

Daniel Sand

Prosensor HD -tuotannon kehittäminen *one-piece flow* -muotoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

14.9.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Daniel Sand Prosensior HD -tuotannon kehittäminen <i>one-piece flow</i> -muotoon 31 sivua + 3 liitettä 14.9.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Laatujohtaja Kai Mäenpää, Planmeca Oy Lehtori Markku Saarnio, koulu
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee Lean ideologian mukaista tuotannonkehitysprosessia. Työ tehtiin Helsingin Herttoniemessä sijaitsevalle Planmeca Oy:lle, joka on yksi maailman suurimpia hammaslääketeknologian valmistajia.</p> <p>Kehitys kohdistui intraoraalikuvantamislaitteen tuotantoon, jota haluttiin kehittää yksiosaiseksi virtaukseksi, <i>one-piece flow</i>:ksi. Parannusta toteutettiin <i>Leanin</i> mukaisten työkalujen avulla. Kehitysprosessi kesti lähes vuoden jonka aikana ehdittiin kokeilla kahdenlaista virtautettua mallia. Pääasiassa projekti kohdistui eri roolituksien luomiseen, epäkuranttien käsittelyyn, layout-muutokseen, materiaalien hallintaan, visuaalisen ohjauksen lisäämiseen sekä päivittäisjohtamisen parantamiseen.</p> <p>Virtautettu malli luotiin sekä otettiin käyttöön. Uuden tuotantomallin myötä alkoi ongelmakohtia tuotannosta paljastua, miestyötunnit yhtä valmistunutta sensoria kohden vähenivät, keskeneräisen tuotannon määrä väheni, kaikki työvaiheet saatiin liitettyä kiinteästi jokapäiväiseen valmistukseen, prosessi dokumentointiin, luotiin selkeä työnjako, materiaalin hallinta parantui, päivittäisjohtamista kehitettiin, visuaalista ohjausta lisättiin sekä työympäristöä siistittiin ja muutettiin toiminnallisesti parempaan muotoon.</p> <p>Marketin luominen, varastomäärien pienentäminen sekä seisomatyöpisteiden suunnittelu ja hankinta aloitettiin myös, mutta nämä jäivät kesken.</p>	
Avainsanat	<i>Lean, one-piece flow</i> , tuotannonkehitys

Author Title	Daniel Sand Prosensor HD process developing into one-piece flow
Number of Pages Date	31 pages + 3 appendices 14 September 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Engineering
Instructors	Kai Mäenpää, Director of Operational Quality, Planmeca Oy Markku Saarnio, Lecturer, School
<p>This bachelor thesis is about process developing, implementing the Lean way. Work was made to Planmeca Oy which locates in Herttoniemi, Helsinki. Planmeca is one of the largest dental technology manufacturers in a world.</p> <p>The process development was implemented on an intraoral sensor production line. The goal was transform production line into a one-piece flow or a so called a continuous flow production line. Project was carried out with Lean tools. The process lasted almost a year during which two different continuous flow ideas which were tested during developing process. The main aims were to define clear working roles, how to deal with invalid products, a design layout that serves its purpose better, how to improve materials control, adding more visual controls and improving shop-floor-management.</p> <p>By the end, one-piece flow was created and implemented. The new manufacturing way started to reveal the pressure points of the process, working hours per one valid product decreased, all work-stages were integrated into the every-day-manufacturing process, the process was properly documented, clear division of work for all workers was made, handling of material and shop-floor-management were improved, visual controls were added and the layout was changed into a more suitable form.</p> <p>Creating market, reducing stocks as well, designing and implementing standing work-desks were also started but unfinished.</p>	
Keywords	Lean, one-piece flow, process developing

Alkusanat

Koin Planmecalla että sain tehdä projektia erittäin mielenkiintoisessa, hyvin avaramielisessä sekä uusia haasteita ja ideoita pelkäämättömässä työympäristössä. Hyvistä neuvoista haluan kiittää ohjaajani laatujohtaja Kai Mäenpäättä, mentoriani/”lähempää” ohjaajaa menetelmäsuunnittelija Jukka-Pekka Jokiahoa, DIGI-osaston työn johtajaa Jukka Koslosta sekä opettajaani/ohjaajaani lehtori Markku Saarniota.

Projekti ei myöskään olisi onnistunut ilman tuotannon työntekijöitä, jotka osallistuivat hyvin vuorovaikuttavalla asenteella kehitysprojektiin.

Kiitän myös avopuolisoani, joka mahdollisti opinnäytetyön kirjoittamiselle aikaa, hoitaessaan yhteistä tytärtämme.

Helsinki 14.9.2016

Daniel Sand

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Planmeca Oy	1
1.2	Intraoraali kuvantaminen	1
1.3	Työn tausta ja tavoitteet	2
2	LEAN/TPS teoria	2
2.1	8 hukkaa	2
2.2	One-piece-flow eli yksiosainen virtaus	3
2.3	Layout	5
2.4	Visuaalinen ohjaus	5
2.5	Päivittäisjohtaminen	7
2.6	Kaizen	7
2.7	Standardointi	7
3	Lähtötilanne	8
3.1	Roolitus ja työvaiheet	8
3.2	Visuaalinen ohjaus	8
3.3	Päivittäisjohtaminen	9
3.4	Materiaalin hallinta	9
3.5	Layout	9
4	Ensimmäinen roolitussuunnitelma	11
4.1	Roolitus ja työvaiheiden jako -suunnittelu	11
4.2	Visuaalinen ohjaus -suunnittelu	13
4.2.1	Moduulitestaaaja+pakkaajan signaalit -suunnittelu	14
4.2.2	Kokoonpanijan ja testaajan signaalit -suunnittelu	15
4.3	Layout-suunnittelu	16
4.4	Päivittäisjohtaminen-suunnittelu	18
4.5	Materiaalin hallinta	18
4.5.1	Materiaalin näkyvyys systeemille -suunnittelu	18
4.5.2	Epäkuranttien käsittely -suunnittelu	19
4.5.3	Materiaalien tilausmäärät	19
4.6	Käytännön kokeilu ja arviointi	19

4.7	Tuotanto layout-muutosten ja työtapojen standardisoinnin jälkeen	20
5	Toinen roolitussuunnitelma	21
5.1	Tilanteen tutkiminen tasapainokaavion avulla	21
5.2	Muutokset roolituksessa	23
5.2.1	Toisen roolitussuunnitelman etuja	24
5.2.2	Muutokset visuaaliseen ohjaukseen	25
5.2.3	Market	25
5.2.4	Muutokset layoutissa	26
5.3	Käytännön kokeilu ja arviointi	27
5.3.1	Huonot puolet kokeilusta	27
5.3.2	Hyvät puolet kokeilusta	27
6	Loppuyhteenveto	28
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Vanhan työskentelytavan työvaiheet	
	Liite 2. Muutokset kokoonpanijoiden signaaleihin	
	Liite 3. Muutokset moduulitestajaajan signaaleihin	

Lyhenteet

ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä.
FIFO	First-in-First-out. Ensimmäisenä johonkin sisään laitettu otetaan ensimmäisenä pois/ käyttöön.
Imuohjaus	Seuraava työvaihe ”imee” edellisestä työvaiheesta prosessissa olevan työn, kun se sitä tarvitsee. Näin pyritään välttämään työvaiheiden välisten välivarastojen muodostumista.
Intraoraali	Suun sisällä/ suun kautta.
Kaizen	Ideologia jatkuvasta parantamisesta. Kaizen on japania ja tarkoittaa suomennettuna ”muutosta parempaan”.
Kanban	Lean- ja TPS-yrityksissä käytössä olevat visuaaliset ohjaimet eli viestimekanismit työn aloittamiselle. Tällaisena voivat toimia esimerkiksi työkortit, täydennyksen tarpeessa olevat laatikot ja muut vastaavat.
LAM-aika	Työntutkijan määrittämä standardiaika työnteolle ja vaiheille.
Layout	Kuinka työskentelyalueella on järjestelty työpisteet, hyllyt ja muut vastaavat jotka vaikuttavat liikkumiseen kyseisessä ympäristössä.
LEAN	Toimintamalli tuotannon- ja materiaalinohjauksesta. LEAN-malli pohjautuu Toyota Production system -filosofiaan.
Market	Tuotannosta erillinen alue, jonne on keskitetty kaikki tuotannossa tarvittava materiaali.
Miestyötunti	Yhden työntekijän suorittamaa työaikaa.
TPS	Toyota production system.

1 Johdanto

1.1 Planmeca Oy

Opinnäytetyö tehtiin Planmeca Oy:lle. Sen on perustanut Heikki Kyöstillä vuonna 1971. Nykyään yrityksen toiminta on globaalia. Yhtiön ensimmäiset tuotteet ovat olleet hammaslääkärin aputuoleja ja instrumenttikaappeja. Tänä päivänä tuotteisiin kuuluu digitaalisia hammashoitokoneita, 2D- ja 3D-röntgenlaitteet, CAD- sekä CAM-tuotteita ja niitä tukevia ohjelmistoja. Planmeca Oy on Planmeca Groupin emoyhtiö. Yhtiöryhmän liikevaihto vuonna 2015 oli 743 miljoonaa euroa. Yhtiössä työskentelee kaiken kaikkiaan noin 2 700 ihmistä. (1.)

1.2 Intraoraali kuvantaminen

Perinteisesti hammaslääkärissä on otettu röntgenkuvia röntgenfilmille, jonka avulla muodostetaan parempi käsitys potilaan tilasta ja hoidon tarpeista. Kuvantamistilanteessa kertakäyttöinen röntgenfilmi on asetettu suuhun esimerkiksi hampaan taakse. Kun kohdetta ollaan sädetetty röntgensäteellä, on filmille muodostunut röntgenkuva. Tämän jälkeen on röntgenkuva teetetty valokuvien tapaan pimeässä huoneessa, ennen kuin sitä ollaan päästy tarkastelemaan. (2.)

Intraoraalisensori on kehitetty korvaamaan perinteiset kertakäyttöiset röntgenfilmit. Sen sisällä on röntgensäteisiin reagoiva filmitön säteily sensori. Sensoriin on yleensä rakennettu pieni elektroniikkapiiri joka osaa muuttaa röntgensäteilyn elektroniseksi signaaliksi. Elektroninen signaali kulkeutuu tietokoneelle, jossa siitä muodostuu kuva. Intraoraalisensoreiden etuina on ollut mahdollisuus luopua kertakäyttöisten filmien käyttämisestä, arkistointi digitaalisessa muodossa, parempi kuvanlaatu ja kuvien saanti välittömästi käyttöön kuvanoton jälkeen. Säteilyannoksia ollaan voitu pudottaa joka 90 % sillä intraoraalisensori reagoi huomattavan paljon herkemmin röntgensäteilylle kuin perinteinen röntgenfilmi. (2.)

1.3 Työn tausta ja tavoitteet

Planmecan röntgendivisioonassa valmistetaan Prosensor HD -intraoraalikuvantamisensoreita, joiden tuotannossa todettiin mahdollisuuksia parantaa prosessia. Tuotantoa haluttiin kehittää *Lean*-työkalujen avulla, *one-piece flow* -malliseksi.

Kehityskohteita joihin tartuttiin, olivat epäkuranttien käsittely, one-piece flow ja työn roolitus, työympäristön sopivuus, päivittäisjohtaminen sekä visuaalinen ohjaus. Tämä opinnäytetyö tarkastelee tuotannon kehitystä *Lean*-ideologian mukaisesti sekä sen tuloksia.

2 LEAN/TPS -teoria

Lean on länsimaihin omaksuttu tuotantofilosofia joka perustuu pääpiirteittäin Toyota production systemiin eli TPS:ään (3, s.7; 4). Filosofialla on juuret 2. maailmansodan jälkeisessä Japanissa jossa materiaalin puutteen takia lähdettiin pyrkimään kohti tuotantoa jossa eliminoitaisiin eri työkalujen ja toimintatapojen avulla mahdollisimman paljon ”hukkaa” aiheuttavia asioita (3, s.18). Vuosikymmenien aikana Toyota kehitti tästä kokonaisen yrityskulttuurin, joka ohjaa yrityksen toimintatapoja ja ajatusmaailmaa sekä on auttanut Toyotaa mittavaan menestykseen toiminnassaan (3, s.19). Työkalujen avulla tuotantoprosessista poistetaan hukkaa eli ei-arvoa tuottavia asioita niin paljon kuin vain on mahdollista, jotta sillä tavoin kyetään parantamaan asiakaskokemusta mahdollisimman paljon (3, s. 7–9; 5). Vaikkakin TPS on japanilaisten kehittämä tuotantosysteemi ja yrityskulttuuri, moni sen ideoista on silti omaksuttu Yhdysvalloista (3, s. 8, 20, 22).

