

Milla Lehtinen

# Suurjänniteyksikkötuotannon laadunvarmistusprosessin nykytilan määrittely ja kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

4.11.2014

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Milla Lehtinen Suurjänniteyksikkötuotannon laadunvarmistusprosessin nykytilan määrittely ja kehittäminen</p> <p>18 sivua + 2 liitettä 4.11.2014</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Kone- ja tuotantotekniikka</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Koneautomaatio</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>Pekka Salonen, Lehtori Niku Jalkanen, Danaher Business System Leader</p>
<p>Insinööriyössä selvitettiin Tuusulassa sijaitsevan pään- ja hampaistonalueen kuvantamiskäytössä valmistavan Danaher-konserniin kuuluvan Palodex Group Oy:n suurjänniteyksikkötuotannon laadunvarmistusprosessin taso, etsittiin kriittisimmät vikatyypit ja niiden juurisyöt, sekä etsittiin juurisyöt korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Tavoitteena oli parantaa suurjänniteyksikkötuotannon saantoa.</p> <p>Laadunvarmistusprosessin lähtötilanne selvitettiin seuraamalla osaston päivittäistä toimintaa ja tutustumalla yrityksen viallisten osien käsittelyprosessiin. Röntgensäteilylähteen valmistusprosessi kuvattiin nykytilan arvovirtakuvauksella ja prosessikartalla. Havaituista vikatyypeistä kerättiin 1,5 kuukauden ajan dataa tätä varten käyttöönotetuilla Scrap Market Data -lomakkeilla.</p> <p>Kerätty data analysoitiin Danaher-konsernin käyttämällä Voice Of Process- ja Voice of Customer -työkaluilla. Keräyksessä esiintyneet vikatyypit luokiteltiin omassa prosesseissa aiheutuneisiin sekä toimittajan prosesseissa aiheutuneisiin. Vikatyypeistä tehtiin Pareto-kaavioita, joiden avulla selvitettiin vikatyypien suhde toisiinsa. Datasta nähtiin useimpien kriittisten vikatyypien liittyvän käämien valmistusprosessiin.</p> <p>Kriittisimpien vikatyypien juurisyöt selvitettiin, ja määritettiin korjaavia sekä ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä. Muutamia ehdotuksista kokeiltiin. Saannon ja vikatyypien seuraamiselle otettiin käyttöön uudet menetelmät.</p> <p>Insinööriyössä tehdyt tosiasioihin perustuvat analyysit vahvistivat todeksi työntekijöiden havainnot esiintyvien vikatyypien määristä. Voice Of Process -datan keräystä varten käyttöön otettu Scrap Market Data -lomake osoittautui lähes sellaisenaan toimivaksi työkaluksi vikatyypien seurantaan. Datan keräystä Scrap Market Data -lomakkeilla jatketaan, ja insinööriyössä esitettyjen korjaavien ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden toimivuutta testataan.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>arvovirtakuvaus, data, Voice Of Process, Voice Of Customer, analysointi, juurisyöt, vikatyypit</p>

Authors Title	Milla Lehtinen Description and Development of the Quality Control Process at a High Voltage Minifactory
Number of Pages Date	18 pages + 2 appendices 4 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructors	Pekka Salonen, Lecturer Niku Jalkanen, Danaher Business System Leader
<p>The goal of this Bachelor's thesis was to describe the present quality control methods, define the most critical quality issues and root causes of Palodex Group Oy High Voltage minifactory's manufacturing processes. Palodex Group Oy manufactures X-ray technology applications for dental imaging. Palodex Group Oy is part of Danaher Corporation. The purpose was to improve the yield by reducing the number of defective parts.</p> <p>The current state of quality control methods was defined by following daily operations and the defective parts handling process at a High Voltage minifactory. The manufacturing process of X-ray radiation source was described by using a value stream map and process map. The data of the defective parts was collected by a Scrap Market Data form.</p> <p>The collected data was classified as Voice Of Customer and voice Of Process. The collected data was analyzed using a Pareto method.</p> <p>Root causes and counter measures and preventive actions to the most critical quality issues were searched and suggested. Monitoring methods for yield and defective parts were developed.</p> <p>In conclusion, the fact based analysis indicated clearly the most critical quality issues, which confirmed that the operator's observations were realistic. In the future collecting Scrap Market Data will be continued, and the suggested improvement solutions will be tested.</p>	
Keywords	Value Stream Map, data, Voice Of Process, Voice Of Customer, analysis, root cause, defective part

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritys ja sen tuotteet	2
2.1	Palodex Group Oy	2
2.2	Danaher Corporation	3
2.3	Röntgensäteilylähteen rakenne ja toimintaperiaate	4
3	Ongelman määrittäminen	5
3.1	Liiketoimintatapauksen määrittely	5
3.2	Ongelmanratkaisuprosessi	6
3.3	Valmistusprosessin nykytilan kuvaus	6
4	Datan keräys	8
4.1	Datan keräysmenetelmät	8
4.2	Datan keräyspisteet	10
5	Datan analysointi	11
5.1	Voice Of Process	12
5.2	Voice of Customer	13
5.3	Kriittisimmät vikatyypit	13
6	Juurisyiden etsiminen, korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet	14
6.1	Toimittajan kanssa yhteistyössä ratkaistut juurisyyt	14
6.2	HV-minitehtaalla ratkaistut juurisyyt	14
6.3	Muut ratkaistut juurisyyt	14
6.4	Valmistusprosessin tulevaisuuden tila	14
7	Yhteenveto ja loppupäätelmät	15
	Lähteet	17
	Liitteet	
Liite 1.	Nykytilan arvovirtakuvaus	
Liite 2.	Nykytilan prosessikartta	

