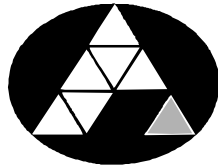


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Muovitekniikan koulutusohjelma

Mikko Torikka

**RAMP UP-PROSESSI KOKOONPANO TUOTANNOSSA JA SEN
KEHITTÄMINEN TÄHTÄIMENÄ NOPEAMPI LÄPIMENOAIKA**

Opinnäytetyö
Syksy 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Syksy 2012
Muovitekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
(013) 260 6906

Tekijä(t)
Mikko Torikka

Nimeke
Ramp Up -prosessi kokoonpanotuotannossa ja sen kehittäminen tähtäimenä nopeampi läpimenoaika

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat tai voivat vaikuttaa Ramp Up -vaiheen nopeaan ja tulokselliseen läpivientiin. Ramp Up:lla tarkoitetaan tuotannon vaihetta, jossa uuden tuotteen tai osakokoonpanon yhden osan tuotanto nostetaan nopeasti koe-/testiajojen kappalemääristä tilaajan vaatimiin massatuotantomääriin.

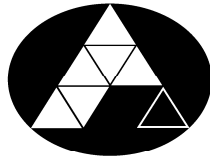
Todettiin, että yksi tärkeimmistä Ramp Up:n onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä on ennakoivaltautuminen. Tämän asian tutkimiseen voidaan käyttää validointiprosessia, jolla pyritään tarkastamaan kohteena olevan projektin kaikki eri osa-alueet ennen sen hyväksymistä tuotantoon. Validoinnin päämäärä on käytännön tasolla kokoonpanokoneen suorituskyvyn ja toimivuuden todistaminen ennen varsinaisen tuotannon aloittamista.

Lisäksi tässä opinnäytetyössä tutkittiin eri sidosryhmien vaikutusta Ramp Up -vaiheeseen ja sen etenemiseen. Tämän työn tarkoituksena oli löytää ja tehdä parannuksia Ramp Up -vaiheen käytännön toteutukseen ja sen seurantaan erilaisilla tuotantoa seuraavilla mittareilla.

Kieli
suomi

Sivuja
33 + 10

Asiasanat
Ramp Up, validointi, toimintatapojen parannukset



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Autumn 2012
Degree Programme in
Plastics engineering

Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6906

Author(s)
Mikko Torikka

Title
Ramp Up-process in Assembly Production and Its Development Plan Aiming at Faster Passing Times

Abstract

The aim of this thesis was to study the different factors, which affect or can affect the Ramp Up- phase and how it is fast and successfully executed. Ramp Up means a phase of production, where the production of a new product or some part for a new product is drastically increased from the test drive volumes to the volumes the client demands.

It was concluded that one of most important issues for successful Ramp Up is preliminary preparation. To study this, VALIDOINTI-method can be used. It checks all the sections of the project, before it can be accepted for the process. In practice, the VALIDOINTI-method means that the capacity and functionality of the assembly machine are proved before the machine is used in production.

Furthermore, it was studied in this thesis how the interest group can affect the Ramp Up-phase and its progression.
The goal of this thesis was to find and make improvements to the Ramp Up-phase in action and to monitor it with different indicators.

Language
English

Pages
33 + 10

Keywords

Ramp Up-phase, VALIDOINTI-method, improvements to procedure

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Ramp Up -vaiheen edeltävät toimenpiteet.....	6
2.1	Validointi	6
2.1.1	Validointi menetelmänä.....	6
2.1.2	Validointiprosessin päämäärä	8
2.1.3	Validointiprosessin merkitys Ramp Up -vaiheessa.....	9
2.2	Ramp Up -mittarit	10
2.2.1	Ramp Up:n mittauksen periaatteita	10
2.2.2	Esimerkki mittarin toiminnasta	10
2.3	Tuotantoresurssien kartoitus	11
2.3.1	Tuotantokoneiden määrä.....	11
2.3.2	Asiakaslähtöinen konekapasiteetti	11
2.3.3	Yrityksen oma konekapasiteetti	12
2.4	Henkilöstöresurssien kartoitus	13
2.4.1	Tuotannon huolto- ja käynnissäpitoresurssit	13
2.4.2	Tuotantohenkilöstön määrän kartoitus	14
2.4.3	Kunnossapito ja varaosahankinnat	14
3	Ramp Up -vaihe	16
3.1	Taustatietoja kokoonpanoteollisuuden Ramp Up -prosessin pituudesta	16
3.2	Asiakkaan vaatimus tuotantokapasiteetin nostamisesta	16
3.3	Kapasiteetin nosto	17
3.4	Prosessin hienosäätö	17
3.4.1	Jaksoajan optimointi.....	17
3.4.2	Taulukko jaksoajan ja käyntiasteen seurantaan	18
3.4.3	Taulukon toimintamalli käytännössä.....	19
3.4.4	Esimerkkitaulukot ja niiden analysointi	19
4	Johtopäätökset ja parannusehdotukset.....	22
4.1	Työkokemukseeni perustuvia näkemyksiä ja esimerkkejä.....	22
4.1.1	Taustakuvaus työkokemuksestani	22
4.1.2	Esimerkki tuotegeometriamuutoksesta.....	23
4.1.3	Esimerkki tuotteen laatuongelmasta ja sen ratkaisusta	24
4.2	Tuotannon resurssit Ramp Up -vaiheessa.....	26
4.2.1	Yhteenveto	26
4.2.2	Parannukset	26
4.3	Projektin seuranta ja tiedonkulku	27
4.3.1	Ramp Up -projektin rajaus.....	27
4.3.2	Projektin seuranta	27
4.3.3	Tiedonkulku	28
4.4	Laadunvarmistus ja ylläpito	28
4.5	Ramp Up -vaiheen aikataulutus	29
5	Pohdinta	31
	Lähteet.....	33

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat tai voivat vaikuttaa positiivisesti tai negatiivisesti Ramp Up -vaiheen nopeaan ja tulokselliseen läpivientiin. Ramp Up:lla tarkoitetaan tuotannon vaihetta, jossa uuden tuotteen tai osakokoonpanon yhden osan tuotanto nostetaan nopeasti koe-/testiajojen kappalemääristä tilaajan vaatimiin massatuotantomääriin. Yleensä kappaleelle on suoritettu ensiksi vaadittavat hyväksynyt laadun ja toiminnan suhteen, mutta tuotemuutokset mahdollisen massatuotantohyväksynnän jälkeen ovat silti mahdollisia. Muutokset voivat olla esimerkiksi pieniä fyysisen koon tai ulkonäön muutoksia tai jonkin toiminnallisen mitan uudelleen arviointia. Nämä muutokset aiheuttavat aina ylimääräistä työtä ja voivat johtaa jopa prosessin pysähtymiseen, jos aikaisemmin valmistetut tuotteet eivät ole muutosten jälkeen enää käyttökelpoisia.

Tässä työssä käsitellään asiaa yleisellä tasolla niin sanotusti yhden osan tai tuotteen periaatteella, mutta samat asiat on otettava huomioon myös suuremmissa kokonaisuuksissa. Tämä koskee myös tilannetta, jossa on kyseessä osien valmistus ja niiden yhdistäminen, jolloin luonnollisesti kaikkien osaprosessien pitää toimia samalla tasolla. Yksi kokoonpanotuote voi sisältää 5–10 eri osaa, joiden tuotanto tapahtuu saman yrityksen alaisuudessa kuin lopputuotteen valmistus. Tällöin kaikkien osaprosessien ylösajot ovat yksittäisiä Ramp Up -prosesseja.

Yleensä asiakas määrää Ramp Up:n pituuden eli käytännössä sen, kuinka nopeasti tuotantomäärät pitää saada nostettua vaaditulle maksimitasolle. Oma työkokemukseni on suuren muovialan yrityksen palveluksesta ja siitä suurin osa on liittynyt matkapuhelinteollisuuteen. Tämän vuoksi perustan näkemykseni opinnäytetyössäni osaksi työelämässä karttuneeseen käytännön kokemukseen vuosien ajalta. Työkokemukseni koostuu erilaisista tehtävistä tuotannon parissa ja sen kehittämisessä.

2 Ramp Up -vaiheen edeltävät toimenpiteet

2.1 Validointi

2.1.1 Validointi menetelmänä

Validointi on menetelmä, jolla pyritään tarkastamaan kohteena olevan projektin kaikki eri osa-alueet ennen sen hyväksymistä tuotantoon. Tarkastukset aloitetaan projektin dokumenteista ja ne etenevät kohderyhmittäin koneen lopulliseen hyväksyntään asti. Jos ja kun tarkastuksissa havaitaan puutteita tai korjattavia kohteita ne kirjataan ylös ja niistä tiedotetaan muutoksista vastaaville henkilöille. Korjausten tai muutosten jälkeen kohteet tarkastetaan uudelleen ja jos tämän jälkeen ei enää ole huomauttamista, ne hyväksytään ja hyväksyntä kirjataan ylös. Kun kaikki tarkastuksien piiriin valitut kohteet on tarkastettu ja hyväksytyt, voidaan validointiprosessi hyväksyä ja päättää.

Alla on kuvattu validointiprosessin eteneminen pääpiirteittäin. Lisäksi liitteenä on kahdeksansivuinen ohje validoinnin toteuttamista varten.

Validointiprosessin etenemisjärjestys normaalitilanteessa:

1. Validointipalaveri (aloituspalaveri)
2. Validointiryhmän IQ-vaiheen palaveri
 - Katselmoidaan protokolla (tarkastetaan, jos on ilmennyt tarve muutoksiin).
 - Arvioidaan, mitä sähköisiä sekä mekaanisia ja pneumaattisia tarkastuksia tarpeen tehdä.
3. Toteutus
 - 3.1 Dokumenttien tarkastus
 - 3.2 Sähköisen toimintavalmiuden tarkastus
 - 3.3 Mekaanisen ja pneumaattisen toimintavalmiuden tarkistus

4. IQ-vaiheen hyväksyntä
5. OQ-vaihe (toiminnan tarkastus)
 - IQ-validointivaiheen hyväksynnän katselmus
 - Koeajon suunnittelu (mitä testataan koeajon yhteydessä)
6. Aloituspalaveri ennen käytännön tarkastuksia ja testauksia
7. Toteutus
 - 7.1 Kokoonpanolinjan turvatoimintojen tarkastus
 - 7.2 Mittalaitteiden ja mittausjärjestelmän tarkastus, R & R-testaus
 - R & R-testaus tarkoittaa mittausten luotettavuus- ja toistettavuustarkastusta
 - 7.3 Mahdolliset kokoonpanolinjan koneiden kommunikaatioiden tarkastukset
 - 7.4 Kokoonpanolinjan hälytysten ja häiriöilmoitusten tarkastus
 - 7.5 Kokoonpanolinjan toiminnan tarkastus
 - 7.6 Valvomon ja ohjaustaulun toiminnan tarkastukset
 - 7.7 Kokoonpanolinjan jaksoajan mittaus
 - 7.8 Kokoonpanolinjan laaduntuottokyvyn varmistus
 - 7.9 Koneenkäyttäjien osaamisen varmistus
8. OQ- validointivaiheen hyväksyntä
9. PQ-vaihe
 - OQ-validointivaiheen hyväksynnän katselmus
 - Kokoonpanokoneen suorituskyvyn tarkastus (toteutetaan normaalia tuotantotilannetta jäljittelevän koeajon avulla)

IQ- ja OQ-vaiheiden tarkastusten tulokset kirjataan erillisiin toimintavalmiuden tarkastus ja hyväksyntälomakkeisiin, jotka laaditaan yleensä validointiprojektikohtaisesti. On kuitenkin mahdollista käyttää joko yleisiä lomakkeita tai johonkin aikaisempaan projektiin laadittuja lomakkeita sopiviksi muokattuina. Tämä helpottaa ja nopeuttaa validoinnista vastaavien henkilöiden työtaakkaa. Lisäksi siitä saatava ajansäästö on merkittävä.

