koejo, sekä poikkeama. Sähköpaperi ei osoittautunut tarkastelussa ajankohtaiseksi sen vaativan investoinnin takia. Tulevaisuudessa sähköpaperin yleistyessä ja halventuessa, se voisi olla alalla uusi innovatiivinen askel kohti digitalisaatiota.

5 Yhteenveto

Kandidaatintyön tavoitteina oli kehittää ja ehdottaa uutta visuaalista merkintätapaa Sulzerin uudelle tuotantolinjalle, sekä luoda yleinen vuokaavio poikkeavien tuotteiden ohjaukseen ja todentaa se Sulzerin case-esimerkin avulla. Tavoitteena oli myös selvittää miten poikkeavia tuotteita tullaan käsittelemään käytännössä uudella tuotantolinjalla Kandidaatintyön Sulzerin käytännön tuloksissa hyödynnettiin Lean-ajattelua, jonka näkökulma rajattiin visuaalisuuteen. Työn päänäkökulmassa keskityttiin tuotannon ohjaukseen, ja laadunhallinta, sekä laadunvarmistus jätettiin työn ulkopuolelle.

Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin leanin ja visuaalisuuden merkitystä tuotannossa, sekä selvitettiin yleisesti prosessipumppujen ominaisuuksia ja vikoja. Sulzerin asiantuntija haastatteluiden avulla vertailtiin uuden tuotantolinjan ja nykyisen tuotantolinjan eroja, sekä Sulzerin prosessipumppujen yleisimpiä tuotantopoikkeamia ja korjaavia toimenpiteitä. Poikkeavien tuotteiden ohjausta tarkasteltiin standardien, kirjallisuuden ja asiantuntija haastatteluiden pohjalta.

Erilaisia visuaalisia merkintätapoja vertailtiin vertailutaulukon avulla, jossa vertailukriteerit olivat kustannus, visuaalisuus, helppokäyttöisyys, informatiivisuus, sekä arvio soveltuvuudesta. Vertailutaulukon avulla kriteerit pisteytettiin jokaiselle merkintätavalle ja parhaat pisteet sai poikkeavien tuotteiden tunnistelappu. Jälleenmyyjien valikoimasta ei löytynyt suomenkielisiä tuotteita, joten kohdeyritykselle ehdotettiin liitteitten 1 ja 2 mukaisia poikkeavien tuotteiden tunnistelappuja.

Yleinen poikkeavien tuotteiden ohjauksen vuokaavio tehtiin triangulaation avulla, jossa käytettyjä lähteitä olivat standardit, kirjallisuus ja asiantuntija haastattelut. Yleinen poikkeavien tuotteiden ohjauksen vuokaavio todennettiin, soveltamalla sitä Sulzerin uuteen

tuotantolinjaan. Uudella tuotantolinjalla poikkeavia tuotteita voidaan käsitellä tehokkaasti hyödyntämällä visuaalisuutta, sekä työn standardoimista, mikä parantaa työprosessin luotettavuutta.

Jatkotutkimuskohteena pohdittiin sähköpaperin käyttöönottamista tulevaisuuden investointien myötä tehdasympäristössä. Sähköpaperilla voitaisiin merkitä poikkeavien tuotteiden lisäksi tuotteen nykytilaa ja seuraavaa valmistusvaihetta.

Lähteet

Anttila, Eija. 2021. Sulzer investoi Karhulaan. Kymensuu. Verkkoartikkeli. Saatavissa: <https://kymensuu.fi/sulzer-investoi-karhulaan/> [Viitattu 15.2.2022].

Balle, M. 2017. Why Visualize? Artikkelii. Saatavissa: <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/why-visualize/> [Viitattu 28.3.2022].

Borror, C. 2009. The certified quality engineer handbook. Third edition. Milwaukee. ASQ Quality Press.

Eink. 2020a. Elelctronic Ink. Technology WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.eink.com/electronic-ink.html> [Viitattu 14.3.2022].

Eink. 2020b. Benefits. Technology. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.eink.com/benefits.html> [Viitattu 14.3.2022].

Eink. 2021. Introducing E Ink Spectra 3100 – A New Way to See Color. WWW-dokumentti. Päivitetty 4.7.2021. Saatavissa: <https://blog.eink.com/introducing-e-ink-spectra-3100-a-new-way-to-see-color> [Viitattu 14.3.2022].

Handjet. 2022a. Marking. Capabilities. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://handjet.com/capabilities/marking/> [Viitattu 28.3.2022].

Handjet. 2022b. Technical data. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://handjet.com/technical-data/> [Viitattu 28.3.2022].

Handjet. 2022c. Metals. Applications. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://handjet.com/application/metals/> [Viitattu 28.3.2022].

Johansson, L & Porkka, M. Tuotannonohjaaja & Työnjohtaja. Teams-keskustelu 25.3.2022. Sulzer Pumps Finland Oy, Karhulan pumpputehdas.

Karjalainen, E. 2020. Lean six sigma 2.0 ja laatuteknologia. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy. Painotalo Digital Plus Oy.

Keen, R. 2022. 8.7 Control of nonconforming process outputs products and services. Artik-
keli. Saatavissa: [https://www.iso-9001-checklist.co.uk/8.7-control-of-nonconforming-pro-
cess-outputs-products-and-services.htm](https://www.iso-9001-checklist.co.uk/8.7-control-of-nonconforming-pro-
cess-outputs-products-and-services.htm) [Viitattu 9.4.2022].

