

Tai Nguyen

Intraoraaliröntgenlaitteen komponentin tuotannon tutkimus ja kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

16.3.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tai Nguyen Intraoraaliröntgenlaitteen komponentin tuotannon tutkimus ja kehitys 18 sivua + 17 liitettä 16.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Elektroniikka ja terveydenhuollon tekniikka
Ohjaaja(t)	Työnjohtaja Kauko Tiainen Lehtori Esko Tattari
<p>Insinööriyön tavoitteena oli luoda intraoraaliröntgenlaitteen komponentin koko tuotantoprosessin arvovirtakartta Planmecan tehdasalueella, laskea komponentin korjausprosessin kustannusarvio ja kehittää prosessia.</p> <p>Tuotantoprosessin arvovirtakartoituksen tavoitteena oli saada kokonaiskuva nykyisestä tuotantoprosessista ja lean-ajattelun määrittelemien hukan lähteiden tunnistamista helpottava näkökulma. Arvovirtakartoitus toteutettiin perehtymällä tuotantoprosessin eri työvaiheisiin ja organisaatioihin.</p> <p>Komponentin koko korjausprosessi on lean-ajattelussa hukkaa ja sen kustannusarvion laskemisella saatiin yrityksen tietoon hukan kustannus. Korjausprosessin kustannuslaskennassa hyödynnettiin arvovirtakartoituksen tuomaa informaatioita ja aiemmin yrityksen sisäiseen käyttöön diplomityönä tehtyä tutkimustuloksiin perustuvaa materiaalivirtojen kustannustyökälyä.</p> <p>Tuotanto- ja korjausprosessin kehittäminen tehtiin yhteistyönä tuotantoprosessiin vaikuttavan henkilökunnan kanssa. Korjausprosessin kehittämisen tavoitteena oli tasata prosessin materiaalivirtausta ja yksinkertaistaa prosessin tiedon virtausta.</p> <p>Työn tuloksena luotiin sekä tuotanto- ja korjausprosessin nykytilanteen arvovirtakartat että kehitystavoitteita saavuttavat arvovirtakartat. Uusia korjausprosesseja kehitettiin kaksi vaihtoehtoa, joista valittiin toinen sen taloudellisen hyödyn vuoksi. Prosessia kehittävien arvovirtakarttojen toteuttaminen on yrityksessä osittain aloitettu.</p>	
Avainsanat	arvovirtakartta, lean, prosessi, röntgen

Author Title Number of Pages Date	Tai Nguyen Intraoral X-ray Machine Component Production Research and Development 18 pages + 17 appendices 16 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electronics and Medical Engineering
Instructor(s)	Kauko Tiainen, Foreman Esko Tattari, Senior Lecturer
<p>The objective of this thesis was to create a value stream map of the intraoral x-ray machine component's whole production process at Planmeca's factory area, calculate the estimate for the component's repair process costs and to improve the process.</p> <p>The objective of the value stream mapping of the production process was to get an overview of the current production process and to get a supporting point of view for identifying lean principle's wastes. Value stream mapping was fulfilled by familiarizing with the production process' various stages and organizations.</p> <p>The component's whole repair process is one of the wastes in lean thinking. By calculating the cost of the repair process, the cost of the waste was achieved for the company. In calculating the cost of the repair process, information from value stream mapping and a material flow cost calculating tool, the result of an earlier master's thesis study, were utilized.</p> <p>Production and repair process improvement were done in cooperation with the staff involved in the production process. The objective in improving the repair process was to level the material flow and to simplify the information flow of the process.</p> <p>As the result of this study, the current-state and improvement objective achieving future-state maps of the production and repair processes were created. Two new repair processes were developed, from which the other was chosen for its financial benefits. Implementation of the future-state maps has been partly initiated.</p>	
Keywords	lean, process, value stream map, x-ray

Sisällys

Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Planmeca	2
2.1	Planmeca Group	2
2.2	Planmeca ProX	3
3	Tuotantoprosessin ongelmat	5
4	Lean-ajattelun ja arvovirtakartoituksen perusteet	6
5	Tuotannon tutkimus ja arvovirtakartoitus	8
5.1	Tuotantotutkimuksessa havaitut informaatiot	8
5.2	Tuotantoprosessin arvovirtakartoitus	9
5.3	Korjausprosessin tutkimus	10
5.3.1	Korjausprosessin kustannusarvio	10
5.4	Keskusvaraston arvovirtakartoitus	11
5.5	Koneistamon ja maalaamon arvovirtakartoitus	12
6	Prosessin kehittäminen	12
6.1	Ideaaliprosessin arvovirtakartoitus	13
6.2	Reaaliprosessin arvovirtakartoitus	13
6.3	Romutusprosessi	14
6.4	Korjausprosessin kehitysratkaisut	15
7	Jatkokehitys	15
7.1	Toleranssin uudelleenmäärittäminen	15
7.2	Varastomäärien uudelleenmitoittaminen	15
7.3	Korjausprosessin todellinen kustannus	16
8	Yhteenveto	16
	Lähteet	18
	Liitteet	
	Liite 1. Arvovirtakartan symbolit	
	Liite 2. Tuotantoprosessia havainnollistavat kuvat	

Liite 3. Korjausprosessia havainnollistavat kuvat

Liite 4. Keskusvaraston arvovirtakartta

Liite 5. Koneistamon ja maalaamon arvovirtakartta

Liite 6. Kehityspalavereissa muodostetut arvovirtakartat ja ideaaliprosessit

Liite 7. Ideaaliprosessia havainnollistavat kuvat

Liite 8. Reaaliprosessia havainnollistavat kuvat

Liite 9. Reaalikorjausprosessia ja romutusprosessia havainnollistavat kuvat

Lyhenteet ja määritelmät

C/T	Cycle Time. Vaiheaika. Työvaiheesta valmistuvien tuotteiden välinen aika.
CMRS	Complete Mouth Radiographic Series. Kokonainen kuvasarja potilaan hampaistosta intraoraaliröntgenlaitteella otettuna.
FIFO	First In First Out. Tuotantojärjestys, jossa ensimmäiseksi saapunut tuote lähtee ensimmäisenä pois.
JAS	Jälkiasennussarja.
K1	Komponenttikoonnoksen tietty osa.
K2	Komponenttikoonnoksen päätyosa.
Koma	Koneistamo ja maalaamo.
L/T	Lead Time. Läpimenoaika. Tuotteen koko prosessin tai työvaiheen läpikulkemiseen kuluva aika.
Lean	Toimintastrategia, jonka tavoitteena on korostaa hyvää virtaustehokkuutta.
P/T	Process Time. Prosessointiaika. Aika, jolloin tuote sitoo työntekijän.
TPS	Toyota Production Systems. Toyota Motor Companyn kehittämä tuotantojärjestelmä.
WIP	Work In Process/Progress. Pääomaa sitova keskeneräinen tuotanto.

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Planmeca Oy:lle, joka on Planmeca Group -konsernin emoyhtiö. Planmecan laajaan tuotevalikoimaan kuuluu korkealaatuisia hammaslääketieteen röntgenkuvantamislaitteita.

Intraoraaliröntgenlaitteen Planmeca ProX:n tuotannossa paketoidaan alihankinnasta tilattuja komponenttikoonnoksia, joista osan on havaittu vaikuttavan lopullisen laitekokonaisuuden laatuun negatiivisesti. Tuotantoon on kertynyt suuria määriä viallisia komponenttikoonnoksia, jotka korjataan käyttökelpoisiksi Planmecan tehdasalueella. Komponenttikoonnosten koko korjausprosessi voidaan luokitella lean-ajattelun mukaan hukaksi. Prosessi sisältää työvaiheita, jotka tehdään projektiluonteisesti hyödyntämällä tämän komponenttikoonnoksen korjaustyön osaavaa henkilökuntaa. Nämä työntekijät käyttävät korjaustöihin vain varsinaisista työtehtävistä mahdollista ylijäänyttä aikaa. Korjaustöihin on myös aika ajoin koulutettu lyhytaikaisia resursseja, kuten työ- ja kesäharjoittelijoita. Prosessin materiaalivirtaus on näin ollen vaihtelevaa. Prosessi sisältää myös työtiloja, jotka ovat olosuhteiltaan työntekijälle haastavia.

Työn tavoitteena on tutkia komponenttikoonnosten tuotantoprosessia, arvioida korjausprosessin tuottama lisäkustannus yksittäiselle komponenttikoonnokselle ja kehittää prosessia. Tutkimus toteutetaan arvovirtakartoittamalla nykyinen tuotantoprosessi kokonaiskuvan hahmottamiseksi ja lisäkustannuksen arvioinnin tueksi. Prosessien kehittäminen tehdään yhteistyönä korjausprosessiin vaikuttavan henkilökunnan kanssa arvovirtakarttoja hyödyntäen. Kehittämisen vaikutusalueeksi rajattiin Planmecan Suomessa sijaitseva tehdasalue. Kehitystyössä pyritään vähentämään lean-ajattelun määrittelemiä hukkia ja optimoimaan korjausprosessin tiedon ja materiaalin virtauksia.

Työ alkaa tarkastelemalla tuotannon ongelmia tarkemmin ja perehtymällä lean-ajattelun ja arvovirtakarttojen perusteisiin. Työ etenee tuotantoprosessin tutkimukseen ja päättyy korjausprosessin kehittämisen ratkaisuihin sekä mahdollisiin jatkokehitysideihin.

2 Planmeca

2.1 Planmeca Group

Planmeca Group on suomalainen terveydenhoitoalalla toimiva yhtiöryhmä, jonka toiminta jakautuu kuuteen liiketoiminta-alueeseen. Yhtiöryhmän pääyhtiöinä toimivat Planmeca Oy, Plandent Oy, Planmed Oy, LM-Instruments Oy, Opus Systemer AS sekä Triangle Furniture Systems Inc. Yhtiöryhmän pääkonttori sijaitsee Helsingin Herttoniemessä. Yritysten liikevaihto vuonna 2014 oli yhteensä 740 miljoonaa euroa ja niiden palveluksessa toimii maailmanlaajuisesti noin 2700 henkilöä. [1.]

Planmeca Groupin emoyhtiö Planmeca Oy suunnittelee, valmistaa ja markkinoi hammashoitolaitteita. Planmecan tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa hoitoyksiköt ja niiden oheistuotteet, röntgenlaitteet sekä digitaalisen kuvantamisen ratkaisuja ja ohjelmistoja. Planmeca on maailman kolmanneksi suurin hammaslääketieteen laitevalmistaja ja ainoa, joka tarjoaa potilastyöhön ja vastaanoton tiedonhallintaan kokonaisvaltaisen tuoteratkaisun.

Plandent Oy on jakeluyhtiö, joka kuuluu 12 maassa ympäri Eurooppaa toimivaan Plandent-liiketoimintaryhmään. Plandent myy ja markkinoi paitsi Planmeca Groupin myös muiden valmistajien tuotteita. Plandentin yritykset ovat hammastarvikeliikkeitä, jotka toimittavat suun terveydenhuollon ammattilaisille laitteita ja tarvikkeita lähes 40 000 nimikkeen valikoimasta sekä hoitavat laitteiden huollon. Plandentin palveluihin kuuluvat lisäksi vastaanottojen suunnittelu ja tuotteiden käyttöneuvonta.

Planmed Oy suunnittelee, valmistaa ja markkinoi mammografiaröntgenlaitteita ja niiden ohjelmistoja sekä laitteita ortopediseen kuvantamiseen. Planmedin mammografialaitevalikoimaan kuuluvat digitaaliset ja analogiset tutkimuslaitteet, stereotaktiset biopsialaitteet ja rinnanasettelujärjestelmät. Uusimpana mammografialaitteena on Planmed Clarity 3D, joka kuvantaa tarkasti hyvin pienetkin kalkkeumat ja verisuonet rinnan tomosynteessissä, joka puolestaan vahvistaa radiologien diagnostista varmuutta.

LM-Instruments Oy kehittää, valmistaa ja markkinoi hammashoidon käsiinstrumentteja, oikomishoidon tuotteita, ultraäänilaitteita ja jauhepuhdistimia. Yritys on alallaan Pohjoismaiden markkinajohtaja ja Euroopan nopeimmin kasvava käsi-

instrumenttien valmistaja. Käsi-instrumentit ovat suunniteltu ergonomia johtajatuksena. Paksumpi muotoilu, värikoodit, elastinen silikonipinta sekä keveys erottavat käsi-instrumentit edukseen kilpailijoiden tuotteista.

Opus Systemer AS on Norjassa toimiva Pohjoismaiden johtava hammaslääkäri vastaanoton tiedonhallintaohjelmistojen kehittäjä. Yrityksen päätuote Opus Dental on Pohjoismaiden käytetyin potilastiedonhallintaohjelmisto, joka on yhteensopiva Planmecan ohjelmistojen kanssa. Tämä kokonaisuus kerää hammaslääkärin vastaanoton kaiken digitaalisen tiedon yhteen tietokantaan, joten tieto on joustavasti ja luotettavasti arkistoitavissa ja saatavilla. Opus Dental -ohjelmisto täydentää ja vahvistaa Planmecan all in one -konseptia.

Triangle Furniture Systems Inc. on kanadalainen hammashoidon hoito- ja sterilointikaapistojen suunnittelija ja valmistaja. Yrityksen uusimpia innovaatioita on liiketunnistuksen avulla käsin koskematta toimiva kaapisto. Hoitokaapiston avulla hoitoympäristöön saadaan ergonomisesti ja hygieenisesti tuotua Planmecan hoitokonetta ja kuvantamislaitteita täydentävät hoidon työkalut, kuten pienlaitteet, tietokone, hoitajan näyttö ja hammastarvikkeet.

2.2 Planmeca ProX

Planmeca ProX -intraoraaliröntgenlaite on Planmecan laajasta röntgentuotevalikoimasta ainoa intraoraalikuvantamiseen tarkoitettu laite. Intraoraalikuvantamisella tarkoitetaan röntgenkuvantamista, jossa röntgenlaitteen säteilylähde asetetaan potilaan kasvojen läheisyyteen ja laitteen röntgensäteilyä vastaanottava komponentti eli kuvareseptori asetetaan potilaan suun sisään.

