

Jari Hyvärilä, Jari Kaarela, Sauli Kallio, Pauliina Mattila,  
Hanna Parikka, Elisa Saarela, Petri Wirkkala



## TEHOKAS PUUTEOLLISUUS

– Uusin menetelmin kohti jatkuvaa parantamista



Centria. Raportteja ja selvityksiä, 38

Jari Hyvärilä, Jari Kaarela, Sauli Kallio, Pauliina Mattila, Hanna Parikka,  
Elisa Saarela, Petri Wirkkala

## **TEHOKAS PUUTEOLLISUUS**

– Uusin menetelmin kohti jatkuvaa parantamista

Centria-ammattikorkeakoulu 2019

**JULKAISIJA:**

Centria-ammattikorkeakoulu  
Talonpojankatu 2, 67100 Kokkola

**JAKELU:**

Centria kirjasto- ja tietopalvelu  
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria-ammattikorkeakoulun markkinointi- ja viestintäpalvelut  
Kannen kuva: Adobe Stock -kuvapalvelu

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 38  
ISBN 978-952-7173-46-6 (PDF)  
ISSN 2342-933X

# SISÄLLYS

1. HANKKEEN TAUSTA JA TARVE .....	5
2. HANKKEEN TAVOITTEET .....	6
3. HANKKEEN TOTEUTTAMINEN.....	7
4. CENTRIA PUUTUOTTEEN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN .....	8
4.1 Testausympäristö – Kohti innovaatioympäristöä .....	8
4.1.1 Tilamuutokset .....	8
4.1.2 Innovaatiot ja laitevuokraus .....	9
4.1.3 Innovaatioympäristö .....	10
4.2 Centria Puutuotteen uusi toimintamalli .....	10
4.2.1 Uuden toimintamallin kehitys – toimenpiteet hankkeen aikana .....	10
4.2.2 Toimintamallin käyttöönotto ja ylläpito .....	13
4.3 Laitetestaus vuokraamalla .....	13
4.3.1 Toimintamalli .....	13
4.4 Investointiapupalvelu .....	14
4.5 Prosessin hallinta ... ..	15
4.5.1 Ruiskutuksen vakiointi .....	16
4.5.2 Harjoitustyö levitysmäärän hallinnasta .....	18
4.5.3 Virtausmittari prosessin hallinnassa .....	21
4.5.4 Levitysmäärän hallinta virtausmittarilla .....	22
4.6 Puutuotteen roolin kohottaminen puualan tutkijana ja kehittäjänä .....	23
4.6.1 Osaamisen syventäminen .....	23
4.6.2 Verkostoituminen ja hankesuunnittelu .....	24
4.6.3 Tavoitteet ja tulevaisuus .....	26
5. KEHITTÄMISPILOTIT .....	28
5.1 Testaus – Kantavien rakenteiden palosuojaus .....	28
5.2 Testaus – UV- ja UV-LED-kuivaus .....	28
5.3 Investointiapupalvelu – Villajätteen kierrättäminen .....	28
5.3.1 Toimintaympäristö ja nykytila .....	29
5.3.2 Viranomais määräykset ja ohjaus .....	29
5.3.3 Lähitulevaisuuden tavoitteet .....	29
5.3.4 Miten tämä vaikuttaa yritysten toimintoihin? .....	30
5.3.5 Kehityssuuntia ja mahdollisuuksia .....	30
5.4 Investointiapupalvelu – Simulointi investointitarpeen määrityksen työkaluna .....	31
5.4.1 Simulointimallin toteuttaminen .....	31
5.4.2 Simulointitulokset .....	32
5.4.3 Työtapojen yhtenäistäminen .....	33
5.4.4 Yhteen veto .....	33

5.5 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjan käyttöönotto laadunhallinnan näkökulmasta .....	34
5.5.1 Linjakapasiteetti .....	34
5.5.2 Pintakäsittelyparametrien optimointi koesuunnittelun avulla .....	37
5.5.3 Yhteenveto .....	39
5.6 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjainvestoinnin käyttöönoton jälkeinen tuotannon ylläpito .....	39
5.6.1 Käyttökapasiteetin määrittäminen .....	40
5.6.2 Pintakäsittelyparametrien optimoinnin määrittäminen .....	42
5.6.3 Yhteenveto .....	42
5.7 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelyprosessin hallinta laadun näkökulmasta .....	42
5.7.1 Prosessin hallinta .....	42
5.7.2 Testaamisen ja mittaamisen merkitys prosessin hallinnassa .....	45
5.7.3 Yhteenveto .....	46
5.8 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjan hankinnassa ja asennuksessa huomioitavia asioita .....	46
5.9 Lean ja laatu – Tuotannollisen yrityksen tilaus-toimitusketjun oikea-aikaistaminen ja tehostaminen .....	47
5.9.1 Kehityskohteen valinta .....	48
5.9.2 Arvovirran tunnistaminen .....	49
5.9.3 Nykyisen toimitavan tunnistaminen .....	50
5.9.4 Toiminnalliset mittarit .....	52
5.9.5 Tulevan toimintatavan suunnittelu - tulevatila .....	52
5.9.6 Toimenpiteiden toteutussuunnitelma .....	53
5.9.7 Parannustoimenpiteet .....	54
5.9.8 Saavutetut tulokset .....	54
5.9.9 Yhteenveto .....	54
5.10 Lean ja laatu – Pintakäsittelyprosessin läpimenoajan parantaminen Lean Six Sigma -menetelmin .....	55
5.10.1 Pintakäsittelyprosessin kehittäminen DMAIC-menetelmällä .....	57
6. TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN JA TULEVAISUUS .....	59
6.1 Välittömät tulokset .....	59
6.2 Toiminnan jatkuminen .....	59

## LÄHTEET

## 1. HANKKEEN TAUSTA JA TARVE

Centria-ammattikorkeakoulu Oy toimii Oulun Eteläisen, Keski-Pohjanmaan maakunnan seutukuntien ja Pietarsaaren seutukunnan alueilla. Centrian toimialueelle on muodostunut puutuoteteollisuuden merkittävä teollisen puunjalostuksen yrityskeskittymä, jonka yhteen laskettu liikevaihto on 400 milj. € ja työntekijämäärä 1700 henkilöä.

Hankkeen suunnitteluvaiheessa Centria Puutuotteen toimintaan loivat pohjan Centria-ammattikorkeakoulun määrittämät painoalat ja strategiset kehittämistoimet vuosille 2014-2020, Oulun Eteläisen korkeakoulustrategia 2010-2015, Oulun Eteläisen puutuotestrategia sekä Oulun Eteläisen osaamisstrategia 2020. Oulun Eteläisen strategian yksi kuudesta keskeisestä osaamisalasta oli rakennusteollisuus, jossa soveltuva kehitystyö painottui rakennustuotteiden valmistusprosessiin ja sen hallintaan, puuntyöstötekniikoiden ja suunnitteluohjelmistojen yhteensovittamiseen, teolliseen pintakäsittelyyn, rakennustuote-teollisuuden tuotantoautomaatioon ja teolliseen puurakentamiseen. Oulun Eteläisen alueen puutuotealan toimijoiden tavoitteena oli kehittyä valtakunnallisesti tunnustetuksi soveltavan tutkimuksen osaajaksi. Centrian painopisteiksi oli Oulun Eteläisen alueen puutuotestrategiassa määritetty teollinen pintakäsittely sekä 3D-suunnittelu ja CNC-työstö.

Yritykset tarvitsevat nopeasti käyttöönsä puolueetonta tietoa uusista teknologisista mahdollisuuksista. Centria-ammattikorkeakoulussa oli mietitty pitkään keinoja, joilla se voisi entistä paremmin integroitua osaksi yritysten prosessikehityksen ja uusien innovaatioiden keskiötä. Tämän hankkeen suunnitteluvaiheessa Puutuotteen toimintakonsepti perustui siihen, että ammattikorkeakoulu omisti kehittämisessä käytettävän laitekannan. Johtuen alan nopeasta kehityksestä, tämä malli ei vastannut yritysten tarpeita. Vuonna 2014 toteutetussa Tehokkaat Innovatiiviset Pintakäsittelyinvestoinnit -hankkeessa selvitettiin yritysten haasteet investointiprojektien läpiviemisessä. Pintakäsittelyinvestointiin liittyy oleellisesti yrityksen lisäksi laitetuottaja sekä maalivalmistaja. Näiden kolmen osapuolen yhteistoiminta vaikuttaa investoinnin toimivuuteen ja tehokkuuteen. Tehokkaat Innovatiiviset Pintakäsittelyinvestoinnit-hankkeessa tehtyjen selvitysten pohjalta nousi esille eri toimijoiden haasteet pintakäsittelyinvestoinneissa.

Kun huomioitiin Suomen puualan toimijoiden kehittämisen painopistealat, alueen puualan strategioiden mukainen kehittäminen sekä kartoitettu yritystarve, nousi Puutuotteen tulevaisuuden kehitys- ja tutkimustoiminnan ytimeen pintakäsittelyprosessien innovaatioiden ja investointien nopeuttaminen, puun jatkojalostusprosessien kehittämisosaaminen sekä tuote- ja tuotantoprosessien mallinnus. Nämä osa-alueet valittiin Puutuotteen tulevaisuuden toiminnan kehittämisen lähtökohdaksi ja hankkeen sisällön ytimeksi.

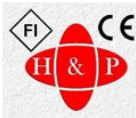
Tehokas Puuteollisuus -hanke toteutettiin 1.5.2015 – 30.11.2018 välisenä aikana ja se toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan liiton myöntämällä rahoituksella. Hankkeen pääasiallinen kohdeyhmä oli Pohjois-Pohjanmaan puutuoteteollisuuden yritykset ja toteuttajana Centria-ammattikorkeakoulu Oy. Hanketta rahoitti liiton lisäksi kehitystoimintaan osallistuneet yritykset ja Centria omarahoitusosuudellaan.

## 2. HANKKEEN TAVOITTEET

Hankkeen päätavoite oli kohdealueen puualan yritysten pintakäsittelyinvestointien nopeuttaminen ja kehittäminen Puutuotteen uuden toimintamallin avulla sekä Puutuotteen roolin kohottaminen puualan tutkijana ja kehittäjänä. Päätavoitteen saavuttamiseksi suunniteltiin hankkeessa toteutettavan Centrian ja yritysten yhteisiä pilotteja uusien teknologioiden testaamiseen, investointien tukemiseen, investoitujen laitteiden sujuvaan käyttöönottoon ja prosessihallinnan osaamiseen. Tavoitteena oli lisäksi käynnistää kolmi- ja puolivuotisen kauden aikana kaksi kansallista tutkimushanketta ja yksi kansainvälinen hanke. Näillä toimenpiteillä oli tarkoitus luoda perusta ja jatkumo toiminnalle hankkeen päätyttyä. Puutuotteen pitkän aikavälin tavoitteena oli vakiinnuttaa uusi toimintamalli pysyväksi ja kannattavaksi toimitavaksi. Hankkeen käynnistyessä Puutuotteen pitkän aikavälin tavoitteena oli olla myös kansainvälisesti tunnettu puun pintakäsittelyn tki-keskittymä, jonka syväosaamisella tuotantoprosessien hallinnasta ja liiketoiminnasta pystytään vaikuttamaan voimakkaasti alueen puutuoteteollisuuden kehittymiseen.

### 3. HANKKEEN TOTEUTTAMINEN

Hankkeessa toteutettiin tavoitteiden mukaisia toimenpiteitä Centrian asiantuntijoiden toimesta. Kehitystoiminnan tukena toteutettiin kehityspilotteja yhteistyössä alueen yritysten kanssa. Kehityspilotteja toteutettiin yhteensä kahdeksan kappaletta ja kehityspilotteihin osallistui yhteensä 20 yritystä.



KANNUSTALO\*





## 4. CENTRIA PUUTUOTTEEN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Centria Puutuotteen toiminnan kehittäminen ja osaamisen syventäminen ovat perusedellytyksiä alueen yritysten toiminnan tehostamiselle. Tehokas Puuteollisuus -hankkeessa kehitettiin mm. Puutuotteen testausympäristöä, otettiin käyttöön uusi toimintamalli, kokeiltiin investointien korvaamista vuokraustoiminnalla ja kehitettiin asiantuntijoiden testausosaamista.

### 4.1 Testausympäristö – Kohti innovaatioympäristöä

#### 4.1.1 Tilamuutokset

Hankkeen aikana Centria-ammattikorkeakoulu tarkensi tavoitteitaan ja toimintamallejaan sekä keskitti toimintojaan eri toimipisteissä. Tässä yhteydessä päätettiin luopua Puutuotteen puuntyöstölaitteista. Muutosten yhteydessä keskusteltiin myös pintakäsittelylaitteiston osalta modifioinnista siten, että käytössä olisi vain yksittäisiä laitteita. Ohjausryhmä muistutti, että supistamalla Centrian teollisen pintakäsittelyn palveluita ei välttämättä saavuteta säästöjä, koska kiinnostus palveluihin pienenee. Uhkana nähtiin, että linjakoeajot joudutaan jatkossa tekemään laitetoimittajien tiloissa Euroopassa.

Keskittämiskeskusteluissa päädyttiin lopulta ratkaisuun, jossa pintakäsittelylinja säilyi testaus- ja opetusympäristönä ja toiminnot pääosin silloisen tilanteen mukaisina. Puuntyöstölaitteiden tilalle tiloihin tuli Centria Testin laitteita kuten olosuhdetestaustoiminnot ja ikkuna-ovitesterit sekä uutena palveluna märkätila IP-testaukseen (Kuva 1). Tavoitteena oli keskittyä entistä enemmän testaustoimintaan.



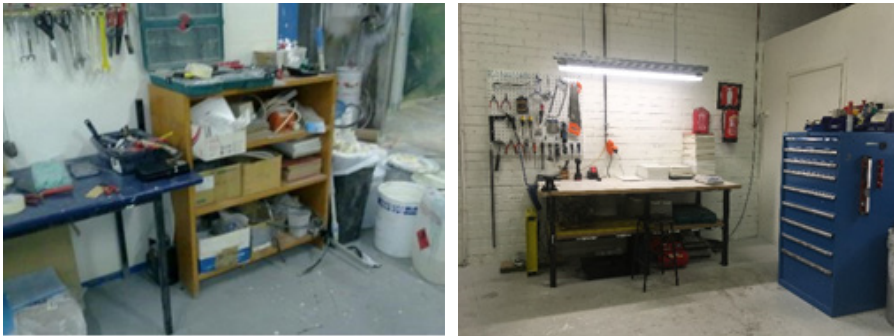
Kuva 1. Yläkuivissa Centria puutuotteen puuntyöstökoneet, alakuvassa tiloihin siirtyneet testauslaitteistot.

Tilat remontoitiin uusien toimintojen tarpeita vastaaviksi. Työstökoneista käyttöön jäi sirkkeli. Sirkkelille, hiontapisteelle ja pölynpoistoyksikölle varattiin tila pintakäsittelylinjan läheisyydes-

tä. Pintakäsittelypuolen muutoksina toteutettiin sähkövedot soluyksikköön, paineilman modifointia lisäpisteille, vesipisteen uusiminen, lamppujen lisääminen hallin työpisteille ja poistohuuvan lisääminen telakoneelle.

Hankkeen aikana toteutettiin suunnitelma halliolosuhteiden vakioinnista. Vakioinnin tavoitteena on saada testaukseen ja pintakäsittelyyn halliolosuhteet, joissa lämpötila ja kosteus ovat hallittavissa ja säädettävissä vakioiksi. Muutoksen toteutus jäi hankkeen ulkopuolelle.

Tiloissa otettiin käyttöön Leanin 5S-menetelmä, jonka tarkoituksena oli parantaa tuotannon ja toimintojen virtaustehokkuutta. Käytännössä tämä tarkoitti, että tietyssä työpisteessä on tarvittavat laitteet ja materiaalit saatavilla eikä tavaroiden etsimiseen tai paikkojen siistimiseen tarvitse käyttää aikaa (Kuvat 2 ja 3).



Kuva 2. Työskentelypiste on siirretty toimivampaan paikkaan ja tehty 5S:n mukaiset lajittelu- ja järjestelytoimenpiteet.



Kuva 3. Tilamuutosten yhteydessä materiaalivaraston tilalle siirtyi sirkkeli.

#### 4.1.2 Innovaatiot ja laitevuokraus

Hankesuunnitelman mukaisesti Puutuotteen toimitaloissa vapautettiin lattiatilaa innovaatioiden testaamiseen. Mahdollisia kone- ja laitevuokrauksia varten varattiin paikka, jossa on tarvittavat sähkö- ja paineilma- ja kytkenkennät.

Hankkeen aikana otettiin käyttöön toimintamalli, jossa laitehankinnat toteutetaan vuokrausmenettelyllä. Mallissa koneiden ja laitteiden omistaja on ulkopuolinen taho ja koneet vuokrataan määräajaksi. Vuokrauksen aikana koneilla ja laitteilla tehdään tutkimusta, lisätään asiantuntijoiden osaamista ja tuotetaan tietoa alueen yrityksille. Pysyvät investoinnit tehdään jatkossa lähinnä testaukseen ja mittaukseen liittyen.

### **4.1.3 Innovaatioympäristö**

Uusien tekniikoiden ja innovaatioiden käyttöönotto vaatii kokeilevia testauksia ja simuloiteja, jotta ne olisivat sujuvasti siirrettävissä yrityksiin. Puutuote on hankkeen aikana ottanut ison askeleen kohti todellista innovaatioympäristöä, jossa tavoitteena on luoda synergia uusimpien innovaatioiden testaukseen ja niiden siirtämiseen yritysten tuotannollisiin prosesseihin. Hankkeen aikana on uudistettu pintakäsittelylinjalta kerättävän mittausdatan valvomo ja aloitettu kehitystyö kerätyn tiedon visualisoinnin parantamiseksi.

Puutuote on osa toimijoiden verkostoa, joka pystyy nopeasti löytämään, omaksuma ja räätälöimään yritystarpeisiin sopivia ratkaisuja yritysten kilpailukyvyyn parantamiseksi ja tuotannon nopeuttamiseksi simuloiteja hyväksi käyttäen. Innovaatioympäristö on ketterä ja helposti muokkautuva kehitysalusta yritysten tarpeisiin.

### **4.2 Centria Puutuotteen uusi toimintamalli**

Centria Puutuotteen toiminta oli jatkunut usean vuoden samanlaisena. Haasteita oli erityisesti pitkien toimitusaikojen ja palvelutoiminnan kannattavuuden kanssa. Kehitystoimenpiteiden valintaan vaikutti asiakkailta saatu palaute toiminnan ja ratkaisujen hitaudesta. Asiakkaiden kokemus oli, että ratkaisut tulisi saada aikaisempaa nopeammalla syklillä. Henkilöstö puolestaan koki työn kuormittavuuden epätasaisena. Henkilöstön näkemys oli myös, että huomattava osa työajasta kului tuottamattomaan työhön kuten työn suunnitteluun ja priorisointiin. Oman työn johtaminen ja hallinta koettiin haastavaksi. Puutuotteen palveluprosessin kehittämisen haasteeksi koettiin myös se, ettei Centrialla ollut valmiina yhtenäistä toiminnanohjausjärjestelmää tai selkeitä mittaristoja asiantuntijatyön ohjaamiseen. Centria Puutuotteen käytössä oli lähtötilanteessa tuotannonohjausjärjestelmä, jota käytettiin tarjousten laadintaan ja töiden valmistumisen seurantaan. Vuoden 2016 alusta Centriassa otettiin ensimmäisen kerran yhtenäisesti käyttöön Centria ERP -järjestelmä, jolloin Centria Puutuotteen oma järjestelmä poistettiin käytöstä.

#### **4.2.1 Uuden toimintamallin kehitys – toimenpiteet hankkeen aikana**

Vuoden 2016 aikana aloitettiin uuden toimintamallin kehittäminen. Osa toimintamallin kehityksestä tapahtui puutuotteen asiantuntijoiden Lean leader -koulutuksen ohessa harjoitustyönä. Koulutuksen aikana todennettiin toiminnan nykytila ja määritettiin parannuskohteet. Parannuskohteiksi valittiin työnohjaus/ohjattavuus, työn sujuvuus, työrauha ja keskittyminen sekä keskeneräisen työn vähentäminen. Tehtyjen parannuksien ansioista asiantuntijoiden työ saatiin näkyväksi. Visualisointi havainnollisti työn vaihteluiden ja säätelyn määrän sekä toi näkyväksi työtehtävien muutoksien vaikutuksen läpimenoon ja työtehtävien suorittamiseen. Kokonaisuudessaan kehitystoimenpiteet ja mittaristo helpottivat päivittäisen työn tekemistä ja lisäsivät toiminnan suunnitelmallisuutta sekä paransivat työmotivaatiota ja työhyvinvointia. Puutuotetiimi Lean-matkalla tehokkaaseen palveluprosessiin -harjoitustyössä kehitetyt työnohjausmenetelmät ja seuranta ovat osa tulevaa toimintamallia.

Koulutuksen aikana jo tehtyjen toimenpiteiden lisäksi vuoden 2016 aikana laadittiin runko uudelle toimintamallille ja suunnitelma sen käyttöönotolle. Uuden toimintamallin tavoitteena oli helpottaa asiantuntijan jokapäiväistä työtä luomalla uusi yhteinen tapa toimia. Toimintamallin suunnitteluvaiheessa tuleva malli jaettiin seuraaviin osa-alueisiin:

- Asiantuntija tietää Centrian tavoitteet ja niistä johdetut oman toimintansa tavoitteet
- Asiantuntijalla on mahdollisuus suoriutua tehtävästään 100 % laitteiden ja tilojen puolesta
- Asiantuntijalla on mahdollisuus suoriutua annetuista tehtävistä
- Asiantuntijalla on käytössä toimiva toiminnan/työnohjaus
- Asiantuntijalla on toimiva palveluprosessi
- Toimintaa ja asetettujen tavoitteiden toteutumista seurataan

Näiden osa-alueiden pohjalta jatkettiin toimintamallin kehitystyötä.

### ***Asiantuntija tietää Centrian tavoitteet ja niistä johdetut oman toimintansa tavoitteet***

Hankkeen aikana haettiin hyvää tapaa päästä kiinni Centria ammattikorkeakoulun asettamiin tavoitteisiin ja käytännöllistä tapaa määrittää, havainnollistaa ja seurata toimenpiteitä, joilla tavoitteisiin päästään. Centria-ammattikorkeakoulu on asettanut tavoitteet Centria-ammattikorkeakoulun STRATEGIA 2018-2022 -dokumentissa (Kuva 4). Strategian ohjaamana tiimien TKI-päällikköjen johdolla laaditaan ja asetetaan vuosittaiset tavoitteet TKI-toiminnalle toiminta- ja taloussuunnitelmassa. Nämä tavoitteet jakautuvat ja näkyvät eri tiimeillä monissa eri muodoissa tai jäävät näkymättä. Yhteisten päämäärien ymmärtäminen ja Puutuotteen merkitys osana Centriaa nähdään tärkeänä. Tavoitteiden tulee näkyä tiimiin kuuluvilla asiantuntijoilla toimintaa ohjaavina viittoina. Selkeät ja kirukkaat tavoitteet auttavat saavuttamaan määränpään. Ilman ohjausta ja navigointia harva pääsee perille. Toimintamallissa haluttiin kuvata, miten Centria-ammattikorkeakoulun tavoitteet saadaan näkyviksi ja ohjaamaan omalta osaltaan Centria Puutuotteen toimintaa.



Kuva 4. Centria ammattikorkeakoulun strategia.

### ***Asiantuntijalla on mahdollisuus suoriutua tehtävästään 100 % laitteiden ja tilojen osalta***

Toimiva toimintaympäristö edellyttää toimivia työtiloja ja työlaitteita. Hankkeen aikana on kiinnitetty huomiota työntekijöiden työympäristön toimivuuteen ja työhyvinvointiin. Puutuotteen asiantuntijat ovat opetelleet vastaamaan omalla toiminnallaan työympäristön siisteydestä sekä laitteiden ja koneiden toiminnasta. Tiloja on järjestetty ja puhdistettu. Työpisteillä on huolehdittu siitä, että tarvittavat laitteet ja materiaalit ovat saatavilla. Laitteiden huollot ja huolto-ohjeiden laatiminen on aloitettu. Toimivan huolto-ohjelman kehitystyö on aloitettu. Kaikessa toiminnassa huomioidaan työturvallisuus.

### ***Asiantuntijalla on mahdollisuus suoriutua annetuista tehtävistä***

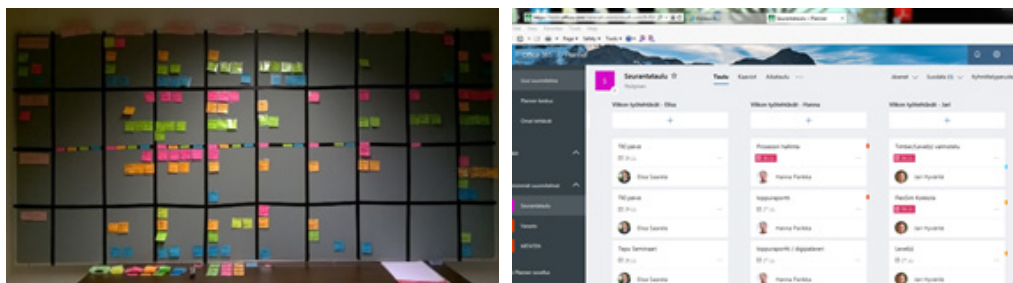
Tehtävistä suoriutuminen edellyttää yhteisten toimintatapojen laatimista ja noudattamista. Uusissa toimitavoissa on huomioitu Centrian yleiset toimintatavat ja niitä täydentämään on haettu, kokeiltu ja otettu käyttöön uusia tapoja päivittäisten tehtävien hoitamiseen. Näitä ovat

mm. palaveri- ja raportointikäytännöt, työpaja- ja parityöskentelymenetelmät sekä toimintaa helpottavien työkalujen käyttöönotto (esim. looginen viitekehys).

