

Kristian Blomqvist

# Oksidointi-/bondausalueen työntehon parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

2.6.2018

|  |  |
|--|--|
| Tekijä<br>Otsikko  | Kristian Blomqvist<br>Oksidointi-/bondausalueen työntehon parantaminen |
| Sivumäärä<br>Aika  | 26 sivua + 2 liitettä<br>2.6.2018                                      |
| Tutkinto   | Insinööri (AMK)  |
| Tutkinto-ohjelma   | Sähkö- ja automaatiotekniikka  |
| Ammatillinen pääaine   | Automaatiotekniikka  |
| Ohjaajat   | tuotantoinisinööri Ina Jouppila<br>lehtori Markku Inkinen              |
| <p>Tämä insinöörityö tehtiin Okmetic Oy:n oksidointi- ja bondausalueelle. Työssä tarkasteltiin alueen tämän hetken kokonaisuutta ja selvitettiin, mistä laitteiden eri vaihtelut ja käytettävyydet johtuu. Haluttu lopputulos oli jonkinlainen työkalu, joka kertoo prosessoijalle, milloin ja mitä vuoron pitää aikana tehdä. Työkalun tarkoituksena oli myös viestiä seuraavalle vuorolle alueen tilanteen, mikä mahdollistaa jatkuvan suunnittelun.</p> <p>Työn teoriaosuudessa esitettiin toimintaympäristö, joka sisälsi yrityseseittelyn, piikiekon valmistuksen, paneuduttiin tarkemmin oksidointi- ja bondausalueen työvaiheisiin. Teoriaosuudessa perehdyttiin myös lean-filosofian periaatteisiin ja niiden hyötyihin työssä.</p> <p>Tämän jälkeen työssä käytiin läpi tuotannolle teetetty kysely, sen tulokset ja kehitysideat. Lisäksi työssä käytiin läpi Okmeticin Arrow-seurannan antamaa dataa ja pohditaan sen tuloksia.</p> <p>Tulevaa suunnittelutyökalua kehitettiin oksidointi- ja bondausalueelle. Työn tehtäväksi tuli luoda ajoitusseurantataulukko, jonka avulla pystyttiin suunnittelutyökalun testivaiheessa samaan palautetta ja seuraamaan, mitä ongelmia ja parannuksia tuleva suunnittelutyökalu tarvitsee.</p> <p>Yhteenvedonä oli huomattavissa useita korjaus- ja parannusmahdollisuuksia tulevalle suunnittelutyökalulle. Kysymykset antoivat myös kehitysideoita tuotantoon. Lisäksi työssä pohditaan, mitä vaikeuksia tulevan suunnittelutyökalun käyttöönotossa voi esiintyä.</p> |  |
| Avainsanat   | Piikiekko, oksidointi, bondaus, lean, suunnittelu                      |

|   |  |
|---|--|
| Author<br>Title   | Kristian Blomqvist<br>Improving oxidation and bonding workstations work efficiency |
| Number of Pages<br>Date   | 26 pages + 2 appendices<br>2 June 2018   |
| Degree  | Bachelor of Engineering  |
| Degree Programme  | Electrical and Automation Technology   |
| Professional Major  | Automation Technology  |
| Instructors   | Ina Jouppila, Production Engineer<br>Markku Inkinen, Senior Lecturer               |
| <p>This Bachelors study was made for Okmetic Oy oxidation and bonding workstation. The purpose was to figure out the current situation of the workstation and the different utilization of the machines. The end goal was to create a tool that would present the processor what and when is needed to be done during the workday. The tool was also meant to be used as a means of communication between the work shifts and it would ensure a fluent plan for the workstation.</p> <p>The theoretical part contains an introduction to Okmetic, wafer manufacturing, and a closer look on the work steps that are included in the oxidation and bonding workstation. The theoretical part also introduces the basics of lean-philosophy and its benefit for this project.</p> <p>After the theoretical part the thesis goes through an inquiry that was made for workstation, goes through its answers, and lastly given the conclusion of it. Additionally, the data and reports that are available with Okmetic's Arrow application are presented in the thesis.</p> <p>Because of the planning tool that was meant to be implemented to the oxidation and bonding workstation, the goal was to make a worksheet, which would track down the progress during the test phase of the planning tool. To gather information and feedback from the test phase was the purpose of the worksheet.</p> <p>There are many improvements and adjustments that still need to be implemented in the future for the planning tool. The inquiry also gave some development ideas to the production. Additionally, the thesis clarifies what kind of problems may arise in the introduction of a new planning tool.</p> |  |
| Keywords  | Wafer, oxidation, bonding, lean, planning  |

## Sisällys

### Lyhenteet

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Johdanto                                      | 1  |
| 2   | Työn toimintaympäristö                        | 1  |
| 2.1 | Okmetic Oy                                    | 1  |
| 2.2 | Piikiekkko                                    | 2  |
| 2.3 | Piikiekon valmistus                           | 2  |
| 2.4 | Oksidointi ja bondaus                         | 3  |
| 3   | Ohjelmistot ja työvaiheet                     | 4  |
| 3.1 | Tuti  | 4  |
| 3.2 | SOI sub control                               | 5  |
| 3.3 | Arrow   | 5  |
| 3.4 | Oksidointi- ja bondausalueen työohjeet        | 5  |
| 4   | Lean  | 9  |
| 5   | Kysely  | 10 |
| 5.1 | Kyselyn tarkoitus                             | 10 |
| 5.2 | Kyselyn teko                                  | 10 |
| 5.3 | Vastaukset                                    | 11 |
| 6   | Arrow-raportit                                | 13 |
| 7   | Ajoitusseurantatyökalu                        | 16 |
| 7.1 | Ajoitusseurannan speksit                      | 16 |
| 7.2 | Ajoitusseurannan teko                         | 17 |
| 7.3 | Testausvaihe                                  | 20 |
| 7.4 | Suunnittelutyökalun palaute ja kehitystarpeet | 21 |
| 7.5 | Suunnittelutyökalun lopputulos ja päätelmät   | 22 |
| 8   | Yhteenveto                                    | 24 |
|     | Lähteet                                       | 26 |
|     | Liitteet                                      |    |

## Lyhenteet

|         |   |
|---------|---|
| Bonderi | Laite jolla liitetään kaksi piikiekkoa yhteen.  |
| Laiva   | Kvartsista tai piikarbidista tehty kappale, johon piikiekot ladataan. (liite 1)   |
| Kelkka  | Osa johon laivat ladataan ja joka siirtyy oksidointiputkeen.  |
| OKMX-X  | Oksidointiuunin putki, jossa ensimmäinen numero viittaa uuniin numeroon ja toinen numero viittaa uunin putken numeroon. |

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on kehittää oksidointi- ja bondausalueen työntehoa piikiekon valmistuksessa. Tämä tehdään tarkastamalla Arrow-seurannan antamaa dataa ja kyselyllä. Lisäksi on tarkoitus tehdä prosessia tukeva työkalu, joka kertoo prosessoijalle milloin ja mitä pitää tehdä.

Tavoitteena on saada kyselystä ja datasta mahdollisia kehityskohteita ja esittää tuotannon puolen näkökulmaa tämän hetkisestä tilanteesta. Tuotantoa katsotaan myös lean-filosofian periaatteita käyttäen. Työkalun tavoitteena on tukea prosessoijaa vuoron suunnittelussa ja ohjeistaa mitä eriä milloinkin kannattaa edistää. Lopputuloksen tavoitteena ovat erien lyhyemmät läpimenoajat ja tehokkaampi tuotanto, ilman että laatu kärsii.

Aluksi tehdään kysely tuotantoon oksidointi- ja bondausalueelle. Tämän jälkeen esitetään kyselyn tulokset työn ohjaajalle, jonka aikana myös tarkastellaan Arrow-seurannan antamaa dataa. Tämän jälkeen käydään läpi tarkemmin tukevan työkalun määritteet, ulkomuoto ja sen käyttöönotto. Lopuksi tarkastellaan tuloksia ja tuotannon antamaa palautetta ja mietitään kehitysideoita.

Työ tehdään Okmeticille, joka on seitsemänneksi suurin piikiekon valmistaja maailmassa. Työ valittiin, koska oksidointi- ja bondausalueelle suunnitellaan uuden ajoitustyökalun käyttöönottoa ja työn tarkoituksena on kerätä tietoa ja tukea tulevan työkalun käyttöönottoa. Lisäksi työn tekijä työskenteli työn aikana prosessoijana oksidointi- ja bondausalueella.

## 2 Työn toimintaympäristö

### 2.1 Okmetic Oy

Kuten aikaisemmin mainittiin, Okmetic on seitsemänneksi suurin piikiekkovalmistaja maailmassa. Se perustettiin vuonna 1985 Nokian ja Outokummun yhteishankkeena. Sen liikevaihto on yli 85 miljoonaa euroa. Okmetic valmistaa piikiekot alusta loppuun, kiteestä valmiiksi piikiekoiksi. Yritys valmistaa pääsääntöisesti halkaisijaltaan 150–200

mm kiekkoja, mutta myös 100 mm kiekkoja. Okmeticin tehdas sijaitsee Suomessa, Vantaalla. Okmeticilla on myös sopimusvalmistusta Kiinassa ja Japanissa. [1.]

## 2.2 Piikiekkko

Piikiekkko on lähes puhtaasta piitangosta sahattu ohut ja pyöreä kiekko. Raaka-aineena käytetään monikiteistä polypiitä, jota jalostetaan kvartsihiekkasta. Kvartsihiekkä puhdistetaan 99,999999999 % muista alkuaineista. Piikiekkoja käytetään muun muassa puolijohdeteollisuudessa, mikroelektronikan komponenttien valmistuksessa ja aurinkokennojen pohjalevynä ja kasvatusalustana. Asiakkaat jalostavat piikiekkoja eteenpäin ja näitä komponentteja käytetään esimerkiksi autoissa, kannettavissa, puhelimissa tai vaikka lääketieteellisissä sovelluksissa. [1; 2.]

## 2.3 Piikiekkon valmistus

Piikiekkon valmistus alkaa kiteenkasvatuksesta. Sulasta puhtaasta ja hallitusti seostetusta piistä kasvatetaan yksikiteinen piitanko. Piitanko katkaistaan, hiotaan ja sahataan kiekkoiksi. Koska piitangon ominaisuudet vaihtelevat, valitaan asiakkaitten vaatimusten mukaisesti, mitä osaa käytetään mihinkin asiakkaan kiekkoihin. Kiekkoja käsitellään mekaanisesti ja kemikaalisesti parantaakseen niiden lujuutta, sekä varmistaakseen virheettömän pinnan ja yhtenäisen paksuuden. Eri paksuisilla kiekkoilla on omat paksuus- ja muotoluokat. Kiekkoja muun muassa pestään, hiotaan, kiillotetaan ja syövytetään. Valmiit kiekot vielä tarkistetaan, pakataan ja toimitetaan asiakkaille. [3; 4.]