Kuvareseptorina voidaan käyttää röntgenfilmiä, kuvantamislevyä (Planmeca ProScanner) tai digitaalista anturia (Planmeca ProSensor HD). Säteilylähteen röntgensäteilyä tuottavan komponentin eli röntgenputken sädeannosta voidaan kontrolloida säätämällä valotusaikaa sekä anodin jännitteen ja virran arvoja. Kuvausarvojen säädettävyys eri kuvaustarpeisiin on valotusajalla 0,01–2 s, jännitteellä 50–70 kV ja virralla 2–8 mA. Laitteeseen on myös esiohjelmoitu eri kuvausarvoyhdistelmiä valitun kuvareseptorin, kohdealueen ja diagnostisen tarpeen mukaan. [2.] Planmeca ProX -laitteen röntgen-

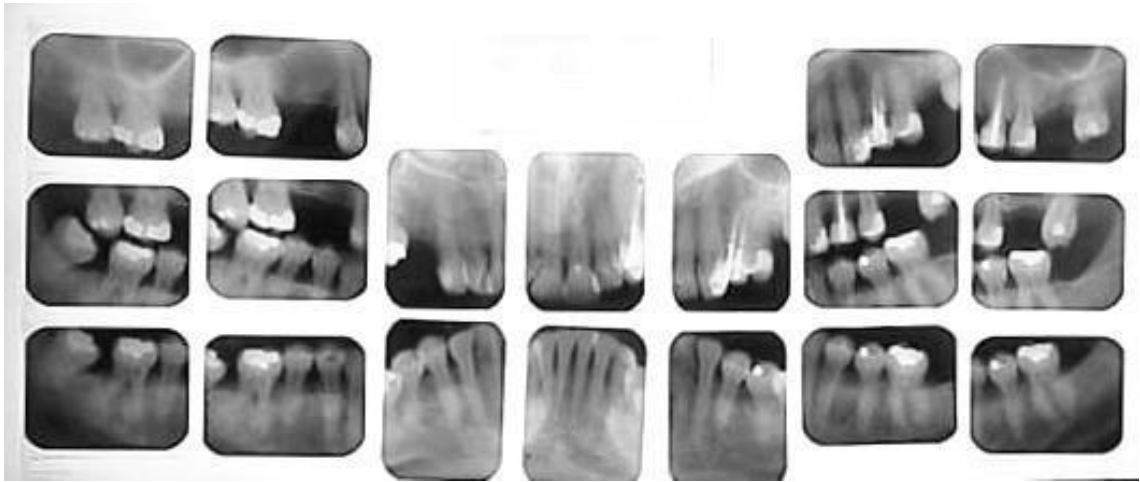
putken fokuskoolla 0,4 mm saa otettua edeltäjänsä (Planmeca Intra) 0,7 mm fokusko-
koa huomattavasti tarkempia kuvia.

Planmeca ProX voidaan asentaa joko seinään, pystytolppaan, kattoon, siirrettävälle
jalustalle tai Planmecan hammashoitokoneisiin (Planmeca Sovereign ja Planmeca
Compact). Useiden asennusvaihtoehtojen ansiosta laite on helppo sovittaa erilaisiin
vastaanottoihin.



Kuva 1. Planmeca ProX -intraoraaliröntgenlaite & Planmeca ProSensor HD -intraoraalianturit.

Intraoraalikuvantamisen etuja ovat muun muassa hyvin pienet säteilyannokset sekä kuvan erinomainen tarkkuus otettavasta kohteesta. Haittapuolena on potilaan suuhun asetettava kuvareseptori, jolla on omat tartuntariskinsä. [3.] Kuvareseptorin koosta joh-
tuva rajoittunut kuvausalue tuo myös omat haasteensa koko hampaistoa kuvattaessa. Koko hampaiston kuvantamiseen intraoraalikuvantamislaitteella tarvittaisiin 18 kuvan CMRS-kuvasarja (Complete Mouth Radiographic Series) [4, s. 435].



Kuva 2. CMRS-kvasarja.

CMRS-kvasarjan ottaminen on panoraamakuvaukseen verrattuna huomattavasti hitaampi ja suurempiin säteilyannoksiin altistava toimenpide. Panoraamakuvantamisessa hampaisto sekä leuan muut luut kuvautuvat yhteen kuvaan tasaisena rivistönä ilman merkittäviä päällekkäisyyksiä.



Kuva 3. Planmeca ProMax -laitteella kuvattu panoraamakuva.

3 Tuotantoprosessin ongelmat

Planmeca ProX:n tietyt komponenttikoonnokset tuotetaan ulkomaalaisella alihankkijalla, josta ne tuodaan Suomen tehtaalle Planmeca ProX:n tuotantoa varten. On havaittu,

että viallisten komponenttikoonnosten liiallinen kierous aiheuttaa epävakautta laitteiston tietyissä asennoissa. Tällä tavoin se vaikuttaa valmiin tuotteen laatuun negatiivisesti.

Komponenttikoonnoksen kieroutta mitataan siihen tarkoitettulla mittaustyöpisteellä digitaalista vatupassia käyttäen. Tuotekehityksessä on todettu, että tästä komponenttikoonnoksesta johtuva laitteiston epävakaumus ilmenee kierouden ollessa yli $0,30^\circ$. Näin ollen toleranssi kieroudelle on rajattu $0^\circ \pm 0,30^\circ$. Laatuksiteerit täyttävät komponenttikoonnokset paketoidaan mittauksen jälkeen toimitusta varten. Toleranssin ulkopuolelle jäävät vialliset komponenttikoonnokset hylätään tuotantolinjalta ja laitetaan viallisten komponenttikoonnosten lavoille odottamaan mahdollista korjaustyötä. Tarkasteltaessa laitekokonaisuutta asiakkaalle asennettuna on epäily, että tämä tuotantolinjalla tehtävä kierouden mittaaminen on ylilaatua.

Komponenttikoonnosten koko korjausprosessille ei ole varsinaisesti nimetty vastuuhenkilöä tai suunniteltu systeemiä, joka valvoisi ja ohjaisi prosessia jatkuvasti. Komponenttikoonnostien korjaustyö on suoritettu projektiluonteisesti hyödyntäen koman (koneistamo ja maalaamo) resurssien mahdollista ylijäänyttä aikaa varsinaisista työtehtävistä. Korjaustöihin on myös aika ajoin koulutettu lyhytaikaisia resursseja kuten työ- ja kesäharjoittelijoita.

4 Lean-ajattelun ja arvovirtakartoituksen perusteet

Lean on toimintastrategia, jonka tavoitteena on korostaa hyvää virtaustehokkuutta resurssitehokkuuden sijaan [5, s. 127]. Lean-ajattelun arvot juurtavat Toyotan luomasta tuotantojärjestelmästä nimeltä Toyota Production Systems (TPS). Toyota Motor Corporation on tämän tuotantojärjestelmän pääharjoittajia ja -kehittäjiä. [5, s. 77; 6, s. 430.]

TPS:n periaatteissa on kaksi peruspilaria, jotka ovat just-in-time ja jidoka. Just-in-time tarkoittaa virtauksen luomista sellaiseksi, että yritys toimittaa juuri sitä, mitä asiakas haluaa, juuri silloin kun asiakas sen haluaa ja juuri sen verran kuin asiakas haluaa. Jidokassa luodaan niin näkyvä ja visuaalinen organisaatio. Eli jos jokin haittaa tai estää virtausta, se huomataan heti ja siihen voidaan reagoida saman tien [5, s. 132–135; 6, s. 430]. Lean-ajattelussa on seitsemän erilaista hukkan muotoa, jotka ovat

- ylituotanto

- turha odottelu
- tarpeettomat kuljetukset
- ylilaaatu
- ylisuuret varastot
- tarpeettomat liikkeet
- virheet.

Näiden hukkien minimoimisella ja eliminoimisella tuotantoprosessista saavutetaan virtaustehokkaampi prosessi. [5, s. 74–77; 6, s. 435–436.] Peruspilarien toteuttamiseen on kehitetty monia menetelmiä ja työkaluja [5, s. 136–137]. Yksi näistä työkaluista on arvovirtakartoitus [7, s. 1–2].

Arvovirtakartoituksen tarkoituksena on rajata prosessin tarkastelualue (tämän insinööri-työn tapauksessa Planmecan Suomen tehdasalue) ja visualisoida prosessin materiaalin ja tiedon virtaukset. Materiaalivirta kuvaa prosessissa liikkuvan tuotteen kulkua ja tiedon virtaus kuvaa tuotetta liikuttavien työvaiheiden työnohjausta. Prosessin visualisointi arvovirtakartoittamalla helpottaa prosessin hahmottamista ja prosessin hukkien lähteiden tunnistamista lean-ajattelun näkökulmasta ja näin helpottaa prosessin kehittämistä kokonaiskuva huomioon ottaen. [7, s. 1–3.]

Arvovirtakartoittaminen tehdään seuraamalla prosessin tuotteen kulkua tehtaassa ja haastatteleamalla tuotteen jalostusta vaikuttavaa henkilökuntaa. Nämä informaatiot kuvataan arvovirtakartassa piirtämällä arvovirtakartta paikan päällä kynää, paperia ja pyyhekumia käyttäen [7, s. 9–10].

Informaatorajauksen hyvänä muistisääntönä on, että hyödyntää sekä kirjoittamista että arvovirtakartan symboleita ja pyrkii kuvaamaan koko prosessia mahdollisimman yksinkertaisesti A3-kokoiselle paperille. Näin informaatio ei kasva liian monimutkaiseksi ja sitä on helppo myöhemmin työstää. Tarkoituksena on, että arvovirtakartta on kaikkien prosessissa työskentelevien henkilöiden ymmärrettävissä ja että he oppisivat päivittäisellä työpanostuksellaan tunnistamaan hukan lähteitä [7, s. 2]. Mikäli arvovirtakartasta myöhemmin ilmenee informaatiopuutteita koko prosessin tai vain tietyn prosessin työvaiheen suhteen, voi arvovirtakartoituksen tehdä uudestaan uudella rajauksella.

Arvovirtakartoissa asiakas piirretään oikealle yläkulmaan ja prosessin tuotetoimittaja vasemmalle yläkulmaan. Asiakkaan ja toimittajan välille piirretään prosessin tuotetta jalostavat työvaiheet. Tuotteen materiaalivirta kulkee alhaalla vasemmalta oikealle ja tiedon virtaus ylhäällä oikealta vasemmalle. Selosteet arvovirtakartan perussymboleista, -merkinnöistä ja tässä insinööriyössä käytetyistä lisämerkinnöistä (kuva 5) on liitteessä 1 [7, s. 93–95].

Tässä insinööriyössä on yrityssalaisuuden vuoksi jätetty tarkat tuotantoajat ja -määrät pois.

5 Tuotannon tutkimus ja arvovirtakartoitus

5.1 Tuotantotutkimuksessa havaitut informaatiot

Kyseisiä komponenttikoonnoksia oli aiemmin haastavaa hankkia alihankkijoilta, joten silloin kun komponenttikoonnoksia oli saatavilla, täytyi niitä hankkia suuret määrät varastoon, jotta voitiin välttää komponenttikoonnosten puutteesta johtuvaa Planmeca ProX:n tuotannon hidastumista. Lean-ajattelussa ylisuurilla varastomäärillä on monia huonoja puolia, joista yksi on hidas reagointikyky tuotantovirheisiin. Jo ennen kuin päätös kierojen komponenttikoonnosten korjaamisesta oli tehty, niitä oli varastoitu jo suuria määriä odottamaan korjausta. Lisäksi tiedettiin, että keskusvarastossa olevien komponenttikoonnosten seassa tulee ilmenemään kieroja komponenttikoonnoksia lisää.

Tutkimuksen aikana ilmeni, että tuotekehityksessä on jo havaittu ja korjattu kierojen komponenttikoonnosten syy. Komponenttikoonnosten kierous johtui komponenttikoonnoksen tietyn osan suunnitteluvirheestä. Kutsutaan tätä osaa nimellä K1. K1:n koneistuskuvissa suoruuden mittaukseen valittu referenssipiste oli väärässä kohdassa. Koneistuskuvien muutos tehtiin 14.6.2013, johon varattiin tuotannolle siirtymäaikaa noin 10 viikkoa. Voidaan siis olettaa, että 1.9.2013 jälkeen lähetetyt komponenttikoonnokset olisivat kaikki uusien koneistuskuvien mukaan tuotettuja. Uudet komponenttikoonnokset saapuvat alihankkijalta suurien varastomäärien vuoksi Suomeen tuotantolinjalle pitkällä viiveellä. Kaikista tuotantolinjalle saapuneista komponenttikoonnoksista kierojen komponenttikoonnosten osuus oli vuonna 2015 noin 11 %.

Osa komponenttikoonnoston korjausprosessin työvaiheista tehdään kellarissa, jossa työtilan lämpötila ja ilmanvaihto tuo vuoden lämpiminä kausina työntekijälle lisähaasteita. Yrityksessä on käytössä tuotannonohjausjärjestelmä nimeltä Lean Systems. Komponenttikoonnoston todelliset määrät eivät muutamissa prosessin varastopaikoissa täsmää Lean Systemsistä katsottujen määrien kanssa. Komponenttikoonnostoksia on viittä eri variaatiota vaihtelevilla sisäänostohinnoilla.

Tämän insinööriyön loppuvaiheilla huomattiin, että harvoissa uusissa komponenttikoonnostoksissa saattoi ilmetä liiallista kieroutta. Tämä ilmeni vain joissain komponenttikoonnoston päätyösissa. Kutsutaan tätä osaa nimellä K2. Mikäli K2:n kiinnitysruuvien löysää ja kiristää uudestaan samanaikaisesti kääntäen K2:ta toisella kädellä, voidaan kieroutta hieman muokata, mutta vain yhteen suuntaan. On siis epäily, että ongelman voi korjata K2:ta korjaamalla joko tuotantolinjalla tai muokkaamalla K2:n suunnittelukuvia. Ongelma on tuotekehityksessä tutkinnan alla.