Validoinnin viimeinen vaihe on tuotantoyksikölle suoritettava 10 tunnin koeajo, jonka tulosten perusteella massatuotantohyväksyntä myönnetään. Koeajossa kirjataan ylös kaikki häiriöt tuotannossa ja niiden kestoajat, jonka jälkeen lasketaan keskimääräinen jaksoaika. Myös laadunvalvonta suoritetaan tehostetusti ja mahdolliset virheelliset kappaleet kirjataan. Tämän jälkeen saadaan laskettua todellinen saanto ja käyttöaste. Jos molemmat tunnusluvut ovat vaaditulla tasolla, voidaan kyseiselle prosessille myöntää massatuotantohyväksyntä. Jos kyseessä on asiakkaan kustantama kokoonpanokone, pitää saavutetut tulokset hyväksyttävä myös siellä. Tämän jälkeen asiakas antaa mahdollisen massatuotantohyväksynnän.

Koko validointiprosessin hyväksyntä suoritetaan eri vaiheiden katselmuksen ja onnistuneen/hyväksytyin 10 tunnin koeajon jälkeen. Yleensä lopullisen hyväksymispäätöksen tekee projektista vastuussa oleva projektipäällikkö. Prosessin dokumentit arkistoidaan mahdollista myöhempää tutkimusta/tarkistusta varten. [1.]

2.1.2 Validointiprosessin päämäärä

Validoinnin päämäärä on käytännön tasolla kokoonpanoprosessin suorituskyvyn ja toimivuuden todistaminen ennen varsinaisen tuotannon aloittamista. Validoinnin avulla pitäisi löytää siis toimintaan liittyvät ongelmat ja heikot kohdat tavoitteena korjata kaikki ne ennen kuin esimerkiksi tietty kokoonpanokone hyväksytään tuotantoon valmiiksi ja vaatimukset täyttäväksi.

Jos esimerkiksi jaksoaika jää väkisin suuremmaksi kuin on suunnitteluvaiheessa oletettu, on ruvettava harkitsemaan toisen vastaavan kokoonpanokoneen rakennusta tai tilausta (jos on ulkopuolinen toimittaja). Validoinnin jälkeen on tärkeää, että kokoonpanokoneen kapasiteetti saadaan pidettyä vähintään samalla tasolla kuin mikä on todettu ja hyväksytty aikai-

semmin. Jos jaksoaikaa joudutaan nostamaan kokoonpanokoneen toimintavarmuuden ja/tai saannon parantamiseksi, se johtaa tuotantokapasiteetin putoamiseen. Tämä mahdollinen lopullisen tuotantokapasiteetin aleneminen pitää huomioida myös teoreettisia valmistusmääriä laskettaessa.

Yleensä jaksoaikaa saadaan kuitenkin pudotettua vielä koneen ylösajovaiheessakin, mutta pudotuksen suuruus on niin suuressa määrin tapauskohtaista, että sen varaan ei pitäisi laskea, kun selvitetään lopullista tuotantokapasiteettia ennen Ramp Up:n alkua. [1.]

2.1.3 Validointiprosessin merkitys Ramp Up -vaiheessa

Itse validointia ei käytetä enää menetelmänä Ramp Up -vaiheessa, mutta validointiprosessin onnistumisen toteaminen on hyvin tärkeää. Yleensä Ramp Up:n ajanakin esiintyy vielä vähintään jonkinasteisia tuotantoon liittyviä ongelmia. Näiden ongelmien tarkempi tutkiminen voi esimerkiksi helpottaa mahdollisten rinnakkaisten Ramp Up -prosessien läpiviientä.

Kun koneen toiminta on todettu myös käytännössä riittävän suurien ajomäärien ja käyntiasteiden avulla, voidaan validointia pitää onnistuneena. Jos taas ongelmia huomataan vielä tuotantoajojen aikana, tulisi niistä informoida myös validoinnista vastanneita henkilöitä, jolloin he voivat kehittää validointiprosessia paremmaksi ja etsiä mahdollisia virheitä prosessin läpiviennistä.

Optimitilanteessa kokoonpanokone olisi suoraan valmis toimimaan täydellä kapasiteetilla ja saannolla heti, kun sen validointiprosessi on hyväksytty. Kuitenkin tällainen tilanne on yleensä harvinainen. Kun Ramp Up -vaiheessa tapahtuva kappalemäärien nopea tuotannon kasvu pyritään toteuttamaan ilman ongelmia, on sillä paljon suurempi todennäköisyys myös onnistua, jos validoinnin kautta on saatu riittävät edellytykset koneen suorituskykyiselle toiminnalle. Tämä tarkoittaa, että kaikki alun perin suunnittelu- ja rakennusvaiheessa koneeseen tulleet ”Akilleen kantapää” olisi saatu poistettua jo ennen koneen hyväksymistä tuotantoon. Silloin Ramp Up -vaiheessa päästäisiin keskittymään suoraan vain pieniin hienosäätöihin ja käyntiasteen nostamiseen vaaditulle tasolle.

2.2 Ramp Up -mittarit

2.2.1 Ramp Up:n mittauksen periaatteita

Yleensä erilaisilla mittareilla pyritään seuraamaan koko prosessin tai yksittäisen kokoonpanokoneen suorituskykyä ja laaduntuottoa. Esimerkiksi koneen ohjauslogiikka voidaan ohjelmoida keräämään tiedot käyntiajoista ja häiriöajoista syineen erilaisiin taulukoihin. Nämä taulukot tallentuvat automaattisesti esimerkiksi sisäiseen verkkoon kytketyille ase- mille, jolloin jokaisella koneen tai projektin parissa työskentelevällä on mahdollisuus seura- ta sen aikaisempia tapahtumia.

Ramp Up -vaiheessa mittareiden kautta voidaan tutkia yleisimpiä häiriöiden aiheuttajia ja saannon muutoksia koneen mahdollisten eri testereiden kautta tapahtuvien hylkäysten pe- rusteella. Tämä ei kerro kuitenkaan kokonaiskuvaa prosessin toiminnasta, koska prosessin tai yksittäisen tuotteen laatua pitää seurata myös visuaalisesti eli toisin sanoen ”käsini” tar- kastamalla erityisen tarkasti ainakin tuotannon alkuvaiheessa. Myös mahdollisten häiriöi- den kestoajoina kannattaa seurata tarkasti, koska jonkin häiriön poistamiseen voi mennä moninkertainen määrä aikaa verrattuna toiseen ”vastaavaan” häiriöön, jolloin huoltotoi- minnan painopiste voidaan kohdistaa prosessin alkuvaiheessa sitä eniten kuormittaviin koh- tiin.

Hyvä tuotannonohjausjärjestelmä antaa myös paljon apua koneen lopullisten saantojen seu- rannassa, koska sinne kirjataan työaika, kappalemäärät ja mahdolliset hylätyt kappaleet. Jos kyseessä on useamman koneen käsittävä kokonaisuus, niin tällöin mittareiden tai tuotan- nonohjausjärjestelmän kautta saatava tieto on ensiarvoisen tärkeää. Sen perusteella voidaan helposti arvioida konekohtaisia eroja ja saada oletusarvoja yksittäisen koneen sen hetkisestä maksimikapasiteetista, johon kaikilla samaa tuotetta valmistavilla koneilla pitäisi pyrkiä.

2.2.2 Esimerkki mittarin toiminnasta

Erilaisten taulukkolaskentaohjelmien avulla on mahdollista tehdä kohtuullisella työmäärällä hyvin toimivia mittareita, joilla voi seurata eri tunnuslukujen vaikutuksia lopputulokseen.

Olen käyttänyt työtehtävissäni mittaria, joka perustuu juuri laskentataulukkoon, johon syötetään prosessin arvot kahdessa eri vaiheessa. Itse taulukon kaavat ovat salasanalla suojattuja, että vältetään mahdolliset erehdykset tai virheet, jotka vaikuttaisivat kaavojen toimintaan. Tietojen syöttö järjestelmään ei vaadi salasanaa.

Ensimmäisessä vaiheessa syötetään teoreettiset arvot tilatuista kappaleista ja mahdollisesti valmistettavista kappaleista. Tämä tarkoittaa sitä, että tilatut kappaleet ovat asiakkaan arvioheidän tarvitsemistaan kappalemääristä ja mahdollisesti valmistettavat kappaleet ovat sen hetkisillä valmistusprosesseilla käytännössä todistetusti valmistetut kappalemäärät. Toisessa vaiheessa syötetään asiakkaan todelliset tilausmäärät viikkokohtaisesti. Myös todellisuudessa valmistuneet kappalemäärät kirjataan ohjelmaan.

Tällä mittarilla saadaan laskettua erilaisia tunnuslukuja Ramp Up -prosessista ja sen onnistumisesta kokonaisuudessaan, koska mittari huomioi myös kaikki mahdolliset osaprosessit, jotka liittyvät mitattavaan pääkohteeseen. Mittarin oletettu mittausjakso on asetettu 12 viikkoon, mutta mittarista on saatavissa tunnusluvut lyhyemmällekkin ajanjaksolle. Itse Ramp Up -mittari ei anna käytännön tasolla työkaluja tai helpotuksia prosessin läpivientiin, mutta se on hyvä työkalu Ramp Up:n tai sen mahdollisten ongelmien seurantaan ja toteamiseen. [3.]

2.3 Tuotantoresurssien kartoitus

2.3.1 Tuotantokoneiden määrä

Yleensä konekapasiteetti suunnitellaan ja valmistetaan projektin alkuvaiheen kuormitustiedoilla. Tällöin ei ole kuitenkaan tiedossa tuotteen lopullista menekkiä. Kysynnän mahdollinen kasvu eli markkinoiden alimitoitus suunnitteluvaiheessa johtaa vääjäämättä kapasiteettiongelmiin.

2.3.2 Asiakaslähtöinen konekapasiteetti

Tässä oletetaan, että valmistettavat tuotteet valmistetaan alihankintana yksittäisinä tai osakokoonpanotuotteina loppuasiakkaan tarpeiden mukaan. Tällöin asiakas määrittää oletukset

lopputuotteen kysynnälle ja tilaa tarvittavan määrän koneita niiden valmistajalta tai mahdollisesti alihankintaa tuottavalta yritykseltä, jos heillä on tarjottavanaan kyseistä osaamista. Loppuasiakas yleensä myös maksaa kyseiset koneet. Alihankintaa tuottavan yrityksen kannalta tämä on parempi vaihtoehto verrattuna omien koneiden valmistukseen oman pääoman sitoutumisen kannalta.

Tällaisessa tilanteessa myös tarvittavien tuotantomäärien ylläpitäminen yksi-, kaksi- tai kolmivuorotyöaikajärjestelmillä on yritykselle edullisempaa kuin tuotannon ylläpito 5-vuorjärjestelmällä eli 100 prosentin kuormituksella. Tällöin palkkakustannukset nousevat jopa kaksinkertaisiksi ja projektiin sidotun työvoiman tarve kasvaa noin 66 prosenttia lisää verrattuna kolmivuorjärjestelmään.

5-vuorjärjestelmän etu on sen antama kuormitusasteen nousu muihin vuorjärjestelmiin verrattuna, koska se nostaa käytettävissä olevien työvuorojen määrän 21 kappaaleeseen viikossa, kun kolmivuorossa luku on 15 kappaletta. Käytännössä tämä tarkoittaa noin 30 prosentin kasvua kuormitusasteeseen ilman ylitöiden tarvetta. Kun tuotantoa suunnitellaan toimimaan täydellä kuormitusasteella, pitää kiinnittää erityistä huomiota kapasiteetin riittävyyteen, koska sitä ei ole enää saatavilla lisää ilman tuotantokoneiden määrän kasvattamista.

