



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# ENNAKOIVA LAATUTYÖ SIIRRETTÄVÄSTÄ TUOTANNOSTA

Ville Väärälä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Kone ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

VÄÄRÄLÄ VILLE  
ENNAKOIVA LAATUTYÖ SIIRRETTÄVÄSTÄ TUOTANNOSTA  
Opinnäytetyö 48 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Opinnäytetyön aiheena on tehdä Sandvik Mining and Construction Oy:lle laadun siirtymisen varmistava dokumentointi, jossa luodaan siirrettävälle tuotannolle valvontasuunnitelmia tuoteperheittäin. Sandvik Mining and Construction Tampereen tehdas valmistaa kallion poraukseen käytettäviä laitteita ja koneita. Sandvik teki päätöksen, jossa kaikki suomen koneistustyöt tullaan painottamaan Lahden Sandvikin tehtaaseen. Tämän vuoksi koko Tampereen tehtaan porakonetuotanto tullaan siirtämään Lahden tehtaaseen muuttaman vuoden aikahaitarilla.

Valvontasuunnitelmilla on tarkoitus varmistaa oikeiden ja hyväksi todettujen mittaus- ja tarkistustyylien siirtyminen, jotta Sandvikin tuotteiden korkea laatu ei tuotannon siirrosta johtuen laske. Valvontasuunnitelmat laaditaan tuotannon siirron määrittämällä tavalla, ensimmäiseksi siirtyvien tuoteperheiden ollessa priorisoituna tärkeimmäksi ja viimeisenä siirtyvien olevan vähemmän tärkeitä. Tuoteperheet tulevat kattamaan lähes kaikki Sandvikin omassa tuotannossa pidettävät tuotteet ja kappaleet.

Työ aloitettiin tutustumalla tuoteperheisiin ja määrittelemällä mitkä tuoteperheistä ovat prioriteetiltaan korkeimmalla tasolla työstökoneiden siirtojärjestyksen perusteella. Ennen varsinaisen työn aloittamista tutustuttiin myös porakoneen rakenteeseen ja mitä sen sisältöön kuuluu.

Valvontasuunnitelmat laaditaan haastattelemalla Sandvikin henkilökuntaa, jotka suorittavat kappaleiden mittaamisen ja tarkistamisen Sandvikin Tampereen tehtaalla. Heidän työskentelytapansa kirjataan valvontasuunnitelmiin ohjeiksi ja säännöiksi, miten kappaleiden tarkistaminen on suoritettava ja millä tavalla se tällä hetkellä suoritetaan. Valvontasuunnitelmat tullaan siirtämään tuotannon siirron yhteydessä Lahden tehtaalle, jossa työntekijät voivat varmistaa tarkastamis- ja mittaustyylin laadituista ohjeista.

Tämä on opinnäytetyön julkinen versio ja siitä on poistettu liitteet, koska ne sisältävät salassa pidettävää materiaalia.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical engineering  
Product development

VÄÄRÄLÄ VILLE

PROACTIVE QUALITY WORK OUT OF TRANSFERABLE PRODUCTION

Bachelor's thesis 48 pages

April 2016

---

The final thesis was done for Sandvik Mining and Construction, the work is to do a documentation that ensures the level of quality, in form of control plans about the transferable production. Sandvik Mining and Construction factory in Tampere produces machines and applications for rock drilling. Sandvik has decided to centralize machining work at Sandvik factory in Lahti. This is why the whole rock drill factory is going to be moved to Lahti in between of couple years.

The control plans meaning is to ensure that the right measuring and inspection styles are being transferred, so the high quality that the Sandviks products have doesn't get affected by the productions transfer. The control plans are made by the schedule of the transfer, the first product family that is being transferred is going to be the first priority and the lastly transferred products are less important. The product families are going to fill almost the whole production of Tampere factory.

The work started by familiarizing the product families and define what product families are the highest priority by the schedule of machine transfers. Before starting the actual thesis work, it was also important to get to know what is inside of a rock drill and how is it build.

The making of the control plans started by interviewing the production staff that was doing the measuring and inspections for the products in the Sandviks Tampere factory. The measuring and inspection styles are written down to the control plan as rules and regulations how the job is done and how it has to be done in the future. The control plans are being transferred with the production to the Lahti factory, where the employees that are new to the new products can confirm and check the right measuring and inspection styles from the control plan.

This is the public version of the thesis and it doesn't have appendices because they include confidential information.

---

Key words: quality, control plans

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....                                    | 5  |
| 2     | LAATU .....                                      | 7  |
| 2.1   | Laadun historia ja ISO 9000 .....                | 8  |
| 2.2   | Laatu yrityksessä ja sen edut .....              | 11 |
| 2.3   | Ennakoiva laatutyö ja jatkuva parantaminen ..... | 13 |
| 3     | VALVONTASUUNNITELMA JA FMEA .....                | 16 |
| 3.1   | Valvontasuunnitelma .....                        | 16 |
| 3.2   | FMEA .....                                       | 19 |
| 3.2.1 | DFMEA (Design FMEA).....                         | 24 |
| 3.2.2 | PFMEA (Process FMEA) .....                       | 25 |
| 4     | TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA ALOITUS .....                | 27 |
| 4.1   | Laatu Sandvikilla .....                          | 27 |
| 4.2   | Työn aloittaminen .....                          | 28 |
| 5     | TYÖN TOTEUTUS .....                              | 32 |
| 5.1   | Valvontasuunnitelmien laadinta .....             | 34 |
| 5.2   | FMEA sekä muut työtehtävät .....                 | 42 |
| 6     | POHDINTA.....                                    | 46 |
|       | LÄHTEET.....                                     | 48 |

## 1 JOHDANTO

Sandvik Mining and Construction on osa globaalia Sandvik organisaatiota. Organisaatio jaetaan karkeasti viiteen eri osa-alueeseen: Sandvik Mining, Sandvik Construction, Sandvik Venture, Sandvik Materials Technology ja Sandvik Machining Solutions. Tampereen tehdas kuuluu kahden eri organisaatiohaaran alle. Pääasiassa kuitenkin porakoneverstas kuuluu Sandvik Constructionin alaisuuteen, joka pitää sisällään kaikki murskaukseen ja poraukseen liittyvien tuotteiden valmistamisen Sandvikilla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä ennakoivaa laatutyötä ja luoda laatudokumentointi siirrettävästä tuotannosta valvontasuunnitelmien muodossa. Valvontasuunnitelmat sisältävät porakoneverstaalla valmistettavien tuotteiden ja kappaleiden mittaus- sekä tarkistamistyylit.

Tampereella on pitkä historia porakonevalmistuksesta, joka juontaa juurensa vuodelta 1969, jolloin suomalainen kallioporakoneita valmistava yritys Tamrock perustettiin Tampereelle. Myöhemmin Sandvik osti Tamrockin, jolloin nimi vaihtui Sandvik Tamrockin kautta Sandvik Mining and Constructioniin. Sandvikin ylempi johto teki päätöksen, jossa he halusivat keskittää suomen Sandvikien koneistamisen yhteen Sandvikin tehtaista. Päätöksestä johtuen Sandvik Tampereen tehtaan porakonetuotanto siirretään Lahteen muutama vuoden sisällä. Kallioporalaiteiden kokoonpano sekä testaaminen säilyvät kuitenkin Tampereella sen ainutlaatuisen testausympäristön takia. Tampereen Myllypurossa on suomen ainoa testikaivos, jossa kallioporalaitteet päästään testaamaan oikeaan kiveen, sen toimivuuden varmistamiseksi (Kuva 1). Tuotannon siirrosta johtuen tuli tarve luoda valvontasuunnitelmia siirrettäville tuotteille ja kappaleille laadun siirtymisen varmistamiseksi. Laatu toimii suuressa osassa yrityksen toimintaa ja tuotteita, joten sen korkeana pitäminen on elintärkeää yrityksen toiminnalle.



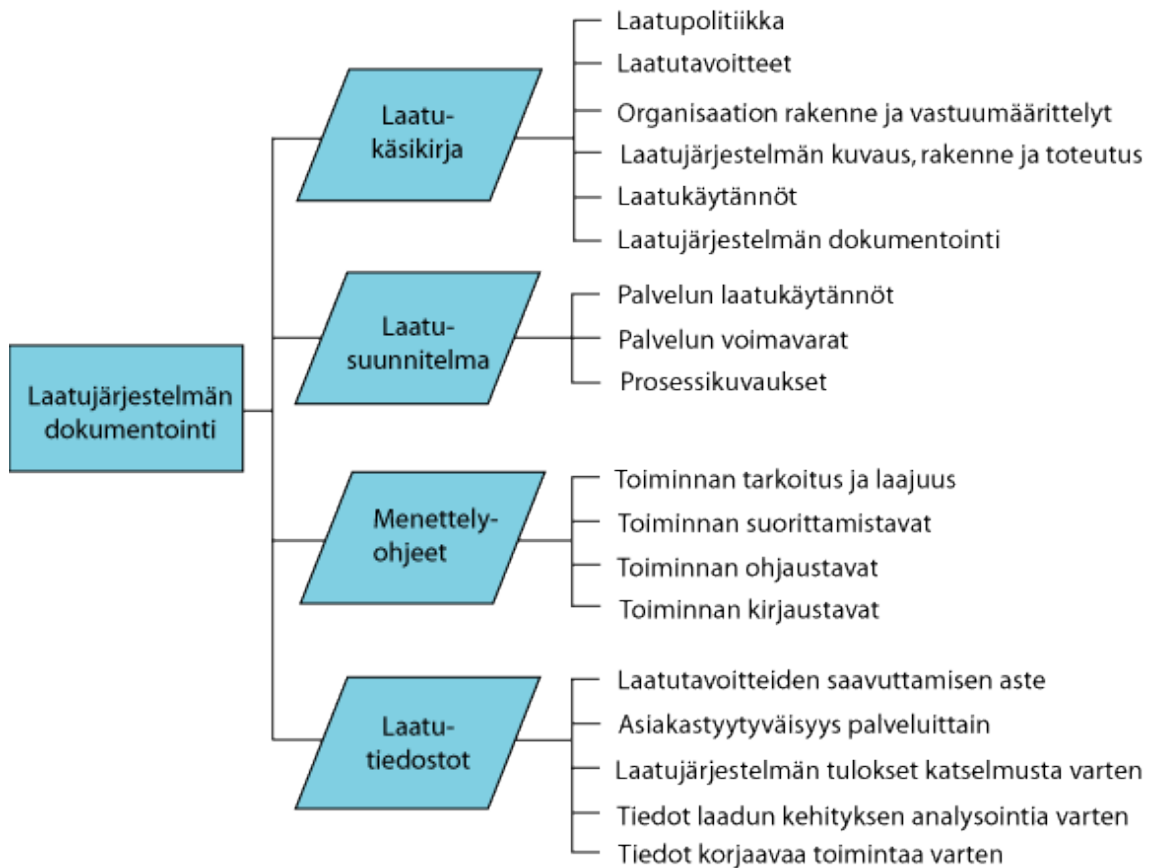
KUVA 1. Sandvikin maanalainen kallioporaite (<http://buybigtires.com/heavy-equipment/equipment-spotlight-sandvik-dd531-three-boom-underground-drill-rig/>)

## 2 LAATU

Laatu käsite saa kantasanansa latinan sanasta qualis, millainen. Suomalainen sana laatu tulee kuitenkin venäjänkielen sanasta lad, joka merkitsee rauhaa, sopusointua, liitosta, saumaa ja järjestystä. Matematiikassa laatuluku ilmoittaa määrän jonakin lajina, kuten jonkun mitattavan tai taloudellisen arvon yksikkönä esim. 4 grammaa, 10 dollaria. Liiketoiminnassa laatu voidaan tulkita toiminnan, tulosten ja strategioiden mukaisesti, kun taas tuotteissa tai palveluissa laatu toimii lupauksena ominaisuuksien ja vaatimusten täyttymiselle. Laatu merkitsee tuotannossa myös asiakaslähtöisiä valintoja, suunnitelman mukaista toimintaa sekä tavoiteltujen tuloksien saavuttamista. Tuotteissa ja palveluissa esiintyvää laatua voidaan yleisesti arvioida erilaisilla laatumittareilla. Tuotteessa laatu voidaan mitata sen fyysisten ominaisuuksien ja mittojen osalta, kun taas palvelussa laatua voidaan mitata palvelusuunnitelmalla esim. jonotusaikana. Laatu on kuitenkin aina suhteellista ja jokainen antaa laadulle oman merkityksensä sekä mittaristonsa (Laatuakatemia, 2010).

Laatu on aina mukana tuotekehityksessä ja sen voisi jopa sanoa sen olevan yksi tärkeimmistä tuotekehityksellisistä asioista. Uusi tuote tuottaa kuitenkin usein laadullisia haasteita tuotannossa niin opettelu- kun sisäänajovaiheissa. Otetaan vaikka formula 1 autot esimerkiksi kyseiselle aiheelle. Joka vuosi F1 tallit pyrkivät tuottamaan uuden ja paremman auton vanhan tilalle. Se syntyy pitkän testauksen ja kehityksen tuloksena. Auto toimii kuitenkin useasti epäluotettavasti alkukaudesta, mutta laatutoiminnalla auto saadaan säädettyä vähitellen luotettavaksi kilpailuvälineeksi. Kun auto on saatu toimimaan vakaasti ja luotettavasti, aloitetaan uuden auton tuotekehittäminen uutta kautta varten. Tätä voisi sanoa perustuotekehitys vaiheistukseksi (Laatuakatemia, 2010).

Laadun standardisoituminen ja sopimuksenmukaistuminen on tuonut edellytyksen laadun dokumentoimiselle. Ostaja kuvailee tuotteen ja erittelee haluamansa ominaisuudet tarjouspyynnössä. Kun kauppaa käydään sopimuksin, ei ostajan tarvitse käydä varmistamassa, että tuote ja sen valmistus täyttävät asetetut vaatimukset. Myös yrityksen sisäinen laatujärjestelmä on dokumentoitu laatupolitiikasta toimintaohjeisiin saakka (Kuva 2). Tällä tavoin voidaan varmistaa toimintatapojen yhdenmukaisuus laatuketjun joka vaiheessa. Asiakkaiden ja työntekijöiden oikeusturva paranee, kun epäselvyydet toiminnasta vähenevät.