## Lyhenteet ja käsitteet

DB	<i>Danaher Business System</i> . Danaher-konsernin liiketoimintajärjestelmä.
DM	<i>Daily Management</i> . Päivittäinen johtaminen. DBS-malli johtamiselle.
EO	<i>Extra Oral</i> . Lyhennettä käytetään puhuttaessa suun ulkopuolella käytettävistä hammasröntgenlaitteista.
HV	<i>High Voltage</i> . Suurjännite. Lyhennettä käytetään suurjänniteyksikkötuotannosta puhuttaessa (HV-minitehdas).
Lean	Toimintafilosofia, jossa pyritään hukan minimoimiseen.
RTY	<i>Rolled Throughput Yield</i> . Useiden prosessivaiheiden läpäisemisten kokoonpanojen kesken kerrottu saanto.
Scrap Market	Viallisten osien marketti. Alue, johon kerätään tuotannossa havaitut vialliset osat.
Super Market	Lean-filosofiassa käytetty nimitys varastolle. Super Market sisältää tarkkaan määritetyn, rajallisen määrän tarvittavia osia. Varastoa täytetään kulutusta vastaavasti.
Vikatyyppi	Tuotannon aikana havaittu vika tai vian oire, joka kirjataan viallisten osien käsittelylomakkeelle.
VSM	<i>Value Stream Map</i> . Arvovirtakuvaus. Lean-työkalu jota käytetään prosessin ei-arvoa tuottavien vaiheiden löytämiseen.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on määrittää Palodex Group Oy:n HV-minitehtaassa valmistettavan röntgensäteilylähteen laadunvarmistusprosessin tila, selvittää esiintyvät laatuongelmat juurisyineen, sekä esittää juurisyille korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet.

Palodex Group Oy on Danaher-konserniin kuuluva Tuusulassa sijaitseva pään- ja hampaistonalueen kuvantamislaitteita ja -ratkaisuja valmistava yritys. Palodex Group Oy toimii Danaher Business System -liiketoimintajärjestelmän mukaisesti. Liiketoimintajärjestelmän keskeisiä asioita ovat päivittäinen johtaminen, joka sisältää konsernin tavoitteisiin liittyvien mittareiden päivittäisen seurannan, sekä toimintojen jatkuva parantaminen, jonka myötä havaittiin tarve insinööriyölle. HV-minitehtaan laadunvarmistusprosessi ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla, eikä kertyvää Voice Of Process -dataa hyödynnetä systemaattisesti. Tällä insinööriyöllä pyritään vaikuttamaan HV-minitehtaan valmistusprosessin laatuun, jolla vaikutetaan HV-minitehtaan saantoon.

Nykyisen prosessikontrollin tila kuvataan röntgensäteilylähteiden valmistusprosessista tehtävään arvovirtakuvaukseen ja prosessikarttaan. Esiintyvistä vikatyypeistä kerätään dataa, minkä jälkeen tyypit luokitellaan omassa prosessissa aiheutuneisiin ja toimittajan prosessissa aiheutuneisiin. Luokiteltu data analysoidaan, ja sen perusteella tehdään johtopäätelmät kriittisimmistä vikatyypeistä. Kriittisten vikatyypien juurisytyt selvitetään, ja juurisyiden ehkäisemiseksi esitetään korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet.

## 2 Yritys ja sen tuotteet

### 2.1 Palodex Group Oy

Palodex Group Oy on hampaiston- ja päänaalueen kuvantamislaitteita ja -ratkaisuja valmistava yritys. Sen tuotantolaitos ja tuotekehitys sijaitsevat Tuusulassa. Osa työntekijöistä on sijoittunut myös Turkuun. Palodex Group Oy työllistää noin 350 henkilöä. Yrityksen keskeisiä tuotemerkkejä ovat INSTRUMENTARIUM DENTAL ja SOREDEX. Yrityksen valmistuksesta 97 % menee vientiin. (1; 2.)

Ensimmäisen tutkimuksen panoraamakuvauksesta julkaisi Professori Y.V. Paatero vuonna 1946. Pantomografia-laitteet lanseerattiin 1951, jonka jälkeen kului kymmenisen vuotta, jolloin vuonna 1961 ensimmäinen koko hampaiston panoraamaröntgenkuvauslaite ORTHOPANTOMOGRAPH®- kehitettiin. ORTHOPANTOMOGRAPH®- on Instrumentarium Dentalin rekisteröimä tavaramerkki. Laitteen valmistus aloitettiin vuonna 1964. Yritys on toiminut vuodesta 2005 alkaen nimellä Palodex Group Oy. Palodex Group Oy on ollut vuodesta 2009 alkaen yhdysvaltalaisen Danaher Corporationin omistuksessa. (3.).