2.3.3 Yrityksen oma konekapasiteetti

Kun valmistetaan alihankintatuotteita tai valmiita tuotteita ilman asiakkaan tai asiakkaiden prosessiohjausta, puhutaan normaalista tuotannosta, jota ohjaavat markkinat. Tällaisessakin tapauksessa Ramp Up -vaihe on merkittävä ja sen merkitys kasvaa vielä enemmän, jos puhutaan kokonaan uudesta tuotteesta. Kokonaan uuden tuotteen tapauksessa Ramp Up pitää kyetä viemään läpi mahdollisimman nopeasti. Tällöin turvataan riittävät kappalemäärät asiakkaiden tarpeisiin ja poistetaan riski siitä, että loppukäyttäjät pettyvät tuotteeseen sen toimitusongelmien vuoksi.

Konekapasiteetin suunnittelu on yleensä haastavaa ilman varmoja tilausmääriä ja tulevaisuuden ennusteita, jolloin on parempi yrittää selviytyä mahdollisimman pienellä konekapa-

siteetilla (ja samalla koneisiin sidotulla pääomalla), koska niiden kuoletus- eli takaisinmaksuaika on riippuvainen vain koneiden todellisesta käyttömäärästä.

Myös sellainen tilanne on mahdollinen, että tuotteen kysyntä ylittää sen hetkisen tuotantokapasiteetin, jolloin jos kyseessä on vielä keskeneräinen Ramp Up, pitää se saattaa loppuun mahdollisimman nopeasti ja samalla tutkia koneen todellinen maksimikapasiteetti ja käyntiaste. Tämän jälkeen tutkitaan, onko tarvetta aloittaa tuotantokapasiteetin lisääminen, vai onko kysyntähuippu mahdollista saada tasattua tilapäisellä kuormitusasteen nostolla.

Jos taas tilausmäärät ovat suuremmat, kuin mihin tuotantoprosessi pystyy täydellä kuormitusasteella, asiakkaille ei voida toimittaa riittävästi tuotteita. Tällöin kapasiteettia pitää lisätä mahdollisimman nopeasti tai asiakassuhteen heikentyminen on hyvin todennäköistä.

2.4 Henkilöstöresurssien kartoitus

2.4.1 Tuotannon huolto- ja käynnissäpitoresurssit

Yleensä Ramp Up -vaiheessa yksi suuri puute on siihen kohdennettavat resurssit henkilöstön ja erityisesti huoltohenkilöstön osalta, koska on oletamus prosessin tarvittavasta toivuudesta aikaisempien ajojen perusteella. Kokoonpanoteollisuudessa on käytössä tapa, jossa koneenkäyttäjät itse pyrkivät hoitamaan pienemmät häiriöt kuntoon ja vasta tarvittaessa huoltomiehet/-asettajat auttavat niiden poistamisessa tai yleensäkin koneen ajossa. Tämä tapa toimii normaalissa tuotantotilanteessa, joka saavutetaan vasta, kun prosessin toiminta on stabilisoitunut ja samalla myös sen henkilöstö on siihen harjaantunut.

Laiterakentajat ovat ainakin projektin alussa parhaita huoltomiehiä ja opettajia, kun uusien koneiden koeajot alkavat. Koneen käyttöä ja huoltoa opettelevat heti alussa ainakin huoltomieheksi kaavailtu henkilö ja ehkä muutama koneenkäyttäjä. Opetuksesta vastaa koneen rakentaja. Kun muutamat henkilöt ovat saaneet peruskoulutuksen koneen käytöstä jo sen rakennus- ja koeajovaiheessa, on heidän vastuullaan tämän opettaminen muille koneenkäyttäjille.

2.4.2 Tuotantohenkilöstön määrän kartoitus

Ramp Up:n alkaessa joudutaan kasvattamaan kyseessä olevaan projektiin sidottuja henkilöstömääriä arviolta kolmesta viisinkertaisiksi verrattuna aikaisempiin koe- ja testiajoihin, koska yleensä nämä ajot suoritetaan päivävuorojen aikana ja massatuotannon alkaessa siirytään useamman vuoron käyttöön päivää kohti. Tämä taas lisää huoltohenkilöstön ja valmiiksi kyseisen projektin parissa työskentelevien henkilöiden kuormitusta, koska he joutuvat opastamaan uusia työntekijöitä. Tämä aika on taas pois prosessin hienosäätämisestä.

Suurempien konekokonaisuuksien kohdalla olisi hyvä saada rekrytoitua riittävästi uusia tuotannon työntekijöitä hieman ennen varsinaisen Ramp Up -vaiheen alkua. Tällöin heidän perehdyttämisensä pystyttäisiin suorittamaan paremmin kuin itse Ramp Up:n aikana.

2.4.3 Kunnossapito ja varaosahankinnat

Kun kone toimii hyvin eikä huoltohenkilöstöä tarvita sen valvomiseen, he voivat keskittyä koneen varaosien hankintaan tai valmistamiseen. Yleensä Ramp Up:n alkaessa ei ole todellista kuvaa kaikkien kuluvien osien kestosta tai huoltotarpeesta. Myös tiheämmin esiintyvät häiriöt tai viat voivat aiheuttaa varaosien oletettua suurempaa tarvetta.

Tämän vuoksi varaosia pitäisi pyrkiä tilaamaan tai valmistamaan varastoon jo ennen varsinaisen Ramp Up:n alkua. Jos varaosien puute aiheuttaa tuotantokatkoksia Ramp Up -vaiheessa, on niiden tilaaminen tai valmistaminen jo liian myöhäistä prosessin viiveettömän läpiviennin kannalta. Tässä pitää ottaa huomioon myös varaosien toimitusajat tai oman huoltohenkilöstön sitoutuminen muihin tehtäviin (eli he eivät pysty välttämättä valmistamaan tarvittavia varaosia juuri kriittisellä hetkellä).

Kun koneeseen tulee suurempi häiriö tai vika, jonka korjaaminen onnistuu vain kyseisen prosessin huoltomieheltä, on tämän oltava myös välittömästi saatavilla. Jos näin ei ole, niin silloin tilanne voi aiheuttaa pitkänkin tuotantoseisokin. Tällaiset huoltoresurssien puutteista johtuvat ongelmat korostuvat eniten yö- tai viikonloppuvuoroissa, joilla on mahdollisesti tarkoitus lisätä kapasiteettia prosessin ylimääräisenä kuormituksena (eli ylitöinä).

Tilanteessa, jossa kuormitusaste on jo valmiiksi nostettu maksimitasolle, huoltoresurssien toimivuus on vielä yllämainittua tärkeämpää. Ramp Up:n alkuvaiheessa näiden resurssien riittävyydellä on suurin merkitys, koska tässä vaiheessa toimittamatta jääneet tuotteet on käytännössä mahdotonta saada myytyä myöhemmin. Tämä on taas suoraa myyntitappiota valmistuksesta vastaavalle yritykselle ja mahdollisesti myös asiakkaalle.

3 Ramp Up -vaihe

3.1 Taustatietoja kokoonpanoteollisuuden Ramp Up -prosessin pituudesta

Ramp Up:n pituudella tarkoitetaan käytännössä sitä, että kun prosessin toiminta on saatu hyväksyttyä asiakkaalla ja sen suorituskyky on arvioitu mahdollisimman luotettavasti, asiakas ilmoittaa omiin tarpeisiinsa perustuen ajankohdan, jolloin prosessin pitää toimia täydellä kapasiteetilla. Tämä aika on yleensä noin kaksi kuukautta, jos se onnistuu ilman suurempia ongelmia. Kahden kuukauden aikamääre on yleensä järkevä oletus isommille kokoonpanolinjoille, joissa voi olla esimerkiksi yli kymmenen erillistä solua.

Pienempien osien/osakokoonpanojen Ramp Up:t pitäisi pystyä toteuttamaan 4–6 viikon aikavälillä tapauskohtaisesti. Irrotuskoneilla voidaan pyrkiä jopa kahden viikon Ramp Up -aikoihin, koska niiden toiminta ei ole kovinkaan monimutkaista. Irrotuskoneilla tarkoitetaan yleensä konetta, jolla irrotetaan ja pakataan tuote paletille rainasta eli meistetystä metallinauhasta. Tällaisia irrotuskoneen tasoisia eli yksinkertaisia koneita voi kuulua useampia yhtä aikaa samaan projektiin. Ensin tehdään yksi kone valmiiksi ja sillä ajetaan tarvittavat malli- ja testikappaleet. Tämän jälkeen vastaavia koneita tehdään tarvittava määrä lisää oletetun tilauskannan ja kapasiteetin perusteella.

Edellä esitetyt Ramp Up -ajat ovat realistisia, mutta ne vaativat toteutuakseen suuren työnpanoksen. Prosessin toimintaketjun pitää olla virheetön ja viiveetön jo ennen tuotteen lopullista valmistusta ja toimitusta asiakkaalle. Tällä tarkoitetaan sitä, että aikaisemmissa osaprosesseissa tai raaka-aineketjussa ei saa olla tuotteen valmistuksen lopulliseen kapasiteettiin vaikuttavia esteitä eli tuotannollisia pullonkauloja. [4.]

3.2 Asiakkaan vaatimus tuotantokapasiteetin nostamisesta

Asiakkaan tilausmäärät ovat normaalitilanteessa ennen Ramp Up:a sitä kokoluokkaa, että niiden täyttämiseen riittävät muutamien työvuorojen valmistusmäärät viikossa. Tässä vaiheessa puhutaan siis 20–30 prosentista prosessin maksimikuormituksesta yhtä konetta kohden. Kun itse Ramp Up alkaa, tilausmäärät nousevat muutamassa viikossa maksimitasolle riippuen myös jonkin verran asiakkaan oman jatkojalostuksen toimivuudesta. Jos kyseessä

on useamman yksikön Ramp Up, jotka valmistavat samaa tuotetta, eivät jopa kymmenkertaiset tilausmäärät ole mahdottomuus lyhyelläkin aikavälillä. Tässä vaiheessa asiakas yleensä myös hieman ylivoittaa tilausmäärät varmistaakseen oman prosessinsa katkeamattoman toiminnan. Tämäkin lisää painetta alkutuotannon päähän.

3.3 Kapasiteetin nosto

Kapasiteettia nostetaan jyrkästi Ramp Up -vaiheessa ja kuten yllä on mainittu, voivat muutokset olla todella suuria lyhyelläkin aikavälillä. Tällöin myös henkilöstön on pystyttävä toimimaan sitä tukevalla tavalla.

Esimerkiksi hyvin organisoidut taukoajat vaikuttavat koneen käyntiasteeseen jopa 10–15 prosenttia, jos oletetaan kyseisen tuotannon seisovan muuten työntekijöiden taukojen aikana. Tällaisella toiminnalla saavutettu tuotannon kapasiteetin nousu on yleensä jo todella merkittävä juuri Ramp Up -vaiheessa, koska yleensä kaikki valmistettavat tuotteet on jo valmiiksi myyty. Kunnossa olevassa prosessissa voidaan saannon olettaa pysyvän keskimäärin vähintään 90 %:n tasolla, joka sekä on pitkällä tähtäimellä liian matala taso, mutta käytännössä Ramp Up -vaiheessa hyvin yleinen. Kun saanto saadaan pysymään vaaditulla tasolla, joka on yleensä luokkaa 97–98 prosenttia, saadaan prosessin lopullisen kapasiteetin suuruus määriteltyä paremmin ja samalla myös yllä mainitun mahdollisen 10–15 prosentin käyntiasteen vaikutukset kartoitettua.