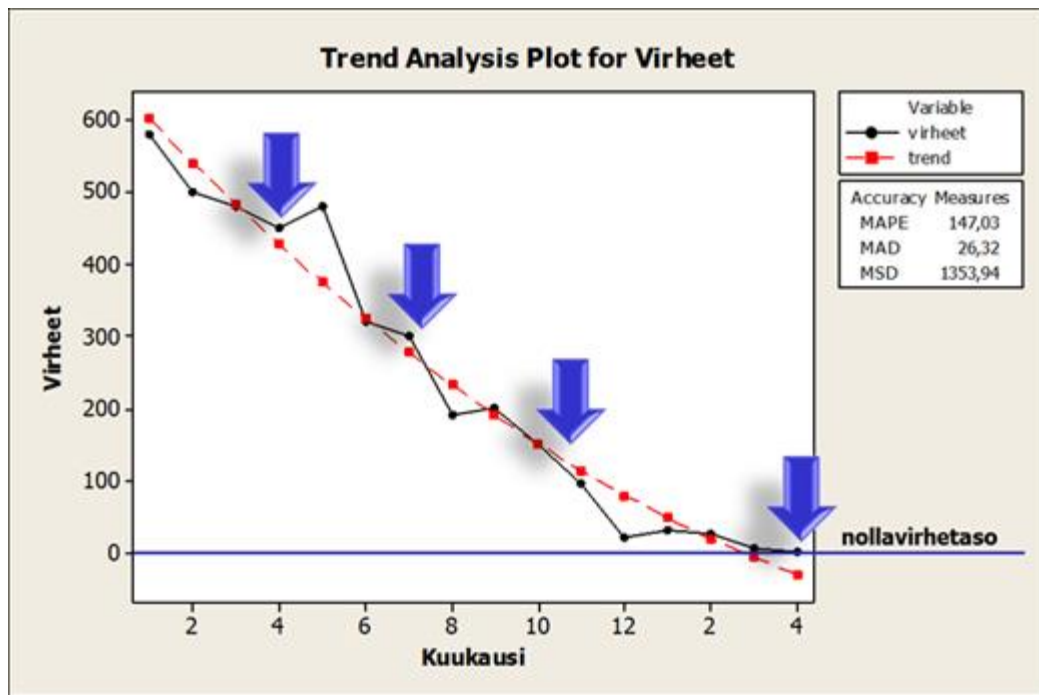


KUVA 2. Laatujärjestelmän dokumentointi (<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatu.htm>)

## 2.1 Laadun historia ja ISO 9000

Laatu juontaa juurensa monien satojen, jopa tuhansien vuosien päähän. Laadullista toimintaa on harjoitettu niin kauan kun ihminen on tehnyt töitä tai työkaluja. Ihmiset ovat aina arvostaneet laatua hankkimissaan tai saamissaan tuotteissa tai palveluissa. Laatua on alettu kuitenkin arvostaa ja tutkia vasta viime vuosisatoina. Voidaan sanoa, että laadullinen tarkastus ja mittaaminen sai ponnistuskivensä vuonna 1791, kun Ranskan tiedeakatemia vakioi Ranskassa käytetyt mitat ottamalla käyttöön metrijärjestelmän. Laadun varmistus ja ennakoiva laatutyö alkoi kukoistaa vuoden 1924 jälkeen kun modernin laatu-tekniikan isä Walter A. Shewhart toi esille muistion, jossa hän kuvaili piirroksellaan ensimmäistä ohjauskorttia. Vuoden 1924 jälkeen laatuajattelu kasvoi kasvamistaan suurilla harppauksilla, kun laatujohtaminen tuli mukaan laatuajatteluun. Laatu laajeni käsittämään kokonaisvaltaisesti laadunvalvonnan, laatu kustannukset, luotettavuustekniikan ja nollavirheajattelun (Kuvaaja 1) (Laatuakatemia, 2010).





KUVAAJA 1. Nollavirhetason tavoittelua (<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/nollavirheajattelusta-six-sigmaan/>)

Laajemmassa mittakaavassa laatujohtaminen tuli Suomeen 1980-luvun loppupuolella ja 1990-luvulta alkaen. Aluksi se otettiin käyttöön yrityksissä ja vähitellen se alkoi levitä julkiselle sektorille hyvinvointipalveluiden kehittämiseen. Standardi ISO 9000 on paljolti ohjailnut Suomen laatu toimintaa teollisuuden ja yritystoiminnan saralla (Laatuakatemia, 2010).

Laadulla on lukemattomia käsitteitä, jotka voidaan kuitenkin jakaa pääpiirteittäin muutamaaan kategoriaan. Se on kooste tuotteen tunnusomaisista piirteistä suorituskyky mukaan lukien. Laatu liittyy tuotteen tai palvelun ominaisuuksien tai piirteiden kykyyn täyttää sille asetetut vaatimukset ja siihen kohdistuvat odotukset. Laatu on subjektiivinen termi, johon jokaisella ihmisellä on omanlainen käsityksensä ja kuvansa. Teknisissä applikaatioissa sillä on kaksi päätarkoitusta, edellä mainittu kyky täyttää sille asetetut vaatimukset ja odotukset sekä varmistaa puute vapaa tuote tai palvelu (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 5).

ISO 9000-standardi on tarkoitettu jatkuvasti parantamiseen pyrkivälle asiakaslähtöiselle yritykselle. Se sisältää kahdeksan laatuajattelun periaatetta, jotka yhdessä muodostavat maailmanlaajuisen laatujohtamisen vaatimukset (Kuva 3). Nämä kahdeksan periaatetta ovat: asiakaslähtöisyys, johtaminen, liittyminen, prosessin hallinta, järjestelmänhallinta,

jatkuvaparantaminen, faktoihin perustuvat päätökset ja läheiset toimittaja/alihankkija suhteet (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 7).

Asiakaslähtöisyyden pääperiaate on keskittyä ymmärtämään asiakkaiden tarpeet ja vaatimukset. Yritykset tarvitsevat vahvoja johtajia, jotta ennalta asetetut tavoitteet pystytään saavuttamaan. Hyvät johtajat luovat avoimen ympäristön mihin kaikki työntekijät voivat osallistua saavuttaen asetetut tavoitteet. Liittymisen tarkoitus on tuoda ilmi ihmisten tärkeys yrityksessä. Johdon on varmistettava, että jokainen työntekijä jokaisella organisaation tasolla voi täysin paneutua annettuun tehtäväänsä saavuttaen organisaation asettamat vaatimukset (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 7).

Prosessin hallinnalla pyritään hallitsemaan käynnissä olevia prosesseja mahdollisimman tehokkaasti. Järjestelmänhallinnan tarkoitus on selventää, että moni itsenäinen prosessi on liitoksissa toisten prosessien kanssa ja tätä itsenäistä prosessia, on pystyttävä hallitsemaan prosessin kokonaisuuden kanssa. Jatkuva parantaminen toimii avaimena pitkäaikaiseen menestykseen sekä korkeaan suorituskyykyyn. Sillä myös varmistetaan yrityksen pysyminen kilpailukykyisenä. Yritykset jotka tekevät päätöksensä faktojen pohjalta, tekevät todennäköisemmin oikeita päätöksiä verrattuna yrityksiin, jotka eivät näin tee. Organisaatiot jotka työskentelevät läheisesti tavaran toimittajiensa sekä alihankkijoidensa kanssa varmistavat, että organisaatio sekä toimittajat ja alihankkijat pystyvät saavuttamaan paremman tuloksen (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 7).



KUVA 3. ISO 9000-standardin 8 periaatetta (<http://image.slideshare-recdn.com/qmsiso9001interpretationandinternalaudit-141015045916-conversion-gate02/95/quality-management-system-iso-9001-interpretation-and-internal-audit-23-638.jpg?cb=1413512299>)

## 2.2 Laatu yrityksessä ja sen edut

Liiketoiminnan jonka halutaan olevan kannattavaa, on pystyttävä takaamaan asiakastytyväisyys. Pitkäaikaiset asiakassuhteet saavutetaan, kun tuotteet ja palvelut vastaavat niiltä odotettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Asiakkaat kokevat laadun kahdella eri tavalla, teknillisellä ja toiminnallisella tavalla. Teknillinen laatu on asiakkaalle se käytännön palvelu tai tuote mitä asiakas on tilannut ja miten se on asiakkaan vaatimukset täyttänyt. Toiminnallisella laadulla tarkoitetaan yrityksen kykyä palvella asiakasta. Näistä kahdesta laatu-elementistä asiakas kokoaa mielipiteensä yrityksen laadullisista palveluista (Laatu yrityksessä, 2016).

Laatu parantaa yrityksen kannattavuutta ja se näkyy hyvin meneillään olevassa kaupankäynnissä sekä myönteisenä vaikutuksena imagoon. Laatu arvostetaan usealla saralla, niin kilpailijoista omaan henkilöstöön kuin rahoittajiinkin. Yleisellä tasolla voidaan sanoa yritysten laatuksennustun vaihtelevan 5 – 25% yrityksen liikevaihdosta. Laatu on helppo valvoa yrityksissä asiakaspalautusten, reklamaatioiden, hävikin, poikkeuksella

hyväksytyjen tuotteiden, tarkastuskustannusten ja niistä aiheutuvien lisäkustannusten avulla. On tärkeää laatukustannusten alentamiseksi, että tuotteet tehtäisiin kerralla oikein. Yrityksiä voidaan luokitella laatutyön tason mukaisesti. Oheisessa taulukossa on esimerkki mahdollisesta luokittelumallista (Taulukko 1) (Laatu yrityksessä, 2016).

TAULUKKO 1. Yritysten luokittelu laatutyön mukaisesti ([http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laatu\\_yrityksiss%C3%A4](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laatu_yrityksiss%C3%A4))

| Kyp-<br>syys-<br>taso | Kuvaus  | Hyödyllisimmät laatutekniikat ja työkalut  |
|-----------------------|---|--|
| Alhainen              | Virallista laatujärjestelmää ei ole tai jos on, sitä ei käytetä. Asiakkaiden reklamaatiot ja muut ulkoiset virhekustannukset ovat korkeat. Laatuosasto on yksin vastuussa laadusta. Tuote- ja palveluprosesseissa työskentelevät osallistuvat jatkuvaan parantamiseen vähän tai ei ollenkaan. | Seitsemän perinteistä laatutyökalua (vuokaavio, syys-seuraus-analyysi, histogrammi, Paretoanalyysi, tarkastuskortti, valvontakortti, hajontakaavio) Auditoinnit Laatukustannusten seuranta SPC (Statistical Process Control) |
| Keskimmäinen          | Ulkoiset virhekustannukset ovat laskeneet, mutta sisäisiä virhekustannuksia on vielä paljon. Kaikki osastot hyväksyvät roolinsa laadunkehittämissä. Kehittämissä, joihin työntekijät osallistuvat, on säännöllisesti. Asiakastytyväisyyskyselyjä toteutetaan säännöllisesti.                  | Aivoriihi ja ajatuskartta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Benchmarking Koesuunnittelu (DoE, Design of Experiments) Jatkuvan parantamisen menetelmät  |
| Korkea                | Johtamisjärjestelmät eri alueille, kuten laatu, turvallisuus, ympäristö ja rahoitus, ovat saumattomasti integroitua ja organisaation strategian mukaisia. Kaikki osastot ja prosessit valvovat omaa suorituskykyään ja ottavat käyttöön lähes päivittäin parannuksia strategian mukaisesti.   | QFD (Quality Function Deployment) Six Sigma Tasapainotettu mittaristo  |

Kun työskentely ja tuote ovat laadukkaita, on siitä taloudellista etua yritykselle, koska tuotteiden korjaus, muokkaus ja takuu kustannukset ovat alhaisia. Korkea laatu takaa uudelleen tilauksia asiakkailta ja sen avulla voidaan saavuttaa imago, jolla yritys pystyy toimimaan jopa alan markkinajohtajana. Jos laatu ei ole riittävää, on sillä negatiivinen vaikutus myös toimittajiin ja alihankkijoihin. Asiassa on uskomus, että yksi tyytymätön asiakas voi kertoa jopa 20 muulle yritykselle organisaation tuotteiden vajavaisuuden (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 16).

Kun kappale naarmuuntuu tai palvelus on tehtävä uudelleen, yritys ei ainoastaan menetä aikaa ja materiaalia vaan myös kappaleen tai palvelun suorittamiseen käytettyä työtä. Hyvä laatu maksaa rahaa, mutta suurimmissa osissa tapauksista se on kuitenkin edullisempaa kuin huonon laadun tuottaminen (Bauer, Duffy & Westcott 2002, 16).

### 2.3 Ennakoiva laatutyö ja jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen sekä ennakoiva laatutyö voidaan nimetä melkein samaa tarkoittaviksi asioiksi. Laatu käsitteeltään on niin laaja, että yrityksen toimintaa sekä tuotteita kehittävät asiat, parantavat myös laadullisia seikkoja.

Ennakoiva laatutyö ja jatkuva parantaminen ei ole enää ainoastaan insinöörien ja tuotannon henkilöstön tehtävä. Melkein kaikki organisaation toiminnot tarvitsevat tilanteiden analysointia, ongelmien tunnistamista ja ratkaisujen soveltamista. Jatkuvaan parantamiseen on luotu monia erilaisia työkaluja ja menetelmiä, esimerkiksi LEAN-tuotanto (Quality knowhow, 2016). Jatkuvan parantamisen ja ennakoivan laatutyön malliksi voitaisiin ottaa PDCA (Kuva 4). PDCA tulee sanoista Plan, Do, Check ja Act. Yleensä PDCA kuvataan kehänä, mutta se on jossain määrin harhaanjohtava tapa kuvata asiaa. Parempi tyyli olisi kuvata PDCA:ta spiraalina, jossa malli nähtäisiin päättymättömänä prosessina, pyrkien jatkuvaan kehittymiseen. Monia laatumenetelmiä käytetään mallin kehittämiskohteiden etsimiseksi, tutkimiseksi, korjaamiseksi, ymmärtämiseksi sekä saatujen tulosten arvioimiseksi. PDCA:n käyttö edellyttää laatumenetelmien käytön hallitsemisen.

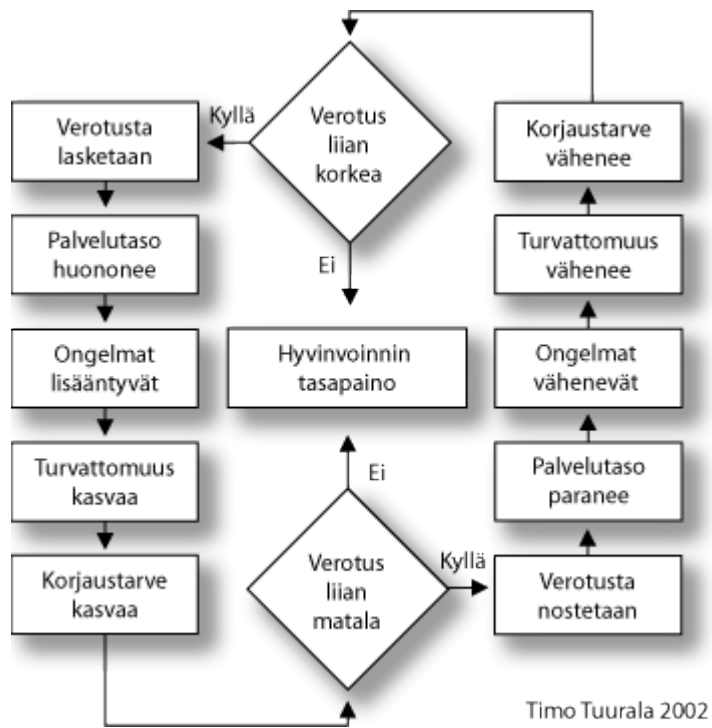


KUVA 4. PDCA toiminnan kuvaus (<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/jatkuva-parannus/>)

Aluksi on tunnistettava parannettava prosessi. Päätös tehdään yhteistyössä prosessista vastaavien työntekijöiden ja johdon välillä. Organisaatiossa on aina prosesseja, jotka tarvitsevat parantamista sekä kehittämistä. Kehittämisen kohteita voivat olla esimerkiksi valvonta ja ohjaukset sekä tarkastuslistat. Valvonta ja ohjauksien tarkoitus on koota systemaattisesti mittaushavainnot ja tulokset tarkasteltavasta prosessista. Valvontakortit tallennetaan yrityksen muistioihin tai kovalevyille, josta jälkepäin on helppo seurata missä on ollut ongelmia ja miksi. Tarkastuslistat tai valvontasuunnitelmat ovat muistia auttavia toimenpidelistauksia, joista käy ilmi miten prosessin eri vaiheet on suoritettu. Kyseistä listausta käytetään vaikeiden ja monimutkaisten kappaleiden valmistukseen ja mittaukseen (Laatu akatemia, 2010).

Kehittämiskohde olisi kuitenkin oltava perusteltu ja sen tulisi tärkeimpänä ominaisuutena parantaa asiakkaiden ja organisaation etuja. Alkutilanteessa suoritetaan aina mittauksia, johon tulevaa kehitystä verrataan. Mittaukset riippuvat aina parannettavasta kohteesta. Työryhmä tutkii valittua prosessia ja sen yhteyksiä. Tässä vaiheessa voidaan ottaa toinen työkalu auttamaan fokusointia halutulla tavalla (Laatu akatemia, 2010).