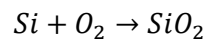
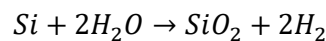
Koska puhtaus on piikiekkojen tärkein ominaisuus, tapahtuu suurin osa kiekkojen prosessoinnista puhdastiloissa. Puhdastila on tila, jossa kontrolloidaan ilmassa olevien partikkeleiden määrää, lämpötilaa, ilmankosteutta ja ylläpidetään näitä parametreja. Minimoimalla partikkeleiden sisäänkäsy, syntyminen ja viipymä tilassa, voidaan varmistaa ilman puhtaus partikkeleista. Puhdastilat on jaettu 9 eri luokkaan (ISO 1, ISO 2 jne...) ISO-14644-standardin mukaan, jossa ISO 1 on puhtain luokka. Piikiekkon valmistus tapahtuu ISO 3 ja 6 luokan tiloissa. Bondaaminen ja oksidointi ovat ISO 3 -puhtausluokan kuuluvia työvaiheita. Ilman puhtaus toteutetaan painamalla ilmaa ylhäältä suodattimien läpi alas rutilälattian läpi mahdollisimman tasaisena laminaarisena virtauksena. Puhdastiloissa käytetään puhdastila-asua, sillä suurin epäpuhtauksien lähde

on puhdastilassa oleva henkilöstö. Lisäksi tuotannon tiloissa tehdään useita siivouksia viikoittain. [3; 4.]

#### 2.4 Oksidointi ja bondaus

Työ tehtiin oksidointi- ja bondausalueelle, missä tavallisesti työskentelee kaksi prosessoijaa vuorossa. Työ on kolmivuorotyötä, jota tehdään ympäri vuorokauden. Prosessoijat vastaavat pääosin kahdesta oksidointiunista, sekä kolmesta bonderista. Oksidointiunit sisältävät yhteensä 4 putkea, joihin kiekkoja voi ladata eri resepteillä.

Piikiekkoja tulee oksidointityövaiheeseen oksidoitavaksi, lämpökäsittelyyn bondauksen jälkeen tai paksuuden mittaukseen. Oksidoinnissa kasvatetaan piioksidikerros ( $\text{SiO}_2$ ) piikiekkoihin. Oksidin lähtöaineina käytetään piikiekon piitä, sekä uuniin syötettyä happea ja vesikaasua. Oksidointi tapahtuu korkeassa lämpötilassa, missä piikiekko reagoi joko hapen tai veden kanssa (englanniksi dry tai wet oxidation).



Kaavasta näkee piin (Si) kemikaalisen reaktion veden ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ja hapen ( $\text{O}_2$ ) kanssa, joka muodostaa piioksidia ( $\text{SiO}_2$ ) sekä vetykaasua ( $\text{H}_2$ ). SOI-kiekko tulee sanoista Silicon On Insulator ja niitä käytetään puolijohdetekniikassa. Okmetic valmistaa SOI-kiekkoja, joissa kahden tai kolmen piikiekon välissä on piioksidikerros. Piioksidikerrosta käytetään eristeenä ja se tuo tällä tavoin lisäarvoa kiekkoille, joissa yhdessä kiekossa on eriste valmiina kerrosten välissä. [5.]

Lämpökäsittely tehdään valmiiksi bondatuille kiekkoille. Lämpökäsittely muistuttaa oksidointia, mutta resepti on erilainen. Lämpökäsittelyssä, joka tehdään korkeassa lämpötilassa, on tarkoitus lujittaa bondattujen kiekkojen liitosrajapintaa. Lämpökäsittelyssä kasvatetaan myös oksidia. Taustapinnan oksidin paksuutta muuttamalla voidaan SOI-kiekon käyryys säätää mahdollisimman alhaiseksi, mikä on parempi seuraavissa työvaiheissa. Lisäksi oksidinkasvatus lämpökäsittelyssä parantaa reunojen liitoksen laatua.



Bondaus on prosessi jossa kaksi piikiekkoa liitetään yhteen kiekkobonderilla. Yleensä bondauksessa joko ala- tai yläkiekot (englanniksi handle ja device) on oksidoitu, mutta on myös eriä joissa molemmat tai eivät kummatkaan kiekot ole oksidoitu. Valmiin SOI-kiekon päälle voi myös bondata lisää kiekkoja asiakkaan toiveiden mukaisesti. Ylä- ja alakiekoja kutsutaan myös SOI-subuiksi (sana subu tulee englannin kielestä sanasta substrate).

### 3 Ohjelmistot ja työvaiheet

#### 3.1 Tuti

Tuti on tuotannonohjelma, jolla erät aloitetaan ja lopetetaan. Sitä käytetään kaikissa työvaiheissa, minkä takia erän lopetettua yhdessä työvaiheessa se siirtyy seuraavaan (kuva 1).

The screenshot displays the 'Oksidointi-lista' (Oxidation List) software interface. It is divided into several sections:

- Summary Table:** A table at the top showing various production metrics.
 

|             | DSP        | Hionta      | W3LSSP     | SOI-subu   | 0° SSP     | TSV    | SOI     | E-SOI   | Subc   | Solar  | Sekalaiset | SSSP   |
|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|--------|---------|---------|--------|--------|------------|--------|
| → Vapaa     | 2401       | -1134       | 1190       | 835        | 2491       | 150    | 976     | 9987    | 1000   | 9999   | 3000       | 1000   |
| → Varattuna | 3399 (59%) | 2703 (172%) | 5310 (82%) | 4375 (84%) | 6009 (71%) | 0 (0%) | 24 (2%) | 12 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%)     | 0 (0%) |
| → Odottaa   | 1280       | 0           | 122        | 916        | 0          | 0      | 1593    | 53      | 0      | 0      | 0          | 0      |
- Prosessoitavana (Processing):** A table listing individual production orders with columns for Linja, Kide, Tuote, Asiakas, Ty, Ori, Tav. halk., Kpl, Uud.käs., Tav.paks., Oksidin Pakkaus, Putki, and Hold.
 

| Linja    | Kide     | Tuote          | Asiakas | Ty | Ori | Tav. halk. | Kpl | Uud.käs. | Tav.paks. | Oksidin Pakkaus | Putki | Hold                                |
|----------|----------|----------------|---------|----|-----|------------|-----|----------|-----------|-----------------|-------|-------------------------------------|
| SOI      | 432657-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 25  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432646-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 25  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432658-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 25  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432645-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 24  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432644-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 24  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432471-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 25  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI      | 432466-1 | V/6D-21-455-1  |         | P+ | 100 | 150,00     | 24  |          | 679,00    |                 |       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SOI-subu | 441893-1 | V/6D-799-88-2  |         | P  | 100 | 150,00     | 175 |          | 380,00    |                 |       | <input type="checkbox"/>            |
| SOI      | 441638-1 | V/6D-799-15-12 |         | P  | 100 | 150,00     | 50  |          | 613,00    |                 |       | <input type="checkbox"/>            |
- Odottavat prosessointia (Waiting for processing):** A table listing orders with columns for Aloitettavissa, Linja, Var, Kide, Synkronointi, Tuote, Asiakas, Ty, Ori, Tav. halk., Myöh., Kpl, Uud.käs., Tav.paks., Oksidin Pakkaus, Oks. aika, Resepti, Split, Hold, and Yhd.
 

| Aloitettavissa | Linja    | Var | Kide     | Synkronointi | Tuote          | Asiakas | Ty | Ori | Tav. halk. | Myöh. | Kpl | Uud.käs. | Tav.paks. | Oksidin Pakkaus | Oks. aika | Resepti | Split | Hold | Yhd |
|----------------|----------|-----|----------|--------------|----------------|---------|----|-----|------------|-------|-----|----------|-----------|-----------------|-----------|---------|-------|------|-----|
| V              | SOI      |     | 441946-1 |              | V/6D-21-456-1  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 24  |          | 679,00    |                 | 549       |         |       |      |     |
| V              | SOI      |     | 441947-1 |              | V/6D-21-456-1  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 25  |          | 679,00    |                 | 549       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 442142-1 |              | V/6D-21-435-2  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 25  |          | 380,00    |                 | 837       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 442145-1 |              | V/6D-21-436-2  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 25  |          | 380,00    |                 | 837       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 442146-1 |              | V/6D-21-436-2  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 23  |          | 380,00    |                 | 837       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 442147-1 |              | V/6D-21-436-2  |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 25  |          | 380,00    |                 | 837       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 417771-1 |              | V/6D-900-820-0 |         | P+ | 100 | 150,00     |       | 8   |          | 625,00    |                 | 837       |         |       |      |     |
| V              | SOI      |     | 432315-1 |              | V/8D-2172-40-1 |         | P  | 100 | 200,00     |       | 61  |          | 725,00    |                 | 599       |         |       |      |     |
| V              | E-SOI    |     | 432678-1 |              | V/8D-2172-41-1 |         | P  | 100 | 200,00     |       | 30  |          | 739,00    |                 | 599       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 436660-1 |              | V/8D-611-21-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 380,00    |                 | 599       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 436667-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 437963-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 441083-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 441095-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 441631-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
| V              | SOI-subu |     | 441632-1 |              | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     |       | 0   |          | 725,00    |                 | 331       |         |       |      |     |
- Edellisessä työvaiheessa (In previous work stage):** A table listing orders with columns for Linja, Kide, Tuote, Asiakas, Ty, Ori, Tav. halk., Kpl, Työvaihe, and Resepti.
 

| Linja    | Kide     | Tuote          | Asiakas | Ty | Ori | Tav. halk. | Kpl | Työvaihe    | Resepti |
|----------|----------|----------------|---------|----|-----|------------|-----|-------------|---------|
| SOI-subu | 433422-1 | V/8D-2172-26-1 |         | P  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |
| SOI-subu | 436635-1 | V/8A-50-137-1  |         | N  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |
| SOI-subu | 436660-1 | V/8D-611-21-1  |         | P  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |
| SOI-subu | 441083-1 | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |
| SOI-subu | 441095-1 | V/8D-611-18-1  |         | P  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |
| SOI-subu | 441645-1 | V/8D-611-21-1  |         | P  | 100 | 200,00     | 0   | Varastohaku |         |

Kuva 1. Tutin näkymä oksidointi-listasta

Kuvassa 1 näkyy oksidoinnin tutisovellus. Oksidoinnin sovelluksessa näkyy, mitkä erät ovat aloitettu, mitkä erät ovat oksidoinnin työvaiheessa ja mitkä ovat aikaisemmassa

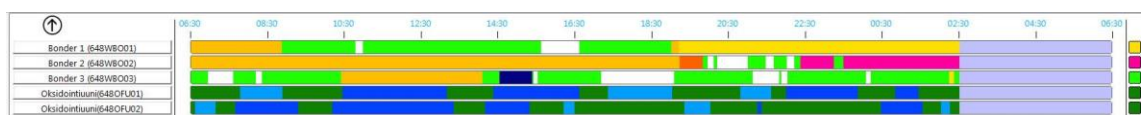
työvaiheessa tulossa oksidointiin. Eristä on merkattu niiden kidenumero, jolla erät tunnistetaan, asiakas, tuotenumero ja oksidointi- tai lämpökäsittelyresepti mitä käytetään.

### 3.2 SOI sub control

SOI sub control on osa Plantboard sovellusta, mitä käytetään oksidointi- ja bondauksen työpisteellä. SOI sub controlissa on listattu kaikki tuotannossa olevien SOI ylä- ja alakiekkujen tiedot, jotka tulevat bondaukseen. Siinä on listattu kaikki perustiedot aivan kuten tutissa (kidenumero, tuotenumero, asiakas). SOI sub controlin avulla prosessoija näkee helposti, missä työvaiheessa kiekot ovat ja voi sen avulla päätellä, mitä erää kannattaa edistää. Jos esimerkiksi erän yläkiekko odottaa oksidointia, mutta alakiekkko on vielä kaukana edellisissä työvaiheissa, kuten kaksipuolikiillotuksessa, niin yläkiekkoja ei kannata laittaa oksidoitumaan. Samalla SOI sub control näyttää kuivumisajat kiedoille, mikä on tärkeää tiettyjen erien prosessoinnissa.