3.4 Prosessin hienosäätö

3.4.1 Jaksoajan optimointi

Yleensä koneen tai tuotantolinjan jaksoaika on mahdollista saada pienennettyä vielä masatuotantovaiheessa. Tämä perustuu koneen toiminnan ”tasoittumiseen” eli häiriöherkimmät kohteet viritetään ensimmäisinä toimimaan kunnolla, minkä jälkeen esimerkiksi niiden toimintaa nopeuttamalla saadaan koko koneen toiminta nopeutumaan.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kun saadaan onnistuneesti nopeutettua mahdollisimman montaa osatoimintoa ilman, että koneen häiriöherkkyys tai viallisten kappaleiden mää-

rä kasvaa, koko työkierron jaksoaika lyhenee. Tämä johtaa suoraan kapasiteetin kasvuun samalla käyntiasteella. Kun puhutaan optimijaksoajasta, se ei aina kuitenkaan tarkoita pienintä mahdollista arvoa, koska yllä mainitut mahdolliset ongelmat pitää huomioida.

Myös mahdollisesta ohjelmoinnista johtuvat viiveet jaksoajassa voivat tulla esille vasta Ramp Up -vaiheen ollessa jo käynnissä, koska tällöin koneen toimintaan keskitytään vielä tarkemmin kuin koeajovaiheessa. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi sellaisia toimintoja työkierrossa, jotka on ohjelmoitu tapahtumaan peräkkäin, vaikka todellisuudessa ne voisivat tapahtua yhtä aikaa. Oman kokemukseni perusteella sanoisin, että tällaisia ohjelmointivirheitä esiintyy melkein jokaisessa prosessissa. Vaikkakin niiden korjaamisesta saatava jaksoajan säästö ei olisikaan kuin muutamia prosentteja kokonaisjaksoajasta, silti esimerkiksi vuositasolla ajateltuna puhutaan suurista kappalemääristä.

3.4.2 Taulukko jaksoajan ja käyntiasteen seurantaan

Kuten aikaisemmin on jo todettu, on taulukkolaskentaohjelma käytännöllinen ratkaisu luoda erilaisia mittareita. Olen miettinyt jaksoajan ja käyntiasteen keskinäisten vaikutusten tutkimiseen ja seurantaan yksinkertaista laskentataulukkoa, joka ohjelmoitaisiin antamaan esimerkiksi vuoro-, vuorokausi- ja viikkokohtaiset ajomäärät tietyillä konekohtaisilla toiminta-arvoilla. Tärkeimmät arvot ovat jaksoaika ja käyntiaste, jotka määrittävät prosessin hetkisen tuotantokapasiteetin, mutta tästä määrästä pitää vielä vähentää mahdolliset hylätyt eli vialliset kappaleet. Taulukkoon voisi esimerkiksi ohjelmoida prosentuaalisen vähennyksen viallisia kappaleita varten, jolloin sillä olisi mahdollista laskea myös hylkyprosentin vaikutusta lopulliseen saantoon.

Tällaisella laskentataulukolla olisi myös helppoa tehdä prosessin kapasiteetin karkeasuunnittelua tarvittaessa jo ennen Ramp Up:n alkua tai sen alkuvaiheessa, kun oletusjaksoaika on tiedossa ja käyntiasteeksi asetetaan sen hetkinen vaatimustaso, joka on yleensä 80–85 prosenttia.

3.4.3 Taulukon toimintamalli käytännössä

Ramp Up -vaiheessa on tärkeää seurata tuotannon kehittymistä jopa yhden ajovuoron tarkkuudella. Yleisillä Ramp Up -prosessia mittaavilla mittareilla saadaan yleensä tietoa pidemmän ajanjakson ajalta, joka kertoo prosessin sen hetkisen toimintatason, mutta se ei välttämättä anna riittävän yksityiskohtaista tietoa yksittäisen tuotantokoneen toiminnasta.

Taulukon ohjelmointi kannattaisi tehdä niin, että siihen laitetaan hyväksytyt ja realistiset arvot jaksoajalle, käyntiasteelle ja hylkyprosentille, joiden perusteella se laskee teoreettisen saannon per työvuoro. Tämän jälkeen, kun vuoron päätteeksi saavutetut arvot syötetään taulukkoon, saadaan mitattua vuoron onnistumista esimerkiksi prosentuaalisesti. Tällöin nähdään suoraan, onko tarvetta pyrkiä välittömiin parannuksiin koko prosessin toiminnan takaamiseksi. Tällaisen taulukon toinen hyvä puoli olisi sen nopea muunneltavuus eli laske- tai tavoitearvoja voi muuttaa tarvittaessa milloin vain.

3.4.4 Esimerkkitaulukot ja niiden analysointi

Olen luonut kaksi esimerkkitaulukkoa, joiden kaavat ovat syötetty lopulliseen muotoon. Taulukot antavat tuloksiksi yhden koneen ajomäärät kappaleissa tietyille ajanjaksoille. Jälkimmäiseen taulukkoon tehdään pieniä muutoksia tunnuslukuihin, jolloin nähdään niiden vaikutukset koko prosessin toimintaan. Alla olevassa taulukossa jokaisen vuoron käyntiasteeksi oletetaan 85 %. Myös jaksoaika ja hylkyprosentti pidetään muuttumattomana.

Taulukko 1. Laskentataulukko, jossa ovat alkuarvot jaksoaika 4 s ja hylkyprosentti 2.

		1 vuoro (8h)	1 vrk (24h)	1 viikko (100% kuormitus)
	Käyntiaste	0,85	0,85	0,85
	Jaksoaika (s)	4	4	4
	Hylkyprosentti	2	2	2
	Lopullinen saanto (kpl)	5998	17993	125950
	Lopullinen hylättyjen määrä (kpl)	122	367	2570

Taulukko 2. Laskentataulukko, jossa ovat jaksoaika 3,5 s ja hylkyprosentti 3.

		1 vuoro (8h)	1 vrk (24h)	1 viikko (100% kuormitus)
	Käyntiaste	0,85	0,85	0,85
	Jaksoaika (s)	3,5	3,5	3,5
	Hylkyprosentti	3	3	3
	Lopullinen saanto (kpl)	6784	20353	142474
	Lopullinen hylättyjen määrä (kpl)	210	629	4406

Edellä olevassa taulukossa on muuten samat lähtöarvot ensimmäisen taulukon kanssa, mutta jaksoaika on pudotettu 3,5 sekuntiin ja samalla on oletettu hylkyprosentin kasvavan yhden prosentin verran. Hylkyprosentin kasvu on normaalia Ramp Up -vaiheessa, kun prosessiin tehdään muutoksia.

Nyt taulukoiden antamia lopullisia saanto ja hylkymääriä vertaamalla voidaan analysoida helposti muutosten kannattavuutta. Esimerkiksi viikkotasolla tuotannon toimiessa pienemällä jaksoajalla saadaan nostettua hyväksytyjen kappaleiden määrää 16 524 eli yhteensä 142 474:ään. Kapasiteetin lisäyksen haittapuolena on hylättyjen kappaleiden määrän nousu 1,5 kertaiseksi verrattuna pidempään jaksoaikaan (oletus).

4 Johtopäätökset ja parannusehdotukset

4.1 Työkokemukseeni perustuvia näkemyksiä ja esimerkkejä

4.1.1 Taustakuvaus työkokemuksestani

Minulla on työkokemusta muovialan alihankintayrityksestä noin kymmenen vuoden ajanjaksolta. Työelämässä vastaan tulleet ongelmat ja oma halu ratkaista niitä saivat minut valitsemaan opinnäytetyön aiheeksi Ramp Up:n. Oman näkemykseni mukaan Ramp Up on tärkein vaihe tuotantoprosessissa, kun se ketjutetaan eri osiin. Tämän perustelen sillä, että ennen Ramp Up -vaihetta valmistetut tuotteet eivät ole välttämättä tuottaneet niiden valmistajalle vielä siinä vaiheessa projektia taloudellisesti mitään.

Kun Ramp Up -vaiheessa tuotanto ajetaan ylös nopeasti ja ongelmattomasti, alkaa prosessi tuottaa yritykselle myös taloudellisesti. Toimitettavan tuotteen hintaa laskettaessa jo sen suunnitteluvaiheessa otetaan lähtökohdaksi yleensä tietty valmistusmäärä tietylle ajanjaksolle. Tällöin voidaan määrittää sille tietty tuottoennuste valmistuksen toimiessa oletetulla maksimitasolla. Kun prosessi saadaan toimimaan riittävän nopeasti vaaditulla tasolla, vältetään myös mahdolliset toimitusaikapuutteet eli ei jäädä jälkeen asiakkaan tilauksista. Tämä on tärkeää maksimaalisen myyntituoton ja toimitusvarmuuden ylläpidon kannalta.

Työtehtäväni sisälsivät paljon tuotannon käynnissä ja kunnossapitotehtäviä. Esimerkiksi koulutin ajoittain uusia huoltomiehiä huoltotehtäviin, koska heillä ei ollut riittävää kokemusta huollettavista koneista. Omasta mielestäni tämä osoittaa suuria puutteita prosessin suunnittelussa, kun siihen ei saada rekrytoitua riittävän osaavia työntekijöitä. Ongelma tiedostettiin myös kyseisessä yrityksessä, mutta sen ratkaisemiseen ei pystytty etsimään siinä vaiheessa oikeita toimenpiteitä.

Toinen välillä selkeästi Ramp Up -vaiheissakin ilmi tullut ongelma oli aikaisempien osaprosessien toimimattomuus tai ylikuormitus. Kun käynnissä oli useita eri tuotteiden Ramp Up -projekteja, saattoi jokin tuote odottaa ”raaka-aineita” jopa vuorokausia. Tämä johtui siitä, että raaka-aineiden piti kiertää kahden eri osaston työvaiheiden läpi ennen lopullista

tuotantoa. Näiden osastojen resurssit olivat välillä täysin alimittaiset verrattuna lopputuotannon tarpeisiin.

Myös henkilöstöresurssien käytössä ja kohdentamisessa oli puutteita, joiden korjaustoimenpiteisiin ja ratkaisuihin olin itsekkin vaikuttamassa. Esimerkiksi yhdessä välissä toimin vuorovastaavan tehtävässä ja minulla oli alaisia suunnilleen 120 työntekijää, joista kerrallaan yhdessä vuorossa heitä oli suurimmallaan yli 30 henkilöä. Vastuullani oli heidän ohjaaminen oikeisiin työtehtäviin eri tuotteiden tilausmäärien perusteella. Lisäksi hoidin uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja opastamista. Omaan työnkuvaani kuului normaalin työnjohtamisen lisäksi laatuvastuu yli 50 eri tuotteesta, alihankintojen seuranta ja niiden prosessointi sisään ja ulospäin. Lisäksi tein huoltomiehen tehtäviä niin paljon kuin omat resurssini antoivat myöten, koska myös sillä saralla oli tarvetta tehokkaampaan toimintaan. Vuorovastaavana toimiessani toimipisteemme ei sijainnut samassa yhteydessä päätoimipaikan kanssa. Tämä aiheutti myös välillä ongelmia ja ylimääräistä työtä.

4.1.2 Esimerkki tuotegeometriamuutoksesta

Tässä esimerkkitapauksessa puhutaan valmiin tuotteen muutoksesta, joka tehtiin tuotteen ollessa jo hyväksytty, mutta virallista Ramp Up -vaihetta ei ollut vielä aloitettu. Kyseisen lopputuotteen tuotantolinja perustui eri kokoonpanosoluihin ja itse valmistettava kappale koottiin jigisiin (metallinen teline), joka liikkui eri solujen välillä kuljetusalustalla. Kuljetusalustoja kutsuttiin paletteiksi ja tässä linjassa oli 28 jigis- ja palettiyhdistelmää.

Tuotannon alkuvaiheessa huomasin, että lopputuotteen yhdessä muoviosassa oli pieni jälki, joka tuli siihen vasta kokoonpanovaiheessa. Tarkemman tutkimisen seurauksena jäljen syntyminen rajattiin siihen työvaiheeseen, jossa kappale asetettiin jigisiin. Jälki ei esiintynyt kuitenkaan kaikissa kappaleissa, vaan siihen vaikutti aihion ruiskuvalumuotin pesä. Toisin sanoen kaikki ruiskuvalukappaleet eivät olleet täysin identtisiä mitoiltaan.