Vuokaavio on paljon käytetty työkalu kyseiseen vaiheeseen (Kuva 5). Vuokaaviossa käydään läpi prosessin avainmuuttujat ja laadulliset piirteet sekä niiden kehittämistarpeet. Prosessista on pyrittävä löytämään kaikki viiveet, ongelmakohdat, tarpeettomat ja tarpeettomasti suoritettavat työvaiheet. Parannuskohteet dokumentoidaan, jotta ne voidaan ottaa huomioon raportoinnissa, kun lopullisia tuloksia arvioidaan ja vertaillaan alkutilanteeseen. Parannuskohteiden löydyttyä prosessin parannustoimista tehdään suunnitelma, jossa on käytettävä apuna kaikkea prosessia koskevaa tietoa. Parantamisessa on varmistuttava siitä, mitkä asiat tuovat kehittämisprosessissa mahdollisia sivullisia haittavaikutuksia. Näihin haittavaikutuksiin on myös varauduttava niiden kehittymistä seuraamalla. Suunnitteluvaiheen jälkeen kehittämistoimet toteutetaan. Prosessin kehittymistä seurataan ja pyritään varmistumaan, että vaikutukset ovat toivotunlaisia alussa tehtyjen mittausten avulla. Usein kehittäminen vaatii uuden oppimista ja sitä varten järjestettyä koulutusta tai valmennusta. Kehityksen viimeinen vaihe on myös samalla alku uudelle kehityskierrokselle, näin yritys varmistaa jatkuvan kehittymisen (Laatu akatemia, 2010).



KUVA 5. Esimerkki vuokaaviosta (<http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>)

### 3 VALVONTASUUNNITELMA JA FMEA

Tässä osiossa avataan hieman työkaluja, joita käytettiin opinnäytetyön tekemisessä. Valvontasuunnitelma ja FMEA ovat kummatkin työkaluja, joita käytetään laajalti ympäri maailmaa parantamaan yritysten kykyä kehittää ja edistää laatua ja riskienhallintaa.

#### 3.1 Valvontasuunnitelma

Valvontasuunnitelma eli control plan on listaus mistä käy ilmi mitä vaaditaan, jotta käynnissä oleva muutos prosessissa pystytään pitämään muutoksen jälkeen saavutetulla tasolla (Kuva 6). Valvontasuunnitelma toteutetaan yleensä prosessin tai tuotteen muutostyö aikana ja siihen kiteytetään yleensä DMAIC työkalua (Control plan, 2016). DMAIC (define, measure, analyze, improve, control) on ongelman ratkaisumetodi jonka on kehittänyt Motorola. DMAIC sekä valvontasuunnitelma kuuluvat niin sanottuun six sigma's metodiin, jossa pyritään viemään laatuajattelu äärimmilleen (DMAIC, 2012).

Six sigma ajatukseen kuuluu tuotanto, jossa virheellisten tuotteiden tuottaminen vietäisiin mahdollisimman alhaiseksi. Sen kuusi eri vaihetta ovat täysin samat kuin DMAIC:issa (define, measure, analyze, improve, control) (Kuva 7). DMAIC on kuitenkin niin sanottu aliversio six sigma kokonaisuudesta, joten niitä ei pidä sekoittaa keskenään. Six sigmalla on toinenkin aliversio DMADV (Define, measure, analyze, design, verify), jota käytetään kun yritys haluaa luoda uusia tuotteita tai prosesseja. Six sigman peruserä on implementoida prosessiin mittaus perusteinen strategia, jolla fokusoidutaan prosessin kehittämiseen. Sitä käytetään aina parantamaan tai ylläpitämään prosesseissa tapahtuvia muutoksia tai kehityksiä (Six sigma, 2016).

Valvontasuunnitelmalla halutaan luoda käytännönläheinen näkymä arvoa lisääville kontrollointi metodeille tuotteen tai palvelun prosessissa. Näitä metodeja voivat olla mitkä vain tuotteen tai palvelun arvoa lisäävät prosessin vaiheet. Valvontasuunnitelma on kirjallinen yhteenveto osaproessin toiminnasta ja sen vaiheistuksesta. Se toimii integroituna osana laadun valvonnan kokonaisuutta ja sen on pystyttävä elämään prosessin mukana. Yksittäinen valvontasuunnitelma luodaan yleensä tuoteperhekohtaisesti siten, että val-



mistusprosessi toimii samassa pisteessä kaikille valvontasuunnitelman sisältäville tuotteille. Jos yrityksellä on tuotteiden valmistusta useassa eri pisteessä, on valvontasuunnitelmia luotava useampia. Kun valvontasuunnitelma on toiminnassa, on sen varmistettava, että jokaisen työvaiheen vaatimukset pysyvät laadullisesti sekä tuotannollisesti halutulla tasolla (Sample Control Plan Methodology, 2016).

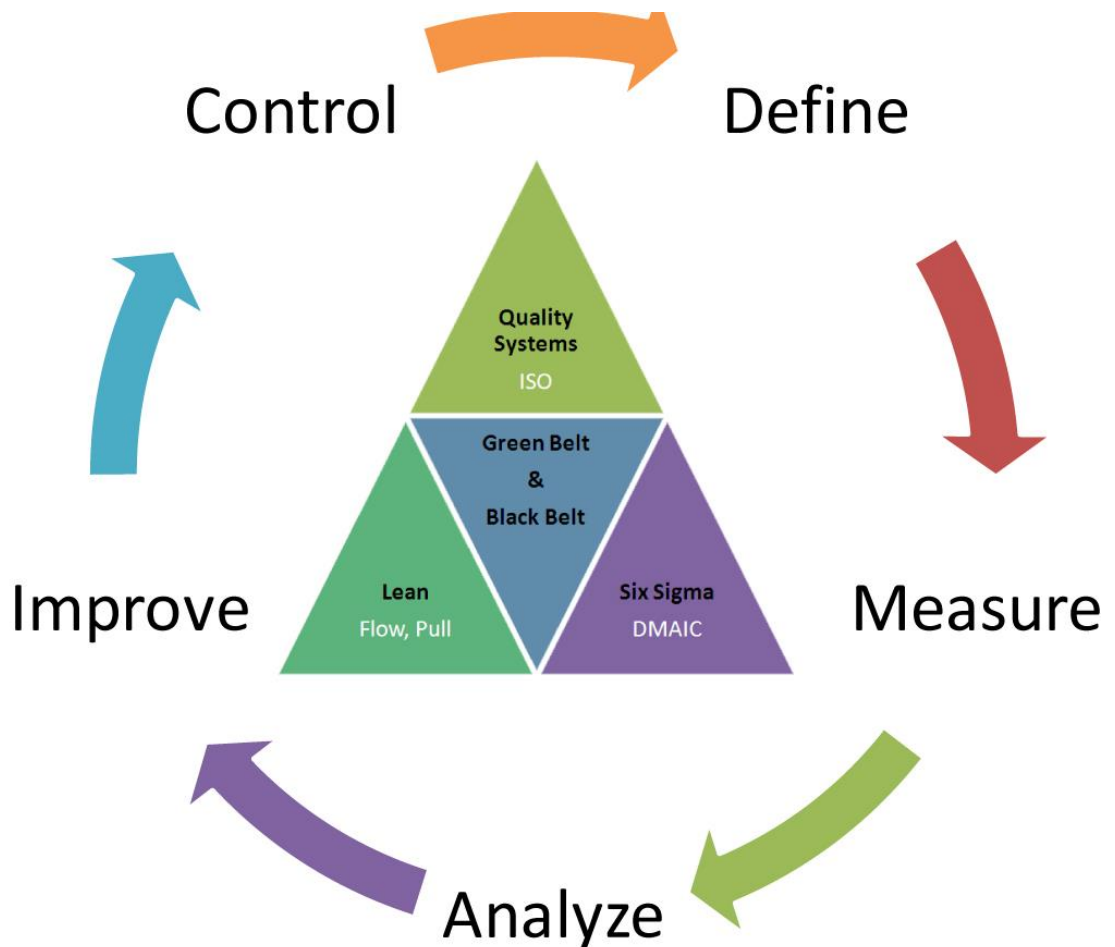
Valvontasuunnitelmaa käytetään tuotteen koko tuotantokaaren matkalla raaka-aineesta valmiiseen kappaleeseen. Tuotantokaaren alkuvaiheessa on tärkeää, että valvontasuunnitelma viestii selkeästi mitä tuotteelta halutaan, jotta myöhemmässä vaiheessa tuotantoa voidaan varmistaa sen laadukas viimeistely. Käytännössä valvontasuunnitelman on oltava elävä dokumentti kappaleen tarkistuksesta ja mittaamisesta. Tuotteen, mittauksen tai tarkistustyylin muuttuessa on valvontasuunnitelma myös päivitettävä (Sample Control Plan Methodology, 2016).

Valvontasuunnitelma tuo mukanaan paljon etuja ja sen avulla voidaan vähentää virheellisiä tuotteita sekä nostaa laatua niin tuotteissa kun tuotannossa. Se nostaa asiakastyytyväisyyttä varmistaen asiakkaalle ns. standardoidun tuotantotyylin sekä tuotteen. Elävänä dokumenttina se tunnistaa sekä kommunikoi tuotteessa tai tuotannossa tapahtuvista muutoksista (Sample Control Plan Methodology, 2016).

Valvontasuunnitelmaa laatiessa on tärkeää osata valita oikeanlaiset ominaisuudet valvontalistauksen sisälle. Ominaisuuksia valittaessa on tiedettävä mitkä seikat vaikuttavat tuotteen toimintaan. Kaikki voimakkaasti tuotteen toimintaan vaikuttavat toiminnot ovat tärkeitä mainita valvontasuunnitelmassa. Tuotteesta vastaavat suunnittelu-, valmistus-, johto- sekä laatuhenkilöt työskentelevät tiiminä selvittääkseen valvontasuunnitelman sisältävät ominaisuudet. Hyviä tapoja löytää tärkeät ominaisuudet ovat FMEA, asiakaspalaute takuukorjausten muodossa sekä työpiirustukset. Ominaisuuksille voidaan antaa riskinumerointi, jolla voidaan analysoida kuinka suuri ja vakava riski ominaisuuden vahingoittumisella olisi tuotteeseen. Valvontasuunnitelmat sisältävät yleensä myös kappaleiden työkuvat, joihin voidaan merkitä selkeästi tärkeät mitat tai huomioitavat kohdat valmistuksessa. Tuotannon henkilökunnalla on viimeinen sana valvontasuunnitelman laamiseen, koska heidän tehtävänsä on testata valvontasuunnitelman toimivuus ja kommentoida jos se on virheellinen (Key characteristics procedure, 2016).

| CONTROL PLAN  |   |  |   |                         |   |      |  |  |                                |        |                   |  |
|---|---|--|---|-------------------------|---|------|--|--|--------------------------------|--------|-------------------|--|
| Control Plan Number<br><b>ABC101-23</b>                       |   |  | Key Contact/Phone<br><b>John Stone - Mfg Engineer, x5412</b>          |                         |   |      | Date (Orig.)<br><b>1/1/10</b>  |  | Date (Rev.)<br><b>12/11/11</b> |        |                   |  |
| Part Number/Latest Change Level<br><b>Sub-Assembly 987-00</b> |   |  | Core Team<br><b>C. Stone, J. Leard, D. Moores, G. Boyd, S. Miller</b> |                         |   |      | Customer Engineering Approval/Date (If Req'd.)<br><b>N/A</b>           |  |                                |        |                   |  |
| Part Name/Description<br><b>Leg, Support, and Armrest Asm</b> |   |  | Supplier/Plant Approval/Date<br><b>12/9/11</b>                        |                         |   |      | Customer Quality Approval/Date (If Req'd.)<br><b>N/A</b>               |  |                                |        |                   |  |
| Supplier/Plant<br><b>In-House (Kansas City)</b>               |   |  | Supplier Code<br><b>N/A</b>   |                         | Other Approval/Date (If Req'd.)<br><b>Ed Stumpek, Eng VP (12/10/11)</b> |      |  | Other Approval/Date (If Req'd.)<br><b>N/A</b>  |                                |        |                   |  |
| PART/<br>PROCESS<br>NUMBER                                    | PROCESS NAME/<br>OPERATION<br>DESCRIPTION           | MACHINE,<br>DEVICE<br>JIG, TOOLS<br>FOR MFG. | CHARACTERISTICS   |                         |   | CTQ? | METHODS  |  |                                |        |                   | REACTION<br>PLAN   |
|   |   |  | NO.   | PRODUCT                 | PROCESS   |      | PRODUCT/PROCESS<br>SPECIFICATION/<br>TOLERANCE                         | EVALUATION/<br>MEASUREMENT<br>TECHNIQUE  | SAMPLE                         |        | CONTROL<br>METHOD |  |
|   |   |  |   |                         |   |      |  | SIZE   | FREQ.                          |        |                   |  |
| 1   | Place leg, support, and armrest in assembly fixture | Fixture 987-01F1                             | 1D  |                         | Parts placed properly in fixture per drawing 987-00                     | N    | Parts oriented correctly (reference drawing 987-00 with any questions) | Error proofed - parts cannot be mis-oriented   | N/A                            | N/A    | Error proofed     | None required  |
| 2   | Drive two screws to secure side support             | Electric screwdriver 987-01A1                | 2D  | Final screw depth       |   | N    | Screw heads sub-flush  | Flush gage   | 5                              | Hourly | P-Chart           | Re-inspect all product since last inspection and rework if needed  |
|   |   |  | 2P  |                         | Drive torque on screw   | Y    | Torque between 10 in-lb and 13 in-lb                                   | Automatically monitored with electric screwdriver - alarm will sound if torque is out of range | 100%                           | N/A    | 100% monitoring   | If torque alarm sounds, stop production, verify proper screws, check pilot hole diameter. If correct, contact maintenance and engineering. |
| 3   | Drive three screws to secure arm rest               | Pneumatic screwdriver 987-01A2               | 2D  | Screws seated sub-flush |   | N    | Screw heads sub-flush  | Slide flushness gage over screw locations - must move freely                                   | 5                              | Hourly | P-Chart           | Re-inspect all product since last inspection and rework if needed  |

KUVA 6. Valvontasuunnitelma esimerkki (<http://controlplan.org/wp-content/uploads/2012/01/control-plan-example.png>)

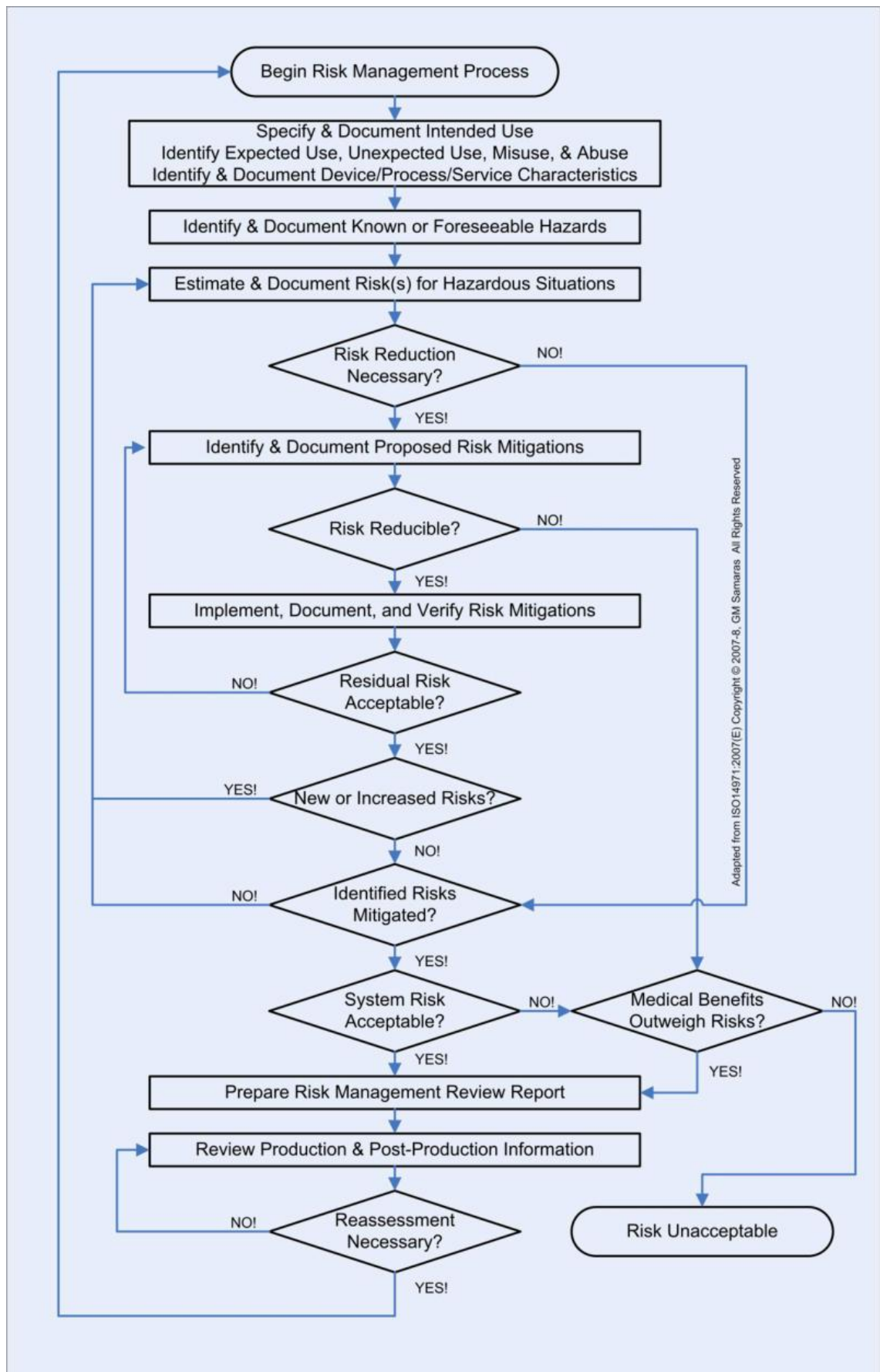


KUVA 7. DMAIC prosessin kuvaus (<http://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-methodology-dmaic/>)