5.2 Tuotantoprosessin arvovirtakartoitus

Tutkimuksessa virran seuraamiseen valittiin variaatioista eniten myydyin malli, jonka osuus komponenttikoonnoston vuotuisesta kulutuksesta on 38 %. Tämän insinööriyön hintatiedot verrataan tämän mallin sisäänostohintaan.

Alihankkijalta saapuvat komponenttikoonnostokset varastoidaan keskusvarastoon, josta ne tarvittaessa tilataan päärakennuksen tuotantotiloihin päivän varoitusajalla yksi lava kerrallaan. Päärakennuksen tuotantotiloissa komponenttikoonnostoksista mitataan kierous ja tarkastetaan mahdolliset maaliviat. Mittauksen ja tarkastuksen jälkeen komponenttikoonnostokset siirretään tuotantolinjoille. JAS-linja (jälkiasennussarja) pakatoi komponenttikoonnostokset saman tien. Planmeca ProX -linjalla on puskurihylly, jonka kapasiteetti jokaista variaatiota kohden on 9. Planmeca ProX -linja pakatoi komponenttikoonnostoksen puskurihyllystä tarvittaessa. Mittauksen ja tarkastuksen suorittaa sen linjan henkilökunta, joka komponenttikoonnostosta tarvitsee. Paketoinnin jälkeen komponenttikoonnostokset kuljetetaan viimeistään työpäivän päätteeksi lähettämöön, josta ne toimitetaan asiakkaalle. Tuotantoprosessin arvovirtakartta (kuva 7) on liitteessä 2.

Keskeneräistä tuotantoa koko prosessissa kaikki variaatiot yhteenlaskettuna on 413582 % komponenttikoonnostoksen hinnasta (varastomäärät laskettu 12.2.2016).

5.3 Korjausprosessin tutkimus

Mikäli tuotantoprosessin mittaustyövaiheessa komponenttikoonnos todetaan kieroksi, sille ei tehdä maalivian tarkastusta, vaan se laitetaan kieroille komponenttikoonnoksille varatulle lavalle korjausprosessia varten. Lavan täytyessä siirretään se kellariin komponenttikoonnoksen purkua varten ja päivitetään siirrettävien komponenttikoonnosten määrät Lean Systemsiin varastosirtona 012-varastosta PI-varastoon. Purun jälkeen K1:t kuljetetaan komaan korjaukseen ja loput komponenttikoonnosten osat varastoidaan myöhempää kokoonpanoa varten. Yhden tietyn variaation K1:t romutetaan korjauksen sijaan. Tässä vaiheessa tehdään varastosaldojen siirto PI-varastosta PKM-varastoon.

K1:n tultua komasta takaisin päärakennuksen kellariin, kootaan nämä puretut osat takaisin komponenttikoonnokseksi ja tehdään tarkastusmittaus. Korjatut komponenttikoonnokset siirretään tarvittaessa kellarista lavoittain tuotantolinjalle, jossa niille tehdään vain maalipinnan tarkastus ennen paketoimista tai hyllytystä. Näiden korjattujen komponenttikoonnosten siirrot päivitetään varastosaldoihin saldokorjauksena vähentämällä PI-varastosta siirrettyjen komponenttikoonnosten määrä ja lisäämällä siirtona sama määrä 012-varastoon.

Varastosirroissa tapahtuu siis päällekkäispäivityksiä niin, että PI-varastosta vähennetään samat komponenttikoonnokset kaksi kertaa ja PKM-varastoon lisätään vain komponenttikoonnoksia, eikä niitä vähennetä systemaattisesti. Tämä johtaa siihen, että Lean Systemsin varastosaldoista katsotut PI- ja PKM-varastojen komponenttikoonnosten määrät eivät vastaa todellisuudessa olevia komponenttikoonnosten määriä. Korjausprosessia havainnollistava kuva 8 on liitteessä 3.

5.3.1 Korjausprosessin kustannusarvio

Yrityksessä on mittaustuloksiin perustuva Microsoft Excel -pohjainen laskentatyökalu. Korjausprosessin kustannusarvion laskemisessa hyödynnetään arvovirtakartoista saatavien informaatioiden lisäksi tätä materiaalivirtojen kustannustyökalua, joka on aiemmin tehty diplomityönä yrityksen sisäiseen käyttöön.

Korjausprosessin eri vaiheiden kustannusarviot on laskettu seuraavien kaavojen mukaisesti:

$$\text{työvaihe} = \text{tuotantotyöntekijän tuntikustannus} \times \text{työvaiheen kesto}$$

$$\text{toimitus} = \frac{\text{toimituksen neliökustannus} \times \text{käytettyjen lavaneliöiden määrä}}{\text{siirretyt komponenttikoonnot}}$$

$$\text{siirto (hissikuljetus)} = \frac{\text{tuotantotyöntekijän tuntikustannus} \times \text{siirtoaika}}{\text{siirretyt komponenttikoonnot}}$$

$$\text{välivarasto} = \text{lavojen käyttämä lattiapinta} - \text{ala} \times \text{varastoneliön päiväkustannus}$$

Komponenttikoonnossiirtojen kertamäärä on laskettu keskiarvo päivien 1.1.2015–1.1.2016 siirroista. Koman koneistuksen ja maalauksen kustannukset katsottiin Lean Systemsistä ja koman välivarastojen kustannusarvio laskettiin seuraavasti:

$$\frac{\text{kahden lavan käyttämä lattiapinta} - \text{ala} \times \text{varastoneliön päiväkustannus} \times \text{korjauksen kesto}}{\text{yhden lavan komponenttikoonnoton määrä}}$$

Koman muut työvaiheet laskettiin aiemmin mainitun työvaihekaavan mukaisesti.

Korjausprosessin tuoma lisäkustannus yksittäiselle komponenttikoonnotukselle on noin 34 % komponenttikoonnotuksen hinnasta.

5.4 Keskusvaraston arvovirtakartoitus

Komponenttikoonnoton saapuessa alihankkijalta keskusvarastoon tehdään niille vastaanotto tarkastus, jossa tarkastetaan vastaako rahtikirja vastaanotettuja tuotteita ja päivitetään varastosaldot Lean Systemsiin. Vastaanottotarkastuksen jälkeen komponenttikoonnotukset varastoidaan. Komponenttikoonnoton tilauksen tultaessa päärakennuksesta, siirretään keskusvarastoon ensimmäisenä saapunut komponenttikoonnotoslava varastopaikoilta keskusvaraston lähtölaiturille ja sitä kautta kuljetetaan seuraavana aamuna päärakennukseen. Kiireellisissä tapauksissa voidaan komponenttikoonnotukset pikatoimituksena toimittaa päärakennukseen myös samana päivänä. Keskusvaraston arvovirtakartta (kuva 11) on liitteessä 4.

5.5 Koneistamon ja maalaamon arvovirtakartoitus

Komponenttikoonnoksen K1:n varsinainen korjaustyö tehdään komassa. K1:lle tehdään muutuskoneistus, jossa K1 muuntuu toisen variaation K1:ksi. Muutuskoneistuksen jälkeen K1:lle tehdään korjauskoneistus uusien koneistuskuvien mukaan. Koneistetusta K1:stä hiotaan vanha maalipinta pois ja maalataan uusiksi. Lopuksi K1:lle tehdään vielä maalipinnan tarkastus, jonka jälkeen se kuljetetaan takaisin päärakennukseen. Komasta päärakennukseen kuljetetaan viikoittain suunnilleen ennalta määrätty K1:n määrä ja kuljetetut K1:n määrät lähetetään sähköpostina tuotantolinjan työjohtajalle. Koman arvovirtakartta (kuva 12) on liitteessä 5.

6 Prosessin kehittäminen

Korjausprosessin kehittämisessä mietitään ensiksi, miltä koko tuotantoprosessi näyttäisi, jos voitaisiin aloittaa ikään kuin puhtaalta pöydältä ilman rajoituksia. Tätä kutsutaan ideaaliprosessiksi. Ideaaliprosessin muodostettua asetetaan jokin määräaika lähitulevaisuuteen ja mietitään, miten nykyistä prosessia voisi realistisesti muuttaa, jotta saavutetaan ideaaliprosessin asettamia tavoitteita. Tällaista prosessia kutsutaan reaaliprosessiksi.

Kehityspalavareissa mietittiin yhdessä komponenttikoonnosten korjausprosessiin vaikuttavan henkilökunnan kanssa mahdollisia kehitysideoita. Ensimmäisessä ryhmäpalaverissa perehdyttiin tuotanto- ja korjausprosessin työvaiheisiin ja saavutettiin prosessin kokonaiskuvan ymmärrys. Toisessa ryhmäpalaverissa perehdyttiin lean-ajattelun hukiin, kehitettiin erilaisia näkemyksiä ideaaliprosessista ja muodostettiin ideaaliprosessien ominaisuuksista eli kehitysideoista reaaliprosessi. Liitteessä 6 on valokuvia kehityspalavereissa muodostetuista arvovirtakartoista ja ideaaliprosesseista.

Yrityksessä on kehitteillä korjaustiimi, jonka työnkuvaan kuuluu yrityksen tuotantolinjojen viallisten komponenttien korjaaminen. Korjaustiimin työpiste sijaitsee päärakennuksen kolmannessa kerroksessa. Korjaustiimin avulla saadaan siirrettyä korjausprosessin kellarissa sijaitsevat työvaiheet parempiin työolosuhteisiin.

6.1 Ideaaliprosessin arvovirtakartoitus

Ideaaliprosessissa alihankkija olisi yritys lähietäisyydeltä, jotta mahdollisiin tuotantovirheisiin ja muihin tuotantoon liittyviin ongelmiin voisi yhdessä reagoida nopeasti. Alihankkijalta tulisi päivittäin henkilökuntaa tarkastamaan päärakennuksen tuotantolinjan komponenttikoonnospuskuria ja toimittaisi päivittäisen tarpeen. Heillä olisi komponenttikoonnosten laatutarkastus omalla tehtaalla ja laskutuksen yhteydessä he lähettäisivät laaturaportin Planmecalle. Ideaaliprosessin arvovirtakartta (kuva 18) on liitteessä 7.

6.2 Reaaliprosessin arvovirtakartoitus

Reaaliprosessissa päärakennuksen tuotantolinjojen tuotevarastot siirretään keskusvarastolta päärakennuksen kellariin eli alihankkijat toimittavat tuotteet suoraan päärakennukseen, jossa tuotteille tehdään vastaanottotarkastus. Näin saavutetaan tehdasalueen rakennusten väliset materiaalivirtaukset ideaaliprosessin kaltaiseksi. Uusien komponenttikoonnosten lavat merkataan vastaanottotarkastuksessa esimerkiksi kiinnittämällä lavaan iso vihreä lappu ennen varastointia.

Varastoon siirrettäessä tehdään Lean Systemsiin varastokirjaus lisäämällä komponenttikoonnosten määrät 010-varastoon. Tuotantolinjojen välittömässä läheisyydessä olevat komponenttikoonnoslavat siirretään kellariin ja komponenttikoonnoksia tuodaan tarvittaessa sieltä mittaukseen rullakolla vain pieniä määriä kerralla. Lavapaikoista vapautuva arvokas lattiatila saadaan tuotannon käyttöön varastoimisen sijaan. Planmeca ProX -linja tyhjentää komponenttikoonnospuskurinsa yhden variaation osalta nopeimmillaan noin kahden tunnin ajalla, joten puskurin tyhjentymisen reagoimiseen on hyvin aikaa. JAS-linja tietää päivittäisen työtilauksensa ja voi näin hakea oikean määrän komponenttikoonnoksia paketointiin. Tuotantolinjat vähentävät varastosaldoista 010-varaston komponenttikoonnoksia paketoinnin jälkeen. Reaaliprosessin arvovirtakartta (kuva 21) on liitteessä 8.

Reaaliprosessissa kierojen komponenttikoonnosten korjausprosessiin muodostettiin kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa koko korjaustyö suoritetaan yhä Suomen tehdasalueella. Toisessa vaihtoehdossa ideana on ulkoistaa suurin osa korjaustyöstä alihankkijalle romuttamalla kierot K1:t. Kutsutaan toista vaihtoehtoa romutusprosessiksi.

Koska uudet lavat merkataan vastaanottotarkastuksessa aiemmin, niin komponenttikoonnoston siirtyessä kellarista tuotantolinjalle tiedetään, onko kyseessä vanha vai uusi komponenttikoonnos. Mikäli komponenttikoonnos todetaan mittauksessa kieroksi, niin vanhat komponenttikoonnokset siirretään korjauslavalle.

Uusista komponenttikoonnostoksista vaihdetaan K2 ja mitataan kierous uudestaan. K2:ia säilytetään samassa rullakossa, jolla komponenttikoonnostoksia kuljetetaan. Mikäli K2:n vaihto ei korjaa kieroutta, niin näin voidaan seuloa viallisia näytekappaleita myöhemmää tutkintaa varten ja saadaan laskettua kierojen komponenttikoonnoston osuus uusista komponenttikoonnostoksista. Kun korjauslavalle kertyy ennalta sovittu määrä komponenttikoonnostoksia, todetaan tämä lava täydeksi ja siirretään se kolmannen kerroksen korjauspisteelle komponenttikoonnoston purkua varten. Siirrettyjen komponenttikoonnoston määrät päivitetään varastosaldoihin siirtona 010-varastosta PKM-varastoon. Komponenttikoonnoston purussa K1:t tiettyä variaatiota lukuun ottamatta siirretään korjauslavalle ja loput komponenttikoonnoston osat varastoidaan myöhemmää kokoonpanoa varten. Tämän tietyn variaation K1 romutetaan.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa K1:n uudelleenkonstruktio tulee tapahtumaan työn vaatimuksen vuoksi vielä komassa, joten korjauslava kuljetetaan komaan. Korjauslavan saavuttua viikon kuluttua komasta takaisin päärakennuksen kolmanteen kerrokseen, kootaan nämä K1:t kokonaisiksi komponenttikoonnostoksiksi ja tehdään tarkastusmittaus. Korjauslava toimii siis visuaalisena signaalina korjaustyölle koko korjausprosessin ajan. Korjattujen komponenttikoonnoston lava siirretään tuotantolinjalle ja päivitetään varastosaldoihin siirrettyjen komponenttikoonnoston määrät siirtona PKM-varastosta 010-varastoon. Tuotantolinjalla korjattujen komponenttikoonnoston lavalta otetuille komponenttikoonnostoksille tehdään vain maalipinnan tarkastus ennen paketoimista tai hyllytystä. Reaalikorjausprosessia havainnollistava kuva 22 on liitteessä 9.