Ongelman ratkaisu tehtiin kuitenkin jigis pesää suurentamalla, koska tämä oli mahdollista tässä tapauksessa. Näin saatiin myös vähän lisää toleransseja ruiskuvaluprosessiin, jossa oli ollut ongelmia jo aikaisemminkin. Tässä vaiheessa oli siis koneistettu 28 jigisiä uudelleen.

Itse tuotemuutos olikin päinvastainen eli asiakas totesi omissa tuotteen koekäytöissään kyseisen muoviosan olevan liian suuri ja määräsi sen pienennettäväksi. Tämän seurauksena kokoonpanolinjan jiggit (toisen kerran) ja muutamat muut osat jouduttiin muuttamaan tai valmistamaan uudet. Luonnollisesti myös ruiskuvalumuotit menivät uudelleen koneistettaviksi.

Tämä esimerkki kuvaa hyvin prosessin, jossa on ollut useita viivästyksiä ennen sen lopullista Ramp Up -vaihetta. Kyseiset viivästykset ovat aiheuttaneet tuotantoon katkoksia tai hidastumista. Ymmärtääkseni ennen tuotemuutosta valmistettuja kappaleita voitiin kuitenkin käyttää lopputuotteessa, joten kaikki siihen mennessä prosessiin sidotut voimavarat eivät menneet hukkaan.

4.1.3 Esimerkki tuotteen laatuongelmasta ja sen ratkaisusta

Tässä esimerkkitapauksessa puhutaan kokoonpanotuotteen laatuongelmasta, joka tuli esiin Ramp Up:n alkuvaiheessa. Kyseinen tuote oli muovista ruiskuvalettu kappale, johon lisättiin metallinen clipsi kokoonpanovaiheessa. Kyseisen clipsin tehtävä oli johtaa sähköä ja se kiinnittyi lopullisessa tuotteessa ruuvin alle. Tässä valmistusvaiheessa se asennettiin oikealle paikalleen vasta odottamaan loppukokoonpanoa.

Asiakas huomasi, että kyseiset clipsit olivat irronneet kuljetuksen aikana, joten ne piti uudelleen asentaa käsityönä ennen kuin tuotteet voitiin hyödyntää jatkojalostuksessa. Clipsin pysyvyyttä oli testattu jo laadunvalvontavaiheessa, mutta sitä ei ollut mahdollisesti asetettu tarpeeksi kovan rasituksen alaiseksi. Osaksi tästä syystä virheellisiä kappaleita oli päätynyt toimitukseen asti.

Clipsi kiinnittyi paikalleen samalla periaatteella kuin paperiklemmari eli muoviosassa oli sitä varten kapea kannas, jossa oli vielä lisäksi pieni lukituskyynsi. Itse clipsi oli kiinnityskohdaltaan U-muotoon taivutettu ja lisäksi siinä oli aukko muoviosan kiinnityskynttä varten. Projektista vastannut henkilö keksi nopeaksi ratkaisuksi pienentää clipsin U-uran sisäleveyttä, jolloin se kiinnittyi pitävämmin paikalleen. Tämä muutos ei aiheuttanut clipsin valmistusprosessiin muuta kuin säätötoimenpiteitä.

Tämä ratkaisu ei kuitenkaan ollut lopullinen. Kun uuden mitan mukaiset clipsit saatiin tuotantoon (eli ne oli valmistettu aikaisemmassa osaprosessivaiheessa, mutta niitä ei ollut testattu loppukokoonpanossa), huomattiin niiden olevan jo liian kapeita kokoonpanokoneen lineaaritäryyn. Itse asiassa clipsit kyllä sopivat liikkumaan lineaaritäryllä juuri ja juuri, mutta ne aiheuttivat tukoksia ja asennusongelmia.

Tämän jälkeen mietittiin uutta ratkaisua asian korjaamiseen ja keksittiin, että suurennetaan muoviosan lukituskyvyn kokoa. Tämä oli toteutettavissa pienillä koneistuksilla ruiskuvalmuotin pesään, joten kyseinen toimenpide ei aiheuttanut suuria ylimääräisiä kustannuksia tai viivästyksiä tuotantoon.

Tämä esimerkki kuvaa mielestäni hyvin muutamaa tärkeää seikkaa tuotannon ongelmien ratkaisemisessa. Tuotteen yhden mitan tai ominaisuuden muuttaminen voi vaikuttaa toiseen asiaan positiivisesti, mutta samalla negatiivisesti toiseen asiaan. Nämä muutosten vaikutusten keskinäiset korrelaatiot pitää pyrkiä selvittämään ja tutkimaan tarkasti ennen lopullisia toimenpiteitä. Myös mahdolliset kappaleiden yhteensopivuudet pitää tutkia ja testata mahdollisimman nopeasti muutoksen jälkeen. Tällöin vältetään valmistamasta vääränlaisia tuotteita suurempia määriä.

Tässä esimerkissä clipsin U-uran alkuperäinen leveysmittatoleranssi oli perusmitta $\pm 0,2$ mm, joten tämä antoi clipsin valmistukseen hieman liikkumavaraa tämän mitan puolesta. On mahdollista, että kyseinen mitta on ollut lähempänä alarajaa, kun on valmistettu malli- ja koeajokappaleita. Näillä kappaleilla on myös määritetty tietyt laatuksiteerit eli todettu clipsin pysyvän paikallaan. Asiaa ei tutkittu sen tarkemmin, mutta jos näin oli ja mitta suureni myöhemmässä vaiheessa, niin tämä on looginen selitys laatuongelmalle. Ongelma olisi ollut kuitenkin vältettävissä, jos jo ensimmäisten kappaleiden valmistusvaiheessa olisi kiinnitetty tarkempaa huomiota tiettyjen mittojen toiminnallisiin vaikutuksiin. Myös mittojen vaihtelun vaikutukset olisi pitänyt testata käytännön tasolla.

4.2 Tuotannon resurssit Ramp Up -vaiheessa

4.2.1 Yhteenveto

Oman kokemukseni mukaan yleisin syy Ramp Up -vaiheen ongelmiin on juuri käytettävissä olevien tuotanto- ja huoltohenkilöstöresurssien puutteet. Tämä johtaa ”oravanpyörään”, jossa käytettävissä oleva henkilöstö ei pysty hoitamaan sille annettuja tehtäviä, jonka seurauksena tuotantokoneiden kuormitusasteet laskevat vääjäämättä. Karrikoidusti sanottuna joissakin tapauksissa pienikin häiriö, jonka poistaminen ei kestä kuin muutamia sekunteja tai maksimissaan minuutteja, voi johtaa jopa tuntien seisokkeihin. Tämä johtuu siitä, että tuotantohenkilöstö ei osaa tai pysty hoitamaan itsenäisesti tuotannoylläpitoitehtäviä Ramp Up -vaiheen alussa.

Teoriassa tietyn prosessin toimintavarmuus ja laaduntuottokyky on sille vaaditulla tasolla jo ennen Ramp Up:n alkua, mutta tuotantoon vaikuttavia ongelmia esiintyy silti vielä Ramp Up:n aikanakin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotanto ei pysty toimimaan riittävän tehokkaasti heti Ramp Up:n alkaessa ainakaan ilman ylimääräisiä panostuksia sen ylläpitämiseen. Ylimääräisillä panostuksilla tarkoitan tässä jonkin tietyn koneen tai kokoonpanolinjan tarkkaa vahtimista esimerkiksi niin, että huoltomies hoitaa koneen ”ajamisen” kokoaikaisesti. Tällainen toiminta sitoo aina turhaan käytettävissä olevia resursseja. Myös tuotantokoneiden mahdollinen kuluminen alkaa yleensä tulla esiin tai vaikuttaa vasta Ramp Up:n aikana.

4.2.2 Parannukset

Jos halutaan varmistaa resurssien riittävyys jo ennen Ramp Up-vaiheen alkamista, pitää olla mahdollista palkata uutta henkilöstöä oppimaan tarvittavat työtaidot riittävän aikaisessa vaiheessa projektia. Tällöin on mahdollista ehkäistä yllä mainitsemaani ”oravanpyörä”-ilmiötä. Kun koneenkäyttäjä itse oppii poistamaan perushäiriöt ja suorittamaan pienet huollot (esimerkiksi puhdistukset tai öljyämiset), hän pystyy hoitamaan tuotannon ylläpidon huomattavasti paremmin ilman huoltohenkilöstön kuormittamista.

Tällöin taas huoltohenkilöstölle jää enemmän aikaa keskittyä heidän omiin tehtäviinsä. Tässä painotan myös sitä, että mahdolliset huoltohenkilöstön oman osaamisen puutteet on helpompi korjata, kun siihen on aikaa käytettävissä.

4.3 Projektin seuranta ja tiedonkulku

4.3.1 Ramp Up -projektin rajaus

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, valmistettavan tuotteen tulee olla suunniteltujen vaatimusten mukainen ja asiakkaan hyväksymä ennen Ramp Up -vaiheen alkua. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä ei käsitellä mahdollisten tuotemuutosten aiheuttamia toimenpiteitä ja vaikutuksia Ramp Up:n onnistumiseen yksityiskohtaisemmin.

Mainittakoon kuitenkin, että tuotemuutokset aiheuttavat aina pienempiä tai suurempia (riippuvaisia itse muutoksen suuruudesta) viivästyksiä Ramp Up:iin ja lisäksi ylimääräistä kuormitusta prosessista vastaavalle henkilöstölle. Yllä kerrotussa esimerkkitapauksessa halusin tuoda esille ristiin toimimisen aiheuttamat tuotanto-ongelmat. Tällaisia ongelmia tai vaikeuksia ei saa esiintyä enää Ramp Up:n aikana, koska niiden seuraukset voivat johtaa jopa prosessin kaatumiseen.

4.3.2 Projektin seuranta

Ramp Up:n seurannassa käytetään hyväksi erilaisia mittareita, joiden suunnitteluun ja käyttöön on myös panostettava. Mittareiden ollessa käytössä niiden antamaa informaatiota pitää pyrkiä seuraamaan ja hyödyntämään tarkasti. Mittareiden tarkoitus on antaa reaaliaikaista tietoa prosessin toiminnasta. Tämä antaa mahdollisuuden reagoida nopeasti havaittuihin muutoksiin itse prosessissa. Muutokset voivat kertoa prosessin toiminnan negatiivisesta kehityksestä, jolloin reagointinopeuden merkitys korostuu entisestään.

Ramp Up -vaiheessa olisi hyvä nimetä vastuuhenkilö, joka seuraisi ja analysoisi mittareiden kautta saatua tietoa vähintään päivittäin. Tärkeimpiä seurattavia arvoja ovat valmistusmäärät ja käyntiasteet, joista voidaan päätellä prosessin toimivuuden sen hetkinen tila. Riittävä

panostus mittareiden antaman tiedon hyödyntämiseen tukee Ramp Up -vaiheen tuloksellista läpivientä.

4.3.3 Tiedonkulku

Ramp Up -vaihe vaatii myös tiedonkulun kannalta paljon, koska sen puutteesta johtuvat kapasiteetin tai saannon heikentymiset ovat kriittisiä projektin onnistumisen kannalta. Valmistuksesta vastaavan yrityksen ja asiakkaan välille pitää pyrkiä luomaan suora keskusteluyhteys. Tällä tarkoitetaan sitä, että tietyt projektiin nimetyt henkilöt hoitavat yhteydenpidon mahdollisimman saumattomasti keskenään, jolloin esimerkiksi ongelmatilanteissa ei pitäisi päästä syntymään tietokatkoksia.

Myös valmistuksesta vastaavan yrityksen sisäisen tiedonkulun on toimittava eri osastojen välillä. Esimerkiksi puolivalmisteiden tai kokoonpano-osien laadulliset poikkeamat, jotka syntyvät aikaisemmissa osaprosesseissa, pitää hyväksyttää ensin lopputuotteesta vastaavalla laatuhenkilöllä. Vasta tämän jälkeen alkutuotteelle voidaan antaa valmistuslupa.