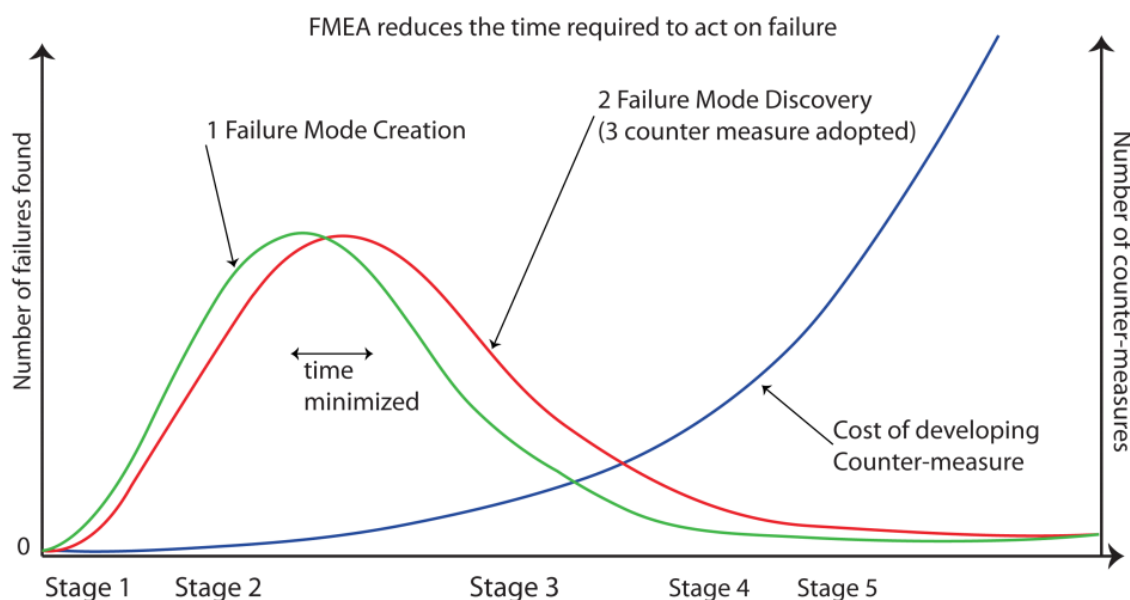
### 3.2 FMEA

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) on integroitu osa tuotteen tai palvelun kehittämistä. FMEA:ta on universaali työkalu, jota käytetään teollisuudessa tai palvelussa, missä epäonnistumisella on vahingoittava vaikutus käyttäjään, tuotteeseen tai prosessiin. Sen päätavoite on estää mahdollisilta riskeiltä tai epäonnistumisilta (Kuva 8) (Failure Mode and Effects Analysis, 2015).

FMEA on analyttinen metodologi, jota käytetään varmistaakseen, että mahdolliset ongelmat, jotka voivat esiintyä tuotteessa tai tuotannossa, on otettu huomioon koko sen elämäkaaren aikana (Kuvaaja 2). On todella tärkeää, että FMEA laaditaan riittävän aikaisessa vaiheessa tuotteen tai prosessin kehittämistä, jotta se ehtii vaikuttamaan mahdollisiin riskeihin. FMEA:sta on kaksi päätyyppiä: DFMEA(Design FMEA) sekä PFMEA (Process FMEA). DFMEA käytetään tuotteiden kehittämiseen kun taas PFMEA käytetään prosessin kehittämiseen (Failure Mode and Effects Analysis, 2015).



KUVA 8. Riskien hallitsemisen askeleet (<http://www.samaras-assoc.com/risk%20management.htm>)



KUVAAJA 2. Kuvaaja FMEA käytön hyödyistä ja vaikutuksesta (<http://quality-one.com/fmea/>)

FMEA tekeminen aloitetaan yleensä esityöllä. Sillä pyritään löytämään kaikki jo aikaisemmin sattuneet epäonnistumiset helpottaen työn sujuvaa etenemistä. Seuraava vaihe prosessissa on käyttää jo aikaisemmin löydettyjä epäonnistumisia ja miettiä mitä uusia riskejä voi mahdollisesti ilmaantua. Kaikki mahdolliset riskit ja epäonnistumiset dokumentoidaan asiakirjaan ja niille annetaan riskinnumero. Riskinumerolla tarkoitetaan riskin vakavuusastetta. Numerointi on yhdestä kymmeneen ja mitä isompi numero riskille annetaan, sitä isompi riski on. Riskinnumero kymmenen annetaan esimerkiksi jos ihminen joutuu riskin takia hengenvaaraan.

Kun riskit on löydetty ja ne ovat saaneet numeroinnin, siirrytään vaiheeseen, jossa tarkastellaan kuinka useasti riski esiintyy ja kuinka todennäköistä on, että se voidaan havaita jo ennakkoon. Esiintymistaajuus sekä havaittavuus arvioidaan samalla tavalla ja asteikolla kun riskin vakavuus. Jos esiintyminen on todella todennäköistä ja riski esiintyy useasti, on numero lähellä kymmentä. Sama pätee myös sen havaittavuudelle, jos riskiä on vaikea havaita, on se lähellä numero kymmentä. Näiden perusteella kootaan taulukko, josta riskejä on helppo arvioida (Taulukko 2). Riskit sekä niiden numerot kirjataan taulukkoon, jonka jälkeen niistä lasketaan RPN arvo (Kuva 9).

RPN (Risk Priority Number) ilmaisee riskin kokonaishaitallisuuden (Kuva 10). RPN arvo saadaan kun kaikki kolme edellistä numeroarvoa kerrotaan riskikohtaisesti keskenään. Eli

jokaisesta riskistä kerrotaan sen vakavuuden, esiintymistodennäköisyyden ja havaittavuuden numerot. Mitä suuremman arvon RPN saa, sitä haitallisempi kyseinen riski on. Tämän jälkeen siirrytään vaiheeseen, jossa riskejä pyritään pienentämään huomattavasti. Jokaisen numeroarvon laskeminen vaikuttaa riskin lopulliseen vakavuuteen. Kun riskeille on löydetty keinoja niiden pienentämiseksi, tehdään FMEA uudestaan samasta asiasta ja vertaillaan vanhaa sekä uutta RPN arvoa keskenään. Tällä tavalla varmistetaan muutosten toimivuus.

TAULUKKO 2. Esimerkki mahdollisesta FMEA taulukosta

| Item _____   |                        |                              | Design Responsibility _____   |       |                             |  | FMEA Number _____   |                   |  |     |                     |                           |               |          |            |           |      |
|--|------------------------|------------------------------|---|-------|-----------------------------|--|---------------------|-------------------|--|-----|---------------------|---------------------------|---------------|----------|------------|-----------|------|
| Program name _____   |                        |                              | Key Date _____  |       |                             |  | Page _____ of _____ |                   |  |     |                     |                           |               |          |            |           |      |
| Core Team _____  |                        |                              |   |       |                             |  |                     |                   |  |     |                     |                           |               |          |            |           |      |
| Item /Function   | Potential Failure Mode | Potential Effects of Failure | Severity  | Class | Potential Causes of Failure | Prevention Methods   | Occurrence          | Detection Methods | Detection  | RPN | Recommended Actions | Responsibility and Timing | Actions Taken | Severity | Occurrence | Detection | RRPN |
| What are the Functions and Requirements?<br>What can go wrong?<br>-No Function<br>-Partial / over Function<br>Degraded Over Time<br>-Intermittent Function<br>-Unintended Function |                        |                              | What are the causes?<br><br>How often does it happen?<br>Occurrence Table |       |                             | How can it be detected?<br><br>How well is it detected?<br>Detection Table |                     |                   | What can be done?<br>- Design changes<br>- Process changes<br>- Special Controls<br>-Changes to Standards, Procedures, or Guides |     |                     |                           |               |          |            |           |      |
| How bad is it? Severity Table  |                        |                              |   |       |                             |  |                     |                   |  |     |                     |                           |               |          |            |           |      |

| AIAG Compiled Ratings |  |   |                                     |
|-----------------------|--|---|-------------------------------------|
| Rating                | Severity of effect                               | Likelihood of Occurrence                | Ability to Detect                   |
| 10                    | Hazardous and without warning                    | Very high; failure is almost inevitable | Cannot detect                       |
| 9                     | Hazardous and with warning                       |   | Very remote chance of detection     |
| 8                     | Loss of primary function                         | High; repeated failures                 | Remote chance of detection          |
| 7                     | Reduced primary function performance             |   | Very low chance of detection        |
| 6                     | Loss of secondary function                       | Moderate; occasional failures           | Low chance of detection             |
| 5                     | Reduced secondary function performance           |   | Moderate chance of detection        |
| 4                     | Minor defect noticed by most customers           |   | Moderately high chance of detection |
| 3                     | Minor defect noticed by some customers           | Low; relatively few failures            |                                     |
| 2                     | Minor defect noticed by discriminating customers |   |                                     |
| 1                     | No effect  | Remote: failure is unlikely             | Almost certain detection            |

Severity

Occurrence

Detectability

KUVA 9. Taulukko numerointi asteikosta ([http://www.raytheon.com/connect-ions/rtnwcm/groups/public/documents/content/rtn\\_connect\\_dfmea\\_pdf.pdf](http://www.raytheon.com/connect-ions/rtnwcm/groups/public/documents/content/rtn_connect_dfmea_pdf.pdf))

|             |                    | Severity       |              |              |              |                  |
|-------------|--------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
|             |                    | Negligible (1) | Marginal (2) | Moderate (3) | Critical (4) | Catastrophic (5) |
| Probability | Almost certain (5) | Medium (5)     | High (10)    | High (15)    | High (20)    | High (25)        |
|             | Likely (4)         | Low (4)        | Medium (8)   | High (12)    | High (16)    | High (20)        |
|             | Possible (3)       | Low (3)        | Medium (6)   | Medium (9)   | High (12)    | High (15)        |
|             | Unlikely (2)       | Low (2)        | Low (4)      | Medium (6)   | Medium (8)   | High (10)        |
|             | Rare (1)           | Low (1)        | Low (2)      | Low (3)      | Low (4)      | Medium (5)       |

KUVA 10. RPN tarkastelu kuvaaja (<http://template-kid.com/risk-prioritization-matrix-template/risk-prioritization-matrix-template.htm>)

### 3.2.1 DFMEA (Design FMEA)

DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis) on tuotteen suunnitteluvaiheessa tehtävä riskien analysointi metodi, jolla pyritään poistamaan kaikki mahdolliset virheet tuotteessa. Analyysin suorittaminen vaatii ammattilaisten muodostaman ryhmän, joka tuntee tuotteen. Ryhmää vetää yleensä henkilö joka on ollut tuotteen suunnittelussa mukana. DFMEA ei huomio tuotteen prosessissa aiheituvia heikkouksia, vaan keskittyy tuotteen teknillisiin ja fyysisiin ominaisuuksiin. DFMEA laatiminen aloitetaan samalla tyyliä kun normaalin FMEA laatiminen. Aluksi hahmotetaan riskit, joka jälkeen niille annetaan vakavuus, esiintymistodennäköisyys, havaittavuus numerointi (Kuva 11). Sen jälkeen muodostetaan RPN ja suoritetaan analyysi uudelleen käyttäen keksittyjä riskien ehkäisytyylejä.

Jokaiselle kolmelle RPN muodostamalle arvolle on oma tyyliensä sen pienentämiseksi. Vaarallisuus/haitallisuus numeroa voi pienentää vain kappaletta itseään muuttamalla. Vaikka kappaleeseen asennettaisiin turvalaitteita, ei se silti poista tuotteen vaarallisuutta se vain ehkäisee mahdollista vaaran tapahtumista. Esiintymistodennäköisyyden pienentäminen vaatii poistamaan tai kontrolloimaan mahdollista riskiä. Esimerkiksi edellä mainitulla turvalaitteiden asennuksella pystytään kontrolloimaan riskiä vähentäen esiintymistodennäköisyyttä. Havaittavuutta voidaan parantaa riskin tai vahingon paljastuksella. Tällä tarkoitetaan sitä, että jos tuotteeseen on mahdollista asentaa tai suunnitella riskiä tai riskejä tunnistava laite, on niitä mahdollista pienentää. Riskin pienentäminen on myös mahdollista, jos ihminen saadaan koulutuksella tai jollakin muulla tavalla havaitsemaan ne paremmin.



| Item   | Function   | Requirement  | Failure Mode  |
|--|--|--|---|
| Disk Brake system                            | Stop vehicle on demand (considering environmental conditions such as wet, dry, etc.) | Stop vehicle traveling on dry asphalt pavement within specified distance within specified g's of force | Vehicle does not stop   |
|  |  |  | Vehicle stops in excess of specified distance                   |
|  |  |  | Stops vehicle with more than xx g's of force                    |
|  |  | Allow unimpeded vehicle movement on no system demand   | Activates with no demand; Vehicle movement is partially impeded |
| Activates with no demand Vehicle cannot move |  |  |   |
| Brake Rotor                                  | Allows transfer of force from brake pads to axle                                     | Must deliver specified torque resistance at axle   | Insufficient torque resistance delivered                        |
|  |  |  |   |

KUVA 11. Esimerkki riskien tunnistamisesta (<http://isoconsultantpune.com/wp-content/uploads/2015/01/Example-of-Design-Failure-Mode-and-Effect-Analysis.pdf>)

### 3.2.2 PFMEA (Process FMEA)

PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis) on jatkuvan parantamisen työkalu, jolla pyritään analysoimaan ja parantamaan valmistus- sekä kokoonpanoprosesseja (Kuva 12). Se on tehokas riskien ennakointi työkalu, joka ei odota riskien saapumista, vaan pyrkii ennakkoon ehkäisemään ne. PFMEA:ta käytetään suurimmaksi osaksi Six Sigman yhteydessä ja se on levinnyt laajasti autoteollisuuteen. PFMEA:n riskianalysointityyli toimii samalla tavalla kuin perus FMEA:n. Aluksi hahmotetaan riskit, jonka jälkeen niille annetaan vakavuus, esiintymistodennäköisyys, havaittavuus numerointi. Sen jälkeen muodostetaan RPN ja suoritetaan analyysi uudelleen käyttäen keksittyjä riskien ehkäisytyylejä.

Esimerkki PFMEA käytöstä voisi olla vaikka automaattinen autotallin oven aukaisu prosessi. On mahdollista että automaattinen ovi laskeutuu ajoneuvon päälle aiheuttaen siihen vaurioita. Käyttäen PFMEA:ta voidaan sen aiheuttamat riskit analysoida ja ennakoida (PFMEA, 2016).