### ***Asiantuntijalla on käytössä toimiva toiminnan/työnohjaus***

Hankkeen aikana Centrialla on otettu käyttöön Value Frame -toiminnanohjausjärjestelmä projektien ja asiakkaiden hallintaan. Centria Puutuotteessa ei ole kuitenkaan löydetty kyseisen järjestelmän kautta käytännöllistä tapaa laatia ja ohjata asiantuntijan viikkotason työkuormaa. Monien kehitysvaiheiden tuloksena päädyttiin kokeilemaan työnohjauksessa ja suunnittelussa Microsoft Planner sovellusta (Kuva 5). Planner sovellukseen luotu ”Seurantataulu” niminen suunnitelma toimii ohjaustaulupohjana.

Toimivalla toiminnanohjauksella helpotetaan asiantuntijan työn suunnittelua, ohjausta ja päätöksen tekoa. Työsuunnittelussa hyödynnetään seurantataulua, jolle viikkosuunnitelmaa luodaan. Seurantataululla on asiantuntijoiden resurssivarausten mukaan määritetty viikoittaiset työt hankkeille, palvelutoiminnalle ja mahdolliselle koulutuksille. Seurantatauluun merkattu viikkosuunnitelma on asiantuntijan työjono. Työsuunnittelun periaatteena on First In First out -menetelmä. Tulosten kirjaukseen ja seurantaan ei ole vielä vakiintunutta toimintatapaa.



Kuva 5. Seurantataulun kehitysvaiheita.

### ***Asiantuntijalla on toimiva palveluprosessi***

Toimiva palveluprosessi edellyttää työohjeiden laatimista, osaamisen jakamista niin, että joka palvelua voi toteuttaa vähintään kaksi asiantuntijaa, uusien palveluiden tuotteistamista sekä myynnin kehittämistä. Centria Puutuotteen toiminta koostuu palvelu- ja hanketoiminnasta sekä koulutuksesta. Palvelutoiminta käsittää asiakkaille myytäviä tuotantoteknologian painoalan mukaisia palveluita. Painoala keskittyy mm. puu- ja rakennustuoteteollisuuden tuotantoteknologioiden ja -prosessien sekä laadun kehittämiseen. Hankkeen aikana toimivaa palveluprosessia edistävinä toimenpiteinä on aloitettu työohjeiden laadinta ja olemassa olevan osaamisen jakaminen henkilökunnan kesken. Henkilökunnan osaamista on lisätty tarvittaessa ulkopuolisin koulutuksin.

### ***Toimintaa ja asetettujen tavoitteiden toteutumista seurataan***

Asetettuihin tavoitteisiin pääsemiseksi on toimintaa seurattava. Hankkeen aikana tavoitteena on ollut ja on edelleen ottaa käyttöön toimintaa ohjaavaa ja parantavaa mittautusta. Näin löydetään mahdolliset haasteet ja parannuskohteet sekä ymmärrys prosessista kasvaa. Seurantaan kehitetään edelleen toimivaa mittaristoa, jolla voitaisiin seurata tavoitteiden toteutumisen lisäksi mm. palveluiden läpimenoaikaa ja palveluille tehtyjen työtuntien määrää. Seurantatietoa kerätään viikoittain ja toiminnan tilanne tullaan käymään läpi kuukausittain pidettävissä palaverissa. Tarvittaessa kuukausipalaverissa päätetään korjaavista toimenpiteistä tavoitteisiin pääsemiseksi.

#### 4.2.2 Toimintamallin käyttöönotto ja ylläpito

Hankkeen aikana luotiin toimintakäsikirja. Toimintakäsikirjaan kuvattiin sen hetkinen tapa toimia ja käytössä olevat käytänteet. Toimintamallin kehitys ei lopu hankkeen loppumien myötä, koska tarkoitus on jatkaa oman toiminnan kehittämistä jatkuvan parantamisen menetelmin. Uusia hyväksi havaittuja käytänteitä tullaan ottamaan käyttöön asteittain ja sisällyttämään asiantuntijoiden arkeen. Centria Puutuotteella on edelleen tahtotila helpottaa ja selkeyttää asiantuntijoiden jokapäiväistä työtä löytämällä uusia käytännöllisiä tapoja toimia ja toteuttaa päivittäisiä työtehtäviä niin, että asiantuntijoiden oman työn johtaminen ja hallinta helpottuvat ja he kokevat työnsä merkityksellisyyden.

#### 4.3 Laitetestausta vuokraamalla

Hankkeen aikana kehitetyssä uudessa toimintamallissa Centria vuokrasi laiteuutuuksia määräkokoisiksi jaksoiksi. Uusien innovaatioiden käyttöönotossa hyödynnettiin mallia, jossa uusia tekniikoita testattiin nopeasti simuloineilla. Vuokrauksen aikana laitteilla tehtiin tutkimusta ja testausta, syvennettiin Centrian asiantuntijoiden osaamista sekä tuotettiin tietoa laitteiden toiminnasta ja soveltuvuudesta teollisiin prosesseihin.

##### 4.3.1 Toimintamalli

###### *Kiinnostavien vuokralaitteiden löytäminen*

Laitevuokrauksen tavoitteena oli lisätä alueen yritysten tietoisuutta uusista innovaatioista (uudet menetelmät, tekniikat, toteutustavat jne.) tuomalla niitä Centria Puutuotteen tiloihin testattavaksi ja tutkittavaksi. Laitteiden haluttiin olevan yritysten toimintaa tukevia ja sellaisia, että yritysten investointikynnys madaltuisi Centrian toteuttamien alkutestien ja käyttöönotto-kokeilujen perusteella.

Hankkeen aikana selvitettiin suomalaisten laitetoimittajien/maahantuojien näkemyksiä uutuuslaitteista sekä vierailtiin erilaisilla messuilla ja tapahtumissa haistelemassa uusia tuulia tekniikkapuolella. Suurempien laitteiden kuten esimerkiksi uutta tekniikka sisältävän kuivau-suunien tuominen testattavaksi Centrian tiloihin koettiin haastavaksi kahdesta syystä. Investoinneissa yhä useammin laite räätälöidään asiakkaan tarpeen mukaan. Jos tällainen räätälöity kone tuodaan testattavaksi uuden tiedon tuottamiseksi, on riskinä, että toteutetusta tekniikasta leviää liian paljon tietoa kilpailijoille. Toisaalta, jos laitetta ei räätälöidä asiakastarpeen mukaan, on riskinä, että laitteelle ei ole ostajaa vuokrausjakson jälkeen ja se jää laitetoimittajan käsiin.

Selvitysten perusteella todettiin, että parhaiten vuokraukseen soveltuivat pienemmät kokonaisuudet kuten mittalaitteet tai yksittäiset tekniset ratkaisut. Messut osoittautuivat parhaaksi tavaksi löytää tietoa uusista tekniikoista ja menetelmistä (Kuva 6).



Kuva 6. Saksan messuilla.

### ***Vuokralaitteiden valinta***

Messulöydöistä keskusteltiin hankkeen ohjausryhmissä ja näiden keskustelujen pohjalta tehtiin valinnat vuokrattavista laitteista. Ohjausryhmässä oli jäseninä niin laitetoimittajan, maalivalmistajan kuin tuotannollisen yrityksen edustajia, joten valinnassa huomioitiin kattavasti koko toimialan näkemys. Valinta perustui selvityksiin laitteiden toimintaperiaatteesta, soveltuvuudesta teollisiin prosesseihin, referensseistä ja kustannuksista.

Hankkeen aikana vuokrausvaihtoehtoja olivat erilaiset mittalaitteet kalvonpaksuuden mittaamiseen, NIR-kuivauslamput pintakäsittelyaineiden kuivauksen tehostamiseen, mittalaitteet ruiskuviuhkan seurantaan sekä laitteet ruiskutuksen hajotusilman käsittelyyn.

Testattaviksi valikoitui lopulta ranskalaisen Enovasensen mittalaite kalvonpaksuuden mittaamiseen ja espanjalaisen Sagolan laite ruiskutuksen hajotusilman lämmitykseen. Molemmat laitteet olivat testattavana kuukauden ajan.

### ***Vuokratoimintamallin toteutus***

Hankkeessa kehitetty toimintamalli toteuttaa laiteinvestointeja vuokrausmenetelmällä todettiin toimivaksi ratkaisuksi erityisesti mittalaitteiden ja pienempien teknisten ratkaisujen osalta. Suuret laitekokonaisuudet kuten kuivausunit vaativat vielä toimenpiteitä sopivan konseptin löytämiseksi. Mallin toteuttamista ja kehittämistä tullaan jatkamaan Centria Puutuotteen toiminnassa myös hankkeen jälkeen.

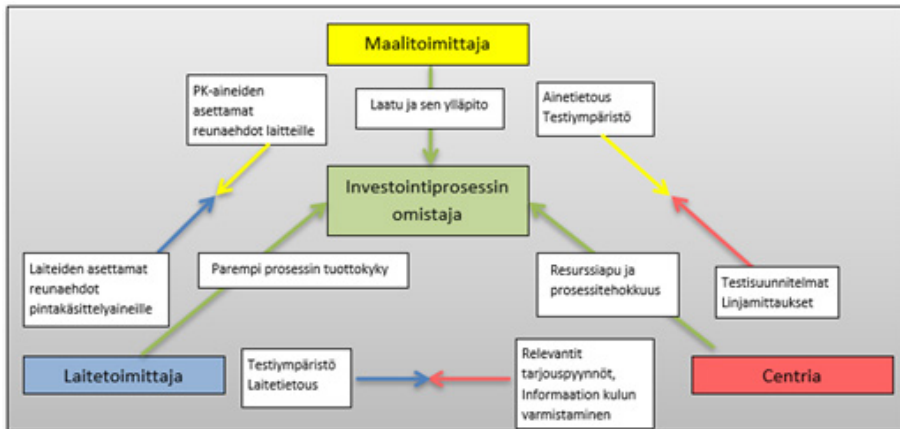
Vuokrauksen käytännön toteutuksessa tulee kiinnittää huomiota ainakin

- Sopimusten laatimiseen; laitteet ovat kuitenkin laitevalmistajan omaisuutta ja vain kokeilutavana vuokraajan tiloissa.
- Asennuksen helppouteen; mitä paremmin asennus/käyttöönotto on valmisteltu etukäteen, sitä nopeammin laitetta päästään käyttämään. Tämä korostuu erityisesti lyhyillä vuokrausjaksoilla.
- Testaussuunnitelman laadintaan; hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Testaussuunnitelmalla varmistetaan, että testeissä toteutetaan tarvittavat vaiheet. Jos suunnitelma on osattu tehdä riittävän laajasti ja siinä on huomioitu asiat riittävän kattavasti, varmistetaan testien parempi onnistuminen.

## **4.4. Investointiapupalvelu**

Investointiapupalvelun kehittämisen taustalla oli vuonna 2014 toteutettu Tehokkaat innovatiiviset pintakäsittelyprosessit -hanke. Tämän hankkeen yhteydessä laadittiin Puutuotteelle vii-

den vuoden toimintasuunnitelma, jonka yhtenä osa-alueena olivat innovaatioiden testausympäristön ja investointien kokonaisoptimointimalli. Investointiapupalvelun tavoitteena oli saada pintakäsittelyinvestointeihin liittyvien osapuolten yhteistoiminta sujuvammaksi kuin nykyisin, ja siten tehostaa projektien läpivientiä (Kuva 7). Samalla tavoitteena oli edistää yrityksille tärkeitä asioita kuten laatua, kapasiteettia ja tehokkuutta. Toimintakenttä on investointien yhteydessä melko haastava, koska toimijoita on useita: investoiva yritys, laitetoimittaja ja maalitoimittaja. Tästä syystä yhteistoiminta ei ole välttämättä sujuvaa ja ongelmatonta.



Kuva 7. Investointiapupalvelun kolmikanta investoivan yrityksen tueksi.

Aikaisemmin kerätyn tiedon pohjalta investointiapupalvelua ryhdyttiin suunnittelemaan siten, että sitä voitaisiin tarjota palvelutuotteena eri muodoissa yrityksille, maalitoimittajille ja laitetoimittajille. Palvelun lähtökohta oli toimijoiden saama hyöty projektin eri vaiheissa: ennen investointia, investoinnin aikana, investoinnin käyntiinajossa ja sen jälkeen tuotantoajossa. Mahdollisina tarjottavina palveluina nähtiin investointitarpeen määrittäminen ja simulointi, kapasiteetilaskenta, ennakkotestaukset maaleille ja menetelmille, layoutsuunnittelu, nollamittaukset, resetoimintapalvelu (nolla-arvojen palauttaminen) ongelmatilanteissa sekä huolto- ja kunnossapito-ohjelman laatiminen.

Hankkeen aikana tehtyjen selvitysten mukaan niin laitetoimittajat, maalivalmistajat kuin investoivat yrityksetkin olivat kiinnostuneita palvelusta. Käytännössä yhteistyötä oli kuitenkin haastavaa toteuttaa. Suurimpana haasteena oli toimivan kustannusmallin löytäminen. Nykyisellä käytännöllä, jossa laitetoimittaja ja maalivalmistaja tarjoavat omaa osaamistaan myynnin tueksi, yrityksille ei tule kustannuksia selvitystyöstä investointivaiheen suunnittelun aikana. Ainakaan toistaiseksi Centrian investointiosaamista ja puolueettomuutta ei koettu niin merkittäväksi tekijäksi, että kaikki osapuolet olisivat olleet valmiita maksamaan Centrian toteuttamista palveluista. Tästä johtuen investointien tukemiseksi päädyttiin tarjoamaan omia palvelukokonaisuuksiaan eri toimijoille.

#### 4.5 Prosessin hallinta

Hankkeen aikana todettiin sekä yritysten että Centrian pintakäsittelyn ruiskutusprosessien olevan epästabiliileja. Prosesseissa olevalla suurella vaihtelulla oli vaikutus prosessien hallintaan käytettäviin mittasuureisiin. Ruiskutuksen vakioinnista tuotettiin testattua tietoa tutkimalla mm. virtausmittarin soveltuvuutta ruiskutusprosessin vakiointiin.



#### 4.5.1 Ruiskutuksen vakiointi

Ruiskutuksen vakiointi on yksi kriittisimmistä osa-alueista teollisen pintakäsittelyn prosessin hallinnassa ja sen muuttujien hallinta on merkittävässä roolissa. Muuttujien määrä on suuri, joten hallittavaakin on paljon. Jos haluttuun pinnanlaatuun päästään esimerkiksi  $150 \text{ g/m}^2$  levitysmäärällä, jo  $30 \text{ g/m}^2$  pienempi levitysmäärä aiheuttaa visuaalisesti todettavissa olevaa laadun heikkenemistä. Jos pinnalle levitetään sama  $30 \text{ g/m}^2$  ylilevitystä, ei se aiheuta visuaalisesti laadullista ongelmaa, jos kuivauksessa on riittävä kapasiteetti. Ylilaatu aiheuttaa kuitenkin tuntuvia lisäkustannuksia maalin kulutuksen kasvuna. Vähäiseltä tuntuva  $30 \text{ g/m}^2$  heitto aiheuttaa vuositasolla merkittäviä kustannuksia, jos pintakäsittelyn neliömäärä on satoja tuhansia. Ylilevityksellä on myös vaikutus kuivumisprosessiin. Kiinnitarttumisen riski kasvaa, jos levitysmäärä ylittää laskennallisen kuivauskapasiteetin. Vakioimalla toimintoja, saadaan prosessille luotettavuutta ja ongelmien ratkaisu helpottuu.

##### ***Pohjamateriaali***

Onnistuneen pintakäsittelyprosessin perusedellytys on vakioitu pohjamateriaali. Pohjamateriaalin virheet eivät peity pintakäsittelyssä, vaan pintakäsittely korostaa niitä. Pohjamateriaalin laatuun ja työstöön on oltava omat seurantajärjestelmänsä. Pohjamateriaalin vakioinnin on perustuttava mittaukseen ja sen dokumentointiin sekä seurantaan. Jos pintakäsittelyyn päätyy laadullisesti riittämätöntä pohjamateriaalia, sen vaikutuksia pinnanlaatuun on vaikea todentaa. Esimerkiksi MDF-levyn pintakovuus saattaa vaihdella ja sillä on ratkaiseva merkitys pintakäsittelyprosessin onnistumiselle.

Sama koskee pohjamateriaalin työstöjä ja käsittelyä yleensä. Pohjamateriaalin hionnalla on suuri merkitys pinnanlaatuun. Hionta kuuluukin vakioitavien asioiden piiriin, sillä tasainen hiontajälki on edellytys laadukkaalle pintakäsittelylle. Hionnan vakioinnissa on oleellista hiontapapereiden vaihtovälien määrittäminen. Samoin levytavarain väliin jäävät roskat, naarmut ja muut työstövirheet eivät peity pintakäsittelyssä, joten niiden syntyminen pitää ehkäistä ja prosessissa eteneminen pysäyttää.

##### ***Pintakäsittelyaineet***

Pintakäsittelyaineiden toimivuus todetaan yleensä parametrijossa, jossa määritetään levitysmäärät ja kuivausolosuhteet. Nämä arvot tulee dokumentoida tarkasti. Nämä arvot ovat kulmakivenä prosessin vakioinnille. Pintakäsittelyaineiden puhtaus ja viskositeetin stabiilius ovat tärkeässä osassa ruiskutuksen vakiointia.

Pintakäsittelyaineen lämpötilan vaikutus viskositeettiin ja täten levitysmäärään on merkittävä. Prosessin muuttumisen estämiseksi linjoissa, joissa pintakäsittelyainetta palautuu ruiskutuksen jälkeen takaisin pintakäsittelyprosessiin kierrätettynä, on oltava tarkat ohjeistukset aineen puhdistukseen ja kierrätetyn maalin sekoitukseen. Jos pintakäsittelyaineet sekoitetaan aina saman kaavan mukaan ja kierrätysmaalin sekoitussuhteet ovat vakiot, pystytään hallitsemaan sekoitetun maalin viskositeettiä.

Lämpötilalla ja viskositeetilla on merkittävä vaikutus ainesuuttimien toimintaan ja viuhkan muodostukseen. Lämpötilan muutosten vakiointi ei tarkoita pelkästään halliolosuhteiden vakiointia. On huomioitava, että talvella pintakäsittelyaineet saattavat kylmetä huomattavasti kuljetusten aikana ja aineen hallilämpötilaan tasaantuminen voi kestää useita päiviä. Tämä pitää huomioida pintakäsittelyaineiden käyttöönotossa.

## ***Ilmanpaine***

Toimiva pintakäsittelyprosessi vaatii puhtaan ilman. Ilmanpaineessa saattaa esiintyä epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi vettä tai öljyä. Kompressorin huolto sekä veden/öljyn erottimien toiminta pitää varmistaa laadukkaana prosessin saavuttamiseksi. Ruiskutusilmaan päässyt öljy aiheuttaa suuria ongelmia pintakäsittelyssä. Ongelma on ilmetessään haasteellinen, minkä vuoksi sen ennaltaehkäisyyn kannattaa panostaa.

## ***Aineensiirtomenetelmät***

Aineensiirto tapahtuu käytettävästä pintakäsittelyaineesta riippuen kalvo- tai korkeapaine-pumpulla. Pumpun paineen vakiointi on yksi kulmakivistä prosessin laadunhallinnassa. Pumpun on oltava sopiva prosessiin ja käytettävään pintakäsittelyaineeseen. Aineensiirtoletkujen pitää olla moitteettomassa kunnossa ja mitoitettu oikein. Huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet tulee mitoittaa siten, että ennakoivalla huollolla ennaltaehkäistään kulumisesta tai tukkeutumisesta syntyviä prosessiin vaikuttavia tekijöitä.

Yksi helpoimmista vakioinnin kohteista on pumpun paine. Toimintavarma ja hyvin huollettu pumppu antaa aina saman paineen linjastoon ja mahdollistaa prosessin toistettavuuden ja tasaisen pintakäsittelylaadun. Pumpun toimintaperiaatteesta johtuen levitysmäärää säädettyä tulisi huomioida pumpunpaineen vaihteluväli. Todellinen levitysmäärä voi olla huomattavasti suurempi, jos levitysmäärän tarkistuskappaleen ruiskutus osuu pumpun pienimmän tuoton vaiheeseen. Letkujen kunto ja niiden puhtaus mahdollistavat tasaisen virtauksen. Linjastojen huuhtelu ja aineensiirtoletkujen vaihto pitää ottaa huomioon huolto- ja kunnossapitosuunnittelussa, jotta vakiointi on mahdollista.

## ***Ruiskutuspistoolit***

Pistoolien kulmat ja etäisyys kappaleesta kuuluvat vakioinnin kulmakiviin. Ruiskun etäisyys kappaleesta on oltava oikea viuhkakuvion toimivuuden ja täten tasaisen pintakäsittelytuloksen saavuttamiseksi. Ruiskun kulma kelkassa on oltava oikea samasta syystä. Jo muutamien asteiden heitto aiheuttaa päällekkäisyyttä tai vajautta levityksessä, tämä heikentää laatua ja vaikuttaa kuivumiseen. Kulmien säädöt ja niiden lukitukset tulee varmistaa, jotta ollaan askel lähempänä toimivaa pintakäsittelyprosessia.

Käyttäjakohtaisten muutosten, kuten esimerkiksi suutinkulmien hallintaan pitää löytää varmenne, millä suuttimen puhdistuksen yhteydessä kulman muutos ehkäistään. Myös ainesuuttimien kunto ja niiden seuranta on yksi huomioitava seikka. Kuluneet ainesuuttimet aiheuttavat epätasaisen levityksen. Suuttimien vaihtoväli riippuu käytettävän pintakäsittelyaineen kuiva-ainepitoisuudesta sekä käytetystä ainepaineesta. Pistoolien kuluminen ja niistä johtuvat laatuvirheet pitää ehkäistä vakioimalla huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Tähän päästään noudattamalla valmistajan ohjeita ja omalla seurannalla. Huollon pitää olla ennaltaehkäisevää eikä korjaavaa huoltoa.

## ***Ilman taseet***

Ruiskutuskammion taseiden hallinnalla ehkäistään pintakäsittelyvirheiden syntymistä. Epätasapainossa olevat poisto- ja korvausilmat aiheuttavat ruiskutuspölyn kulkeutumista kuivausprosessiin tai koneen rakenteisiin, mistä ne siirtyvät pintakäsitteltyjen kappaleiden pintaan. Puhdistuskohteiden ja toimenpiteiden määrittäminen sekä vakioiminen ja niiden pohjalta tehdyn työmääräimen noudattaminen auttavat taseiden hallinnassa. Suodattamiin kertyvä pöly tulee poistaa imuroimalla. Käyttämällä paineilmaa ongelma ei poistu, vaan pöly siirretään vain paikasta toiseen. Suodattamien puhdistus/vaihtoväli tulee vakioida.

### ***Pintakäsittelijä***

Teollisessa ruiskutuksessa vaikein vakioitava muuttuja on pintakäsittelijä. Pintakäsittelijän tulisi olla koulutettu, motivoitunut ja omata tieto kokonaisprosessista ja sen muuttujista. Lisäksi hänen on ymmärrettävä seurannaisvaikutukset. Kun jotakin prosessin osa-aluetta muutetaan, ovat sen vaikutukset kauaskantoisemmat kuin pelkkä säätö. Esimerkiksi jos hajotusilman määrää lisätään suuttimen piirtojaljen korjaamiseksi, vaikuttaa se myös levitysmäärään ja pölynhallintaan. Hajotusilman lisäämisestä johtuvan levitysmäärän pienenemisen takia joudutaan pumpun painetta nostamaan. Tällöin taas maalinkulutus kasvaa ja suodattamien sekä ruiskutuskammion puhdistustarve kasvaa. Seurannaisvaikutusten takia ongelma tulisi poistaa vakioituihin säätöihin koskematta lumipalloefektin välttämiseksi.

### ***Yhteenvedo***

Teollisen ruiskutuksen hallinta on yksinkertainen asia. Vakioidun pohjamateriaalin laadun ja työstöjen hallintaan on selkeät laatukriteerit, joita noudatetaan. Pintakäsittelyaine on vakioitu laadullisesti ja sen viskositeetti ja lämpötila ovat vakiot. Aineensiirtojärjestelmä on luotettava ja pumpun paine on vakioitu. Ruiskutuspuistoolit on säädetty tasa-arvoisiksi ja niissä on sopivat ruiskutuskulmat. Suuttimet on oikein valittu niin viuhkan leveyden kuin koon mukaan. Ruiskutuskammion taseet on säädetty optimaaliseksi ja koko prosessia ruokitaan puhtaalla paineilmailla. Ja ennen kaikkea koko prosessi lepää hyvän työohjeistuksen ja prosessia ylläpitävän huolto- ja kunnossapito järjestelmän päällä.

### **4.5.2 Harjoitustyö levitysmäärän hallinnasta**

Centrian pintakäsittelylinjalla tehtiin opiskelijatyönä pintakäsittelyprosessin hallintaan ja vakioituihin liittyvä harjoitustyö. Harjoitustyön tarkoitus oli selvittää eri muuttajien vaikutus levitysmäärään ja sen hallintaan. Harjoitustyössä tutkittiin kuljettimen ja traverssin liikenopeuden vaikutusta vakioitavaan levitysmäärään huomioiden samanaikaisesti ainesuutinten ja pumpunpaineen vaikutus. Harjoitustyön perusteella oli tarkoitus luoda kaava, jonka avulla voidaan määrittää helposti millä edellä mainittujen muuttajien asetusarvoilla päästään haluttuun levitysmäärään. Kaavan tarkoitus on helpottaa säätämään oikea levitysmäärä mahdollisimman vaivattomasti tilanteissa, joissa haluttu levitysmäärä muuttuu nopealla syklillä.

### ***Harjoitustyön kuvaus***

Centrian Cefla Easy -ruiskuautomaatti toimi harjoitustyön testausalustana. Ruiskuautomaatissa on paperinen kuljetin. Ruiskutukseen käytettiin neljää Kremlin Rexson ATX automaattipistoolia, jotka olivat sijoitettuna yhteen traverssikelkkaan. Ruiskutusennakot kappaleen pintakäsittelyyn tulivat automaattisesti ruiskutusohjelmasta ja työkappaleen luku tapahtui valoverhokennostolla. Automaattipistoolit asetettiin valmistajan suositusarvoihin. Automaattipistoolien sivuharituskulmana käytettiin 55° ja pystykulmana 45°. Ainesuuttimen etäisyys oli 25 cm maton pinnasta, jolloin viuhkan leveys kuljettimella oli 32 cm. Levitysmääriä testattiin neljällä eri ainesuutinkoolla (09.152-20.152) ja kolmella eri maalin viskositeetilla.

