

Tehokas Puuteollisuus

Pintakäsittelylinjan käyttöönotto laadunhallinnan näkökulmasta

Kehityspilotti

Parikka Hanna, Saarela Elisa

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Osa 1 – Pintakäsittelylinjan hankinnassa ja asennuksessa huomioitavat asiat

1.1 Tausta

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.

1.2 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 tulisikin 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.

1.3 Kuivausajan määrittäminen

Pintakäsittelyaineen levitysmäärä ja sen kuivumisaika vaikuttavat suoraan uunin pituuden mitoittamiseen 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.

1.4 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 pintakäsittelään molemmilta tasopinnoilta, on huomioitava kuljettimen valinnassa, että kappaleen paino ei aiheuta painaamia nurjalle puolelle.

1.5 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 pistooleille. 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 reunaruisutuksen 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 piirtokuvio on liian harva suhteessa viuhkan leveyteen, tulee traverssinopeutta nostaa tai päinvastaisessa tapauksessa laskea.

1.6 Levitysmäärä

Levitysmäärä vaikuttaa oleellisesti haluttuun pinnan laatuun. Levitysmäärän tarkkailulla voidaan vähentää valmiin tuotteen laatuvaihtelua. Levitysmäärän määrittämiseen tarvitaan koelevyjä/kappaleita sekä vakaa punnitusta varten. Vaa'an tarkkuus riippuu koekappaleen koosta 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.

Osa 2 – Vaakalinjan kapasiteetti

2.1 Tausta

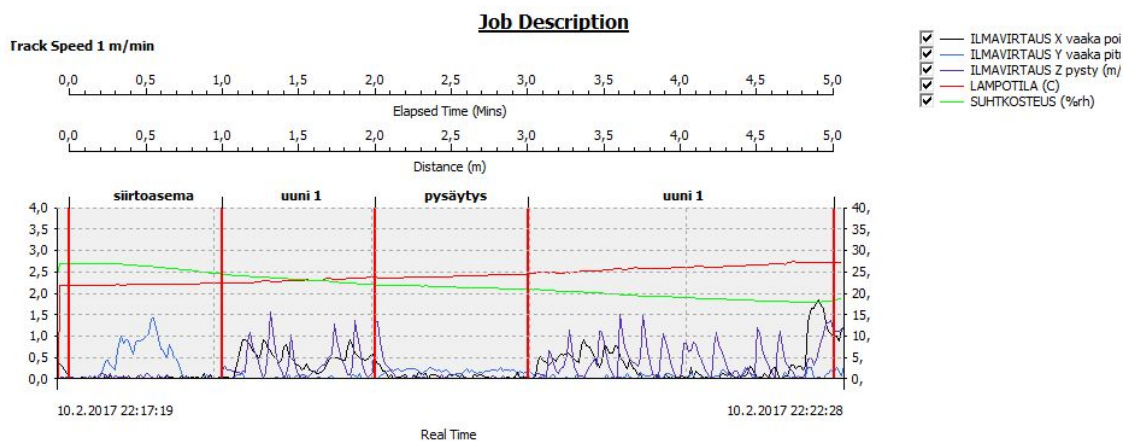
Kehityspilottiin osallistuva yritys on asentamassa puutuotteiden maalaukseen käytettynä hankittua pintakäsittelylinjaa. Suunniteltu linja käsittää syöttöyksikön, ruiskuautomaatin ja kuivausuunin. Ruiskuautomaatti on listaruisku korkeapainepistooleilla. Kuivausuuni on 5 metriä pitkä laminaariuuni kappaleiden sivuttaissiirrolla.

Linjalla on tarkoitus maalata tuotteet kolmeen kertaan; B-puolelle yksi pohjamaalikerros, A-puolelle yksi pohjamaali ja yksi pintamaalikerros. Tavoitteena on maalata 100 tuotteen osat yhdessä vuorossa. Tässä osapilotissa määritetään laskennallisesti ja koeajojen avulla linjan kapasiteetti; riittääkö kuivausaika kappaleiden niputtamiseen heti pintakäsittelyn jälkeen ja pystytäänkö linjalla maalaamaan tavoitteen mukainen määrä kappaleita.