Tiedonkulun heikkoudet voivat johtaa myös turhiin tuotantoseisokkeihin, jos esimerkiksi tuotanto seisoo varaosien tai raaka-aineiden loppumisen vuoksi, mutta tieto niiden saataavuudesta ei tavoita riittävän nopeasti lopputuotannosta vastaavia henkilöitä. Kun tuotannon tukena on toimiva tuotannonohjausjärjestelmä, sen avulla materiaalivirtoja voidaan nopeuttaa huomattavasti. Tämä vaatii myös henkilöstöltä suurta sitoutumisastetta järjestelmän käyttöön.

Yleisellä tasolla ajateltuna voidaan sanoa näin, että mitä useampi henkilö tietää Ramp Up -vaiheessa prosessin sen hetkisen tilan ja tulevat toimenpiteet tai tavoitteet, on niiden toteuttaminen sitä helpompaa. Tällöin riski asioiden hoitamatta jättämiseen saadaan minimoitua.

4.4 Laadunvarmistus ja ylläpito

Ramp Up -vaiheessa esiintyy aina myös vähintään jonkinasteisia laatuvarmuusvaihteluita valmistettavissa tuotteissa. Esimerkiksi erilaiset hankauma- tai leikkausjäljet ovat hyvin yleisiä. Ne

voivat johtua joko valmistusmateriaalien tai komponenttien muutoksista tai tuotantokoneen ”sisällä” tapahtuvista toiminnan muutoksista. Tällaisissa tapauksissa on tärkeää laatumuutosten korjausten ohella selvittää tuotteen todelliset laatuvaatimukset saannon ylläpitämisen ja ylilaadun välttämisen vuoksi.

Laatuvirheiden tai poikkeamien toteaminen voi kestää jopa useita ajovuoroja (eli yleensä tuhansia kappaleita), vaikkakin normaalia visuaalista laatuvalvontaa olisi tiukennettu. Näiden kappaleiden mahdollista turhaa ”susittamista” eli hylätyiksi toteamista pitää pyrkiä välttämään, koska niiden aiheuttamat saanto- ja materiaalitappiot voivat olla todella suuria. Tällaisessa tilanteessa on avainasemassa kyseisen projektin laatuinsinööri ja hänen hyvät suhteensa asiakkaaseen, koska yleensä nämä ”huomaamattomat” tai toimintaan vaikuttamattomat laatu-poikkeamat voidaan hyväksyä kappaleeseen ainakin Ramp Up -vaiheen aikana.

Yleensäkin ylilaadun tekeminen on taloudellisesti kannattamatonta ja aiheuttaa vain ongelmia myös tuotantovaiheessa, joten siitä pitää pyrkiä eroon jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Tällöin se ei ole aiheuttamassa enää ylimääräisiä viivästyksiä Ramp Up:n aikana. [5.]

4.5 Ramp Up -vaiheen aikataulukus

Ennen Ramp Up -vaiheen alkamista pitäisi pyrkiä selvittämään ja sopimaan asiakkaan kanssa mahdollisimman tarkasti prosessin aloitusajankohta. Myös asiakkaan näkemys tai vaatimus prosessin oletetusta pituudesta on tärkeää selvittää. Tällöin valmistuksesta vastaavan yrityksen on helpompaa suunnitella tarvittavat resurssit valmiiksi jo ennen varsinaisen Ramp Up:n alkua. Tämä antaa mahdollisuuden niiden parantamiseen riittävälle tasolle, jos niissä havaitaan puutteita. Tällöin myös Ramp Up -vaiheen onnistumisen todennäköisyys kasvaa huomattavasti.

Myös jo toimitettujen lopputuotteiden jatkojalostuksen mahdolliset ongelmat asiakkaan omassa tuotannossa pitää pyrkiä selvittämään mahdollisimman nopeasti, jos sellaisia esiintyy. Tässä auttaa hyvä yritysten välinen tiedonkulku, jolloin tieto ongelmista saadaan aikaisessa vaiheessa prosessia. Tämä on tärkeää sen vuoksi, että kyseiset ongelmat hidastavat

Ramp Up:n käynnistymistä. Tällöin alihankintayritys ei välttämättä ymmärrä kohdentaa riittäviä resursseja omaan Ramp Up -toimintaan, koska sillä on oletus hitaammasta prosessin aloituksesta.

5 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä olen pyrkinyt tuomaan esille erilaisia näkökulmia ja omia mielipiteitäni tuotantoon ja sen toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Samalla minulla on ollut tarkoitus luoda kuvaa eri asioista, jotka pitää huomioida osaksi jo ennen varsinaisen Ramp Up -vaiheen alkamista tai viimeistään tämän käynnistymisen aikana. Omat tietotaitoni perustuvat vahvasti omaamaani työkokemukseen käytännön tasolla. Työkokemukseni kautta olen saanut myös paljon kokemuksellista pohjaa työn päätelmien ja ohjeiden tueksi. Lisäksi työelämässä käyttämäni ja suunnittelemani erilaiset mittarit ovat todella tarpeellisia apuvälineitä tuotannon ylläpitämiseen tai tehostamiseen.

Tällainen opinnäytetyö olisi ollut mahdollista tehdä tiettyyn prosessiin sidottuna. Alkuperäinen suunnitelmani oli toimia juuri näin, mutta en saanutkaan sopivaa toimeksiantoa enää tässä vaiheessa työn tekemistä, joten tein työstä Ramp Up -vaihetta yleisellä tasolla käsittelevän tutkimuksen. Työssä kerrotut kehityskohteet ja niiden ratkaisumallit ovat peräisin siis työelämässäni eteen tulleista tilanteista ja niiden ratkaisuista. Tämän vuoksi pidän niitä myös luotettavina ja käytännössä toimiviksi todettuina.

Oman näkemykseni mukaan olen tuonut hyvin esille Ramp Up -vaiheen yleiset ongelmat ja ratkaisuehdotuksia niihin. Myös kertamani esimerkit tuotannon vaikeuksista kuvastavat mielestäni hyvin erilaisia tilanteita, jotka ovat melkein arkipäivää ainakin isommissa yrityksissä. Työssä käsitellään myös paljon eri resurssien vaikutusta tuotantoon ja sen ylläpitämiseen. Kokemuksieni mukaan resurssien todellisen tason arvioiminen on vaikeaa. Jos taas niiden kartoittamiseen ei ole kiinnitetty riittävä huomiota, ongelmat käytännön tasolla voivat tulla esiin hyvinkin yllättäen.

Toisaalta taas näkisin tällaisen opinnäytetyön voivan palvella myös pienempiä yrityksiä. Mainitsemieni yleisten ongelmakohtien toteaminen voi olla vaikeaa pienemmissä yrityksissä, koska saatavilla ei välttämättä ole sopivaa vertauspohjaa esimerkiksi aikaisemmista projekteista.

Opinnäytetyöni toimii omasta mielestäni hyvin myös uuden tuoteprojektin aloituksen tukena. Tällöin sen avulla voidaan ehkäistä ongelmia tuotannon aloitusvaiheessa. Työni anta-

man yleisen informaation avulla on helpompaa todeta myös mahdolliset puutteet tai vääränlaiset toimintatavat Ramp Up -prosessin läpiviennissä.

Minulla ei ole ollut tarvetta käyttää tässä opinnäytetyössä lähdemateriaaleina kuin muutamia teoksia. Olen merkinnyt lähteiksi myös kaksi asiantuntijaa, joiden kanssa asioita on pohdittu työn tekemisen alkuvaiheessa työelämän puolella. Mielestäni tämäkin kertoo tietyllä tavalla osaamisestani liittyen opinnäytetyön aihealueeseen.

Työn valmiiksi saamisen jälkeen haluan päästä takaisin teollisuuden pariin hyödyntämään ammattitaitoani ja tätä opinnäytetyötä. Nyky-yhteiskunnan kilpailuhenkisessä ilmapiirissä tuotannon tehostaminen on yksi tärkeimmistä asioista teollisuudessa ja minulla on uskoakseni paljon annettavaa kyseisellä saralla.

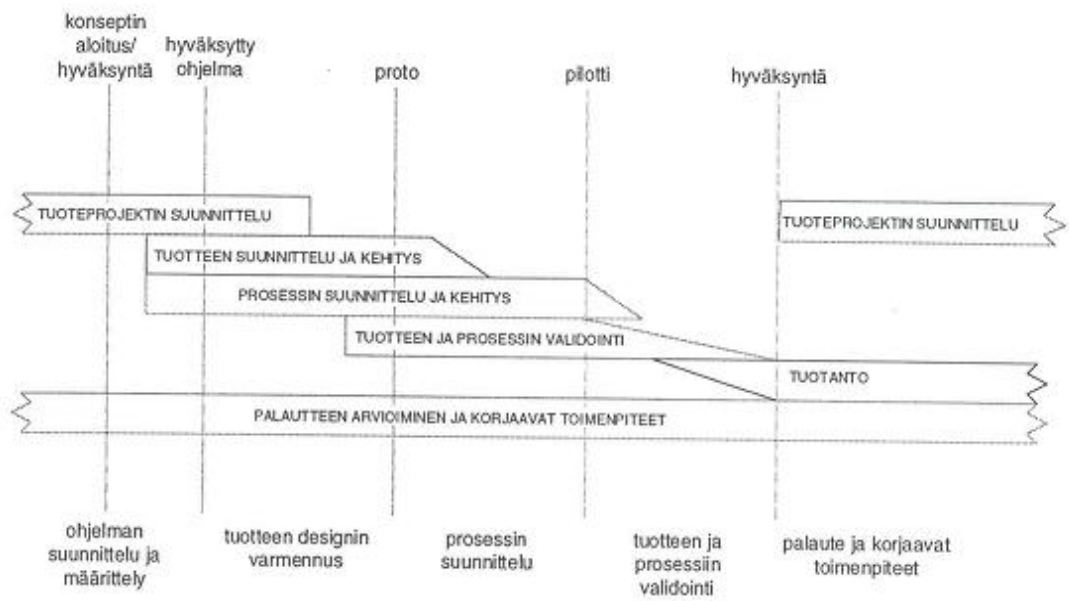
Lähteet

1. Mäkikyrö M., 2003., Validointi-diplomityö. Oulun teknillinen korkeakoulu.
2. Itä-Suomen muovi-metallikeskus. 2000. Ramp Up -tuotannon ylösajo, raportti ruis-kuvaluuryritysten nykyisistä toimintatavoista. Pro Muovi -teknologiaohjelman julkaisu nro 14.
3. Perlos Oyj. 2002. Ramp Up -mittari ja sen käyttöohjeet. Salassa pidettävä aineisto.
4. Tahvanainen, Jukka. 2003. Tuotantopäällikkö. Perlos Oyj Joensuu Plant. Kevät 2003.
5. Heikkinen, Petri. 2004. Laatuinsinööri. Perlos Oyj Joensuu Plant. Syksy 2004.