Pääriskiksi asiassa voimme sanoa ajoneuvon vahingoittumisen. Vakavuus numeroksi annetaan 9, koska ajoneuvo todennäköisesti vahingoittuu oven osumisesta. Esiintymistodennäköisyys on inhimillisten virheiden takia korkea ja siksi se saakin numeron 6. Havaittavuus sen sijaan on yleensä helppoa ja ajoneuvon omistaja useasti huomaakin oven sulkeutuvan väärään aikaan, siksi se saa arvon 3. Näistä laskettuna RPN arvoksi tulee 162. Jos RPN arvo ylittää arvon 100, mielletään se yleensä ei hyväksyttäväksi (PFMEA, 2016).

Ainoa täysin toimiva ratkaisu ongelmaan on lisätä automaattiseen oveen tunnistin, joka tunnistaa onko oven alla jotain. Jos tunnistin huomaa jotain oven alla, pysäyttää se oven liikkeen. Ratkaisut kirjataan PFMEA taulukkoon ja riskin tarkastelu aloitetaan uudelleen. Riskin vakavuuden sekä esiintymistodennäköisyyden arvot eivät muutu mihinkään, mutta havaittavuuden arvo pienenee numeroon 1, koska nyt havaitsemisen hoitaa tunnistin, joten inhimillinen virhe ei ole mahdollinen. Uuden RPN laskettu arvo on 54, joten se voidaan hyväksyä (PFMEA, 2016).



KUVA 12. Kuva jatkuvasta parantamisesta (<http://www.samaras-assoc.com/risk%20management.htm>)

## 4 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA ALOITUS

Työn tavoitteena on luoda Sandvik Mining and Construction Tampereen porakoneversaalta siirrettäville tuotteille valvontasuunnitelma, josta käy ilmi miten kappaleet on Tampereen tehtaalla mitattu ja tarkistettu. Samalla on tarkoitus luoda FMEA, jossa tarkastellaan mahdollisia ongelmakohtia tuotannossa, sekä miten niitä voisi lieventää. Valvontasuunnitelma tullaan tekemään melkein kaikille siirron jälkeen Sandvikin omaan tuotantoon jääville tuotteille.

Valvontasuunnitelmien perustarkoituksena on luoda suunnitelma, jonka avulla kappaleiden tarkistamiselle ja mittaamiselle olisi selkeä ohje. Valvontasuunnitelman hyötynä voidaan myös pitää siitä aiheutuva mittauksen sekä tarkastuksen standardoituminen, jolla tarkoitetaan, että kaikki kappaleet tulevat mitattua samalla tavalla ohjeiden mukaisesti. FMEA:n tarkoituksena on vähentää, jos ei jopa poistaa valmistuksessa aiheutuvia ongelmakohtia. Sen luominen ei toimi opinnäytetyössä niin isossa roolissa kuin valvontasuunnitelmien tekeminen. Sitä tehdään sen mukaan miten aikaa ja resursseja löytyy. Ennakoidun laadullisen työn tekeminen mahdollistaa Lahden tehtaassa nopeamman tuotannon käynnistyksen, laadukkaampien tuotteiden valmistamisen sekä taloudellisten kustannusten vähenemisen.

Jokainen laadittu valvontasuunnitelma laaditaan sillä tyylillä miten mittaaminen ja tarkistaminen on tehty Tampereen tehtaalla. Valvontasuunnitelmien laadinta toteutetaan henkilökuntaa haastatteleamalla. Pääasiassa tieto haetaan tuotannon työntekijöiden toiminnasta ja työtavoista. Suunnittelu auttaa työkuvien sekä vaihekuviensa saamisen sekä lopullisten valvontasuunnitelmien tarkastamisen kanssa. Valvontasuunnitelmien valmistuessa ne käydään tarkastuttamassa tuotannontyöntekijöillä, jotta voidaan varmistua tiedon olevan oikeanlaista.

### 4.1 Laatu Sandvikilla

Sandvikilla laatu on isossa roolissa yritystoimintaa ja sen kehittämiseen käytetään joka päivä työtunteja. Jokainen Sandvikilla valmistettava kappale on tarkasti toleroitu ja sen tarkastaminen ja mittaaminen suoritetaan erittäin huolellisesti. Työilmapiiri on rento ja

työntekeminen on turvallista ja laadukasta. Tämä kertoo siitä, että johtaminen hoidetaan laatukriteerien mukaisesti ja työntekijät otetaan huomioon tärkeänä osana tuotantoa. Tampereen Sandvikilla on käytössä EHS politiikka, jonka avulla Tampereen Sandvik on onnistunut luomaan yli vuoden ilman poissaoloon johtaneita tapaturmia. EHS politiikka on levinnyt koko Sandvikin organisaatioon ympärimaailmaa ja se valvoo työturvallisuutta. Siihen kuuluu, läheltä piti tilanteiden sekä mahdollisten riskien dokumentoiminen työntekijä kohtaisesti. Jokainen työntekijä on velvollinen Sandvikin tehtaalla valvomaan ja dokumentoimaan mahdollisista riski/vaara kohdista. Riskeistä/vaaroista ilmoitetaan EHS henkilöstölle, joka pitää huolen, että riski poistetaan. Sandvikilla on myös palkkiopolitiikka koskien vaaratilanne ilmoituksia. Kun tarpeeksi ilmoituksia kertyy saa henkilöstö bonuksen palkkaansa. Tällä tavalla työntekijöillä on ns. porkkana, joka innostaa tekemään enemmän vaaratilanne ilmoituksia, joka taas nostaa työturvallisuuden tasoa.

Vaikka Sandvik:in tuotteet ovat huippulaadukkaita ja ehdottomasti markkinoiden kärkeä, on laatutyökalujen käyttö Suomen Sandvikin tehtaissa melko vähäisellä tasolla. Laatutyökaluja käyttämällä ja jatkuvan parantamisen mallilla voisi tehtaan eri osa-alueista saada enemmän irti. Laatuasioissa ei tarvitse painottaa pelkästään tuotantoon vaan on tärkeää, että ne yritetään istuttaa jokaisen eri organisaatiotason joukkoon. Voisi jopa sanoa, että tuotannon puolella Sandvik laatuasiat ovat paremmassa kunnossa kuin monessa muussa yhtä isossa yrityksessä.. Tuotteiden sekä tuotannon henkilökunnan korkeaan laatuun on tuotannossa panostettu, joten olisi järkevää myös panostaa laatutyökalujen käyttöönottoon ylempänä organisaatiossa. FMEA:n sekä valvontasuunnitelmin sisäistäminen koko konserniin tuottaisi positiivisia vaikutuksia, niin omaan tekemiseen kun asiakkaisiin. Näin on vähän jo toimittukin, mutta työkalujen jatkuva käyttö ja kehittäminen toisi parhaan lopputuloksen (Tor Tallgren, 13.4.2016, Haastattelu).

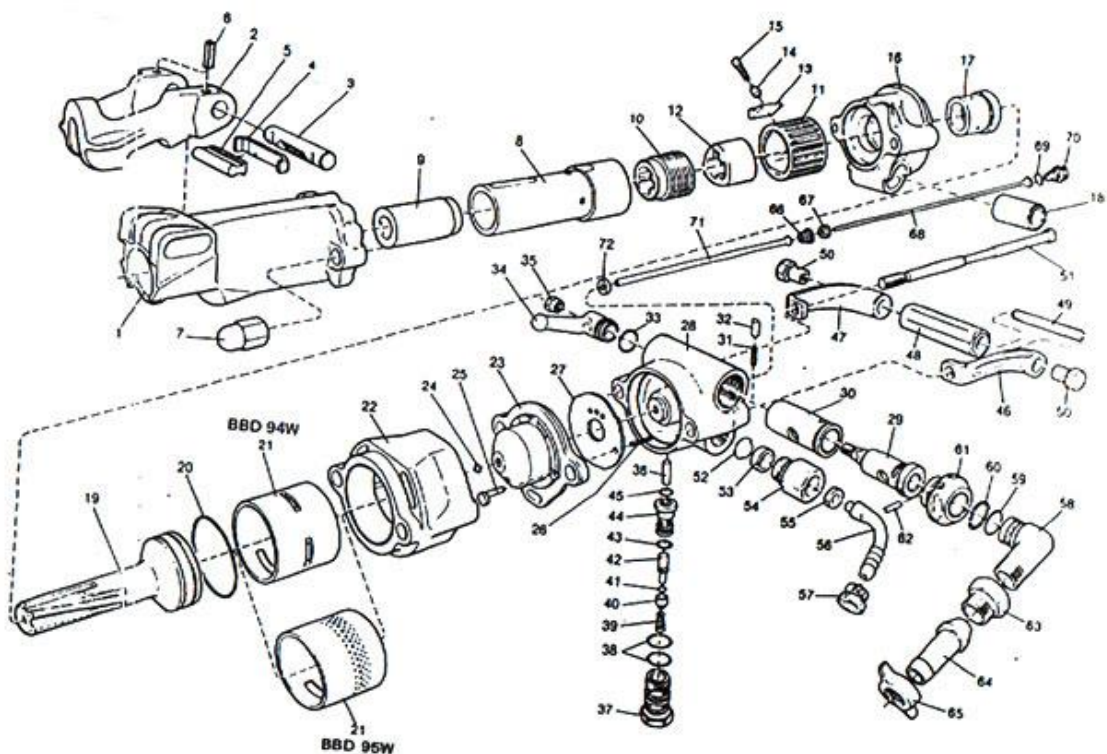
## **4.2 Työn aloittaminen**

Työn tekeminen aloitettiin 8.2.2016 maanantaina. Työ aloitettiin porakoneen kokoonpanon sekä sen sisältämien osien tutkinnalla (Kuva 13). Yleisimmät porakonetyypit käytiin läpi osa osalta sekä jaettiin osat itse valmistettaviin sekä alihankittaviin (Kuva 14). Kuvassa 14 on porakoneen räjäytyskuva, kuva ei ole Sandvikin porakoneen, koska ne ovat salassa pidettävää materiaalia, mutta kuvasta näkee yleisen porakoneen rakenteen ja minikälaisia osia siellä mahdollisesti on. Jakamista jatkettiin itse valmistettavien osien osalta,

jakamalla ne tuoteperheisiin osakohtaisesti. Osien jakaminen tuoteperheisiin tulee auttamaan tulevaisuudessa, koska yksi valvontasuunnitelman sisältää koko yhden tuoteperheen tuotteet. Ei ole järkevää tehdä valvontasuunnitelmaa jokaisesta valmistettavasta tuotteesta ja vaiheesta erikseen, koska saman tuoteperheen tuotteet ovat sen verran samantyyliisiä, että sama valvontasuunnitelma käy tuoteperhekohtaisesti kaikille tuotteille.



KUVA 13. Porakonetyyppi esimerkki (<http://www.weco.co.za/rock-drilling-machines-products/hlx5>)



KUVA 14. Esimerkki porakoneen osakokoonpanosta (<http://www.ksc-group.in/bbd94.html>)

Tuotepereheisiin jakamisen jälkeen siirryttiin tuotantoon koneistuskeskussoluun, jossa sijaitsevat ensimmäisenä siirrettävät koneet ja joille Lahden tehdas tarvitsi ensimmäisenä valvontasuunnitelmia. Raaka-aine tulee valurautana alihankkijoilta, jonka jälkeen se siirretään FMS hissiin, jossa se odottaa koneistustyön aloittamista. Koneistuskeskussolussa valmistettavat tuotteet koneistetaan yhdestä kolmeen eri vaiheessa. Useampivaiheiset kappaleet koneistetaan useammasta eri kulmasta, jotta kaikki tarvittavat muodot saadaan koneistetuksi. Koneistusvaiheiden välillä on mahdollista, että kappale lämpökäsitellään tehtaalla lämpökäsittelysolussa. Lämpökäsittely menetelmiä on monia erilaisia, mutta yksi Tampereen tehtaalla käytetty on hiiletyskarkaisu. Hiiletyskarkaisun periaate on pitää kappale sisältä sitkeänä, mutta saada sen pinta kovaksi. Pinta karkaistaan yleensä korkeintaan muutaman millin syvyyteen. Jos kappale menee lämpökäsittelyn kautta, on se sen jälkeen koneistettava mittoihinsa karkaistuna. Lämpökäsittely muokkaa kappaletta aina hieman ja ei ole järkevää koneistaa kappaletta toleranssimittoihin ennen kun se on karkaistu.

Kun yksi vaiheista tai koko kappale on valmis, saapuu tuote purku/lataus pisteeseen, jossa kappaleesta mitataan tärkeimmät toleroidut mitat sekä tulkataan kierteet. Jos kappaleen kaikki vaiheet eivät ole vielä valmiita, lähetetään se takaisin työstökoneelle, mutta jos kappale on valmis, irrotetaan se paletista ja siirtyy se raadintaan.

Raadinnassa kappaleesta pyritään poistamaan kaikki irtonaiset lastut sekä terävät reunat, joista tulevaisuudessa saattaa irrota metallia, joka voisi aiheuttaa porakoneen vaurioitumisen. Raadinta on kriittinen vaihe, koska se suoritetaan käsin ja inhimillisiä virheitä saattaa tapahtua. On oltava todella varovainen sillä raadittavat pinnat saattavat olla toleroituja laakeri- tai tiivistepintoja. Jos toleroituun pintaan tulee raadinnasta aiheutuvia jälkiä saattaa se ylittää toleranssin ja susittaa koko kappaleen. Jos taas tiivistepintaan tulee jälki, ei tiiviste enää toimi toivotulla tavalla vaan se saattaa vuotaa ja aiheuttaa koneen rikkoutumisen.

Kun kappale on raadittu, menee se pesukoneeseen, jossa sen puhdistetaan kaikista irtonaisista lastuista ja raadintapölystä. Pesty kappale menee pesun jälkeen mittahuoneeseen, jossa tarkka mittalaite mittaa kappaleen millimetrin tuhannesosan tarkkuudella. Laite pysyy myös mittaamaan reikien kartiomaisuuden sekä keskeisyyden. Kun kappale on hyväksytysti mitattu, menee se kokoonpanoon, jossa se kokoonpannaan toimivaksi porakoneeksi sekä koekäytetään toimivuuden varmistamiseksi.

Jokaisella Tampereen tehtaalla valmistettavalla osalla on oma reittinsä millä se tuotetaan valmiiksi kokoonpantavaksi tuotteeksi raaka-aineesta. Yllä lueteltu valmistusreitti toimii vain esimerkkinä, kuinka valmistus tapahtuu Sandvikin tehtaalla. Erilaisia valmistusprosesseja Tampereen tehtaalla on jyrsintä, sorvaus ja hionta. Kaikissa valmistusprosesseissa koneina käytetään tietokone eli CNC-ohjattuja koneita. Tehdas on muutenkin korkeasti automatisoitu robottien, FMS-hissin sekä automaattisten työstökoneiden ansiosta. Suurin osa tuotteista valmistuu valmiiksi asti yhden solun toimesta, mutta on osia mitkä joutuvat käymään useammassa solussa, jotta kaikki tarvittavat muodot saadaan tehtyä. Suurin osa tehtaalla valmistettavista kappaleista lämpökäsitellään, ainoastaan isoimmat runko-osat, jotka eivät tarvitse karkaistuja ominaisuuksia, jäävät lämpökäsittelemättä.