2.2 Koeajot – kuivausajan määrittäminen

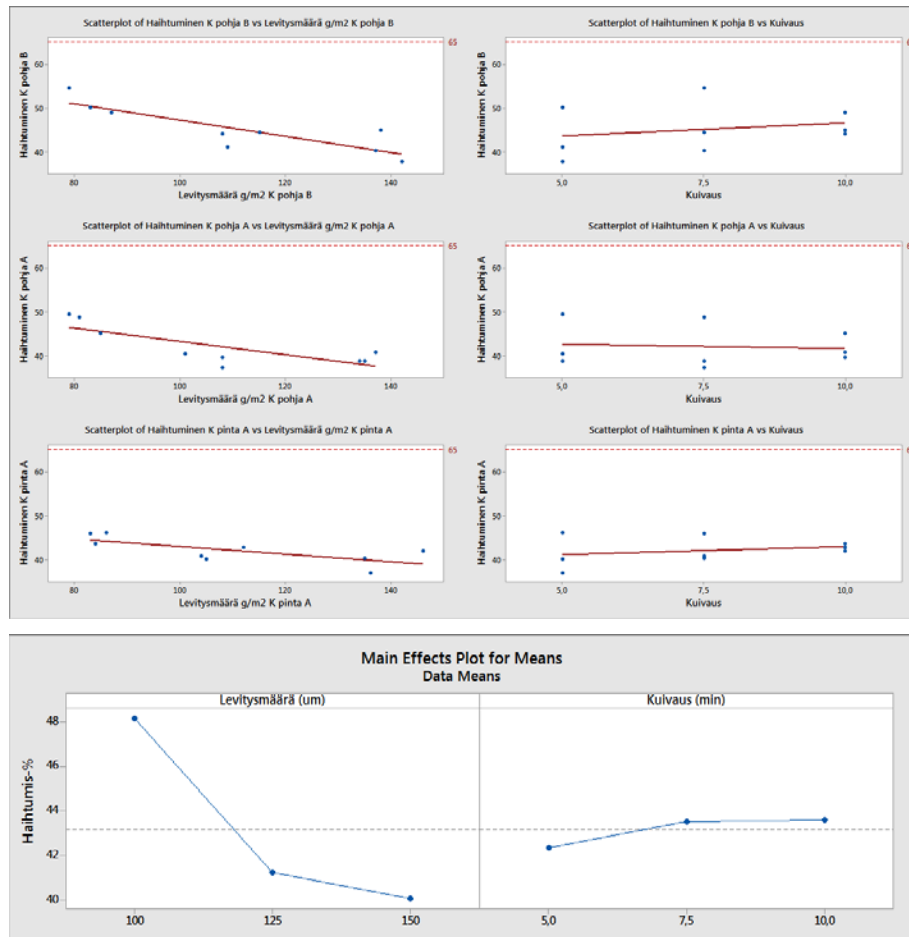
Kuivausajan määrittämisessä tavoitteena oli selvittää millaisella levitysmäärällä ja kuinka pitkällä uunitusajalla maalatut tuotteet kuivuvat pintakäsittelylinjan uunissa. Kuivausajan määrittämisessä käytettiin maalyhdistelmänä Teknoksen Aquatop 2760 + Aquatop 2760 -maalia ja pohjamateriaalina massiivipuuta. Määritys tehtiin kolmella levitysmäärällä ja kolmella kuivausajalla. Tavoitelevitysmäärät olivat 100 µm, 125 µm ja 150 µm ja kuivausajat 5 min, 7,5 min ja 10 min.

Testi toteutettiin Centrian pintakäsittelylinjalla ja siinä maalattiin 9 testikappaletta, jokaisella levitysmäärällä kaikki kolme kuivausaikaa. Maali levitettiin korkeapainepistooleilla ja kuivattiin suutinuunissa. Kuivausolosuhteet on esitetty kuvassa 1. Ruiskutuksen jälkeen kappaleet tasaantuivat minuutin sivusiirtoasemassa, josta ne siirtyivät varsinaiseen kuivausuuniin. Minuutin uunituksen jälkeen kappaleet pysäytettiin, jotta saavutettiin riittävä kokonaiskuivausaika. Uunilämpötilan tavoitearvo oli 40 astetta, todellinen lämpötila jäi kuitenkin alle 30 asteeseen. Uunin puhallusteho oli 40 %, jotta puhallus vastaisi enemmän laminaariuunin virtauksia.



Kuva 1. Uuniolosuhteet koeajossa.

Testikappaleet punnittiin ennen ja jälkeen ruiskutuksen vaaditun levitysmäärän varmistamiseksi. Haihdutuksen määrittämiseksi kappaleet punnittiin myös ennen uunia ja uunin jälkeen. Kuvassa 2 on esitetty levitysmäärän vaikutus haihtumiseen sekä kuivausajan vaikutus haihtumiseen, kun tarkastellaan b-puolen pohjamaalausta sekä a-puolen pohja- ja pintamaalausta. Maalausjärjestys oli seuraava; ensimmäisenä b-puolen pohjamaalaus, toisena suoraan kuivausuunista a-puolen pohjamaalaus ja kolmantena a-puolen pintamaalaus. Tasaantumisaika a-puolen pohja- ja pintamaalin välillä oli 30 minuuttia.



Kuva 2. Levitysmäärän ja kuivausajan vaikutus haihtumiseen.