Liitteet

1. Kuva 1: QS9000 laatustandardin mukaisesta projektin aikataulutuksesta
2. Liite 2: Toimintakaavio Validointiprosessin etenemisestä
3. Liite 3: Validointiprojektin vaiheet, kahdeksan sivuinen ohje validointiprojektin läpiviemiseen kokoonpanokoneelle tai leikkaintyökalulle

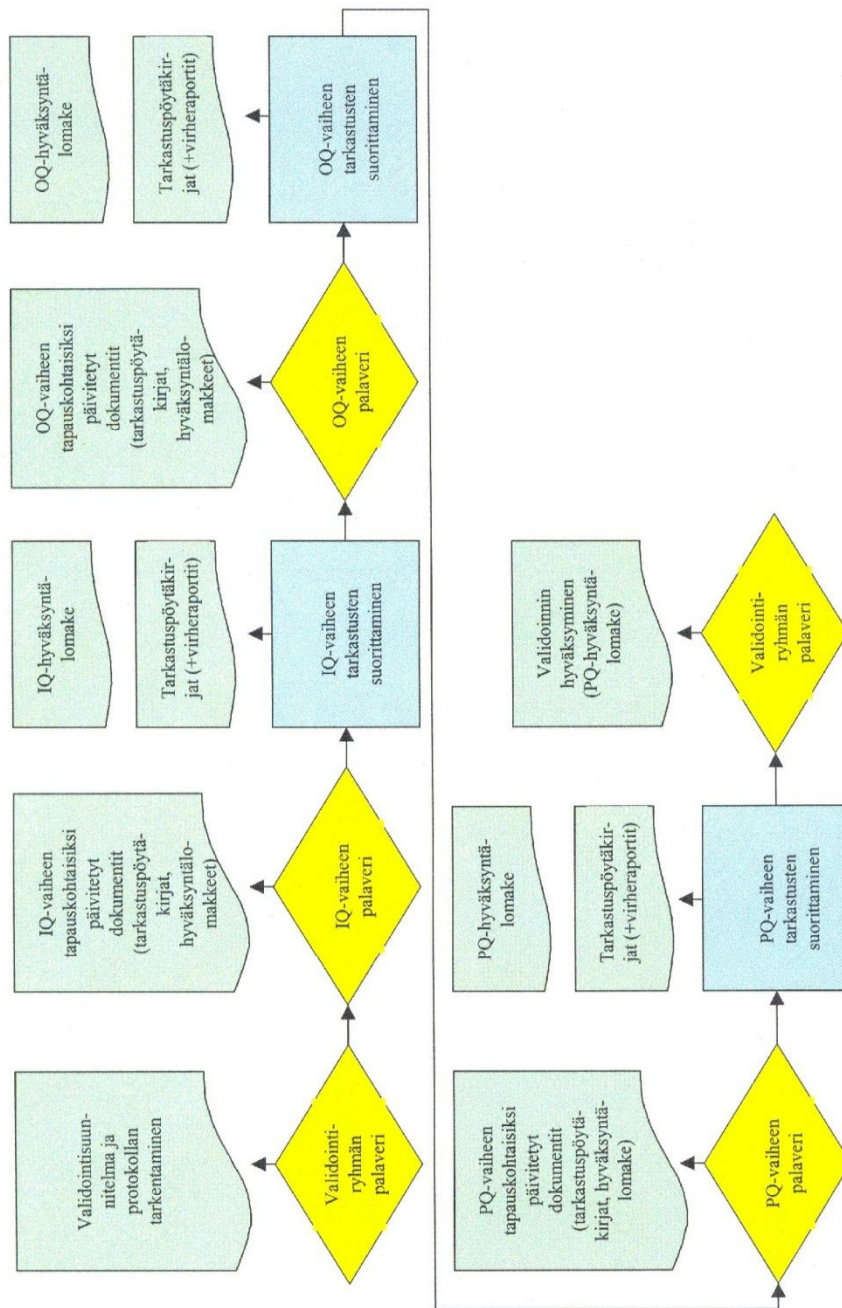
LIITE 1



Kuva 1. QS-9000 standardin laatusuunnittelun aikataulu

Yllä olevassa kuvassa näkyy esimerkki tuoteprojektin aikataulutuksesta. Ramp Up -vaihe alkaa normaalitilanteessa tuotehyväksynnän jälkeen.

Validointiprosessin yleiskuvaus, kokoonpanolinja/leikkaintyökalu



Diplomityön ohjausryhmä

11.4.2003

Validointiprojektin vaiheet

Validointipalaveri (aloituspalaveri)

- Validointiasioista vastaava laatuinsinööri kutsuu koolle.
- Edustus: suunnittelu, työkalun/laitteenvalmistus, tuotanto, laatu, huolto, projektin johto/projektipäällikkö → validointiryhmä
 - Osallistujat tapauskohtaisesti (projektin henkilöitä → tarkin tieto projektista!).
- Validoinnin kohteen läpikäyminen/vastaavat aiemmat projektit, päävaiheiden suunnittelu (mitä tarkastuksia kukin päävaihe IQ, OQ ja PQ pitävät sisällään → protokolla (validoinnista vastaava laatuinsinööri)
- Vastuiden määrittely / validointityön käytännön toteuttajat.

IQ-vaihe (Toimintavalmiuden tarkastus)

- Validointiryhmän IQ-vaiheen palaveri
 - Katselmoidaan protokolla (tarkastetaan, jos on ilmennyt tarve muutoksiin).
 - IQ-vaiheen toteutuksen tarkempi suunnittelu.
 - Arvioidaan tarkastettavat dokumentit.
 - Arvioidaan, mitä sähköisiä sekä mekaanisia ja pneumaattisia tarkastuksia tarpeen tehdä. (Valitaan yleisestä listasta tarpeelliset + arvioidaan, jos tarve lisätä tapauskohtaisesti muita tarkastuskohteita).
- Validointiasioista vastaava laatuinsinööri muokkaa tarkastuspöytäkirjoista tapauskohtaiset (ts. kirjaa tapauskohtaiseen tarkastuspöytäkirjaan palaverin ”aivoriihen” valitsemat tarkastuskohteet).

Toteutus

- Dokumenttien tarkastus
 - Tarjous, tilaus ja tilausvahvistus
 - Spesifikaatiot (käyttäjän vaatimukset, toiminnalliset)
 - Mekaaniset piirustukset
 - Pneumatiikkakaaviot
 - Sähköpiirustukset
 - Osaluettelo
 - Käyttöohjeet tuotantoon
 - Huolto-ohjeet
 - Mittalaitteiden kalibrointitodistukset
 - Projektin etenemisen seuranta
- Kunkin tarkastettavan dokumentin osalta tarkastetaan lähinnä dokumentin olemassa olo, dokumentin sisällön tarkastuksen arviointi on suunnittelun tarkastustoimenpiteiden tehtävä.
- Merkintä toimintavalmiuden tarkastushyväksyntälomakkeeseen (jos puutteita, korjaavien toimenpiteiden arviointi sekä toteutus ja uudelleentarkastus puutteellisten osalta).

- Dokumenttien tarkastuksen kuittauksen suorittaa validoinnista vastaava laatuinsinööri varmistettuaan suunnittelijalta (dokumentin tekijältä/haltijalta dokumentin olemassa olo ja asianmukainen arkistointi. Suunnittelijan (dokumentin tekijän/haltijan) velvollisuutena on ilmoittaa laatuinsinöörille, mikäli dokumenttia ei ole tai se on puutteellinen (vaikka sinänsä dokumentin sisällön arvioiminen ei toimintavalmiuden tarkastukseen sisällykään).

Huom! Kunkin dokumentin osalta merkintä pelkästään toimintavalmiuden tarkastushyväksyntälomakkeeseen, ei tehdä erillistä tarkastuspöytäkirjaa.

- Sähköisen toimintavalmiuden tarkastus

- Pyrkimys siihen, että tapauskohtaisia tarkastuspöytäkirjoja olisi vain yksi, mutta tarpeen vaatiessa jaetaan osa-alueisiin (tarve jaotteluun arvioidaan palaverissa).
- Tarkastuskohteen osalta tehdään hyväksyntämerkintä tarkastuspöytäkirjaan kun määritetyt tarkastukset on hyväksyttävästi tehty.
- Koneen/työkalun rakentaja/asentaja suorittaa tarkastukset.
- Suunnittelija/laatuinsinööri/työkalun/laiterakennuksen esimies hyväksyy sähköisen toimintavalmiuden tarkastuksen tarkastuspöytäkirjaan.
- Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, laatuinsinööriä ja työkalun/laiterakennuksen esimiestä sekä tarvittaessa myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).
→ Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaisessa tarkastuspöytäkirjassa määritellyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi tarkastettu, merkataan toimintavalmiuden tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä.

- Mekaanisen ja pneumaattisen toimintavalmiuden tarkastus

- Yksi yhteinen tarkastuspöytäkirja (Jaetaan osa-alueisiin, mikäli tarpeen. katso sähköisen toimintavalmiuden tarkastus).
- Tarkastuskohteen osalta tehdään hyväksyntämerkintä tarkastuspöytäkirjaan kun määritetyt tarkastukset on hyväksyttävästi tehty.
- Koneen/työkalun rakentaja/asentaja suorittaa tarkastukset.
- Suunnittelija/laatuinsinööri/työkalun/laiterakennuksen esimies hyväksyy mekaanisen ja pneumaattisen toimintavalmiuden tarkastuksen tarkastuspöytäkirjaan.
- Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, laatuinsinööriä ja koneen/laiterakennuksen esimiestä sekä tapauskohtaisesti myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).

→ Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaisessa tarkastuspöytäkirjassa määritellyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi tarkastettu, merkataan toimintavalmiuden tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä.

→ IQ-validointivaiheen hyväksyntä

Projektipäällikkö hyväksyy toimintavalmiuden tarkastuksen (IQ) toimintavalmiuden tarkastushyväksyntälomakkeeseen.

Huom! Vaikka IQ-vaiheessa käydäänkin läpi monia yksityiskohtia, tarkoituksena on, että sen toteuttaminen viedään nopeasti läpi ”listanomaisesti”.

OQ-vaihe (Toiminnan tarkastus)

- Validointiryhmän OQ-vaiheen palaveri
 - IQ-validointivaiheen hyväksynnän katselmus
 - OQ-vaiheen toteutuksen tarkempi suunnittelu → määritellään aloituspalaverin yhteydessä valittujen tarkastusten tapauskohtainen sisältö (tarkastuskohteet). Kutakin tarkastusta varten on olemassa yleiset tarkastuskohteet, joista valitaan tapauskohtaisesti tarpeelliset + lisätään tarkastuskohteita, mikäli tarpeen.
 - Koeajon suunnittelu (mitä testataan koeajon yhteydessä, kuinka pitkä koeajo suoritetaan).

Toteutus

- Kokoonpanon / kokoonpanolinjan / meistokoneen (työkalun) turvatoimintojen tarkastus
 - Koneen turvatoiminnot tulee tarkastaa ennen kuin koneella suoritetaan koeajoja.
 - Tarkastuksen kohteet on määritelty turvatoimintojen tarkastuspöytäkirjaan (mikäli turvatoiminnot tarkastetaan kokonaisen kokoonpanolinjan tai leikkaintyökalun osalta, ei välttämättä tarvita erillistä turvatoimintojen tarkastuspöytäkirjaa). Tarkastuskohteen osalta tehdään hyväksyntämerkintä tarkastuspöytäkirjaan kun määritetyt tarkastukset on hyväksyttävästi tehty.
 - Koneen/työkalun rakentaja/asentaja suorittaa tarkastukset.
 - Suunnittelija/laatuinsinööri/työkalun/laiterakennuksen esimies hyväksyy turvatoimintojen tarkastuksen turvatoimintojen tarkastuspöytäkirjaan.
 - Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, työkalun/laiterakennuksen esimiestä ja laatuinsinööriä sekä tapauskohtaisesti myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).
 - Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaisessa tarkastuspöytäkirjassa määritellyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi

tarkastettu, merkataan toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä turvatoimintojen tarkastuksen osalta.