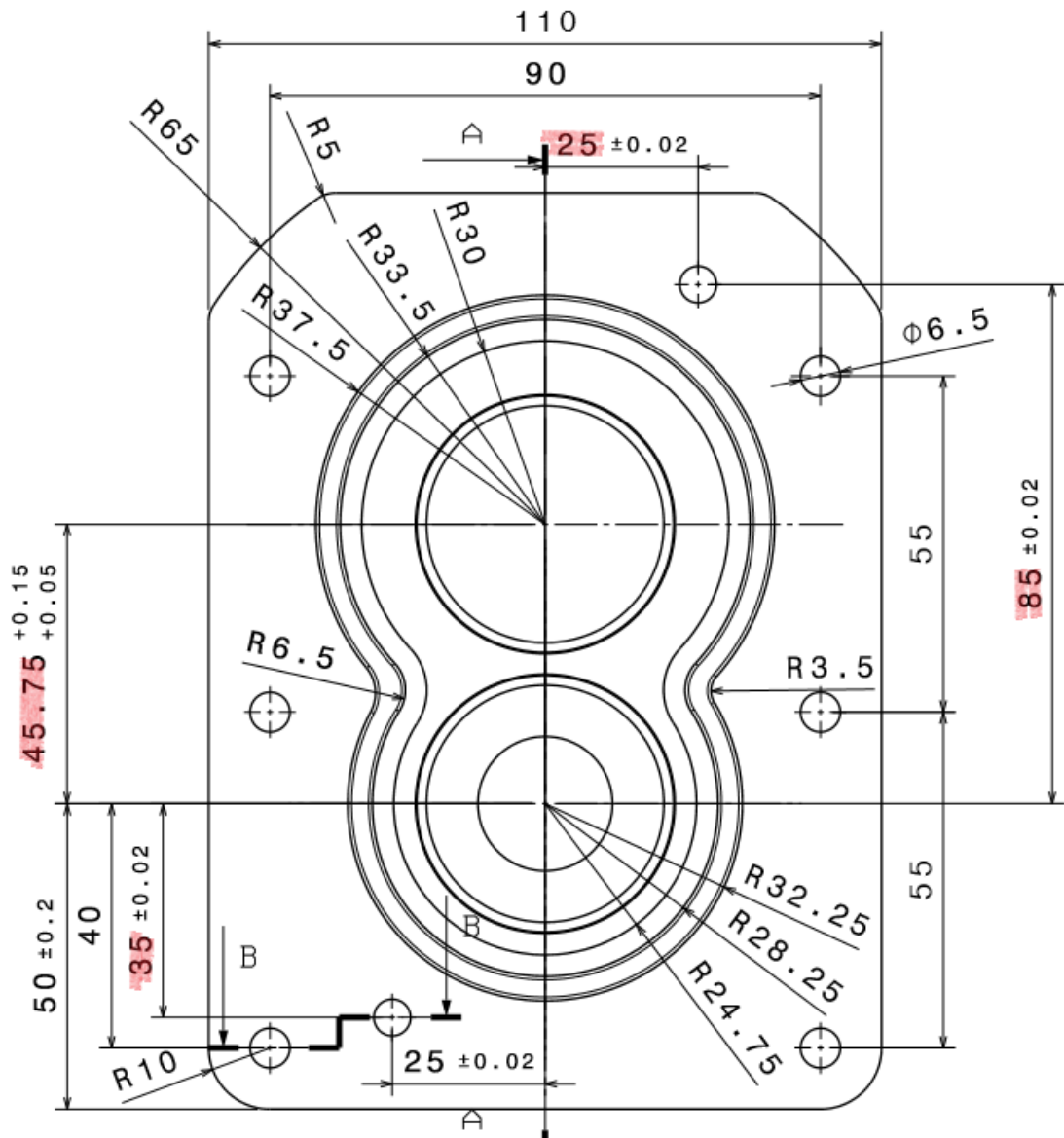
Jotta Lahden tehtaalla tuotannon aloittaminen olisi mahdollisimman helppoa, on järkevää tehdä valvontasuunnitelmat siinä järjestyksessä missä koneet ja niillä valmistettavat kappaleet siirtyvät. Lahden tehtaalla on tarkoitus aloittaa tuotanto tuote kerrallaan, tämän takia lähetti Lahden tehdas listauksen ensimmäisten koneiden kappaleista ja siitä missä järjestyksessä tuotteiden koneistus tullaan aloittamaan. Aihetta tutkiessa kävi ilmi, että ensimmäisenä siirrettävän koneen tärkeimpinä tuotteina ovat porakoneen runko-osat.

## 5 TYÖN TOTEUTUS

Varsinainen työ aloitettiin työkuvista kriittisiä mittoja etsien. Sandvikilla on käytössään PDM-ohjelmisto, jonne kaikkien Tampereella valmistettavien kappaleiden tiedot, työ- ja vaihekuvat tallennetaan. Tätä kautta työkuvat ja vaihekuvat on helposti saatavilla. Työkuvista on etsittävä ns. kriittiset toleroidut mitat, jotka on tarkastettava jokaisesta valmistuvasta kappaleesta. Kriittisiksi mittoiksi luetellaan kaikki tarkoilla toleransseilla olevat mitat. Yleisellä tasolla voidaan sanoa, että jos mitta alittaa 0,1mm toleranssi rajan, on se mitattava. Joitakin poikkeuksia kuitenkin löytyy. Tämän takia on tärkeää käydä läpi Sandvikin henkilöstön kanssa mitkä mittoista on kriittisiä ja mitkä eivät.

Parhaaksi tavaksi valittiin yhden työkuvan tarkastelu kerrallaan ottaen työkuvasta printscreen kuvia, joita pystytään muokkaamaan paint kuvanmuokkaussovelluksessa. Kaikki kriittiset mitat yliviivataan paintissa ja tallennetaan tulevaa käyttöä varten (Kuva 15). Kappaleet eivät yleensä valmistu ensimmäisen koneistuksen jälkeen vaan ne käyvät koneella useaan otteeseen. Mittauksia suoritetaan kuitenkin melkein jokaisen vaiheen jälkeen ja työryhmässä tehtiin päätös, että olisi toivottua jos valvontasuunnitelmassa olisi jotenkin merkattuna missä vaiheessa mikäkin mitta mitataan. Värien käyttö toimi järkevimpänä vaihtoehtona, sillä se oli helppo ja selkeä tapa toteuttaa vaiheistus. Soluissa kappaleet saadaan valmiiksi yleensä yhdestä kolmeen vaiheella, joten sininen päätettiin ensimmäisten vaiheiden mittojen väriksi, punaisen toisen vaiheen ja keltaisen kolmannen vaiheen jälkeen mitattavien mittojen väriksi. Kappale saattaa jatkaa tämän jälkeen vielä matkaansa, mutta siinä vaiheessa sille tehdään oma valvontasuunnitelmansa.





KUVA 15. Mittojen merkitsemistapa esimerkki

Kun kriittiset mitat olivat löytyneet, aloitettiin pohjan luonti tulevalle valvontasuunnitelmalle. Valvontasuunnitelma tulee sisältämään tiedot miten kappale on mitattu ja tarkastettu Tampereen Sandvikilla. Tor Tallgren lähetti pohjan valvontasuunnitelmasta mitä on käytetty Lahden tehtaalla, sitä muokattiin hieman, mutta sille ei kuitenkaan tehty suuria muutoksia, koska se oli hyvin laadittu jo Lahdessa. Valvontasuunnitelman suurin tarkoitus on varmistaa korkean laadun siirtymisen tuotannon siirron yhteydessä.

Siirto ei tule olemaan helppo projekti yritykselle ja on tärkeää uusille koneistajille, jotka eivät tiedä tulevista kappaleista vielä mitään, että he saavat dokumentoinnin kappaleiden mittauksesta ja tarkastuksesta. Osa valvontasuunnitelmista tulee sisältämään liitteenä kaikkien valvontasuunnitelman sisältämien tuotteiden työkuvat kriittiset mitat työkuviin

merkittynä. Tällä tavalla on helppo antaa aluksi kirjallista ohjeistusta mittauksen ja tarkistuksen suorittamisesta, jonka jälkeen on helppo tarkastaa työkuviista mitkä mitat on mitattava. On kuitenkin tuoteperheitä, joihin työkuvia ei tarvitse lisätä. Tämä johtuu siitä, että solussa valmistettavat tuotteet ovat todella samantyyllisiä, joten on turhaa lisätä työkuvia jokaisesta kappaleesta, jos tarkastettavat mitat ovat samat. Syy voi myös olla se, että kappaleet mitataan 100% eli jokainen työ- tai vaihekuvaan merkattu mitta on mitattava. Valvontasuunnitelman toteuttamistyylistä löytyy esimerkki liitteessä 1.

## 5.1 Valvontasuunnitelmien laadinta

Työ aloitettiin koneistuskeskussolussa valmistettavista vaihteistopesistä. Porakoneversaalla valmistettavia vaihteistopesiä on useita eri malleja ja kaikkien tarkastusperiaate on aivan sama, tämän takia pystyttiin niille tekemään vain yksi valvontasuunnitelman, joka käy kaikille eri vaihteistopesä malleille. Vaihteistopesä toimii porakoneessa vaihteena porakankea pyörittävälle moottorille. Vaihteistopesissä erityisen tärkeitä paikkoja on vaihteiston sisällä olevat halkaisija mitat. Halkaisijat ovat useasti laakerihalkaisijoita, joten pienikin virhe voi estää laakerin tai holkin mahtumisen reikään. Tämän takia melkein kaikki sisähalkaisijamitat, on tarkasti toleroitu. Vaihteistopesien valvontasuunnitelmaan lisätään työkuvat, koska vaikka niiden tarkastamisperiaate on sama, vaihtelee vaihteistopesien rakenne kuitenkin paljon.

Valvontasuunnitelmaa laatiessa on tärkeää konsultoida koneistuskeskussolun työntekijöitä useasti, koska heillä on usean vuoden kokemus vaihteistojen valmistuksesta. He myös auttoivat hahmottamaan mitkä mitat valmistuvat missäkin vaiheessa koneistusta. Tämä oli hyödyllistä kun työkuviin merkittiin tärkeitä mittoja eri vaiheista. Valvontasuunnitelman valmistuttua, siitä viedään ns. raaka versio koneistuskeskussolun työntekijöiden tarkastukseen. He merkkäävät omat huomionsa valvontasuunnitelmaan, jonka jälkeen sitä muokataan heidän huomioidensa pohjalta. Valvontasuunnitelman valmistuttua se lähetettiin työn ohjaajalle Lahdessa.

Seuraavaksi tuoteryhmäksi valittiin runkosylinterit. Valvontasuunnitelman laatiminen runkosylintereille kävi samaan tyyliin kuin vaihteistopesille. Työ aloitettiin tarkastelemalla työkuvia, niistä kriittisiä mittoja etsien. Vaikka valvontasuunnitelman laatiminen

runkosylintereille oli samanlaista kun vaihteistopesille, ovat ne kuitenkin kaksi aivan eri-laista kappaletta. Runkosylinterin tärkeimpinä mittoina ja paikkoina ovat sylinterireikä sekä moottoripesä. Sylinterireikä on oltava mitoillaan, sillä runkosylinterin sisään tulee tarkkaan hiottuja etu- sekä takasylintereitä, sekä muita porakoneen toiminnan kannalta kriittisiä osia. Hiottut sylinterit eivät toimi oikein jos kappale ei ole mitoillaan.

Moottoripesä tulee sisältämään hydraulimoottorin porakangen pyörittämistä varten. Moottoripesään tulee laakereita sekä tiivisteitä, joten mittojen ja pinnan laadun on oltava todella korkea, jotta tiivisteet pitävät eivätkä laakerit pääse liikkumaan. Korkean pinnanlaatuvaatimusten takia on tärkeää kappaletta raatiessa, että raadinta suoritetaan huolellisesti, jotta kappaleen pintoihin ei raadinnan seurauksena tule jälkiä. Raadinta työkalut pomppivat helposti kokemattoman työmiehen käsissä, ja siksi koulutus aiheesta olisi hyvä Lahden tehtaalla. Runkosylintereistä tehtiin vain yksi valvontasuunnitelma mittaus-ten samantapaisuuden takia. Valvontasuunnitelma sisältää työkuvat tuotteista, koska samasta syystä kuin vaihteistopesissä, ovat runkosylinterit rakenteeltaan aivan erilaisia keskenään.

Runkosylintereiden jälkeen siirryttiin välilappoihin. Välilaipan tarkoitus porakoneessa, on toimia välikappaleena runkosylinterin sekä vaihteistopesän välillä. Kaikkien muotojen ja mittojen koneistaminen runkosylintereihin tai vaihteistopesiin saattaa olla todella haastavaa tai jopa mahdotonta. Välilappi koneistetaan sen mukaan, mitä kohteita ei pystytä koneistamaan suoraan runkosylinteriin tai vaihteistopesään. Välilappalla ei ole suoranaista vaikutusta porakoneen toimintaan. Porakone pystyy toimimaan ilman välilappaa jos runkosylintereihin sekä vaihteistopesiin pystytään koneistamaan vaaditut muodot sekä pinnat. Suuret porakonemallit vaativat välilaipan, koska porakone kiinnitetään välilappasta poralaitteeseen ja se ottaa porauksesta aiheutuvat iskut sekä vastaiskut vastaan. Porakone ei kestäisi iskuja jos se olisi poralaitteessa kiinni valurautaisesta rungostaan. Osa välilappoista sisältää laakereita sekä tiivisteitä, joten niiden tärkeimpinä mittoina ovat sisähalkaisijat sekä halkaisijat, jotka yhdistävät vaihteistopesän sekä runkosylinterin.

Välilappojen valvontasuunnitelman valmistuttua oli kaikista koneistuskeskussolussa valmistettavista tuotteista valvontasuunnitelmat laadittu. Kun yhden solun tuotteiden valvontasuunnitelmat on tehty, aloitetaan koneiden siirtymisen vaiheistusta tarkastella uudelleen. Lahden tehtaalta ilmoitettiin seuraaviksi siirrettävien tuotteiden olevan porakoneen männät.

Männän tehtävä porakoneessa on siirtää iskuvoima porakruunuun (Kuva 16). Männänpaikka porakoneessa on runkosylinterin, etu- ja takasylinterien sisällä. Männät valmistetaan eri seoksilla seostetusta teräksestä, josta saadaan lämpökäsittelmällä melkein pika-teräksen ominaisuudet. Materiaali on todella vaikeaa työstää ja se olikin alkuvaiheessa suuri ongelma hiojille, koska kappaleet meinasivat ”palaa” hionta vaiheessa eli kappaleet ottivat hionnasta lämpöä itseensä mikä aiheutti mäntään suuria pintajännityksiä. Suuret vaihtelevat pintajännitykset männässä ovat vaarallisia, koska männän on tarkoitus siirtää suuria iskuvoimia ja erilaiset jännitykset heikentävät sen rakennetta.

Nykyään kaikki männät tarkistetaan poikkeavien pintajännitysten varalta magneettimitalaitteella. Jos kappaleen magneettikentässä aiheutuu muutoksia, tarkoittaa se, että kappaleessa on tapahtunut lämmöstä aiheutuva rakenteen muutos joka luo sisäisiä jännityksiä kappaleeseen. Tällä tavalla hiojat voivat tarkastaa nopeasti ja tarkasti jokaisen männän, jotta jännityksiä ei ole syntynyt. Jos pintajännityksiä havaitaan, reagoidaan niihin kriittisesti ja kappale useasti susitetaan. Magneettikentän muutokset piirtyvät tietokoneella olevaan ohjelman kuvaajaan. Kuvaajasta löytyy esimerkki liitteessä 2.



KUVA 16. Esimerkki männän ulkonäöstä (<http://www.onsamak.com/product-rock-drill-drifter-spare-parts-58.html>)

Mäntien mittojen mittaus suoritetaan automaattisella Jenoptik mittalaitteella (Kuva 17). Mäntä asetetaan mittalaitteeseen ja mittalaite mittaa männän halkaisijat ja pituusmitat tuhannesosamillin tarkkuudella. Laite kuvaa kappaleet optisesti ja näin ollen pystyy kertomaan mitat todella tarkasti. Hiotuilla männillä on todella tiukat toleranssivaatimukset, joten automaattinen mittalaite on todella käytännöllinen ja nopea mittausten suorittamiseen. Mittalaite kertoo myös kappaleen pyöreyyden. Kappaleet eivät koskaan ole täysin pyöreitä, mutta tuhannesosien pyöreysheitot eivät vaikuta porakoneentoimintaan. Mittalaitteen ohjelmistoon on säädetty jokaisen mitan oma toleranssi jota se seuraa mittauksen yhteydessä ja ilmoittaa mahdollisista toleranssi heitoista.. Mittalaitteen mittausten suorittamisesta on esimerkki liitteessä 3.