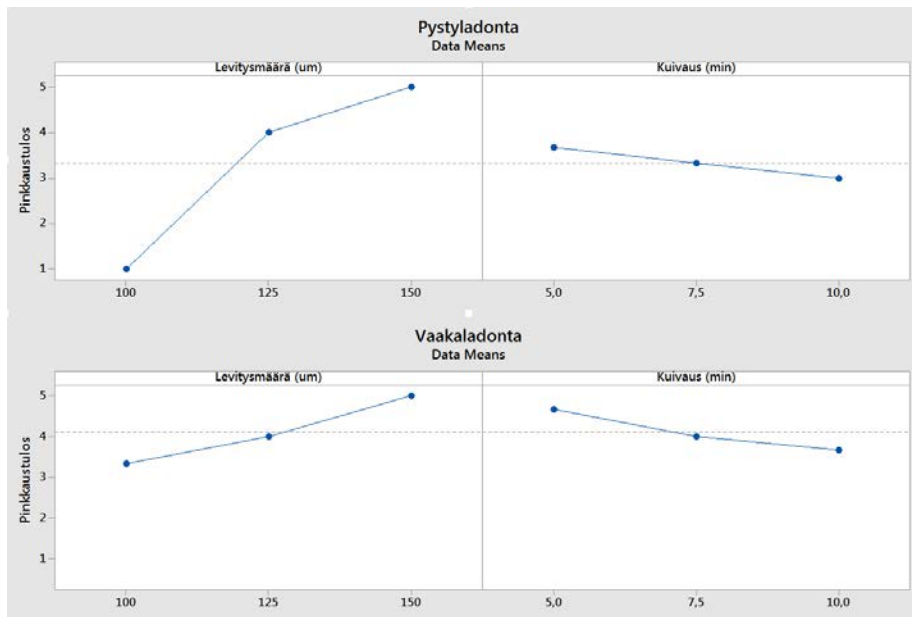
Levitysmäärän kasvaessa haihtuminen väheni. Pienimmällä levitysmäärällä pohjamaali kuivui noin 5 % paremmin kuin pintamaali. Levitysmäärän kasvaessa ero kuitenkin tasoittui. Haihtuminen vaihteli noin 40 – 50 % välillä. Haihtuminen oli hieman parempaa pitemmillä kuivausajoilla, mutta kaikissa testisarjoissa jäätin reilusti maksimihaihtumisesta (noin 65 %).

Heti pintamaalauksen jälkeen kappaleet laitettiin painon alle, jotta nähtiin olivatko kappaleet pinkkauskuvia. Pinkkauksessa käytettiin kahta painoa. Kevyempi paino kuvasi ns. pystyladontaa,

jolloin kappaleet ovat nipussa lappeellaan ja kerrosten välissä on rimat. Painavampi paino jäljitteli vaakaladontaa, jolloin kappaleet niputetaan vaakatasoon a-puoli vasten b-puolta.

Kappaleet olivat painon alla vuorokauden. Kuvassa 3 on esitetty pysty- ja vaakaladonnan pinkkaustulokset levitysmäärän ja kuivausajan suhteen. Pinkkaustulos arvioitiin seuraavasti:

- 1 = ei tartuntaa
- 2 = tarttunut, ei vaurioita
- 3 = tarttunut, kiiltovaurio
- 4 = tarttunut, maalikalvo irronnut
- 5 = tarttunut, maalikalvo ja pohjamateriaali irronnut
- 6 = tarttunut, ei avattavissa ilman työkaluja



Kuva 3. Levitysmäärän ja kuivausajan vaikutus pinkkavuuteen.

Pienimmällä levitysmäärällä kaikilla 5 minuutin kuivausaika riittää kappaleiden pystypinkkaukseen. Vaakapinkkausta varten uunitusaikaa tulee pidentää. Nyt testatuilla vaihtoehdoilla vaakapinkkaus aiheuttaa kiiltovaurioita kappaleisiin.

Koeajon perusteella voidaan 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.

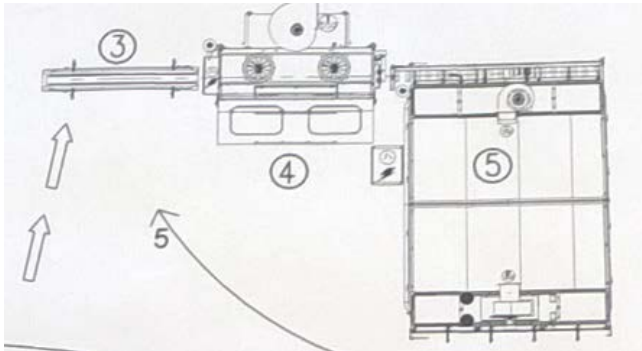
2.3 Kapasiteetilaskenta

Kapasiteetilaskennan lähtökohtana oli kaksi tuotannollista vaihtoehtoa:

- 100 tuotteen osat (900 kpl) maalataan pohjasta pintaan vaakamaalauslinjassa
- 100 tuotteen osat pohjamaalataan vaakamaalauslinjalla ja pintamaalataan toisella linjalla