6.3 Romutusprosessi

Romutusprosessissa kolmannen kerroksen purun jälkeen K1-lava siirretään kellariin romutettavaksi ja tilataan alihankkijalta uudet korvaavat K1:t kokoonpanoa varten. Kokoonpanon ja tarkastusmittauksen jälkeen korjattujen komponenttikoonnoston lava siirretään tuotantolinjalle ja lisätään siirrettyjen komponenttikoonnoston määrät 010-varastoon. Romutusprosessia havainnollistava kuva 24 on liitteessä 9.

6.4 Korjausprosessin kehitysratkaisut

Reaaliprosessissa kierojen komponenttikoonnosten korjaustyön vaihtoehtoista valitaan ensimmäinen vaihtoehto, koska se on kustannusarviolta halvempi vaihtoehto. Ensimmäisen vaihtoehdon kustannusarvio vanhalle komponenttikoonnokselle on noin 32 % komponenttikoonnoksen hinnasta ja toisen vaihtoehdon on noin 12 % komponenttikoonnoksen hinnasta + korvaavan K1:n hinta. K1:n hinnat vaihtelevat variaatioiden mukaan 37–46 % komponenttikoonnoksen hinnasta. Uudelle komponenttikoonnokselle korjaustyön kustannusarvio on noin 3 % komponenttikoonnoksen hinnasta.

7 Jatkokehitys

Lean-ajattelun luonteeseen kuuluu jatkuva kehittäminen. Tästä johtuen prosessin kehittäminen tämän insinööriyön jälkeen on luonnollista. Seuraavana on muutamia jatkokehitysideoita, jotka ei ollut tämän insinööriyön aikana vielä ajankohtaista tai ei ehditty toteuttamaan.

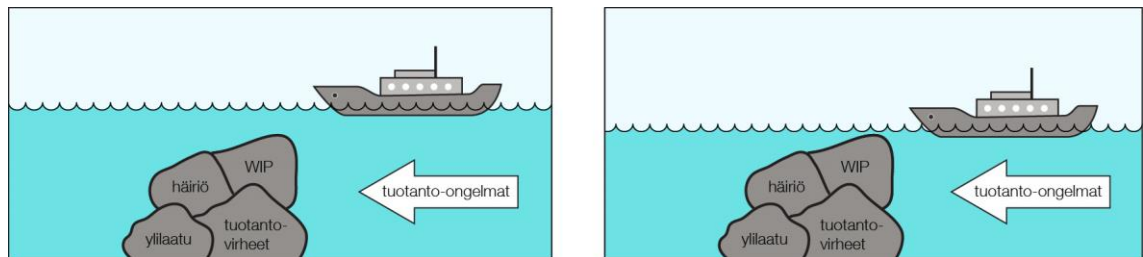
7.1 Toleranssin uudelleenmäärittäminen

Komponenttikoonnosten kierouden toleranssi on aiemmin päätetty ilman tarkempia tutkimustuloksia. Tästä johtuen on epäily, että tuotannossa tehtävä kierouden mittaus on turhaa työtä ja ylilaatua. Yrityksessä on mekaniikkalaboratorio, jossa voi tehdä tutkimuksia uuden toleranssirajan määrittämistä varten, jotta välttyttäisiin ylilaadulta. Mekaniikkalaboratoriossa voisi tutkia myös, jos olisi mahdollista kehittää jokin luotettava säätömekanismi koko laitteistolle, jolla voisi korjata mahdolliset laitteiston epävakaudet asennuksen jälkeen. Näin tuotannosta voisi jättää mittauksen kokonaan pois.

7.2 Varastomäärien uudelleenmitoittaminen

Ylisuuri varasto on prosessiin sitoutuvaa pääomaa, joka peittää tuotannon todellisia ongelmia [5, s. 75]. Varaston huomaamattomat ongelmat voidaan kuvata joki-analogialla kuvassa 4. Analogiassa prosessia kuvataan veneenä, ongelmat kivinä joen pohjalla ja vedenpinta varastona. Vaikka kiviä ei korkeasta vedenpinnasta johtuen pro-

sessissä näy, hidastavat ne virtausta ja aiheuttavat virtauksessa pyörteitä. Laskemalla vedenpintaa asteittain tulevat prosessin suurimmat ongelmat ensimmäisenä esiin, joita voidaan systemaattisesti eliminoida. [6, s. 432.] Komponenttikoonnoston saanti alihankinnasta on vakioitunut ja heti keskusvaraston siirryttyä päärakennuksen kellariin, selviää komponenttikoonnostolle käytettävä varastotila. Näillä tiedoilla voidaan varastomäärät mitoittaa uusiksi ongelmien eliminoimiseksi.



Kuva 4. Joki-analogia varaston vaikutuksesta prosessin ongelmiin.

7.3 Korjausprosessin todellinen kustannus

Alihankkijan ilmoittamista tuotantokustannuksista laskettu korjauskustannus on noin 18 % komponenttikoonnoston hinnasta, joka on koman korjauskustannusta kalliimpi. Tästä johtuen on epäily, että tämän insinööriyön kustannusarvio on huomattavasti todellista korjauskustannusta halvempi. Kotimaiselta alihankkijalta on mahdollista kysyä tarjouspyyntöä komponenttikoonnoston korjaukselle todellisten kulujen arvioimiseksi. Kierojen komponenttikoonnoston osuuden uusista komponenttikoonnostoksista ja todellisten kulujen selvittyä, voidaan reaali prosesseja vertailla päivitettyillä tiedoilla.

8 Yhteenveto

Tuotantotutkimuksen päätavoitteena oli luoda komponenttikoonnoston koko tuotantoprosessin arvovirtakartta, laskea korjausprosessin kustannusarvio ja kehittää prosessia.

Työn aikana perehdyttiin Planmecan tehdasalueen tuotantoprosessin eri organisaatioiden toimintaan sekä kelloitettiin arvovirtakartan työvaiheiden ajat. Arvovirtakartoituksella saavutettiin tärkeitä tuotannon tietoja, kuten normaalin tuotannon läpimenoaika ja

keskeneräisen tuotannon arvo. Lisäksi työssä tuotiin arvovirtakartan avulla tuotantoprosessissa työskentelevän henkilökunnan tietoisuuteen lean-ajattelun määrittelemät hukkan lähteet ja niiden tunnistamisen keinot normaalissa päivittäisessä työpanostuksessa.

Koko korjausprosessi luokitellaan lean-ajattelussa hukaksi ja hukkan kustannukseksi arvioitiin 34 % yksittäisen komponenttikoonnoksen sisäänostohinnasta.

Työn tuloksena luotiin sekä tuotanto- että korjausprosessia kehittävät arvovirtakartat. Uusissa arvovirtakartoissa toteutettiin työn alussa asettama tavoite eli korjausprosessin materiaalivirtauksen tasaaminen ja tiedon virtauksen yksinkertaistaminen. Lisäksi saavutettiin työn aikana asettamia uusia tavoitteita, kuten haastavien työolosuhteiden parantaminen ja pidemmän tähtäimen hukkien minimoiminen.

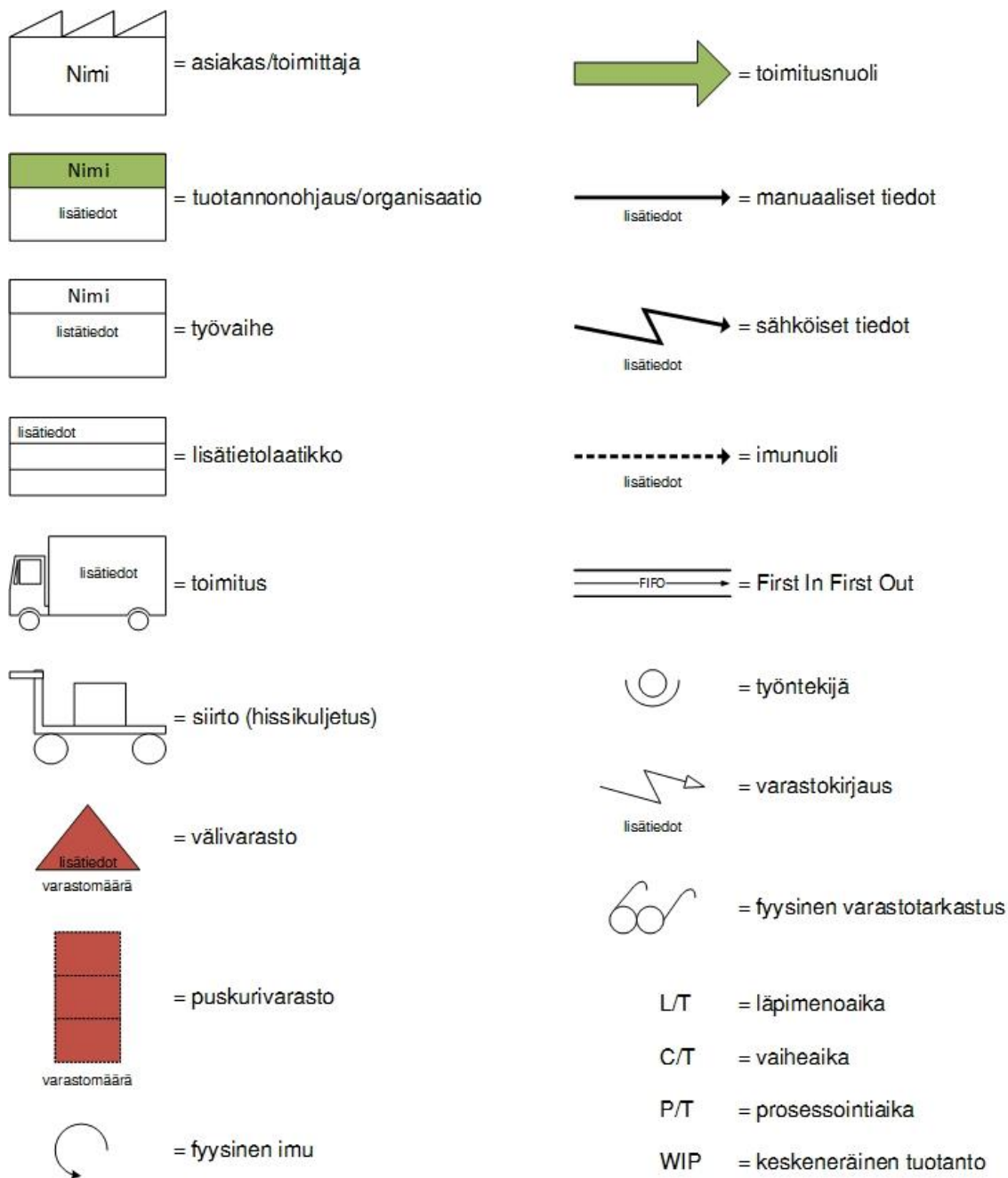
Uusien arvovirtakarttojen toteuttaminen on jo osittain alkanut ja jatkokehitykselle on runsaasti varaa.

Lähteet

- 1 Planmeca Group – asiantuntijavoimaa. Verkkodokumentti.
<<http://www.planmeca.com/fi/Yritys/Planmeca-Group/>>. Luettu 13.10.2015.
- 2 Planmeca ProX. Verkkodokumentti.
<<http://www.planmeca.com/fi/Rontgenlaitteet/Intraoraalikuvantaminen/Planmeca-ProX/>>. Luettu 15.10.2015
- 3 Intraoral imaging in a nutshell. Verkkodokumentti.
<<http://www.soredex.com/en/intraoral-imaging/>>. Luettu 15.10.2015
- 4 Michael G. Newman, Henry H. Takei, Fermin A. Carranza. 2002. Carranza's Clinical Periodontology, 9th Ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- 5 Niklas Modig, Pär Åhlström. 2013. Tätä on Lean, 3. painos. Ruotsi: Rheologica Publishing.
- 6 Nigel Slack, Stuart Chambers, Robert Johnston. 2010. Operations Management, 6th Ed. Harlow: Pearson Education Limited.
- 7 Mike Rother, John Shook. 2009. Learning to See, Ver. 1.4. Cambridge: Lean Enterprise Institute.