### 3.3 Arrow

Arrow on laitteiden seurantaan käytetty ohjelmisto. Arrow piirtää reaaliajassa ohjelmaan uimaratamallisen janan laitteen tilasta. Jokaisen laitteen luona on paneeli painikkeita, joita prosessoija voi painaa esimerkiksi laite- tai prosessihäiriön yhteydessä. Näin tieto laitteen tilasta siirtyy Arrow-seurantaan, jota voi jälkepäin tarkastella (kuva 2).

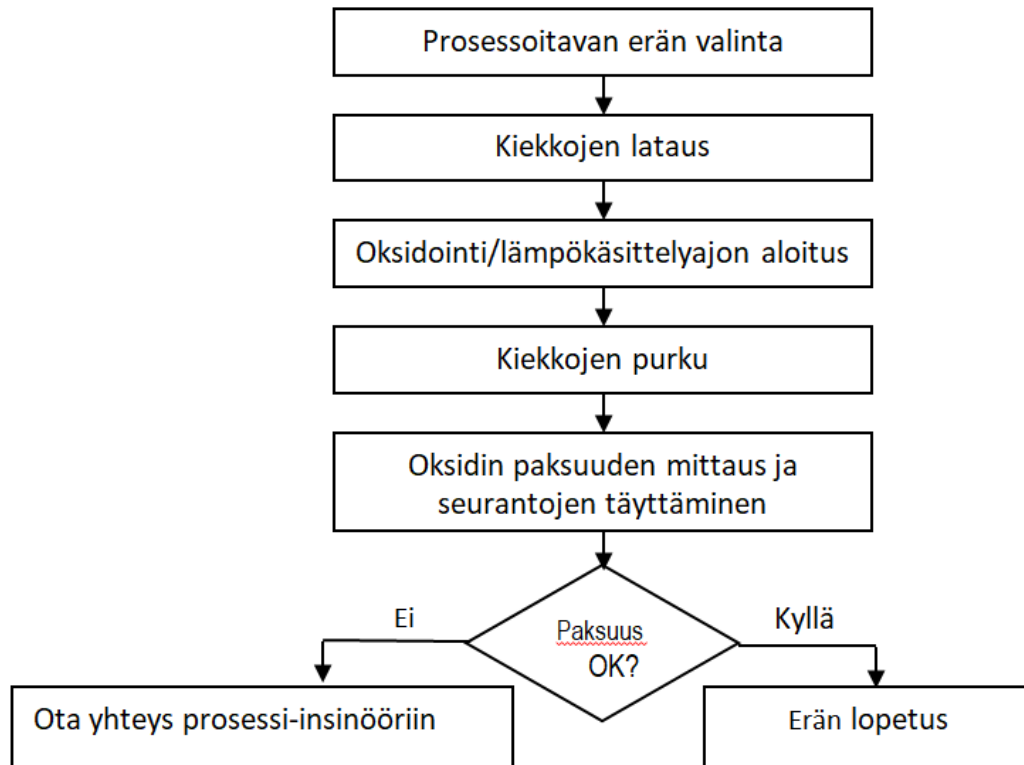


Kuva 2. Arrow-näkymä bondereista ja oksidointiuneista.

Kuvassa 2 on esimerkki bonderien ja oksidointiunien tilasta. Bonderien ollessa normaalisti päällä piirtää Arrow-seuranta automaattisesti vihreää janaa. Oksidointiunien värit tiedottavat sen, kuinka monta ajoa on meneillään putkissa.

### 3.4 Oksidointi- ja bondausalueen työohjeet

Erien edistäminen oksidoinnin työpisteessä menee työohjeenmukaisesti (kuva 3).

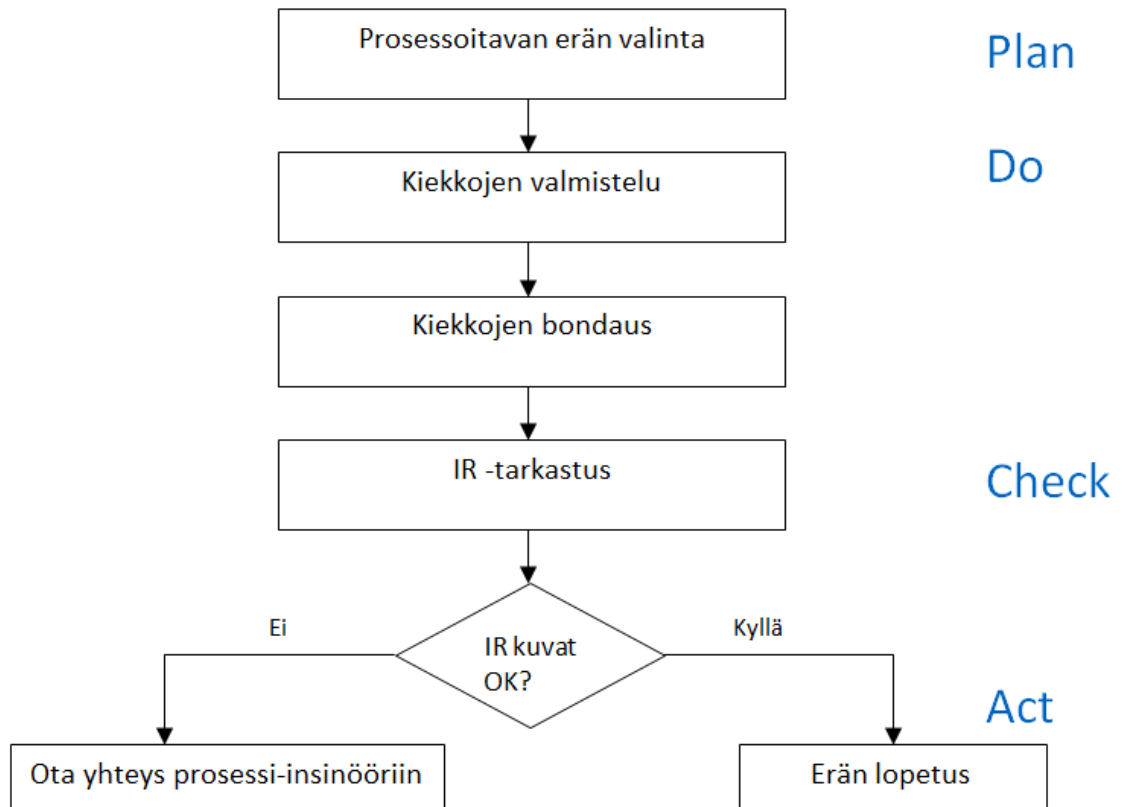


Kuva 3. Oksidointityöpisteen kulku

Kuvassa 4 on mallinnettu erän kulku oksidointi-/lämpökäsittelyn vaiheessa. Vuoron alussa ja sen aikana prosessoijat suunnittelevat karkeasti mitä eriä pitää edistää. Tähän vaikuttaa monta tekijää, kuten uunien reseptit, vastaparin sijainti, näytteet jne. Pääsääntöisesti valitaan eriä, joko tutin tai SOI sub controllin mukaan ylhäältä alas. Erää aloittaessa avataan se ensin tutissa ja katsotaan jos erän valmistusohjetiedoissa on huomautuksia. Tämän jälkeen erä tarkastetaan huolellisesti ja lasketaan, että kaikki kiekot ovat siirtyneet edellisestä työvaiheesta oikein. Kun tarkistukset on tehty, ladataan kiekot uuniin laivoihin (joko kvartsista tai piikarbidista valmistettu) kiekonsiirtolaitteella (liite 2) tai käsin vakuumpinsetin avulla. Erän tiedot kirjataan ylös SPC-seurantaan (Excel-taulukko), resepti ladataan ja erän oksidointi/lämpökäsittely käynnistetään.

Kun erä tulee uunista ja on jäähtynyt, se puretaan takaisin kasetteihin. Tässä on taas tärkeää huomioida, että kaikki kiekot ovat ehjiä ja ettei mikään kiekko ole mennyt oksidointiputkessa rikki. Erästä mitataan oksidi yhdestä kiekosta ja tiedot tallennetaan tutiin. Erän lopetettua tutissa se viedään seuraavaan työvaiheeseen odottamaan käsittelyä.

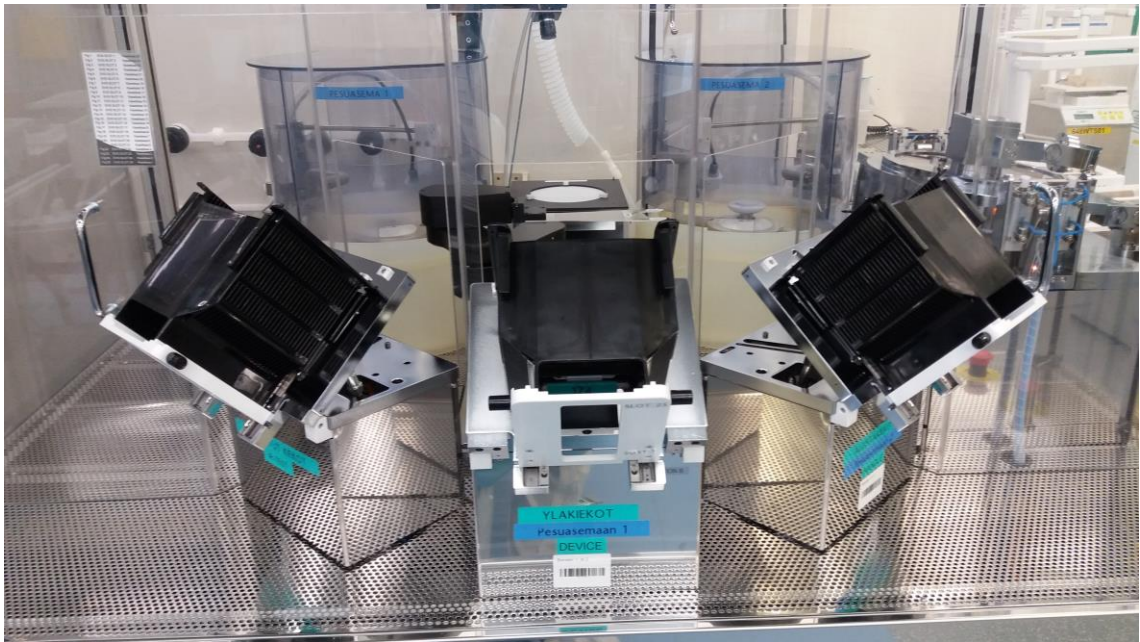
Bondauksen työvaiheessa aloitus toimii samalla tavalla (kuva 4).



Kuva 4. Bondauksen työkulku

Kuvassa 4 on mallinnettu bondauksen työvaiheet. Työvaihe toimii PDCA (Plan-Do-Check-Act) -menetelmän periaatteilla.