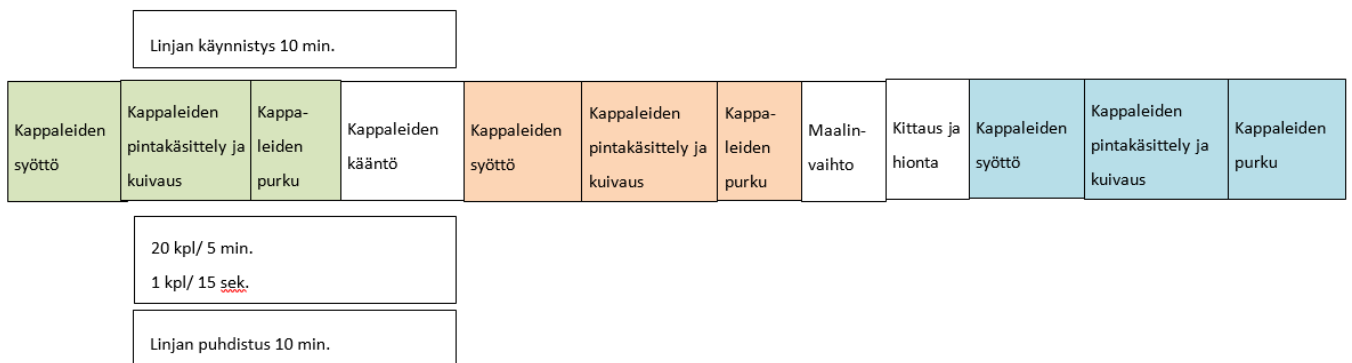
Vaihtoehtoa b tarvitaan, jos vaakalinjan kapasiteetti ei riitä osien pintakäsittelyyn. Alla olevassa laskelmassa on keskitytty vaihtoehtoon a).

Uuden vaakalinjan layout on suunniteltu kuvan 4 mukaiseksi.



Kuva 4. Suunniteltu linja layout.

Linjan prosessivaiheet, kun jatkuva syöttö ja kappaleiden pinoaminen vaunuihin:



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus 1 m/min, uuniin 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
<hr/>		
Teoreettinen vuorokapasiteetti jatkuvalla syötöllä	1680	kpl

Kapasiteettiin vaikuttavat 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

Todellinen kapasiteetti yhdellä henkilöllä 537 kpl

Todellinen kapasiteetti kahdella henkilöllä 1075 kpl

900 kpl:n 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 minuutissa. 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.

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus 1 m/min, uuniin lyhyitä osia 3 kpl 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

Kapasiteettiin vaikuttavat seuraavat tekijät:

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

Todellinen kapasiteetti yhdellä henkilöllä 716 kpl

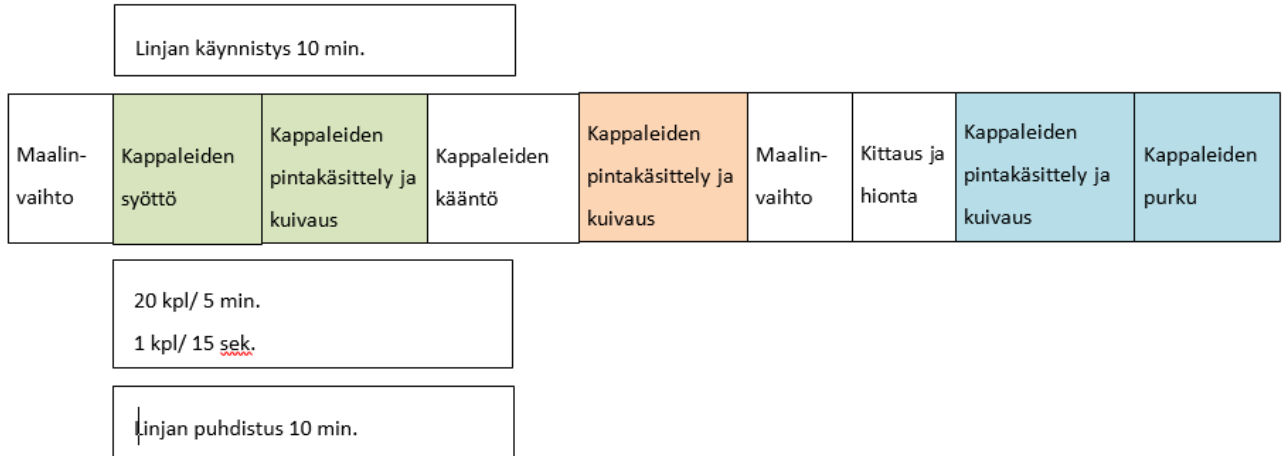
Todellinen kapasiteetti kahdella henkilöllä 1433 kpl

900 kpl:n pintakäsittelyaika 4,4 h (kaksi henkilöä)