Arvovirtakartan symbolit

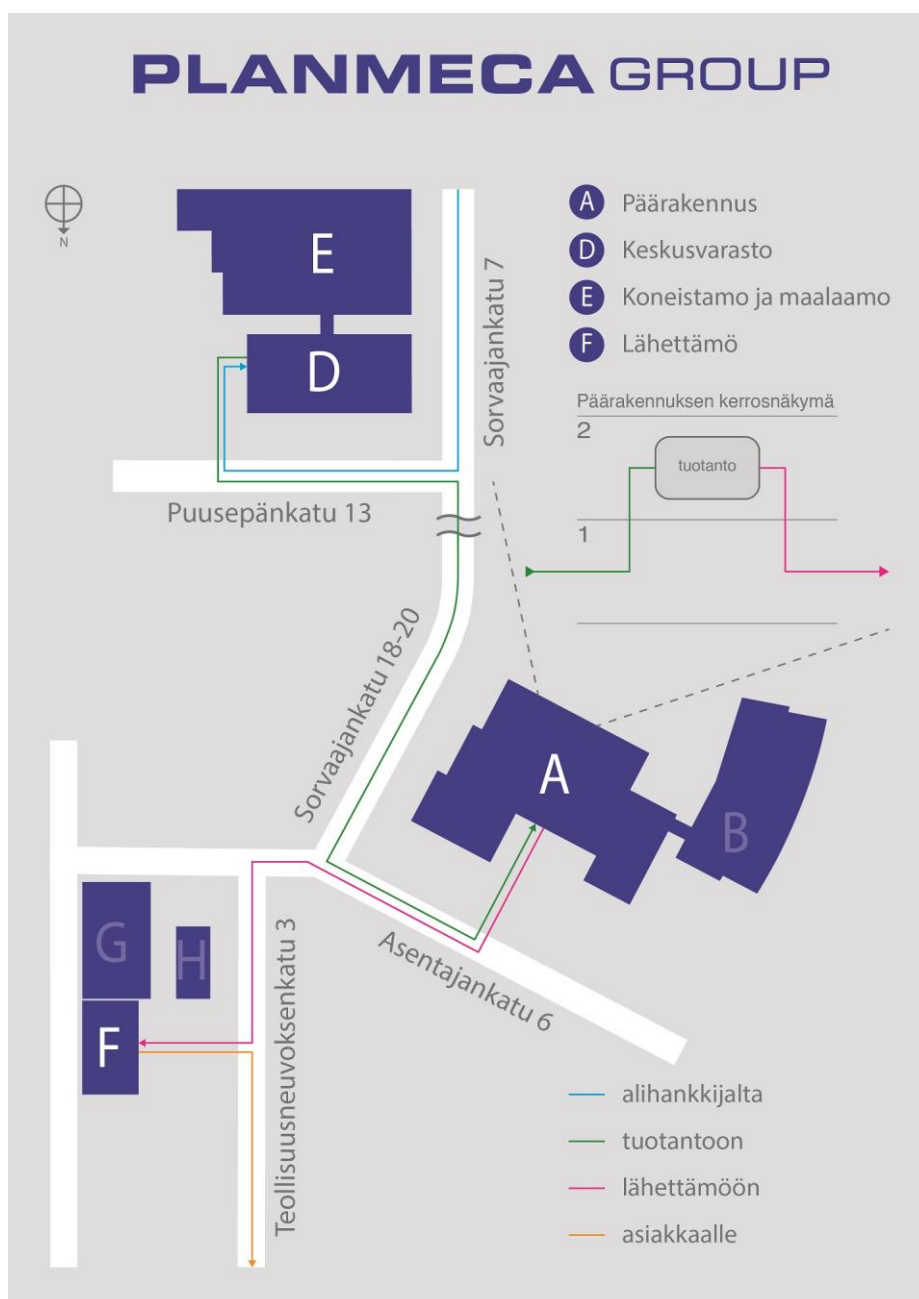
Kuvassa 5 on selosteet tässä insinööriyössä käytetyistä arvovirtakartan perussymboleista, -merkinnöistä ja lisämerkinnöistä.



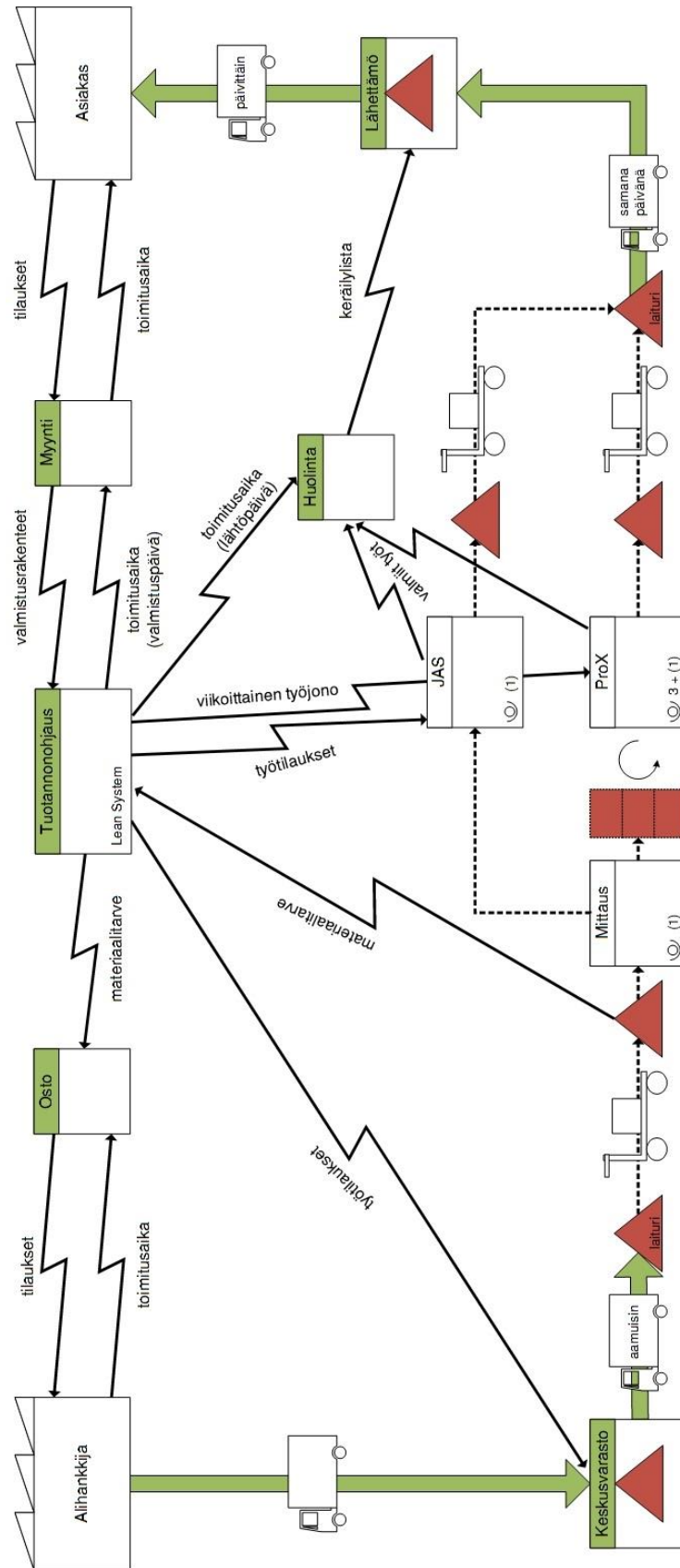
Kuva 5. Arvovirtakartan symboliselosteet.

Tuotantoprosessia havainnollistavat kuvat

Tuotantoprosessin arvovirtakartan tukena oleva spagettidiagrammi tuotantoprosessin materiaalivirroista tehdasalueen rakennusten ja päärakennuksen kerrosten välillä (kuva 6) ja tuotantoprosessia havainnollistavat arvovirtakartta (kuva 7).



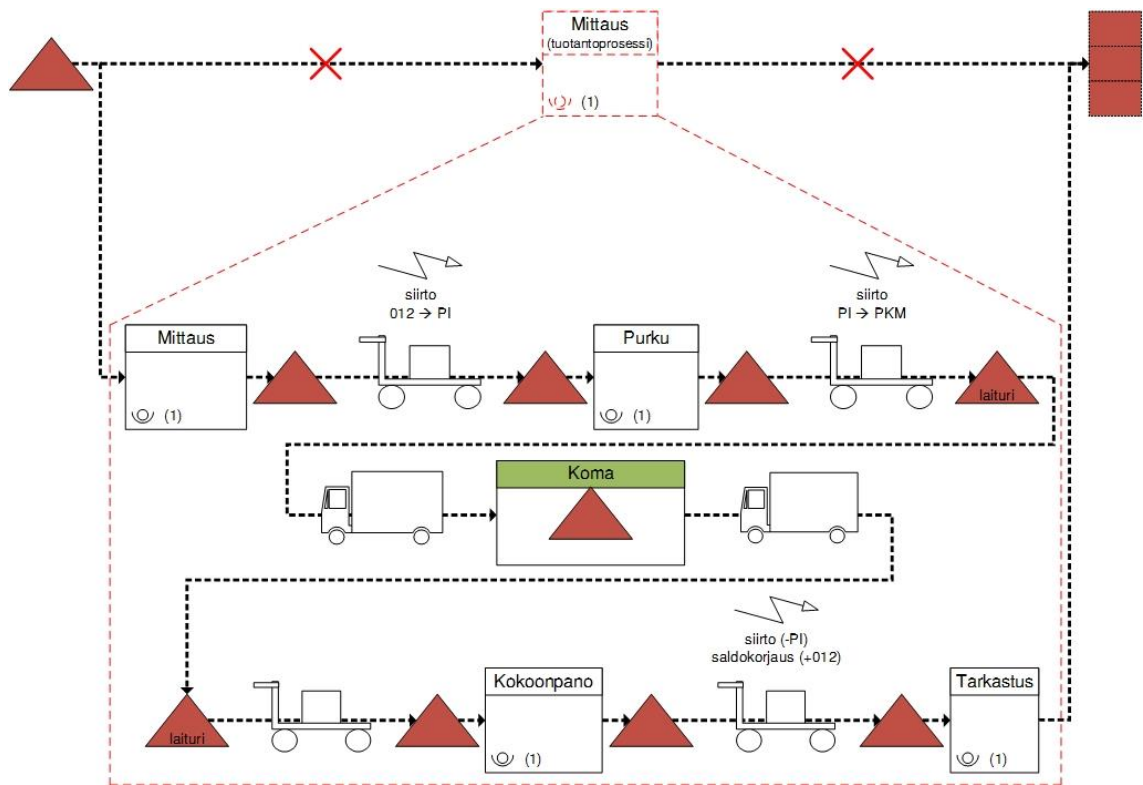
Kuva 6. Spagettidiagrammi tuotantoprosessin materiaalivirroista tehdasalueen rakennusten ja päärakennuksen kerrosten välillä.



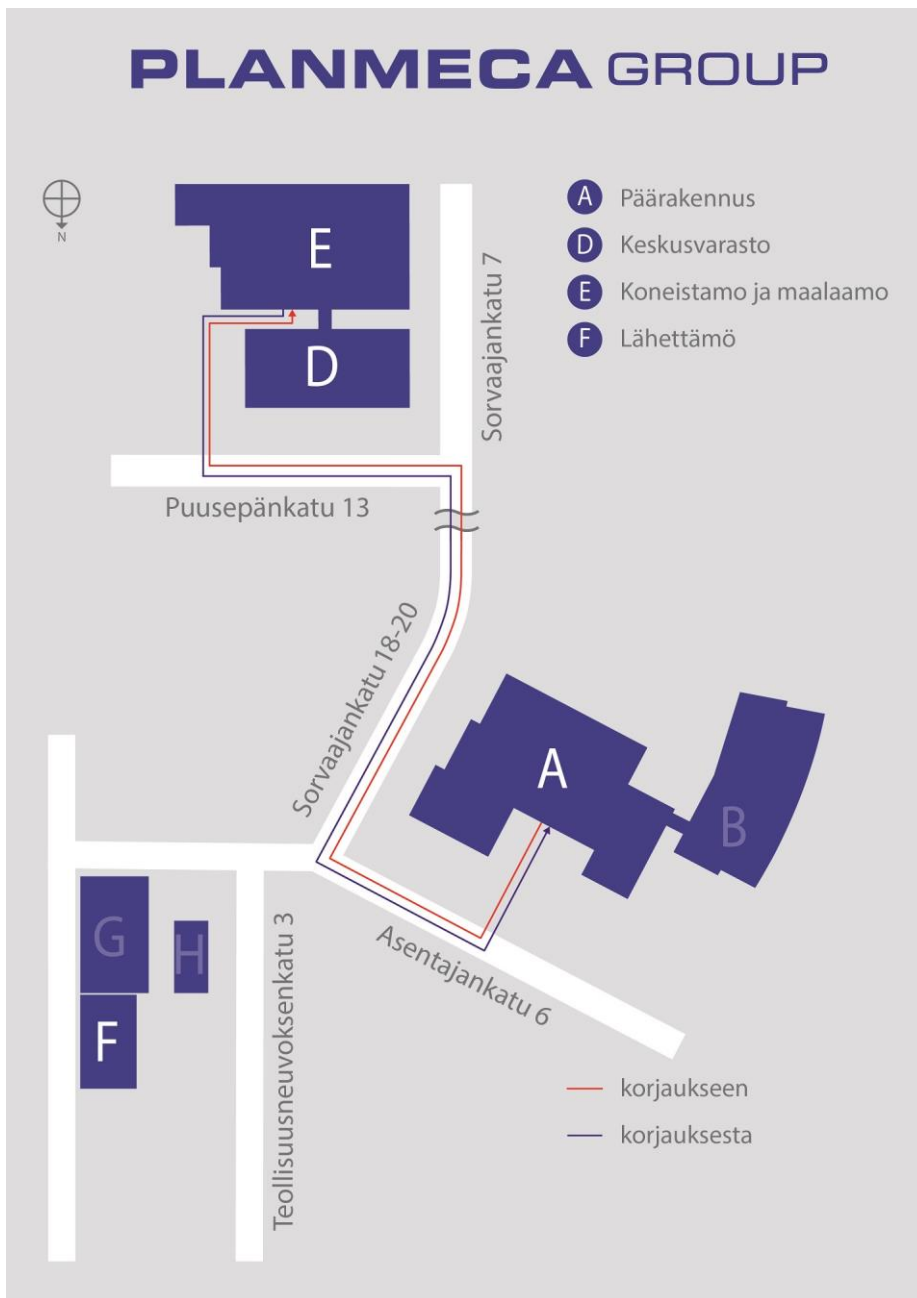
Kuva 7. Tuotantoprosessin arvovirtakartta.