Perustestissä käytettiin Kremlin Rexonin MVX ilmasuutinta numeroa 14 ja ainesuutinta numero 12.152+. Linjalle suoritettiin ennen testiä tarkistustoimenpide, joka käsitti pistoolikulmien asetusten tarkistusmittaukset, pistoolikohtaiset ainemäärän punnitukset (Taulukko 1) sekä viuhkan leveyden ja pistoolikulmien tarkistukset paperikuljettimen piirtokuvioista (Kuva 8). Tarkistustoimenpiteen lopuksi ruiskutettiin kuljetinmatolle viuhkakuvio pistoolien tasaisen levityskuvion todentamiseksi yhdellä pistoolilla ilman hajotusilmaa (Kuva 9), yhdellä pistoolilla hajotusilmalla (Kuva 10) ja kahdella pistoolilla hajotusilmalla (Kuva 11).

Teknol 1881				
pistol angle	55			distance 25 cm
nozzle angle	45			fan width 32 cm
viscosity	about 40			tip number 12
temperature of paint	16,9 C			
pressure of pump	1.6 bar			
Amount of paint in 10 seconds (g) in every pistol				
pistol	1	2	3	4
	78,47	74,38	77,72	80,27
	79,67	71,98	78,09	82,89
	74,05	74,63	78,90	77,97
average	77,40	73,66	78,24	80,38

Taulukko 1. Pistoolikohtaiset levitysmäärät ja keskiarvo



Kuva 8. Pistoolikulmat ja viuhkan leveydet.



Kuva 9. Yhden pistoolin viuhkan piirtojälki matolla, veto ja työntö, ilman hajotusilmaa

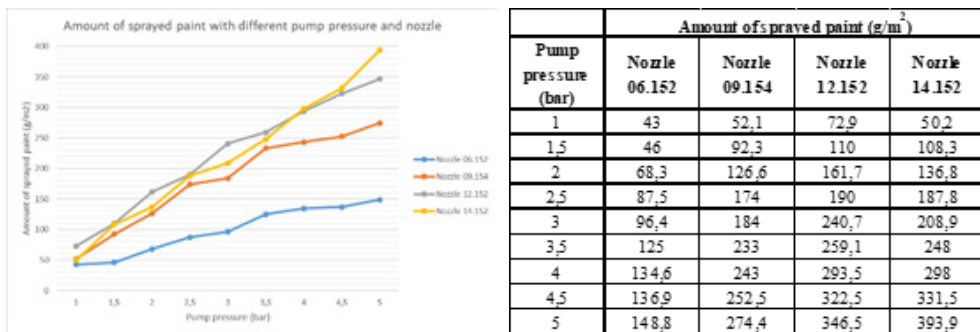


Kuva 10. Yhden pistoolin levitys hajotusilmalla.



Kuva 11. Kahden pistoolin viuhkojen peittävyys.

Varsinaisen testin perusteella oli tarkoitus koostaa taulukko levitysmäärän hallintaan. Taulukon tarkoituksena oli helpottaa levitysmäärän säätämistä esimerkiksi testaus tilanteessa, kun suutinkoko tai pintakäsittelyaine vaihtuu. Testissä pintakäsiteltiin testikappale 0,5 bar pumpunpaineen nostolla neljällä ainesuutinkoolla levitysmäärän muutosten selvittämiseksi (Kuva 12).

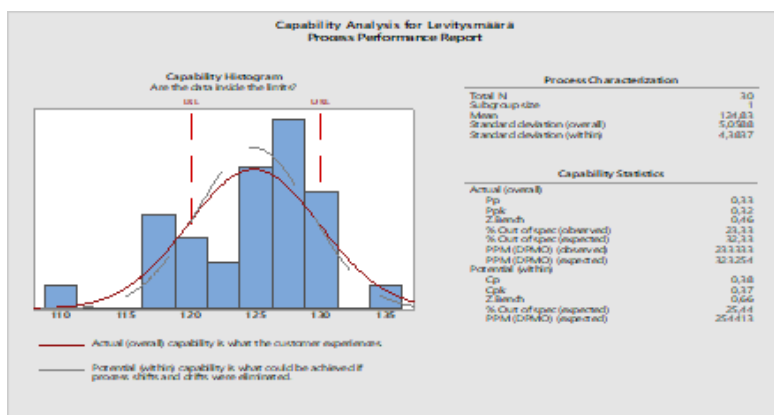


Kuva 12. Levitysmäärän muutos eri pumpunpaineilla ja suuttimilla.

Pumpulle pyrittiin löytämään painearvot, joiden avulla päästään suuttimen vaihtuessa yhdellä säädöllä takaisin asetettuun levitysmäärätavoitteeseen. Pumpua oli testin aikana vaikea säätää riittävän tarkasti. Samoilla pumpun asetusarvoilla saattoi levitysmäärä vaihdella huomattavasti yli tai ali asetetun tavoitearvon. Testauksen perusteella todettiin pumpun vaihteluvälin mittaamiseen ja vakiointiin tarvittavan toimenpiteitä. Pumpun säätämisen helpottamiseksi ja virtauksen vaihtelun seuranta varten pumpun ja aineletkun väliin asennettiin nestepainemittari. Painemittarista voitiin havainnoida muutokset letkupaineessa pumpun työtahdin aikana. Painemittari ei kuitenkaan auttanut levitysmäärän vakiointiin.

### Näytekoko

Testeissä käytetty punnitusmenetelmä on yleisin ja yleensä ainut työkalu, mitä levitysmäärän todentamiseen yrityksissä käytetään. Suoritetussa testissä havaittiin yksittäisen punnituskappaleen käytön epäluotettavuus. Testeissä käytettävä luotettavan näytemäärän tarve arvioitiin MINITAB -ohjelman avulla. Ohjelmalla tehdyn analyysin perusteella prosessin vaihtelusta johtuen luotettavan tuloksen näytemäärällä 6 päästään 88 % luotettavuuteen  $\pm 10$  g tarkkuudella. Jos halutaan päästä  $\pm 5$  g tarkkuuteen, näytteitä tarvitaan jo 16. Kuvassa 13 on esimerkki levitysmäärän vaihtelusta vakioruiskutusarvoilla, kun näytekappaleita oli 30.



Kuva 13. Levitysmäärän vaihtelu vakioruiskutusarvoilla.

Harjoitustyön tuloksena levitysmäärän säätöarvojen todentamiseen todettiin tarvittavan luotettavaa mittaamenetelmää, jotta säätötalukset ja kaavat pystyttäisiin luomaan. Pintakäsittelyprosessiin hankittiin Rheonik RHE 26 –virtausmittari ainevirtauksen ja levitysmäärän todentamiseen. Virtausmittarin avulla oli tarkoitus avata uusia näkökulmia ruiskutusprosessista ja sen hallinnasta.

#### 4.5.3 Virtausmittari prosessin hallinnassa

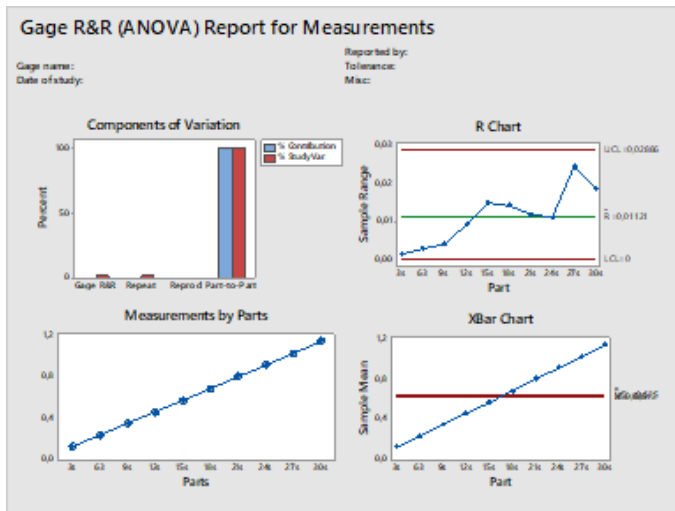
##### *Rheonik RMH 08 Coriolis -massavirtausmittari*

Rheonik RMH 08 Coriolis massavirtausmittari on tarkoitettu nestemäisen virtauksen mittaamiseen aineensiirtomenetelmistä. Mittarin mittausalue on 0,3-50 kg/min, jolla pystytään mittaamaan prosessissa liikkuvat pienetkin massat. Coriolis-voimaan perustuvalla värähtelytaajuusmittarilla päästään 0,1 % tarkkuuteen mittaoslukemasta. Mittalaitteen 1254 bar maksimipaine mahdollistaa mittalaitteen käytön korkeapainepumpun tuoton mittauksen. Kyseisessä mittarissa ei ole automaattista tiheyden mittausta. Tiheys on asetettava laitteelle manuaalisesti käytettävän pintakäsittelyaineen tiheyden mukaan. Mittarissa on yli 200 mittaustoimintoa, joilla prosessia voidaan tutkia. Virtausmittarin ensimmäinen koekäyttö suoritettiin liittämällä virtausmittari kalvopumpun ja yksittäisen pistoolin muodostamaan aineensiirtojärjestelmään. Järjestelmällä ajettiin erilaisia testisarjoja, joissa tallennettiin virtausmittarin näyttämä mitauslukema ja todennettiin sen paikkansapitävyys punnitusten avulla. Tulokset analysoitiin MINITAB-ohjelmiston avulla. Tulosten perusteella todettiin virtausmittarin antavan luotettavia mittauservoja.

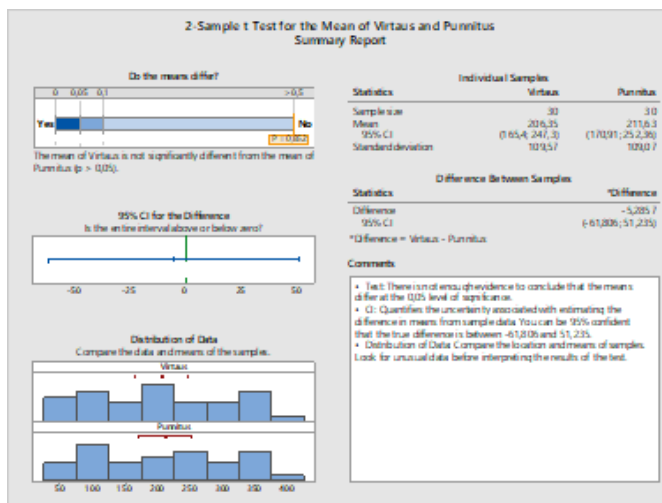
##### **Mittauksen luotettavuus**

Seuraavassa vaiheessa virtausmittari kytkettiin Centrian ruiskuautomaatin korkeapainepiiriin pumpun ja ruiskujen väliin. Ensimmäiseksi virtausmittarilla ajettiin mittausten luotettavuuden arviointia (Gage R&R -testi) varten 10 näytteen sarja, joissa näytteiden ruiskutuksen kesto vaihteli välillä 1-10 s. Mittauksista tehtiin kolme toisintoa. Kuvassa 14 on esitetty luotettavuuden arvioinnin tulokset. Virtausmittari todettiin luotettavaksi menetelmäksi arvioida pintakäsittelyaineen pumpun jälkeistä virtausta. Luotettavuuden arvioinnin yhteydessä punnittiin testisykliä aikainen pistoolien tuottama ainemäärä, joiden perusteella todennettiin virtausmittarin ja punnituksen välinen mittausero. Tulosten analysointi on esitetty kuvassa 15. Mittaustavat eivät eronneet analysoinnin mukaan oleellisesti toisistaan. Mittausmenetelmien keskiarvon

välillä ei ollut oleellista eroa (206,35 g ja 211,63 g) sekä standardihajonnan arvo oli molemmilla mittaustavoilla lähes sama (109,57 g ja 109,07 g).



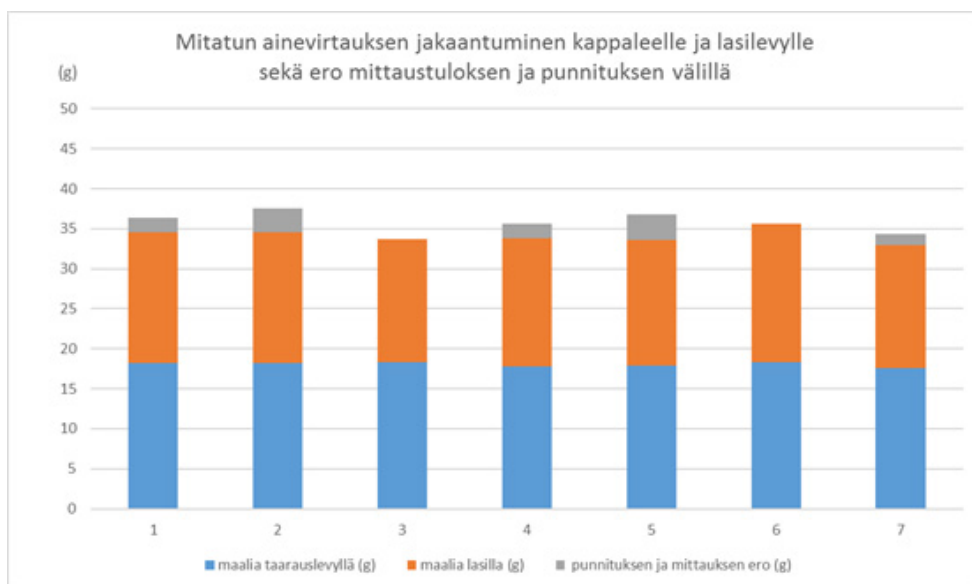
Kuva 14. Virtausmittauksen luotettavuuden arviointi.



Kuva 15. Virtausmittaustulosten ja punnitustulosten eron vertailu.

#### 4.5.4 Levitysmäärän hallinta virtausmittarilla

Jotta virtausmittarilla olisi mahdollista seurata todellista levitysmäärää, tuli ohiruiskutuksen määrä saada selville kokonaislevitysmäärästä ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Ohiruiskutuksen selvittämiseksi hankittiin lasilevyjä, joiden päällä punnituskappale oli ruiskutuksen aikana. Lasilevy mahdollisti ohiruiskutuksen punnitsemisen, koska ruiskuautomaatin valosilmä ei havainnut lasilevyä. Ennakot oli asetettu niin, että lasilevyiltä voitiin punnita ohiruiskutuksen määrä. Virtausmittarin dataa ja punnitusmääriä analysoimalla saatiin ensimmäisiä suuntavia tuloksia ohiruiskutuksen osuudesta kokonaislevitysmäärästä ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) (Kuva 16).



Kuva 16. Lasilevyille ohiruiskutetun maalimäärän osuus kokonaislevitysmäärästä (g).

Tehokas puuteollisuus -hankkeessa alkanutta virtausmittarin hyödyntämisen tutkimusta jatketaan Centrian Tuotantoprosessien vakautus MITATEN -hankkeessa. Lisämateriaalin kertyessä tulokset tarkentuvat ja niitä voidaan hyödyntää ruiskutusprosessin hallinnassa. Tavoitteena on sijoittaa mittalaite yritysten prosesseihin lisämittaustiedon saamiseksi, jota analysoimalla voidaan yrityksen ruiskutusprosessia säätää ja levitysmäärää hallita.

Ruiskutusprosessi on monisyinen kokonaisuus, jonka hallinta vaatii prosessin tuntemusta monelta osa-alueelta. Helpoin tie on prosessin vakiointi, joka vaatii mittausta ja mittaustiedon analysointia. Centrian tulevilla hankkeilla pureudutaan luotettavan mittaustiedon ja sen analysoinnin tutkimukseen. Hankittujen ja tulevaisuudessa hankittavien mittalaitteiden avulla pilkotaan prosessin vakioitavia osa-alueita pienimmiksi ja helpommin hallittaviksi. Tavoitteena on mitatun tiedon visualisointi innovaatioalustaan, jossa mittaustiedon avulla voidaan hallita prosessia.

#### 4.6 Puutuotteen roolin kohottaminen puualan tutkijana ja kehittäjänä

Centria Puutuote on ollut toiminnassa vuodesta 1997 ja sen tarkoitus on osana CENTRIA tutkimuksen ja kehityksen toimintaa tukea ja kehittää puualan yritysten toimintoja ammattikorkeakoulun toimialueella. Puutuotteen toiminta jakautuu hankkeissa tapahtuvaan tutkimus- ja kehitystoimintaan, maksulliseen palvelutoimintaan sekä koulutukseen. Hankkeen tavoitteena oli tehdä Centriasta kansallisesti tunnustettu ja kansainvälisesti tunnettu pintakäsittelyn osaamiskeskus. Tämän tavoitteen saavuttamista edistettiin hankkeen aikana osaamisen syventämisellä, verkostoitumisella ja hankesuunnittelun sekä tavoitekuva selkeyttämisen avulla.

##### 4.6.1 Osaamisen syventäminen

Centria Puutuotteella on laaja osaamis pohja puutekniikan ja pintakäsittelyn perusosaamisesta. Pitkän aikavälin tavoitteena hankkeen alkaessa oli syventää asiantuntijoiden osaamista eri-



tyisesti prosessien hallinnasta. Hankesuunnitelman mukaisesti osaamista vahvistettiin osallistumalla koulutuksiin. Koulutuksissa perehdyttiin erilisiin Lean ja Six Sigma -menetelmiin, joilla pystytään tehostamaan tuotanto- ja palveluprosesseja. Hankehenkilöstö osallistui mm. Lean Leader-, Black Belt- ja MINITAB-koulutuksiin. Koulutuksissa hankittua osaamista sovellettiin niin kehityspiloteissa kuin oman toiminnan kehittämässä. Koulutusten harjoitustyöt suoritettiin piloteissa alueen yrityksiin, jolloin opittu tieto siirtyi suoraan teollisuuteen. Myös Centria Puutuotteen uusi toimintamalli perustuu pitkälti näissä koulutuksissa opittuihin menetelmiin. Prosessien hallinta ja siihen liittyvä tutkimustyö hankkeen aikana ja hankkeen päätyttyä on seurausta osaamisen kasvamisesta mm. mittaamiseen, mittaamisen luotettavuuteen, vaihteeluun, datan analysointiin ja visualisointiin liittyen.

Myös testausosaamista lisättiin koulutuksin ja selvityksin. Monimuuttujakokeet toivat kattavan lisän Puutuotteen testauspalveluiden toteuttamiseen ja pintakäsittelyaine- ja tekniikkaselvitykset lisäsivät asiantuntijoiden osaamista materiaalien ja tekniikoiden näkökulmasta. Myös laadun- ja prosessinhallinta, jotka usein ovat riippuvaisia toisistaan, olivat vahvasti mukana osaamisen kehittämässä. Näihin aihealueisiin liittyen hankkeen aikana toteutettiin kaksi insinöörin opinnäytetyötä.

Osaamista kartutettiin myös osallistumalla erilaisiin messuihin, seminaareihin ja konferensseihin niin kotimaassa kuin ulkomailla. Näiden lisäksi seurattiin aktiivisesti alan kansainvälisiä verkkosivustoja ja julkaisuja. Hankkeen yhtenä tavoitteena oli toteuttaa yrityksille suunnitelmallisia tiedonkeruumatkoja erilaisille messuille. Tälle reppureissauspalvelulle ei löytynyt yrityksistä mielenkiintoa, mutta henkilökunnan toimesta messuilla käytiin, jotta uusin teknologia-, aine- ja menetelmätieto saatiin myös toimialan tietoisuuteen. Osa käydyistä messuista oli ns. vanhoja tuttuja, joissa oli todettu olevan alan uusin tieto ja tekniikka. Osa messuista taas oli uusia tuttavuuksia, joille lähdettiin tutustumaan avoimin mielin. Kaikki käydyt kohteet todettiin hyödyllisiksi ja jokaisella matkalla opittiin uutta. Hankkeen aikana vierailtiin Paint Expo, Control, Ligna ja Hannover -messuilla. Lisäksi osallistuttiin joko paikan päällä tai webinaarissa mm. European Coatings:n järjestämiin luentoihin ja Wood Coatings kongressiin. Lisäksi osaamista kartoitettiin esim. Penope Open House, Tech Tour ja Italian Finishing School -tilaisuuksissa.

Osaamisen jakamista omassa organisaatiossa pyrittiin tehostamaan suorittamalla työtehtäviä pareittain ja jakamalla esim. luennoilla opittuja tietoja kollegoille. Tiedon levittämiseksi alueen toimijoille toteutuneista piloteista, tiedonkeruumatkoista ja muista hankkeen toimenpiteistä julkaistiin raportteja hankkeen nettisivuilla. Laittevuokrauksesta toteutettiin lisäksi esittelytilaisuus Puutuotteen tiloissa ja webinaari katsottavaksi sähköisessä muodossa. Alueen yrityksille lähetettiin hankkeen aikana tiedotteita toiminnasta. Hankkeen lopussa järjestettiin päätöseminaari ja loppuraportista tehtiin julkaisu Centrian julkaisusarjaan. Jatkoa ajatellen tiedon jakamisessa ja levittämisessä on vielä kehitettävää. Omasta osaamisesta ja saavutetuista tuloksista tulee jatkossa tiedottaa entistä useammin ja monipuolisemmin.

#### **4.6.2 Verkostoituminen ja hankesuunnittelu**

Hankkeen tavoitteena oli nostaa Puutuote kansallisesti tunnustetuksi ja kansainvälisesti tunnetuksi osaamiskeskukseksi. Tämän toteuttamiseksi Puutuote on toiminut aktiivisesti niin kansallisella kuin kansainvälisellä tasolla. Osallistuminen erilaisiin tapahtumiin ja tilaisuuksiin on lisännyt Centrian tunnettavuutta ja roolia puualan kehittäjänä. Centria toimii aktiivisena mm. Puusuomi -verkostossa, jonka tavoitteena on mm. kehittää kotimaista puutuoteteollisuutta.

Centria on myös lisännyt osaamistaan ja palveluitaan puutuoteteollisuuden ja puurakentamisen alalla ja onkin vahva toimija myös näiden alojen verkostoissa.

Hankkeen kolmivuotisen kauden tavoitteena oli käynnistää kaksi kansallista tutkimushanketta ja yksi kansainvälinen hanke. Kansallisina hankkeina on alkanut Pohjois-Pohjanmaan rahoittama Tuotantoprosessin vakautus MITATEN -hanke, jonka tavoitteena on tuottaa tietoa tuotantoprosessin vaihtelun hallinnasta luotettavan reaaliaikaisen mittauksen ja visualisoinnin keinoin. Toinen toteutunut kansallinen hanke on Maaseuturahaston rahoittama Lean yritysyryhmähanke, jonka tavoitteena on osallistuvien yritysten osaamisen kasvattaminen ja kannattavuuden parantaminen lean-menetelmien avulla. Tehokas Puuteollisuus -hankkeen aikana valmisteltiin myös Kestävä CLT -hanketta yhteistyössä Aalto Yliopiston kanssa. Kyseinen hanke ei saanut rahoitusta. Tehokas Puuteollisuus hankkeen päättyessä on käynnissä Terve Asuminen -hankevalmistelu yhteistyössä Lapin, Oulun, Kajaanin ja Savonia ammattikorkeakoulujen sekä Oulun yliopiston kanssa. Hankerahoitusta ko. hankkeelle tullaan hakemaan Pohjois-Pohjanmaan liitolta.

Hankkeen aikana valmisteltiin useampia kansainvälisiä hankkeita. CLT-Pro oli hankkeen aikana toteutettu ensimmäinen Horisontti 2020 -haku. Hankkeen keskeisiä aiheita olivat CLT:n kestävyden parantaminen rakenteen muita ominaisuuksia heikentämättä ja kustannuksia lisäämättä sekä esivalmistusasteen nostaminen. Centrian vahvuus hankkeessa oli pintakäsittelyosaaminen. Hankekumppaneita olivat Centria, Luleå University of Technology, Research Institute of Sweden, Holzforschung Austria, University of West Hungary, Aalto yliopisto, Lapin ammattikorkeakoulu, CrossLam ja Lunawood. Hankehaku oli kaksivaiheinen, CLT Pro ei saanut rahoitusta.

Syksyllä 2018 tehtiin esivalmisteluja Horisontti 2020 -hakuihin. Sustainable wood value chains ja Building a low-carbon, climate resilient future aiheisiin liittyen valmistelun lähtökohtana oli kestävä kehityksen mukainen puurakentaminen eli pienempi hiilijalanjälki ja ilmastovaikutusten minimointi. Käynnissä on NZEB-hankevalmistelu (Moving to Zero Energy Plus). Centrian työpaketin sisältönä on uuden hybridi/komposiittiseinäarakenteen kehittäminen. Toimenpiteinä on CLT-rakenteen ulkokestävyyden parantaminen ja rakenteen sääkestävyyden testaus sekä elinkaariarviointi ja hiilijalanjäljen laskenta. Hankkeen yhteistyökumppaneita ovat mm. South West College ja National University of Ireland.

Hankkeessa tehtyjen kansainvälisten hankevalmistelutoimenpiteiden avulla on päästy käsitykseen puualan tutkimuksen ns. state of art -tilasta Euroopassa. Selvitysten perusteella tiedetään mitä kehitetään, kenen toimesta ja missä. Selvitysten mukaan Centria ja yritysten kannattaa panostaa kehitystyötä perinteisen puun lisäksi biopohjaisiin rakennusmateriaaleihin, sillä biomateriaalien lisääminen rakentamisessa vähentää eniten ilmastovaikutusta. VTT:n laatiman rakentamisen lämpöeristämiseen liittyvän tiekartan mukaan lämpöeristämisen perus- ja soveltavaan tutkimukseen pitäisi panostaa enemmän, jotta rakennusten nollaenergiatasoon voitaisiin päästä.