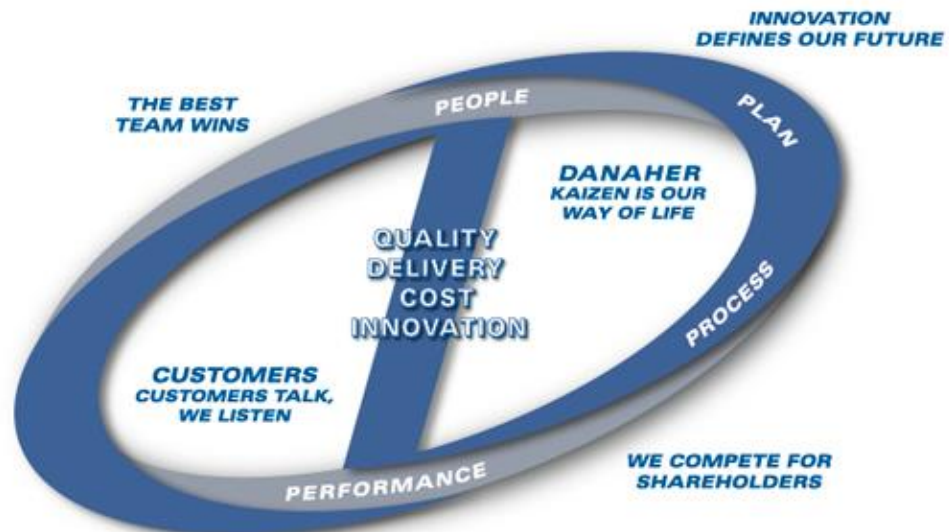
## 2.2 Danaher Corporation

Danaher Corporation (myöhemmin Danaher) on yhdysvaltalainen monialayhtiö, joka toimii muun muassa hammaslääketieteen, mittaustekniikan ja teollisuusteknologian toimialoilla (4). Danaherin omistamat hammaslääketieteen toimialalla toimivat yritykset kuuluvat Dental Technologies -yksikköön, joka toimii nimellä Kavo Kerr Group. Kavo Kerr Group pystyy tarjoamaan asiakkaille kattavasti kaikki hammaslääketieteelliset ratkaisut (5).

Danaher työllistää globaalisti 66 000 työntekijää (6).

Danaher toimii omalla liiketoimintajärjestelmällään, joka on nimeltä Danaher Business System (myöhemmin DBS). DBS on johtamisjärjestelmä, jolla systemaattisesti ohjataan yritysten toimintatapojen jatkuvaa parantamista. DBS on jalkautettu kaikkiin konsernin yrityksiin, ja sen vaikutus näkyy yritysten arjessa (7).

DBS-toimintaa ohjaavat päivittäin seurattavat suorituskykymittarit, jotka ovat turvallisuus, laatu, toimitukset, kustannukset ja innovaatiot (7). Suorituskykymittarit ovat nähtävissä kuvasta 1.



Kuva 1. DBS-toimintaa ohjaavat suorituskykymittarit (7).



### 2.3 Röntgensäteilylähteen rakenne ja toimintaperiaate

Tässä työssä käsitellään suurjänniteyksikkötuotannon, eli röntgensäteilylähteen valmistusprosessia.

Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä, joka tuotetaan röntgendiagnostiikassa röntgenputken avulla. Röntgenlaitteeseen asennettavaa röntgenputken sisältävää kokoonpanoa kutsutaan röntgensäteilylähteeksi.

Röntgenputken kuori on useimmiten valmistettu lasista, jonka sisällä on tyhjiö. Lasin sisällä on anodi ja katodi. Putken katodina on hehkulanka, joka luovuttaa elektroneja sitä kuumennettaessa. Säteilyn tuottoa kontrolloidaan suurjännitteellä. Kun röntgenputkeen johdettava suurjännite on kytketty, sähkökenttä vetää katodilta irronneet elektronit anodille. Elektronit törmäävät suurella nopeudella röntgenputken sisällä olevaan anodiin, jolloin elektronien energia vapautuu röntgensäteilyksi ja lämmöksi. (8, s. 18, 32.)

Röntgensäteilylähde koostuu röntgenputkesta, röntgenputkea ohjaavasta piirikortista sekä eristävästä öljystä. Röntgensäteilylähde kokoonpannaan tiiviiseen koteloon. Kotelo päällystetään lyijyllä, jolloin vältetään haitallisen röntgensäteilyn hallitsemattomasta leviämisestä. Röntgenputken sivussa on aukko, josta sädekeila ohjataan säteilyä vastaanottavaan sensoriin. (8, s. 18, 32.)

### 3 Ongelman määrittäminen

#### 3.1 Liiketoimintatapauksen määrittely

DBS-liiketoimintajärjestelmän mukaisesti yrityksessä pyrittiin jatkuvasti ja systemaattisesti parantamaan tuotteiden laatua, sekä valmistusprosesseja. Jatkuvalla parantamisella vaikutettiin yrityksen kilpailukykyyn markkinoilla. Osana konsernin strategiaa oli tuoteperheiden brändin vahvistaminen asiakkaan kokemaa laatua parantamalla. Tavoite vaikutti Palodex Group Oy:n minitehtaiden toimintaan. Strategian jalkauttaminen sisälsi minitehtaiden toimintaan liittyviä toimenpiteitä, joista yksi oli minitehtaiden sisäisten laadunvalvontamenetelmien kehittäminen.

Daily Management -palaverissa seurattiin päivittäin minitehdaskohtaisesti toimintoja ohjaavat suorituskykymittarit, jotka olivat turvallisuus, laatu, toimitukset, varastot ja tuotavuus. Minitehtaan sisäinen saanto heijastui laatumittariin.

Koska tavoitteena oli saannon jatkuva parantaminen, selvitettiin Extra Oral-minitehtaan saantoon vaikuttavat tekijät, jotka olivat sisäisten toimittajien prosessissa aiheutuneet vikatyypit, tuotannon aikana aiheutuneet vikatyypit (kokoonpano, testaus, materiaalien käsittely), ja suunnitteluun liittyvät vikatyypit. Sisäisellä toimittajalla tässä tapauksessa tarkoitettiin HV-minitehdasta, joka toimi Extra Oral-minitehtaan alihankkijana toimittaen minitehtaille röntgensäteilylähteitä.

Toimittajan aiheuttamien vikatyypien läpi käynnin jälkeen todettiin tarpeelliseksi selvittää HV-minitehtaan nykyisen prosessikontrollijärjestelmän toimivuus ja saantoon vaikuttavat tekijät.

### 3.2 Ongelmanratkaisuprosessi

Palodex Group Oy:ssä pyritään jatkuvaan muutokseen ja prosessien parantamiseen. DBS tarjoaa näihin työkaluja, jotka noudattavat yleisesti tunnettuja systemaattisesti eteneviä ongelmanratkaisuprosesseja. Noudattamalla systemaattisesti eteneviä ongelmanratkaisuprosessia, saatiin järjestelmällisesti selvitettyä vikatyyppeihin johtavat tekijät ja määritettyä vikatyyppeiden kriittisyys.