2.1 8 hukkaa

Leanin/TPS:n keskeisin tavoite on ylimääräisen hukan poistaminen prosessissa ja tämän myötä prosessin tekeminen tehokkaammaksi. Nykyisessä muodossaan kyetään tunnistamaan 8 suurta hukkaa jotka vaivaavat prosesseja tuottaen toimitusaikojen pitkittymistä ja kustannusten kasvua:

- ylituotanto
- odottelu
- tarpeeton kuljettelu
- ylikäsittely
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liikkuminen
- viat
- työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen

Näistä ongelmista Toyota on aikoinaan tunnistanut ensimmäiset 7 omissa toimissaan josta ne on omaksuttu osaksi länsimaista Lean ajattelua. Myöhemmin on mukaan listaan lisätty myös kahdeksas hukan muoto, työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen.

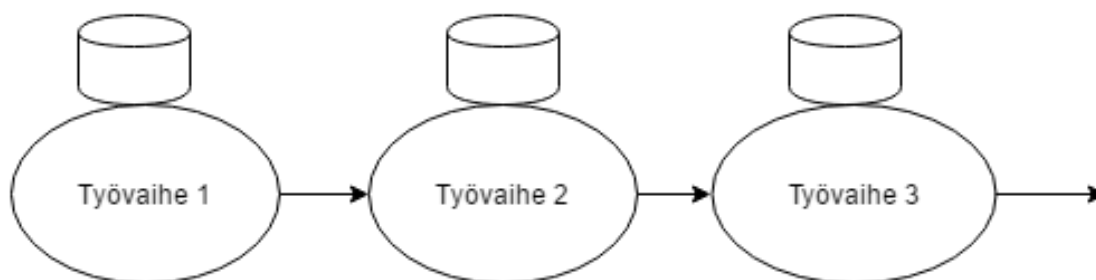
(3, s.28–29, 89; 7; 6, s.435–436).

2.2 One-piece-flow eli yksiosainen virtaus

Kuvassa 1 näkyy periaatteeltaan one-piece flow eli yksiosainen virtaus. Kyseisessä tuotantomallissa on pyritty karsimaan pois turhia välivarastoja, työvaiheiden ajalliset pituudet on tasattu mahdollisimman saman kestoisiksi ja tuotteet virtaavat vaihe kerrallaan yksitellen eteenpäin. Prosessissa oleva tuote ei voi mennä seuraavaan vaiheeseen samanaikaisesti toisen prosessissa oleva tuotteen kanssa. Prosesissa olevat tuotteet kulkeutuvat pull-periaatteella eli seuraava vaihe ”vetää” tuotteen edellisestä vaiheesta, vasta kun se sitä tarvitsee. Tällä tavoin vältetään sitä, että prosessin vaiheiden välille kertyisi turhia varastoja ja pullonkaula-kohtien muodostumista sekä varmistetaan että virtaus olisi sujuvaa. Tämän tyyppistä kulkeutumista kutsutaan myös sisäiseksi asiakkuudeksi. (3, s. 22–23; 6, s. 290; 8.)

Tuotantomalli on omalla tapaa hyvinkin haavoittuva, sillä jos jotain työvaihetta ei voida suorittaa, se pysäyttää koko muunkin linjan toiminnan. Tämä tapa tuo selkeästi ilmi prosessin ongelmat jolloin nämä täytyy myös korjata nopeasti sekä myös huolella. Ideaalitulanteessa kun one-piece flow on otettu tuotannon käyttöön, tapahtuisi

vähitellen niin että ilmi tulevat ongelmat vähitellen vähentyisivät ajan kuluessa ja näin tehostaisivat työn toimintaa. (3, s.87–88; 8.)



Kuva 1. One-piece flow. Lieriöt vaiheiden yläpuolella kuvastavat montako työtä vaiheessa on kerrallaan (1 lieriö=1 työ)

Virtausta suunnitellessa on hyvä huomioida myös se, tehdäänkö tuotetta yhdellä, kahdella vai kenties useammalla linjalla samanaikaisesti. Tekeekö sama henkilö työn alusta loppuun asti vai onko työ pilkottu osiin ja jaettu useamman henkilön tehtäväksi. Voidaan puhua laihoista pitkistä prosesseista. Näissä on vain yksi linja, valmistus on pilkottu lyhyempiin osavalmistus-vaiheisiin ja useamman henkilön kesken. Päinvastainen tapa on lyhyt lihava prosessi. Tässä tavassa valmistus tehdään rinnakkain toimivissa linjoissa/työpisteissä, työvaiheita on vähemmän ja ne ovat pitkäkestoisempia. (6, s. 200–201.)

One-piece flow:n etuja erätuotantoon verrattuna ovat seuraavat:

- Tuotteiden tasainen virtaus työvaiheesta toiselle. Tällöin ei kuormiteta liikaa yhtä työvaihetta, muiden vaiheiden odottaessa tekemistä (6, s. 200–202; 9).
- Keskeneräiseen tuotantoon on sidottuna kerrallaan vähemmän omaisuutta (6, s. 200–202; 10).
- Tehokkaampaa työskentelyä. Kun kokonaisuudesta tehdään vain pieni osa, on todennäköisempää ettei mene ylimääräistä aikaa esimerkiksi työkalujen tai materiaalien hakemiseen seuraavia työvaiheita varten tai muuhun vastaavaan ei-tuottavaan työskentelyyn. (6, s. 200–202.)
- Korostaa prosessin ongelmia jolloin ne huomataan ja korjataan (6, s. 200–202; 8).

2.3 Layout

Layout:lla eli sillä kuinka tuotantotilassa on työpisteet, hyllyt ja muut vastaavat järjestetty, voi olla merkittäviä vaikutuksia toimintaan. Sen avulla voidaan tehdä liikkumisesta helpompaa, pienentää etäisyyksiä ja vaikuttaa työn ergonomiaan sekä mielekkyyteen. Näillä keinoilla voidaan suuresti vaikuttaa työn läpimenoaikaan. (6, s. 179–202; 11.)

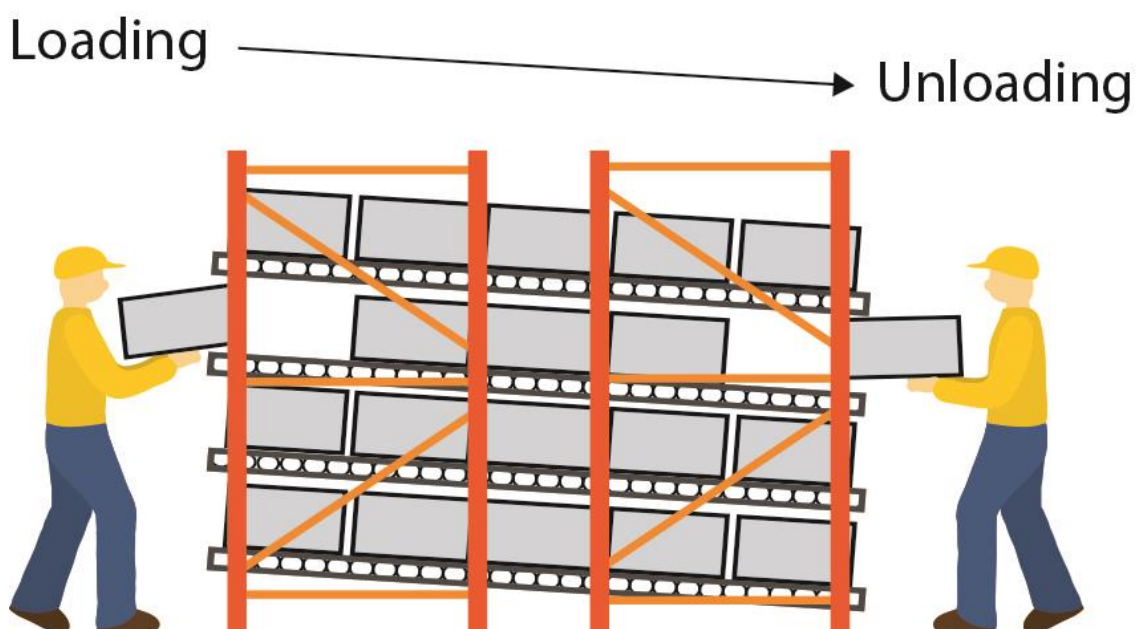
Perus-layout-tyyppejä on karkeasti ottaen neljä erilaista:

- *Sijaintikeskeinen layout* joka sopii suurille yksittäiskappaleille kuten laivoille ja lentokoneille. Näissä tapauksissa ajatellaan enemmän sitä miten tuodaan työntekijä ja tarvikkeet työn ääreen kuin sitä kuinka työ tuodaan työntekijän ja tarvikkeiden ääreen. (6, s. 180; 11.)
- *Funktionaalisisessa layoutissa* luodaan soluja joissa suoritetaan samankaltaisia työprosesseja. Funktionaalisisessa mallissa on esimerkiksi sorvaussolu, lämpökäsittelysolu ja pesusolu. Tehtävä työ kiertää näitä funktionaalisisia soluja siitä riippuen mitä työvaihetta sille halutaan missäkin vaiheessa tehdä. Funktionaalisisia soluja on järkevää luoda jos on jotain työvaiheita jotka ovat vaarallisia tai ne joudutaan muista syistä sijoittamaan kauaksi työntekijöistä ja muista laitteista. Hyviä esimerkkejä ovat maalaamo- ja lämpökäsittelysolut. (6, s. 181–183; 11.)
- *Solutyyppisessä layoutissa* pyritään samaan tuotantosoluun tuomaan kaikki tarpeellinen jotta saman solun sisällä kyetään tuote valmistamaan alusta loppuun asti, ilman että se vaatii siirtelyä muihin paikkoihin (6, s. 183; 11).
- *Tuote-layoutissa* eli linja-layoutissa tuotteet kulkevat jatkuvana tasaisena virtana prosessin läpi. Tämä layout on käytössä mm. autotehtaissa ja siellä missä tuotantomäärät ovat suuria. Yleistä on että valmistettavia tuotteita tulee jatkuvana *one-piece flow* -tyyppisenä virtana työvaiheisiin. (6, s. 180–184; 11.)
- Voidaan lisäksi vielä tunnistaa yksi layout tyyppi, joka on *sekoitus-layout*. Tässä tyyppissä voidaan sekoittaa kaikkien edellämainittujen perus-layout-tyyppien piirteitä keskenään. (6, s. 185–186.)

2.4 Visuaalinen ohjaus

Visuaalisisella ohjauksella halutaan luoda työympäristöstä sellainen, että on helposti nähtävissä milloin, missä ja miten työntekijöiden tulee toimia esimerkiksi valmistuksen aloittamisessa, koneen korjaamisessa tai hyllypaikan täyttämisisessä.

Työympäristöstä pyritään siis tekemään niin selkeä, että sen kokonaistilanne juuri sillä hetkellä on helposti nähtävissä eivätkä tarpeelliset toimet jää tekemättä. (6, s. 439; 3, s. 149–152.) Perinteisiä visuaalisen ohjauksen tapoja ovat esimerkiksi läpivirtaushyllyt ja 2-laatikkojärjestelmä (6, s. 228, 441–442, 362; 12). Läpivirtaushyllyn eli FIFO-hyllyn ideana on, että laatikot tulevat otettaviksi hyllyn kaltevalle rullaradalle siinä järjestyksessä kuin niitä ollaan sinne laitettu. Laatikot valuvat täyttöjärjestyksessä täyttöpuolelta kohti purkupuolta otettavaksi käyttöön. Tällä tavoin yritetään välttää sitä, että laatikon sisältö vanhenisi hyllyyn koska niitä ei olla otettu käyttöön sieltä toivotun mukaisessa järjestyksessä. Samalla hyllystä on helppo katsoa, paljonko siinä on tavaraa ja tarvitseeko sitä täyttää (6, s. 282; 13) (kuva 2).