Korjausprosessia havainnollistavat kuvat

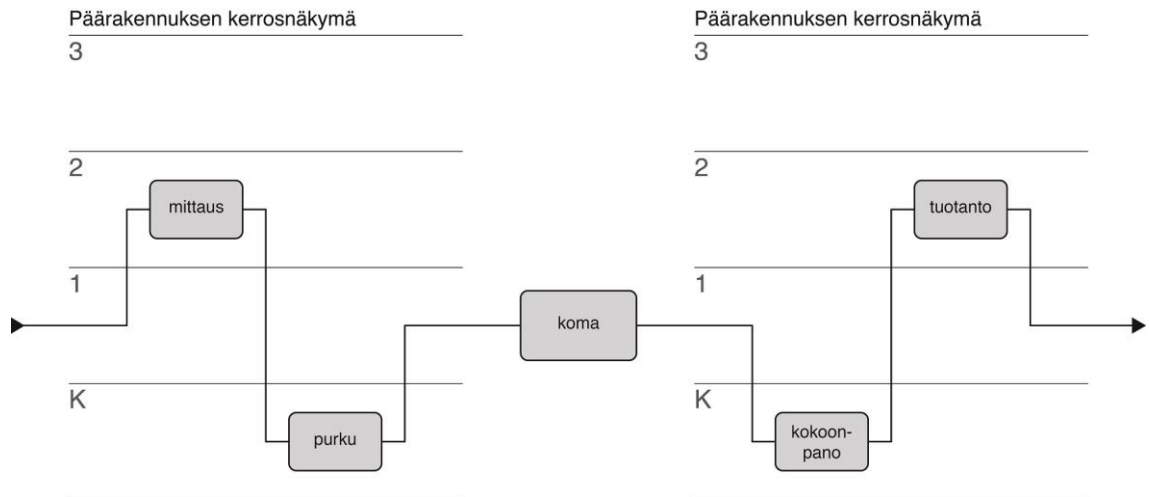
Korjausprosessia havainnollistava kuva 8, sen tueksi spagettidiagrammi K1:n korjauskuljetuksista päärakennuksen ja koman välillä (kuva 9) ja spagettidiagrammi korjausprosessin materiaalivirroista päärakennuksen kerrosten ja koman välillä (kuva 10).



Kuva 8. Korjausprosessia havainnollistava kuva.



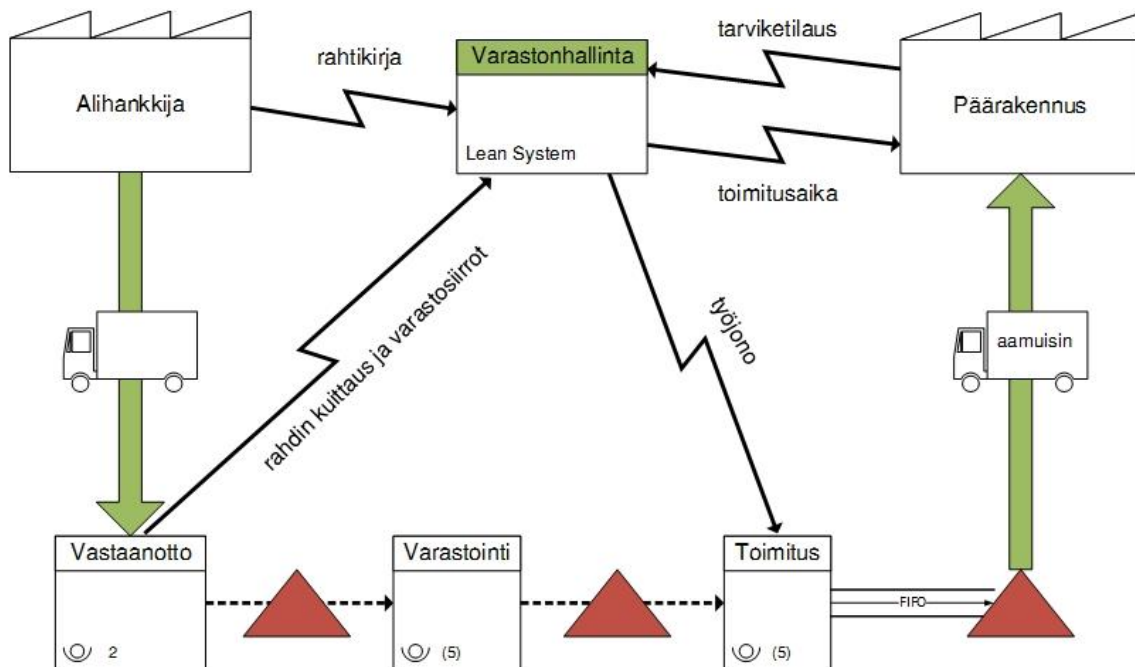
Kuva 9. Spagettidiagrammi K1:n korjauskuljetuksista päärakennuksen ja koman välillä.



Kuva 10. Spagettidiagrammi korjausprosessin materiaaliavirroista päärakennuksen kerrosten ja koman välillä.

Keskusvaraston arvovirtakartta

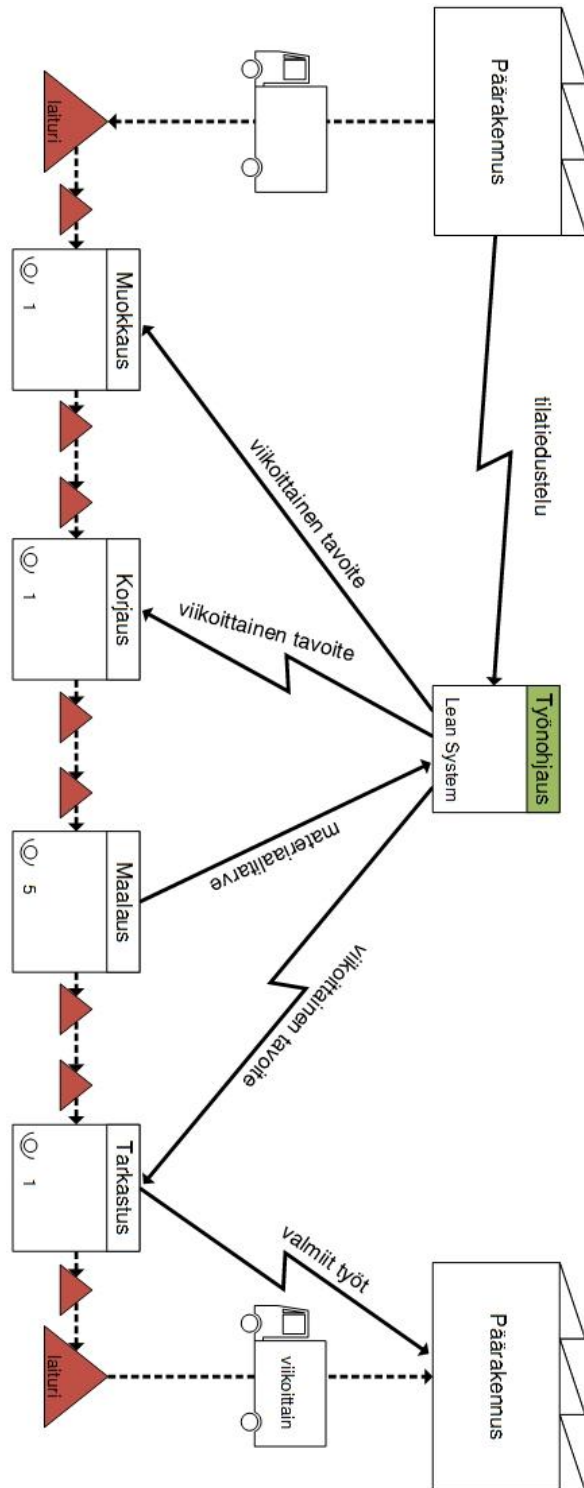
Kuvassa 11 on keskusvaraston toimintaa havainnollistava arvovirtakartta.



Kuva 11. Keskusvaraston arvovirtakartta.

Koneistamon ja maalaamon arvovirtakartta

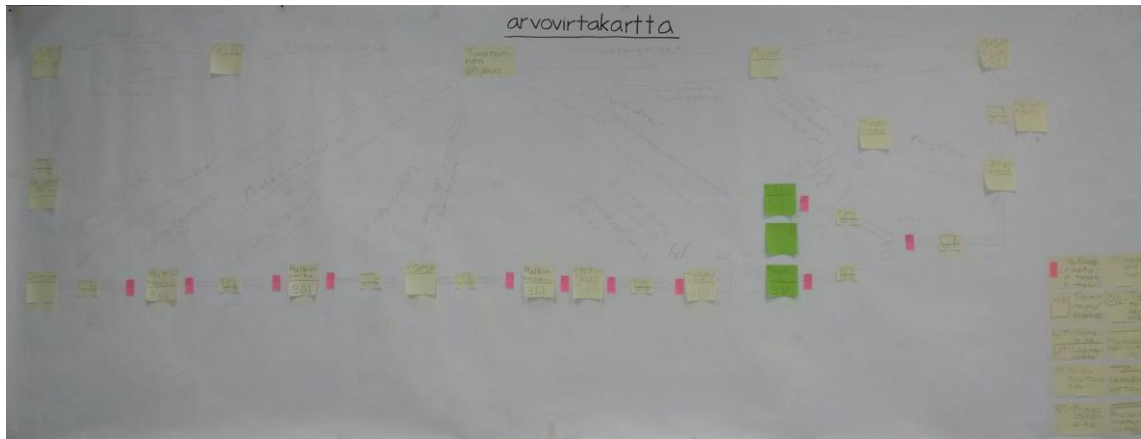
Kuvassa 12 on koman toimintaa havainnollistava arvovirtakartta.



Kuva 12. Koneistamon ja maalaamon arvovirtakartta.

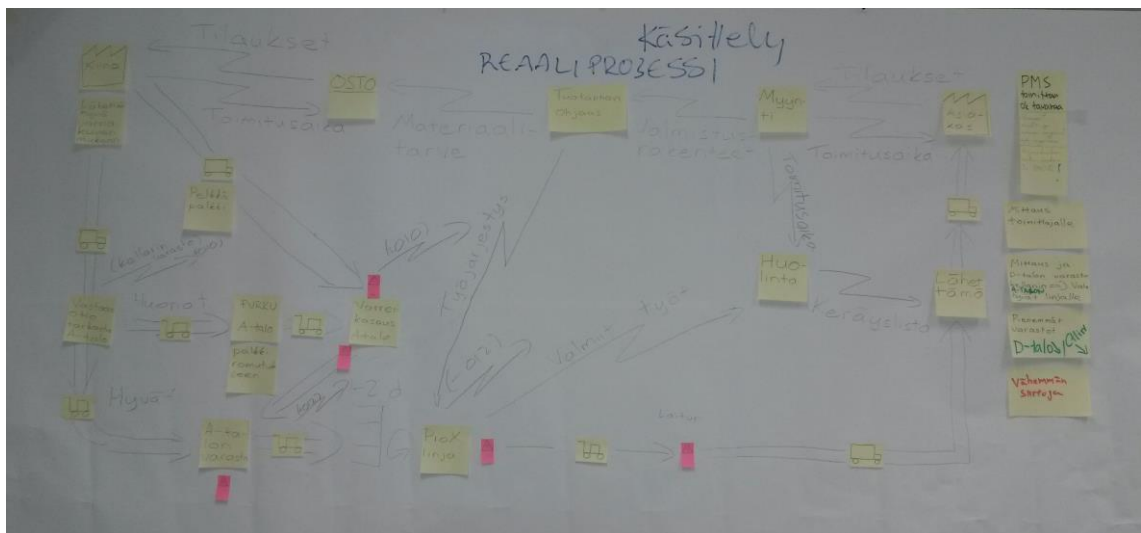
Kehityspalaverissa muodostetut arvovirtakartat ja ideaaliprosessit

Kuva 13 on sensuroitu valokuva kehityspalaverissa muodostetusta kieron komponenttikoonnoksen tuotannon nykyprosessin arvovirtakartasta.



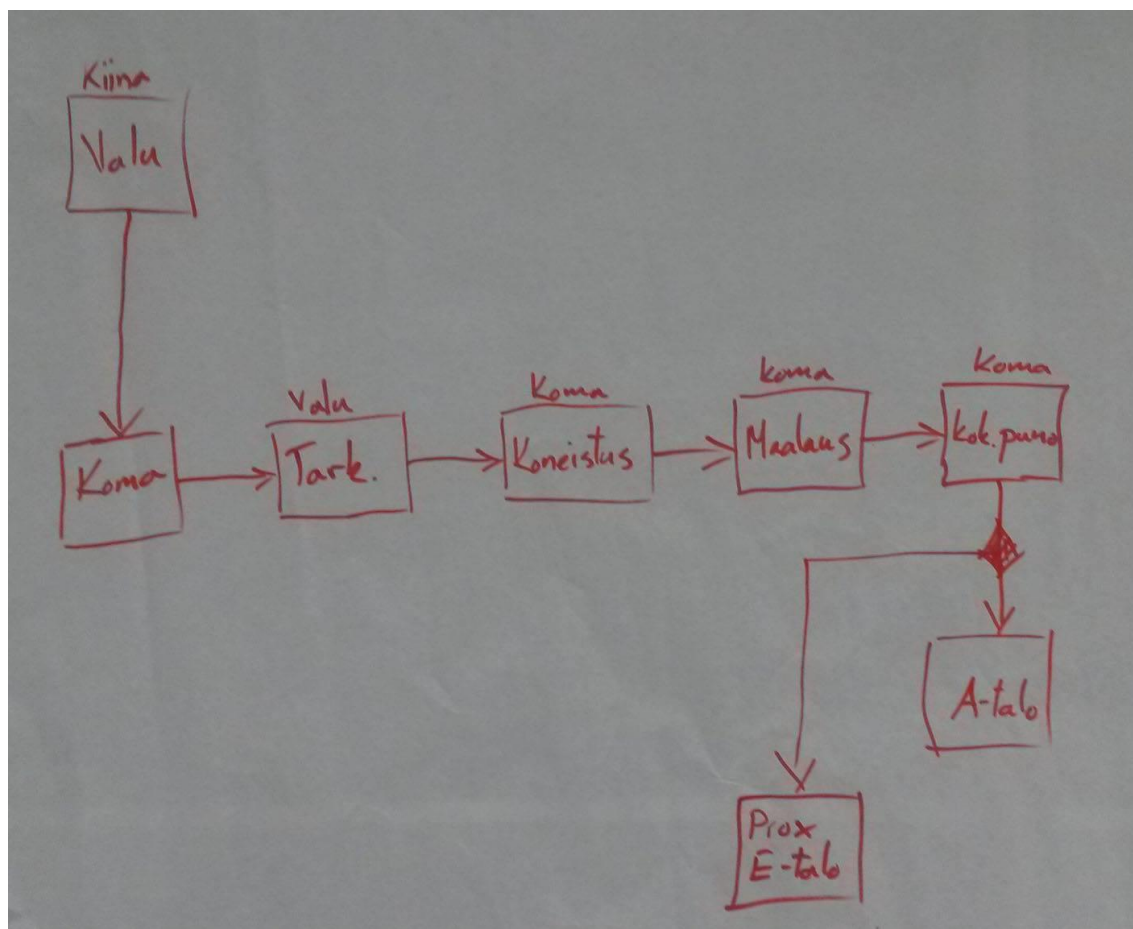
Kuva 13. Kieron komponenttikoonnoksen tuotannon nykyprosessin arvovirtakartta.