Ongelmanratkaisuprosessit koostuvat yleensä seuraavista vaiheista:

- ongelman määrittäminen
- juurisyyn selvittäminen
- ratkaisuvaihtoehtojen vertailu ja todentaminen
- ratkaisun implementointi, toimivuuden seuranta ja ylläpito.

Ajankäytöstä 70 % tuli kohdistaa ongelman määrittelyyn ja juurisyiden selvittämiseen (9). Tässä insinööriyössä edettiin useimpien vikatyyppeiden osalta ongelmanratkaisuprosessin kolmanteen vaiheeseen, eli ratkaisuvaihtoehtojen vertailuun ja todentamiseen.

### 3.3 Valmistusprosessin nykytilan kuvaus

Insinööriyön ensimmäisenä vaiheena oli kuvata röntgensäteilylähteen nykyinen valmistusprosessi. Valmistusprosessin kuvaukseen käytettiin Value Stream Map -työkalua, eli arvovirtakuvausta (liite 1). Arvovirtakuvaus on työkalu, jolla voidaan kuvata prosessivaiheiden väliset yhteydet, välivarastot, informaatiovirta, materiaalivirta, operaattoreiden määrät ja sijainnit, odotusajat ja koko prosessin läpimenoaika. Arvovirtakuvausten avulla nähdään prosessien pullonkaulat tai asiakkaalle arvoa tuottamattomat vaiheet, riippuen siitä mitä vastemuuttujaa halutaan tarkastella. Arvovirtakuvaus on yksi Lean-työkaluista, jonka avulla pystytään hahmottamaan helposti kohteet, joihin tulee kohdistaa korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet (10.).

Arvovirtakuvauksen teko aloitettiin hahmottelemalla sitä post it-lappujen avulla suurelle pahville, jossa se oli kaikkien nähtävissä. Ensimmäisenä haasteena oli tunnistaa kaikki röntgensäteilylähteen valmistusprosessin vaiheet, ja laittaa ne prosessin nykytilaa vastaavaan järjestykseen. Arvovirtakuvaukseen sisällytettiin materiaalin kulku toimittajilta HV-minitehtaan Super Marketiin, mutta tarkasteltavaa prosessia rajattiin, minkä vuoksi se kuvattiin yksityiskohtaisesti vasta ensimmäisistä kokoonpanovaiheista alkaen. Prosessivaiheiden nimeämisen jälkeen niille kuvattiin operaattorit, sekä kyseisessä vaiheessa käsiteltävät eräkoot. Erä koko vaihteli yksittäisestä valmistettavasta osakokoonpanosta yli kymmeneen, riippuen prosessivaiheiden sykli- ja läpimenoajoista. Arvovirtakuvauksen alkupään prosessivaiheet ohjattiin työntöohjauksella, kun taas sen lopussa prosessivaiheiden ohjaus tehtiin imuohjauksella. Materiaalien täyttö työpisteisiin toteutettiin kanban-ohjauksella.

Prosessivaihekohtaiset läpimenoajat arvioitiin yhdessä operaattoreiden kanssa, ja ne kirjattiin arvovirtakuvaukseen kolmella tapaa. Arvovirtakuvaukseen kirjattu OCT (*Operator Cycle Time*), kertoi yhden osan tai osakokoonpanon käsittelyyn käytetyn ajan yhdessä tietyssä työpisteessä, MCT (*Machine Cycle Time*) kertoi koneen käyntiajan yhdessä tietyssä työpisteessä, PLT (*Process Lead Time*) kertoi koko erän käsittelyyn käytettävän ajan yhdessä tietyssä työpisteessä.

Arvovirtakuvaukseen kirjattiin myös kaikki prosessivaiheita seuraavat välivarastot, sekä laadunvalvontapisteet.

Tämän jälkeen nykyinen valmistusprosessi kuvattiin prosessikartalla (liite 2), johon kirjattiin yksityiskohtaisemmin valmistusprosessin laadunvalvontapisteet. Prosessikartasta nähtiin selkeämmin valmistettavan kokoonpanon kulku eri prosessivaiheiden välillä. Prosessikarttaan lisättiin tiedot työkalujen ja mittausvälineiden kalibroinneista, validoinneista, ja ennakoivan huollon tasosta.

Kun arvovirtakuvaukseen ja prosessikarttaan oli kuvattu nykytilaa vastaava prosessi, lisättiin niihin vielä operaattoreiden havaitsemat epäkohdat ja parannusideat, jotka liittyivät laajasti röntgensäteilylähteen koko valmistusprosessin vaiheisiin. Arvovirtakuvauksesta ja prosessikartasta tehtävät johtopäätelmät jätettiin tehtäväksi tämän insinöörityön ulkopuolelle, lukuun ottamatta datan keräyksessä esille tulleita vikatyyppejä.

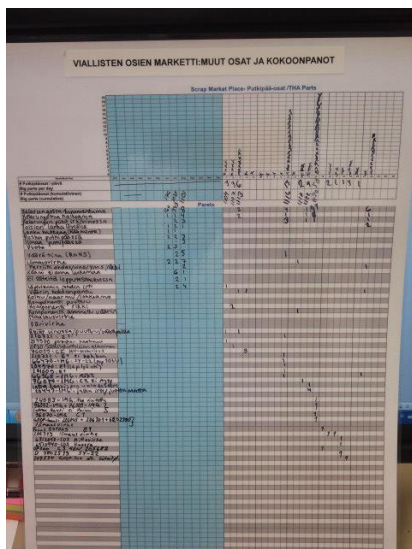
## 4 Datan keräys

### 4.1 Datan keräysmenetelmät

HV-minitehtaan sisäisestä prosessista kertyvää dataa ei ole aiemmin systemaattisesti kerätty. Prosessivaiheissa havaitut tai aiheutetut vikatyypit kirjattiin Scrap Marketissa viallisten osien käsittelylomakkeelle, jonka perusteella kyseinen osa reklamoiitiin, romutettiin tai korjattiin. Scrap Market oli viallisten osien marketti, johon kerättiin tuotannossa havaitut vialliset osat. Käsittelylomakkeet arkistoitiin, mutta niiden perusteella ei tehty systemaattisesti yhteenvetoja eri vikatyypien esiintymisestä.