Kuva 2. FIFO-hyllyn periaate (14)

Jotta valmistusmäärät saataisiin vastaamaan kysynnän määrää, on yleistä käyttää imuohjausta. Imuohjauksen avulla pyritään saamaan valmistusmäärät vastaamaan myynnin määrää. Periaatteena on että mitään ei valmisteta seuraavaa asiakasta, sisäistä tai ulkoista, varten ennen kuin tulee signaali suorittamiselle. Tällä tavoin vältetään ylituottamista ja pyritään valmistamaan vain oikeaan kysynnän tarpeeseen. (6, s. 441.)

2-laatikkomallissa on kaksi laatikkoa, joista toinen on aina purettavana/täytettävänä ja toinen on menossa purettavaksi/täytettäväksi. Tyhjän laatikon on tarkoitus toimia kanban-impulssina laatikon purkamiselle/täyttämiseksi eli työtehtävän aloittamiselle. (12.)

2.5 Päivittäisjohtaminen

Päivittäisjohtaminen käsittää rutiinimaisia, päivittäin tapahtuvia johtamistoimia kuten aamupalavereja. Toimintaa koetaan hyväksi standardisoida kuten muutakin *Leanin* mukaista toimintaa, jotta sen tehokkuutta voi verrata vaihtoehtoihin johtamistapoihin. Englanniksi johtamistapaa kutsutaan nimellä *shop-floor-management*. (3, s. 223–224.)

2.6 Kaizen

Kaizen eli jatkuva parantaminen on *TPS/Lean*-filosofian keskeisiä kulmakiviä. Jatkuviin parannuksiin pyritään jatkuvasti, olivat ne kuinka pieniä muutoksia tahansa, sillä muutos parempaan tapahtuu yleensä pienin harppauksin. Sana kaizen tarkoittaa japanin kielessä muutosta parempaan. Tämä ajattelumalli on Japanissa ulotettu mille vain osa-alueelle, niin työ- kuin vapaa-ajalle, sillä mielletään että, elämän eri osa-alueet vaikuttavat kaikki toisiinsa. (6, s. 544; 3, s. 23, 26.)

2.7 Standardointi

Standardointihaluun ovat vaikuttaneet Henry Fordin sekä USA:n armeijan Training Within Industry -palvelun, eli TWI:n, näkemykset tehokkaasta työskentelystä (6, s. 141; 15, s. 5–6). Toyotalla mielletään että standardoitu työ koostuu kolmesta osa-alueesta: mikä on prosessin tahti-aika, mikä on työnteon järjestys sekä paljonko yksi työntekijä tarvitsee materiaalia työtehtävän suoritukseen (3, s. 142; 16). Standardisointia voidaan soveltaa mihin vain työtehtävään. Sillä pyritään siihen että vaihtelut prosessissa vähentyisivät, jolloin kun tilanne on vakiintunut, on sen parantaminen kaizen-hengessä helpompaa. Kiteytetysti, pitää osata perusteet, jotta osaa korjata virheitä. Standardointia voidaan soveltaa kaikkeen mahdolliseen

työskentelyyn samoin kuin johtamiseenkin.
(6, s. 142–143.)

3 Lähtötilanne

Lähtötilanteessa kartoitettiin sitä, kuinka prosessi sillä hetkellä toimi ja kerättiin tietoa vallitsevasta tilanteesta mahdollisimman laajasti. Erityistä huomiota kiinnitettiin työn tehokkuuteen, työvaiheiden keston, layoutin soveltuvuteen sekä materiaalin hallintaan. Työvaiheet tekojärjestyksessään ovat nähtävissä liitteessä 1 ja tuotannon layout, spagettidiagrammi sekä työvaiheet selitettynä, ovat nähtävillä kuvassa 3.

3.1 Roolitus ja työvaiheet

Työvaiheet (ks. liite 1) suoritettiin niin, että vasta lopuksi luotiin ERP-järjestelmään työ ja se kuitattiin saman tien valmistuneeksi. Tämä vuoksi osat eivät poistuneet ERP-järjestelmän saldoilta oikeaan/tasaiseen tahtiin. Se taas aiheutti sen, että materiaalien tilaukset tehtiin liian myöhään. Tämän vuoksi tuotanto kärsi toistuvasti osapuutteista. Myös epäkuranttoen kappaleiden kuittaus ERP-järjestelmään oli puutteellista ja tätä vikaantuneiden kirjaamista laiminlyötiin useasti.

Työvaiheet olivat jakautuneet niin, että 1–3 työntekijää tekivät omalla tahollaan kuvan 3 mukaiset työvaiheet 1–10, eli suorittivat kokoonpanon, testauksen, pakkauksen sekä kuittasivat tuotteet valmistuneeksi. Tämän lisäksi yksi työntekijöistä teki tehtävän A eli moduulisensori-testauksen, sekä se joka kerkesi, teki tehtävän B, eli johtojen liimauksen. Molemmat suoritettiin valmistuksen rinnalla. Roolien jako ei ollut standardisoitu vaan työntekijät sopivat keskenään mitä kukin suunnilleen tekee.

3.2 Visuaalinen ohjaus

Tuotantoa ohjasi ERP-järjestelmä Lean systems, josta työntekijät kävivät tarkastelemassa mitä tuotetta ja milloin oli tilattu. Tilausten lisäksi tarkasteltiin lisäksi valmiiden tuotteiden hyllyn tilannetta, minkä jälkeen työntekijät tekivät arvion, mitä tulisi valmistaa.

3.3 Päivittäisjohtaminen

Osaston työnjohtaja oli juuri vaihtunut, kun opinnäytetyö aloitettiin. Näin ollen tarkkaa kuvaa aiemmista päivittäisjohtamistoimista ei ollut. Uusi työnjohtaja kävi paljon tuotannossa paikan päällä ja oli aktiivinen, mutta ei ollut muodostanut standardeja työn suorittamiselle.

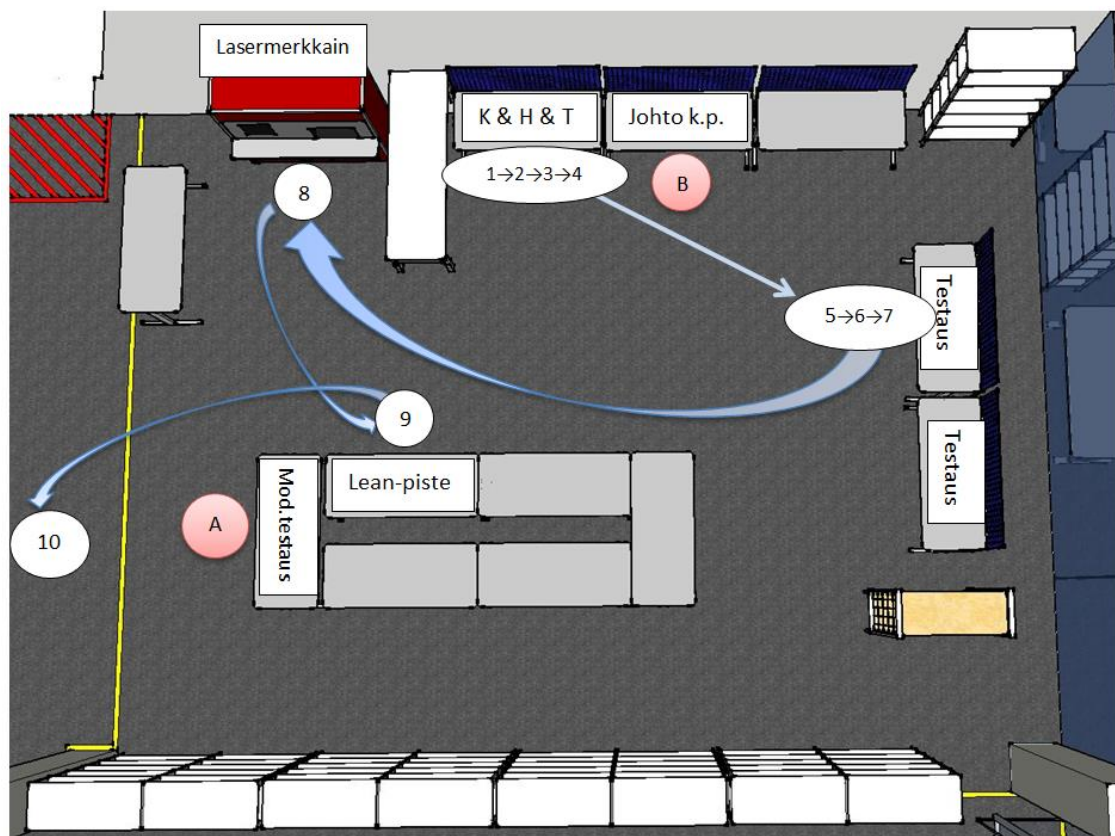
3.4 Materiaalin hallinta

Epäkurantteja kappaleita saattoi kadota, sillä kun niistä ei aloitettu työtä ERP-järjestelmään ennen viimeisenä vaiheena tehtävää ERP-kuittamista, ne olivat periaatteessa näkymättömiä järjestelmälle ja saattoivat vikaantuessaan jäädä työpisteille ajelehtimaan. Tämä aiheutti toistuvia saldovirheitä ERP-järjestelmään, mikä johti usein siihen, että materiaalia ei ollut tilattu. Osia siis luultiin olevan jäljellä, vaikka ne oli jo käytetty vikaantuneisiin kokoonpanoihin. Tämä toiminta myös vääristi käsityksiä siitä, kuinka paljon materiaali tulisi tilata kerrallaan ja kuinka usein.

3.5 Layout

Koska työn suorittamiselle ei ollut tarkkaan suunniteltua ohjetta, ei myöskään tuotannon layout ollut optimaalinen työntekoon.

Työnteon vaiheet esitetään kuvassa 3 numeroituna 1–10, eli tekojärjestyksessään. Näiden lisäksi tapahtui normaalin kokoonpanon rinnalla sensorimoduulin testausta ja johtojen liimausta seuraavaa päivää varten.



Kuva 3. Vanha layout

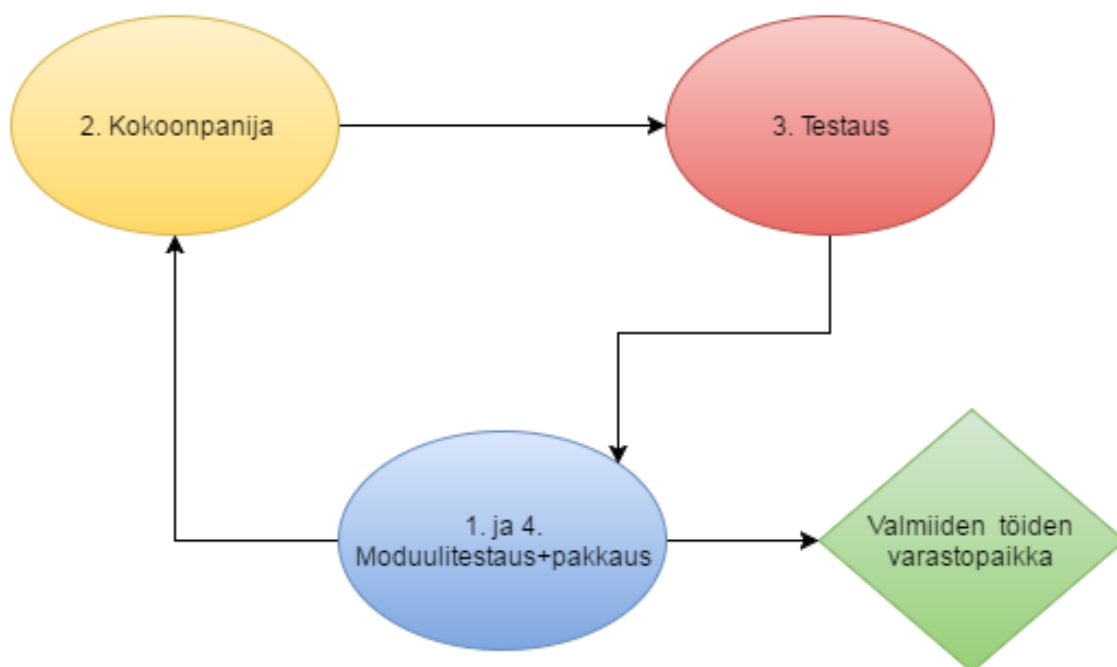
Selitteet kuvan 3 työpisteiden merkinnöille ovat seuraavat:

- **K & H & T:** Kokoonpano & ultraäänihitsaus & tiiveystesti -työpisteellä tapahtuvat työvaiheet 1–4. Nämä työvaiheet ovat tekojärjestyksessä: kokoonpano, ultraäänihitsaus, tiiveystesti ja purseiden poisto.
- **Testaus:** Tällä pisteellä tapahtuvat työvaiheet 5–6. Ne ovat tekojärjestyksessä kalibrointi, gainmap ja loppukuvan otto. Testaus on tuotantoprosessin pitkäkestoisin vaihe.
- **Työvaiheet A ja B:** Nämä työvaiheet tehdään tavallisen valmistuksen rinnalla. A on modulisensorin testausta eli tuotteen sisälle laitettavan sensorin testaus. B on johdon liimaus, joka tulee tehdä edellisen päivän aikana, sillä siihen käytettävän silikonin kuivumisaika on vähintään 12 tuntia.