Erää aloittaessa luetaan aluksi huomautukset ja tarkastetaan, että kaikki ylä- ja alakiekkot ovat siirtyneet edellisestä työvaiheesta. Ennen kuin erä aloitetaan tutussa, tarkistetaan myös, että kiekkojen paksuus- ja muotoluokat ovat oikein. Ylä- ja alakiekkot ladataan omiin kasettiasemiinsa (kuva 5).



Kuva 5. Kuva bonderista

Kuvassa 5 näkyy edessä kasettiasemat ylä- ja alakiekoille, sekä kasettiasema valmiille bondatuille kiekkoille. Takana näkyy bonderin pesuasemat ja niiden välissä IR-alusta. Kuvan oikealla puolella näkyy bondauskammio, minne robotti vie ylä- ja alakiekon bondautumaan.

Uusi kidetarra tulostetaan tutin kautta bondatulle erälle viivakoodilukijan avulla. Näin varmistetaan, että erää bondattaessa on valittu oikeat ylä- ja alakiekot. Kiekkobonderi on täysin automaattinen laite, joka latauksen jälkeen lähtee hakemaan kiekkoja vuorotellen ala- ja yläkiekkokaseteista. Bonderin robotti esikohdistaa ensin kiekot, minkä jälkeen se siirtää ne omille pesuasemilleen. Pesun jälkeen kiekot kuivataan, minkä jälkeen robotti siirtää ne bondauskammioon. Bondauskammiossa kiekot vielä kohdistuvat tarkasti päällekkäin. Ala- ja yläkiekon liittäminen tapahtuu ilmanpaineessa tai tyhjiössä riippuen bondausohjelmasta jota erän kanssa käytetään. Tämän jälkeen robotti siirtää valmiin bondatun kiekon IR-kuvasasemalle (IR tulee sanasta infrared) ja ottaa siitä kuvan. Kuvat tallentuvat koneelle, jossa bondatun kiekon liitosrajapintaa voidaan tarkastella ja tarvittaessa tehdä vaativat korjaustoimenpiteet. Bondauksessa pitää myös tarkistaa, että kiekot ovat kohdistuneet tarkasti päällekkäin eikä ole tullut vinoon- tai ristiinbondauksia.

## 4 Lean

Lean-ajattelu on johtamisfilosofia, missä keskitytään parantamaan seitsemän toimintoa, jotka tyypillisesti heikentävät tuotantoa. Nämä seitsemän toimintoa ovat:

- kuljetukset
- varastot
- liike
- odotusaika
- ylituotanto
- yliprosessointi
- viallinen tuote.

Lean-ajattelun avulla pyritään vähentämään kustannuksia ja parantamaan tuotteiden tuotettavuutta. Poistamalla mainittuja turhuuksia voidaan parantaa tuotteiden laatua, mikä parantaa asiakastyytyväisyyttä ja varmistaa tilauskannan. Tekemällä myös tuotteita oikeaan aikaan ja oikeat määrät pienennetään myös varastokuluja ja tuotteiden läpimenoaikoja. Tämä myös parantaa tuotannon joustavuutta ja ongelmiin reagoimista, kun tuotantojonoa ei ole yhtä paljon. Tämä saadaan aikaan ottamalla ensin selvää, mitä turhuuksia tuotannossa ilmenee ja mitkä ovat niiden lähteet. Lean-ajattelussa ei siis poisteta itse hukkaa vaan pyritään poistamaan sen lähde, jotta tämä hukka poistuisi tai vähentyisi tuotannossa. [6.]

Bondaus- ja oksidointialueen työntehon parantamisessa oleellimmat asiat keskittyvät odotusaikojen, ylituotannon, yliprosessoinnin ja viallisten tuotteitten vähentämisessä. Turhuuksien lähteitten selvittämiseen laaditaan kysely työpisteelle ja Okmeticin saaman datan avulla. [6.]

## 5 Kysely

### 5.1 Kyselyn tarkoitus

Työn ensimmäinen tehtävä oli laatia kysely bondaus- ja oksidointialueen työpisteelle. Kyselyn tarkoituksena on selvittää työpisteen työntekijöitten, eli prosessoijien, näkökulma mahdollisista ongelmista ja kehitystarpeista. Lisäksi yrityksen puolesta haluttiin tietää, miten prosessoijat suunnittelevat työvuoron aikana tehdyt työt ja miten he kokevat erilaisten ohjelmistojen ja työkalujen käyttämisen.

Kyselyn muodosta ja halutuista kysymyksistä keskusteltiin aluksi läpi yritysjohtajan kanssa. Tällä hetkellä prosessoijat suunnittelevat itse työvuorossaan miten he edistävät eriä oksidointiuuneihin ja bondereille. Erien edistämiseksi on tietenkin ohjeistukset ja järjestys, minkä mukaan niitä pyritään edistämään. Suunnittelussa on kuitenkin todella paljon muuttujia, jotka pitää ottaa huomioon. Oksidointiuunien eri reseptit, sallittujen bonderien käyttö erälle, erän vastaparin sijainti ja uunien kiekkokapasiteetti ovat vain monista muuttujista, jotka vaikuttavat työn suunnitteluun. Tämän takia on työnantajan puolesta kiinnostavaa tietää, miten eri ihmiset suunnittelevat vuoron aikana tehdyt työt.

### 5.2 Kyselyn teko

Kyselyn pohjana käytettiin Okmeticin aikaisemmin teettämää kyselyä työhyvinvoinnista eri työpisteelle. Aikaisemmasta kyselystä tuli hyviä ideoita tehtyyn kyselyyn, sekä kysymyksien muotoon. Kyselyssä kysyttiin seuraavat kysymykset:

1. Onko sinulla selkeä kuva töihin saapuessa työtehtävistäsi ja tavoitteista? Toivoisitko jossain lisää ohjeistusta?
2. Kuvaile miten suunnittelet vuoron tehtävät?
3. Oletko mielestäsi saanut tarpeeksi selkeät ohjeet, missä järjestyksessä eriä kannattaisi edistää?

4. Miten koet SOI sub controllin käytön? Mitä parannusta ohjelmaan toivoisit?
5. Toimiiko tiedonkulku mielestäsi hyvin vuorojen välillä? Entä muiden henkilöiden välillä (Insinöörit, suunnittelijat, Kupi jne.)?
6. Ovatko nykyiset viestintätyökalut (päiväkirja, sähköposti, puhelin) mielestäsi riittäviä? Minkälaiset työkalut mielestäsi parantaisi viestintää?
7. Onko Arrow-seuranta sinun mielestä tarpeeksi selkeä/kattava? Onko tilanteita, jolloin on epäselvää mitä nappia Arrow-seurantaan kuuluisi painaa?
8. Onko oksidointiin ja bondaukseen liittyvät työkalut sinun mielestä riittäviä? Estääkö/hidastaako jokin työn tehokkuutta?
9. Vapaa sana

Kysely tulostettiin puhdastilan A4-paperille ja jätettiin työpisteelle. Vastauksien palauttamiseen annettiin prosessoijille aikaa noin kuukausi.

### 5.3 Vastaukset

Vastauksia tuli yhteensä 9 prosessoijalta. Vastaukset käytiin läpi yritysohjaajan kanssa. Kysymykset 1–3 käsittelevät paljon prosessoijan kokemusta vuoron alusta ja siitä, kuinka selkeää on tulla työpisteelle ja suunnitella vuoron tehtävät. Vastauksien perusteella suurin osa prosessoijista oli sitä mieltä, että ohjeistukset ovat selvät, vaikkakin jotkin ohjeistukset voisi päivittää ajan tasalle. Toisen kysymyksen vastauksista huomasi, miten eri tavalla prosessoijat suunnittelevat vuoron aikana tehdyt tehtävät. Vuoron alussa katsotaan aina uunien ja bonderien tilanne, sekä luetaan päiväkirja ja sähköposti. Eriä valittaessa osa prosessoijista katsoo järjestystä tutin kautta, toiset taas SOI sub controllin kautta. Erien edistämistä suunnitellaan myös eri tavalla riippuen prosessoijan monipuolisesta osaamisesta. Joillakin on parempi käsitys, mitä eriä tarvitaan linjalla ja seuraavissa työvaiheissa. Vastauksissa otettiin ylös vuoron alun hitaus, kun pitää selvittää, mitkä laitteet toimivat ja onko tullut uusia tilapäisiä ohjeita erien tai laitteiden suhteen. Varsinkin vapaitten jälkeen vuoron alussa menee aikaa että saadaan hyvä kuva työpisteen tilanteesta.



Kysymys 4 oli ehdotettu työnantajalta, sillä SOI sub controllista erien katsominen olisi parempi kuin tutista. SOI sub control näyttää kaikkien bondattavien erien ala- ja yläkiekkojen tietoja ja sen, missä tuotantovaiheessa ne sijaitsevat. Tämän takia siellä voi olla eriä, joita ei vielä tutissa näy. Vaikka SOI sub control onkin kaikilla prosessoijilla hallussa niin vastauksista tuli esiin, että se on välillä epäselkeä käyttää. Ehdotuksissa tuli esiin eri värikoodien käyttöä ja listan erien harventamista, sillä joidenkin erien päivämäärät ovat 3 kk:n päässä.

Tiedonkulku toimii kohtalaisen hyvin kysymysten 5-6 perusteella. Kuitenkin lisää päiväkirjan käyttöä toivottiin kaikilta tahoilta. Tämä koskee siis prosessoijia, insinöörejä sekä kunnossapidon väkeä. Mainittiin myös, että tärkeät sähköpostitiedotteet hukkuvat helposti, joten tärkeät tiedotteet kannattaa tulla kirjoittamaan tuotantoon. Viestintätyökaluista toivottiin älypuhelimia, jotta kuvien lähettely eri ongelmatilanteissa ja sähköpostien lähettely tiiminvetäjillä olisi helpompaa. Näin tiedonkulku toimisi myös paremmin. Vaikka perusasiat tiedetään, niin myös tulevaisuuden visioista olisi kiva tietää enemmän.

Arrow-seuranta on vastauksien perusteella selkeä. Kyselyn aikana toivottiin erän aloitus/lopetus-nappia, kun erää tai kasettia vaihdetaan. Tällöinen vaihtoehto löytyy tällä hetkellä Arrow-seurannassa. Arrow jakaa myös hieman mielipiteitä, joissa kaikki eivät koe sitä yhtä hyödylliseksi kuin toiset.

Kysymyksen 8 työtehokkuuden ja työkalujen liittyvät vastaukset olivat seuraavanlaiset. Uunien putkien reseptirajoitukset hidastavat ja vaikeuttavat erien suunnittelua. Myös jo edellä aiemmin mainitut tilapäiset ohjeet ja rajoitukset hidastavat työn tehokkuutta. Koneitten hitautta myös kommentoitiin ja ehdotettiin SPC-seurantojen Excel-taulukkojen keventämistä ja turhien ominaisuuksien poistamista. Huomioitava kommentti viimeisestä kysymyksestä oli yleinen siisteys. Kaikille tavaroille omat paikat ja merkinnät, sekä erät hyllyihin niin, että kidelapuista näkee heti, mikä erä kyseessä.