Messukontaktien kautta syntyi yhteistyötä mm. laitetoimittajien ja tki-toimijoiden kanssa. Saksalaisen Fraunhofer-instituutin kanssa aloitettiin hankesuunnittelu Business Finlandin Finnish-German Call -rahoituksen tiimoilta. Tavoitteena on yhdistää pintakäsittely ja digitalisaatio. Mahdollisia yhteistyötahoja Fraunhoherin lisäksi ovat saksalainen pintakäsittelylaitevalmistaja Venjakob sekä suomalainen digitalisoinnin ammattilainen Protaccon ja kalustevalmistaja Mellano Oy. Hankevalmistelu oli käynnissä Tehokas Puuteollisuus -hankkeen päättyessä.

#### 4.6.3 Tavoitteet ja tulevaisuus

Hankkeen tavoitteena oli Centria Puutuotteen osaamisen syventäminen ja konkretisointi. Vuonna 2015 laaditun toimintasuunnitelman mukaan Puutuotteella oli laaja perusosaaminen puutekniikasta, pintakäsittelystä ja 3D-mallinnuksesta. Erityisesti osaamista haluttiin lisätä prosessien hallinnasta ja kansainvälisyydestä (Kuva 17). Osaaminen on hankkeen aikana toteutettujen toimenpiteiden ansiosta lisääntynyt kaikilla edellä mainituilla osa-alueilla. Erityisesti prosessiosaaminen on kehittynyt ja käytyjen Lean-koulutusten ansiosta käytössä on entistä monipuolisemmat työkalut ja -menetelmät alueen yritysten prosessien kehittämiseen.



Kuva 17. Centria Puutuotteen osaaminen 2015.

Centria Puutuotteelle laadittiin hankesuunnitteluvaiheessa myös toimintamalli, jossa kuvattiin Puutuotteen pitkänaikavälin tavoitteet (Kuva 18).



Kuva 18. Centria Puutuotteen pitkänaikavälin tavoitteet.

Vuonna 2018 on hanketoimenpiteiden ansiosta edistetty hyvin tavoitetta olla kansallisesti tunnustettu ja kansainvälisesti tunnettu osaamiskeskus. Pintakäsittelyn testausosaaminen sekä investointiosaaminen ovat syventyneet ja prosessien laadunhallinta on kehittynyt hankkeen aikana. Eri prosesseista pystytään tunnistamaan erityis- ja satunnaissyyvaihtelut ja niiden hallinnaksi on käytössä Lean ja Six Sigma -menetelmiä. Myös teollisen internetin integrointi tuotantoprosessien reaaliaikaiseen seurantaan on aloitettu. Kehitystoimenpiteet jatkuvat myös hankkeen päätyttyä.

Tavoitteeksi asetettujen kahden kansallisen ja yhden kansainvälisen uuden hankkeen aloituksen osalta on päästy lähes tavoitteeseen. Kaksi kansallista hanketta on alkanut Tehokas Puu-

teollisuus -hankkeen hankevalmisteluresursseilla. Kansainvälisten hankkeiden valmistelun osalta on kartoitettu puualan tutkimuksen tilaa ja tekijöitä Euroopassa ja oltu mukana useammassa hankevalmistelussa. Hankkeen päättyessä kansainvälistä hanketta ei ollut aloitettu, mutta osa hankevalmisteluista oli vielä kesken/rahoitushakemusvaiheessa.

## 5. KEHITTÄMISPILOTIT

Hankkeessa toteutettiin kehityspilotteja uusien teknologioiden testaamiseen, investointien tukemiseen, investoitujen laitteiden sujuvaan käyttöönottoon ja prosessihallinnan osaamiseen liittyen.

### 5.1 Testaus – Kantavien rakenteiden palosuojaus

Kantavien rakenteiden käyttäytyminen palotilanteessa on yksi oleellinen osa paloturvallista rakentamista. Jotta kantavat puurakenteet täyttäisivät paloluokitusten palonkestovaatimusten rajat, kantavien rakenteiden poikkileikkauksen pinta-alaa kasvatetaan. Pilotin tavoitteena oli selvittää, voiko palosuojaa-aineiden käytöllä vähentää puumateriaalin käyttöä säilyttäen kuitenkin kantavilta rakenteilta vaaditut ominaisuudet sekä täyttää palonkestovaatimukset. Tällä tavoin on mahdollisuus saavuttaa säästöjä niin materiaali- kuin logistiikkakustannuksissa.

Kantavien puurakenteiden palosuojauksesta ja palosuojatestauksesta toteutettiin hankkeessa kirjallisuusselvitys. Selvityksen pohjalta koostettiin kantavien rakenteiden palosuojausvaatimukset, State of Art -tutkimus markkinoilla olevista palosuojausaineista sekä CLT:n palosuojausvaatimuksista ja todennetusta käyttäytymisestä palotilanteessa. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta laadittiin testisuunnitelma.

Testisuunnitelmalla ja myöhemmin toteutetulla testillä pyrittiin vastaamaan esitettyyn kysymykseen siitä, voidaanko palosuojaa-aineen käytöllä vähentää puumateriaalin käyttöä kantavissa rakenteissa. Testisuunnitelmaan valittiin testimateriaaleiksi suojaamaton puu ja neljällä kaupallisella palosuojaa-aineella käsitellyt puumateriaalit. Testisuunnitelmaan kuuluivat taipuvuuslujuuden määrittely, jolla pyrittiin selvittämään palosuojaa-aineen mahdollinen vaikutus puumateriaalin lujuuteen. Paloteknisten ominaisuuksien selvittämiseksi (syttävyyys, lämmönvapautumisnopeus, syntyvän savun tiheys ja palamislämpö) testikappaleille suunniteltiin tehtäväksi kartiokalorimetritesti. Testausten tulosten pohjalta arvioitiin, kannattaako yritysten teettää tuotteilleen viralliset testit paloluokitusten saamiseksi. Testisuunnitelman mukainen testaus toteutettiin Future possibilities for CLT-hankkeessa.

### 5.2 Testaus – UV- ja UV-LED-kuivaus

Hankkeen aikana hankkeen ohjausryhmässä nousi esiin alueen yritysten kiinnostus UV-maalien käyttöön erityisesti ulkotuotteiden pohjamaalina. Yrityksiä kiinnosti UV-maalien kyky estää syynousemaa massiivipuulla ja tikunnousua levytuotteissa. Centrian puutuotteen testilaitteet ja käynnissä oleva hanke mahdollistivat UV-ainetestauksen toteutuksen. Testaustoiminnan kehittämisen lisäksi hankkeen tavoitteena oli nopeuttaa uusien tekniikoiden ja innovaatioiden käyttöönottoa puualan yrityksissä. Tämän toteuttamiseksi pilotissa tehtiin perinteisen UV-kuivauksen lisäksi tutkimus uusista UV-kuivausmenetelmistä, niihin soveltuvista pintakäsittelyaineista sekä laitevalmistajista. Nykytilatutkimuksessa käytiin läpi perinteisen UV-kuivauksen ja UV-LED-kuivauksen toimintaperiaatteet sekä menetelmien edut, rajoitukset ja erot. Lisäksi tutkimukseen koottiin maali- ja laitevalmistajien markkinoilla olevia UV-pintakäsittelyaineita ja UV-kuivauslamppuja/laitteistoja.

### 5.3 Investointiapupalvelu – Villajätteen kierrättäminen

Hankkeessa toteutettiin yritysryhmälle selvitys huomioitavista asioista villajätteen kierrättämisessä ja hyödyntämisessä. Eristevillasta puhuttaessa tulee huomioida eri raaka-aineista

valmistetut eristevillat, kuten mm. kivi-, lasi ja selluvilla. Villajätteen koostumuksesta johtuen niiden kierrättäminen ja muu hyötykäyttö poikkeavat osin toisistaan. Puhtaan villajätteen hyödyntäminen on helpompaa. Käytetyn villajätteen hyödynnettävyyteen vaikuttaa siinä mahdollisesti olevat epäpuhtaudet kuten esimerkiksi lika, kosteus tai home. Villan uudelleenprosessointi vaatii lajitellut raaka-aineet, tarkan prosessin ja paljon energiaa. Lisäksi syntyvältä lopputuotteelta edellytetään CE-merkintää.

### **5.3.1 Toimintaympäristö ja nykytila**

Tällä hetkellä ollaan tilanteessa, jossa valtakunnallisesti kattava villajätteen systemaattinen hyödyntäminen on vasta rakentumassa. Toimintatapoja on lukuisia yksittäisten paikallisten toimijoiden ratkaisuihin aina laajemmin organisoituihin hyödyntämisketjuihin. Toimintatapa määräytyy villajätteen laadun, määrän, etäisyyksien ja kannattavuuden yhtälöstä.

Osan puhtaasta villajätteestä yritykset pystyvät hyödyntämään itse alkuperäisestä poikkeavalla käytötavalla, esimerkiksi puhallusvillana. Osa päätyy paluukuormissa villatehtaalle uudelleenprosessoitavaksi. Pieni osa puhtaasta villajätteestä saattaa päätyä myös lahjoituksina tai myymällä omatoimirakentajien käyttöön. Valitettavasti jätevillaa päätyy paljon myös poltettavaksi sekä loppusijoitettavaksi kaatopaikoille.

### **5.3.2 Viranomaismääräykset ja ohjaus**

”Suomen jätepolitiikan tavoitteena on edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä varmistaa, ettei jätteestä aiheudu haittaa terveydelle tai ympäristölle. Ympäristöministeriö osallistuu Suomen, Euroopan unionin ja kansainvälisen jätepolitiikan valmisteluun. Ministeriö valmistelee kansallista jätelainsäädäntöä sekä ohjaa, kehittää ja seuraa lainsäädännön soveltamista.” [Ympäristöministeriö]

Jättemääräyksiämme ohjaa siis EU:n antama viitekehys ja oma valtakunnallinen lainsäädäntömme. Jätevilla lasketaan osaksi rakennus- ja purkujätteitä, joiden tarkemmat määrittelyt löytyvät sitä koskevista jätelainsäädännöstä, ohjeista ja määräyksistä. Tulevaisuuden suuntaviivoja voi hahmottaa EU:n sekä Suomen omista jätestrategioista.

Jätteiden, kuten villajätteen, hyödyntämistä ohjaa jätelain etusijajärjestys. Tämä tarkoittaa sitä, että ensisijaisesti on pyrittävä välttämään jätteen syntymistä. Jos jätettä syntyy, se on valmistettava uudelleenkäyttöä varten tai uudelleenkäytettävä. Ellei uudelleenkäyttö ole mahdollista, tulee jäte hyödyntää ensisijaisesti raaka-aineena ja toissijaisesti energiana. Jäte voidaan sijoittaa kaatopaikalle vain, mikäli sen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista.

Jätteiden syntymistä ehkäistään ja ohjataan osittain myös kaatopaikkamaksuun sisältyvällä jäteverolla. Jäteveron suuruutta on nostettu tasaisesti muutamien vuosien välein, vuodesta 2008 vuoteen 2018 veron osuus on noussut 30 €:sta 70 €:een tonnilta. Vero-ohjauksen määrä oletettavasti kasvaa lähivuosina.

### **5.3.3 Lähitulevaisuuden tavoitteet**

Tällä hetkellä rakennus- ja purkujätteestä, johon villajäte lukeutuu, hyödynnetään keskimäärin 26 %. Hyödyntämistavoite on ollut lainsäädännössämme huomattavasti korkeammalla tasolla jo pidemmän aikaa, mutta tavoitteita ei ole toistaiseksi saavutettu.

Valtioneuvoston asetus vuodelta 2012 edellyttää, että vuonna 2020 tulee kierrättää tai hyödyntää 70 % rakennus- ja purkujätteestä. Tämä tavoite on niin haastava, että tuoreempi Valtakunnallinen jätesuunnitelma VALTSU edellyttää vuoteen 2023 mennessä samaa 70% tavoitetasoa. Tavoitteen toteutumista tarkastellaan vuosina 2020 ja 2023. Kauemmas tulevaisuuteen linjaava Ympäristöministeriön strategia 2030 edellyttää jo yli 80% tavoitetasoa vuodelle 2030. Edellisten lisäksi Ympäristöministeriössä on käsiteltävänä kierrätyskelpoisen jätteen kaatopaikkakielto vuodelle 2025, jolloin tiettyjen jätelajien jäteluokitus päätetään eikä kaatopaikka enää ole vaihtoehto. Jäljelle jäävät vaihtoehdoiksi jätelajien uudelleenkäyttö, kierrättäminen ja hyödyntäminen raaka-aineena tai energiana.

#### **5.3.4 Miten tämä vaikuttaa yritysten toimintoihin?**

Tulevilla muutoksilla on luonnollisesti vaikutuksia yritysten toimintatapoihin ja kustannuksiin. Jättekustannusten osalta on laajemminkin selkeää nousupainetta, joten kannattaa keskittyä jätemäärän vähentämiseen ja jätteen hyödynnettävyyden maksimointiin. Suunnitteluvaiheessa voidaan materiaalivalinnoilla ja materiaalin käytön optimoinnilla vaikuttaa syntyvän jätteen määrään ja laatuun.

Jätteen lajittelu ja asianmukainen säilytys korostuvat jätteen hyödynnettävyyden näkökulmasta. Tehokas hyödyntäminen edellyttää selkeää syntypaikkalajittelua, jolloin eri jätetyypit lajitellaan ja säilytetään toisistaan erillään. Osalle jätelajeista soveltuu erilliskierrätys, osaa voidaan hyödyntää myös monijaejätteinä. Hyödyntämistapa määrittää miten lajittelu kannattaa toteuttaa.

Jäteprosessin loppuosa voi rakentua monella tavalla. Yritys voi investoida laitteistoihin, prosessoida ja hyödyntää jätteen itse tai yritys voi tehdä yhteistyötä villavalmistajan kanssa ja kierrättää jätevällän takaisin tehtaalle. Vaihtoehtoisesti yritys voi hankkia palveluntarjoajalta omaa toimintaansa tukevan jätteenpalveluratkaisun, jolloin palveluntarjoaja parhaimmillaan huolehtii jätteen lajitteluratkaisuista, säilytyksestä, kuljetuksista ja prosessoinnista.

#### **5.3.5 Kehityssuuntia ja mahdollisuuksia**

Kehitystyötä tulee tehdä niin alueellisesti, valtakunnallisesti, pohjoismaissa kuin EU-tasollakin. Jäteprosessia on suunniteltava ja kehitettävä laajemmassa kuvassa, jotta toiminta rakentuu synergiseksi kokonaisuudeksi ja on myös taloudellisesti kannattavaa. Suunnittelussa tulee olla mukana jätettä tuottavat toimijat, alueelliset yksityiset ja kunnalliset jätekeskukset ja -yritykset, valtakunnalliset jätelajeita hyödyntävät yritykset sekä uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja materiaalina käyttävät yritykset.

Kuljetuksia ja jätteenprosessia kehitettäessä yhteistyömahdollisuuksia voi löytyä myös naapurimaista. Esimerkiksi Ruotsi ei hyödynnä jätevällää vaan hävittää sen tällä hetkellä polttamalla, vaikka lasivilla tunnetaan aiheuttavan ongelmia polttolaitoksissa. Jätteen siirtämiseen liittyvä maakohtainen lainsäädäntö on luonnollisesti otettava huomioon.

Kestävä kehitys, kiertotalous, vähähiilisyys, kuluttajien kasvava ympäristötietoisuus, rakennus- ja purkutoiminnan tarkentuminen ja tiukentuminen lainsäädäntö ja seuranta, muovin käytön strategiset ja lainsäädännölliset muutokset, jne. ohjaavat kehitystoimia ja luovat perustan jatkuvalla parantamiselle. Tämä poikii kehityshankkeita alan toimijoiden ja tutkimuslaitosten kesken. Keskeisessä roolissa ovat mm. Ympäristöministeriö, SITRA, VTT sekä yliopistojen ja ammat-

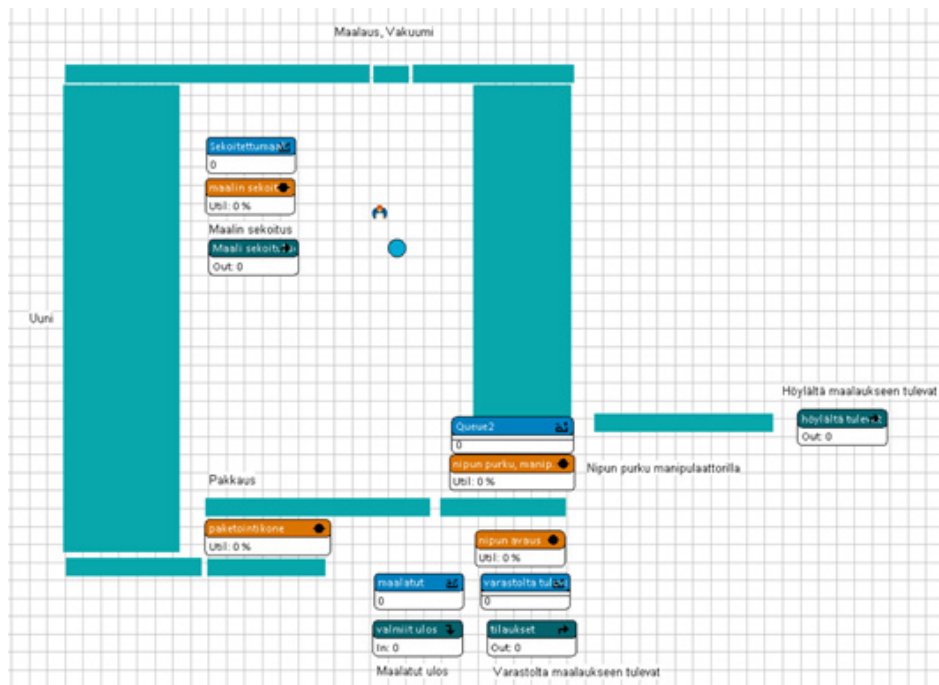
tikorkeakoulujen tutkimus- ja kehitystoiminta. Rahoitusmahdollisuuksia tutkimushankkeisiin ja pilotointeihin on saatavilla maakuntaliitoilta, valtakunnallisesti, pohjoismaisella tasolla sekä EU-tasolla.

### 5.4 Investointiapupalvelu – Simulointi investointitarpeen määrityksen työkaluna

Tässä kehityspilotissa keskityttiin pintakäsittelylinjan investointitarpeen määritykseen simuloinnin avulla. Kehityspilotissa mukana ollut yritys suunnitteli investointia pienerien maalaukseen ja kahden eri tuotantolinjan laatuerojen tasaamiseen. Pilotissa selvitettiin simuloinnin avulla, voidaanko olemassa olevan pintakäsittelyprosessin toimintaa tehostaa siten, että uutta investointia ei ole välttämätöntä toteuttaa.

#### 5.4.1 Simulointimallin toteuttaminen

Kehityspilotti aloitettiin keskustelemalla tavoitteista, rajauksesta ja yleisesti tuotannon simuloinnin mahdollisuuksista sekä haasteista kyseisen tyyppisessä tuotannossa. Lisäksi tutustuttiin simuloinnin kohteena olevaan tuotantoon ja aloitettiin simulointimallin rakentamiseen liittyvien lähtötietojen kerääminen. Simulointimalli on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Simulointimalli prosessista.

Maalausprosessin nykytilan mallintamisessa päätettiin hyödyntää mahdollisimman paljon jo valmiiksi kerättyä dataa, jota löytyi muun muassa tuotteiden läpimenoajoista ja tuotekohtaisista määristä. Näiden lisäksi myöhemmin kerättiin tietoja asete- ja rikkoajoista. Mallin toimintaa rakennettiin asteittain vastaamaan riittävän hyvin todellisen linjan toimintaa.

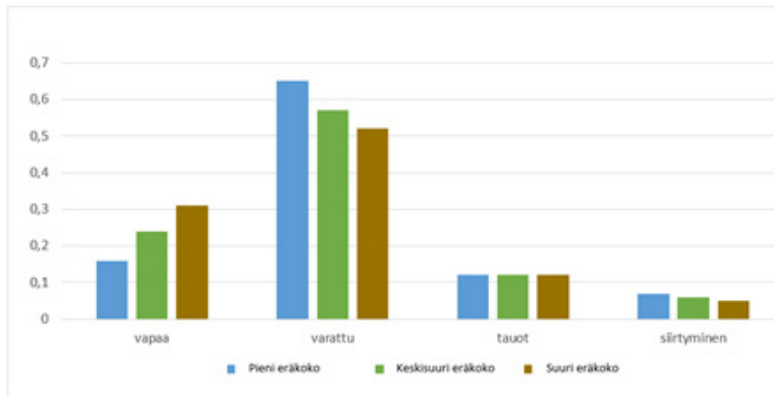
Nykytilaa kuvaavan simulointimallin valmistuksen jälkeen, sillä ryhdyttiin tekemään erilaisia kokeiluja, joilla pyrittiin analysoimaan erilaisten muutosten vaikutusta. Kokeiluissa muutettiin maalarien määrää, laitteiden aseteaikoja, tuotantoerien pituuksia ja tuotantoerien pituuksien vaihtelun rajoittamista sekä laitteiden rikkoajoja.



### 5.4.2 Simulointitulokset

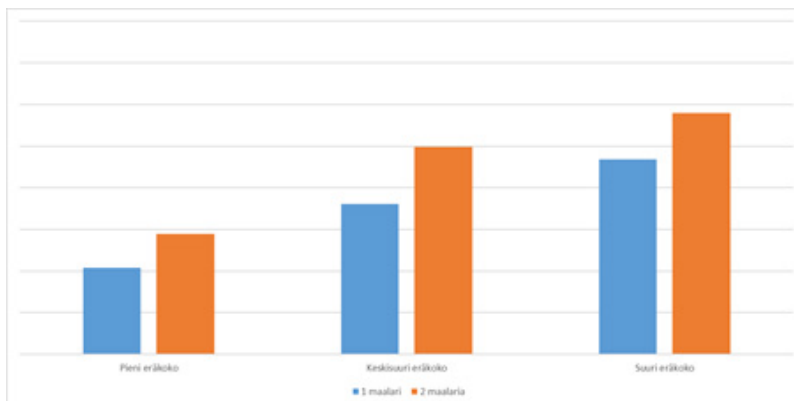
Simulointimallin avulla havainnollistettiin tuotannon työntekijöille erilaisten toimintatapojen vaikutusta linjaston toimintaan. Kokeilujen tuloksista voitiin havaita pientenkin muutosten yllättävän suuri kokonaisvaikutus tuotantomääriin. Saadut tulokset vahvistivat yrityksen henkilöiden näkemyksiä muutostarpeiden kohteista ja laajuudesta.

Simuloinnilla voidaan vertailla esimerkiksi maalattavan eräkoon vaikutusta maalarin työmäärään (Kuva 20). Mitä pienempi erä on maalattavana, sitä enemmän maalarilla kuluu aikaa maalausprosessin hoitamiseen ja siirtymisiin linjalla, esim. pienellä eräkoolla maalausprosessi vie 65 % maalarin työajasta.



Kuva 20. Esimerkki simuloinnin tuloksista. Maalattavan eräkoon vaikutus maalarin työmäärään.

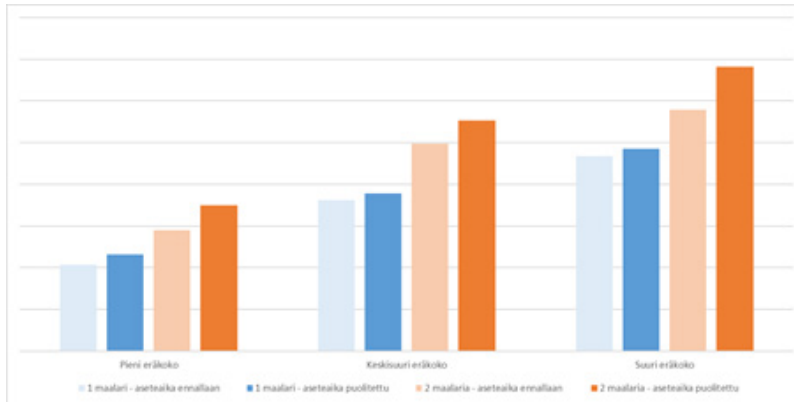
Lisäämällä toinen maalari prosessiin saadaan maalattua enemmän juoksumetrejä eräkoosta riippumatta (Kuva 21). Suurin suhteellinen muutos tapahtuu keskusuuralla eräkoolla, jolloin kaksi maalaria maalaa vuorossa lähes 40 % enemmän kuin yksi maalari.



Kuva 21. Esimerkki simuloinnin tuloksista. Maalarien määrän vaikutus tuotannon läpimenoon.

Simuloinnilla voidaan vertailla myös erimittaisten aseteaikojen vaikutusta läpimenoaikaan. Kuvassa 22 on lyhennetty yhtä maalausprosessin aseteajoista puoleen ja simuloitu yhden ja kahden maalarin vaikutus tuotannon läpimenoon. Esimerkiksi suurella eräkoolla kahdella maa-

larilla ja puolitetulla aseteajalla yhdessä vuorossa valmistuu noin 45 % enemmän maalattua tuotetta kuin yhdellä maalarilla ja normaalilla aseteajalla.



Kuva 22. Esimerkki simuloinnin tuloksista. Aseteajan lyhentämisen vaikutus tuotannon läpimenoon yhdellä tai kahdella maalarilla.

### 5.4.3 Työtapojen yhtenäistäminen

Simulointimallin tulosten toteuttamiseksi käytännössä on myös työskentelytavoilla ja -menetelmillä oma roolinsa linjan käytön tehostamisessa. Yhtenäiset työtavat ovat edellytys toiminnan standardoinnille. Kun kaikki prosessityövaiheet toteutetaan yhtenäisellä tavalla toteuttajasta riippumatta, kuluu tehtävän tekemiseen vakioaika. Kun tehtävän suorittamisesta tehdään lisäksi mahdollisimman sujuvaa, esim. kaikki tarvittavat työkalut ja välineet ovat työn suorituspisteessä, voidaan työn toteuttamista edelleen nopeuttaa ja helpottaa. Myös uusien työntekijöiden perehdyttäminen on helppoa yhtenäisten työmäärainten avulla.