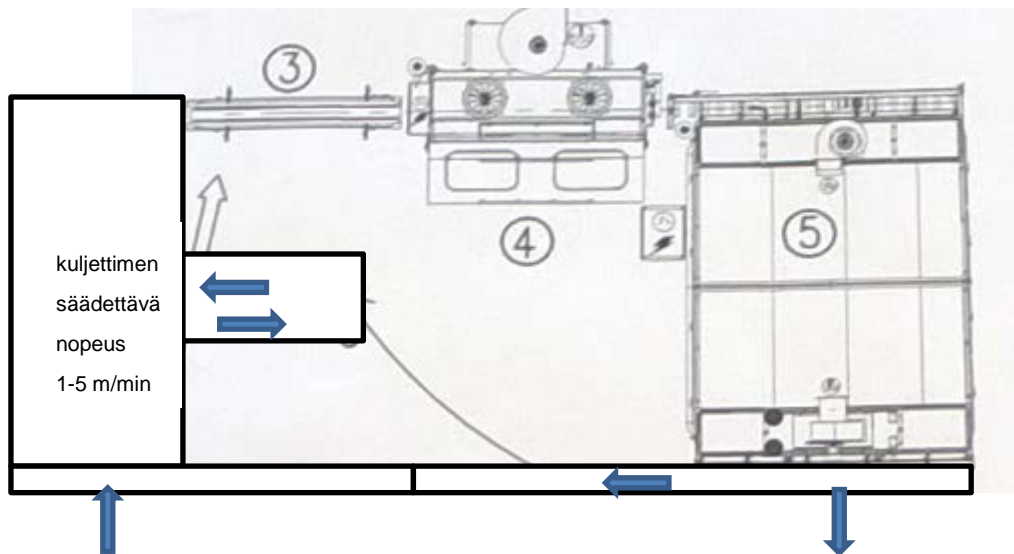
Jos linjalle syötetään tavaraa jatkuvalla syötöllä siten, että lyhyitä kappaleita menee uuniin kolme peräkkäin, erän valmistumisaika on 4,4 tuntia. Kaksi työntekijää pystyy tekemään vaaditun tuotantomäärän linjalla, jos kappaleet kuivuvat 5 minuutissa.

Kehitysehdotus

Linjan prosessivaiheet, kun kappaleet maalataan valmiiksi asti ennen purkua:



Kehitysehdotuksen mukaiset prosessivaiheet voidaan toteuttaa kuvan 5 mukaisella linja layout:lla. Uunin jälkeen kappaleet siirtyvät kuljetinta pitkin sivusiirtoasemalle, josta kappaleiden uudelleen syöttö linjaan ja tarvittaessa välihionta/kittaus.



Kuva 5. Ehdotettu linja layout.

Teoreettinen laskennallinen kapasiteetti, kun linjanopeus 1 m/min, uuniin 3 kpl 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

Kapasiteettiin vaikuttavat seuraavat tekijät:

- Todellinen linjan syöttöaste, kerroin 0,8
- Kappaleiden kittaamiseen ja hiontaan kuuluva aika, kerroin 0,8
- Kappaleiden syöttö ja purku joka kolmannella kerralla, kerroin 0,85

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
- kittausta ja välihionta voidaan tehdä ns. vauhdissa

Osa 3 – Pintakäsittelyaineen valinta koesuunnittelun avulla

3.1 Tausta

Kehityspilottiin osallistuva yritys pintakäsittää tuotteitaan eri toimipisteissään, joissa menetelmät, pintakäsittelyaineet ja pohjamateriaalit vaihtelevat. Yrityksen tavoitteena on päästä yhden pintakäsittelyaineen/aine yhdistelmän käyttöön kaikissa maalausprosesseissaan.

Koesuunnittelu avulla selvitetään ja optimoidaan tekijät, jotka vaikuttavat eniten prosessiin. Koesuunnittelussa testataan monta samaan ilmiöön vaikuttavaa muuttujaa samanaikaisesti. Pienellä määrällä testejä saadaan paljon tietoa tutkittavasta prosessista ja muuttujien keskinäisvaikutuksista.

Tämän osapilotin tavoitteena oli optimoida parhaiten yrityksen vaatimuksiin soveltuva pintakäsittelyaine yhdistelmä eri pohjamateriaaleille. Pintakäsittelyaineen valinta toteutettiin koesuunnittelun avulla

3.2 Kokeen suunnittelu

Kokeen suunnittelussa lähdettiin liikkeelle ulostulomuuttujista eli mitä asioita valmiista koekappaleista haluttiin tutkia. Tärkeimmäksi tavoitteeksi määritettiin pinnanlaatu, jonka tuli saavuttaa tämän hetkisen maalausprosessin laatu. Koekappaleiden pinnanlaatua tulisi arvioida visuaalisesti sekä karheusmittauksen perusteella. Laadun lisäksi testikappaleista arvioidaan maalin tartuntaa ja kiiltoa sekä maalausyhdistelmän hintaa. Lisäksi testataan pinkkaustestin avulla, jääkö pakkausstyroksi maalipintoihin kiinni tai jättääkö materiaali jälkiä maalipintoihin.

Pintakäsittelyprosessiin ja maalatun kappaleen pinnanlaatuun vaikuttaa useat muuttujat. Pintakäsittelyaineen optimoinnissa tärkeimmiksi muuttujiksi valittiin:

- pintakäsittelyaine/yhdistelmä
- maalattava materiaali
- maalin levitysmäärä
- pistoolit
- suuttimet
- kuivausaika
- kuivausolosuhteet
- tasaantumisaika ennen seuraavat pintakäsittelykertaa

Osa näistä muuttujista vakioitiin kokeessa; kaikille testisarjoille käytettiin samaa pistooli- ja suutintyyppiä sekä kuivausolosuhteita. Pintakäsittelyaine, pohjamateriaali, levitysmäärä, kuivausaika ja tasaantumisaika ennen toista maalikerrosta valittiin kokeen muuttujiksi.