Yrityksen toisella minitehtaalla otettiin käyttöön alkukesästä 2014 laminoitu Scrap Market Data -lomakepohja (kuva 2), johon kerättiin minitehtaassa päivittäin esiintyviä vikatyyppejä. Lomake oli yksi DBS:n työkaluista, jolla kerättiin Voice Of Process - ja Voice Of Customer -dataa.

HV-minitehtaan oman prosessin aikana havaittujen tai sen aikana aiheutuneiden vikatyypien Scrap Market Data -lomake oli nimeltään Voice Of Process, prosessin ääni. Prosessin ääni kertoi mitä prosessin sisällä tapahtui, tässä tapauksessa montako eri oiretta, vikaa tai viallista osaa päivässä röntgensäteilylähteiden valmistusprosessin aikana havaittiin.



The image shows a 'Scrap Market Data' form, which is a grid-based table used for recording defects. The title at the top is 'VIALLISTEN OSIEN MARKETTI: MUUT OSAT JA KOKOONPANOT'. Below the title, there is a section for 'Scrap Market Place: Puhdistusosien TSDR Pöytä'. The table has multiple columns and rows, with some cells containing handwritten numbers and text. The table is divided into several sections by vertical lines, and there are some blue highlights on the left side of the grid.

Kuva 2. Scrap Market Data -lomake.

HV-minitehtaan asiakkaana olivat tuotantolaitoksen muut minitehtaat, minkä vuoksi muista minitehtaista palautuvien viallisten röntgensäteilylähteiden keräyslista nimettiin asiakkaan ääneksi eli Voice Of Customeriksi. Kokoonpanon aikana aiheutetut tai sen aikana havaitut vikatyypit kertoivat tietoa röntgensäteilylähteen valmistusprosessin laadusta, joten niistä koostuva keräyslista nimettiin prosessin ääneksi eli Voice Of Processiksi. Asiakaspalautuksena tutkittavaksi palautuvat röntgensäteilylähteet jätettiin datan keräyksen ulkopuolelle, koska ne kulkeutuivat HV-minitehtaalle After Sales -osaston Daily Management -prosessin kautta.

Scrap Market Data -lomakkeeseen kirjattiin päivittäin nimikenumerokohtaisesti kaikki kyseisenä päivänä ilmenneet vikatyypit, sekä viallisten osien määrät. Lomakkeessa seurattiin viallisten osien määrää päiväkohtaisesti sekä kuukausitasolla. Lisäksi lomakkeesta nähtiin helposti tietyn vikatyypin toistuvuus, kun dataa oli kerätty pidempään. Scrap Market Data -lomakkeeseen kirjatut viat käytiin läpi joka kuun lopussa laskemalla vikatyypit ja viallisten osien määrät, ja kirjaamalla ne päättyneen kuukauden sarakkeeseen.

## 4.2 Datan keräyspisteet

Röntgensäteilylähteeseen liittyvät viat voitiin havaita minitehtaan oman kokoonpanon yhteydessä, muun tuotantolaitoksen minitehtaan kokoonpanon tai lopputestauksen yhteydessä, tai loppuasiakkaalla.

HV-minitehtaan oman kokoonpanon ja testauksen yhteydessä havaitut viat, joko yksittäisissä komponenteissa tai osakokoonpanoissa, tuotiin operaattorien toimesta viallisten osien markettiin. HV-minitehtaan tuotantoinsinööri kävi päivittäin viallisten osien marketin läpi ja päätti sinne kertyneiden osien tai kokoonpanojen käsittelystä. Kaikki viallisten osien marketin kautta käsitellyt osat merkattiin Scrap Market Data-lomakkeeseen.

Muista minitehtaista palautuneet vialliset röntgensäteilylähteet palautettiin niiden Scrap Marketin kautta HV-minitehtaalle erikseen määrättyyn paikkaan. Palautuville röntgensäteilylähteille ja sensoreille tehtiin päivittäin läpi käytävät Scrap Market Data -lomakkeet.

Loppukäyttäjällä havaituista vioista kerättiin dataa After Sales -osaston toimesta, ja tarvittaessa vialliset röntgensäteilylähteet toimitettiin jakelijan kautta HV-minitehtaalle tutkittavaksi, tai tapauskohtaisesti myös korjattavaksi. Asiakaspalautusten taustalla olevien todellisten juurisyiden löytäminen ja ennaltaehkäisy rajattiin tämän insinööriyön ulkopuolelle.

## 5 Datan analysointi

Voice Of Customer - ja Voice Of Process -dataa kerättiin Scrap Market Data -lomakkeilla noin 1,5 kuukauden ajan, ja heinäkuun 2014 loppuun mennessä kertyneet tiedot käytiin läpi. Keräysjakson aikana esiintyneet vikatyypit ja viallisten osien määrät kirjattiin Exceliin. Seuraavaksi vikatyypit luokiteltiin oirekuvausten sekä korjaustoimenpiteiden perusteella omassa prosessissa aiheutettuihin sekä toimittajan prosessin aiheuttamiin vikatyyppeihin.

Kerättyä dataa analysoitiin useista näkökulmista. Datan analysoinnissa tehty materiaali kerättiin suurelle pahville (kuva 3), josta se oli helppo käydä läpi operaattoreiden kanssa. Kuvassa keskellä yläreunassa on arvovirtakuvaus. Ylhäällä vasemmalla on prosessikartta. Keskimmaiselle riville vasemmalta oikealle laitettiin Voice Of Process -analyysi. Post-it-lapuilla korostettiin suurimmat vikatyypit.