Prosessin sujuvuuden kannalta valmistettavaa työtä ja esivalmisteluja kannattaa tehdä aina kun niille vain on tilaisuus. Tällöin esimerkiksi asetteen vaihto sujuu nopeammin ja tuotanto on mahdollisimman vähän aikaa pysähtyksissä. Suositeltavaa olisi varata esimerkiksi työvuoron loppuun aikaa valmisteluille ja kunnossapitotehtäville, jotta seuraavan vuoron olisi helpompi ja sujuvampi aloittaa tuotanto ilman turhia odotteluajoja. Esivalmistelevä työ saattaa myös ehkäistä häiriötilanteita. Häiriötilanteiden ehkäisyyn ja purkamiseen kannattaa muutenkin miettiä hyviä toimintamalleja.

### 5.4.4 Yhteenveto

Ohjelmistoilla tapahtuva simulointi on yksi nykyaikaisista työkaluista tuotantoprosessien suunnitteluun ja kehittämiseen. Simulointia voidaan käyttää tuotannollisissa kohteissa esimerkiksi: uuden tai muutosten kohteena olevan järjestelmän suorituskyvyn ennakointiin, eri toteutusvaihtoehtojen testaamiseen ja vertaamiseen sekä mitä-jos analyysien tekemiseen. Simulointi on myös tehokas kommunikointiväline, jolla voidaan havainnollistaa muutosten vaikutusta ja herättää osallistavaa keskustelua.

Simulointia voidaan käyttää tuotantotoiminnassa muun muassa layout-suunnitteluun, tuotannon kuormitusten tasapainottamiseen, pullonkaulojen paljastamiseen, läpäisyajan ja varastojen koon optimointiin, investoinnin kannattavuuden tarkasteluun ja häiriötekijöiden vaikutuksen analysointiin.

Simulointiprojektin tyypillisenä tavoitteena on varmistaa investoinnin kannattavuus, läpime-  
noajan lyhentäminen, keskeneräisen tuotannon arvon pienentäminen, varastojen pienentämi-  
nen, tuotannon tehokkuuden kasvattaminen ja toimitusvarmuuden selvittäminen eri tilanteis-  
sa. Simulointi voi toimia myös yhtenä suunnittelu- ja testaustyökaluna Lean-projekteissa.

Simulointiprojektin onnistumisen kannalta hyvin tärkeään rooliin nousevat lähtötietojen saa-  
tavuus, niiden käytettävyys ja riittävän usein tapahtuva kommunikointi projektissa kaikkien  
mukana olevien tahojen kesken. Ajantasaiset ja riittävän suurella otannalla kerätyt lähtötiedot  
luovat simulointiprojektin kivijalan. Lähtötietojen keräämiseen, jalostamiseen ja simulointi-  
mallin rakentamiseen kuuluu tyypillisesti suurin osa projektin ajasta. Simulointimallin raken-  
taminen voi olla haastavaa kohteesta, jossa useat ihmiset voivat tehdä ratkaisuja erilaisten  
vaihtoehtojen välillä. Kaikkia näitä mahdollisia vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä ei aina voida  
ottaa mukaan simulointiin, jolloin pitää tehdä rajauksia ja yksinkertaistaa toiminnan simuloin-  
tia. Simulointimallin rakentaminen ja sitä varten tehty tiedonkeräys ja lukuisat ”miksi toimi-  
taan näin” kysymykset voivatkin olla jo keskustelun avaus ja ensi askel kohteen toiminnan ke-  
hittämiseen.

### 5.5 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjan käyttöönotto laadunhallinnan näkökulmasta

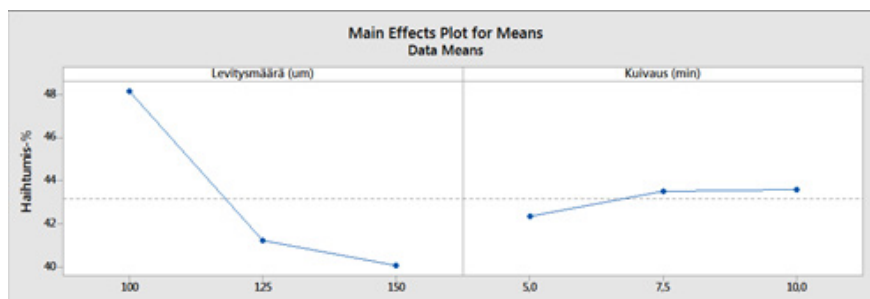
Tällä kehityspilotilla pyrittiin kehittämään Centrian osaamista linjainvestoinnin tarpeen mää-  
rityksessä laskennallisin ja koeajoin toteutetuin menetelmin ja samalla tuottamaan alueen  
yrityksille tietoa investoinnin suunnitteluun ja käyttöönottoon liittyviin parametrien huomioi-  
misesta. Kehityspilotissa määritettiin suunnitteilla olevalle pintakäsittelylinjalle kuivumisaika  
ja laskennallinen kapasiteetti, haettiin optimiparametrit linjan käyttöön ja koostettiin tietopa-  
ketti investoinnissa ja asennuksessa huomioitavista seikoista.

#### 5.5.1 Linjakapasiteetti

Kehityspilotissa määritettiin laskennallisesti ja koeajojen avulla esimerkkilinjan kapasiteetti;  
riittääkö suunniteltu kuivusaika kappaleiden niputtamiseen heti pintakäsittelyn jälkeen ja  
pystytäänkö linjalla maalaamaan tavoitteen mukainen määrä kappaleita.

##### ***Kuivausajan määrittäminen***

Kuivausajan määrittämisessä tavoitteena oli selvittää millaisella levitysmäärällä ja kuinka pit-  
källä uunitusajalla maalatut tuotteet kuivuvat pintakäsittelylinjan uunissa. Testi toteutettiin  
Centrian pintakäsittelylinjalla, joka säädettiin vastaamaan mahdollisimman hyvin esimerkki-  
linjan olosuhteita. Myös pintakäsittelyaine ja levitysmenetelmä optimoitiin vastaamaan todeli-  
syyttä. Testissä tutkittiin maalikalvon kuivumista eri levitysmäärillä ja kuivumisajoilla. Kuvassa  
23 on esitetty levitysmäärän ja kuivausajan vaikutus haihtumiseen.



Kuva 23. Levitysmäärän ja kuivausajan vaikutus haihtumiseen.

Koeajon perusteella voitiin todeta, että levitysmäärän tulee olla riittävän pieni, jotta 5 metrin uunin uunitusaika riittää kuivaamaan kappaleet, ja tällöinkin kappaleet tulee niputtaa ns. pystyladontana, jotta nipun paino ei kasva liian suureksi ja aiheuta vaurioita maalattuihin kappaleisiin. Nostamalla uunin lämpötilaa nyt testatusta saadaan haihtumista paranemaan. Lämmön nostossa on kuitenkin huomioitava, ettei lämpöä nosteta liikaa, jottei maalikalvo sulkeudu ennen kuin kaikki kosteus on päässyt haihtumaan.

### **Kapasiteettilaskenta**

Esimerkkilinja koostuu syöttökuljettimesta, ruiskuautomaatista ja sivuttaissiirto-kuivausuu- nista. Kapasiteettilaskennan lähtökohtana oli, että 100 tuotteen osat maalataan pohjasta pin- taan ko. linjalla. Tämä tarkoittaa kolmea maalauskierrosta.

Kapasiteettilaskennassa on huomioitu seuraavat tekijät:

- Todellinen linjan syöttöaste, kerroin 0,8
- Kappaleiden kittaamiseen ja hiontaan kuluva aika, kerroin 0,8
- Sama työntekijä syöttää ja vastaanottaa kappaleet, kerroin 0,5

### **Laskelma 1**

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus on 1 m/min ja uuniin syötetään 1 kpl kerrallaan.

Kappaleiden väli sivusiirrossa	0,05	m
Ratanopeus	1	m/min
Kappaleen uunitusaika	5	min
Kappaleita mahtuu uuniin yksittäin	20	kpl
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa	240	kpl
Tuntimäärä	7	h
Teoreettinen vuorokapasiteetti jatkuvalla syötöllä	1680	kpl

*Todellinen kapasiteetti yhdellä henkilöllä 537 kpl*

*Todellinen kapasiteetti kahdella henkilöllä 1075 kpl*

*100 tuotteen pintakäsittelyaika 5,8 h (kaksi henkilöä)*

Jos linjalle syötetään tavaraa jatkuvalla syötöllä, erän valmistumisaika on 5,8 tuntia. Kaksi työntekijää pystyy tekemään vaaditun tuotantomäärän linjalla, jos kappaleet kuivuvat 5 mi- nuutissa. Koeajojen perusteella kuivumisen varmistamiseksi levitysmäärän tulee olla riittävän pieni ja kappaleet tulee pinota pystyyn. Kapasiteettiä pystytään nostamaan syöttämällä uuniin kolme lyhyttä kappaletta peräkkäin. Tämä vaatii todennäköisesti uunin ohjaukseen muutoksia sekä kaksien lisäketjujen asentamista uuniin.

### Laskelma 2

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus on 1 m/min ja uuniin syötetään lyhyempiä kappaleita 3 kerrallaan.

Kappaleita mahtuu uuniin, kun kolme lyhyttä peräkkäin	40	kpl
Kappaleiden uunitusaika	5	min
Kappaleita mahtuu uuniin yksittäin	20	kpl
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa, pitkät sivut	240	kpl/h
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa, lyhyet sivut	480	kpl/h
Sarjan pintakäsittelyaika	3,13	h
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa	320	kpl
Tuntimäärä	7	h
Teoreettinen vuorokapasiteetti jatkuvalla syötöllä	2240	kpl

Todellinen kapasiteetti yhdellä henkilöllä 716 kpl

Todellinen kapasiteetti kahdella henkilöllä 1433 kpl

100 tuotteen pintakäsittelyaika 4,4 h (kaksi henkilöä)

Jos linjalle syötetään tavaraa jatkuvalla syötöllä siten, että lyhyitä kappaleita menee uuniin kolme peräkkäin, erän valmistusaika on 4,4 tuntia. Kaksi työntekijää pystyy tekemään vaaditun tuotantomäärän linjalla, jos kappaleet kuivuvat 5 minuutissa.

Kehitysehdotus:

Laskelmien perusteella kehityspilotissa ehdotettiin linjaan lisättävän prosessivaiheita siten, että kappaleet maalataan valmiiksi asti ennen purkua. Uunin jälkeen kappaleet siirtyvät kuljetinta pitkin sivusiirtoasemalle, josta automaattisesti kappaleiden uudelleen syöttö linjaan ja tarvittaessa välihionta/kittaus.

### Laskelma 3

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus on 1 m/min ja uuniin syötetään lyhyempiä kappaleita 3 kerrallaan.

kappaleita mahtuu uuniin, kun kolme lyhyttä peräkkäin	40	kpl
kappaleiden uunitusaika	5	min
kappaleita mahtuu uuniin yksittäin	20	kpl
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa, pitkät sivut	240	kpl/h
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa, lyhyet sivut	480	kpl/h
Sarjan pintakäsittelyaika	3,13	h
Uunin teoreettinen kapasiteetti tunnissa	320	kpl
Tuntimäärä	7	h
Teoreettinen vuorokapasiteetti jatkuvalla syötöllä	2240	kpl

Todellinen kapasiteetti yhdellä henkilöllä 1218 kpl

Tällä kehitysehdotuksella linjan käyttö ei vaadi kahta henkilöä

Huomioitavaa:

- linjan ympäristön varastointitila pienenee
- mietittävä maaliastioiden sijoittaminen
- takaisinmaksuaika (lisäkuljettimien investointi noin 30 000 €)
- sivuttaissiirtokuljettimella saadaan lisää kuivumisaikaa tuotteelle
- kittaus ja välhionta voidaan tehdä ns. vauhdissa

## 5.5.2 Pintakäsittelyparametrien optimointi koesuunnittelun avulla

Kehityspilotin esimerkkitapauksessa pintakäsittelyä toteutetaan eri toimipisteissä, joissa menetelmät, pintakäsittelyaineet ja pohjamateriaalit vaihtelevat. Tavoitteena oli löytää yksi yhteinen pintakäsittelyaine/aineyhdistelmä. Koesuunnittelu avulla selvitettiin ja optimoitiin tekijät, jotka vaikuttavat eniten prosessiin. Koesuunnittelussa testataan monta samaan ilmiöön vaikuttavaa muuttujaa samanaikaisesti. Pienellä määrällä testejä saadaan paljon tietoa tutkitavasta prosessista ja muuttujien keskinäisvaikutuksista.

### **Kokeen suunnittelu**

Kokeen suunnittelussa lähdettiin liikkeelle ulostulomuuttujista eli mitä asioita valmiista kappaleista haluttiin tutkia. Tärkeimmäksi tavoitteeksi määritettiin pinnanlaatu, jonka tuli saavuttaa sen hetkisen maalausprosessin laatu. Koekappaleiden pinnanlaatu päätettiin arvioida visuaalisesti sekä karheusmittauksen perusteella. Pinnanlaadun lisäksi testikappaleista arvioitiin maalin tartuntaa ja kiiltoa sekä maalausyhdistelmän hintaa.

Pintakäsittelyprosessiin ja maalatun kappaleen pinnanlaatuun vaikuttaa useat muuttujat. Pintakäsittelyaineen optimoinnissa tärkeimmiksi muuttujiksi valittiin pintakäsittelyaine/yhdistelmä, maalattava materiaali, maalin levitysmäärä, ruiskutuspuistolit, suuttimet, kuivausaika, kuivausolosuhteet ja tasaantumisaika ennen seuraavaa pintakäsittelykertaa. Osa näistä muuttujista vakioitiin kokeessa; kaikille testisarjoille käytettiin samaa puistolit- ja suutintyyppiä sekä kuivausolosuhteita. Pintakäsittelyaine, pohjamateriaali, levitysmäärä, kuivausaika ja tasaantumisaika ennen toista maalikerrosta valittiin kokeen muuttujiksi.

### **Kokeen toteutus**

Koe toteutettiin L16-matriisin mukaan (Kuva 24) eli testisarjoja oli 16. Kokeessa käytettävät tekijätasot olivat pintakäsittelyaine, pohjamateriaali, levitysmäärä, kuivumisaika ja tasaantumisaika ennen seuraavaa pintakäsittelykerrosta.

	Pintakäsittelyaine	Pohjamateriaali	Levitysmäärä	Kuivausaika	Aika ennen pintamaalia
1	1	1	200	10	2
2	1	2	200	10	2
3	1	3	320	15	24
4	1	4	320	15	24
5	2	1	200	15	24
6	2	2	200	15	24
7	2	3	320	10	2
8	2	4	320	10	2
9	3	1	320	10	24
10	3	2	320	10	24
11	3	3	200	15	2
12	3	4	200	15	2
13	4	1	320	15	2
14	4	2	320	15	2
15	4	3	200	10	24
16	4	4	200	10	24

Kuva 24. Kokeen L16-matriisi.

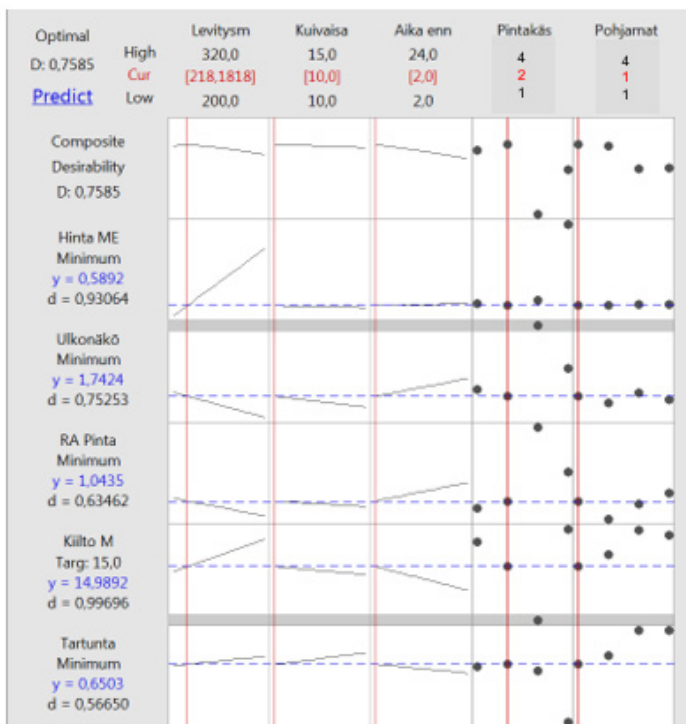
Jokaisessa sarjassa pintakäsiteltiin kolme testikappaletta. Pintakäsittely toteutettiin Centrian pintakäsittelylinjalla. Pintakäsittelyaine levitettiin leveäruiskuautomaatilla kahdella korkeapainepistoolilla. Kappaleet kuivattiin suutinuunissa. Testikappaleet maalattiin kahdesti samoilla parametreilla. Kappaleiden arviointi tapahtui pintamaalauksen jälkeen. Ennen arviointia kappaleet olivat tasaantuneet 7 vrk.

### Koekappaleiden arviointi

Testikappaleista arvioitiin ulkonäköä visuaalisesti sekä karheusmittauksella, tartuntaa hilaristikkokokeella, kiiltoa ja maalausyhdistelmän hintaa.

### Optimointi

Koesuunnittelun tulosten analysointi tehtiin Minitab-ohjelmistolla. Ohjelmalla voidaan optimoida koetuloksia erilaisin tavoitearvoin tai painotuksin. Kuvassa 25 on päämuuttujien arvot tuotteelle, kun optimoinnissa huomioitiin testin päämuuttujat. Tartunnan, pintamaalin karheuden, ulkonäön ja hinnan suhteen optimitulos haluttiin minimoida. Kiillolle annettiin tavoitearvo 15.



Kuva 25. Optimitulos pintakäsittelyyn ilman painotuksia.

Optimiparametrit olivat

- pintakäsittelyaineyhdistelmä: 2
- levitysmäärä: 220 g/m<sup>2</sup>
- kuivausaika 10 min
- aika ennen toista pintakäsittelykertaa 2 h

Tällöin maalin/maalikalvon

- litrahinta 0,58 €/l
- ulkonäkö 1.7 (tavoite 1)
- karheus 1,04 (tavoite mahd. pieni)
- kiilto 15 (tavoite 15)
- tartunta 0,65 (tavoite 0)

### ***Jatkotesti – syynousema***

Ensimmäisen koesuunnittelun tulosten analysoinnissa ja keskusteluissa pintakäsittelyhenkilökunnan kanssa nousi esiin tarve jatkaa optimiparametrien määrittystä syynouseman näkökulmasta. Vesiohenteisilla massiivipuukappaleilla syynousemaa esiintyy satunnaisesti, joskus enemmän joskus vähemmän, mutta sillä koetaan olevan suuri merkitys hyvän pinnanlaadun saavuttamisessa.

Syynousemaan vaikuttavista tekijöistä nousi keskusteluissa esiin seuraavat muuttujat; syysuunta, puumateriaali (tiheään kasvanut/harva), sormijatkoksen liimaussuunta, puun kosteus, hallikosteus, pintakäsittelyaine ja hionta.

Testi toteutettiin höylätyille mäntylaudoille, jotka käsiteltiin kahdella eri pintakäsittelyaineella. Syynouseman aikaansaamiseksi maalatut kappaleet altistettiin kosteudelle säärasisuuskaapissa 48 tunnin ajan. Toinen altistaminen tehtiin 7 vuorokautta ensimmäisestä. Toisessa rasisitusjakossa voimistettiin rasisitusta. Syynousemaa mitattiin karheusmittauksena kokeen eri vaiheissa.

Molemmilla maaliyhdistelmillä pintamaalin levitys tasoitti karheuserot. Testissä ei saatu kunnollista syynousemaa aikaiseksi rasisitusjaksoilla.

### **5.5.3 Yhteenvedo**

Kehityspilotissa todettiin kapasiteettilaskennan ja koesuunnittelun olevan tosiaan tukevia työkaluja arvioitaessa investoinnin tarpeellisuutta ja investoinnilta tarvittavia ominaisuuksia laadun näkökulmasta. Pilotin myötä Centrialla on entistä paremmat valmiudet toteuttaa alueen yritysten kehitystarpeita investointien laadukkaassa käyttöönotossa. Pilotissa toteutettujen toimenpiteiden seurauksena kehityspilotissa mukana ollut yritys jäi vielä harkitsemaan investoinnin toteutusta, koska laskelmien ja testiajojen perusteella ei päästy tuloksiin, joita investoinnille oli asetettu.

### **5.6 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjainvestoinnin käyttöönoton jälkeinen tuotannon ylläpito**

Tässä kehityspilotissa keskityttiin pintakäsittelylinjan investoinnin jälkeiseen tuotannon ylläpitoon. Tuotannon ylläpitoon liittyvät kehitystoimenpiteet tehtiin yrityksessä, joka oli hieman aiemmin investoinut kattoratakuljettimen ja ruiskutusrobotin kasattujen ikkunapuitteiden maalaukseen. Tarkoituksena oli selvittää, miten kyseisessä tuotantoprosessissa olisi järkevää suorittaa maalaus tehokkaasti ja kuinka uunin täyttö kannattaisi suorittaa. Lisäksi pilotissa määritettiin tämän pintakäsittelyprosessin optimaaliset arvot koesuunnittelun avulla. Näiden toimenpiteiden tavoitteena oli prosessin virtauksen tasoittaminen ja vaihtelun pienentäminen.



### 5.6.1 Käyttökapasiteetin määrittäminen

Kehityspilotin aloituspalaverissa määritettiin yrityksen pintakäsittelyprosessi ja siihen vaikuttavat tekijät. Tekijöistä valittiin tärkeimmät optimaalisten pintakäsittelyarvojen määrittämiseksi koosuunnittelun avulla. Ennen koosuunnittelun toteutusta piti kuitenkin selvittää pintakäsittelyprosessin läpimenoaika, vaihteluväli ja kapasiteetti.

Kapasiteettiin päästiin kiinni selvittämällä prosessin läpimenoaika ja vaihtelu. Tiedonkeruu toteutettiin seurantajakoilla pilottiyrityksessä. Seurannan aikana kelloitettiin kattoratakuljetin orren täyttöaikaa sekä orren kiinnitettyjen puitteiden ruiskutusaikaa. Seuranta toteutettiin erilaisilla orren täyttöasteilla.

Tilanteessa, jossa orrelle ripustetaan mahdollisimman monta puitetta, ruisku oli pitkiä aikoja odotustilassa, koska orren täyttö oli hidasta. Pohjamaalauksessa täyttöä hidasti ripustuskoukujen siirtely ja pintamaalauksessa kappaleiden kittausta ja välihionta. Orren täyttö nopeutui, kun orrelle ripustettiin vain yksi puite. Suurin syy tähän oli, että ripustuskoukkuja oli oikea määrä orrella. Tällöin ei tarvittu ylimääräistä liikettä niiden hakemiseen tai palauttamiseen. Samalla vaihtelu pieneni, tämä näkyi erityisen hyvin pintamaalauksessa. Koska orren kääntöaika on vakio, ruiskutusaika pitenee, kun orrella on vain yksi puite. Tällä ei ole kokonaisuuden kannalta merkitystä, koska orren täyttö kestää kauemmin kuin ruiskutus.

Linjan täyttö kannattaa valita sen mukaan, millä tahdilla pintakäsittelyprosessista halutaan valmiita tuotteita seuraaviin työvaiheisiin. Puitteet valmistuvat sitä nopeampaa, mitä nopeampaa linja liikkuu. Mikäli orrelle laitetaan vain yksi kappale, orren täyttö varsin nopea toimenpide ja linja liikkuu sujuvammin. Kun orrelle laitetaan useampi kappale, täyttöaika kasvaa ja se määrää linjan tahdin. Tällöin yhden kappaleen valmistusaika hidastuu. Laskennallisesti orren täyttö hidastuu mitä enemmän kappaleita orrelle laitetaan (Taulukko 2).

Puitteita orrella	Orren ruiskutusaika (s)	Orren täyttöaika pohjamaalauksessa (s)	Orren täyttöaika pintamaalauksessa (s)	Tehollinen työaika pohjamaalaus (h)	Tehollinen työaika pintamaalaus (h)	Kokonaisaika ilman taukoja tms. häiriöitä (h)	Valmiita (kpl)
1	133	151	179	3,2	3,7	6,9	55
2	196	302	378	5,5	6,7	12,2	110
3	220	329	441	5,9	7,7	13,6	165

Taulukko 2. Laskennalliset käsittelyajat ja valmiiden tuotteiden määrä.

Taulukossa on esitetty ruiskutus- ja täyttöajat orraa kohti eri täyttömäärillä. Pohjamaalauksen täyttö on hieman nopeampaa kuin pintamaalauksen, koska pintamaalauksen yhteydessä tapahtuu pääosin hionta ja kittausta. Teholliseen työaikaan on laskettu täyttöaika. Ruiskutus tapahtuu orren täytön aikana, joten sitä ei ole huomioitu teholliseen työaikaan. Myöskään taukoja tms. keskeytyksiä ei ole huomioitu. Sen sijaan joka orren siirtymäaika on lisätty kokonaisaikaan. Kun orrella on yksi puite, tehollinen kierrosaika jää alle neljään tuntiin sekä pohjasta että pintamaalauksessa. Ero kahden ja kolmen puitteen ripustusmenetelmässä on melko pieni, koska yleensä kolmen puitteen ripustus tarkoittaa, että puitteet ovat kooltaan hieman pienempiä. Tällöin käsittelyaika on suhteessa pienempi kuin kahdella isolla puitteella.

Tehtyjen mittausten ja toimenpiteiden perusteella pilottiyritykselle esitettiin seuraavat kolme vaihtoehtoa pintakäsittelylinjan käytön ja täytön optimointiin.

### Vaihtoehto I

Orrelle ripustetaan niin monta puitetta kuin mahtuu (keskimäärin 2,5). Linjan täytön hoitaa yksi henkilö. Hänen syöttäessä pohjamaalattavia puitteita, linjasta tulee edellisenä päivänä pintamaalattuja puitteita tiivistettäväksi.