KUVA 17. Jenoptik mittalaite (<http://www.directindustry.com/prod/jenoptik-industrial-metrology-germany-gmbh/product-6011-490563.html>)

Mittauksien jälkeen männistä tarkastetaan pinnanlaatu. Tampereen Sandvikilla on pinnanlaadun mittaava laite, joten kaikki männät mitataan pinnanlaadun suhteen. Viimeinen vaihe, jonka männät kokevat ennen valmistumistaan on jäysteiden poisto. Jäysteiden

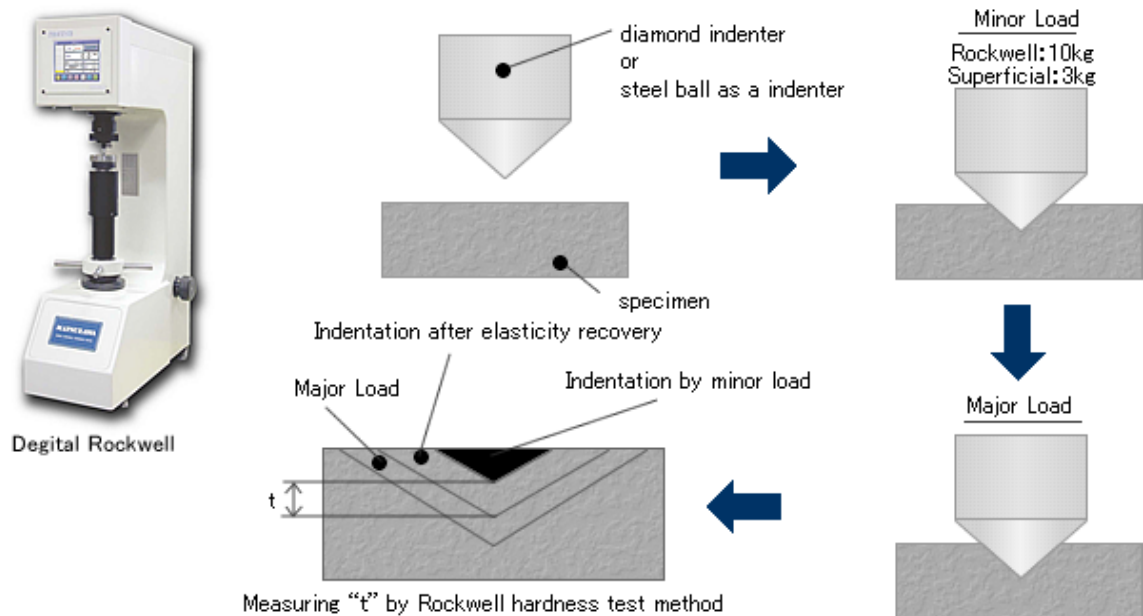
poistossa männistä pyritään poistamaan kaikki terävät reunat sekä ylimääräiset lastut. Samalla kun terävät reunat poistetaan, tehdään reunoihin manuaalisesti pienet pyöristykset, jolla varmistetaan, että mäntä liikkuu sulavasti sylinterin sisällä. Kun terävät reunat on poistettu ja pyöristykset tehty, tehdään männälle vielä viimeistelevä kiillotus.

Valmiiden mäntien valvontasuunnitelmassa tärkeitä asioita on mainita halkaisija- sekä pituusmitat, jotka on tehtävä tuhannesosan tarkkuudella. Tärkeää on myös sisäisten jännitysten mittaaminen sekä pinnanlaadun varmistaminen. Valmiiden mäntien valvontasuunnitelman jälkeen siirryttiin mäntien erivaiheiden valvontasuunnitelmien laatimiseen. Männät eivät valmistu pelkästään yhdessä vaiheessa vaan käyvät ne läpi useita vaiheita.

Mäntien aihiot tulevat Sandvikille alihankkijoilta. Aihoiden saapuessa alihankkijoilta, menevät ne sorville, jossa aihioon sorvataan vaihekuvan mukaiset muodot ja mitat. Jos mäntä on ontto sisältä, menee se sorvauksen jälkeen kanuunaporaukseen, jossa männän lävistävä reikä koneistetaan oikeanlaiseksi sekä varmistetaan pinnanlaadullisten vaatimusten täytyminen.

Kun ensimmäisen vaihekuvan mitat ja muodot ovat tehty, mitataan kappale käsimittalaittein kaarimikroa, työntömittaa, pituustyöntömittaa, sekä uramikroa käyttäen. Tässä vaiheessa ei pinnanlaadullisia tarkastuksia tarvitse tehdä kappaleen ulkopinnalle, mutta jos mäntä sisältää kanuunaporausvaiheen on porauksen pinnanlaatu tarkastettava. Kun kappale on mitattu ja tarkastettu pehmeän sorvauksen ja kanuunaporauksen jälkeen, menee se lämpökäsittelyyn. Lämpökäsittelyssä mäntä karkaistaan kovaksi. Jokaisessa alihankinnasta saadusta raaka-aine erässä joka lämpökäsittelään, on mukana koekappale. Koekappale lämpökäsittelään muiden kappaleiden mukana ja sille suoritetaan mittauksia, jotta voidaan varmistua, että osat ovat karkaistuneet oikein. Jokaiselle koepalalle tehdään hiiletys-syvyysmittaus, jolla mitataan kuinka syvälle kappaleen pinta on hiiletyskarkaistu. Jokaiselle mäntämallille on oma toleranssi kuinka syvälle sen on karkaistuttava. Sen jälkeen koepalalle tehdään rockwell testi, jossa sen pintakovuutta mitataan timanttikärjen tai metallipallon tunkeuman suuruuden avulla. Koepalaan painetaan timanttikärki tai teräspallo eri massoilla, jonka jälkeen mitattu tunkeuma kertoo rockwell arvon (Kuva 18). Lämpökäsittelyn jälkeen kappale menee takaisin sorville, jossa siihen tehdään kovasorvaus ennen hiontaa.

Kovan sorvauksen tarkoituksena on poistaa suurimmat lämpökäsittelystä aiheutuneet muodonmuutokset. Jos kappaletta lähdetäisiin suoraan hiomaan lämpökäsittelyn jälkeen, olisi se paljon haastavampaa lämpökäsittelystä aiheutuneiden muodonmuutosten takia. Kun kappale on sorvattu kovana, menee se hiomakoneelle, jossa se viimeistellään oikeisiin mittoihin ja toleransseihin.



KUVA 18. Rockwell testin kuvaus ([http://www.matsuzawa-ht.com/us/item/d\\_rock.htm](http://www.matsuzawa-ht.com/us/item/d_rock.htm))

Mäntien etenemistä tuotannossa seurataan niiden koko tuotantokaaren ajan mäntienseurantalomakkeella. Seurantalomakkeeseen merkataan jokaisen työvaiheen tekijän nimikirjaimet, tekemispäivämäärä sekä tehty kappalemäärä. Näin mäntien etenemistä sekä työvaiheiden onnistumista, pystyy seuraamaan helposti.

Lomake on ollut Sandvikilla käytössä Tamrock ajoilta lähtien. Useiden henkilöiden mielestä lomake vaati päivittämistä nykypäivään, joten se päättyi työryhmän käsiteltäväksi. Mäntienseurantalomakkeen päivittäminen aloitettiin keskustelemalla mäntäsolun työntekijöiden kanssa, mitä osia vanhasta lomakkeesta ei tarvitse enään käyttää. Uuteen lomakkeeseen toivottiin selkeyttä sekä osien yhdistämistä. Vanhassa lomakkeessa osat olivat sekaisin, eikä niillä ollut konkreettista jakoa. Uuden lomakkeen luominen alkoi ns. perustietojen yhdistämisellä. Kaikki tiedot jotka voidaan täyttää ennen mäntäsarjan tuotannon aloittamista, sijoitetaan lomakkeen yläosaan. Seuraavaksi siihen tulevat työvaiheet, joihin uusina asioina haluttiin eritellä hyväksytyjen sekä hylättyjen kappaleiden määrät sekä syy mahdollisille hylätyille kappaleille. Lopuksi tulevat sarjan valmistumisen jälkeiset

tiedot sekä osuudet vapaalle sanalle. Vanha seurantalomake löytyy liitteestä 4 ja uusi seurantalomake liitteestä 5.

Kun mäntienseurantalomake oli valmis, siirryttiin pilottisylintereihin. Pilottisylinterin tehtävä porakoneessa on toimia ”kotina” tärkeille ja tarkasti toleroiduille sisäosille. Sylinterin sisään tulee useita porakoneen toiminnan kannalta pakollisia osia, kuten mäntä, etu- ja takalaakeri ja jakokappale. Pilottisylinterien valvontasuunnitelman laatiminen oli hyvin samantapaista kun mäntien. Pilotit valmistetaan useassa eri vaiheessa, pehmeänä ja kovana.

Valvontasuunnitelman laatiminen aloitettiin pehmeästä sorvauksesta, jossa suoritetaan käsimittalaitteilla tehtyjä mittauksia. Pehmeä sorvaus suoritetaan CNC-sorvilla, joka on kytkettyä robottiin. Robotti asettaa raaka-aineen sorvin leukojen väliin automaattisesti, jonka jälkeen CNC-sorvi voi aloittaa työstämisen ilman ihmisen kontaktia. Työntekijän työ koneella on lisätä tai vaihtaa raaka-ainetta tarvittaessa. Robotti hoitaa myös kappaleen kääntämisen, koska kappaleet on sorvattava kummastakin päästä. Kun sorvaus on valmistunut, poistaa robotti valmiin kappaleen sorvilta ja asettaa se sen samaan paikkaan mistä alun perin sen ottikin. Tärkeinä mittoina sylinterissä ovat halkaisijat niin ulko- kuin sisäpuolelta, sylinterin kokonaispituus sekä urien oikeat syvyydet. Pehmeän sorvauksen jälkeen sylinteri siirtyy lämpökäsittelyyn, jossa se karkaistaan.

Lämpökäsittelyssä sylintereille suoritetaan samat mittaukset kun männille. Lämpökäsittelyn jälkeen sylinterit siirtyvät hiontaan, jossa ne hiotaan tarkoille mitoilleen. Hionnassa kappaleen halkaisijat ja pituudet hiotaan työkuvan mukaisiin toleransseihin ja pinnanlaadullisiin vaatimuksiin. Kun hiomakone on saanut sylinterin valmiiksi, menee sylinteri automaattiseen viimeistelyyn. Robottikäsi, johon on liitetty jäysteiden poistotyökalu, hoonaa sylinterin sisä- sekä ulkopuolen poistaen kaikki terävät reunat sekä ylimääräiset hiontapölyt. Systemi on ainutlaatuinen Tampereen tehtaalla, koska kaikki muu jäysteidenpoisto suoritetaan käsin. Hionnan jälkeen kappaleet tarkastetaan joko käsin tai automaattisella mittalaitteella.

Tietty osa sarjan sylintereistä tarkastetaan ja mitataan automaattisella Zeiss Gagemax laitteella (Kuva 19). Laitteessa on renishaw mittauspää, joka on ohjelmoitu mittaamaan jokainen työkuvasssa oleva mitta. Renishaw toimii, joko optisella tai magneettisella tunnis-



tuksella. Se käy koskettamassa mitattavaa halkaisijaa ja pystyy kosketuksen paikan perusteella mittaamaan joko halkaisijan tai pituusmitan alle tuhannesosamillin tarkkuudella. Jokaiselle sylinterille on tehtävä oma mittausohjelmansa, koska mittalaite ei itse osaa tunnistaa mallikohtaisia eroja. Kaikki mittalaitteella tehtävät mittaukset tallennetaan mittalaitteeseen kytkettynä olevaan tietokoneeseen. Tiedot säilytetään, jotta tulevaisuudessa voidaan seurata mittausten vaihtelevuutta sekä mittaustuloksia. Käsillä mitattavista kappaleista mitataan kaikki työkuvaan merkatut mitat. Mittaus työkaluina käytetään: kaarimikroa, työntömittaa, uramikroa, pituustyöntömitta ja pituusmikroa. Mittaustuloksia ei käsillä mitauksessa merkitä tai tallenneta mihinkään. Kun mittaukset on suoritettu ja mahdolliset virheelliset yksiköt löydetty, jatkavat kappaleet kokoonpanoon. Viimeiseksi työksi ennen opinnäytetyön lopettamista valittiin jakokappaleet.



KUVA 19. Zeiss Gagemax mittalaite (<http://www.metrologyworld.com/doc/gagemax-from-zeiss-a-new-cmm-for-the-shop-flo-0001>)

Jakokappaleen tekeminen aloitetaan samalla tavalla kun pilottisylinterien. Jakokappaleiden valmistusreitti on melkein identtinen pilottisylinterien kanssa. Ne tulevat tehtaalle

teräsputkina, jonka jälkeen ne menevät CNC-sorville sorvaukseen. Sorvauksessa jakokappaleet saavat tarvittavat muodot, jättäen pienet työvarat hionnalle. CNC-sorvi toimii samalla automaatiolla pilottisylintereiden ja jakokappaleiden kanssa, joten ihmisen työksi jää kappaleiden raaka-aineen lisääminen, viimeistely ja mittaaminen.

Jakokappaleista mitataan kaikki toleroidut halkaisija- sekä pituusmitat samaan tyyliin kuten piloteista. Mittaustyökaluina käytetään työntömittaa, pituustyöntömittaa, kaarimikroa sekä reikäkelloa. Kun kappale on saatu mitattua ja viimeisteltyä pehmeässä vaiheessa, menee se lämpökäsittelyyn, jossa se karkaistetaan. Karkaisun jälkeen jakokappale siirtyy hionta vaiheeseen. Hionnassa jakokappale hiotaan toleranssimittoihinsa sisä- ja ulkopuolelta. Kappale hiotaan myös päädyistään suoraksi, jonka jälkeen siihen hiotaan pienet viisteytykset. Kun kappale on valmistunut hionnasta, menee se mittaukseen, jossa siitä mitataan kaikki toleroidut halkaisijat, kokonaispituus sekä urien paikat kappaleen päädyistä. Jokainen jakokappale mitataan automaattisella mittalaitteella. Automaattinen Zeiss Gagemax mittalaite mittaa jakokappaleet samalla tavalla kuin pilottisylinterit, jonka jälkeen mittatiedot tallennetaan tietokoneen kovalevyille. Kun kappaleet on hyväksytysti mitattu menevät ne viimeistelyyn, jossa ne kiillotetaan ja niistä poistetaan terävät reunat. Viimeistelyn jälkeen kappaleet pestään pesukoneessa, jotta kaikki hionta- sekä viimeistelypöly saadaan poistetuksi.

## 5.2 FMEA sekä muut työtehtävät

FMEA:n luonti jäi työssä suunniteltua pienempään rooliin. Työn ohessa tehtiin kuitenkin FMEA riskianalyysi koneistuskeskussoluun liittyvistä riskitekijöistä (Kuva 20). Kuvasta nähdään esimerkki millä tyylillä FMEA:ta laadittiin. FMEA:n tarkoitus oli sisältää kaikki koneistuskeskussolun tuotteisiin, koneisiin ja tuotantoon liittyvät mahdolliset riskit. Työssä käytettiin Tor Tallgrenin lähettämää FMEA pohjaa.

FMEA tekeminen alkoi normaalilla tavalla eli mahdollisten riskien kartoittamisella. Solun riskit on saatu ajettua melko matalalle tehtaan politiikan avulla. Kaikille käytettäville työkaluille ja välineille on suoritettu turvallisuus tarkastus ja annettu tietty aika, koska ne on uudelleen tarkastettava. Varsinkin nostolaitteilla ja välineillä on tarkat tarkastusperiaatteet ja jos pienikin kuluma löytyy, vaihdetaan tai huolletaan välineet.

Riskejä löytyi monia, niistä esimerkiksi voisi mainita esim. kappaleen irtoaminen koneella, työkalun rikkoutuminen, mittausvirhe sekä raadintavirhe. Riskien arvioinnissa ei ainoastaan oteta huomioon riskejä jotka on mahdollisia tapahtuvan ihmiselle, vaan myös valmistettavaan kappaleeseen ja valmistavaan koneeseen aiheutuvat riskit on otettava huomioon. Riskien kartoituksen yhteydessä yhdistettiin riski myös työvaiheeseen, eli jos puhutaan vaikka mittausvirheestä, kuuluu se mittaustyövaiheen piiriin. Kappaleen irtoaminen koneella taas liittyy koneistusvaiheeseen ja niin edelleen.