Kuva 3. Insinööriyössä tehdyt nykytilan kuvaukset ja Voice Of Process –analyysit.



Joidenkin vikatyypin juurisyitä tai aiheutumishetkeä ei saatu luokitteluvaiheessa selvitettyä, tai niitä ei saatu jaettua yksiselitteisesti kahteen valittuun kategoriaan. Tämän vuoksi ne jätettiin luokittelun ulkopuolelle. Tällaiset vikatyypit saattoivat aiheutua varastoinnin aikana, tai niiden oirekuvaus viallisten osien marketin käsittelylomakkeessa ei ollut riittävän tarkka. Vikahavainnon taustalla saattoi toisaalta myös olla puutteellinen suunnittelu, tai suunnitteluvaiheessa liian suuriksi asetetut toleranssit. Viallisten osien käsittelylomakkeeseen kirjattu havainto ei kertonut suoraan vikatyypin aiheutumisen juurisyitä, vaan havainto saattoi olla oire jostain viasta.

## 5.1 Voice Of Process

Voice Of Process -data sisälsi kaikkien valmistettävien röntgensäteilylähteiden valmistusprosessin aikana havaitut vikatyypit noin 1,5 kuukauden ajalta, ja se jaettiin omassa prosessissa aiheutuneisiin vikatyyppeihin ja toimittajan prosessissa aiheutuneisiin vikatyyppeihin

Omassa prosessissa aiheutuneet vikatyypit käytiin läpi luokittelemalla havaitut vikatyypit ryhmiin, joista nähtiin selkeämmin tietyssä prosessivaiheessa tai useammassa nimikkeessä ilmenevät vikatyypit. Yksittäiset vikatyypit, esimerkiksi kokoonpanon putoaminen lattialle, jätettiin luokittelematta.

Toimittajan prosessissa aiheutuneet vikatyypit luokiteltiin vikatyypin havaintopaikan perusteella mittavirheisiin, pintavirheisiin, reikiin liittyviin virheisiin, komponenttipuutteisiin sekä juotosvirheisiin. Lisäksi jokaiselle nimikenerolle etsittiin tuotannonohjausjärjestelmästä kyseisen nimikkeen toimittaja, jonka perusteella pystyttiin viallisten osien määrät luokittelemaan myös toimittajittain.

Kaikista havaituista vikatyypeistä tehtiin useita Pareto-kaavioita, joilla tarkasteltiin vikatyypin suhdetta toisiinsa eri näkökulmista. Pareto-kaavioita käytettiin apuna selvittäessä kriittisimpiä vikatyyppejä.

## 5.2 Voice of Customer

Voice Of Customer -dataa kerättiin tuotannosta palautuvien röntgensäteilylähteiden osalta samanaikaisesti Voice Of Process -datan kanssa. Voice Of Customer -dataa kerättiin vastaavanlaisilla Scrap Market Data -lomakkeilla. Datan keräys kohdistettiin kaikkiin muista minitehtaista palautuviin röntgensäteilylähteisiin ja säteilyä vastaanottaviin sensoreihin, koska todettiin tarpeelliseksi nähdä laajasti kokonaiskuva palautuvien kokoonpanojen osalta. Scrap Market Data-lomakkeet jaoteltiin minitehtaiden mukaisesti.

Muista minitehtaista palautuneiden röntgensäteilylähteiden ja sensoreiden osalta vikatyypit saattoi olla aiheutunut HV-minitehtaan tai toimittajan prosessissa, vaikka kokoonpano olikin läpäissyt kaikki sille tehdyt testit. Kokoonpanoille tehtävien testien kattavuus sisälsi rajatun määrän tarkastettavia kohteita, minkä vuoksi osa vikatyypeistä saattoi ilmetä vasta muissa minitehtaissa. Tällaisissa tapauksissa vikatyypit saattoi olla mekaaninen, esimerkiksi kokoonpanossa asennetut väärät ruuvit estivät röntgensäteilylähteen asentamisen laitteeseen.

Vikatyypit saattoi aiheutua myös asennettaessa röntgensäteilylähdettä laitteeseen, esimerkkinä liitin saattoi jäädä puristuksiin ja rikkoutua, tai vikatyypit saattoi tulla esille laitteen lopputestauksen aikana, jolloin laite antoi röntgensäteilylähteeseen viittaavan vikakoodin.

## 5.3 Kriittisimmät vikatyypit

Perusteellisessa datan analysoinnissa havaittiin useita kriittisiä vikatyyppejä, joihin tuli kohdistaa toimenpiteitä. Tarkasteltaessa kaikkea kerättyä dataa, nähtiin selkeästi määrällisesti suurimmat valmistusprosessin aikana havaitut vikatyypit. Datan keräämistä jatkettiin syyskuuhun asti. Samojen ongelmien todettiin toistuvan myös pidemmän keräysjakson aikana.

## 6 Juurisyiden etsiminen, korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet

### 6.1 Toimittajan kanssa yhteistyössä ratkaistut juurisyyt

Sisältää yrityssalaisuudeksi luokiteltavaa luottamuksellista tietoa.

### 6.2 HV-minitehtaalla ratkaistut juurisyyt

Sisältää yrityssalaisuudeksi luokiteltavaa luottamuksellista tietoa.

### 6.3 Muut ratkaistut juurisyyt

Sisältää yrityssalaisuudeksi luokiteltavaa luottamuksellista tietoa.

### 6.4 Valmistusprosessin tulevaisuuden tila

Insinöörityön alussa tehdyt nykytilan arvovirtakuvaus ja prosessikartta käytiin läpi yhdessä operaattoreiden kanssa, ja niihin lisättiin esille tulleita epäkohtia. Nykytilan arvovirtakuvaus ja prosessikartta näyttivät selkeästi prosessivaiheet, joihin piti kohdistaa korjaavia ja ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä juurisyiden poistamiseksi. Arvovirtakuvausten ja prosessikartan rakenteet ovat nähtävissä liitteistä 1 ja 2.