- Mittalaitteiden ja mittausjärjestelmän toimintavarmuuden tarkastus, R&R –testaus
 - Testauskohteet määritellään OQ-vaiheen palaverissa. Palaverissa määritellään myös testien hyväksymiskriteerit. Mittalaitteiden ja mittausjärjestelmien osalta yleistä tarkastuskohteiden listaa ei ainakaan alkuvaiheessa ole vaan tarkastuskohteet ja kriteerit määritellään tapauskohtaisesti mittausjärjestelmän toimintavarmuuden tarkastuspöytäkirjaan.
 - Kaikki testauksien aikana käytössä olleet asetukset ja parametrit tulee mittalaitteiden ja mittausjärjestelmän toimintavarmuuden tarkastuspöytäkirjaan.
 - R&R-testausten yhteydessä tarkastetaan koneen osalta tiettyjä tarkastuskohteita, mikäli tarpeen (mekaaniset säädöt, valaistus, kameroiden kiinnitys).
 - Mittauksesta vastaava henkilö toteuttaa tarkastukset.
 - Suunnittelija/laatuinsinööri (pitäisikö olla työkalun/laiterakennuksen esimies?) hyväksyy turvatoimintojen tarkastuksen turvatoimintojen tarkastuspöytäkirjaan.
 - Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, työkalun/laiterakennuksen esimiestä ja laatuinsinööriä sekä tapauskohtaisesti myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).
→ Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaiseksi muokatussa tarkastuspöytäkirjassa määritellyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi tarkastettu, merkataan toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä mittalaitteiden ja mittausjärjestelmän toimintavarmuuden osalta.

Huom! Mittalaitteiden ja mittausjärjestelmien tarkastus tulee huomioida jo poikkeuksellisen vahvasti jo suunnitteluvaiheessa, jotta laitteisiin ja laitteistoihin kyetään rakentamaan valmiudet mitta- ja tarkastuslaitteita (esim, konenäkö) varten. On siis syytä määrittää hyvissä ajoin, mitä mittoja seurataan ja miten.

- Kokoonpanolinjan koneiden/työkalun osien välisten kommunikaatioiden tarkastukset (onko edes mahdollista työkaluille?)
 - Ei tarpeen yksinkertaisille työkaluille / kokoonpanolinjoille, tarpeellisuus arvioidaan jo validoinnin alotuspalaverissa. Ennen koko linjalle tehtäviä koeajoja tulee varmistua, että koneiden/osien väliset kommunikaatiot toimivat.
→ Kun kommunikaatioiden toimivuudesta on varmistuttu, merkataan se kommunikaatioiden tarkastukset hyväksytysti suoritetuksi OQ-hyväksyntälomakkeelle.

- Kokoonpanon /kokoonpanolinjan/meistokoneen(leikkaintyökalun) hälytysten ja häiriöilmoitusten tarkastus (Koeajon yhteydessä)
 - Koneen valvomosta tulostetaan häiriö- ja hälytyslista. Jos saadaan ohjausyksikön/valvomon kautta, käytetään listaa tarkastuspöytäkirjana. Mikäli ei edellä mainittu ei onnistu, kirjataan testattavat hälytykset ja häiriöt hälytysten ja häiriöiden tarkastuspöytäkirjaan.
 - Kaikki häiriöt ja hälytykset testataan tekemällä ne tarkoituksella. Hälytysten ja häiriöiden toiminta tarkastetaan koneen näyttöyksiköltä.
 - Asentaja toteuttaa tarkastukset.
 - Suunnittelija/laatuinsinööri (pitäisikö olla työkalun/laiterakennuksen esimies?) hyväksyy turvatoimintojen tarkastuksen turvatoimintojen tarkastuspöytäkirjaan/valvomosta tulostettuun listaan, joka liitetään toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeeseen.
 - Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, työkalun/laiterakennuksen esimiestä ja laatuinsinööriä sekä tapauskohtaisesti myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).
 - Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaiset tarkastuspöytäkirjassa/tulostetussa listassa nimetyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi tarkastettu, merkataan toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä hälytysten ja häiriöilmoitusten osalta.

Huom! Tähän vaiheeseen kuuluu myös varmistaa, että tarkastettava Kokoonpano/kokoonpanolinja/meistokone(leikkaintyökalu) lähtee toimimaan oikein häiriön jälkeen.

- Kokoonpanon / kokoonpanolinjan / leikkaintyökalun / leikkaintyökalun osan toiminnan tarkastukset (Koeajon yhteydessä, jos ei haluta tarkastaa kokoonpanokohtaisesti)
 - Kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun toiminnot tarkastukset on jaoteltu tarkastuskohteisiin. Tarkastuskohde on pääsääntöisesti jokin laitteen osa, joka suorittaa jonkin työvaiheen.
 - Tarkastuksen kohteet on määritellään toiminnan tarkastuspöytäkirjaan. Kutakin tarkastuskohdetta varten tehdään tapauskohtainen tarkastuspöytäkirja.
 - Validointiryhmän palaverissa tulee arvioida validoitavasta kohteesta riippuen suoritetaanko toiminnan testauksen vaiheet kokonaisuudelle kokoonpanolle/leikkaintyökalulle vai kannattaako tarkastuksia toteuttaa osakokoonpanoille tms., jolloin luonnollisesti tarkastusten määrä kasvaa, mutta yksittäisen tarkastuksen suorittaminen helpottuu ja poikkeaman/virheen kohdistaminen ja korjaaminen helpottuu.
 - Kokoonpanolaitteiden tarkastuskohteet voidaan jaotella esimerkiksi seuraavasti:
 - Manipulaattori ja tarttuja
 - Robotti ja robottitarttuja
 - Hihnakuljetin

- Pyöröpöytä, täryntäyttilaite ja lineaaritäry
- Pyöröpöytä ja pesät
- Nostin
- Kääntäjä
- Orientointi
- Leikkain

Kutakin tarkastuskohdetta varten tehdään tapauskohtainen tarkastuspöytäkirjansa, johon on valittu yleisistä tarkastuskohteen tarkastuksista ne, jotka on nähty tarpeellisiksi + tarvittaessa kohteen tarkastuspöytäkirjaan lisätään tarkastuksia listan ulkopuolelta.

- Asentaja toteuttaa tarkastukset.
- Suunnittelija/laatuinsinööri/työkalun/laiterakennuksen esimies hyväksyy toimintojen tarkastuksen toimintojen tarkastuskohdekohtaiseen tarkastuspöytäkirjaan.
- Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita tai virheitä, liitetään puute/virheraportti tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Puute/virheraporttiin kuvataan havaittu puute tai virhe ja arvioidaan tarpeelliset korjaavien toimenpiteiden sekä toteutus. Kun korjaavat toimenpiteet on tehty suoritetaan uudelleentarkastus korjatun tarkastuskohteen osalta. Puutteista ja virheistä tulee informoida suunnittelijaa, työkalun/laiterakennuksen esimiestä ja laatuinsinööriä sekä tapauskohtaisesti myös projektivastaavaa (projektipäällikköä).
 - Kun validoitavan koneen/työkalun kaikki tapauskohtaisissa tarkastuspöytäkirjoissa määritellyt tarkastuskohteet on hyväksyttävästi tarkastettu, merkataan toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeeseen hyväksyntä tarkastuskohteen osalta.
- Valvomon/ohjaustaulun toiminnan tarkastus
 - Valvomon/ohjaustaulun toiminnan varmistuksen avulla varmistetaan, että valvomon/ohjaustaulun ilmoittamat tiedot vastaavat käsin kerättyjä ja näyttöyksiköltä saatuja arvoja. Tarkastuksen yhteydessä tarkastetaan muun muassa, että valvomoyksikön ilmoittavat hylkäykset, virheet yms. vastaavat todellisuutta. Valvomon/ohjaustaulun toiminnan tarkastuksen tulokset kirjataan valvomon/ohjaustaulun tarkastuspöytäkirjaan. Valvomon/ohjaustaulun toiminnan tarkastuksille määriteltyjen yleisten kohteiden lisäksi OQ-vaiheen palaverissa arvioidaan muiden tarkastusten tarpeellisuus.
 - Kun kaikki tarkastuspöytäkirjaan määritellyt kohteet on testattu ja hyväksytty, kirjataan hyväksyntä OQ-hyväksyntälomakkeelle.
- Kokoonpanon/kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun jaksoajan mittaus
 - Jaksoajan mittauksen avulla varmistetaan, että kone kykenee saavuttamaan sille määritetyt jaksoaikatavoitteet. Kokoonpanolinjojen/koneiden osalta optimoidaan myös linjan yksittäisten koneiden jaksoajat koko kokoonpanolinjan toimintaa silmällä pitäen.
 - Jaksoajan mittauksen tulokset kirjataan jaksoajan mittauksen tarkastuspöytäkirjaan.
 - Kun jaksoajan mittauksen tulokset voidaan hyväksyä, kirjataan hyväksyntä OQ-hyväksyntälomakkeelle.

- Kokoonpanon/kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun laaduntuottokyvyn varmistus
 - Jos jaksoajan mittaus suoritetaan kokonaiselle kokoonpanolinjalle/leikkaintyökalulle, voidaan koeajon yhteydessä suorittaa laitteiston laaduntuottokyvyn varmistus, jonka tuotokset arvioidaan ja tulokset kirjataan jaksoajan mittauksen tarkastuspöytäkirjaan. Laaduntuottokyky voidaan varmistaa myös valvomon/ohjaustaulun tarkastuksen yhteydessä.
→ Kun jaksoajan mittauksen tulokset voidaan hyväksyä, kirjataan hyväksyntä OQ-hyväksyntälomakkeelle.
- Koneen käyttäjien osaamisen varmistus

→ OQ-validointivaiheen hyväksyntä

Projektipäällikkö hyväksyy OQ-vaiheen toiminnan tarkastushyväksyntälomakkeelle.

Huom! OQ-vaiheen tarkastuksia tulee pyrkiä suorittamaan keskenään samanaikaisesti esim. yhteisen koeajon/”kuivan” koeajon yhteydessä.

PQ-vaihe

- Validointiryhmän PQ-vaiheen palaveri
 - OQ-validointivaiheen hyväksynnän katselmuks
 - PQ-vaiheen tarkka suunnitteleminen
 - PQ-vaiheen voidaan ajatella palvelevan suoraan asiakkaan tarpeita → koeajon ja tarkastusten peilattava niitä.
 - Edellisten validointivaiheiden toteuttaminen tähtää PQ-vaiheen optimaaliseen suorittamiseen.
- Kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun suorituskyvyn tarkastus
 - Suorituskyvyn tarkastus toteutetaan normaalia tuotantotilannetta jäljittelevän koeajon myötä. Koeajoa suunniteltaessa on syytä huomioida tarkasti asiakkaan kokoonpanolinjalle/leikkaintyökalulle asettamat vaatimukset. PQ-vaiheen palaverin yhteydessä suunnitellaan koeajo ja sen yhteydessä toteutettavat suorituskyvyn tarkastuksen kohteet.
 - Määritellyt tarkastuskohteet merkataan suorituskyvyn tarkastuspöytäkirjaan, samoin kuin koeajon yhteydessä saavutetut tuloksetkin.
 - Cpk, jaksoaika, saanto, kapasiteetti, luotettavuus, toiminta-arvot yms.
→ Kun tarkastuskohteet täyttävät niille asetetut vaatimukset hyväksyttävästi, kirjataan suorituskyvyn tarkastus suoritetuksi PQ-hyväksyntälomakkeelle.

→ PQ-validointivaiheen hyväksyntä

Projektipäällikkö hyväksyy PQ-vaiheen suorituskyvyn tarkastushyväksyntälomakkeelle.

Kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun validoinnin hyväksyminen

- Validointiryhmän palaveri
 - PQ-vaiheen + muidenkin vaiheiden katselmus
 - Validoinnin hyväksyminen ja dokumenttien arkistointi
 - Projektipäällikkö hyväksyy validoinnin PQ-vaiheen tarkastushyväksyntä-lomakkeelle.

Huom! Vaikka validointiprojekti alkaakin varsinaisesti vasta suunnitteluprosessin jälkeen ja siinä oikeastaan tarkastellaan suunnittelun tuotosta, tarjoaa validointiprojektin myötä kerätty informaatio ja kokemus mahdollisesti jotain seuraavaa samankaltaisen kokoonpanolinjan/leikkaintyökalun suunnitteluprosessia silmällä pitäen.