4 Ensimmäinen roolitus suunnitelma

4.1 Roolitus ja työvaiheiden jako -suunnittelu

Simul8 -simulaatio-ohjelmalla luotiin tietokonemalli, jonka avulla lähdettiin kartoittamaan sopivaa roolitusta. Ohjelman avulla päädyttiin roolitukseen, joka tehtiin kolmelle työntekijälle: moduulitestaaaja+pakkaajalla, kokoonpanijalle ja testaajalle. Nämä työntekijät palvelisivat toisiaan kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Uusi roolitus

Selitteet kuvalle 4:

- Moduulitestaaaja+pakkaaja: Suorittaa moduulisensorien testaamisen ja pakkaamisen sekä liimaa seuraavat käytettävät johdot. Toimet palvelevat kokoonpanijaa.
- Kokoonpanija: Suorittaa kokoonpanon ja luovuttaa työt sen jälkeen testaajalle. Palvelee testaajaa.
- Testaaja: Suorittaa testit työlle jonka jälkeen luovuttaa kokoonpanon pakattavaksi. Palvelee moduulitestaaaja+pakkaajaa.

4.2 Visuaalinen ohjaus -suunnittelu

Tuotannolle haluttiin saada visuaalinen ohjaus joka ohjaa sitä, mitä tehdään ja millaisia määriä. Aluksi ajatuksena oli käyttää pääsignaalina valmiiden tuotteiden FIFO-hyllyä johon valmiit tuotteet laitettaisiin yksittäin radoille. Idea hylättiin koska yritys halusi pitää suurta valmiiden tuotteiden puskurivarastoa. Tätä suurta varastoa ei olisi ollut mielekästä sijoittaa FIFO-hyllyyn kokonsa vuoksi. Jatkoideointi johti ideaan, jossa tuotteita tehtäisiin x määrän tuotetta sisältäviin laatikkoihin. Tuotevariaatioiden välillä olisi pieniä eroavaisuuksia laatikkomäärissä. Kun sitten laatikot ovat rivissä hyllyssä, on mahdollista tarkkailla, mikä laatikko puuttuu. Tuotteita sijoitettaisiin siis x-määrä laatikkoihin tuotannon valmiiden hyllyyn (kuva 6), josta pakkaamo kävisi hakemassa itselleen yhden laatikon jokaista tuotevariaatioita.

Tuote 1					
Tuote 2					
Tuote 3					
Tuote 4					
Tuote 5					

Kuva 6. Valmiiden hylly, jossa näkyy värikoodattuna eri tuotevariaatioiden laatikoita rivissä. Tyhjät valkoiset ruudut edustavat hyllystä puuttuvaa laatikkoa

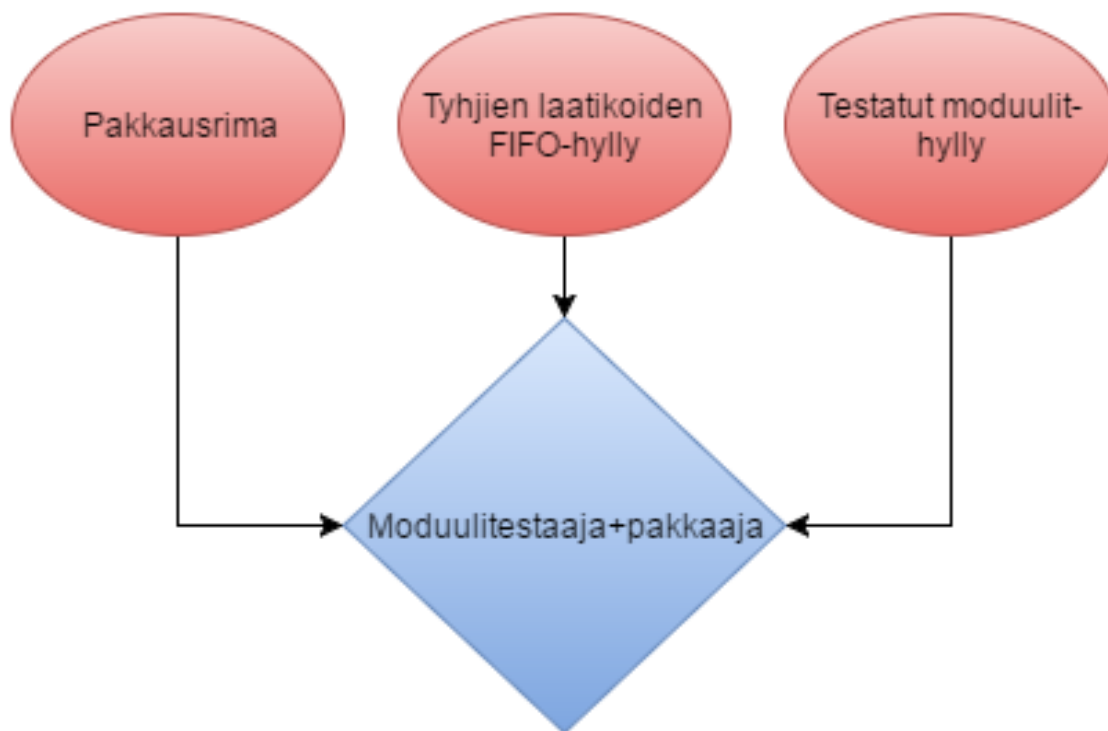
Tuli myös päättää, kuinka laatikko palautuu tuotantoon. Tuotannon läheisyyteen päätettiin sijoittaa FIFO-hylly, millä haluttiin varmistaa laatikoiden palautuminen tuotantoon halutussa järjestyksessä. Tästä palautuvien laatikoiden FIFO-hyllystä muodostui pääsignaali sille, mitä tulee valmistaa.

4.2.1 Moduulitestaaja+pakkaajan signaalit -suunnittelu

Kuvassa 7 esitellään mistä moduulitestaaja+pakkaaja saa signaalinsa työn aloittamiselle:

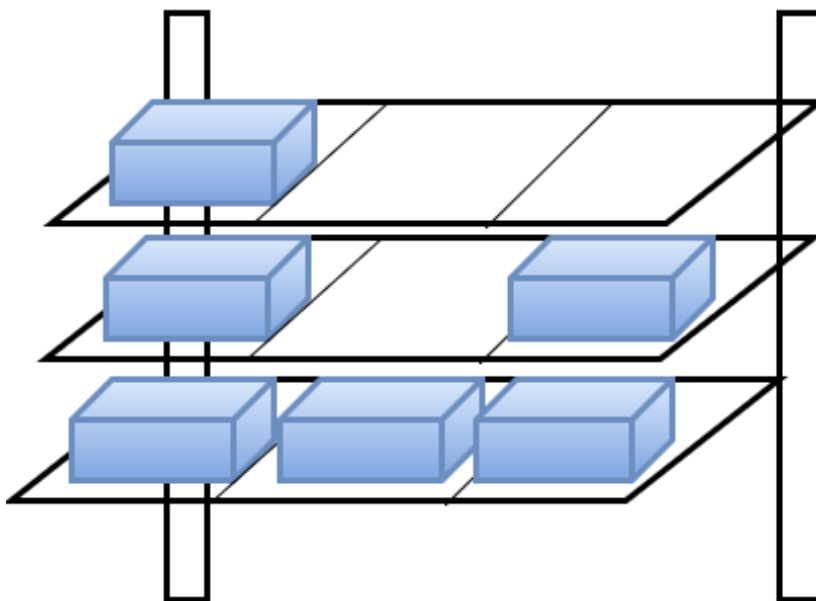
Pakkausrima sijaitsee pakkauspisteellä. Siihen testaaja asettaa kokoonpanon ja testauksen läpikäyneet työt testausvaiheen jälkeen. Pakkauspisteellä moduulitestaaja+pakkaaja pakkaa työt laatikkoon ja kuitataan ERP-järjestelmään valmistuneiksi.

Tyhjät laatikot palautuvat pakkaamosta, tyhjien laatikoiden FIFO-hyllyyn. FIFO-hyllyn tarkoitus on ohjata, missä järjestyksessä eri tuotevariaatioita valmistetaan. Moduulitestaaja tarkkailee sitä, mitä laatikoita on palautunut tyhjänä FIFO-hyllyyn ja sen perusteella liimaa seuraavan erän johtoja kokoonpanijalle.



Kuva 7. Mistä saapuvat moduulitestaaja+pakkaajan signaalit

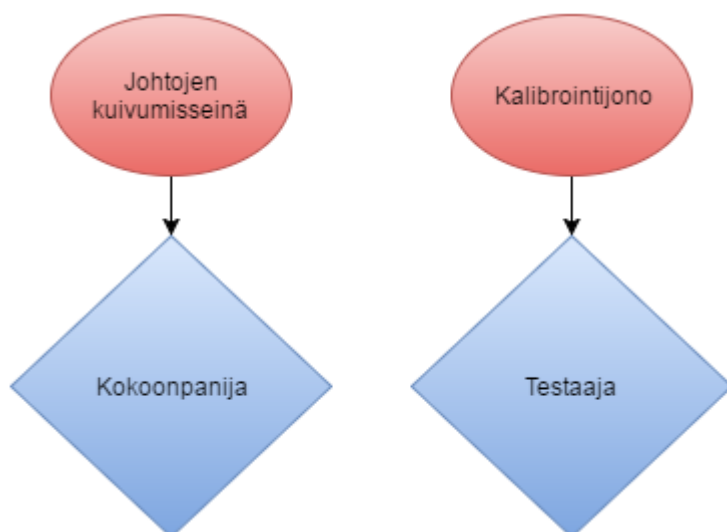
Testattujen sensorimoduulien hyllystä (kuva 8) saadaan signaali niin, että jos jollain hyllytasolla on tyhjä paikka, jossa normaalisti pitäisi olla täysi, testattu laatikollinen sensorimoduuleja, aloitetaan vastaavanlaisen laatikon/sensorimoduuli -variaation testaus. Yhdellä tasolla on vain samaa kokoa olevia sensorimoduuleja ja joka tasolla on kolme paikkaa laatikoille. Kun laatikot siirretään hyllyyn, se vapauttaa pöytätilaa työpisteiltä ja nostaa hieman yleistä järjestyksen tunnetta, kun sensorimoduuleja ei enää sijoiteta kokoonpanopisteen pöydälle.



Kuva 8. Testattujen sensorimoduulien hylly

4.2.2 Kokoonpanijan ja testaajan signaalit -suunnittelu

Kokoonpanijan signaali tulee johtojen kuivumisesta johon moduulitestaaaja+pakkaaja asettaa liimaamansa johdot kuivumaan (kuva 9).