Kuva 14 on sensuroitu valokuva kehityspalaverissa ideaaliprosessien ominaisuuksista muodostetusta kieron komponenttikoonnoksen tuotannon reaaliarvovirtakartasta.

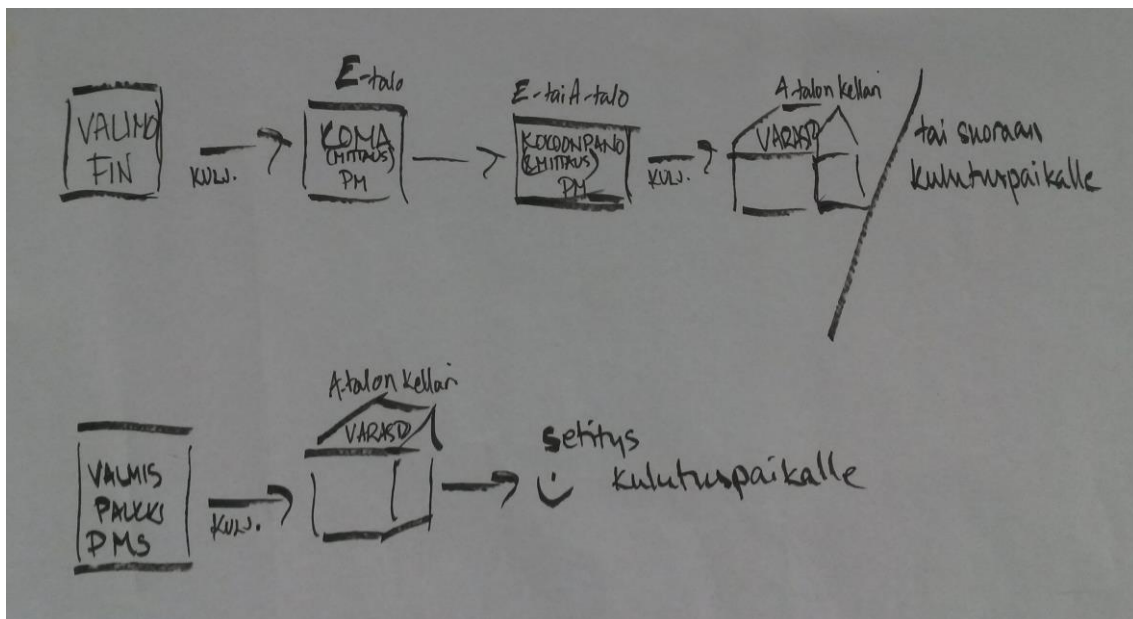


Kuva 14. Kieron komponenttikoonnoksen tuotannon reaaliarvovirtakartta.

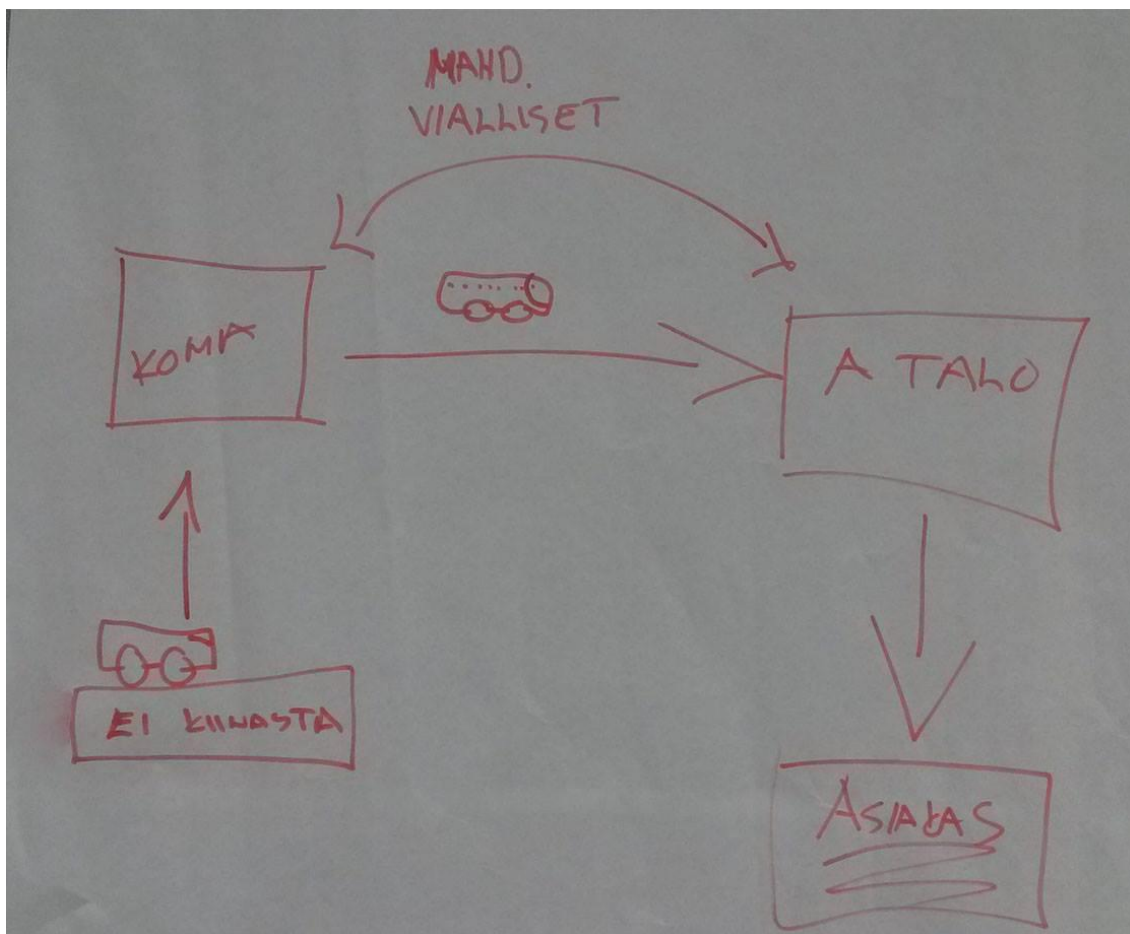
Kuvat 15–17 ovat sensuroituja valokuvia kehityspalaverissa eri ryhmien muodostamista näkemyksistä ideaaliprosessista.



Kuva 15. Ideaaliprosessi 1.



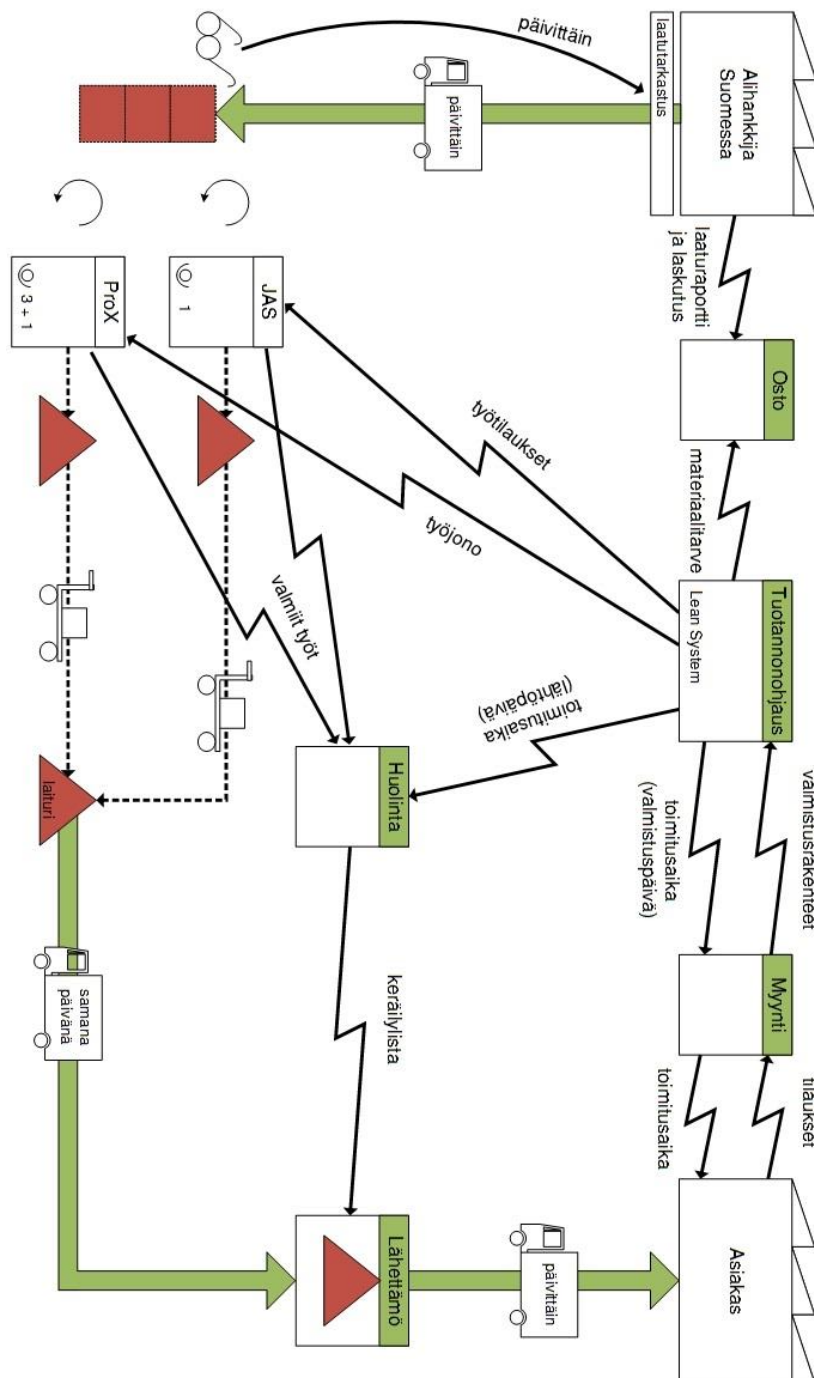
Kuva 16. Ideaaliprosessi 2.



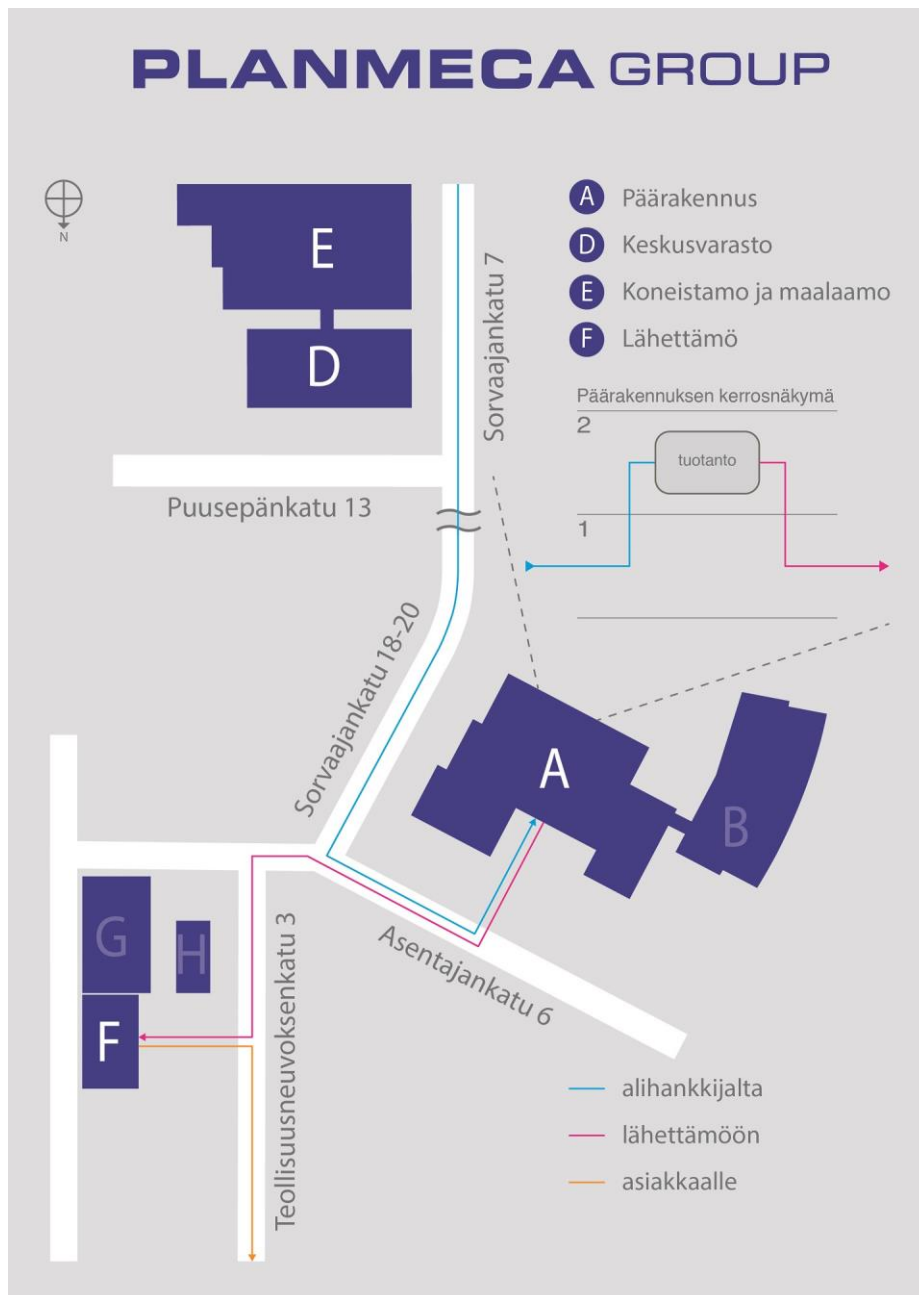
Kuva 17. Ideaaliprosessi 3.