<i>Yhden maalauskierroksen aika:</i> Pohjamaalaus n. 6,5 h. Pintamaalaus noin 8 h. (Ajat sisältävät tauot.)
<i>Maalausjärjestys:</i> Ensimmäinen päivä pohjaa, toinen päivä pintaa.
<i>Valmiit puitteet:</i> Täyttömäärästä riippuen noin 137 kpl joka toinen päivä.
<i>Henkilömäärä:</i> 1 pintakäsittelijä + 1 tiivistäjä
<i>Edut:</i> -
<i>Haasteet:</i> Tiivistäjä ei ehdi tiivistää kaikkia puitteita sitä mukaan, kun ne tulevat linjasta. Tällöin osa puitteista välivarastoidaan hallitilaan ja tiivistys jatkuu seuraavana päivänä. Jos puitteissa on paljon kitattavaa/välihiottavaa, voi pintamaalauskierrros jäädä kesken. Tällöin kierrosta jatketaan seuraavana päivänä. Kiertorytmin pidentyessä, valmiita kappaleita ei tule joka toinen päivä, vaan valmistuminen venyy.
<i>Muut huomiot:</i> Jos linjaan syötetään esim. puolet pohjamaalattavia ja puolet pintamaalattavia puitteita, saadaan linjasta valmiita puitetta joka päivä.

### Vaihtoehto II

Orrelle ripustetaan niin monta puitetta kuin mahtuu (keskimäärin 2,5). Linjan täytön hoitaa yksi henkilö pohjamaalauksessa ja kaksi henkilöä pintamaalauksessa. Lisäksi tarvitaan tiivistäjä.

<i>Yhden maalauskierroksen aika:</i> Pohjamaalaus n. 6,5 h. Pintamaalaus noin 5 h. (Ajat sisältävät tauot.)
<i>Maalausjärjestys:</i> Ensimmäinen päivä pohjaa, toinen päivä pintaa.
<i>Valmiit puitteet:</i> Täyttömäärästä riippuen noin 137 kpl joka toinen päivä.
<i>Henkilömäärä:</i> 1,5 pintakäsittelijää + 1 tiivistäjä
<i>Edut:</i> Pintamaalauskierrros nopeutuu, koska syöttöä tekee kaksi henkilöä. Tästä johtuen pintakerros ehditään tehdä yhden työpäivän aikana, joten valmiita kappaleita tulee joka toinen päivä linjaan syötetty määrä.
<i>Haasteet:</i> Vaatii ylimääräisen henkilön pintakerrokselle tekemään välihiottoa ja kittausta
<i>Muut huomiot:</i> Jos linjaan syötetään esim. puolet pohjamaalattavia ja puolet pintamaalattavia puitteita, saadaan linjasta valmiita puitetta joka päivä. Kiiretilanteessa tällä mallilla saadaan eniten ulostuloa ilman pidempiä työaikoja tai ylitöitä.

### Vaihtoehto III

Orrelle ripustetaan aina yksi puite. Linjan täytön hoitaa yksi henkilö. Hänen syöttäessä pohjamaalattavia puitteita, linjasta tulee edellisenä päivänä pintamaalattuja puitteita tiivistettäväksi. Pintamaalauksen syöttöön riittää yksi henkilö, myöskään tiivistäjää ei tällöin tarvita.

<i>Yhden maalauskierroksen aika:</i> noin 3,5 h
<i>Maalausjärjestys:</i> Aamupäivä pohjaa, iltapäivä pintaa.
<i>Valmiit puitteet:</i> 55 puitetta joka päivä

<i>Henkilömäärä:</i> 1 pintakäsittelijä + 0,5 tiivistäjä (tiivistäjä voi tehdä lyhyempää työpäivää tai muita tehtäviä pintasyötön aikana)
<i>Edu:</i> Linjan kuormitus on tasaista, valmiita puitteita tulee päivittäin vakiomäärä. Pintakäsittelijän syöttäessä pohjamaalattavia tuotteita, edellisellä kierroksella valmiiksi maalatut puitteet tulevat tiivistykseen.
<i>Haasteet:</i> Malti laittaa orrelle vain yksi puite.
<i>Muut huomiot:</i> -

## 5.6.2 Pintakäsittelyn optimiparametrien määrittäminen

Pintakäsittelyn optimiparametrien määrittäminen suoritettiin koesuunnittelun avulla. Koesuunnittelu (Design of Experiments, DOE) on menetelmä, jolla tutkitaan syy-seuraussuhteita useiden prosessimuuttujien ja ulostulon välillä sekä pyritään selvittämään tekijöiden välisiä keskinäisvaikutuksia.

Pilottiyrityksen koesuunnittelussa tärkeimmiksi pintakäsittelyprosessiin vaikuttavista tekijöistä valittiin kuivauksen lämpötila, maalin levitysmäärä, suuttimen koko, puitteen ripustustapa ja sähköstatiikan varaus. Näillä muuttujilla toteutettiin Taguchin L8-matriisin mukaiset koeajot. Maalattujen testisarjojen arviointikriteereitä olivat pinnanlaatu, maalin kulutus ja maalin kuivuminen.

Tehdyissä koeajoissa todettiin, että optimiparametrit ovat kombinaatiosäätöjä sen mukaan mitä ominaisuutta halutaan korostaa. Pinnanlaadun kannalta tärkeintä on käyttää suutinta, jolla levitysmäärä saadaan riittävän suureksi mahdollisimman pienellä paineella. Maalin kuluutukseen vaikuttaa eniten ruiskutusaine. Mitä pienempää painetta voidaan käyttää, sen vähemmän maalia kuluu ohiruiskutukseen ja sitä kautta hukka pienenee. Hukkaan voidaan vaikuttaa myös ottamalla käyttöön kapeammalla maaliviuhkalla oleva suutin. Tämä edellyttää paineen pienentämistä, jotta kappaleen heiluminen orrella saadaan mahdollisimman vähäiseksi. Maalin kuivumisen kannalta uunilämpötilalla on merkitystä.

## 5.6.3 Yhteenveto

Kehityspilotissa Centrian asiantuntijat lisäsivät osaamistaan kattoratakuljettimen ja robotin käyttö- ja täyttöperiaatteista, kapasiteettiin vaikuttavista asioista ja optimikapasiteetin määrittämisestä sekä pintakäsittelyn optimiparametrien selvittämisestä. Centrialla on nyt entistä paremmat valmiudet toteuttaa prosessivirtaukseen ja tuotannon tehostamiseen liittyviä asiantuntijapalveluita alueen yritysissä.

## 5.7 Investointipalvelu – Pintakäsittelyprosessin hallinta laadun näkökulmasta

### 5.7.1 Prosessin hallinta

Tässä kehityspilotissa keskityttiin pintakäsittelyprosessin hallintaan määrittämällä pintakäsittelyprosessin laatuun vaikuttavat tekijät. Lähtökohtana prosessin hallinnalle on stabiili prosessi. Jos prosessi ei ole hallinnassa, ei välttämättä osata tulkitä ja havainnoida muuttujia oikein eikä toisaalta säätää prosessia oikeaan suuntaan. Kun jatkuva prosessi on saatu kerran vakioitua, voisi sen hallinnan olettaa olevan helppoa. Kuitenkin prosessissa tapahtuu koko ajan vaihtelua. Osa on ns. normaalia satunnaisvaihtelua, johon ei tulekaan normaali tuotannossa

reagoida, mutta osa vaihtelusta johtuu erityisyydestä ja reagoiminen olisi tärkeää. Jos vaihtelua ei tunnusteta eikä vaihtelun syitä löydetä, prosessin hallinta on hankalaa. Vaihtelua aiheuttaa niin työntekijöiden vaihtuminen, laitteiden toimintakunto kuin materiaalien muutokset muiden tekijöiden ohella. Joka kerta, kun prosessi muuttuu, tulisi muutos osata ennakoita ja sen vaikutukset hallita.

Pintakäsittelyprosessi voidaan jakaa usealla eri tavalla osa-alueisiin. Tällä kertaa jaottelu on tehty prosessin hallinnan näkökulmasta. Ensimmäinen vaihe tapahtuu jo ennen pintakäsittelyä; miten materiaalia käsitellään ennen kuin se siirtyy pintakäsittelylinjaan. Toisessa vaiheessa tuote syötetään linjaan; silloin on syytä kiinnittää huomiota siihen mikä on tuotteen laatu maalauksen alkaessa. Kolmannessa vaiheessa tapahtuu aineen levitys; miten pintakäsittelyaine ja ruiskutusprosessin säädöt vakioidaan ja miten niitä hallitaan. Neljäs ja viimeinen vaihe alkaa, kun maalattu kappale siirtyy ruiskuautomaatilta kuivaukseen ja lopulta jatkokäsittelyyn. Olemme koostaneet tähän raporttiin mitä asioita näissä eri vaiheissa tulisi huomioida prosessimuutoksen yhteydessä, jotta muutoksesta huolimatta prosessi pysyisi mahdollisimman stabiilina ja pintakäsittelyn haluttu laatu olisi mahdollista saavuttaa.

### ***Vaihe 1 – Esikäsittely ennen pintakäsittelyprosessia***

Materiaalilla, jota lähdetään työstämään ja pintakäsittelmään, on omat ominaisuutensa. Puu on orgaanista materiaalia, joka reagoi mm. kosteuteen. Massiivipuun synnousemat, tikunnousu, oksat, halkeamat ym. erilaiset puumateriaalin viat tai levymateriaalin huokoisuus, pinnan karkeus jne. ovat kaikki ominaisuuksia, jotka tulisi jollain lailla minimoida käytettävässä materiaalissa. Käytettävän pohjamateriaalin laatueroituksen tulee vastata lopputuotteen laatua, jotta on edes teoriassa mahdollista päästä haluttuun lopputulokseen. Pintakäsittely harvoin korjaa materiaalin virheitä Pohjamateriaalin laadun seurantaan kannattaa panostaa, koska materiaalista johtuvat pintakäsittelyongelmat ovat jälkikäteen lähes mahdottomia todistaa. Ennen pintakäsittelyä puumateriaalia vaatii työstöä. Tuotteesta riippuen materiaalia esimerkiksi sahataan, höylätään, jyrsitään ja hiotaan. Kaikissa näissä vaiheissa tulisi huolehtia, että työstön jälkeen materiaali on edelleen laatuvaatimusten mukainen. Tuotteessa ei saisi olla koneen tai käsittelyn jäljiltä naarmuja, koloja, terän jättämiä jälkiä tms. Jokaisen virheellisen kappaleen pääsy seuraavaan työvaiheeseen tulisi estää. Mitä pidemmälle prosessissa virhe pääsee, sitä kalliimpaa on sen korjaaminen.

Työstövaiheisiin voidaan lukea myös kittaus ja reunamaalaus. Erityisesti mdf-levyn pintakäsittelyssä reunojen käsittely on kriittinen vaihe. Ilman sopivia aineita ja menetelmiä reunamaalauksen yhteydessä voidaan saada jopa enemmän laatuongelmia aikaiseksi kuin mitä tuotteissa oli ennen reunakäsittelyä. Sama koskee tuotteiden kittausta. Molemmassa yhtenäiset työtavat ja työntekijöiden huolellisuus ovat tärkeitä. Yrityksien tulisi myös mahdollisuuksien mukaan ottaa käyttöön uusia tekniikoita näiden vaiheiden toteuttamiseen, sillä reunamaalaus ja kittaus ovat edelleen useissa yrityksissä työläitä toteuttaa. Esimerkiksi pinkassa tehtävässä reunaruiskutuksessa pieni nukahtaminen ruiskutuksessa aiheuttaa ongelmia kiinnitarttumisena ja pinnanlaadun virheinä.

### ***Vaihe 2 – Pintakäsittelyprosessi ennen ruiskutusta***

Eri esikäsittelyiden jälkeen tuote on valmis syötettäväksi pintakäsittelylinjalle. Viimeistään tässä vaiheessa pitäisi prosessista poistaa kaikki heikkolaatuiset tuotteet. Jos linjaan syötetään kappale, jossa on jo valmiiksi naarmu tai kolo, tarkoittaa se lähes poikkeuksetta uudelleen maalausta ja lisäkustannuksia. Usein korjailuerien tekeminen myös haittaa prosessin normaalia toimintaa heikentäen prosessin hallintaa.

Mikäli pintakäsittelyprosessissa hiotaan tuotteita, tulee prosessin hallinnan kannalta määrittää hionnan säätöarvot tai työmenetelmät riippuen hiontatavasta. Oikean hiontakarkeuden valinta ja hiomapapereiden/harjojen kunnon seuranta on myös oleellista laadun säilyttämiseksi. Yleensä hionnassa muodostuu staattista sähköä, joka purkaminen ennen lopullista pölynpoistoa on tärkeää. Tärkeää on myös pölynhallinta hionnassa sekä koko pintakäsittelytilassa. Hionta- tai muun pölyn jääminen/pääseminen kappaleen pintaa tulee estää, jotta maalikalvon alle ei jää roskaa.

### ***Vaihe 3 – Ruiskutusprosessi***

Ruiskutusprosessin yksi seuratuimmista muuttujista on levitysmäärä. Se määrittää pitkälti tuotteen laatua ja kustannusta. Levitysmäärän hallinta on kuitenkin haasteellista. Yleisimmin levitysmäärää seurataan punnitsemalla (g/m<sup>2</sup>) tai märkäkalvokammalla (µm). Otannat ovat satunnaisia ja prosessia säädetään otantojen välissä visuaaliseen arviointiin ja kokemukseen perustuvilla tiedoilla. Riskinä on, että säätämällä aiheutetaan vain entistä enemmän vaihtelua prosessiin, koska säädöt eivät perustu luotettavaan mittaustietoon. Optimitilanteessa maali ja prosessisäädöt pysyisivät vakioina, jolloin levitysmääräkin olisi paremmin hallinnassa.

Lähtökohtaisesti ainevalmistajat toimittavat koostumukseltaan aina samanlaista, tasalaatuisia pintakäsittelyainetta. Tuotantoyrityksen pintakäsittelyprosessissa käytettävän maalin ominaisuudet tulisi vakioida; seossuhteet, aineen puhtaus, viskositeetti ja lämpötila. Seossuhde ja lämpötila molemmat vaikuttavat viskositeettiin ja sitä kautta levitysmäärään, siksi seossuhteen vakioinnin lisäksi lämpötilan hallinta pintakäsittelytilassa ja maalivarastossa nousee merkittävään rooliin. Ainesuuttimien toiminta ja viuhkanmuodostus ovat myöskin riippuvaisia sopivasta viskositeetista ja lämpötilasta.

Maaliominaisuuksien lisäksi aineensiirron osa-alueiden tulee olla toimivia; aineensiirtoletkujen, suodattimien ja pumpun pitää olla moitteettomassa kunnossa ja mitoitettu oikein. Toimintavarma ja hyvin huollettu pumppu antaa aina saman paineen linjastoon ja mahdollistaa prosessin toistettavuuden ja tasaisen pintakäsittelylaadun. Maaliominaisuuksien tasalaatuisuus ja oikein toimiva aineensiirto mahdollistavat pumpun ainepaineen vakioinnin, jolloin ollaan yksi askel lähempänä stabiilia ruiskutusprosessia ja vakiolevitysmäärää.

Levitysmäärään vaikuttavat edellä mainittujen lisäksi myös kuljettimen/kappaleiden nopeus, traverssinopeus, ruiskutuskulmat, suutinkoko, ainesuuttimien kulmat, suuttimien puhtaus, ruiskukammion ilmantase eli suodattimien puhtaus jne. Useimmat näistä tekijöistä ovat tuotantoajossa vakioitu tiettyihin arvoihin, esimerkiksi maton nopeutta tai ruiskutuskulmia harvoin vaihdetaan päivittäisessä toiminnassa. Huolimatta näiden muuttujien ns. vakioistatuksesta, asetettujen säätöjen paikkansa pitävyys tulisi silti tarkistaa säännöllisesti ja seurannan avulla varmistaa, ettei toiminnassa ole sallittua suurempaa vaihtelua. Käyttäjakohtaiset muutokset on hyvä eliminoida. Esimerkiksi ainesuuttimen irrottaminen puhdistuksen yhteydessä voi muuttaa suuttimien kulmaa takaisin kiinnitettäessä, jos ohjeistus on puutteellinen.

### ***Vaihe 4 – Pintakäsittelyprosessi ruiskun jälkeen***

Usein heti ruiskutuksen jälkeen pintakäsittelytuote on ainakin hetken aikaa avoimessa hallitilassa. Koska märälle maalipinnalle ei tässä vaiheessa haluta mitään ylimääräisiä partikkeleita, on pintakäsittelytilan ilmantaseella ja puhtaudella merkitystä. Erityisesti pölyn hallintaan ympäröivässä tilassa tulee kiinnittää huomiota ja mahdollisuuksien mukaan estää normaalista poikkeavat ilmapirtaukset tilassa.

Kuivaus on sekä pinnan ominaisuuksien, että prosessin jatkuvuuden kannalta tärkeässä roolissa. Kuivaus tulisi optimoida pintakäsittelymateriaalien ja kalvonpaksuuksien mukaan. Puhallusteho ja korotettu lämpötila nopeuttavat kalvon kuivumista. Uuniolosuhteiden hallinta ympärivuoden ja vuorokauden ajasta riippumatta mahdollistaa stabiilin kuivausprosessin.

Kuivauksen jälkeenkin tulisi muistaa käsitellä tuotteita niin, ettei niihin pääse syntymään laatuvirheitä. Olivat kappaleet sitten valmiita siirrettäväksi seuraavaan työvaiheeseen tai jatkavat vielä seuraavalle pintakäsittelykierrökselle, tässä vaiheessa pinnan vauriot aiheuttavat suurimman hukan niin lisätyönä kuin kustannuksina.

### ***Muut pintakäsittelyprosessiin vaikuttavat tekijät***

Vielä toistaiseksi pintakäsittelyä toteutetaan pitkälti ihmisvoimin. Jossain vaiheessa robotit ja tekoäly saattavat korvata työntekijät, mutta niin kauan kuin ihmisiä on prosessissa mukana, ovat he myös yksi suurimmista pinnanlaadun vaihtelun aiheuttajista. Vaihtelua voidaan vähentää yhtenäisillä työtavoilla ja riittävällä perehdyttämisellä. Tärkeään rooliin nousee myös henkilön motivaatio ja huolellisuus. Jos työtä tehdään ”olen täällä vain töissä” asenteella eikä olla kiinnostuneita kokonaisuuden ymmärtämisestä, on laadunhallinta ja prosessin hallittu ylläpitäminen vaikeaa. Työntekijän oman kiinnostuksen ja motivaation tueksi on mahdollistettava ”työn helppous”. Työnantajan on huolehdittava, että työntekijä voi suoriutua tehtävistään; työympäristö on turvallinen ja siisti, prosessissa tarvittavat työkalut, laitteet ja materiaalit ovat saatavilla ja toimivia, työntekijä tietää toiminnan tavoitteet ja oman roolinsa kokonaisuudessa, tavoitteiden saavuttamista seurataan ja ulkopuoliset häiriötekijät on eliminoitu. Prosessiin sitouttaminen esimerkiksi laatuun sidottuna tuotantopalkkiona voi olla yksi osa motivaation lisäämistä. Hyvinvoiva, ammattitaitoinen ja motivoitunut työntekijä omalla osaamisellaan ja kiinnostuksellaan takaa parhaiten prosessin hallinnan mahdollisuuden ja toiminnan kehittämisen.

### **5.7.2 Testaamisen ja mittaamisen merkitys prosessin hallinnassa**

Joka kerta, kun prosessi muuttuu, on riskinä stabiilisuuden menetys. Osaan muutoksista on vaikea reagoida etukäteen, osa muutoksista on tietoisia valintoja. Esimerkiksi pintakäsittelyaineen vaihtuminen, työmenetelmän parantaminen tai konekannan muutos ovat tilanteita, joita voidaan suunnitella ja testata etukäteen. Tämä helpottaa muutoksen käyttöönottoa pintakäsittelylinjalla. Jo testausvaiheessa kannattaa määrittää käytettävät parametrit mahdollisimman hyvin, jotta prosessin säätäminen muutoksen yhteydessä sujuisi mahdollisimman kivuttomasti. Muutoksen käyttöönoton tueksi voi laatia myös tarkistuslistan, jossa prosessi käydään läpi vaihe vaiheelta, määrittäen onko kyseisellä muutoksella vaikutusta tiettyyn prosessivaiheeseen ja jos on, miten vaikutus näkyy ja miten se pystytään minimoimaan.

Jos prosessin vakiointi perustuu mittaamiseen, tulee mittausmenetelmien olla luotettavia. Riippumatta mittalaitteesta tai mittaajasta tuloksiin tulee voida luottaa. Epäluotettavilla mittaustuloksilla prosessia on vaikea hallita; mittaukset saattavat antaa väärän kuvan prosessista aiheuttaen ylimääräistä prosessinsäätöä ja todennäköisesti harhaantumista kauemmaksi optimisäädöistä. Pahimmillaan korjaustoimenpide aiheuttaa ongelman siirtymisen seuraavaan prosessivaiheeseen, jolloin todellinen ongelma ei korjaannu, se kertaantuu tai jopa hautautuu haitariiliikkeeseen. Usein inhimillisten virheiden mahdollisuuden eliminointi mittausmenetelmästä tuottaa luotettavimmat mittaustulokset. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. Tällöin ohjeistus ja yhtenäiset työskentelymenetelmät korostuvat entisestään.

### 5.7.3 Yhteenveto

Pintakäsittelyprosessi on monien muuttujien summa, jonka hallinta ei aina ole helppoa. Tasa-laatuisten lopputuloksen varmistamiseksi prosessin tulisi olla vakioitu ja vaihtelu minimoitu. Jos prosessiin tiedetään kohdistuvan muutoksia, kannattaa ne suunnitella ja testata etukäteen. Oletus, että prosessi pysyy samanlaisena muutoksesta huolimatta, on harhaanjohtava. Erilaisilla mittauksilla ja seurannoilla päästään kiinni prosessitekijöihin, joilla on vaikutus pintakäsittelyn laatuun. Mittauksessa ja seurannassa tulee kuitenkin varmistaa, että mittaustulokset ovat luotettavia ja että dataa analysoidaan oikein. Kun vaikuttavat tekijät ovat selvillä, voidaan prosessin hallitsemiseksi määrittää mitä muuttujia linjatyöntekijät päivittäisessä tuotannossa säätävät ja mitkä tekijät ovat vakioita. Lähtökohtaisesti työntekijän tehtävät saisivat vain olla prosessia huoltavia ja ylläpitäviä, ei niitä säätäviä toimenpiteitä. Jos säätöjä tehdään, pitää kokonaisuuden kannalta olla tiedossa mihin säätö vaikuttaa ja todentaa mittaamalla vaikuttiko säädön muutos siihen ongelmaan mihin se oli tarkoitettu. Jos säädön vaikutukset todetaan oikeiksi, tehdään näistä säädöistä osa kokonaisprosessin hallintaa ottamalla ne prosessikäytännöiksi ja kirjaamalla ne työmääräimiin.

### 5.8 Investointiapupalvelu – Pintakäsittelylinjan hankinnassa ja asennuksessa huomioitavia asioita

Asennusvaiheessa ollaan aina hyvin lähellä tuotannollista ajoa ja kiire painaa päälle saada linja tuottavaan toimintaan. Muutamat asiat asennuksen yhteydessä on kuitenkin hyvä ottaa huomioon ja käydä ajatuksen kanssa läpi.

#### ***Kuivausuunin ilman hallinta***

Kuivausprosessin ilmassa oleva pöly kiinnittyy herkästi maalattujen kappaleiden pinnalle. Jos kuivausilma otetaan kuivausuuniin suoraan hallitilasta, tulee se suodattaa ennen uuniin johtamista. Satunnaiset roskat maalipinnalla voivat johtua hallitilan vaihtelevasta ilmavirtauksesta. Tällaista aiheuttavat esimerkiksi nosto-ovien aukaiseminen. Avatun oven kautta virtaa ilmaa hallitilaan ja nostattaa pölyn tasopinnoilta liikkeelle. Tällainen pöly kulkeutuu herkästi märälle maalipinnalle, jos poistoilmojen määrä kuivausuunissa on selkeästi tuloilmojen määrää suurempi. Tällöin uuni pyrkii tasapainottamaan ilmantasetta uunin sisällä ja se ottaa korvausilmaa prosessin avoimista aukoista. Pintakäsittelytilan tai –prosessin tulisi olla mahdollisimman hyvin eristetty muista tuotannollisista tiloista, ei niinkään hajuhaittojen, vaan pölyn leviämisen kannalta. Tulo- ja poistoilmojen määrät tulee mitata ja säätää asennuksen yhteydessä, eikä luottaa sokeasti tehdasasetuksiin.

Poistoilman palauttamisessa hallitilaan, tulee huomioida hallissa tästä johtuva mahdollinen lämmönouseminen prosessissa sekä kuivausuunien poistoilman lämmöntalteenotto.

#### ***Kuivausajan määrittäminen***

Pintakäsittelyaineen levitysmäärä ja sen kuivumisaika vaikuttavat suoraan uunin pituuden mitoitukseen ja tätä kautta tuotantoprosessin nopeuteen. Kuivausajan määrittäminen kannattaa tehdä yhteistyössä maalitoimittajan ja laitevalmistajan kanssa. Kuivausaikaan vaikuttavat aineen ja levitysmäärän lisäksi ilman ja säteilijöiden lämpötila sekä ilman virtausnopeus. Kuivausajan määrittämisen voi tehdä myös Centrian Puulaboratoriossa. Centrian testausympäristössä voidaan kuivausprosessiin ajaa kostutettua kuivausilmaa, jolloin pystytään simuloimaan kuivumista myös haastavissa olosuhteissa. Kuivuminen kannattaa varmistaa testin yhteydessä pinkkaustestin avulla.