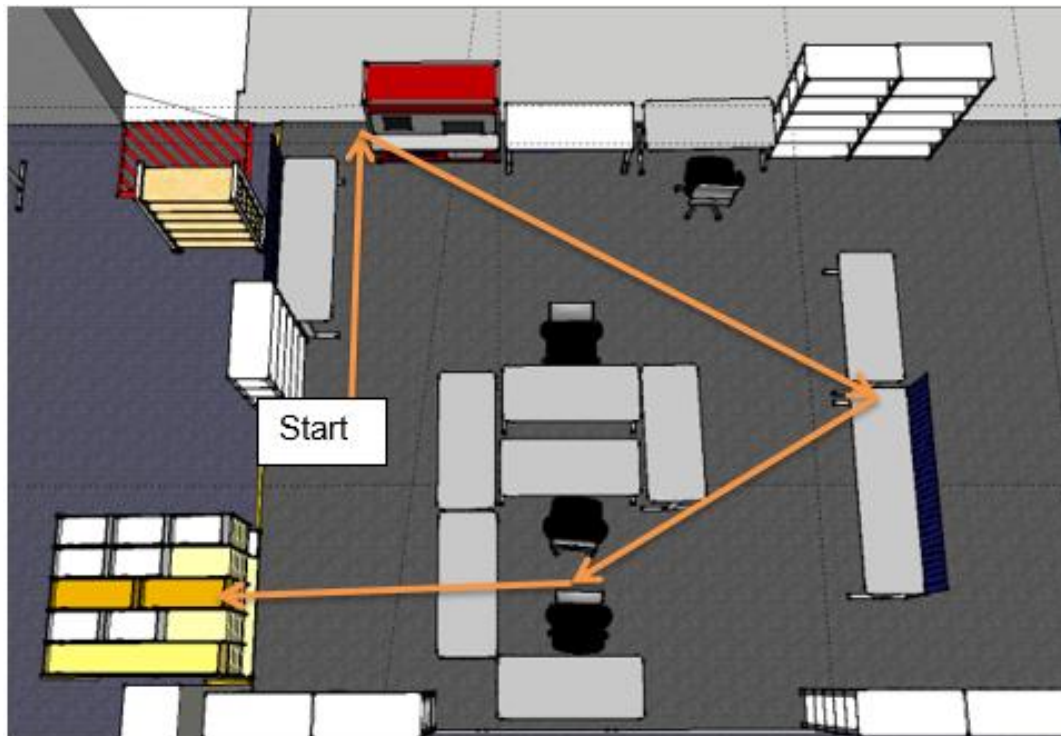
Kuva 9. Mistä kokoonpanija ja testaaja saavat signaalinsa

kuvan 9 mukaisia signaaleja tulkitaan seuraavasti:

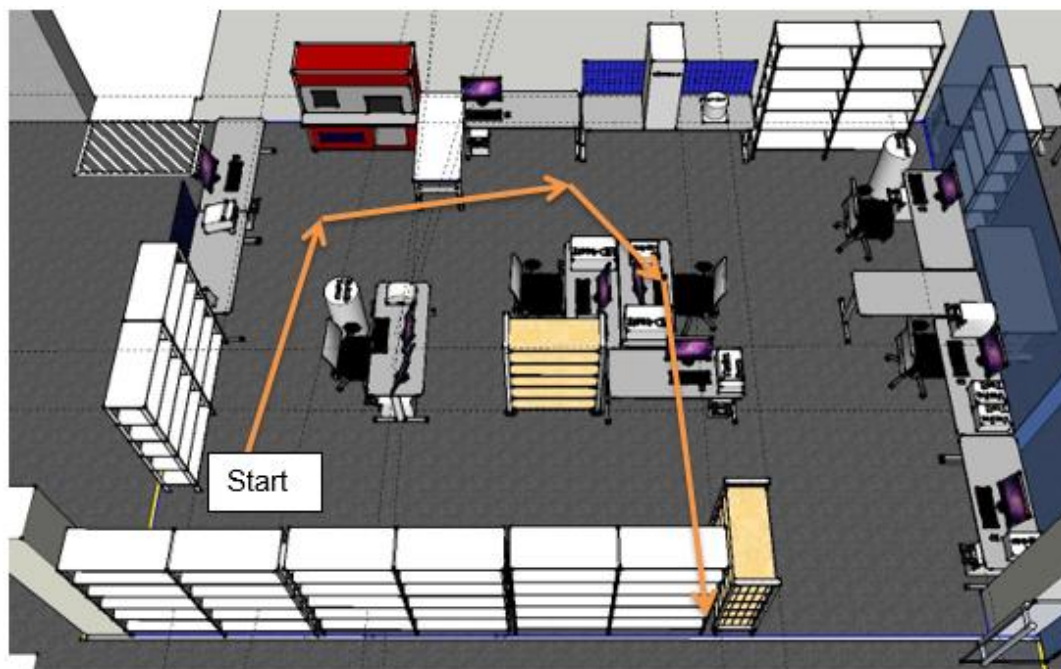
- Kokoonpanijan signaali tulee johtojen kuivumisseinästä johon moduulitestaaja+pakkaaja asettaa liimaamansa johdot kuivumaan. Kokoonpanon voi aloittaa kun seinällä on kuivia johtoja valmistamista varten.
- Testaajan signaali tulee kalibrointijonosta johon kokoonpanija tuo kokoonpanemansa työt odottamaan testausta. Kalibrointi aloitetaan heti kun kokoonpanosta tuodaan tuote kalibrointijonoon.

4.3 Layout-suunnittelu

Layout jouduttiin suunnittelemaan lasermerkkaus-laitetta kiintopisteenä käyttäen, sillä sen siirtäminen olisi ollut vaikeaa siihen kuuluvan kärynpoisto -putkiston vuoksi. Layout pyrittiin saamaan U-muotoiseksi muun muassa tilankäytön vuoksi sekä roolitus-suunnitelman mukaisesti sama henkilö joka suorittaa prosessin ensimmäiset työvaiheet suorittaa myös viimeiset. Hänen tulee siis kyetä olemaan fyysisesti sekä prosessin alku- että loppupäässä. Näillä ehdoilla päädyttiin kahteen eri vaihtoehtoon. Layout voitiin toteuttaa joko pituussuunnassa (kuva 10) tai leveyssuunnassa (kuva 11).



Kuva 10. Tuotantotilan layout-suunnitelma pituussuunnassa. Nuolet havainnollistavat liikkumisen tilassa.



Kuva 11. Tuotantotilan layout-suunnitelma leveysuunnassa. Nuolet havainnollistavat liikkumisen tilassa.

Näistä kahdesta vaihtoehdosta päädyttiin kuvan 11 mukaiseen layoutiin leveyssuunnassa. Tämä koettiin paremmaksi vaihtoehdoksi seuraavista syistä:

- Suunniteltua läpivirtaushyllyä ei voitu toteuttaa, sillä valmiiden tuotteiden varastojen kokoa päätettiin kasvattaa sen sijaan että se pienenesi. Tällä haluttiin parantaa toimitusvarmuutta.
- Hyllyt oli helpompi sijoittaa tämänkaltaiseen ympäristöön. Tällöin ne palvelevat paremmin työpisteitä ja etäisyydet tuotannossa pysyvät kohtuullisina.
- Tässä ympäristössä oli helppo toteuttaa työntekoa myös vanhalla roolituksella sillä uutta virtautettua mallia ei voitu ottaa heti muutoksen jälkeen käyttöön. Erittäin pienillä muutoksilla saataisiin layout sopivaksi virtautettua mallia varten.
- Layout leveyssuunnassa ei ollut niin ahdas kuin layout pituussuunnassa.

4.4 Päivittäisjohtaminen-suunnittelu

Päivittäisjohtamista päätettiin vahvistaa aloittamalla joka aamu tapahtuva lyhyt osastopalaveri sekä valittiin tuotantoon kaksi mittaria, laatu ja varaston kierto. Työnjohtajan kanssa tehtiin yhteistyössä päivittäisjohtamistaulu, johon kerättiin tietoa läsnä- ja poissaoloista, häiriöistä ja laadusta sekä laitettiin infotekstejä esiintyvistä ongelmista ja muista tarpeellisista tiedotusasioista.

4.5 Materiaalin hallinta

4.5.1 Materiaalin näkyvyys systeemille -suunnittelu

Hallintaa parannettiin luomalla työ ERP-järjestelmään heti ensimmäisenä työvaiheena. Näin materiaali olisi systeemille näkyvä heti alusta lähtien. Myös painotettiin sitä, että vikaantunut työ tulee heti merkata järjestelmään, jotta tiedetään missä tilassa se on ja miten se on varannut materiaalia. Vian sattuesssa, järjestelmään merkittiin aina syy, jolloin kyettiin alkaa kerryttämään tietopankkia vikaantumisten syistä. Tätä hyödyntäen kyettiin luomaan tilastoa suurimmista vikaantumisten syistä ja ohjaamaan tämä tieto tahoille, jotka voisivat kyseistä asiaa parantaa prosessissa.

4.5.2 Epäkuranttien käsittely -suunnittelu

Epäkurantit kappaleet kulkeutuivat tuotantoprosessista kahteen paikkaan: suoraan vikaantuneiden hyllyyn tai korjauspisteelle, missä niille suoritettiin manuaalinen korjaus.

Jos kokoonpano oli pelastettavissa eli siinä todettiin loppukuvannan yhteydessä pikselihäiriö, se vietiin korjauspisteelle. Kyseisen kokoonpanon viasta tehtiin vikakuittaus ERP-järjestelmään, jonne kerrytetään tilastoa vikaantumisten syistä. Tämän jälkeen se asetettiin *jäädetytty*-tilaan ja vietiin korjauspisteelle odottamaan manuaalista korjausta. Tarkoitus olisi, että noin kerran viikossa esimies osoittaisi jonkun työntekijöistä suorittamaan manuaalisen korjauksen.

Mikäli kokoonpano siirrettiin vikaantuneiden hyllyyn, eriteltiin sielläkin kokoonpanot sen mukaan, missä vaiheessa prosessia vikaantuminen oli tapahtunut. Erityisesti kalibroinnissa vikaantuneista oli kiinnostuttu, sillä kalibrointi on tuotannon pitkäkestoisin vaihe, joka määrittää tuotannon tahtiajan. Sovittiin että kalibroinnissa vikaantuneet kokoonpanot käytäisiin vielä läpi siihen määritellyn henkilön toimesta joka oli osallisena kalibrointiohjelman kehityksessä.

4.5.3 Materiaalien tilausmäärät

Johtojen tilausmääriin ja ERP-ohjelmassa oleviin hälytysrajoihin, jotka toimivat signaalina tilauksen asettamiselle, tehtiin muutoksia. Koska tuotteet valmistettiin laatikoittain ja yhden laatikon pystyi suunnilleen yhden työpäivän aikana valmistamaan, arvioitiin että siinä kohtaa kun on enää kolmelle laatikolle johtoja jäljellä, tehdään tilaus. Kolmen jäljelle jäävän laatikon oletettiin kattavan uuden tilauksen saapumiseen kuluva aika. Muihin materiaaleihin ei vielä vaikutettu, sillä niiden puute ei ollut häirinnyt tuotantoa tai niiden varaston arvo oli pieni.

4.6 Käytännön kokeilu ja arviointi

Ensimmäistä roolitussuunnitelmaa simuloitiin 5 työpäivän ajan. Kokeilua varten ei vielä tehty tuotantotilaan layout-muutoksia. Kyseisen viikon aika myös kokeiltiin uutta ohjelmaa kalibroinnissa, joka oli tuotannon pullonkaula.

Vertailussa prosessin tehokkuutta arvioidessa käytettiin LAM-aikaa, sen määrittelemää tehoa eli työn tehokkuutta sekä ihmisen suorittamia vaiheajoja. Tulokset olivat seuraavanlaisia:

- Käytetyt miestyötunnit (yhtälö 1) per valmistunut tuote, olivat vähentyneet 7,2 %.

$$\frac{h}{tuote} = \frac{((p\grave{a}iv\grave{a}n\ ty\ddot{o}tunnit)*(ty\ddot{o}ntekij\ddot{o}iden\ lukum\ddot{a}r\ddot{a}))-(h\ddot{a}iri\ddot{o}\ miesty\ddot{o}tunnit)}{(ty\ddot{o}p\ddot{a}iv\ddot{a}n\ aikana\ valmistuneiden\ tuotteiden\ lukum\ddot{a}r\ddot{a})} \quad (1)$$

- Koska linjoja oli yksi, prosessin hallinta oli helpompaa ja oli helpommin luettavissa, paljonko tuotannossa on missäkin vaiheessa keskeneräisiä tuotteita. Keskeneräisten kokoonpanojen samanaikainen määrä ei siltikään juuri vähentynyt, joten omaisuus, joka oli kiinnitetty keskeneräiseen tuotantoon, ei pienentynyt.
- Uudeksi pullonkaulaksi muodostui kalibroinnin jälkeinen gainmap-vaihe, jonka kesto saattoi olla poikkeustapauksissa jopa 3-kertainen tavanomaiseen vaiheikaan verrattuna. Tätä kompensoitiin asettamalla rinnakkain kaksi gainmap-pistettä.
- Materiaali poistui saldoilta oikeassa tahdissa, sillä työnavaus suoritettiin heti ensimmäisenä työvaiheena. Saldot alkoivat korjaantua.
- Tuotteet valmistettiin ja pakattiin edelleen ryppäissä. Tätä ei silti koettu ongelmaksi, koska sillä ei ollut vaikutuksia materiaalisaldoihin.