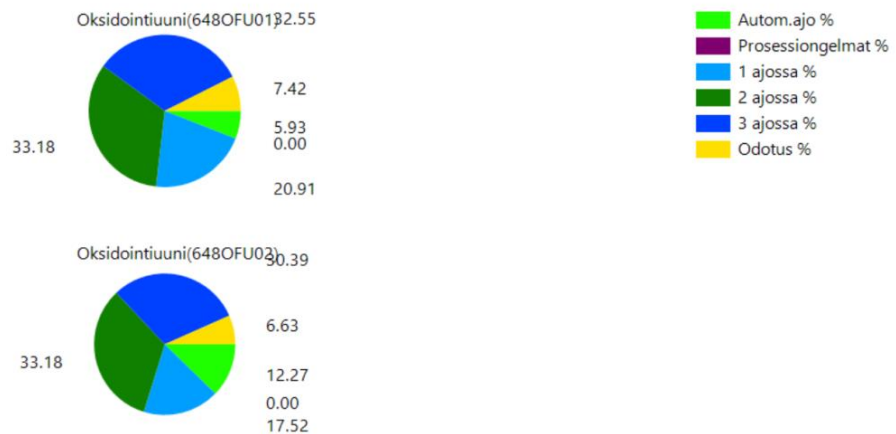
Lopputuloksena saatiin hyvä määrä erilaisia näkemyksiä ongelmista ja kehitysideoista. Vuoron alun selvittelyä pyritään tulevalle suunnittelutyökalulla helpottamaan. Näin voidaan nopeammin päästä selkoon siitä, mitä eriä pitää edistää. Lisäksi tuotannonmuutoksia tehdään parhaillaan, minkä mukana ohjeistukset päivitetään ja tavaroiden merkinnät uusiutuvat. Työtasojen lisäämistä myös toivottiin ja näitä on tullut uusia ja parempia vanhoihin verrattuna.

## 6 Arrow-raportit

Osana tätä työtä tutkittiin Arrow-seurannan antamia raportteja kahdesta kuukaudesta. Kuten aikaisemmin mainittu, Arrow on sovellus laiteseurantaa varten ja sen kautta voi myös tulostaa raportteja halutuilla parametreilla. Oksidointiunien seuranta tapahtuu automaattisesti riippuen, monta ajoa unissa on meneillään. Bondereitten tila on enemmän prosessoijien ja kunnossapidon hallinnassa. Bonderin ollessa käynnissä piirtää seuranta vihreää janaa (ks. kuva 3). Mikäli bonderi vaatii ennakkohuoltoa, erän vaihtoa, korjausta tai muuten vain ei ole eriä edistettävänä, kuuluu prosessoijan tehtäviin painaa bonderin luona olevaa näppäinpaneelista oikea tila laitteelle. Tämän takia pitää myös huomioida, että Arrow-seuranta bonderien kohdalla ei koskaan vastaa 100 prosenttisesti totuutta. Virhemarginaalia tulee siten, miten kukin muistaa painaa paneelista oikeaa tilaa tai miten kukakin tulkitsee bonderin tilan (esimerkiksi onko laitteessa prosessi- vai laitehäiriö).

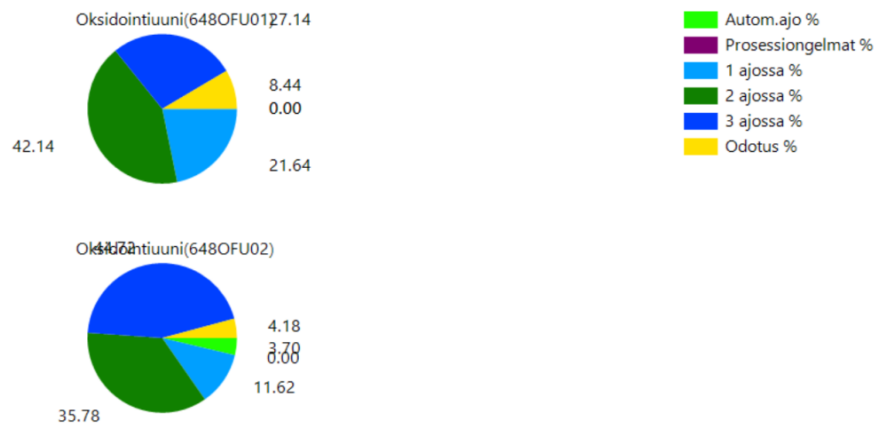
Työssä verrattiin vuoden 2017 elo- ja syyskuun raportteja. Syyskuussa tehtiin sen aikainen saantoennätys koko SOI-puolella. Koska bondaus- ja oksidointi on osa SOI-puolta, tarkastellaan näkykö Arrow-seurannasta jotain eroavaisuuksia laitteiden raporteista. Aluksi verrataan oksidointiunien raportteja (Kuvat 6 ja 7).

8/1/2017 6:30:00 AM - 8/31/2017 6:29:59 AM Koneittain Valittu aikaväli Oksidointiuni(648OFU01),Oksidointiuni(648OFU02)



Kuva 6. Oksidointiunien elokuun 2017 seuranta

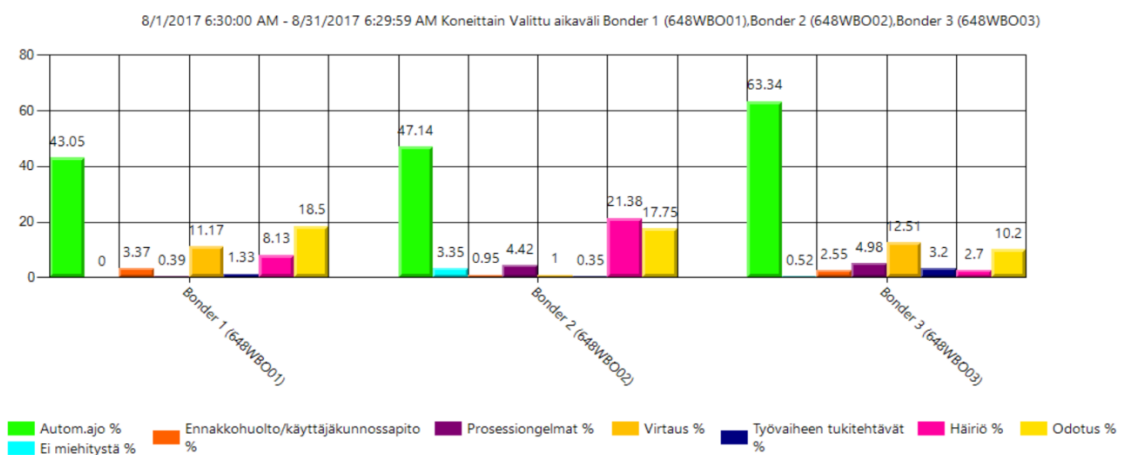
9/1/2017 6:30:00 AM - 9/30/2017 6:29:59 AM Koneittain Valittu aikaväli Oksidointiuni(648OFU01),Oksidointiuni(648OFU02)



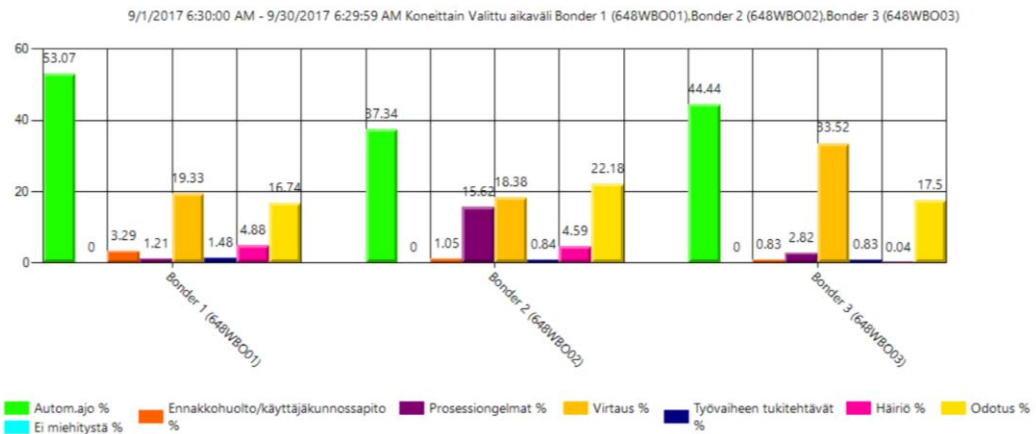
Kuva 7. Oksidointiunien syyskuun 2017 seuranta

Kuvissa 6 ja 7 näkyy raportista saadut kaaviot oksidointiunille. Kaavioista huomaa, että syyskuun aikana uunit ovat olleet hieman tehokkaammassa käytössä, mutta ei huomattavasti. Suurimmat erot johtuivat ilmeisesti työpisteen sen aikaisista huoltotöistä ja remonteista. Oksidointiunien käyttöaste johtuu hyvin paljon siitä, että kokoajan löytyy eriä, joita pystyy edistämään. Mikäli eriä ei ole, seisovat putket tyhjiällä ja käytettävyyssaste laskee. Tämä vaatii sujuvan erien edistämisen kaikilta työpisteiltä ja suunnittelijoilta tehokkaan suunnitelman.

Seuraavaksi tarkastellaan bonderien seurannat elo- ja syyskuussa (Kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Bonderien elokuun seuranta



Kuva 9. Bonderien syyskuun seuranta

Kuvista 8 ja 9 nähdään bonderien tilat elo- ja syyskuulle. Kuten aikaisemmin mainittu, virhemarginaali bonderien kohdalla on suurempi. Esimerkiksi virtaus ja odotus voivat monesti johtua samasta syystä. Mikäli prosessoija painaa näppäinpaneelistä, että bonderille ei ole tällä hetkellä eriä edistettävänä, piirtää Arrow-seuranta virtausjanaa. Mikäli prosessoija ei paina mitään, Arrow-seuranta piirtää odotusjanaa.

Suuria käytettävyyseroja ei kuitenkaan kaavioista näe. Bonderien käytettävyyden vaihtelevat hieman riippuen mitä tuotetta on ollut linjalla. Eri bonderit soveltuvat paremmin tietyille tuotteille. Elokuun aikana bonderi 3 on ollut enemmän käytössä, kuin taas syyskuussa bonderi 1 on ollut enemmän käytössä. Elokuun aikana bonderi 2 oli kuitenkin useita ongelmia saman tuotteen kanssa. Kyseisellä tuotteella tuli useasti vinoonbondauksia ja ongelmia selvittäessä todettiin lopuksi, että kyseinen tuote ei sovellu bonderille 2. Tästä syystä kyseisen tuotteen saannot laskivat. Elokuussa oli myös enemmän 4" (100mm halkaisijan) kiekkoja linjalla, minkä takia bonderi 3 oli enemmän käytössä.