### ***Kuljettimet***

Jos yritys itse vastaa prosessin koneiden välisten kuljettimien hankinnasta ja asentamisesta, tulee niissä huomioida muutama asia. On määritettävä, kenellä on vastuu kappaleen siirrosta eri kuljettimien rajapinnoissa. Erityisesti, jos kuljettimien vaihtumiseen liittyy kappaleen kulkusuunnan vaihtuminen. Jos kappaleet pintakäsittellään molemmilta tasopinnoilta, on huomioitava kuljettimen valinnassa, että kappaleen paino ei aiheuta painaumuksia nurjalle puolelle.

### ***Pistoolien asennus***

Pistoolien asennuksen yhteydessä kannattaa noudattaa laitevalmistajan suositusta pistoolien etäisyydestä mattopintaan. Ensimmäisenä työvaiheena kannattaa varmistaa pistoolien ainemäärä. Tämä tapahtuu ajamalla jokaisesta käytettävästä pistoolista läpi ainetta ilman hajotusilmaa 10 sekunnin ajan. Määrä punnitaan ja tarvittavat säätötoimenpiteet tehdään pistoolille. Toimenpiteellä varmistetaan ainemäärän tasaisuus jokaisesta pistoolista, mikä helpottaa pistoolien säätämistä jatkossa.

Jos kyseessä on ruiskuautomaatti, pintakäsittelyyn käytettävien pistoolien kulmat tarkistetaan kuljettimeen nähden. Kulman suuruus riippuu ruiskutyypistä ja siitä, halutaanko pintakäsittelyä kappaleen reunoille. Mitä pienempi kulma on, sen enemmän ruiskutus tulee vaakatasossa. Tällä on vaikutusta reunaruskutuksen määrään sekä aineen siirtymisessä negatiivisiin kulmiin (esim. urat reunoissa). Kun pistoolien kulma kuljettimeen nähden on tarkistettu, säädetään pistoolien kulma kappaleen kulkusuuntaan nähden. Tällä pystytään vaikuttamaan levitysmäärään etu- ja takaosissa kappaletta.

Jos pistoolit on kiinnitetty liikkuvaan kelkkaan, lopuksi säädetään pistoolien traverssinopeus. Leveäruiskuautomaatin ollessa kyseessä, kuljetinmatolle kannattaa ajaa pintakäsittelyainetta ilman hajotusilmaa sekä pienellä pumpunpaineella. Näin saadaan piirrettyä ruiskuautomaatin pistoolien piirroskuvio mattoon. Jos piirtokuva on liian harva suhteessa viuhkan leveyteen, tulee traverssinopeutta nostaa tai päinvastaisessa tapauksessa laskea.

### ***Levitysmäärä***

Levitysmäärä vaikuttaa oleellisesti haluttuun pinnan laatuun. Levitysmäärän tarkkailulla voidaan vähentää valmiin tuotteen laatuvariaatiota. Levitysmäärän määrittämiseen tarvitaan koelevyjä/kappaleita sekä vakaa punnitusta varten. Vaa'an tarkkuus riippuu koeleikkapinnasta ja painosta. Levitysmäärä on riippuvainen monista prosessitekijöistä. Tällaisia ovat ilman lämpötila ja kosteus, maalin lämpötila ja viskositeetti, käytetty suutinten koko, käytetty pumpun ja hajotusilman paine. Näiden prosessimuuttujien vaihtelu tulee lähtökohtaisesti pyrkiä minimoimaan, jolloin päästään pienempään vaihteluun levitysmäärässä ja suurempaan saantoon.

## **5.9 Lean ja laatu – Tuotannollisen yrityksen tilaus-toimitusketjun oikea-aikaistaminen ja tehostaminen**

Tässä kehityspilotissa keskityttiin Centrian henkilökunnan Lean-osaamisen syventämiseen. Lean Leader -koulutus oli Centrian henkilökunnalle osa Tehokas Puuteollisuus -hankkeen toteutusta. Koulutuksen järjesti Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä ja kouluttajana toimi Quality Knowhow Karjalainen Oy:n Antti Piirainen. Lean-johtajakoulutuksessa liiketoiminnan kehittämistä lähestyttiin kokonaisuutena huomioiden toimintaympäristöä säätelevät lainalaisuudet. Koulutukseen kuului lähiopetuspäiviä sekä projektityöskentelyä harjoitustyön muodossa.

Tässä kehityspilottiraportissa kerrotaan koulutuksen puitteissa toteutetuista tuotannollisen yrityksen lean-toimenpiteistä, jotka Centria Puutuote toteutti yhteistyössä yrityksen kanssa.



Toimenpiteet koostuivat kehityskohteen valinnasta, nykytilan määrittämisestä, tulevan tilan suunnittelusta sekä toimenpiteiden suunnittelusta tavoitetilaan pääsemiseksi.

### **5.9.1 Kehityskohteen valinta**

Ensimmäinen koulutuksessa saatu tehtävä oli liiketoimintatapauksen ja parannustiimin valinta sekä projektin hyväksyminen ja käynnistäminen. Tämän kehityspilotin kohdeyritys oli kiinnostunut lisäämään tietoaan lean-menetelmien tuomista mahdollisuuksista yrityksessään, joten projektikohteeksi valikoitui heidän tuotantoprosessinsa. Pääsimme tutustumaan yrityksen toimintaan ja heidän käyttämiin tuotannon mittareihin.

#### ***Liiketoimintatapaus – Business Case***

Yritys valmistaa tuotteita, jotka jaotellaan 10 eri luokkaan. Tuotetilaukset käsitellään ja valmistetaan projekteina. Osa projekteista on helposti toteutettavia perustuotteita, osa asiakkaalle räätälöitäviä haastavampia projekteja. Isojen tuotteiden määrä kasvaa koko ajan ja taloudellisesti ne ovat merkittävimpiä. Yritys tekee noin 100 projektia vuodessa, haastavien osuus näistä on noin 25 %.

Yritys valmistaa isoja tuotekokonaisuuksia, joiden korjaaminen tai uudelleen tekeminen on kallista ja hidasta. Yritys seuraa tuotannon ongelmia. Yrityksen kanssa keskusteltiin mittareilla havaittujen ongelmien syistä. Näiden tietojen pohjalta todettiin, että eniten haasteita aiheuttaa tilaus-toimitusketjun kokonaisuuden hallinta ja siinä suunnittelun rooli nousi vahvasti esille. Tässä projektissa lähdettiin selvittämään, mikä hidastaa tai estää suunnittelua ja miten suunnittelun saisi sujumaan niin, että muut prosessivaiheet käynnistyisivät vasta suunnittelun valmistumisen jälkeen.

#### ***Tärkeimmät liiketoimintamittarit ja tavoitteet***

Yrityksen kasvu on tapahtunut nopeasti ja yrityksessä on herätty siihen, että tämän hetkistä tuotantoa ei pystytä hallitsemaan enää halutulla tavalla. Tavoitteena on kasvaa edelleen, joten toiminta on saatava hallintaan liiketoiminnan kasvun mahdollistamiseksi.

Tärkeimpänä projektin tavoitteena oli selvittää prosessissa olevat haasteet ja löytää keinoja, joilla voidaan saavuttaa työrauha ja saada tilaus-toimitusketju oikea-aikaiseksi sekä tehokkaammaksi. Päämittareiksi valittiin ongelmaprojektien määrä ja ongelmien määrä projekteissa.

Tilaus-toimitusketjun oikea-aikaistamisella tavoiteltavia toimenpiteitä ja hyötyjä myynnin, suunnittelun, hankinnan ja tuotannon kannalta:

Myynti:

- käsitys eri tuotteiden todellisista toimitusajoista
- yhteiset käytänteet esim. mitä kaikkia tietoja suunnittelu tarvitsee myyjältä, mistä hetkestä toimitusaika lähtee, check-listat
- sopimuksessa määritetty asiakkaan mahdollisuudet tehdä muutoksia tilaukseen

Suunnittelu:

- suunnittelijoille mahdollistettava suunnittelurauha, jolloin suunnittelun läpimenoaika lyhenee ja virheiden mahdollisuus pienenee

Hankinta/varasto:

- kun toimitusaika on realistinen ja suunnittelu valmistuu ajallaan, hankinta voi tilata kerralla oikeat osat eikä varastointitarvetta ole
- myös toimitusaika pysyy alun perin sovituksessa, kun uudelleentilausta ei tarvita muutosten takia

Tuotanto:

- kun toimitusaika on realistinen, tuotantoa ei aloiteta kiireen takia ennen suunnittelun valmistumista
- suunnittelumuutoksista johtuva virheellisten tuotteiden valmistus jää pois, kun tuotanto aloitetaan vasta suunnittelun valmistuttua
- tuotannon työkortit valmistuvat suunnittelun valmistuttua; tuotantopäällikön ei tarvitse kirjata työntekijöiden tunteja jälkikäteen
- tuotannossa jää aikaa kehittää toimintaa, kun aika ei mene tulipaloja sammuttaessa

### **Projektin kohde**

Projektikohteeksi valittiin räätälöityjen, haastavien tuotteiden suunnitteluprosessi tuotemääräanalyysin (PQ) ja käytyjen keskustelujen pohjalta. Tarkasteluajanjaksolla määrällisesti eniten tehtiin tuoteryhmän 8 tuotteita (Kuva 26). Tuoteryhmät 8, 9 ja 10 ovat kaikki isoja projekteja, joiden merkitys määrällisesti ja ennen kaikkea liikevaihdollisesti on merkittävä. Myös ongelmaprojektien määrässä vaativat tuotteet 8 ja 10 ovat isossa osassa. Tuoteryhmät 1, 4 ja 7 ovat määrällisesti myös merkittäviä ja niissäkin on omat ongelmansa, mutta liikevaihdon kannalta ne eivät ole niin tärkeässä roolissa kuin suuret projektit. Suunnitteluprosessi puolestaan nousi selkeästi esille vertailtaessa eri prosessivaiheista johtuvia ongelmia.



Kuva 26. Projektien määrä tuoteryhmittäin.

### **5.9.2 Arvovirran tunnistaminen**

Toisena tehtävänä oli organisaation pääarvovirran ja kysynnän tunnistaminen sekä tarkempi kohteen määrittäminen ja arvovirran valitseminen ja rajaaminen. Arvovirran tunnistaminen aloitettiin arvioimalla, millä yrityksen arvovirroista on suurin vaikutus yrityksen toiminnan kannalta. Arvovirran valinnassa käytettiin yrityksestä saatuja tietoja. Näiden tietojen analysoinnissa kokeiltiin ja harjoiteltiin erilaisia analysointityökaluja.

### **Prosessin tunnistaminen**

Yrityksen tilaus-toimitusprosessin suunnitellut prosessivaiheet ja -järjestys ovat tarjous, tilaus,

tilausvahvistus, tarkistusmittaus, suunnittelu, ostotilaukset, tavaravastaanotto, tuotanto, lähetys, asennus ja laskutus. Käytännössä prosessit tapahtuvat limittäin.

Näistä tarkastelun alle otettu suunnittelu jakaantuu selvästi tarjous- ja tuotantosuunnitteluun. Tarjousvaiheen suunnittelu on pitkälti myynnin tukea. Tarjousta varten tehdään laskentaa, esisuunnittelua ja myyntikuvia. Kun tarjous vahvistuu tilaukseksi, pidetään myynnin katselmus. Katselmuksessa käydään läpi tilauksen tiedot ja tehdään kriittiset hankinnat. Myyntikatselmuksen jälkeen käynnistyvät yhtä aikaa suunnittelu, tuotanto ja ostotilausten laadinta. Vasta suunnittelun valmistuttua voidaan hankinnat päättää lopullisesti sekä tehdä tuotanto loppuun. Kaikki ennen suunnittelun valmistumista tehdyt tilaukset ja tuotanto toteutetaan riskillä.

### SIPOC

Sipoc tulee sanoista Supplier (Toimittaja), Input (Syöte), Process (Prosessi), Output (Tuotos), Customer (Asiakas). Malli kuvaa tiiviissä muodossa rajatun prosessin.

Suunnittelun SIPOC-kaavio on kuvattu kuvassa 27. Prosessin toimittajia ovat myynti, asiakkaat, arkkitehdit ja rakennusliikkeet. Prosessin syötteitä ovat puolestaan piirustukset, varas-  
totilanne, aikataulu, budjetti sekä tuotteita koskevat vaatimukset, standardit ja olosuhteet. Prosessi itsessään kulkee seuraavasti:

- lähtötietojen läpikäynti
- tuotteen/komponentin valinta
- 3D-mallinnus
- tuotantopiirustusten teko
- tuoterakenne
- siirto ERP-järjestelmään
- budjetin tarkastus
- toinen suunnittelija tarkastaa projektin
- suunnittelu merkataan valmiiksi

Prosessin tuloksia ovat 3D-malli, tuotantokuvat, tuoterakenne, tarkastuslista, ”suunnittelu valmis” -viesti ja keruulista. Prosessin asiakkaita ovat myynti, ostos, tuotanto ja asennus.



Kuva 27. Suunnittelun SIPOC-kaavio.

### 5.9.3 Nykyisen toimitavan tunnistaminen

Nykyisen toimitavan tunnistamisessa on tärkeää kuvata nykytila tarkasti ja täsmällisesti, sillä nykyisen toimintamallin ymmärtäminen on avain ongelmakohtien tunnistamiseen. Nykytilan

kuvaamiseksi yrityksestä kerättiin tietoja kuvauksen pohjaksi.

### ***Nykytilan kuvaus***

Kehityspilotissa tarkasteltiin ja tutkittiin kolmen projektin läpimenoaikaa ja prosessia tarkemmin. Tutkittaviksi projekteiksi valikoituivat kaksi räätälöityä tuotetta (tuoteryhmä 8) sekä vertailukohteena yksi perusprojekti (tuoteryhmä 4). Räätälöidyistä tuotteista toinen projekti oli onnistunut hyvin, siinä oli kaksi ongelmaa. Toisessa projektissa ongelmia oli 13 kappaletta.

Yksittäisten projektien läpimenoaikoja tarkasteltiin eri tuotantovaiheissa ja laskettiin työvaiheiden virtaustehokkuutta. Virtaustehokkuus laskettiin suhdelukuna teollisesta työajasta ja kokonaisläpimenoajasta. Virtaustehokkuus on sitä parempi, mitä vähemmän työ on odottanut prosessissa.

Läpimenoaikaa tutkittiin myös koostamalla eri työvaiheet aikajanelle. Aikajanoista havaittiin, että työvaiheet tehdään suhteellisen nopeasti. Työt tehtiin kuitenkin osissa/pätkittäin, joten odotusajat olivat pitkiä ja siten läpimenoajat pitenevät. Tutkimukset osoittivat, että kaikissa tuotteissa odotusaikaa oli ollut lähes puolet läpimenoajasta.

### ***Suunnittelun nykytila***

Suunnittelun nykytilaa lähdettiin tutkimaan kellokortteista ja päiväkirjojen avulla. Neljän suunnittelijan työnjakaantuminen eri osa-alueisiin ajanjaksolla tammikuu-kesäkuu 2016 koostettiin kellokorttileimauksien perusteella.

Kyseisellä ajanjaksolla toteutettiin yhteensä 36 projektia. Näiden projektien suunnittelun läpimenoaika on jaettu odotusaikaan ja tehtyihin tunteihin. Läpimenoaika oli keskimäärin 19,5 pv. Tästä ajasta 78 % oli odottelua.

Kaikista 36 projektista tuoteryhmän 8 tuotteita oli 6 kpl, tuoteryhmän 9 tuotteita 6 kpl ja tuoteryhmän 10 tuotteita 3 kpl. Näiden tuoteryhmien keskimääräinen suunnittelun läpimenoaika oli 23,5 päivää. Tästä ajasta 68 % oli odottelua.

Tuntikirjauksista kerättiin myös tietoa päivittäin tehtävien työtehtävien määrästä. Tammi-kuu-kesäkuun 2016 välisellä ajanjaksolla parhaimmillaan suunnittelija oli tehnyt koko päivän yhtä työtä. Pahimmillaan työ vaihtui 11 kertaa. Kun huomioidaan kellokorttijärjestelmään uuden työn kirjaamiseen menevä aika sekä suunnittelijan ajatusten kääntäminen uuteen aiheeseen, kuluu työpäivästä huomattava osa aiheesta toiseen siirtymiseen. Usein nämä vaihdot olivat vain muutaman minuutin keskeytyksiä alkuperäiseen työhön.

### ***Johtopäätökset nykytilasta***

Yrityksessä on kiinnitetty huomiota viime vuosina projekteissa lisääntyneiden ongelmien määrään. Yrityksen tilaus-toimitusprosessissa suunnittelu, hankinnat ja tuotanto alkavat yhtä aikaa. Tästä seuraa ongelmia, joista aiheutuu lisätyötä ja lisäkustannuksia. Kun ongelmat jaotellaan tapahtumistyövaiheiden mukaan, nousevat suunnittelu ja myynti suurimmiksi ongelmien aiheuttajiksi. Osaksi suunnitteluvirheitä on paljon, koska suunnitteluun liittyvät virheet on helppo havaita ja kohdentaa. Toisaalta myös edeltävä työvaihe saattaa vaikuttaa virheen syntyyn.

Nykytilassa projektien eteneminen ei ole helposti eri osapuolten näkyvissä. Tietoa kerääviä järjestelmiä yrityksessä on käytössä, mutta niistä tarvittavan tiedon löytäminen on hankalaa ja tiedot eivät välttämättä ole ajan tasalla puutteellisen päivittämisen takia. Kun projektien ti-

lannetieto ei ole saatavilla, on projektin etenemistä vaikea ennakoida. Tämä aiheuttaa kiireen tunteen ja peräkkäisiksi tarkoitettuja prosessivaiheita aloitetaan yhtä aikaa. Suunnittelu ei ehdi valmistua ennen kuin hankinta ja tuotanto aloittavat oman prosessinsa. Suunnitteluprosessiin kohdistuva muutos aiheuttaa tällöin lähes väistämättä lisäkustannuksia hankintojen ja/tai työn osalta.

Työt tehdään pätkissä ja keskeneräistä työtä on paljon. Suunnittelijat priorisoivat itse töiden tärkeysjärjestyksen tai sen sanelee joku kollegoista ns. kiireellisten toimeksiantojen muodossa. Tällöin keskeneräisen työn määrä lisääntyy ja kaikkien töiden läpimenoaika pitkittyy. Ilman visuaalista seurantaa ei nähdä miten muutokset työjärjestyksessä tai kiireelliset toimitukset vaikuttavat kokonaisuuteen/töiden läpimenoaikaan. Tutkimuksien mukaan työstä toiseen siirtyminen kestää 10-15 minuuttia työnvaihdon yhteydessä. Suunnittelijoilla oli tarkasteluajanjaksolla 1-11 työvaihtoa päivittäin. Pahimmillaan työntekijän päivästä kuluu 110 minuuttia työvaiheen tarkistamiseen ja jo kertaalleen tehdyn työn uudelleen suorittamiseen.

Osa suunnittelijoiden työajasta kuluu tilauksen mitta- tai muiden tietojen selvittämiseen, jotka kuuluisivat edellisen työvaiheen eli myynnin toteutettavaksi. Muu henkilökunta (myyjät, tuotanto jne.) saavat vapaasti keskeyttää suunnittelijan työn tarvitessaan tietoja omaa työtehtäväänsä varten. Yhteisiä käytänteitä/ohjeistuksia on jonkin verran, mutta niistä ei välttämättä tiedetä tai niitä ei käytetä.

#### **5.9.4 Toiminnalliset mittarit**

Yritys on seurannut toiminnassaan ongelmien määrää ja tätä seurantaa jatkettiin kehityspilotin aikana. Käyttöön otettiin lisäksi muita mittareita. Näiden avulla tuotiin näkyväksi muutoksen vaikutukset prosessissa ja seurattiin prosessia. Seuraavia mittareita ehdotettiin otettavaksi käyttöön:

- keskeneräisen työn määrä
- häiriöttömän ajan mittaaminen
- suunnittelun läpimenoaika tuoteryhmittäin
- kokonaisläpimenoaika projekteittain
- oikea-aikaisuus

#### **5.9.5 Tulevan toimintatavan suunnittelu - tulevatila**

Yrityksessä tiedostettiin, että toiminnassa tulee aina olemaan muuttujia. Tavoitteena oli löytää keinot, miten joustavasti ja hallitusti viedään niin yksittäisiä projekteja kuin koko kokonaisuutta eteenpäin.

Kehityspilotissa esitettiin toteutettaviksi seuraavia parannuskeinoja:

- Asiakkaan sitouttaminen – asiakas vastuutetaan toimittamaan tarvittavat tiedot ja ymmärtämään yhteys toimitusaikaan
- Oikea-aikainen prosessi – edellinen työvaihe on kuitattu valmiiksi ennen kuin toteuttamista jatketaan
- Suunnittelijoiden suunnittelurauha – etsitään keinoja rauhoittaa suunnittelijoiden työympäristö ja varmistaa keskittyminen meneillään oleviin työtehtäviin
- Visuaalisuus – projektien etenemisen seuranta

Näillä keinolla oletettiin olevan vaikutusta:

- toimitusaikaan -> lyhyempi (riittävä) toimitusaika
- toimitusvarmuuteen -> parempi toimitusvarmuus
- kokonaisläpimenoaikaan -> lyhyempi
- suunnittelun läpimenoaikaan -> lyhyempi
- ongelmiin -> ongelmien määrä pienempi ja ongelmien paikka voi vaihtua
- ongelmaprojekteihin -> ongelmaprojektien määrä pienempi
- projekteista saatuun katteeseen -> suurempi kate

### **5.9.6 Toimenpiteiden toteutussuunnitelma**

Seuraavissa kappaleissa on kuvattu mitä toimenpiteitä tulevan tilan saavuttaminen edellyttää.

#### ***Suunnittelulla on kaikki tarvittava tieto aloittaa tuotesuunnittelu***

Suunniteltujen toimenpiteiden tavoitteena on yhtenäistää yrityksen myyntiprosessi. Tähän tarvitaan myyntiohjeistus, jossa kerrotaan myyntiprosessin vaiheet ja toimintatavat. Näitä ovat esimerkiksi, kuinka asiakas sitoutetaan toimittamaan tarvittavat tiedot ja ymmärtämään yhteys toimitusaikaan sekä mitä tietoja suunnittelijat tarvitsevat myyjiltä suunnittelun aloittamiseksi. Myyntiohjeistukseen tulee myös miettiä, miten suunnittelun ja tuotannon työtilanne huomioidaan, mihin kiireelliset toimeksiannot voidaan sijoittaa ja miten säilytetään johdonmukaisuus kiiretöiden sijoittelussa. On hyvä muistaa, että myyntiprosessin muutokset koskettavat koko yrityksen henkilökuntaa. Myynninkatselmuskäytäntöä muutetaan siten, että katselmus pidetään vasta, kun kaikki tarvittava tieto on saatu asiakkaalta. Jos tietoja puuttuu, katselmointi hylätään. Katselmointia varten katselmointidokumentti tulee päivittää.

#### ***Suunnittelun toimiva työohjaus***

Seuraavien toimenpiteiden tavoitteena on helpottaa suunnittelijan päivittäistä työtä. Lähtökohtaisesti suunnittelijalla on yksi työ kerrallaan työnalla. Suunnitteluprosessissa seurataan suunnittelijoiden työtilannetta; mikä projekti on työn alla ja mikä on seuraava työ. Työohjauksen visualisointiin otetaan käyttöön tussitaulu. Näiden lisäksi ehdotetaan otettavaksi käyttöön viikkosuunnitelma ja lukujärjestys työohjauksen helpottamiseksi.

Suunnittelun läpimenoajan lisäksi seurataan varsinaisen tuotesuunnittelun ja muun suunnittelun suhdetta, jotta jatkossa suunnittelun resursoinnissa ja hinnoittelussa osataan käyttää suunnitteluun todellisuudessa tarvittavia aikoja. Keskenpäisen työn määrää aletaan seuraamaan, jos jo mainituilla menetelmillä ei saada keskenpäisen työn määrää hallintaan.

Uuden toimintatavan käyttöönotto edellyttää, että järjestelmät ovat kunnossa ja niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi seurantatietojen keräämisessä.

#### ***Suunnittelun häiriötön työympäristö***

Häiriöttömän työympäristön toteuttamiseksi ehdotettiin seuraavia vaihtoehtoja. Suunnitteluun tilaan sermit, postilaatikko tuleville kyselyille, puhelinhiljaisuus, töiden jakaminen vaiheisiin ja yksi työ kerralla loppuun. Suunnittelussa seurataan projektien läpimenoaika tuotekohtaisesti. Häiriöiden määrää seurataan, jos koetaan, että työohjauksen toimenpiteillä keskeytykset eivät vähene.

#### ***Tuotannolla ja hankinnalla on kaikki tarvittava tieto aloittaa tuotteen valmistus***

Seuraavilla toimenpiteillä varmistetaan, että suunnittelu on sujuvaa ja se valmistuu ennen

hankintojen tekoa ja työn siirtymistä tuotantoon. Suunnitteluun laaditaan suunnitteluohje, joka toimii myös uusien henkilöiden perehdyttämisdokumenttina. Uutena käytänteenä otetaan käyttöön suunnittelun katselmus. Katselmuksessa todetaan, että suunnittelu on valmis ja hankinnalla sekä tuotannolla on kaikki tarvittava tieto tuotteen toteuttamiseen. Ennen katselmuksen järjestämistä tulee tuotantopäälliköllä ja hankintavastaavalla olla aikaa tutustua suunnitelmiin.

### ***Seuranta***

Seurannan tavoitteena on ottaa käyttöön toimintaa ohjaavaa ja parantavaa mittausta. Seurannan tavoitteena on ymmärtää paremmin prosessia ja löytää mahdolliset haasteet ja parannuskohteet. Seuranta varten tulee määrittää seurantamittarit. Ehdotettuja seurattavia asioita ovat ongelmien määrä, kokonaisläpimenoaika projektikohtaisesti, prosessin oikea-aikaisuus, tuotteiden toimitusvarmuus ja projektien kokonaiskate.