Se että materiaalit poistuivat saldoilta oikeassa ajassa ja että työtunnit per valmistunut sensori olivat pienentyneet, riittivät siihen että kokeilua pidettiin onnistuneena. Prosessia lähdettiin standardisoimaan ja toimintatapaa vakiinnuttamaan.

4.7 Tuotanto layout-muutosten ja työtapojen standardisoinnin jälkeen

Kun muutokset oltiin tehty, alkoi uuden tuotantolinjan käynnistäminen. Hyvin nopeasti todettiin, että linja ei kykene odotettuihin päivämääriin. Osittain arveltiin kyseessä

olevan motivaatio ja skeptisyys muutosta kohtaan, osin muuttunut tuotantopalkkio-systeemi joka ei enään kannustanut tekemään ”ylimääräistä” työtä, että saisi täydet palkkiot. Tilannetta korjaamaan aloitettiin Kaizen-pajat, joita alettiin pitämään kerran viikossa.

Kaizen-pajassa pyrittiin luomaan yhteisymmärrystä tilanteesta, vahvistamaan vuoropuhelua ja tuomaan esiin tilannetta parantavia ideoita. Huolenaiheiksi työntekijöiden suunnasta nousi esille työn yksipuolisuus ja työnkuvan kaventuminen. Skeptisyyttä oli myös siitä, oliko one-piece flow vanhaa työskentelytapaa tehokkaampi tuotantotapa.

5 Toinen roolitussuunnitelma

5.1 Tilanteen tutkiminen tasapainokaavion avulla

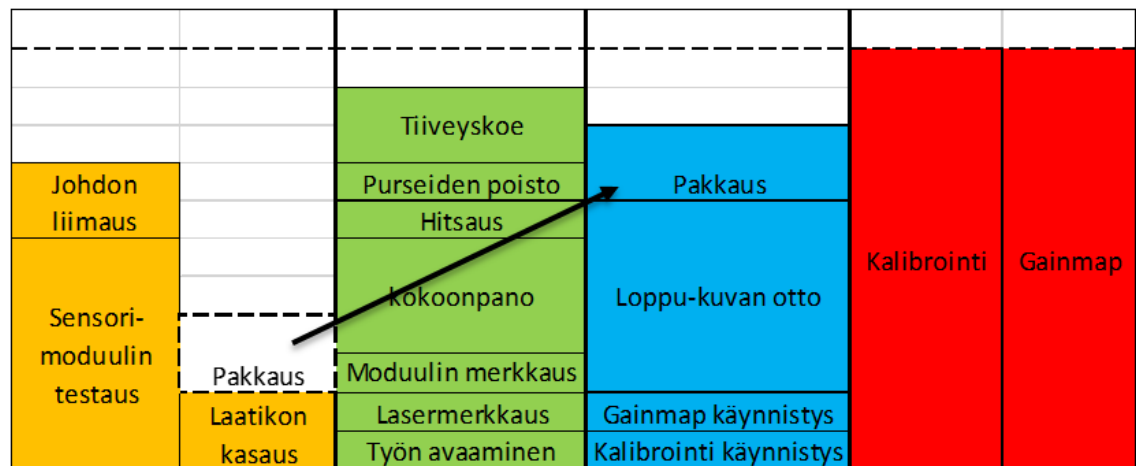
Ongelmia esiintyi työn mielekkyyden huonontumisen vuoksi sekä siinä että tuotteet saattoivat kulkeutua koko prosessin läpi mutta jämähtää pitkiksi ajoiksi viimeiseen vaiheeseen, pakkaukseen. Jotta työskentelystä saataisiin lisäkäsitystä, luotiin siitä tasapaino-kaavio. Kaavioista huomattiin, että työvaiheet olivat edelleen paikoitellen epätasapainoisia. Moduulitestaaja+pakkaaja oli hyvin kuormittunut sillä hänen tuli keretä testaamaan uudet moduulisensorit, liimaamaan johdot seuraavaa päivää varten, kokoamaan pakkauslaatikot sekä pakkaamaan testatut kokoonpanot laatikkoihin. Myöskään one-piece flow ei kunnolla vielä toteutunut, kun prosessin läpikäyneet kokoonpanot kuitattiin valmiiksi erissä. Ongelmaa lähdettiin lähestymään luomalla prosessista tasapainokaavio (kuva 12).

		Tiiveyskoe			
Johdon liimaus		Purseiden poisto			
		Hitsaus			
Sensori-moduulin testaus		kokoonpano	Loppu-kuvan otto	Kalibrointi	Gainmap
	Pakkaus	Moduulin merkkkaus			
	Laatikon kasaus	Lasermerkkkaus	Gainmap käynnistys		
		Työn avaaminen	Kalibrointi käynnistys		

Kuva 12. Tasapainokaavio nykytilanteesta. Palkkien korkeus on suhteutettu vaiheiden ajalliseen keston. katkoviiva kuvastaa tahtiaikaa joka määräytyy pisimpään kestävä vaiheen mukaan.

Kuvassa 12 näkyy oranssilla pohjalla moduulitestaaja+pakkaajan tehtävät, vihreällä kokoonpanijan, sinisellä testaajan, ja punaiset ovat koneaikaa. Optimitilanne olisi että kaikilla olisi yhtä tasapainoiset vaiheet eli että jokaisen pylväät olisivat yhtä korkeat. Pylväiden korkeus on suhteutettu vaiheiden ajalliseen keston. Kaavioista on nähtävissä, että moduulitestaaja+pakkaajalla (oranssi) on useita päällekkäisiä tehtäviä, testaajalla (sininen) on taas aika paljon odottelua sillä, kalibrointi ja gainmap ovat koneaikaa. Yksi huolenaihe oli, että tuotteet eivät edelleenkään valmistuneet tasaiseen tahtiin.

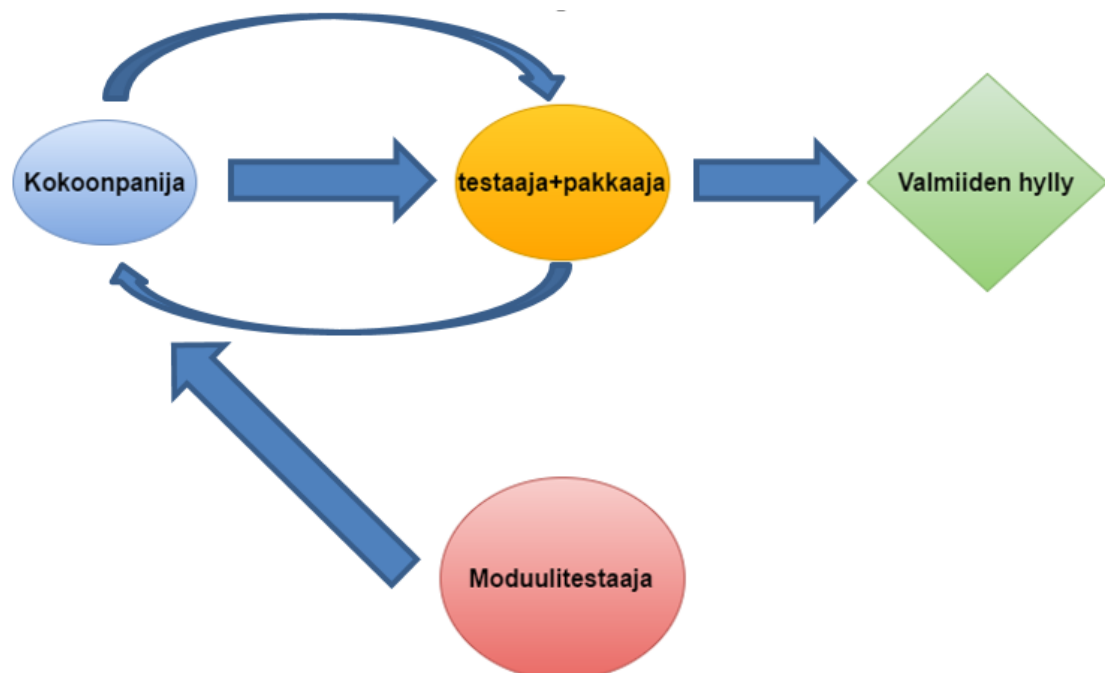
Tasapainotetussa prosessissa Pyrittiin että kokoonpano- ja testausvaihe olisivat yhtä pitkiä kuin kalibrointi joka määrittä prosessin tahtiajan (kuva 13). Tasapainokaavioita tarkastelemalla oli nähtävissä että pakkaus olisi liitettävissä testaajan tehtäviin. Näin vähennettäisiin moduulitestaajan tehtäväkuormaa sekä saataisiin testaaja käyttämään aikansa tehokkaasti. Tuotteet myös valmistuisivat tasaisempaa tahtia kun kokoonpanijat itse pakkaavat ja valmistavat ne, sen sijaan että päivittäisen valmistusprosessin ulkopuolinen moduulitestaaja tulee ne pakkaamaan.



Kuva 13. Tasapainotettu prosessi

5.2 Muutokset roolituksessa

Uudessa roolituksessa on kaksi kokoonpanijaa ja yksi moduulitestaaja (kuva 14).



Kuva 14. Toinen roolitus

Kokoonpanijat: Toinen kokoonpanijoista aloittaa kuvan 14 mukaisesti sinisestä kohdasta eli kokoonpanosta. Toinen aloittaa keltaisesta eli testaus+pakkauskohtasta.

Molemmat vuorottelevat molempia vaiheita. Yhden kokoonpanijan näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä että hän ensin tekee kokoonpanon, siirtyy testaukseen jossa siirtää kalibroinnissa olleen kokoonpanon gainmap-asemaan ja laittaa juuri tekemänsä kokoonpanon kalibroitumaan. Kun näihin ”testeihin” on laitettu kokoonpanot, hän ottaa kolmannesta loppukuvat ja suorittaa tälle pakkauksen ja kuittaa valmistuneeksi. Tämän jälkeen hän siirtyy taas tekemään uutta kokoonpanoa. Molemmat kokoonpano-vaiheet on helposti tehtävissä kalibroinnin määrittämässä tahtiajassa. Kokoonpanijat suorittavat vaiheita vuorotellen, 12 minuutin ja yhden kokoonpanon välein roolejaan vaihtaen.

Moduulitestaaja: Moduulitestaajan vastuulle jää enään sensorimoduuli testaaminen sekä johtojen liimaaminen. Näin moduulitestaaja ei ole enään suoraan vastuussa siitä paljonko päivän aikana valmistetaan tuotteita.

Roolitussuunnitelma luotiin 1, 2, 3, ja 5 hengen roolituksille.

5.2.1 Toisen roolitussuunnitelman etuja

Kun linja muutettiin enemmän tahtilinjamaiseksi, nähtiin sillä olevan seuraavanlaisia positiivisia vaikutuksia prosessiin:

- Tahtiaika vakiintuu (yhtälö 2).

$$tahtiaika = \frac{(päivän työaika)}{(työpäivän aikana valmistuneet tuotteet)} \quad (2)$$

- Tahtiaika on ajallisesti lyhentynyt, eli parantunut.
- Moduulitestaajan työkuorma on vähentynyt jolloin hän voisi esimerkiksi korjata korjauspisteelle siirrettyjä, manuaalisen korjauksen vaativia kokoonpanoja.
- Kokoonpanijoiden työnkuva on laajentunut, kun työntekijät käyvät koko prosessia läpi.
- Yksiosainen virtaus eli one-piece flow on paremmin kontrollissa, kun molemmissa kokoonpanovaiheissa (kokoonpano- ja testaus-vaiheet) kierretään vain yhden kokoonpanon kanssa kerrallaan.
- Tuotteet kulkeutuvat prosessin läpi siinä järjestyksessä kuin niitä aletaan valmistamaan. Tämä helpottaa ”hännän” hallintaa eli sitä kun

tuotevariaatio vaihtuu toiseen. Käytännössä häntää ei enään synny, koska pakkausjonoa ei enään olisi.