Ideaaliprosessia havainnollistavat kuvat

Ideaaliprosessia havainnollistava arvovirtakartta (kuva 18) ja sen tukena oleva spaget-tidiagrammi ideaaliprosessin materiaalivirtauksista tehdasalueen rakennusten ja pää-rakennuksen kerrosten välillä (kuva 19).



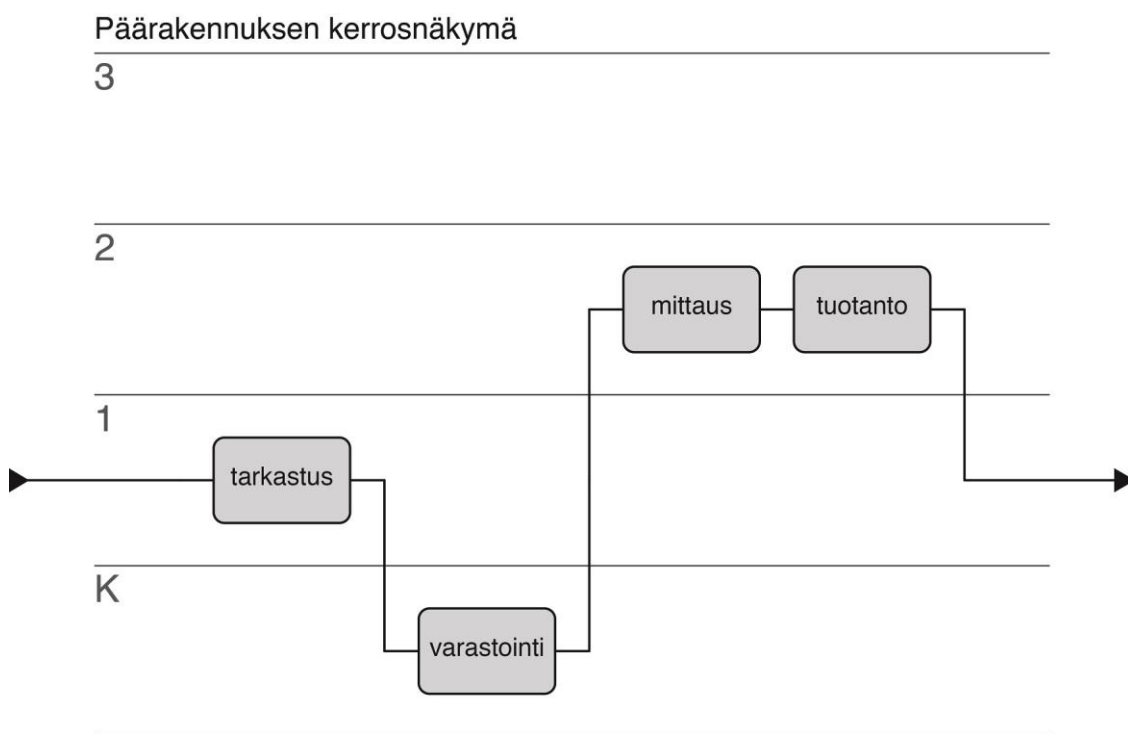
Kuva 18. Ideaaliprosessin arvovirtakartta.



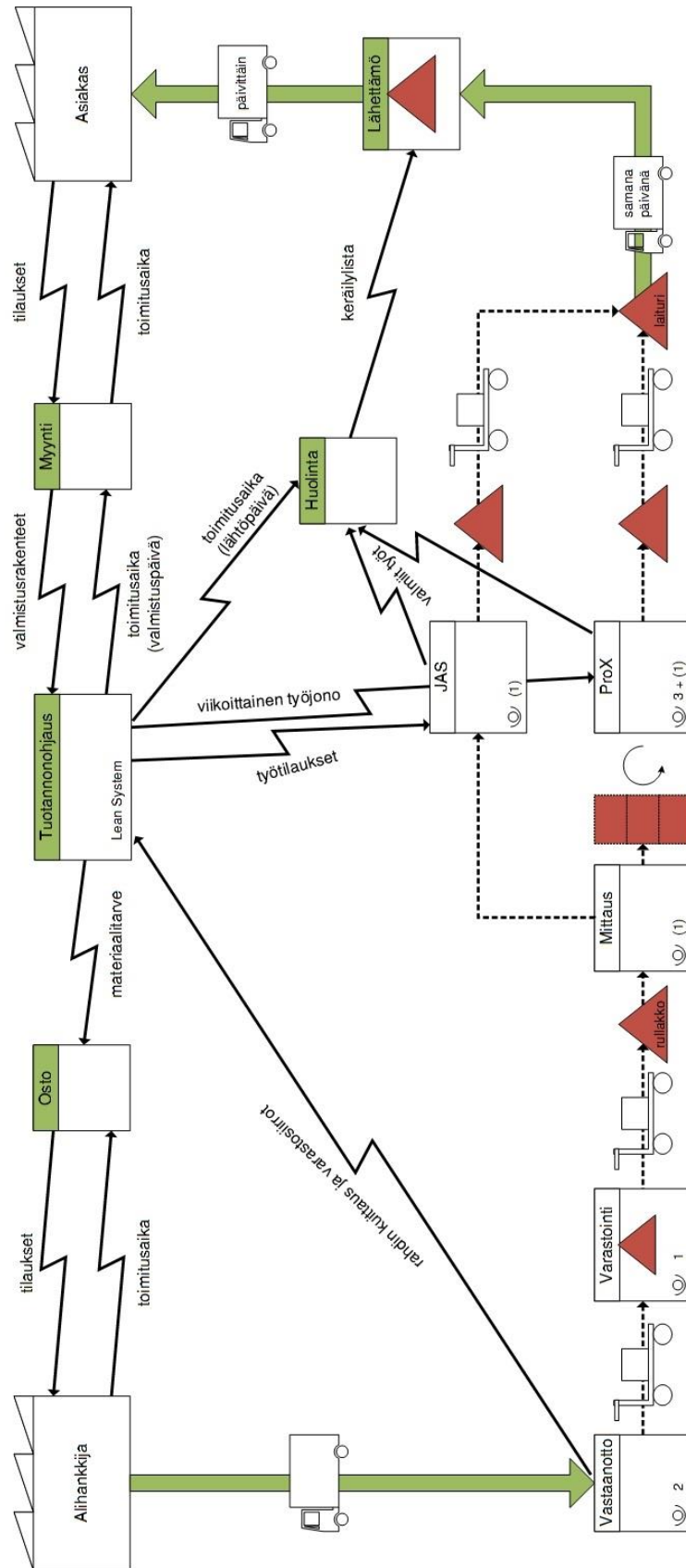
Kuva 19. Spagettidiagrammi ideaaliprosessin materiaalivirtauksista tehdasalueen rakennusten ja päärakennuksen kerrosten välillä.

Reaaliprosessia havainnollistavat kuvat

Reaaliprosessin arvovirtakartan tukena oleva spagettidiagrammi reaaliprosessin materiaalivirroista päärakennuksen kerrosten välillä (kuva 20) ja reaaliprosessia havainnollistava arvovirtakartta (kuva 21).

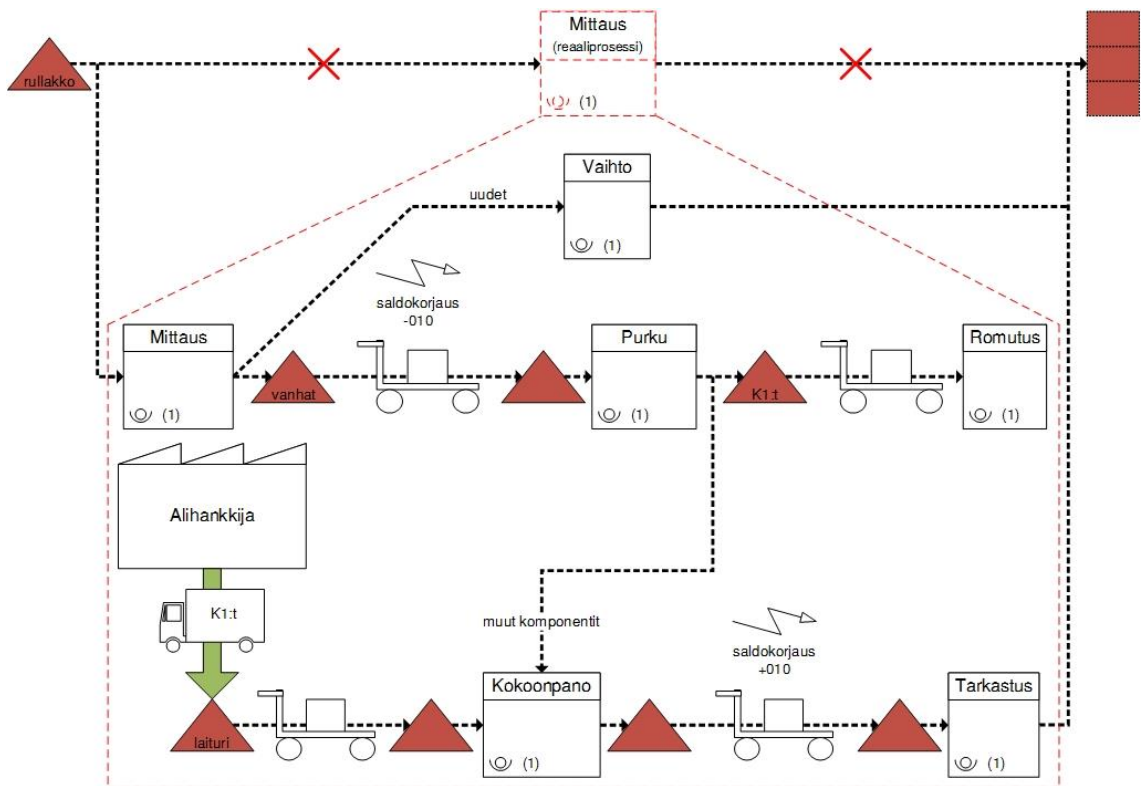


Kuva 20. Spagettidiagrammi reaaliprosessin materiaalivirroista päärakennuksen kerrosten välillä.

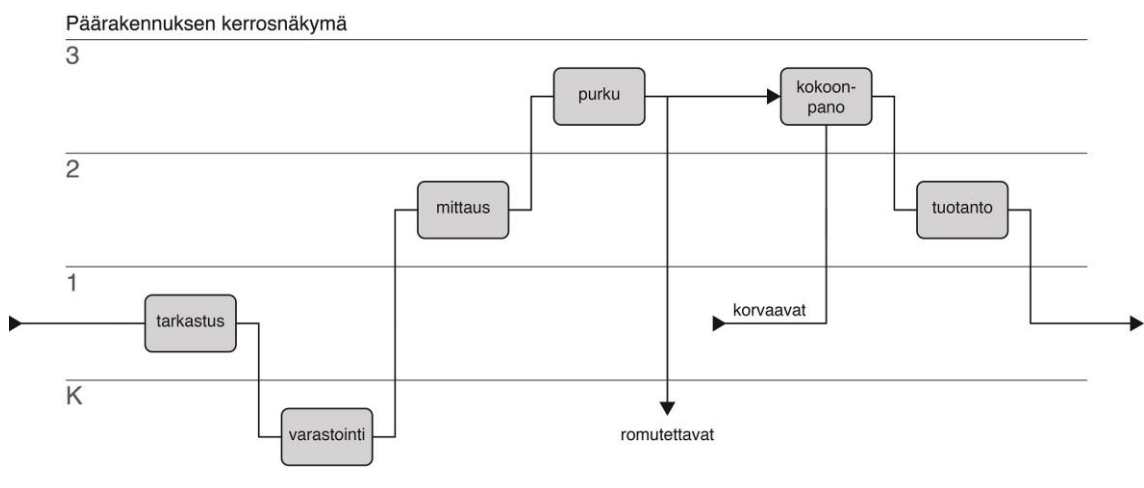


Kuva 21. Reaaliprosessin arvovirtakartta.

Romutusprosessia havainnollistava kuva 24 ja sen tukena oleva spagettidiagrammi romutusprosessin materiaalivirroista päärakennuksen kerrosten välillä (kuva 25).



Kuva 24. Romutusprosessia havainnollistava kuva.



Kuva 25. Spagettidiagrammi romutusprosessin materiaalivirroista päärakennuksen kerrosten välillä.