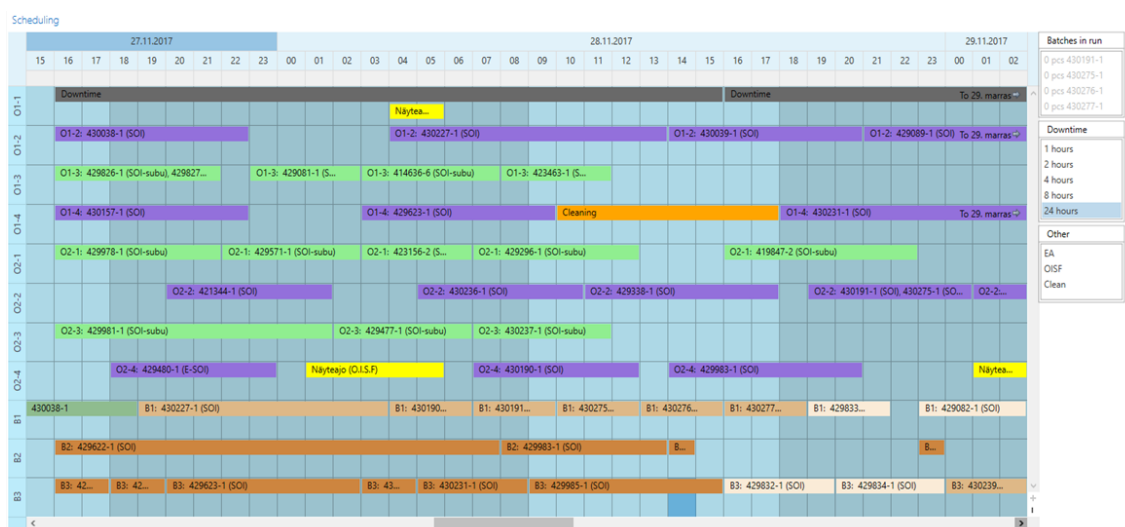
Vaikka syyskuun tulos oli SOI puolella parempi, ei elokuun tulos ollut myöskään huono. Oksidointi- ja bondaus on kuitenkin vain yksi osa, joka vaikuttaa tuotteiden saantoon. Kuukauden saantoihin vaikuttaa myös hyvin paljon se, mitä tuotetta on linjalla. Suuri osa oksidointiuunien ja bonderien käyttöasteesta johtuu miten tehokkaasti saadaan eriä linjalle ja subuja bondereille. Tähän tarvitaan hyvä erien ajoitus suunnittelupuolelta, sekä myös hyvä suunnitelma erien edistämässä prosessipuolelta. Yhtenäistä suunnitelmaa pyritään tulevalle suunnittelutyökalulla toteuttamaan.

## 7 Ajoitusseurantatyökalu

### 7.1 Ajoitusseurannan speksit

Oksidointi- ja bondausalueelle oli tämän työn aikana suunnitteilla suunnittelutyökalusovellus. Ennen sovelluksen käyttöönottoa tämän työn lopputuloksena oli luoda työkalu tukemaan oksidointi- ja bondausalueen työvuoron suunnittelua ja samalla tutustuttaa prosessoijat valmiiseen suunnitelmaan. Tällä hetkellä prosessoijat siis itse suunnittelevat vuoron aikana edistettävät erät. Työkalun speksit käytiin yhdessä läpi yritysjohtajan kanssa. Alussa oli tarkoitus tehdä Excel-taulukko uimaratatyylin mukaisesti oksidointi- ja bondausalueen työpisteelle.

Excel-taulukon tarkoituksena oli toimia tukena aina tulevalle vuorolle kyseisen vuoron töitten suunnittelussa. Ideana oli, että aikaisempi vuoro olisi valmiiksi oman vuoronsa aikana katsonut eriä, joita kannattaisi edistää eri uunien putkille ja bondereille. Taulukko toimisi suuntaa ohjaavana suunnitelmana aina seuraavalle vuorolle. Excel-taulukkoa tehdessä speksit kuitenkin muuttuivat. Suunnittelusovelluksen työryhmä oli päässyt sen verran pitkälle suunnittelutyökalusovelluksessa, että sen toimivuutta haluttiin testata. Sovelluksen käyttöönottoa oli tarkoitus testata niin, että suunnitelma tehtäisiin kaikille oksidointiuunien putkille ja bondereille noin viikoksi. Suunnittelijat tekisivät sovelluksella suunnitelman ja ottaisivat siitä kuvankaappauksen (kuva 10) ja samalla Excel-listan kaikista edistettävistä eristä.



Kuva 10. Esimerkki suunnittelusovelluksen suunnitelmasta

Kuvassa 10 näkyy kuvankaappaus tulevasta sovelluksesta. Kuvasta näkee mihin aikaan ja mitä eriä edistetään eri putkiin ja bondereille. Suunnitelmaan on myös lisätty näyte- ja puhdistusajoja putkille. Prosessoijat edistäisivät sitten eriä tämän suunnitelman mukaisesti niin hyvin kuin mahdollista.

Tämän työn Excel-taulukon ulkomuoto pysyi samana uimaratamallina, mutta tehtävä oli eri. Excel-taulukosta tuli ajoitusseuranta suunnittelijoitten laatimalle suunnitelmalle. Suunnittelijat laatisi noin viikon mittaisen suunnitelman edistettävistä eristä ja ajoitusseurannan tarkoituksena tuli toimia tarkastuksena ja palautteena suunnitelman toimivuudesta. Prosessoijat täyttävät vuoron aikana edistämäänsä eriä taulukkoon, noudattaen mahdollisimman pitkälle suunnittelijoiden laatimaa suunnitelmaa. Jos suunnitelman mukaisia eriä ei pystytä edistämään, kirjataan taulukkoon miksi ja myös muista ongelmista jota suunnitelmassa ilmenee. Näin ollen suunnittelusovelluksen toimivuutta päästään testaamaan, kuinka todenmukainen suunnitelma on ja mitä muutoksia työryhmän pitää vielä ottaa huomioon.

## 7.2 Ajoitusseurannan teko

Ajoituseurantaa tehtiin alussa ensimmäisen speksien ohjeistuksella. Taulukon ulkomuoto piti olla mahdollisimman yksinkertainen ja helppo käyttää kaikille prosessoijille. Taulukon vasempaan reunaan lisättiin päivämäärä, vuoro, ryhmä, oksidointiunien putket, bonderit ja Muuta-osio, johon oli tarkoitus kirjata muita huomautuksia. Kahden napin avulla, prosessoijat pystyivät lisäämään sarakkeen taulukkoon ja lisäämään suunnitelman seuraavalle vuorolle. Sarakkeeseen tuli päivämäärä automaattisesti, sekä alavetovalikot vuoron (aamu, ilta tai yö) ja ryhmän (A–E) valitsemiseksi (kuva 11).

|    | A             | B          | C | D | E | F |
|----|---------------|------------|---|---|---|---|
| 1  |               |            |   |   |   |   |
| 2  |               |            |   |   |   |   |
| 3  | Lisää sarake  |            |   |   |   |   |
| 4  |               |            |   |   |   |   |
| 5  |               |            |   |   |   |   |
| 6  | Poista sarake |            |   |   |   |   |
| 7  |               |            |   |   |   |   |
| 8  |               |            |   |   |   |   |
| 9  |               |            |   |   |   |   |
| 10 |               |            |   |   |   |   |
| 11 | Päivämäärä    | 11.10.2017 |   |   |   |   |
| 12 | Vuoro         | Aamu       |   |   |   |   |
| 13 | Ryhmä         | C          |   |   |   |   |
| 14 | OKM1-1        |            |   |   |   |   |
| 15 | OKM1-2        |            |   |   |   |   |
| 16 | OKM1-3        |            |   |   |   |   |
| 17 | OKM1-4        |            |   |   |   |   |
| 18 | OKM2-2        |            |   |   |   |   |
| 19 | OKM2-3        |            |   |   |   |   |
| 20 | OKM2-4        |            |   |   |   |   |
| 21 | Bonderi 1     |            |   |   |   |   |
| 22 | Bonderi 2     |            |   |   |   |   |
| 23 | Bonderi 3     |            |   |   |   |   |
| 24 |               |            |   |   |   |   |
| 25 |               |            |   |   |   |   |
| 26 | Muuta         |            |   |   |   |   |
| 27 |               |            |   |   |   |   |
| 28 |               |            |   |   |   |   |

Kuva 11. Ensimmäinen versio ajoituseurannasta

Kuvassa 11 näkyy ensimmäinen versio taulukosta. Tämän jälkeen taulukko käytiin läpi kehitysideoista ohjaajan ja samassa vuorossa työskennelleen prosessoijan kanssa. Aluksi solujen kokoa oli hyvä kasvattaa, sillä vuoron aikana oli mahdollista käyttää monta erää samalla laitteella. Prosessoijalta tuli myös ehdotus lisätä sarakkeen viereen kohta, joka näyttäisi erän seuraavan työvaiheen. Lisäksi nappien makroissa oli virheitä ja korjattavaa. Kehitys jatkui tästä seuraavaan versioon (kuva 13).

|    | A             | B           | C | D         | E     |
|----|---------------|-------------|---|-----------|-------|
| 4  |               |             |   |           |       |
| 5  |               |             |   |           |       |
| 6  | Lisää sarake  | Päivämäärä  | - | 10.4.2018 | -     |
| 7  |               | Vuoro       | - | Aamu      | -     |
| 8  |               | Ryhmä       | - | A         | -     |
| 9  | Poista sarake | OKM1-1      | - |           | →BOND |
| 10 |               | OKM1-2      | - |           | →PH   |
| 11 |               | OKM1-3      | - |           | →SAM  |
| 12 |               | OKM1-4      | - |           | →     |
| 13 |               | OKM2-1      | - |           | →     |
| 14 |               | OKM2-2      | - |           | →     |
| 15 |               | OKM2-3      | - |           | →     |
| 16 |               | OKM2-4      | - |           | →     |
| 17 |               | Bonderi1    | - |           |       |
| 18 |               | Bonderi2    | - |           |       |
| 19 |               | Bonderi3    | - |           |       |
| 20 |               | Lisätietoja | - |           |       |

Kuva 12. Toinen versio ajoitusseurannasta

Kuvassa 13 näkyy toinen versio, missä soluja on kasvatettu ja prosessoijan näkökulma otettu huomioon. Lisäksi napit on eroteltu värikoodilla. Tämän jälkeen speksit hieman muuttuivat. Tämä ei vaikuttanut taulukon ulkomuotoon, mutta koska taulukon tarkoitus oli eri, ei taulukkoon tarvittu alavetovalikkoa erien seuraavalle työvaiheelle. Prosessoijat täyttävät taulukon, mutta sen tiedot on pääsääntöisesti tarkoitettu suunnittelijoille. Tämän takia seuraavan työvaiheen tieto ei ollut tarpeellinen. Tästä päästiin taulukon viimeiseen versioon (kuva 14). Viimeinen versio esitettiin ohjaajalle. Tämän jälkeen taulukko täytettiin testimielessä ja esitettiin suunnittelusovelluksen työryhmälle.



|                | Päivämäärä | 10.1.2018  | 11.1.2018                              | 11.1.2018  | 11.1.2018          |
|----------------|------------|--|--|--|--------------------|
| Lisää sarakke  | Vuoro      | Yo   | Aamu                                   | Ilta   | Yo                 |
| Poista sarakke | Ryhmä      | C  | E                                      | D  | C                  |
|                | OKM1-1     | X  | X                                      | X  | X                  |
|                | OKM1-2     | 430227-1   | 430039-1                               | 429089-1   | 429832-1           |
|                | OKM1-3     | 429081-1   | 414636-6                               | 423463-1   | 429843-1           |
|                | OKM1-4     | 430231-1   | 430148-1                               | 426162-1   |                    |
|                | OKM2-1     | 423156-2   | 429296-1                               | 419847-2   | 429796-1           |
|                | OKM2-2     | 429338-1   | 430191-1, 430275-1, 430276-1, 430277-1 | 429663-1   | 429803-1           |
|                | OKM2-3     | 429477-1   | 430237-1                               |  |                    |
|                | OKM2-4     | 429983-1   | 429823-1                               | 429985-1   | 429846-1           |
|                | Bonderi1   |  | 430190-1, 430191-1, 430275-1           | 430276-1, 430277-1, (Tuumakoon vaihto), 429833-1 | 429082-1           |
|                | Bonderi2   | 429622-1, 429983-1   | 429983-1                               | 429455-1   | 426162-1           |
|                | Bonderi3   | 430236-1, 430231-1   | 429985-1                               | TK vaihto, 429832-1, 429834-1                    | TK vaihto 430239-1 |
|                | Muutokset  | Bonderi3: Vиноnbondauksia.<br>Bonderi1: 6" erät siirtyy kuivumisajan takia seuraavalle vuorolle. |  |  |                    |

Kuva 13. Esimerkki täyttö lopullisesta ajoitusseurannasta

Kuvassa 14 näkyy esimerkki valmiin taulukon täytöstä. Taulukon hyväksytyä odotettiin, että suunnittelu sai valmiin suunnitelman tehtyä ja suunnitelmaa päästiin testaamaan tuotantoon.