- Prosesissa olevat väliavarastot ovat poistuneet, kun enää ei kerrytetä jonoa kalibrointiin tai pakkauspisteelle.
- Prosesissa ilmenevät ongelmat tulevat entistä selkeämmin esiin.
- Keskeneräisiä tuotteita olisi jopa 80 % vähemmän samanaikaisesti kuin alkuperäisessä tilassa. Tämä tarkoittaa että keskeneräiseen prosessiin on sidottuna 80 % vähemmän omaisuutta.
- Käytetyt miestyötunnit per valmistunut tuote, vähenisivät ideaalitulanteessa:
 - Jos 3 henkilöä töissä: 23 % vähemmän
 - Jos 2 henkilöä töissä: 25 % vähemmän

5.2.2 Muutokset visuaaliseen ohjaukseen

Toisessa roolitussuunnitelmassa pyrittiin vielä enemmän tahtilinjamaisuuteen. Hyvänä sivutuotteena tuli myös se että se selkeyttäisi signaaleja. Koska kokoonpanijan ja testauksen tehtävät yhdistyvät, se vähentää signaalin tarpeet kokoonpanon ja testauksen sekä testauksen ja pakkauksen välistä . Kokoonpanossa on jäljellä enään yksi sisäinen signaali, kalibrointi. Joka kerta kun kalibrointi valmistuu, siirtyy kokoonpanon tehnyt työntekijä testaamaan kokoonpanonsa ja testauksessa ollut työntekijä siirtyy valmistamaan uutta kokoonpanoa. Kalibrointi lyö näin tahtia sille, missä rytmissä työtä tehdään. Kokoonpanijoiden tärkeimmäksi signaaliksi muodostuu johtojen kuivumisseinä. Jos seinällä on liimattuja johtoja, tiedetään että tyhjä laatikko on palautunut FIFO-hyllyyn ja valmistus voidaan aloittaa (liite 2).

Moduulitestaajan signaalit tulevat edelleen palautuvien laatikoiden FIFO-hyllystä ja testattujen moduulien hyllystä mutta moduulitestaaja ei ole enää tekemisissä pakkaamisen kanssa (liite 3).

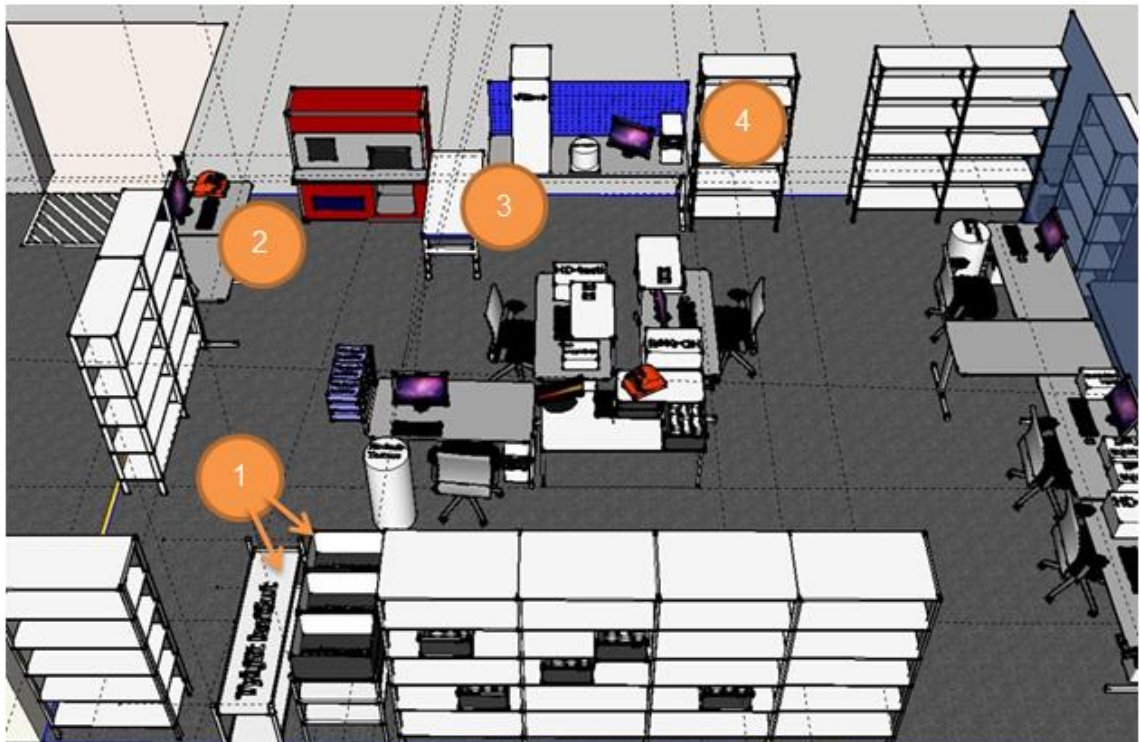
5.2.3 Market

Tuotannossa otettiin käyttöön Market, jonne sijoitettiin osa tuotannon materiaaleista. Materiaalia täytettiin 2-laatikkojärjestelmän avulla. Materiaalin täyttämisen suoritti osastonjärjestelijä. Markettiin sijoitettiin pakkausmateriaalit ja sensorimoduulit.

5.2.4 Muutokset layoutissa

Layoutiin tehtiin pieniä muutoksia (kuva 15) :

1. Tuotannon yhteyteen on lisätty sensorimoduuleja varten FIFO-hylly jotta ne eivät vanhene hyllyyn. Tuotannon yhteyteen on myös tuotu *tyhjiin palautuvien laatikoiden* -FIFO-hylly jolloin signaali tekemisen aloittamiselle on fyysisesti lähellä tuotantoa.
2. *Työn avaus* -piste siirrettiin fyysisesti siihen paikkaan mistä kierto tilassa varsinaisesti alkaa.
3. Kokoonpano-aluetta tiivistettiin kun siitä siirrettiin pois *työn avaus* -piste. Näin tuotantotilaa ollaan tiivistetty joka lyhentää siirtymiä.
4. Tämä hylly perustettiin jotta saatiin tilaa FIFO-hyllyille. Hyllyissä sijaitsee materiaalia jota ei tarvita jokapäiväisissä prosesseissa.



Kuva 15. Layout-muutokset

5.3 Käytännön kokeilu ja arviointi

Uutta toimintatapaa kokeiltiin 3 hengen roolituksella 5 työpäivän ajan. Samanaikaisesti kokeiltiin myös uutta tuotantopalkkio-systeemiä.

5.3.1 Huonot puolet kokeilusta

Määrällisesti viikon aikana valmistui tuotteita alle odotusten. Tähän ovat todennäköisesti vaikuttanut seuraavat tekijät:

- testiviikon aikana kokeiltu tuotantopalkkio koettiin huonoksi.
- Työntekijöiden huono motivaatio lomitalpaluun jälkeen.
- Edellisten kuukausien aikana oli tullut ilmi ongelma tietokone-ajurin kanssa, jonka vuoksi kalibrointiohjelma kaatuili. Tähän ongelmaan oli ratkaisu jota ei keretty vielä kokeiluviikkoa varten muuttamaan.
- Lasermerkkainta joutui edelleen jakamaan myös muiden valmistusprosessien kanssa.
- Häiriöaikaa oli runsaasti.

5.3.2 Hyvät puolet kokeilusta

Kokeilu toi esiin myös useita positiivisia puolia jotka puolsivat toista roolitussuunnitelmaa:

- Jo edellisten kuukausien aikana kun roolitussysteemiä kokeiltiin epävirallisesti, oli se paljastanut kaksi usein esiintyvää ongelmaa joista toinen saatiin korjattua ja toiseen korjaus oli tulossa. Virtautettu malli oli siis tuonut ongelmia esiin ja prosessia saatu parannettua.
- Kokeilun aikana, kun huomioidaan häiriöt, väheni miestyötunnit yhtä valmistunutta sensoria kohden 11,2 % suhteessa LAM-aikaan.
- Keskeneräistä tuotantoa oli jopa 80 % vähemmän kuin edellisessä virtautetussa mallissa.
- Prosessin tahtiaikaan on liitetty kiinteästi vaihe jossa kokoonpano pakataan ja valmistetaan.
- Prosessi on dokumentoitu, sitä on mahdollista vertailla tuleviin systeemeihin sekä helppo opettaa eteenpäin.

- Roolituksessa työnkuva laajeni. Tällä oli positiivista vaikutusta työntöön mielekkyyteen.
- Työn suoritus tapahtui rauhallisemmassa tahdissa vaikka tuotteita valmistui prosessista paremmin kuin ensimmäisessä roolitussuunnitelmassa.
- Moduulitestaajan työn määrä keventyi.

6 Loppuyhteenveto

Työn tavoittena oli muuttaa roolitusta ja työvaiheita Prosensor HD -tuotantolinjalla, *one-piece flow* -muotoon. Ohella parannettiin samalla tuotannon muitakin osa-alueita *Lean*-työkaluja käyttäen. Muut osa-alueet olivat visuaalisen ohjauksen lisääminen, epäkuranttien käsittelyn kehittäminen, layoutin muuttaminen uutta roolitusta tukevaksi sekä päivittäisjohtamisen parantaminen.

Ensimmäiseksi kartoitettiin tuotannon senhetkinen tilanne, jonka perusteella tehtiin suunnitelmat uuden roolituksen, visuaalisten ohjaimien, epäkuranttien käsittelyn, päivittäisjohtamisen ja layoutin suhteen.

Ensimmäinen roolitus luotiin ja sen koettiin täyttävän sen hetkiset tarpeet vaikka se ei kuitenkaan ollut täysin *one-piece flow* -mallin mukainen. Kun uutta roolitusta otettiin kokeiluviikon jälkeen varsinaiseen käyttöön, todettiin siinä edelleen olevan heikkouksia joita korjattiin toisessa roolitussuunnitelmassa.

Toinen roolitus koettiin työntekijöiden osalta mielekkäämmäksi kuin ensimmäinen. Prosessiin on tulossa uusi kalibrointi-ohjelma ja uusi control box -ajuri, joiden avulla odotetaan kaatuilevan kalibrointi-ohjelman ongelman ratkeavan. Toisessa roolituksessa on paljon potentiaalia. Ideaalitalanteessa se voisi nostaa valmistusmääriä jopa 40 % nykyisistä määristä, työaikaa per valmistunut sensori voisi vähentää noin 22 % ja keskeneräistä tuotantoa olisi jopa 80 % vähemmän. Edelleen ongelmana oli tuotantopalkkio joka ei kannustanut valmistamaan tuotteita toivottuun tapaan. Tällä hetkellä työntekijät eivät voineet vaikuttaa tuotantopalkkioonsa millään tavalla ja toisen roolituksen kokeiluviikolla kokeiltu tuotantopalkkiosysteemi teki vaikeaksi siirtää työntekijöitä muihin tehtäviin kesken tuotantopalkkio-jaksoa sillä tällöin he joutuivat kahden eri tavalla määräytyvän tuotantopalkkion piiriin.

Materiaalien varastomäärissä pyrittiin keskittymään johtoihin, joiden toimitukset olivat aiheuttaneet ongelmia sekä intraoraalisensorin sisälle tulevaan sensorimoduuliin, joka oli arvokkain osa. Johtoja pyrittiin alkamaan tilaamaan niin että kun tiettyä johtovariaatiota on enää kolmeen laatikolliseen tuotteita, tehtiin tilaus. Tämän kolmen laatikon katsottiin ajallisesti kattavan sen, mikä alihankkijalla kesti valmistaa ja toimittaa uusia johtoja. Johdoista ei enään ollutkaan juuri pulaa. Sensorimoduulien tavoitevarastoa pienennettiin. tavoitevaraston yhteiskappalemäärä oli 28,43 % pienempi sekä tavoitevaraston arvo oli 34,06 % pienempi kuin mitä oli ollut kuluneen 12 kuukauden keskimääräisellä varastolla.

Visuaalista ohjausta saatiin lisättyä *testattujen moduulien* hyllyllä, selkeytetyllä *liimattujen johtojen* seinällä sekä tyhjien palatuvien laatikoiden FIFO-hyllyllä.

Epäkurantit kappaleet ohjattiin heti ulos prosessista jolloin ne eivät jäisi tukkimaan tekemistä. Niistä kerrytettiin tietoa ERP-järjestelmään sekä osa vikaantuneista ohjattiin kalibrointiohjelman kehittäjien tarkasteltaviksi.