Tulevaisuuden tilan arvovirtakuvaus suunniteltiin alun perin tehtäväksi tämä insinöörityön aikana, mutta johtuen HV-minitehtaalla lähitulevaisuudessa tehtävistä laajoista layout-muutoksista, päätettiin jättää tulevaisuuden tilan arvovirtakuvauksen tekeminen myöhempään ajankohtaan. Layout-muutosten apuna tullaan käyttämään tehtyä nykytilan arvovirtakuvausta.

## 7 Yhteenveto ja loppupäätelmät

Insinööriyön tavoitteena oli määrittää nykyisen laadunvarmistusprosessin tila, selvittää kriittisimmät laatuongelmat ja niiden juurisyöt, sekä esittää korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet juurisyölle.

Tämän insinööriyön yhteydessä HV-minitehtaalla käyttöön otettu Voice Of Process - datan keräykseen tarkoitettu Scrap Market Data -keräys jatkuu, mutta jatkossa lomakkeeseen kirjattavat vikatyypit luokitellaan jo niitä lomakkeen kirjattaessa. Tällä yksinkertaistetaan vikatyypien seuranta ja datan analysointia. Kokoonpanolinjalla olevien testereiden yhteyteen laitetaan testerikohtaiset listat, joihin merkataan päivittäin tehtyjen kokoonpanojen määrät, sekä mahdollisesti testauksen aikana esiintyneet vikakoodit. Testattujen kokoonpanojen määriä ja vikakoodeja seurataan, ja niiden perusteella lasketaan realistiset saantotavoitteet, joiden perusteella aletaan seurata koko HV-minitehtaan sisäistä saantoa RTY-luvulla.

Valmistusprosessin nykytilasta tehty arvovirtakuvaus sisälsi arvokasta tietoa, jonka perusteella HV-minitehtaan prosesseja voidaan kehittää. Kerätty Scrap Market Data koettiin tärkeäksi analysoida, koska vastaavaa systemaattista analysointia ei aiemmin ollut tehty. Datan analysoinnin perusteella kohdistettiin toimenpiteet vikatyypien ennaltaehkäisemiseksi. Tehtyä arvovirtakuvausta apuna käyttäen määritetään HV-minitehtaalla lähitulevaisuudessa toteutettavia parannustoimenpiteitä työtapojen ja työpisteiden osalta.

Scrap Market Data -analysoinnin perusteella havaittiin useita toistuvia vikatyyppejä, joiden juurisyiden määrittäminen vaati tarkempaa selvitystä. Keräysjakson aikana ilmenneet vikatyypit esiintyivät toistuvasti jo aiemmin, ja ne toistuivat edelleen syksyyn asti. Aiemmin kirjatut viallisten osien käsittelylomakkeet käytiin läpi kääminnän osalta, jolloin selvitettiin käämintään liittyvien viallisten osien määrät, ja todettiin kyseessä olevan jatkuva ongelma. Toistuvasti esiintyvät vikatyypit kertoivat, ettei kyseessä ollut kertaluontoinen yhtä valmistuserää koskeva ongelma. Toimittajan prosessissa aiheutuneista vikatyypeistä 94 % saatiin poistettua selvittämällä juurisyöt ja tarkentamalla laadunvalvontamenetelmiä.

Insinööriyössä tehdyt fakta-pohjaiset analyysit esiintyvistä vikatyypeistä vahvistivat operaattoreiden havainnot esiintyvistä vikatyypeistä todeksi. Käyttöön otettu Scrap Market Data -lomake osoittautui lähes sellaisenaan toimivaksi työkaluksi kertyvien vikatyypien seurantaan. Lomakkeiden datan tallentaminen ja analysointi jää tulevaisuudessa tuotantoinsinöörin tehtäväksi. Tässä insinööriyössä tehty datan analysointi oli kattava, mutta melko raskas toteuttaa, jonka vuoksi tulee päättää miten tulevaisuudessa analysoidaan kertyvää Voice Of Process - ja Voice Of Customer -dataa. Nykytila-analyysi ja vikatyypien juurisyiden selvittäminen olivat hyvä pohja tulevaisuudessa tehtävälle työlle, ja on erittäin tärkeää jatkaa korjaavien ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden käyttöönottoa.