Kun kaikki riskit oli saatu kartoitettua, alettiin miettimään niistä aiheutuvan riskin suuruutta. Riskin suuruutta mietittäessä otetaan huomioon ihmiselle, kappaleelle ja koneelle aiheutuva vaara ja kuinka suuria taloudellisia menetyksiä riski aiheuttaa. Arviointias- teikko oli 1-10 jossa kymmenen indikoi suurta riskiä ja yksi pientä/olematonta riskiä. Riskeistä neljä sai riskin vakavuus numeroksi kymmenen. Kyseiset neljä aiheuttaisivat tapahtuessaan työstettävän kappaleen susituksen, koneen rikkoutumisen, hengenvaaran ihmiselle tai useamman aikaisemmin mainituista. Seuraava tarkasteltava arviointias- teikko on riskin esiintymistodennäköisyys. Esiintymistodennäköisyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka todennäköistä on, että riski tulee esiintymään jossain vaiheessa. Arviointias- teikko on samanlainen kun riskin vakavuuden tapauksessa. Jos riski arvioidaan numerolla kymmenen, on todella suuri todennäköisyys, että se tulee esiintymään useasti, kun taas numerolla yksi on esiintymisriski todella pieni. Kun esiintymisriskit ovat kartoitettu, on aloitettava tutkimaan riskin havaittavuutta. Tällä tarkoitetaan sitä kuinka helposti riski on vältettävissä huomaamalla virheellinen suoritustapa tai tyyli. Havaittavuudelle käytetään samaa arviointias- teikkoa kun aiemmissa vaiheissa. Asteikolla numero kymmenen on to- della vaikeasti havaittavissa, kun taas numero yksi on helppo havaita.

Riskien analysoinnin jälkeen riskien vakavuudelle, todennäköisyydelle ja huomattavuudelle annetut arvot kerrotaan keskenään, näin saadaan numeroarvo, joka kuvaa riskin to- dellista vakavuutta, niin sanottua RPN arvoa. Kun RPN arvot oli saatu, lähdettiin mietti- mään mahdollisia keinoja pienentää riskien suuruutta. Jokaiselle riskille, oli se pieni tai suuri on keksittävä keino sen pienentämiseksi mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Kun riskin pienentämiskeinot on keksitty, voidaan FMEA tehdä uudelleen ja tarkistaa kuinka paljon RPN arvo pieneni. Koneistuskeskussoluun tehty FMEA löytyy liitteestä 6.

| Process Step           | Potential Failure Mode                | Potential Failure Effect   | SEV <sup>1</sup>                          | Potential Causes   | OCC <sup>2</sup>                             | Current Process Controls   | DET <sup>3</sup>  | RPN <sup>4</sup>                                   | Action Recommended   |
|------------------------|---------------------------------------|--|---|--|--|--|---|--|--|
| What is the step?      | In what ways can the step go wrong?   | What is the impact on the customer if the failure mode is not prevented or corrected?                              | How severe is the effect on the customer? | What causes the step to go wrong (i.e., how could the failure mode occur)?                                     | How frequently is the cause likely to occur? | What are the existing controls that either prevent the failure mode from occurring or detect it should it occur? | How probable is detection of the failure mode or its cause? | Risk priority number calculated as SEV x OCC x DET | What are the actions for reducing the occurrence of the cause or for improving its detection? Provide actions on all high RPNs and on severity ratings of 9 or 10. |
| ATM Pin Authentication | Unauthorized access                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Unauthorized cash withdrawal</li> <li>Very dissatisfied customer</li> </ul> | 8   | Lost or stolen ATM card  | 3  | Block ATM card after three failed authentication attempts  | 3   | 72   |  |
|                        | Authentication failure                | Annoyed customer   | 3   | Network failure  | 5  | Install load balancer to distribute work-load across network links   | 5   | 75   |  |
| Dispense Cash          | Cash not disbursed                    | Dissatisfied customer  | 7   | ATM out of cash  | 7  | Internal alert of low cash in ATM  | 4   | 196  | Increase minimum cash threshold limit of heavily used ATMs to prevent out-of-cash instances  |
|                        | Account debited but no cash disbursed | Very dissatisfied customer   | 8   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Transaction failure</li> <li>Network issue</li> </ul>                   | 3  | Install load balancer to distribute work-load across network links   | 4   | 96   |  |
|                        | Extra cash dispensed                  | Bank loses money   | 8   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bills stuck to each other</li> <li>Bills stacked incorrectly</li> </ul> | 2  | Verification while loading cash in ATM   | 3   | 48   |  |

1. **Severity:** Severity of impact of failure event. It is scored on a scale of 1 to 10. A high score is assigned to high-impact events while a low score is assigned to low-impact events.

2. **Occurrence:** Frequency of occurrence of failure event. It is scored on a scale of 1 to 10. A high score is assigned to frequently occurring events while events with low occurrence are assigned a low score.

3. **Detection:** Ability of process control to detect the occurrence of failure events. It is scored on a scale of 1 to 10. A failure event that can be easily detected by the process control is assigned a low score while a high score is assigned to an inconspicuous event.

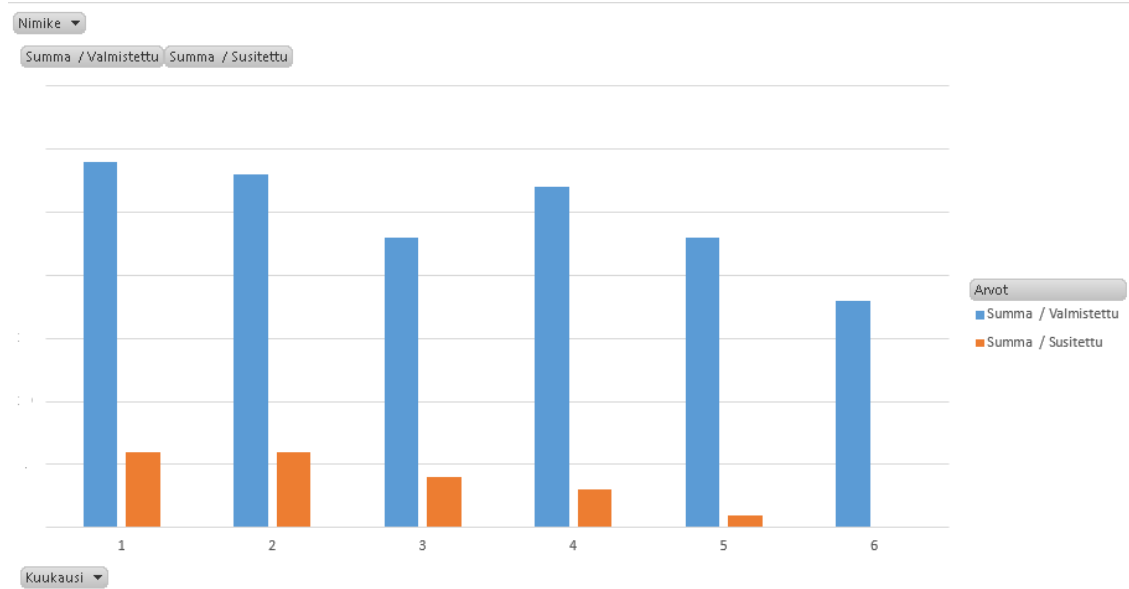
4. **Risk priority number:** The overall risk score of an event. It is calculated by multiplying the scores for severity, occurrence and detection. An event with a high RPN demands immediate attention while events with lower RPNs are less risky.

KUVA 20. FMEA esimerkki (<https://www.isixsigma.com/tools-templates/fmea/avoid-failure-when-using-failure-modes-and-effects-analysis-fmea/>)

Työn laajuuteen kuului myös seurantamallin luominen laadun seurantaan, josta käy ilmi porakoneverstaan koneistuskeskussolun tuottavuus. Listaukseen toivottiin tulevan tieto kuinka paljon kappaleita valmistetaan ja susitetaan. Kaikki valmistettavat ja susitettavat tuotteet kirjataan tehtaan LEAN järjestelmään, josta niitä voidaan tarkastella jälkeenpäin. Jokainen kuukausi on erilainen tilausten kannalta Tampereen tehtaalla. Työryhmässä päätettiin, että järkevin tyyli olisi katsoa useamman kuukauden tuotannolliset tilastot ja laskea niistä keskiarvo, joka toimisi kuukausittaisena tuotannollisena keskiarvona. Seurantamalli luotiin excel taulukkoon.

Taulukko tehtiin ensin vain yhdestä tuotteesta, koska haluttiin varmistua, että tehtävä tapa oli hyvä ja toimiva. Tarkastelujaksoksi valittiin 6 kuukautta, koska työryhmän mielestä se oli riittävä määrä kuukausia saada järkeviä tuloksia keskiarvosta. Tarkasteluväliksi valittiin 1.1.2015 - 1.7.2015. Tarvittavat tiedot kerättiin excel pohjaan jossa laskettiin valmistukselle sekä susituksille omat keskiarvonsa. Kun taulukko oli valmis, se lähetettiin tarkastettavaksi ja vastausviestissä tulikin uudet ohjeet taulukon tekemiselle. Taulukossa haluttiin olevan kuukausittaiset valmistus- ja susitusmäärät kuvaaja muodossa (Kuvaaja 3).

Keskiarvolaskenta tyyli meni kokonaan uusiksi ja sen käyttäminen loppui. Saman aikavälin tarkastelua jatkettiin kuitenkin samalla metodilla. Jotta oikeanlainen kuvaaja saatiin tehtyä, oli kaikki tiedot kerättävä kuukausi ja kappale kerrallaan. Valmiit kuvaajat lähetettiin Lahden tehtaalle, jossa niitä käytetään tuotannon seurantaan.



KUVAAJA 3. Esimerkki käytetystä kuvaajamallista

## 6 POHDINTA

Prosessien ja tuotteiden laadun valvominen ja ennakoiminen tulee aina olemaan tärkeä osa yritysten kilpailukykyä. Se parantaa merkittävästi yrityksen imagoa tämän hetken haastavilla markkinoilla. Laadun sekä jatkuvan parantamisen positiivinen kierre vie yrityksen lähemmäksi kannattavaa liiketoimintaa. Jotta laadun parantaminen olisi kustannustehokasta, on tärkeää, että yritys panostaa ennakoivaan laatutyöhön. Tehokkaita laadunparantamistyyliä on FMEA ja valvontasuunnitelmat. Olisi tärkeää, että Sandvik ottaisi enemmän laadullisia työkalua käyttöönsä, jotta laadun kehittäminen yrityksen jokaisessa organisaatiotasossa olisi mahdollisimman tehokasta.

Valvontasuunnitelmat sekä FMEA ovat tutkitusti toimivia työkaluja prosessien sekä tuotteiden laadun ylläpitämiseen ja kehittämiseen. Kyseisillä työkaluilla saadaan laatutyötä painotettua enemmän ennakoivan laatutyön malliin. Ennakoivalla laatutyöllä saadaan tuotteen tai prosessin suunnitteluvaiheeseen lisäarvoa, minkälaisista ei mistään muusta saa. Jälkeenpäin tehdyt muutokset maksavat aina lisää ja saattavat aiheuttaa tuotteelle ei haluttuja ominaisuuksia. Mitä pidemmälle prosessissa edetään, sitä kalliimmaksi laadun saavuttaminen kasvaa. Jos tuotteen laatuun reagoidaan aina vain, kun tuotteesta löydetään vikaa, vie se resursseja ennakoivalta laatutyöltä. Yrityksen on pystyttävä tekemään muutos pois reagoivasta laatutyöstä ja muutettava se ennakoivaan laatutyöhön.

Laatutyötä on tehtävä jokaisen yrityksen organisaation tasolla. Johtamistasolla laadulliset vaatimukset ovat erilaiset kuin tuotannostasolla, mutta laadun parantamisen tavoitteet eivät kuitenkaan muutu. Tuotannon tasolla valvontasuunnitelma on todella hyvä ennakoivan sekä pysyvän laaduntyökalu. Valvontasuunnitelmalla varmistetaan tuotteiden tai prosessien laadullisten vaatimusten täytyminen. FMEA sekä sen kaksi eri versiota, on kiistattomasti parhaimpien riskienhallinta/analysointi metodien joukossa. Sen mieltäminen tärkeäksi ja ymmärtäminen sen tuoduista hyödyistä on oltava ylemmällä johtotasolla tiedossa, jotta sen mahdollinen käyttöönotto sekä implementointi jokapäiväiseen työnteeseen onnistuu.

Laatua ei pystytä saamaan kerralla kuntoon, vaan se vaatii paljon pieniä jatkuvia muutoksia. Ennakoivan laatutyön merkitys on helppo ymmärtää kun pyritään laadukkaaseen tuotteeseen. Jokainen yritys tekee omalla tavallaan laadun valvovaa työtä joka päivä, siitä

puuttuu vain suunnitelmallisuus, systemaattisuus, järjestelmällisyys ja tiedon dokumentointi. Askel ennakoivaan laatutyöhön ei ole suuri, mutta sen ottaminen yrityksessä on joskus vaikeaa. Yritys ei tarvitse kun yhden henkilön joka ymmärtää laatutyökalujen käyttämisen sekä prosessin etenemisen, jotta se pystyy kehittämään laadunhallintaansa. Sandvik saavuttaa yhden askeleen lähemmäksi ennakoivaa laatutyötä kun se saa valvontasuunnitelmat jokapäiväiseen käyttöönsä.

## LÄHTEET

Sandvik. Sandvik's business areas. Luettu 2.4.2016.

<http://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/business-areas/>

Sandvik. Sandvikin historia. Luettu 2.4.2016.

<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

Laatuakatemia. 2010. Laadun historia. Luettu 9.4.2016

<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laadun%20historia.htm>

Laatuakatemia. 2010. Laatu. Luettu 9.4.2016

<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatu.htm>

John E. Bauer, Grace L. Duffy & Russel T. Westcott. 2002. The Quality Improvement Handbook. United States of America: America Society for Quality

Logistiikka maailma. Laatu yrityksessä. Luettu 10.4.2016

[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laatu\\_yrityksiss%C3%A4](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laatu_yrityksiss%C3%A4)

Quality knowhow. Jatkuva parantaminen. Luettu 10.4.2016

<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/jatkuva-parannus/>

Laatuakatemia. 2010. PDCA. Luettu 10.4.2016

<http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>

The Global Voice of Quality. Control plan. Luettu 11.4.2016

<http://asq.org/service/body-of-knowledge/tools-control-plan>

Whatis.com. DMAIC. Luettu 11.4.2016

<http://whatis.techtarget.com/definition/DMAIC>

iSixSigma. Six sigma's. Luettu 11.4.2016

<http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/getting-started/what-six-sigma/>

Sample Control Plan Methodology. Luettu 11.4.2016

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUK EwjsyuHZ84bMAhXoCpoKHbBeCjEQFgg2MAY&url=http%3A%2F%2Fdelta-elevator.com%2Fdownloads%2FControl\\_Plan\\_Work\\_Instruction.doc&usg=AFQjCNFN\\_J-54-FHRZoARosxcjH3dw\\_Gog&sig2=UICu\\_vpFJI6Zz0XpgnNkDQ&cad=rja](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUK EwjsyuHZ84bMAhXoCpoKHbBeCjEQFgg2MAY&url=http%3A%2F%2Fdelta-elevator.com%2Fdownloads%2FControl_Plan_Work_Instruction.doc&usg=AFQjCNFN_J-54-FHRZoARosxcjH3dw_Gog&sig2=UICu_vpFJI6Zz0XpgnNkDQ&cad=rja)

Tor Tallgren. 2016. Key characteristics procedure. Sähköpostiviesti. tor.tallgren@sandvik.com. Luettu 11.4.2016

Quality-One. Failure Mode and Effects Analysis. Luettu 15.4.2016

<http://quality-one.com/fmea/>

Tallgren Tor. Laatuvaastaava. 2016. Haastattelu 13.4.2016. Haastattelija Ville Väärälä

DMAICTools. PFMEA. Luettu 16.4.2016



<https://www.dmaictools.com/dmaic-analyze/pfmea/>