Vaikka projekti jäi osittain kesken sen vuoksi, että tuotantopalkkio oli epäsopiva ja että lasermerkkainta joutui edelleen jakamaan muiden prosessien kanssa, tuotti se positiivista tulosta. Projektin aikana materiaalisaldot alkoivat tervehtyä, prosessi saatiin dokumentoitua, osaa materiaalivarastosta saatiin pienennettyä, ei-arvoa tuottavan työn määrä väheni, koneiden resurssitehokkuus kasvoi, prosessista saatiin paljastettua piileviä ongelmia, visuaalinen ohjaus lisääntyi, laatu parani, työnjako selkiintyi, tilastoa vikojen syistä alkoi kertyä sekä samanaikaisten keskeneräisten töiden määrä väheni.

Tulevia kehityskohteita voisi olla marketin laajentaminen, tuotantopalkkion miettiminen sopivaksi, prosessin valvonta, seisomatyöpisteiden ostaminen ja käyttöönotto sekä työntekijöiden muiden työtehtävien sovittaminen paremmin Prosensorien valmistuksen kanssa.

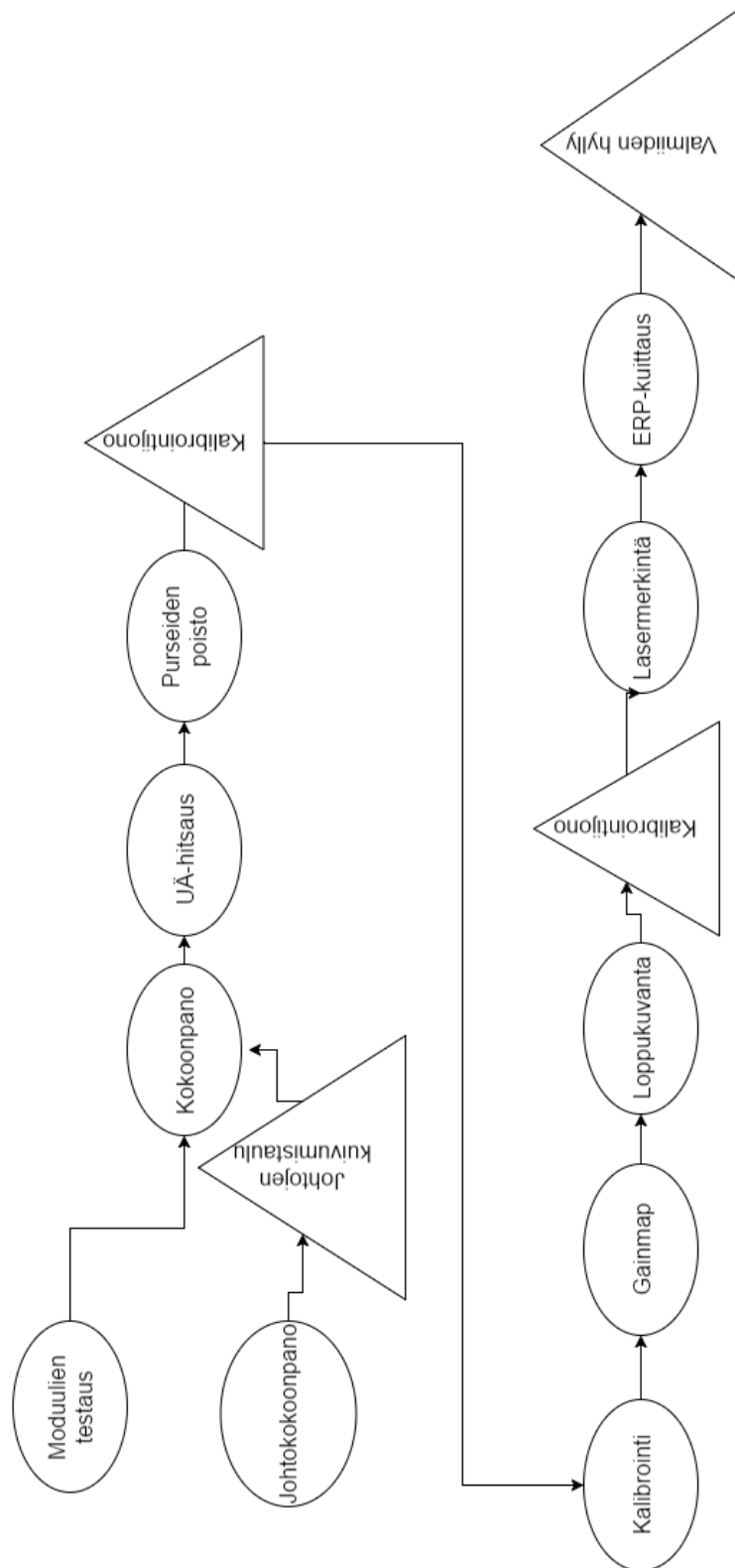
Lähteet

- 1 Yritys. Planmeca verkkosivut. Verkkodokumentti. Viitattu 6.6.2016. Saatavissa: <<http://www.planmeca.com/fi/Yritys>>.
- 2 Yhdysvallat 6,652,141 B1. 2003. Intraoral sensor. Cygnus Technologies L.I.C., Scottsdale, Arizona, Yhdysvallat. Egidio Cianciosi 10/056,419, 24.1.2002. 25.11.2003. 7.
- 3 Liker, J.K. 2004. Toyotan tapaan. Jyväskylä. Bookwell Oy.
- 4 What is Lean Manufacturing. Verkkodokumentti. Viitattu 6.8.2016. Saatavissa: <http://www.gembutsu.com/articles/what_is_lean.html>.
- 5 Convis, Gary. Role of Management in a Lean Manufacturing Environment. Verkkodokumentti. Viitattu 7.8.2016. Saatavissa: <<http://www.sae.org/manufacturing/lean/column/leanjul01.htm>>.
- 6 Slack, N. Chambers, S. Johnston, R. 2010. Operations management. 6th ed. BBS. Prentice Hall, financial times.
- 7 Wastes of lean manufacturing. Verkkodokumentti. Viitattu 8.8.2016. Saatavissa: <<http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/>>.
- 8 The benefits of lean manufacturing: single piece flow. Verkkodokumentti. Viitattu 5.8.2016. Saatavissa: <<http://www.gembutsu.com/articles/leanmanufacturingprinciples.html>>.
- 9 Biswas, Pretesh. One piece flow. Verkkodokumentti. Viitattu 6.8.2016. saatavissa: <<http://isoconsultantpune.com/one-piece-flow/>>.
- 10 Marchwinski, Chet. Capsule Summaries of Key Lean Concepts. Viitattu 6.8.2016. saatavissa: <https://www.lean.org/WhoWeAre/NewsArticleDocuments/key_lean_definitions.html>.
- 11 Chand, Smriti. Four Main Types of Plant layout. Verkkodokumentti. Viitattu 9.8.2016. Saatavissa: <<http://www.yourarticlelibrary.com/industries/plant-layout/four-main-types-of-plant-layout/34604/>>.
- 12 Two bin inventory management system. 2009. Verkkodokumentti. Viitattu 9.8.2016. Saatavissa: <<http://www.leanmanufacture.net/operations/twobininventory.aspx>>.

- 13 Business dictionary: first-in, first out (FIFO definition). Verkkodokumentti. Viitattu 7.8.2016. Saatavissa: <<http://www.businessdictionary.com/definition/first-in-first-out-FIFO.html>>.
- 14 FIFO-hylly kuva. Verkkodokumentti. Viitattu 16.3.2016. Saatavissa: <<http://rebstorage.com/wp-content/uploads/2013/03/Carton-Flow-Product-Flow.jpg>>.
- 15 Graupp, P. Wrona, R.J. 2015. The TWI workbook: essential skills for supervisor, second edition. CRC Press.
- 16 Standardized work: The foundation for kaizen (1 day class). Verkkodokumentti. Viitattu 9.8.2016. Saatavissa: <<http://www.lean.org/Workshops/WorkshopDescription.cfm?Workshop1>>.

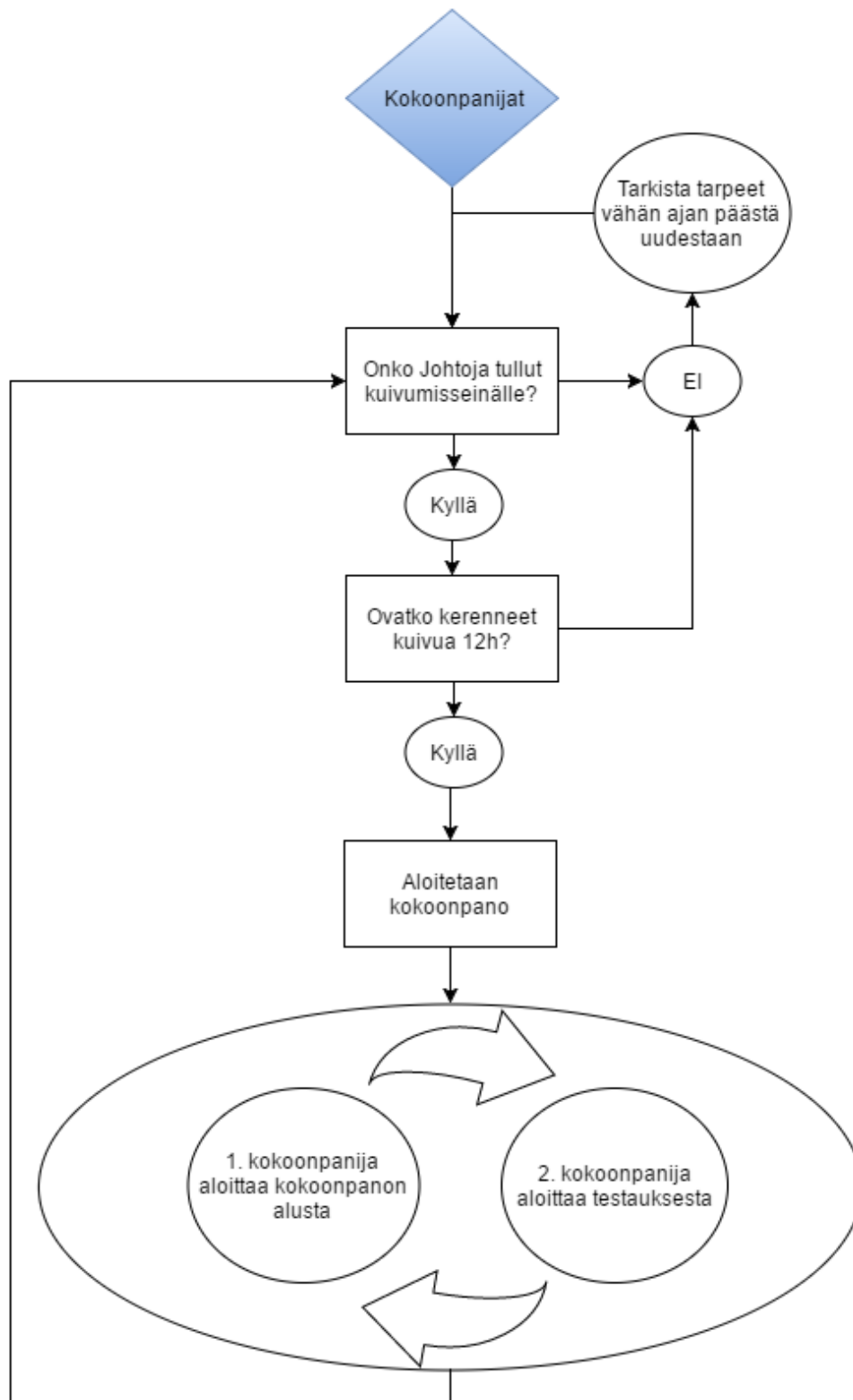
Vanhan työskentelytavan työvaiheet

Kolmioiden kohdalla on välivarastointia työvaiheiden välillä ja arvoa tuottavat työvaiheet ovat pyöreään/ovaalin muotoiset.



Muutokset kokoonpanijoiden signaaleihin

Kuinka signaalit tulevat toisessa roolitus suunnitelmassa.



Muutokset moduulitestaaajan signaaleihin

Kuinka signaalit tulevat toisessa roolitussuunnitelmassa.