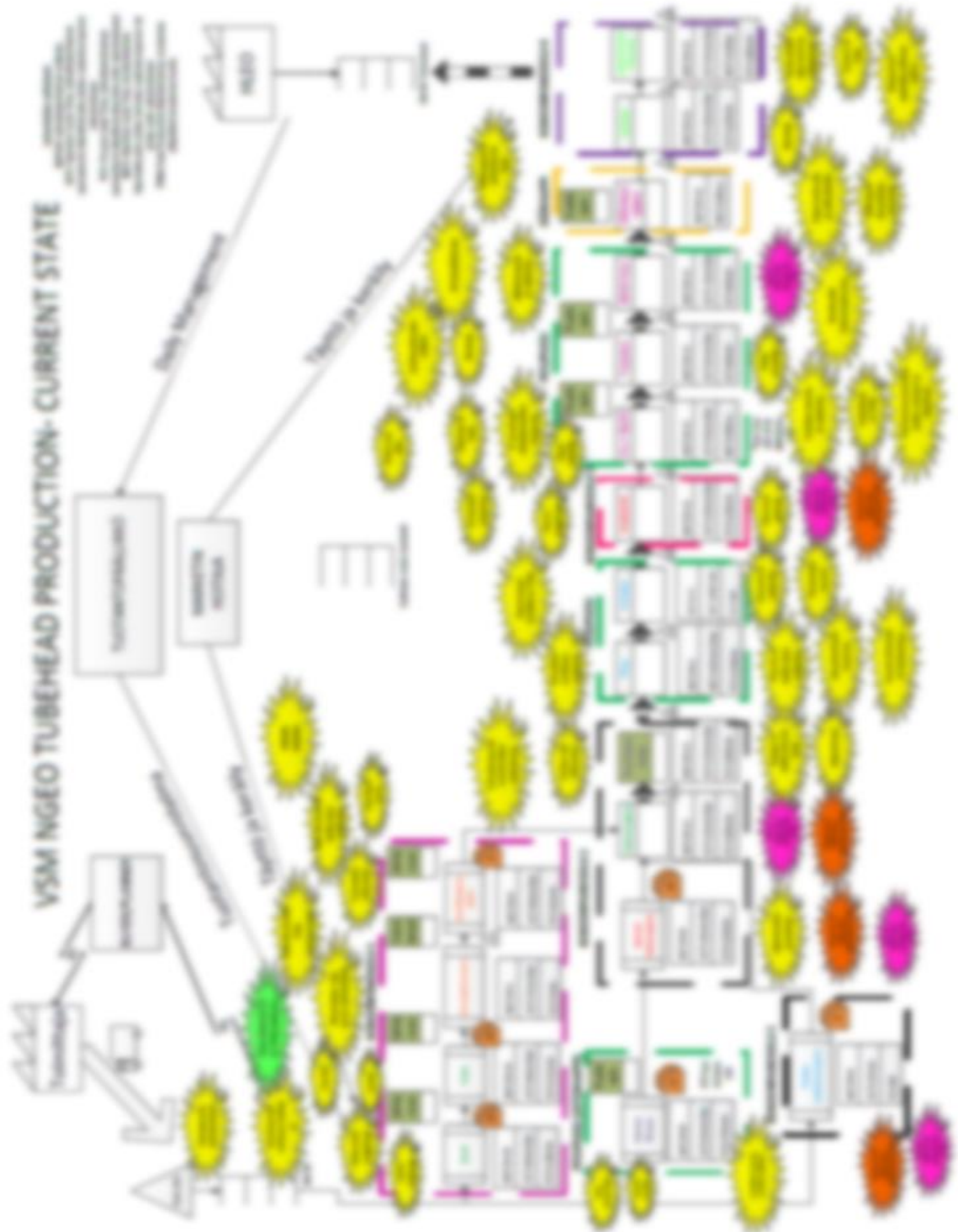
Insinööriyö oli aiheeltaan laaja, ja valmistusprosessin nykytilan kuvaamisen ja datan keräyksen jälkeen menttiin syvälle yksityiskohtiin juurisyitä selvittäessä. HV-minitehtaan ongelmat eivät olleet täysin selvillä nykytilan kuvausta aloittaessa, minkä vuoksi nykytilan dataa kerättiin laajasti. Datan keräyksen jälkeen nähtiin kohteet joihin tuli seurata keskittyä. Opin paljon elektroniikkateollisuudesta, ja pääsin käyttämään aiemmin laatu- ja projektitoissa oppimiani asioita. Insinööriyössä tehty nykytilan kuvaus ja Voice Of Process -datan analysointi esiteltiin yrityksen johdolle, mikä kertoi käsiteltävän aiheen tärkeydestä ja käytettyjen työkalujen toimivuudesta. Tässä työssä käytetyt työkalut otetaan käyttöön yrityksen muissa minitehtaissa, jolloin dataa kerätään ja analysoidaan jatkossa talon sisäisesti yhteisillä menetelmillä.

## Lähteet

- (1) Kauppalehti. 2014. Verkkodokumentti.  
<<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/palodex+group+oy/19774137>>.  
Luettu 1.9.2014.
- (2) Finn ID. 2013. Verkkodokumentti. <[http://www.finn-id.fi/sites/default/files/fi uutiset\\_1\\_13\\_.pdf](http://www.finn-id.fi/sites/default/files/fi uutiset_1_13_.pdf)>. Luettu 6.10.2014.
- (3) Palodex Group Oy. 2014. Verkkodokumentti.  
<[http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document\\_id=33&cat\\_id=7](http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document_id=33&cat_id=7)>.  
>. Luettu 22.10.2014.
- (4) Danaher Corporation. Business Directory. 2013. Verkkodokumentti.  
<<http://danaher.com/our-businesses/business-directory>>. Luettu  
17.10.2014.
- (5) Kavo Kerr Group. 2013. Verkkodokumentti.  
<<http://www.kavokerrgroup.com/our-story.html> sivusto 2013>.  
Luettu 19.10.2014.
- (6) Investing. 2014. Verkkodokumentti.  
<<http://fi.investing.com/equities/danaher-corp-company-profile>>.  
Luettu 17.10.2014.
- (7) Danaher Corporation. 2014. Verkkodokumentti.  
<<http://www.danaher.com/our-culture/danaher-business-system>>.  
Luettu 7.8.2014.
- (8) Säteilyturvakeskus. 2014. Verkkodokumentti.  
<[http://www.stuk.fi/julkaisut/maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja3/\\_files/12222632510021001/default/kirja3\\_1.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut/maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3/_files/12222632510021001/default/kirja3_1.pdf)>. Luettu 6.10.2014.

- (9) Wwww.videojet.com. 2012. Verkkodokumentti.  
<[http://www.videojet.com/content/dam/uptime/pdf/videojet\\_rccm\\_wp\\_FIN  
AL.pdf](http://www.videojet.com/content/dam/uptime/pdf/videojet_rccm_wp_FIN_AL.pdf)>. Luettu 7.10.2014.
- (10) Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2014. Verkkodokumentti.  
<[http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-  
arvovirtakuvaus/](http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/)>. Luettu 1.9.2014.

Nykytilan arvovirtakuvaus





Nykytilan prosessikartta