Kimmo, M. 1987. Kone- ja laitosasennuksen pumpput. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Lehti, K. 2022a. Tuotantopäällikkö. Kandinaatintyö keskustelu 25.1.2022. Sulzer Pumps
Finland Oy, Karhulan pumpputehdas.

Lehti, K. 2022b. Tuotantopäällikkö. Sähköpostiviesti 18.3.2022. Sulzer Pumps Finland Oy,
Karhulan pumpputehdas.

Logistiikan maailma. 2022. Lean-ajattelu. Prosessin kehittäminen. WWW-dokumentti.
Saatavissa: [https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajat-
telu/](https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajat-
telu/) [Viitattu 18.2].

McCracken, T. 2021. (Lean) Visual Managment And How It's Changed During The Pan-
demic. Artikkel. Saatavissa: [https://www.forbes.com/sites/forbestechcoun-
cil/2021/02/24/lean-visual-management-and-how-its-changed-during-the-pande-
mic/?sh=28f74ea23f55](https://www.forbes.com/sites/forbestechcoun-
cil/2021/02/24/lean-visual-management-and-how-its-changed-during-the-pande-
mic/?sh=28f74ea23f55) [Viitattu 29.3.2022].

Merkle, T. 2014. Damages on Pumps and Systems: The handbook for the Operation of
Centrifugal Pumps. Oxford: Elsevier.

Micheal smith engineers. Cenrtifugal pumps. WWW-dokumentti. Saatavissa:
<https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/centrifugal-pumps> [Vii-
tattu 17.2.2022].

Mind tools. Julkaisuaika tuntematon. PDCA (Plan Do Check Act). Manufacturing and
Operations. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.mindtools.com/pages/article/new-
PPM_89.htm](https://www.mindtools.com/pages/article/new-
PPM_89.htm)

Porkka, M. 2022a. Työnjohtaja. Haastattelu 23.2.2022. Sulzer Pumps Finland Oy Karhulan
pumpputehdas.

Porkka, M. 2022b. Työnjohtaja. Sähköpostiviesti 16.3.2022. Sulzer Pumps Finland Oy,
Karhulan pumpputehdas.

Porkka, M. 2022c. Työnjohtaja. Sähköpostiviesti 27.1.2022. Sulzer Pumps Finland Oy,
Karhulan pumpputehdas.

Purushothama, B. 2015. Impelementing ISO 9001:2015. New Delhi: Woodhead Publishing India.

Samotics. 2020. Top 5 failures in pumps and how to detect them. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.samotics.com/top-5-failures-in-pumps-and-how-to-detect-them> [Viitattu 7.3.2022].

SFS-EN ISO 9000:2015. Laadunhallintajärjestelmät. 2015. Perusteet ja sanasto. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 9001:2015. Laadunhallintajärjestelmät. 2015. Vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sulzer. 2009. Lean-toiminnan opas. PDF-dokumentti. [Viitattu 18.3.2022].

Sulzer. 2016. Process Pumps and Equipment for Biofuels Applications. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.sulzer.com/russia/-/media/files/products/pumps/single-stage-pumps/brochures/processpumpsandequipmentforbiofuels_e10076.pdf?la=en [Viitattu 15.3.2022].

Sulzer. 2020. AHLSTAR A-prosessipumppusarja. ISO 5199 -pumput. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sulzer.com/fi-fi/finland/shared/products/ahlstar-a-range> [Viitattu 18.2.2022].

Sulzer. 2020. SNS-prosessipumppusarja. ISO 5199 -pumput. WWW-dokumentti. <https://www.sulzer.com/fi-fi/finland/shared/products/sns-end-suction-single-stage-process-pump-range> [Viitattu 18.2.2022].

Sulzer. 2020. Yksivaiheiset pumput. Pumput. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sulzer.com/fi-fi/finland/products/pumps/single-stage-pumps/iso-5199-process-pumps> [Viitattu 18.2.2022].

Sulzer. 2021. Our divisions. About us. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sulzer.com/en/about-us/our-company/our-divisions> [Viitattu 14.2.2022].

Teollisuusmerkintä. 2022. Ebs-260. Laitteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.teollisuusmerkinta.fi/laitteet/ebs-260/> [Viitattu 28.3.2022].

Wirzenius, A. 1978. Keskipakopumput. 3. painos. Tampere: Kustannusyhtymä Tampere.

XpressTags. 2022. Non-conforming. Inspection Tags. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xpresstags.com/non-conforming-tags> [Viitattu 16.3.2022].

Liite 1. Ehdotettu poikkeavien tuotteiden merkintätapa.

Poikkeava tuote Ei saa käyttää	
Tuotteen nimike:	
Työnumero & positionumero:	
Poikkeaman kuvaus: ----- ----- -----	
Työntekijän nimi:	
Päivämäärä:	
Poikkeama aiheutunut:	
<input type="checkbox"/> Toimittajan virhe	<input type="checkbox"/> Suunnitteluvirhe
<input type="checkbox"/> Asennusvirhe	
Toimenpiteet:	
<input type="checkbox"/> Korjataan itse	<input type="checkbox"/> Uuden osan tilaus
<input type="checkbox"/> Romutus	<input type="checkbox"/> Lähetetään toimittajalle korjaukseen

Liite 2. Ehdotettu tuotteen hyväksymisen merkintätapa.

Hyväksytty tuotantoon	
Tuotteen nimike:	
Työnumero & positionumero:	
Lisätiedot:	
Tarkastajan nimi:	
Päivämäärä:	