Uutena käytänteenä ehdotetaan, että seuranta toteutetaan jatkossa loppukatselmoinnissa. Katselmointia varten katselmointiin osallistuvat henkilöt varmistavat omalta osaltaan, että tarvittavat tiedot on syötetty järjestelmään ja ne ovat kerättävissä katselmointidokumenttiin. Jos loppukatselmoinnissa havaitaan epäkohtia, selvitetään niiden syyt ja tehdään tarvittavat parannustoimenpiteet. Tavoitteena on estää samojen virheiden toistuminen ja varmistaa prosessin jatkuva parantaminen.

### ***Toiminnan visuaalisuus***

Yrityksessä koko toiminnan ohjaamiseksi tavoitteena on toteuttaa sähköinen infotaulu, josta projektien tiedot ovat kaikkien nähtävissä ja tarkasteltavissa. Infotaulun suunnittelu on vielä kesken, mutta parannustoimenpiteiden edetessä käsitys infotaululla esitettävistä asioista ja järjestelmän vaatimuksista on vahvistunut. Nykyisistä järjestelmistä saataneen kaikki tarvittava tieto infotaulua varten.

### ***Johtopäätökset***

Kun edetään edellä mainittujen suunnitelman mukaan, toimenpiteiden vaikuttavuus alkaa näkyä seurantamittareissa. Yritys saavuttaa tavoittelemansa tulokset ja toiminta on joustavaa ja hallittua. Kiire poistuu, työn tekeminen helpottuu ja työhyvinvointi lisääntyy. Seuranta on erittäin oleellista parannusten todentamisessa.

#### **5.9.7 Parannustoimenpiteet**

Tässä kehityspilotissa ehdotetut parannustoimenpiteet jäivät yrityksen itsensä toteutettaviksi ja seurattaviksi.

#### **5.9.8 Saavutetut tulokset**

Kehityspilotin aikana toiminnan haasteet on tuotu näkyviksi. Saatujen tietojen perusteella haasteista on ollut helppo keskustella ja niille on voitu suunnitella parannustoimenpiteitä. Ongelmanratkaisussa on jo päästy tasolle, jolla mietitään mistä prosessin haasteet aiheutuvat, eikä etsitä syyllistä.

#### **5.9.9 Yhteenveto**

Kehityspilotissa tarkastelun kohteena oli tuotannollinen yritys. Yrityksessä seurataan projektikohtaisesti ongelmia, joiden määrä on viime vuosina ollut huolestuttavasti kasvussa. Eniten

ongelmia on aiheutunut suunnittelusta. Kun tilaus-toimitusprosessia tutkittiin tarkemmin, voitiin todeta, että useat virheet johtuivat suunnittelumuutoksista. Tämä ei olisi ollut ongelma, jos tuotantoprosessi olisi ollut oikea-aikainen. Yrityksessä kuitenkin tuotanto ja hankinnat alkavat lähes yhtä aikaa suunnittelun kanssa. Tästä johtuen muutokset tilauksessa ja suunnittelussa aiheuttavat lähes aina lisätyötä ja -kustannuksia, koska tuotanto ja hankinta ovat jo aloittaneet oman prosessinsa suunnittelun valmistumista odotellessaan. Tässä projektissa selvitettiin suunnitteluprosessin nykytila, määritettiin tavoitela sekä laadittiin toimenpidesuunnitelma tavoitetilan saavuttamiseksi. Projektin tavoitteena oli löytää keinot tilaus-toimitusketjun oikea-aikaistamiseksi ja tehostamiseksi.

Yritykselle ehdotettiin toteutettavaksi seuraavia parannuskeinoja:

- Asiakkaan sitouttaminen – asiakas vastuutetaan toimittamaan tarvittavat tiedot ja ymmärtämään niiden yhteys toimitusaikaan
- Oikea-aikainen prosessi – edellinen työvaihe on kuitattu valmiiksi ennen kuin toteuttamista jatketaan
- Suunnittelijoiden suunnittelurauha – etsitään keinoja rauhoittaa suunnittelijoiden työympäristö ja varmistaa keskittyminen meneillään oleviin työtehtäviin
- Visuaalisuus – projektien etenemisen seuranta

Näiden toimenpiteiden tavoitteena on lyhentää sekä kokonaistoimituksen että suunnittelun läpimenoaikaa, parantaa toimitusvarmuutta, vähentää ongelmien ja ongelmaprojektien määrää sekä kasvattaa katetta.

Tässä kehityspilotissa ehdotetut parannustoimenpiteet jäivät yrityksen itsensä toteutettaviksi ja seurattaviksi. Kehityspilotin aikana toiminnan haasteet on tuotu näkyviksi ja osittain sitä kautta yrityksessä on jo tehty joitakin muutoksia ja niiden johdosta ongelmaprojektien osuus on lähtenyt laskuun.

Tämän yritykselle tehdyn kehityspilotin avulla saatiin soveltaa koulutuksen antamia oppeja todellisessa kehityshankkeessa hankkien näin erinomaista tietotaitoa Lean- ajatteluun ja -työkäluihin. Projektitiimi on saanut kuluneen vuoden aikana uusia näkökulmia prosessiajatteluun ja oppinut Lean-työkalujen konkreettista käyttöä. Toivotaan, että kohdeyritys sai kipinän tämän projektin kautta Lean-ajatteluun ja lähtee toteuttamaan aktiivisesti kehittämistoimenpiteitä oikea-aikaisen prosessin saavuttamiseksi. Centrialle projekti jää hyväksi referenssiksi uusien Lean asiantuntijoiden kouluttautumisessa. Centrian toiminnan Lean-kehittäminen on varmasti vielä pitkään työn alla jatkuvan kehittämisen ja parantamisen näkökulmasta. Tavoitteena on päästä hyödyntämään nyt opittuja taitoja ja osaamista sekä uusissa yritysprojekteissa, että omassa toiminnassa.

## **5.10 Lean ja laatu – Pintakäsittelyprosessin läpimenoajan parantaminen Lean Six Sigma -menetelmin**

Lean ja Six Sigma ovat menetelmiä kehittää prosesseja. Lean keskittyy hukan poistamiseen. Keskeisintä on tunnistaa ja eliminoida hukka nopeasti ja tehokkaasti, pienentää kustannuksia sekä parantaa laatua. Hukalla tarkoitetaan ylimääräisiä, tuottamattomia toimintoja, jotka hidastavat prosessia tai tuottavat tarpeettomia kustannuksia. Hukka on seurausta prosesseissa tapahtuvista vioista ja virheistä, jotka vaihtelu aiheuttaa.

Six Sigma -menetelmien tavoitteena puolestaan on vaihtelun vähentäminen tuotantoprosessissa. Vaihtelu aiheuttaa virheitä, virheet aiheuttavat vikoja ja viat aiheuttavat hukkaa. Vaihte-

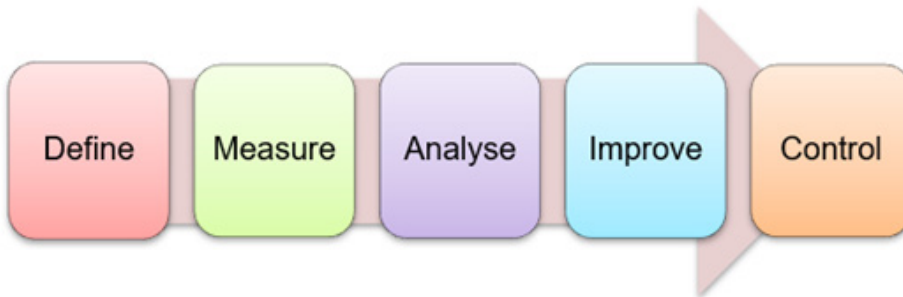


lun pienentäminen tapahtuu tutkimalla prosessin syyseuraussuhteita ja tekemällä onnistuneita muutoksia ulostuloon vaikuttaviin muuttujiin. Six Sigman työkaluna käytetään DMAIC-menetelmää.

Lean Six Sigma yhdistää näiden molempien menetelmien parhaat puolet. Vähentämällä sekä hukkaa että parantamalla prosesseja tehokkuus nousee koko toiminnan osalta, jolloin tuloksena on korkeampi laatuista tuotteita/palveluita.

### **DMAIC-askleet**

Lean Six Sigman DMAIC-menetelmä koostuu kuvassa 28 esitetyistä viidestä vaiheesta; Define - määrittely, Measure - mittaus, Analyse - analysointi, Improve - parannus ja Control - ohjaus.



Kuva 28. DMAIC-askleet.

Määrittelyvaiheessa valitaan kehitettävä projekti ja määritetään projektin resurssit, tavoitteet ja rajat. Tavoitteiden on oltava mitattavissa ja vaikutus asiakkaaseen ja yritystoimintaan on määriteltä. Liian yleisesti ja laajasti asetetun projektin riski jäädä tavoitteistaan tai epäonnistua kokonaan on merkittävän suuri. Määrittelyvaiheessa yrityksen johdon rooli on merkittävä.

Mittausvaiheessa kuvataan prosessi ja sen nykytila sekä kerätään dataa luotettavilla mittausmenetelmillä prosessin suorituskyvyn analysoimiseksi. Prosessin kuvauksessa olennaista on ymmärtää, mitkä järjestelmät ja prosessit vaikuttavat tutkittavaan asiaan sekä saada kaikille projektissa mukana oleville selkeä yhteinen näkemys prosessin toiminnasta. Nykytilan määrittämiseksi pitää tutkittavaan kohteeseen määrittää myös yksiselitteiset mittarit ja aloittaa datan kerääminen. Optimitilanteessa luotettavaa dataa on runsaasti saatavilla järjestelmistä, todellisuudessa näin ei kuitenkaan usein ole ja datan keräysvaihe onkin usein DMAIC-menetelmän pitkäkestoisin vaihe.

Analysointivaiheessa arvioidaan prosessin suorituskyky luotettavan mittausjärjestelmän ja edustavan datan perusteella. Suorituskyky määritetään tilastollisin menetelmin, esim. ohjauskortit ja suorituskykyanalyysit. Analysoinnin perusteella voidaan määrittää tilastollinen tavoite parannukselle ja tunnistaa juurisyyt. Juurisyyt poistamalla saadaan aikaan pysyviä parannuksia.

Parannusvaiheessa analysoidaan juurisyyden vaikutus prosessiin ja määritetään ratkaisut juurisyyden poistoon. Työkaluina käytetään usein sekä leanin (esim. varastojen vähentäminen) että Six Sigman (esim. koesuunnittelu) menetelmiä. Ratkaisu testataan pilotin avulla.

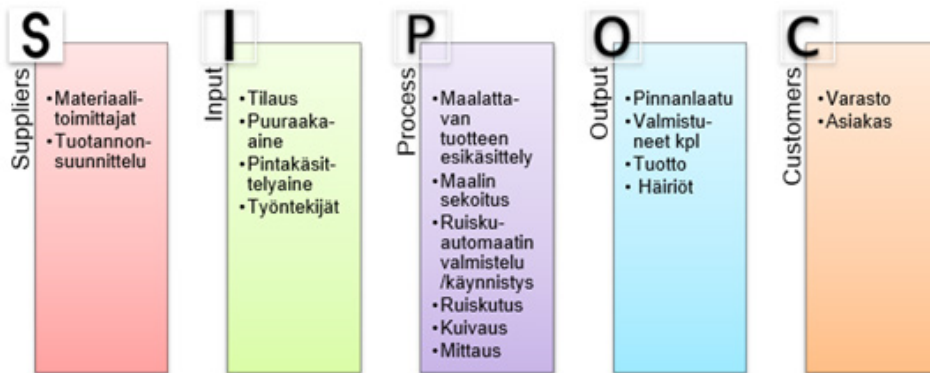
Ohjausvaiheessa toteutettu ratkaisu otetaan käyttöön täydessä mittakaavassa. Käyttöönotto edellyttää standardisoituja menetelmiä niin käyttäjille kuin johtajille; miten työvaiheita toteu-

tetaan, mitä mitataan ja mitä seurataan, miten toimitaan poikkeustilassa jne. Ohjausvaiheessa myös määritetään uuden prosessin suorituskyky ja verrataan tuloksia lähtötilanteeseen. Oleellista on tulosten varmistaminen myös pitkällä aikavälillä sekä prosessin jatkuva parantaminen.

### 5.10.1 Pintakäsittelyprosessin kehittäminen DMAIC-menetelmällä

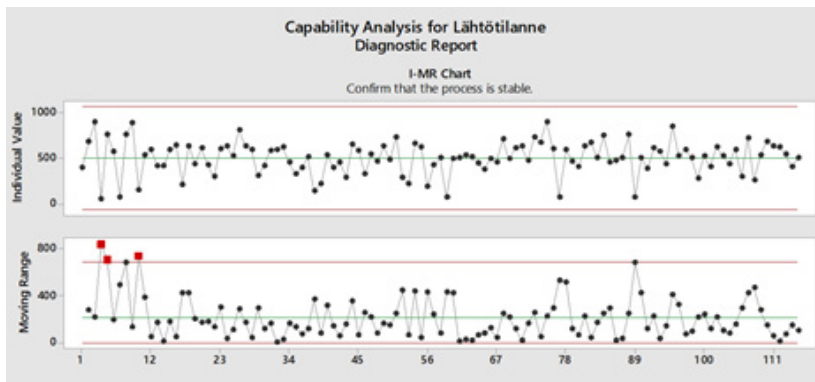
Tehokas Puuteollisuus -hankkeessa toteutettiin kehityspilotti pintakäsittelylinjan läpimenoajan parantamiseksi. Pilotissa käytettiin Lean Sixman DMAIC-menetelmää. Menetelmän mukaisesti pilotin ensimmäisessä vaiheessa päätettiin projektin tavoite ja laajuus sekä merkittävyys yritykselle. Pintakäsittelyn tuotevalikoima oli laaja, joten valinnan tukena tarkasteltiin linjalla pintakäsiteltäviä tuoteryhmiä volyymien ja tuoton mukaan. Valintaan vaikutti myös parannuspotentiaali.

Nykytilakuvauksessa käytettiin työkaluina SIPOC-kaaviota (Kuva 29) valitun prosessin hahmottamiseen sekä arvovirtakuvausta koko tuotannon toimintojen havainnollistamiseksi. Mittausyksikön määrittämisen ja mittauksen luotettavuuden varmentamisen jälkeen kerättiin dataa läpimenoajoista valitussa pintakäsittelyprosessissa.

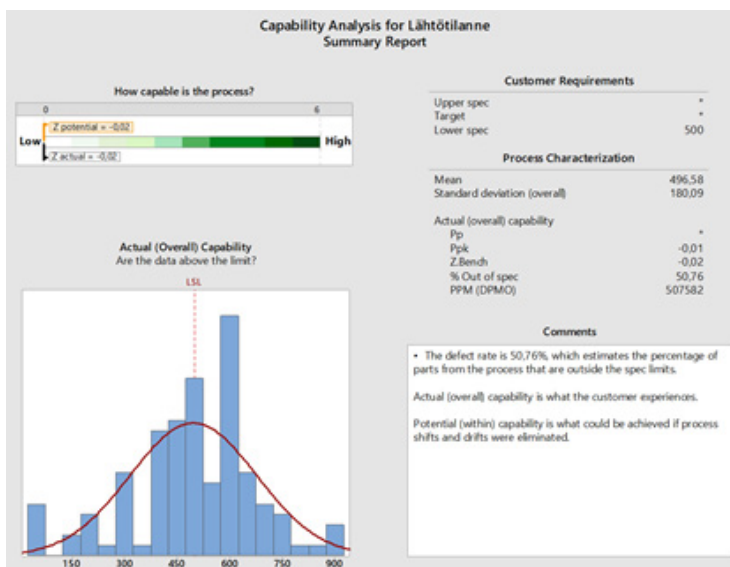


Kuva 29. Esimerkki maalausprosessin SIPOC-kaavioista.

Datan perusteella analysoitiin prosessin suorituskyky Minitab-ohjelmiston avulla. Mitattu yksikkö oli läpimeno määrä tunnissa ja tavoitteeksi oli asetettu 500 yksikköä. Prosessiohjaukskortista (Kuva 30) nähdään, että prosessi on hallinnassa, mutta vaihtelu on suurta. Suorituskykyanalyysi (Kuva 31) puolestaan kertoo, että asetetusta tavoitteesta toteutuu vain 49 %. Suorituskykyanalyysin perusteella pystyttiin määrittämään tilastolliset tavoitteet parannusprojektille. Tavoitteeksi tarkentui läpimenoajan keskiarvon parantaminen ja vaihtelun vähentäminen. Näillä muutostavoitteilla oli vaikutusta myös prosessin tuottoon/kustannuksiin. Analysoinnin perusteella järjestettiin myös työpaja läpimenoajan vaikuttavien syiden löytämiseksi. Tähän voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, tällä kertaa työkaluksi valikoitui aivoriihi.



Kuva 30. Pintakäsittelyprosessin läpimenon ohjaukorkortti projektin lähtötilanteessa.



Kuva 31. Prosessin suorituskykyanalyysi lähtötilanteessa.

Aivoriivessä esiin nousseiden tekijöiden vaikutusta läpimenoaikaan jatkettiin tarkastelemalla niitä hypoteesitestien avulla. Hypoteesitestauksen avulla tutkitaan, onko ero muuttujien välillä todellinen vai johtuuko se vain mittausarvojen satunnaisvaihtelusta. Hypoteesitestauksen perusteella löydettiin tekijät, joilla todellisuudessa oli vaikutusta läpimenoajan keskiarvoon ja vaihteluun. Esimerkiksi tässä prosessissa pintakäsittelyaine vaikutti keskiarvoon, mutta ei hajontaan.

Hypoteesitestauksen perusteella valittiin ensimmäinen kehitystoimenpide ja määritettiin sille optimaaliset asetukset, mittarit ja seurantamenetelmät. Ratkaisun testausta varten linjahenkilökunta ohjeistettiin, jonka jälkeen toteutettiin muutos ja suoritettiin seuranta. Seurannan perusteella uudelle prosessille tehtiin suorituskyvyn arviointi ja vertailtiin muutosten vaikutusta lähtötilanteeseen. Projektissa ei täysin saavutettu asetettua tavoitetta. Suoritettu työ auttoi kuitenkin tunnistamaan parannuskohteet, niiden keskinäiset vaikutussuhteet sekä synnyttämään yritykseen toimintamallin, jonka avulla se voi kehittää aktiivisesti prosessia.

## 6. TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN JA TULEVAISUUS

### 6.1 Välittömät tulokset

Hankkeen toimenpiteillä kehitettiin Centria Puutuotteen toimintamalleja ja kehitysympäristöä. Toimintamallia kehitettiin hankkeen aikana mm. asiantuntijoiden päivittäisten tehtävien helpottamiseksi. Hankkeen aikana otettiin käyttöön mm. uusia lean ja six sigma -menetelmiä sekä erilaisia työkaluja prosessien parantamiseen, investointien tehostamiseen ja testauksen kehittämiseen. Lean-osaamisen lisääntymisellä pystytään suoraan vaikuttamaan mm. yritysten investointien tehokkuuteen. Hankkeen päättyessä Puutuotteen toiminta on kannattavaa vaikkakin palvelutoiminnan rakenne on muuttunut; palvelutarjonta on laite- ja tilamuutosten myötä keskittynyt entistä enemmän testaustoimintaan.

Käyttöön otettiin uusi investointimalli. Uudet "investoinnit" tehdään jatkossa laitevuokrauksina, jolloin uudet innovaatiot ovat nopeasti tuotavissa Centrian tiloihin testattavaksi. Vuokrajakson aikana selvitetään mm. laitteen soveltuvuus teollisiin prosesseihin ja sitä kautta mädalletään yritysten kynnystä tehdä investointeja uusiin innovaatioihin. Samalla Puutuotteen toimintaympäristön innovatiivisuus säilyy; laitteita ei hankinta omaksi, jolloin laitekanta ei pääse vanhentumaan ja uusilla nopeilla simuloinneilla pysytään mukana kehityksen aallonharjalla.

Monipuoliset koulutukset, tapahtumat ja verkostoituminen edesauttoivat Puutuotteen asiantuntijoiden osaamisen syventymistä. Esimerkkeinä uusista työkaluista ovat simulointi investointitarpeen määrittämisessä ja tuotannon tehostamisessa sekä monimuuttujakokeet testaus-toiminnan kehittämisessä. Tehtyjen toimenpiteiden tuloksena Centria Puutuotteella on entistä paremmat edellytykset ja valmiudet kehittää kohdealueen puualan yritysten toimintaa, innovaatioiden nopeampaa käyttöönottoa sekä investointien tehokkuutta niin palvelutoimintana kuin hankkeissa.

### 6.2 Toiminnan jatkuminen

Hankkeen aikana kehitetty ja käyttöönotettu Puutuotteen toimintamalli vakiintui pysyväksi toimintatavaksi. Syntynyt osaaminen loi pohjan Puutuotteen kehittymiseen ja toiminnan yritysvaikututtavuuteen. Kehittämistä viedään suunnitelmallisesti eteenpäin hankkeen päättymisen jälkeenkin.

Testausosaamisen syventäminen luo mahdollisuuden yritysten laadunhallinnan ja tuoteprosessien kehittämiseen. Prosessien erityisvaihtelun hallintaosaaminen puolestaan mahdollistaa Six Sigma -menetelmien käyttöönoton ja lopulta laadun reaaliaikaisen tilastollisen ohjauksen. Kun tähän osaamiseen yhdistetään investointiosaaminen, pystytään puutoimijoiden liiketoimintaa kehittämään kokonaisvaltaisesti. Käytyjen Lean ja Six Sigma -koulutusten osaaminen on suoraan hyödynnettävissä yritysten toimintojen ja prosessien tehostamisessa ja parantamisessa. Esimerkiksi Six Sigman DMAIC-menetelmällä voidaan selkeiden toimintavaiheiden pohjalta selvittää prosessiin syuseuraussuhteet ja sitä kautta kohdistaa parannustoimenpiteet oikeaan prosessivaiheeseen.

Vuokraustoimintamallista saatujen hyvien kokemusten ansiosta leasing-toimintaa tullaan syventämään ja laajentamaan. Jatkossa testattavien laitteiden kartoituksessa tulee hyödyntää laajasti yritysnäkökulmaa ja Centrian luomaa yhteistyöverkostoa. Vuokraustoiminnalla on mahdollista luoda tutkimuksellista synergiaa yritysten ongelmien ratkaisemiseksi.

Hankkeessa syntynyttä osaamista on hyödynnetty myös uusien hankkeiden valmistelussa. Tehokas Puuteollisuus -hankkeen aikana alkoi kaksi uutta kansallista hanketta; Tuotantoprosessien vakautus MITATEN-hankkeessa tuotetaan tietoa tuotantoprosessin vaihtelun hallinnasta luotettavan reaaliaikaisen mittauksen ja visualisoinnin keinoin ja Lean-yritysrühmähankkeessa parannetaan osallistuvien yritysten kannattavuutta lean-menetelmien avulla.

Hankkeen aikana valmisteltiin myös useampaa kansainvälistä hanketta. Tehtyjen kansainvälisten hankevalmistelutoimenpiteiden avulla on päästy käsitykseen puualan tutkimuksen ns. state of art -tilasta Euroopassa. Selvitysten perusteella tiedetään mitä kehitetään, kenen toimesta ja missä. Selvitysten mukaan Centrian ja yritysten kannattaa panostaa kehitystyötä perinteisen puun lisäksi biopohjaisiin rakennusmateriaaleihin, sillä mm. ruotsalaisen RISE:n tekemien LCA-tutkimusten mukaan biomateriaalien lisääminen rakentamisessa vähentää eniten ilmastovaikutusta. VTT:n laatiman rakentamisen lämpöeristämiseen liittyvän tiekartan mukaan lämpöeristämisen perus- ja soveltavaan tutkimukseen pitäisi panostaa enemmän, jotta rakennusten nollaenergiatasoon voitaisiin päästä.

Hankkeen aikana syntyneitä ja laajentuneita yhteistyöverkostoja hyödynnetään tulevassa toiminnassa.

Myös alueen koulutustarve teollisten pintakäsittelijöiden tarpeen osalta konkretisoitui hankkeen aikana. Tähän vastattiin hakemalla koulutusrahoitusta pintakäsittelijöiden täsmäkoulutamiseen alueen yrityksille. Koulutuksen valmistelussa hyödynnettiin hankkeessa saatuja tuloksia ja kokemuksia.

## LÄHTEET

1. George Michael L, Lean Six Sigma Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. 2002.
2. Lean. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lean>
3. Six Sigma. <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>
4. What is the difference between Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma.  
<https://www.sixsigmadaily.com/difference-lean-six-sigma-lean-six-sigma/>
5. Lean Six Sigma -artikkelisarja  
<https://www.sixsigmadaily.com/difference-lean-six-sigma-lean-six-sigma/>
6. Jaatinen B.V. Koulutusmateriaali. 2018

## TEHOKAS PUUTEOLLISUUS

– Uusin menetelmin kohti jatkuvaa parantamista

Centria-ammattikorkeakoulu Oy toimii Oulun Eteläisen, Keski-Pohjanmaan maakunnan seutukuntien ja Pietarsaaren seutukunnan alueilla. Centrian toimialueelle on muodostunut puutuoteteollisuuden merkittävä teollisen puunjalostuksen yrityskeskittymä, jonka yhteen laskettu liikevaihto on 400 milj. € ja työntekijämäärä 1700 henkilöä.

Hankkeen suunnitteluvaiheessa Centria Puutuotteen toimintaan loivat pohjan Centria-ammattikorkeakoulun määrittämät painoalat ja strategiset kehittämistoimet vuosille 2014-2020, Oulun Eteläisen korkeakoulustrategia 2010-2015, Oulun Eteläisen puutuotestrategia sekä Oulun Eteläisen osaamisstrategia 2020.

Tehokas Puuteollisuus -hanke toteutettiin 1.5.2015 – 30.11.2018 välisenä aikana ja se toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan liiton myöntämällä rahoituksella. Hankkeen pääasiallinen kohderyhmä oli Pohjois-Pohjanmaan puutuoteteollisuuden yritykset ja toteuttajana Centria-ammattikorkeakoulu Oy. Hanketta rahoitti liiton lisäksi kehitystoimintaan osallistuneet yritykset ja Centria omarahoitusosuudellaan.

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 38

ISBN 978-952-7173-46-6 (PDF)

ISSN 2342-933X