### 7.3 Testausvaihe

Suunnitelman testausvaihe otettiin tuotantoon käyttöön noin viikoksi. Työpisteelle oli laadittu ohjeistukset suunnitelman käytöstä ja taulukon täyttämisestä. Ensimmäisten päivien aikana huomattiin, että suunnitelmasta poikettiin aika paljon, sillä kaikkia asioita ei ollut otettu suunnitelmassa huomioon. Tämän takia kuvankaappaus suunnitelmatyökalun uimaratamallilla ja kellonajoilla oli häiritsevää ja se päätettiin poistaa. Sen sijaan suunnitelmaa pyrittiin toteuttamaan pelkästään Excel-listalla. Listassa oli laadittu järjestykseen edistettävät erät, jokaiselle oksidointiputkelle ja bonderille. Tätä listaa pyrittiin seuraamaan järjestyksessä niin pitkälle kuin mahdollista täyttäen samalla ajoitusseurannan Excel-taulukkoa. Viikon testailun jälkeen työssä oli vuorossa taulukosta kertyneen palautteen kasaaminen suunnittelusovelluksesta ja esittää se ohjaajalle.

#### 7.4 Suunnittelutyökalun palaute ja kehitystarpeet

Viikon kokeilun jälkeen palautetta tuli paljon asioita mitä seuraavan ajoitusseurannan kokeilun aikana pitää ottaa huomioon. Aloitetaan ensin oksidointiuunien putkilla. Aluksi OKM1-2 on 6 tuuman (150 mm) kiekkoille käytettävä putki. Suunnitelmassa oli ajoitettu näyteajoja kyseiselle putkelle. Tiedetyt näyteajat ovat kuitenkin 8 tuuman (200 mm) kiekkoja, jotka eivät siis mahdu kyseiselle putkelle. Tätä ei ollut otettu huomioon. Lisäksi ei ollut otettu huomioon, että putken kelkassa on leveät päätylaivat, jotka aiheuttavat sen, että kyseisen putken kapasiteetti ei riitä täydelle ajolle kiekkoja. Putkelle oli kuitenkin ajoitettu täysiä ajoja ja tästä syystä prosessoijien piti muuttaa suunnitelmaa.

Seuraava rajoite oli putkessa OKM1-3, jossa pari kuukautta aikaisemmin oli prosessi-insinöörin ohjeistuksesta kielletty tietyt tyyppiset reseptit. Tätä ei ollut myöskään otettu huomioon suunnitelmassa. Lisäksi putkessa oli tilapäisesti ylimääräinen laiva, epäta-saisen oksidikasvun vuoksi. Tästä oli myös syytä epäillä, mikäli kelkkojen painoraja oli otettu huomioon. Jokaisella putkella on kiekkomäärärajat. Erityisesti paksuilla ja valmiiksi bondatuilla 8 tuuman kiekkoilla tämä raja voi ylittyä nopeasti ottaen huomioon myös dummylaivan ja sen kiekot.

Suunnittelutyökalun kokeilun aikana ilmeni myös ongelma, jossa eriä oli suunniteltu putkille joissa erän kyseistä oksidointireseptiä ei ollut. Jokaiselle putkelle pystyy vain asettamaan tietyn määrän reseptejä ja tämän takia vaikka yleisimmät reseptit löytyvät jokaisesta putkessa, niin kaikkia harvemmin käytettyjä reseptejä ei jokaisesta putkesta löydy. Seuraavan kokeilun aikana olisi tämän takia hyvä, jos prosessi-insinöörin kanssa otetaan selvää mitä reseptejä missäkin putkessa on, ennen ajoitustyökalun käyttöönottoa. Samalla jos tilapäisiä rajoitteita tulee putkikohtaisesti, voidaan ne ilmoittaa suoraan suunnittelulle.

Monen oksidointi- ja lämpökäsittelyajon jälkeen oksidointiputket vaativat puhdistusajoja. Ajoitusseurannan käyttöönottaessa ei ollut otettu huomioon jokaisen putken ajomäärät ja näin ollen puhdistusajoja ei suunnitelmaan ollut merkitty. Puhdistusajot ovat tärkeitä ja vähentävät kontaminaatioriskiä putkissa.

Suunnitelmaa toteuttaessa huomattiin myös, että putkikapasiteetin käyttö ei ollut optimaalinen kaikissa tapauksissa. Erään asiakkaan kiekot edistetään usein 25 kappaleen erissä. Näitä eriä liikkuu usein linjalla 5-7 ryhmissä läpi tuotantolinjan. Kun näitä eriä

valmistuu bondauksesta, on hyödyllistä odottaa monien erien bondautumista valmiiksi, ennen kuin eriä laitetaan uuniin lämpökäsittelyä varten. Näin putkien kapasiteettia käytetään maksimaalisesti ja voidaan edistää tehokkaammin myös muita eriä. Laadittu suunnitelma halusi kuitenkin edistää nämä lämpökäsittelyt jo heti ensimmäisen 25 kappaleen erän valmistuttua bondauksesta. Tämä ei ole lean-filosofian mukaista eikä myöskään tehokasta putkien käyttöä.

Bondauksen suunnittelussa ilmeni myös kehityskohteita. Testauksen aikana yhden bondattavan erän molemmat ylä- ja alakiekot oli tarkoitus oksidoida ennen bondausta. Oksidointireseptit olivat näillä erillä 51 h ja 9 h pituiset. Suunnitelmatyökalu halusi laittaa molemmat vastaparit samoihin aikoihin uuneihin. Koska reseptien ero on 42h, tulisi toisen vastapareista odottaa hyvin pitkän aikaa ennen bondausta. Bondauksen työohjeessa on myös ohjeistettu, että SOI-subu-kiekot eivät saa odottaa tiettyä aikaa pidempään bondausta ilman erillistä lupaa prosessi-insinööritä. Kehityksenä suunnittelutyökalulle olisi tämän takia ajoittaa bondattavan erän ylä- ja alakiekon lopetusajan samaksi aloitusajan sijaan. Tämä antaisi enemmän pelivaraa bondauksessa, mikäli joku bonderi vaatii huoltoa tai bondattavia eriä on paljon. Näin ollen välttäisi 72 tunnin odotusaikojen ylityksiltä SOI-subu-kiekoilla.

## 7.5 Suunnittelutyökalun lopputulos ja päätelmät

Suunnittelutyökalun testauksessa huomattiin monia kehitystarpeita ja rakentavaa kritiikkiä tuli prosessoijilta runsaasti. Tulevissa kokeiluissa on otettava tarkemmin selvää työpisteen kokonaistilasta ja rajoituksista mitä putkissa ja bondereilla on. Vaikka ihanteellisessa tilanteessa jokaiseen putkeen mahtuisi täysi määrä kiekkoja ja putkista löytyisi kaikki reseptit niin se ei ole realistista toteutuksen kannalta. Koska tilapäisiä ohjeita ja rajoituksia tulee prosessi-insinöörien ohjeistuksesta jatkuvasti, on hyvä, että kommunikaatio suunnittelijoiden ja insinöörien kanssa toimisi. Tämä tietenkin myös silloin jos joitain rajoituksia ja ohjeistuksia poistuu käytöstä, niin laitteita saadaan käytettyä maksimaalisella käyttöasteella. Putkien reseptien selvittely tuntui muutenkin aika tärkeältä asialta. Tätä kummasteltiin prosessoijien puolella, että miten tätä ei oltu otettu tarkemmin selville.

Bondattavien erien kiekot pitää myös ajoittaa samoihin aikoihin bondaukseen. Oksidointiaikojen lopetusajat pitää tähdätä samoihin aikoihin aloitusaikojen sijaan. Tämä

antaa enemmän aikaa erien prosessoinnille ja näin ollen vähentää HOLD-erien muodostumista ja ylimääräisten sähköpostien lähettelyä.

Vastaavanlainen suunnittelutyökalu on jo Okmeticilla käytössä sahauskassa, mutta on toteutuksen kannalta paljon helpompi ja yksinkertaisempi. Oksidointi- ja bondausalueen työpisteellä on kuitenkin monta muuttujaa, jotka on otettava sovelluksen teossa huomioon. Työpisteen toiminta on myös hyvin paljon kytkettynä piikiekon aikaisempiin ja seuraaviin työpisteisiin. Esimerkiksi lämpökäsittelyn jälkeisessä SAM-mittauksessa (Scanning acoustic microscope) tarkistetaan piikiekat tarkemmilla laitteilla, mikäli kiekkoissa esiintyy voideja, naarmuja tai muita virheellisiä ominaisuuksia. Liiallisten viallisten kiekkojen määrä voi estää kyseisen tuotteen bondauksen linjalla, mikäli samaa tuotetta on monta erää. Myös edelliset työvaiheet vaikuttavat oksidointi- ja bondausalueen toimintaan huomattavasti. Esimerkiksi varastohaut, jotka tehdään varastoautomaatin kautta, eivät aina välttämättä sisällä kaikkia haluttuja eriä juuri halutulla hetkellä ja eriä joutuu välillä odottamaan tai edistämään toisia eriä. Mikäli kuitenkin halutaan päästä täsmälliseen suunnitelmaan ilman joustoa se tarkoittaa, että jokaisen suunnittelun erän pitää saapua edellisistä vaiheista oikeaan aikaan. Tämä ei aina ole realistista, joten sovelluksen pitäisi pystyä sopeutumaan nopeasti muutoksiin.

Työarjessa laitteita menee välillä rikki tai ne menevät virhetilaan, jolloin kunnossapidon henkilökunta joutuu selvittämään virheet. Näitä tilanteita tapahtuu pienempiä tai suurempia viikoittain. Suunnittelutyökalun kokeilun aikana prosessoijat voivat itse ohjata, miten eriä edistetään, pyrkien kuitenkin noudattamaan suunnitelmaa, jolloin ei ole ongelma. Valmiin sovelluksen käyttöönotossa on kuitenkin otettava huomioon, miten sovellus pystyy reagoimaan tällaisiin ongelmatilanteisiin. Pystyykö sovellus esimerkiksi muokkaamaan suunnitelmaa reaaliajassa, jos prosessoija laittaa jonkun bonderin tai putken käyttökieltoon vai päivitetäänkö suunnitelmaa aina päivittäin? Jos näin on, niin saavatko prosessoijat näissä tilanteissa käyttää omaa päätöksen tekoa ja edistää eriä eri tavalla kuin suunnitelmassa?