3.3 Kokeen toteutus

Koe toteutettiin L16-matriisin mukaan (Kuva 6) eli testisarjoja oli 16. Kokeessa käytettävät tekijätasot olivat pintakäsittelyaine 1-4, pohjamateriaali 1-4, levitysmäärä 100 g/m² + 100 g/m² tai 160 g/m² + 160 g/m², kuivumisaika 10 min tai 15 min ja tasaantumisaika ennen seuraavaa pintakäsittelykerrosta joko 2 h tai 24 h.

	Pintakäsittelyaine	Pohjamateriaali	Levitysmäärä	Kuivusaika	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 6. Kokeen L16-matriisi.

Jokaisessa sarjassa pintakäsiteltiin kolme testikappaletta. Pintakäsittely toteutettiin Centrian pintakäsittelylinjalla. Pintakäsittelyaine levitettiin leveäruiskuautomaatilla kahdella korkeapainepistoolilla. Levitysmäärän vaihtelu toteutettiin kappaleiden kulkunopeutta muuttamalla. Kappaleet kuivattiin suutinuunissa. Kuivusaika oli joko 10 tai 15 minuuttia ja kappaleet pysäytettiin uuniin riittävän uunitusajan saavuttamiseksi. Uunin asetustemperatuuriksi oli 40 °C ja puhallusteho 50 %.

Testikappaleet maalattiin kahdesti (pohja + pinta) samoilla parametreillä. Kappaleiden arviointi tapahtui pintamaalauksen jälkeen. Ennen arviointia kappaleet olivat tasaantuneet 7 vrk.

3.4 Kokeen tulokset

Testikappaleista arvioitiin ulkonäköä (visuaalisesti sekä karheusmittauksella), tartuntaa, kiiltoa ja maalausyhdistelmän hintaa. Lisäksi testattiin pinkkaustestin avulla, jäikö pakkausstyroksi maalipintoihin kiinni tai jättikö ko. materiaali jälkiä maalipintoihin. Styroksista ei jäänyt mihinkään testikappaleeseen jälkiä, joten maalikalvot olivat kuivia tai käytetty pinkkauspaino oli liian pieni.

Tartunta

Maalin kiinnitarttumisen testattiin hilaristikkokokeella standardin SFS-EN ISO 2409 mukaan. Kappaleisiin tehtiin viillot Elcometrin ristikkoviiltoterällä. Irronnut puru pyyhittiin pois ja viiltokohtaan liimattiin teippi. Teipin irrotuksen jälkeen arvioitiin maalin kiinnitarttuminen asteikolla 0-5. Arvolla 0

leikkausurien reunat ovat täysin sileät ja yksikään ristikon ruuduista ei ole irronnut. Arvolla 5 pinnoite on hilseillyt suurina kaistaleina ja leikkausristikon alueesta on vaurioitunut yli 65 %.

Selvästi paras tartunta oli maaliyhdistelmällä 4. Tällä maaliyhdistelmällä kaikissa testikappaleissa kiinnitarttumisen sai arvon 0. Mittausten perusteella materiaalien 1 ja 2 tartunta on ollut parempaa kuin materiaalien 3 ja 4. On kuitenkin hyvä huomioida, että massiivipuusta maalin irtoamista ja lohkeilua on vaikeampaa arvioida, tämä näkyy suurempana hajontana. Levitysmäärällä ja kuivausajalla ei ole ollut juurikaan merkitystä tartuntaan. Tasaantumisaika ennen toista pintakäsittelykerrosta vaikuttaa tartunnan hajontaan.

Kiilto

Maalikalvojen kiilto mitattiin Picogloss 500 MC -kiiltomittarilla standardin SFS-EN ISO 2813 mukaan. Kiilto mitattiin 60° kulmassa, joka on sopiva useimmille maalikalvoille lukuun ottamatta korkeakiiltoisia ja lähes mattapintoja. Kiilto mitattiin kaikista testikappaleista keskeltä sekä molemmista päistä.

Maaliyhdistelmällä 4 oli korkein kiilto ja pienin vaihtelu. Pintakäsittelyaine ja pohjamateriaali vaikuttavat eniten kiiltoon.

Ulkonäkö – karheus

Karheus mitattiin Elcometer 7061 Marsurf PS1 -mittalaitteella. Mittaus perustuu standardiin EN 10049. Mittalaite mittaa karheuden valitulta mittausmatkalta ja laskee tuloksista karheuden (RA) keskiarvon. Mittaus tehtiin jokaiselle testikappaleelle kolmesta kohtaa ja näiden mittausten keskiarvo kirjattiin karheuden arvoksi. Karheusmittaus tehtiin sekä pohjamaalattulle että pintamaalattulle kappaleelle.

Pohjamaaleista maaliyhdistelmän 2 pohja oli kaikista karhein. Pohjamateriaalilla oli jonkin verran vaikutusta karheuteen, eniten vaikutti kuitenkin pintakäsittelyaine. Levitysmäärällä, kuivausajalla tai tasaantumisaikalle ennen pintamaalausta ei ollut vaikutusta karheuteen. Kun karheus mitattiin pintamaaleista, maaliyhdistelmällä 1 oli kaikista tasaisin pinta.