Toimivana sovelluksena suunnittelutyökalun idea on käytännössä hyvä. Sovellus vähentäisi työkierron aikana käytettyä suunnittelu-aikaa ja nopeuttaisi prosessoijia pääsemään perille työpisteen tilanteesta vuorovaihtojen jälkeen. Sovelluksen avulla voitaisiin varmistaa haluttujen erien edistys suunnittelun tekemässä järjestyksessä ja näin vähentää kiireellisten erien läpimenoaikoja. Tämä vähentäisi myös sähköpostien määrää, kun kiireellisistä eristä ei tarvitse erikseen ilmoittaa, vaan sovellus hoitaisi kyseiset

erät suunnitelman järjestyksessä ensimmäiseksi. Kuten aikaisemmin on kuitenkin todettu, on oksidointi- ja bondaustyöpisteessä monta muuttujaa, jotka pitää ottaa huomioon ja vaikuttaa tällaiseen ohjelman käyttöönoton. On realistista sanoa, että tämänkaltaisen sovelluksen käyttöönotto vaatii vielä paljon enemmän kokeiluja ja hienosäätöjä. Tärkeitä seuraavissa kokeiluissa on kuitenkin ottaa huomioon tämän ensimmäisen kokeilun tulokset.

Oleellinen asia ottaa huomioon uuden sovelluksen käyttöönotossa on myös prosessoijat, jotka kyseistä sovellusta tulevat käyttämään. On selvää, että kaikki eivät opi sisäistämään uutta informaatiota samaan tahtiin kuin toiset. Tämä oli myös huomattavissa testivaiheessa, kun sovelluksen kuvankaappaus todettiin sekavaksi ja siirryttiin pelkästään järjestys- taulukkoon. Oikeassa ajassa muuttuvan sovelluksen kanssa tämä voi tietenkin olla toisin. Muutokset ovat myös aina työntekijöiden kohdalla haastavaa, ja kaikki eivät välttämättä ole aina niistä niin mielissään. Uuden sovelluksen käyttöönotossa on pystyttävä erottamaan rakentava kritiikki kaikesta palautteesta ja ottaa se huomioon sovellusta parantaessa. Pääasiassa sovellus tulee kuitenkin olemaan prosessoijien työkaluna.

## **8 Yhteenveto**

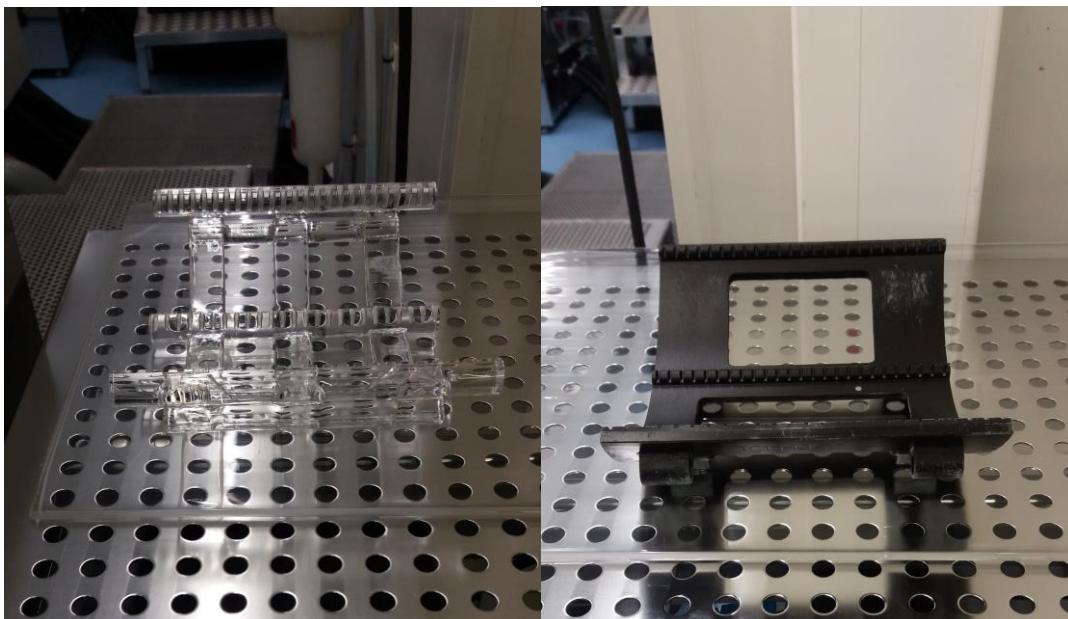
Tämän työn tarkoituksena oli parantaa Okmeticin oksidointi- ja bondausalueen työntehoa tarkastamalla tämän hetken tilannetta kyselyn ja seurantojen avulla. Lisäksi työn tavoitteena oli työkalu, joka auttaisi prosessoijia työn suunnittelussa.

Kyselyn avulla saatiin prosessoijien näkökulma tämän hetkisestä tilanteesta. Ohjeistuksien ja työtilojen uudistaminen tapahtuu parasta aikaa ja kehittyä ajan myötä. Työpöytien ja tasojen parantaminen on jo alkanut. Myös ergonomisempia vaihtoehtoja kiekkonsiirtoon on katsottu ja pyritään toteuttamaan. Tämä parantaisi prosessoijien jaksamista työpisteellä ja siten myös työtehokkuutta. Seurannat antoivat käsityksen suunnittelun tärkeydestä ja siitä miten se vaikuttaa työpisteen toimintaan.

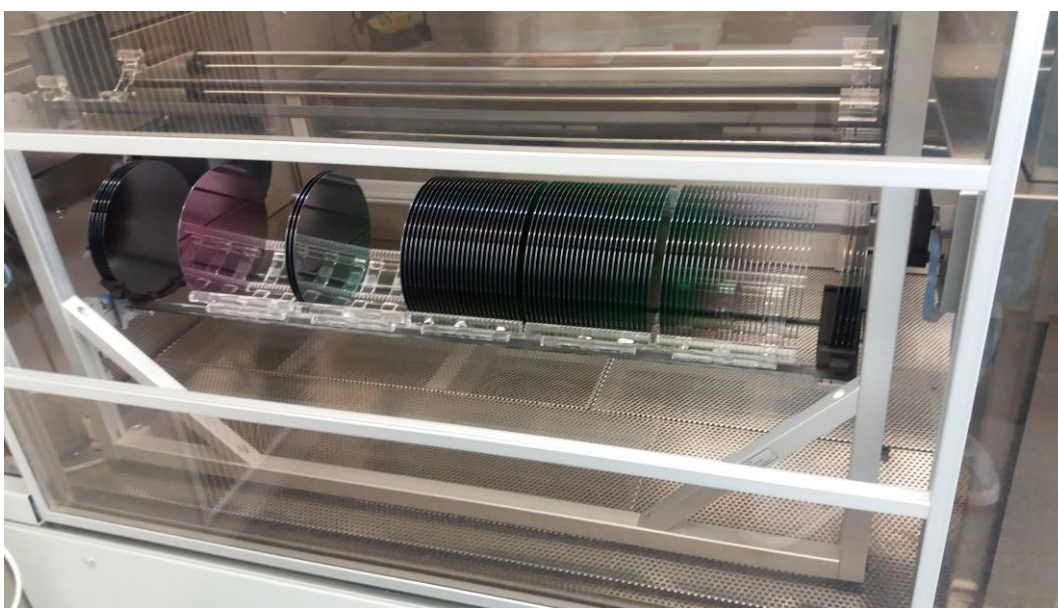
Työn edetessä lopputavoite muuttui sen verran, että työkaluksi tehtiin ajoitusseuranta tukemaan tulevan suunnittelutyökalun testivaihetta. Testivaiheen ansiosta saatiin myös runsaasti suunnittelutyökalusta palautetta, joka auttaa sovelluksen kehityksessä. Työn lopuksi kerättiin ajoitusseurannasta ja sähköposteista palaute, joka esitettiin ohjaajalle. Tämä palaute välitettiin suunnittelutyökalun työryhmälle, joka jatkaa sovelluksen työstämistä. Sovelluksen kehitys ja tulokset nähdään tulevaisuudessa.

## Lähteet

- 1 Okmetic. 2018. Verkkodokumentti. <https://www.okmetic.com/fi/> Luettu 20.2.2018
- 2 Piikiekkko. 2018. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Piikiekkko> Luettu 20.2.2018
- 3 Puhdastila. 2018. Verkkodokumentti. Cleanroomtech. <http://crttoy.com/cleanroom/puhdastilat/> Luettu 22.2.2018
- 4 Puhdastila. 2018. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Puhdastila> Luettu 22.2.2018
- 5 Thermal oxidation. 2018. Verkkodokumentti. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_oxidation](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_oxidation) Luettu 22.2.2018
- 6 Lean. 2018. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lean> Luettu 5.3.2018

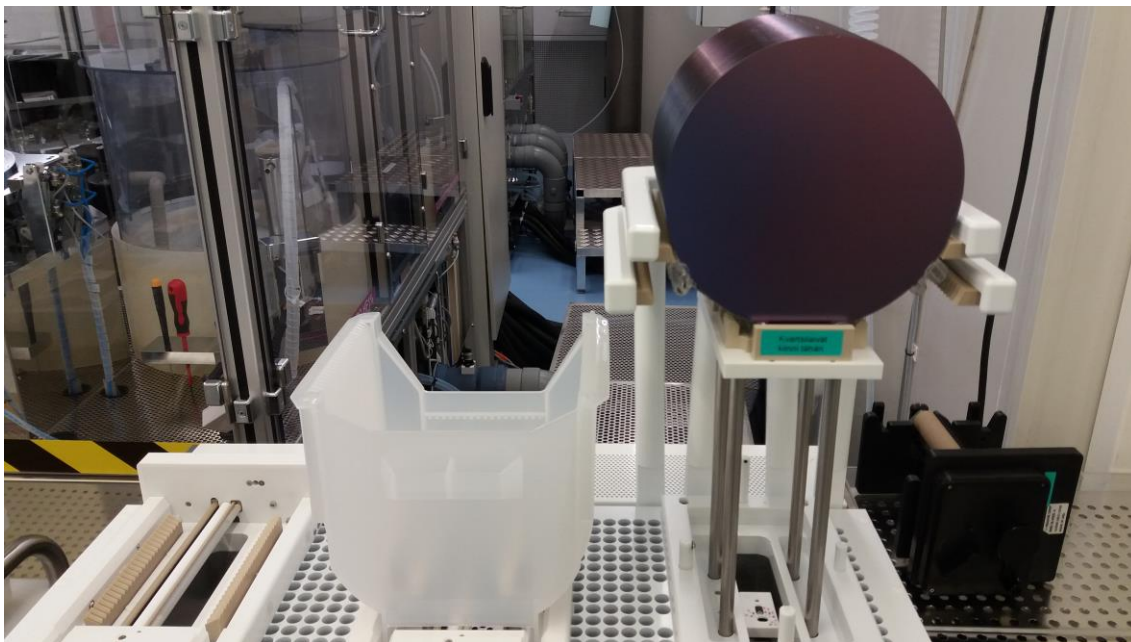


Kvartsilaiva ja piikarbiidilaiva



Piikiekkoja on ladattu kvartsilainoissa kelkkaan.





Siirtolaite siirtää piikieikkoja laivasta kasettiin.