Ulkonäkö – visuaalinen arviointi

Visuaalisessa arvioinnissa kappaleiden ulkonäköä arvioitiin asteikolla 1-4, jossa 1 oli paras ja 4 huonoin arvosana. Ulkonäkö arvioitiin yhtenä arvona kolmen kappaleen testisarjalle, joten hajontaa ei ollut. Visuaalisessa arvioinnissa yhdistelmä 2 arviointiin parhaimmaksi. Yhdistelmä 1 ylsi lähes samaan, heikoimmaksi arvioitiin maaliyhdistelmä 3. Pohjamateriaalilla ei ole juuri vaikutusta ulkonäköön, levitysmäärä vaikuttaa hieman.

Hinta

Arvioinnissa käytettiin maalien litrahintoja. Hintaan vaikuttaa pintakäsittelyaine ja levitysmäärä.

Optimointi

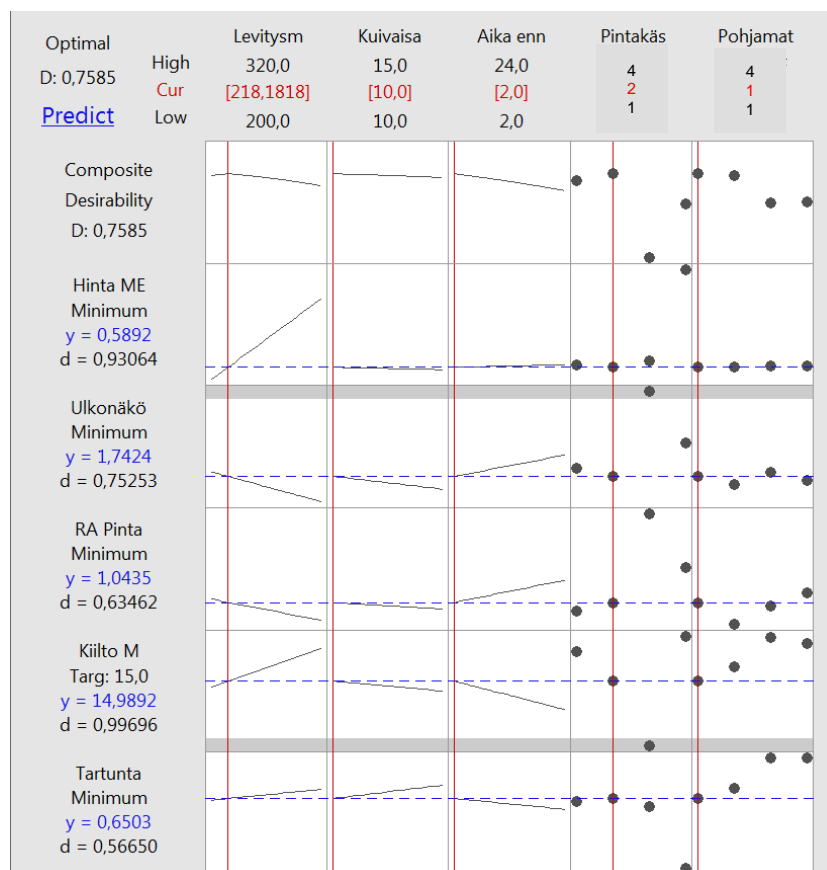
Koesuunnittelun analysointi tehtiin Minitab-ohjelmistolla. Ohjelmalla voidaan optimoida koetuloksia erilaisin tavoitearvoin tai painotuksin. Kuvassa 7 on päämuuttujien arvot tuotteelle, kun optimoinnissa huomioidaan testin päämuuttujat. Tartunnan, pintamaalin karheuden, ulkonäön ja hinnan suhteen optimitulos halutaan minimoida. Kiillolle annettiin tavoitearvo 15.

Optimiparametrit ovat

- pintakäsittely-yhdistelmä: 2
- levitysmäärä: 220 g/m²
- 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)



Kuva 7. Optimitulos pintakäsittelyyn ilman painotuksia.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Osa 4 – Jatkotoimenpiteet; syynouseman tutkiminen koesuunnittelun avulla

Ensimmäisen koesuunnittelun tulosten analysoinnissa ja keskusteluissa yrityksen henkilökunnan 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 ensimmäisissä keskusteluissa esiin seuraavat muuttujat:

- syysuunta
- puumateriaali (tiheään kasvanut/harva)
- sormijatkoksen liimaussuunta
- puun kosteus
- hallikosteus
- pintakäsittelyaine
- hionta

Testin toteutus

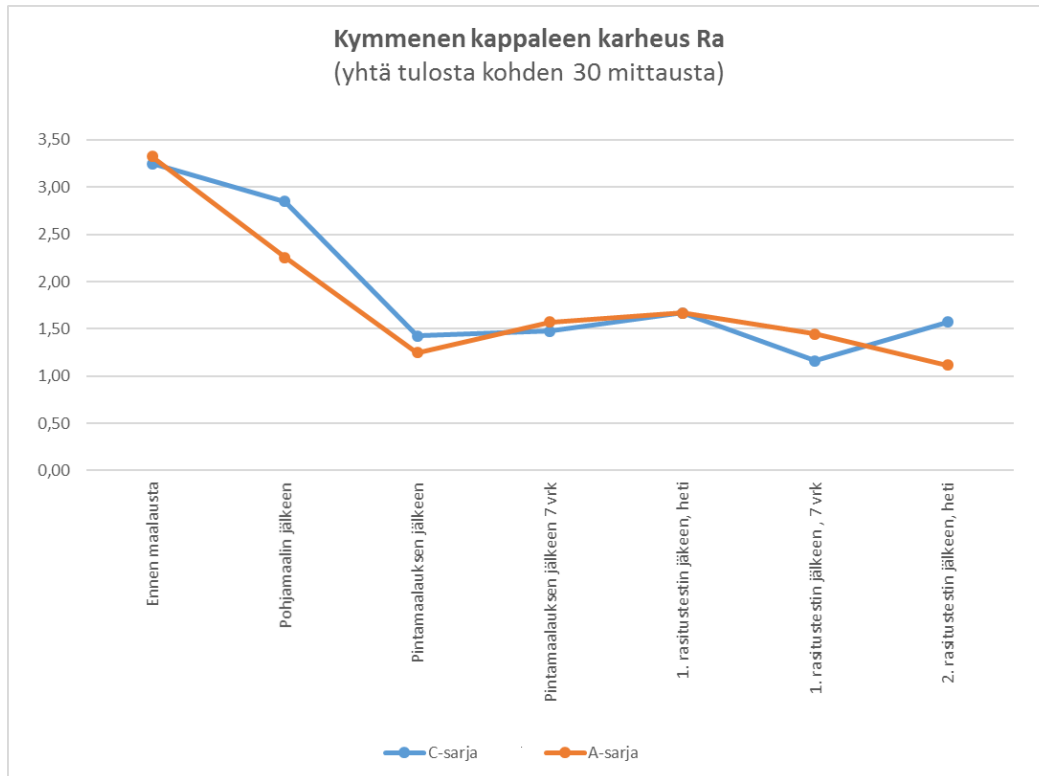
Kappaleet työstettiin höylätystä mäntylaudasta siten, että mäntylauta sahattiin kolmeen osaan pituussuuntaan nähden ja näistä katkottiin 30 cm testikappaleet. Näin jokaiselle testikappaleelle saatiin vastakappale samasta kohdasta lautaa molempiin testisarjoihin. Kappaleiden pintakäsittely tehtiin suoraan höyläpinnalle. Ensimmäinen A-testisarja pintakäsiteltiin pintakäsittelyaineella 1 kahteen kertaan levitysmäärällä 120 g/m². Toiseen C-testisarjaan levitettiin maalia 2 pohjalle 120 g/m² ja maalia 1 pintaan 120 g/m². Molemmissa testisarjoissa maalattiin 10 testikappaletta samalla tavoin.

Syynouseman aikaansaamiseksi maalatut kappaleet altistettiin kosteudelle säärasisuuskäpissa 48 tunnin ajan. Kondensointi tapahtui 45 °C lämpötilassa. Toinen altistaminen tehtiin 7 vuorokautta ensimmäisestä. Tänä aikana kappaleet olivat hallitilassa ja niille tehtiin karheusmittaus kahteen otteeseen. Toisessa rasisuuskäksossa voimistettiin rasisuusta. Kappaleet saivat kondensiota 50 °C:n lämpötilassa ensimmäisen 24 tunnin ajan. Tämän jälkeen toistettiin kaksi kertaa UV-säteily 60 °C:n lämpötilassa 8 tuntia ja kondensio 50 °C:n lämpötilassa 4 tuntia.

Kappaleista mitattiin karheus ennen pintakäsittelyä, välittömästi pintakäsittelyn jälkeen sekä 7 vuorokautta pintakäsittelyn jälkeen. Samoin karheuden mittaus toistettiin heti rasisuksen jälkeen sekä 7 vuorokautta rasisuksen jälkeen. Mittaus tehtiin MarfSurf PS1 -karheusmittarilla. Jokaiselle testikappaleelle tehtiin kolme mittausta. Yhdessä mittauksessa mittalaite otti viisi näytettä 5,6 mm matkalta.

Testin tulokset

Testissä ei saatu kunnollista syynousemaa aikaiseksi rasitusjaksoilla. Maali 2 oli karkeampi verrattuna maaliin 1 ensimmäisen pintakäsittelyn jälkeen, mutta samoin kuin aikaisemmassa testissä, pintamaalin levitys tasoitti karheuserot.



Kuva 14. Kahden syynouseman testisarjan karheus eri testauksen vaiheissa.

Selkeä muutos rasitusjaksoilla näkyi kappaleiden sävyymuutoksissa. Maalilla 1 pintakäsitellyt kappaleet säilyttivät lähempänä laudan keskiosaa paremmin sävynsä.

Yhteenveto

Kehityspilotissa toteutettujen toimenpiteiden seurauksena yritys vielä harkitsee investoinnin asennusta ja käyttöönottoa, koska laskelmien ja testiajojen perusteella ei päästä tuloksiin, joita investoinnille oli asetettu.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma