

Janne Jääskeläinen

Virtausmallin kehittäminen

AMI 400-500 -kokoonpanossa

Tekijä Otsikko	Janne Jääskeläinen Virtausmallin kehittäminen AMI 400-500 -kokoonpanossa
Sivumäärä Aika	62 sivua + 4 liitettä 25.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Arto Haapaniemi Laadun- ja prosessinkehityspäällikkö Tuomas Siltala
<p>Tämä insinöörityö toteutettiin ABB Oy:n Moottorit ja generaattorit -tulosyksikölle. Työn tavoitteena oli parantaa AMI 400-500 -moottoreiden kokoonpanolinjan tuotteiden virtausta. Näiden parannusten tavoitteena oli leikata nykyistä läpimenoaikaa 25 %. Pää tavoitteena oli muuttaa tuotteiden virtaus kohti yksiosaista virtausta.</p> <p>Työssä tutkitaan tuotteiden virtausta arvovirtakuvauksen avulla. Kokoonpanoprosessista pystyttiin erottamaan jalostava sekä ei-jalostava työ. Arvovirtakuvauksen tuloksia tutkittaessa huomattiin, että sen toteutumien vaatii muutoksia kokoonpanon nykyiseen layoutiin. Työssä selitetään, kuinka Toyotan ja Lean-ajattelun menetelmiä voidaan soveltaa kokoonpanossa.</p> <p>Työssä keskitytään poistamaan hukkaa kokoonpanosta. Lisäksi haluttiin selvittää, miten keskeneräisen työn määrä vaikuttaa kokoonpanoon, sekä miten sitä voidaan vähentää.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin ehdotus siitä, miten kokoonpanolinjaa voitaisiin kehittää tehokkaan virtauksen ja paremman läpimenoajan saavuttamiseksi. Työssä tehtyjen laskelmien perusteella teoreettinen läpimenoaika saadaan 55 % tehokkaammaksi.</p>	
Avainsanat	virtaus, läpimenoaika, arvovirtakuvaus, hukka

Author Title	Janne Jääskeläinen Development of Production Flow in AMI 400-500 Assembly
Number of Pages Date	62 pages + 4 appendices 25 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering and Production Technology
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Arto Haapaniemi, Principal Lecturer Tuomas Siltala, Quality and process development manager
<p>This Bachelor's thesis was carried out for ABB Oy's Motors and generators business unit. The purpose of this graduate study was to improve the production flow of AMI 400-500 -motors' assembly line. The aim of these improvements was to cut 25 % off from the current lead time. The main goal was to modify the production flow towards a one-piece flow.</p> <p>This study examines the production flow by the value-stream map. It was possible to determine the value creating work and non-value creating work in the assembly process. When analyzing the results from the value-stream map, it became clear that the current layout of the assembly needed to be modified. It explains how Toyota and Lean-thinking method could be applied in an assembly line.</p> <p>The study focuses on eliminating the waste of the assembly line. Furthermore, another objective was to find out how the amount of Work In Process influences the assembly line and how the total number of WIP could be reduced.</p> <p>As a result of this thesis, a proposal was made of how the assembly line could be developed to achieve a more effective production flow and a better lead time. Based on the calculations included in this thesis, the theoretical lead time could be 55 % more effective.</p>	
Keywords	Flow, Lead Time, Value-stream map, Waste

Sisällys

Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ABB (Asea Brown Boveri)	2
2.1	Historia ja organisaatio	2
2.2	Induktiokoneet	3
3	Lean-ajattelu	5
3.1	Lean-ajattelun pääperiaatteet	5
3.2	Lean-talo	6
4	Vertailukone	9
5	Arvovirtakuvaus (VSM)	12
5.1	Nykytilan kuvaus	14
5.1.1	Process Cycle Efficiency	16
5.1.2	Takt Time	16
5.2	Tulevaisuudentilan kuvaus	19
5.2.1	Tulevaisuudentilan ehdotus 1	19
5.2.2	Tulevaisuudentilan ehdotukset 2 ja 3	21
5.3	Käyttöönotto, tulevaisuudentilan saavuttaminen	23
6	Hukka	24
6.1	Hukan kahdeksan tyyppiä	25
6.2	Hukka kokoonpanossa	26
6.3	Hukan poisto kokoonpanon työvaiheista	29
7	Virtaus	32
7.1	Läpimenoaika	33
7.1.1	Lyhyen läpimenoajan etuja	34
7.1.2	Läpimenoajan muodostuminen kokoonpanossa	35
7.1.3	Kokoonpanon läpimenoajan parantuminen	36

7.2	Keskeneräinen tuotanto	37
7.2.1	Littlen laki	37
7.2.2	Kokoonpanon keskeneräinen tuotanto	38
7.2.3	Keskeneräisen tuotannon arvo	38
7.3	Varastot	39
8	AMI 400-500 -kokoonpano	41
8.1	Valmistusprosessi	43
8.2	Työntekijät	45
8.3	Kapasiteetti	47
9	Layout-muutokset	49
9.1	Nykyinen layout	50
9.2	Muutosehdotukset	52
9.2.1	Kokoonpanopaikkojen määrä	53
9.2.2	Layout-ehdotus 1	54
9.2.3	Layout-ehdotus 2	56
9.2.4	Layout-ehdotus 3	58
10	Yhteenveto	60
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1. Valmistussuunnitelmamallit	
	Liite 2. Hukka, syy-seuraus -kaaviot	
	Liite 3. Hukka, taulukot	
	Liite 4. 3D-kuvat	

Käsitteet ja lyhenteet

C/O	Changeover Time, asetukseen tai vaihtoon käytettävä aika.
C/T	Cycle Time, prosessin läpimenoaika.
Current-state map	Nykytilan kuvaus arvovirtakuvauksessa.
FSM	Future-state map, tulevaisuudentilan kuvaus arvovirtakuvauksessa.
JOT	"Juuri oikeaan tarpeeseen" (engl. JIT, Just In Time). Yksiosaisen virtauksen ja Lean-ajattelun kulmakiviä, tavaraa toimitetaan vain tarpeeseen.
Kapasiteetti	Suurin mahdollinen tuotantokyky.
Vertailukone	Vertailukoneeksi kutsutaan tässä insinööriyössä konetta, jonka läpimenoaika muodostuu vuonna 2011 valmistettujen koneiden keskimääräisestä läpimenoajasta. Tämän läpimenoaja piiriin on laskettu vain ne koneet, joiden on todettu valmistuneen ilman suurempia seisahduksia kokoonpanossa.
KET	"Keskeneräinen tuotanto" (engl. Work In Process, WIP) tarkoittaa tuotteita tai raaka-aineita joiden jalostus on aloitettu.
Kokoonpanopiste	Käsittää kaikki työvaiheet purituksen jälkeen (pää- ja apuliitääntä, roottorin asennus, laakerointi, loppukokoonpano.)
Kokoonpanoprosessi	Kaikki PIT48:ssa tapahtuva kokoonpano. Pitää sisällään kaikki kokoonpanotyön vaiheet (kytkennän, staattorin kiinnittämisen runkoon, roottorin asennuksen jne.)
Läpimenoaika	Läpäisy aika, aika joka tuotteen valmistamiseen kuluu.

OTD	On Time Delivery, toimitusvarmuus.
PCE	Process Cycle Efficiency, prosessin tehokkuus, tunnetaan myös nimellä lisäarvosuhteena.
PDCA	Plan-Do-Check-Act, tunnetaan myös nimellä Demingin ympyrä.
SMED	Single-Minute Exchange of Die, Lean-työkalu, jolla tähdätään lyhyihin kappaleen vaihtoaikoihin.
Tahtiaika	Aika tai ns. tahti, jossa tahtilinja toimii. Eroaa Takt Timesta.
Takt Time	Aika, jossa tuotannon on vastattava asiakkaan kysyntään.
TPS	Toyota Production System, Toyotan kehittämä johtamisfilosofia.
VCT	Value Creating Time, jalostava aika, tuotteen arvoa lisäävä aika.
VSM	Value Stream Map, arvovirtakuvaus, käytetään virtauksen hahmottamisen ja parantamisen työkaluna.

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin ABB Oy:n Induktiokoneet-tulosyksikölle, joka on osa Moottorit ja generaattorit -divisioonaa. Induktiokoneiden valmistuslinjat sijaitsevat Konetehtaalla Helsingin Pitäjänmäessä, jossa valmistetaan kahta erilaista induktiokone mallia.

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia ja kartoittaa AMI 400-500 -kokoonpanolinjan virtausta. AMI 400-500 -kokoonpanolinjalla kootaan moduulikoneita. Ne ovat toinen Pitäjänmäellä valmistettavista induktiokonemalleista. Näitä koneita valmistetaan asiakastilausten pohjalta.

Tutkimusten pohjalta pyritään parantamaan kokoonpanolinjan sisäistä virtausta. Parannusten on tarkoitus näkyä kokoonpanolinjan virtauksen parantumisena ja läpimenoajan lyhentymisenä. Tavoitteeksi läpimenoajan lyhentymiselle asetettiin 25 %:n parannus nykyiseen aikaan nähden. Insinööriyön tavoitteena on luoda yritykselle malli miten kokoonpanolinjaa voidaan kehittää.

Parannusten pohjaksi kokoonpanon virtauksesta on tarkoitus luoda arvovirtakuvaus, jonka avulla voidaan prosessin vaiheita tarkastella lähemmin. Prosesseista erotellaan jalostava ja ei-jalostava työ. Läpimenoaikaa voidaan lyhentää, jos ei-jalostavan työn eli hukan määrää saadaan merkittävästi vähennettyä kokoonpanosta.

Kokoonpanolinjan nykyisen layoutin toimivuutta tarkastellaan sillä ajatuksella, voiko se mahdollistaa yksiosaisen virtauksen. Tarvittaessa layoutin muuttamisesta tehdään ehdotuksia, joissa esitellään miten kokoonpanon layout saadaan tukemaan yksiosaista virtausta.

Insinööriyön aikana osallistuttiin kokoonpanonosaston jatkuvan parantamisen palaveriin. Näin insinööriyötä varten saatiin jatkuvasti reaaliaikaista tietoa kokoonpanon nykytilasta ja siihen suunnitelluista muutoksista.

2 ABB (Asea Brown Boveri)

2.1 Historia ja organisaatio

ABB perustettiin vuonna 1988, jolloin ruotsalainen ASEA (Allmänna Svenska Elektriska AB) ja sveitsiläinen BBC Brown Boveri yhdistyivät. ABB:n erittäin vahva asema Suomessa perustuu yrityskauppoihin. Vuonna 1987 ASEA osti suomalaisen sähkötavarayrityksen Oy Strömberg Ab:n, joka oli perustettu Suomeen vuonna 1889. Oy Strömberg Ab:llä oli jo tuolloin toimintaa Helsingin Pitäjänmäessä ja Vaasassa. ABB:n valmistaa sähkölaiteita vieläkin näillä tehtailla. [2.]

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. ABB:llä on toimintaa yli 100 maassa ja se työllistää noin 138 000 työntekijää ympäri maailman. Suomessa työskentelee reilut 6 000 työntekijää, päätoimipisteet sijaitsevat Helsingin Pitäjänmäessä ja Vaasassa. Vuonna 2011 koko ABB-yhtymän liikevaihto oli 37,9 miljardia USD. Suomen liikevaihto oli 3,2 miljardia euroa. [2.]

ABB:n toiminnot on jaettu viiteen pääryhmään: sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, prosessiautomaatio ja pienjännite-tuotteet. Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaation divisioonan alla toimii myös Moottorit ja generaattorit -yksikkö, jolle insinöörityö varsinaisesti tehtiin. [1.]

Moottorit ja generaattorit -yksiköllä on valmistusta Vaasassa ja Pitäjänmäessä. Pitäjänmäen konetehtaan (eli Machines) valmistus on jaettu neljään tulosityksikköön: Global Service Center, tuulivoimageneraattorit, tahtikoneet ja induktiokoneet.

2.2 Induktiokoneet

Induktiokoneet-tulosyksikkö on itsenäinen yksikkö, jolla on omat tuotteet, oma tuotteiden suunnittelu, tuotteiden valmistus, myynti sekä ostotoiminta. Induktiokoneet on jaettu kahteen konetyyppiin, standardikoneisiin ja moduulikoneisiin.

Standardikoneet eli HXR- ja M3-koneet (kuvio 1): näiden koneiden akselikorkeus vaihtelee 315 - 560 mm:n välillä. HXR- ja M3-koneille tyypillistä on valettu runko. Koneiden jäähdytys perustuu rungoissa oleviin ripoihin. Tätä kutsutaan ripajäähdytteiseksi rungoksi, jossa ilma laitetaan virtaamaan ripojen välistä, koneen jäähdyttämiseksi.



Kuvio 1. HXR 450 -kone [1]. Koneen akselikorkeus on 450 mm.

Moduulikoneet eli AMI-koneet jaetaan kahteen ryhmään, isoihin ja pieniin AMI-koneisiin. Pikku AMIen akselikorkeus vaihtelee 400 ja 500 mm:n välillä. Isojen AMIen akselikorkeus on 560 ja 630 mm välillä. Akselikorkeudesta johtuen koneet ovat muiltakin mitoiltaan hyvin erisuuruisia. AMI-koneita voidaan valmistaa vaakaan tai pystyyn asennettavia malleja (kuvio 2).



Kuvio 2. AMI 630 -kone [1]. Kone on pystyyn asennettavaa mallia. Pystyyn asentaminen tarkoittaa, että koneen akseli on pystysuoraan ylöspäin sovelluksen kytkimen päällä.

AMI-koneiden runko valmistetaan levyistä hitsaamalla. AMI-koneet ovat modulaarisia eli näistä koneista voidaan helposti räätälöidä asiakkaiden vaatimusten mukainen. Koneiden jäähdytys hoidetaan lämmönvaihtimella, joka on sijoitettu koneen päälle (tai pystykoneisissa lämmönvaihdinyksikkö on sijoitettu koneen kylkeen, kuvio 2). Lämmönvaihtimia on pääsääntöisesti valittavana kaksi eri jäähdytysmenetelmää, joko ilma-vesi tai vesi-vesi -jäähdytys.

Pitäjänmäen konetehtaalla kokoonpano on jaettu kolmeen yksikköön: standardikoneita ja pieniä sekä isoja AMIeja valmistetaan omilla kokoonpanolinjoillaan.

3 Lean-ajattelu

Lean tuli tunnetuksi kirjojen *The Machine That Changed The World* (Womack, Jones, Roos, 1991) ja *Lean Thinking* (Womack, Jones, 1996) ansiosta. Näiden kirjojen ajatus pohjautuu vahvasti TPS:ään ja Toyotan tapaan. [3, s. 15.] Lean-ajattelun juuret ovat Toyotassa. Toyotalla TPS:n ja Toyotan tavan kehittäminen aloitettiin jo 1950-luvulla, kun yritys halusi pärjätä kilpailussa Fordia ja muita sen ajan autonvalmistajia vastaan [3, s. 20]. TPS:n ja Toyotan tavan pääarkkitehtina toimi Taiichi Ohno [3, s. 7].

3.1 Lean-ajattelun pääperiaatteet

Lean on ajattelutapa ja johtamisfilosofia, joka ajaa tuotantoa kohti ideaalitulannetta ja ideaaliprosessia. Lean-ajattelussa mietitään jatkuvasti kysymystä: "mikä liike vie meitä lähemmäs ideaalituotantoa?". "On olemassa oikea tapa tehdä asioita, miksi siis emme käyttäisi tuota tapaa?". [4, s. 4.]

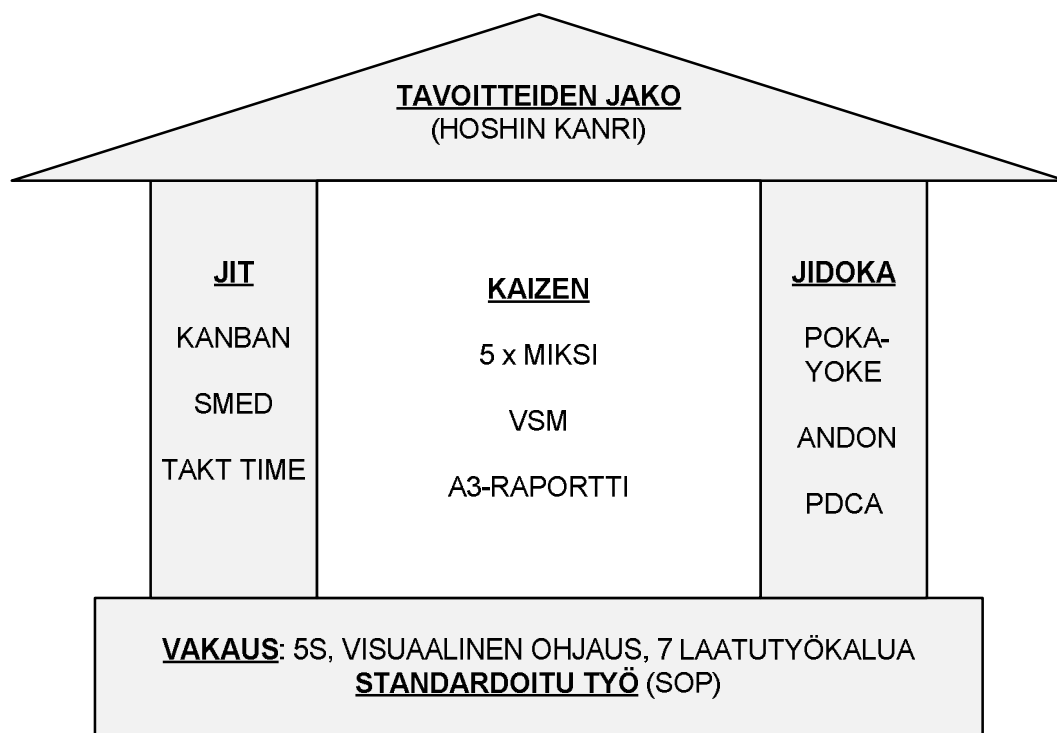
Lean-ajattelun suurin hyöty tulee ajatuksesta poistaa tuotantoprosessista kaikki lisäarvoa tuottamaton työ. Tällä tavoin lisäarvoa tuottavan työn osuuskin vähenee ja läpimenoaika lyhenee. [3, s. 31.] Lean-ajattelussa pyritään luomaan tuotantoon jatkuva virtaus [3, s. 296].

Lean-ajattelussa tuotanto nähdään asiakkaan silmin. Lean-ajattelu haluaa keskittää koko tuotannon voimavarat asiakkaan tarpeen tyydyttämiseen. [4, s. 12.] On olemassa viisi pääperiaatetta, jolla Lean-ajattelua voidaan viedä eteenpäin. Nämä periaatteet ovat [4, s. 12]:

- Räätelöi virtaus asiakkaan tarpeiden mukaiseksi
- Tunnista arvovirtaus
- Luo yksiosainen virtaus
- Luo imu-ohjaus
- Tee tuotannosta täydellinen

3.2 Lean-talo

Lean-talo (kuvio 3) perustuu Toyotan luomaan TPS-taloon [4, s. 32]. TPS-talo on yksi tunnetuimmista symboleista teollisuudessa. Talomallista esitys tapaa käytetään, koska talo on rakenteellinen järjestelmä. Se vaatii toimiakseen vahvan perustuksen, seinät sekä katon. Talo on kestävä vain jos kaikki elementit ovat kestäviä. Talon jokainen elementti on tärkeä yksinäänkin mutta tärkeämpää on tapa, jolla elementit vahvistavat toisiaan. [3, s. 32.] Talolla on helppo kuvata, kuinka Lean vaatii toimiakseen kaikkia elementtejään.



Kuvio 3. Lean-talo. Talo koostuu viidestä pääelementistä. Pääelementit koostuvat omista komponenteistaan. Talo havainnollistaa, kuinka Lean tarvitsee toimiakseen kaikkia elementtejä, kuten talokin. [4 s. 32.]

Lean-talon tärkeimmät elementit ovat: Tuotannon vakauttaminen (heijunka) ja standardoitu työ eli perusta, tukipilarit JIT ja Jidoka sekä katto eli tavoitteiden jako (hoshin kanri). Talon sisälle jää Kaizen.

Tuotannon vakauttaminen eli heijunka tarkoittaa sekä volyymin että tuotevalikoiman tasoittamista tuotannon suhteen [3, s. 116].

Standardoitu työ on paljon laajempi käsite kuin pelkästään tehdä työtehtävistä toistettavia ja tehokkaita. Standardoinnissa ei ole kyse parhaan tekotavan löytämisestä ja sen käyttämisestä. Masaaki Imai totesi Kaizen-kirjassaan(1986)

"On mahdotonta parantaa mitään prosessia ennen kuin se on standardoitu. Jos prosessi vaihtelee edestakaisin, jokainen parannus on vain yksi uusi muunnelma, jota satunnaisesti käytetään tai useimmiten ei." [3, s. 142.]

Standardoidulla työllä voidaan merkittävästi vaikuttaa laadun paranemiseen.

JIT (just in time) on suomeksi JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen. Käytännössä JIT tarkoittaa, että tuotannosta poistetaan mahdollisimman suuri osa puskurivarastoista. Puskurivarastot piilottavat tuotanto- ja laatuongelmia. JIT mahdollistaa yksiosaisen virtauksen harjoittamisen, mikä tuo ongelmat esille. JIT-tuotannossa hyödynnetään kanbaneja joiden avulla mahdollistetaan imuohjaus. Tuotteita valmistetaan asiakkaan kysynnän tahtiin, ja tästä ajasta käytetään ilmaisua Takt time. Lisäksi hyödynnetään lyhyiden asetusajkojen (SMED) tuomaa etua. [3, s. 32.]

Jidoka eli sisään rakennettu laatu on toinen Lean-talon tukipilareista. Jidokan perusajatuksena on, että virhettä ei päästetä seuraavaan vaiheeseen. [3, s. 32.] Sen ylläpitämisessä auttavat Poke-yoke ja Andon, jotka ovat laadun varmistamiseen käytettäviä menetelmiä. PDCA tunnetaan myös Demingin ympyränä. PDCA on jatkuvan parantamisen kulmakiviä.

Talon keskiössä ovat ihmiset. Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista. Kaizenin avulla ihmisille opetetaan ongelman ratkaisua (5xmiksi), dokumentointia (A3-raportti) ja prosessin parantamista (VSM). [3, s. 23.]

Tavoitteiden jako eli hoshin kanri on talon katto ja Toyotan prosessi, jossa yrityksen tavoitteet jaetaan yhtiön johdolta alaspäin, aina pienille työryhmille, niiden hoidettaviksi. [3, s. 262.]

Lean ei ole työkalu. Pelkän Lean-ajattelun avulla ei voida luoda tuotannosta tehokkaampaa. Tuotannon tehostamisesta pitää olla ensin visio. Vision luominen vaatii prosessin tuntemista. Sen jälkeen tulee Lean, joka helpottaa kokonaisuuden hahmottamista ja sen parantamista.

4 Vertailukone

Vertailukoneen määrittämiseen käytettävä data saatiin SAPin työleimaustiedoista. Työnleimaustiedot perustuvat työntekijöiden SAPIin tekemiin työvaiheen aloitus ja lopetusleimauksiin.

Vertailukoneella haluttiin haarukoida AMI 400-500 -koneiden todellisia läpimenoaikoja. Koneet luokiteltiin akselikorkeuden mukaan, ja koneen valmistuksen vaikeusasteen mukaan. Koneiden vaikeusasteet vaikuttavat koneen kokonaisläpimenoaikaan, aikaan joka käytetään koneen valmistamiseen tilauksesta toimitukseen saakka. Valmistussuunnitelmamallista (liitteestä 2) löytyviä arvoja voitiin verrata saatuihin tuloksiin.

Läpimenoajoissa saattoi olla suuriakin eroja. Näitä eroja haluttiin tasoittaa. Kaikkien koneiden joukosta haluttiin erityisesti poistaa koneet, joiden kokoonpanossa oli tapahtunut jotain poikkeavaa, esim. osien puuttumista tai rikkoutumista. Kokoonpanoa ja sen läpäisyaikaa haluttiin hahmottaa vain ns. normaalikoneiden pohjalta.

SAPista löytyvän datan perusteella ei voitu suoraan määritellä, minkä koneen valmistuksessa viivästyksiä oli tapahtunut, joten oikeanlaisten koneiden löytämiseksi dataan tehtiin tiettyjä rajauksia, sääntöjä ja oletuksia.

- Vain koneet jotka oli kokoonpantu PIT 48:ssa.
- Vain koneet joiden kokoonpano oli aloitettu ja lopetettu vuoden 2011 aikana.
- Oletus, että työnvaiheen aloitusleimaus tehdään aina työn alkaessa.
- Oletus, että työnvaiheen lopetusleimaus tehtiin aina työnvaiheen päätyttyä.
- Vaiheisiin joissa tehtiin varsinaista työtä, aikaan lisättiin yksi päivä. Tämä huomioi, että työtä on tehty kaikkina leimattuina päivinä.
- Työnvaiheiden arvo voi olla 0 päivää, mutta ei negatiivinen.
- Varastointiaikoihin ei lisätä yhtä päivää, oletetaan että leimaus tapahtuu työnvaiheen jälkeen.
- Varastointi arvo voi olla 0 päivää, mutta ei negatiivinen. Työnvaihetta ei voi aloittaa kuin aikaisintaan samana päivänä.
- Koneiden odotusaika ei saa ylittää 7 päivää. Jos kone seisoo yli seitsemän päivää, se ei voi koskaan valmistua valmistussuunnitelman vaatimassa läpimenoajassa.
- Koneen läpimenoaika saa olla korkeintaan 21 päivää. Jokainen vaihe voi kestää 7 päivää, jos muut vaiheet tapahtuvat pikavauhtia.

Jos kone ei täyttänyt edellä mainittuja ehtoja, se hylättiin sillä perusteella, että kokoonpanoprosessissa on tapahtunut jokin poikkeama. Näiden määrittelyjen jälkeen jäljelle jäi yhteensä 279 konetta.

Taulukkoon 1 on koottu kaikkien koneiden läpimenoajat vaikeusasteittain. Siinä on myös eritelty kytkentään, kokoonpanoon ja odotukseen kuluneet ajat.

Taulukko 1. Koneet on jaettu akselikorkeuden ja vaikeusasteen mukaan. Taulukossa on koneiden keskimääräisen läpimenoajat sekä työvaiheisiin käytetyt keskimääräiset ajat.

	400			450			500			
	D	C	A	D	C	A	D	C	A	Kaikkien
Läpimenoaika	12,00	9,81	11,00	7,80	8,58	8,00	7,44	10,46	9,78	9,43
KytKentä ja hartsaus	2,63	3,46	4,29	3,80	2,61	3,25	2,88	4,02	4,19	3,46
Kokoonpano	5,75	4,48	5,67	4,20	4,84	3,92	4,81	5,08	4,81	4,84
Odotus purkitettuna	4,63	2,88	2,04	0,80	2,13	1,83	0,75	2,36	1,78	2,13
Määrä	8	48	24	5	32	48	16	61	37	

Taulukossa olevia aikoja voidaan vertailla valmistussuunnitelmamallista (liitteestä 2) löytyviin aikoihin. Valmistussuunnitelmamallissa kokoonpanolle on varattu seitsemän päivää, joka pitää sisällään viikonloput, jolloin kokoonpanossa ei yleensä työskennellä (pois lukien kiireaikojen ja myöhästykistä johtuvien piikkien tasointu). Vertailukoneen keskimääräiset läpimenoajat ovat vertailukelpoisia valmistussuunnitelmamallin kanssa, koska vertailukoneen aikoihin sisältyvät myös viikonloput.

5 Arvovirtakuvaus (VSM)

Arvovirtakuvaus on kehittynyt Toyotan työkalusta, jolla se opetti alihankkijoitaan arvioimaan omien tuotantojensa nykytilaa. Toyotalla arvovirtakuvaus tunnetaan nimellä Materiaalin ja informaation virtauksen kaavio. Nykyisen muotonsa arvovirtakuvaus on saanut Mike Rotherin ja John Shookin käsissä, kun he tekivät siitä tunnetun Lean-menetelmän vuonna 1999. [3, s. 275.]

Arvovirtakuvaus tarkastelee yhden tuoteperheen prosesseja, sekä sen materiaalin ja informaation etenemistä. Arvovirtakuvauksen avulla on helpompi tunnistaa hukka tuotantoprosessissa. [3, s. 275.] Arvovirtakuvaus koostuu kahdesta osasta: nyky- ja tulevaisuustilan määrittelemisestä. Tulevaisuudentilan kuvaus tukeutuu vahvasti nykytilaan.

Arvovirtakuvauksen tekeminen lähtee aina asiakkaan määrityksistä. Asiakas on koko tuotannon tärkein tekijä. Tuotanto pyrkii vastaamaan ja jatkuvasti muuntautumaan asiakkaan tarpeisiin (Lean). Kuvauksen onnistumisen kannalta on myös tärkeää määrittää tarkka alue tai prosessi, jonka arvovirta kuvataan.

Arvovirtakuvauksessa tarkastellaan koko tuotannon tilaa, siinä käsitellään jokainen tuotannonprosessi osana kokonaisuutta. Tuotantoon liittyy lähes aina tekijöitä oman yhtiön ulkopuolelta. Tarkasteltaessa kokonaisuutta, pitäisi myös arvovirtakuvauksessa ottaa huomioon alihankkijoiden ja toimittajien arvovirrat. Kokonaisuus paisuu niin suureksi, että sen hallitseminen ja ymmärtäminen muodostuvat mahdottomiksi. Tarkastelualuetta on yleensä hyvä rajata käsittelemään ovelta ovelle tapahtuvaa toimitusketjua.

Tarkasteltaessa oman tehtaan toimintaa, asiakkaaksi valikoituu tuotteen ostaja. On myös mahdollista, että arvovirtakuvaus tehdään pelkästään yhdelle osalle tuotantoa. Tällöin asiakkaaksi voidaan valita myös tuotannon seuraava prosessi (sisäinen asiakkuus).

Arvovirtaa kuvattaessa on myös syytä rajata tuote tai tuoteperhe tarkasti. Asiakas on kiinnostunut vain heille räätälöidystä tuotteesta. He eivät ole kiinnostuneita yrityksen kaikesta tuotannosta. [5, s. 6.]

Tuotteen kehitystä lähdetään seuraamaan ns. vastavirtaan. Tuotteen "valmistumista" lähdetään seuraamaan valmiista tuotteesta ja edetään kohti valmistuksen alkuvaiheita. Samalla jokainen tuotannon prosessi piirretään ja prosessiin kulunut aika mitataan.

Monesti unohdetaan, että prosessissa on materiaalivirtojen lisäksi muitakin virtoja. Arvovirtakuvaukseen on myös tärkeää piirtää informaatiovirrat, joiden arvoa ei saa unohtaa.

Arvovirtakuvaus on helppokäyttöinen työkalu, jonka tekemiseen ei tarvita hienoja tietokoneohjelmia, vaan se voidaan suorittaa kynän ja paperin avulla. Arvovirtakuvauksen avulla voidaan helposti nähdä ja ymmärtää tuotannon materiaali- ja informaatiovirrat.

Arvovirtakuvaus ei sisällä vastauksia, vaan sen tekijällä itsellään pitää olla visio, miten tuotantoa kehitetään parempaan suuntaan.

Arvovirtakuvauksessa nykytilan määrittäminen on ensimmäinen sekä raskain prosessin vaihe. Nykytilan määrittämistä seuraa tulevaisuudentilan kuvaus (future-state map). Ilman tulevaisuudentilan kuvausta nykytilan määrittäminen on turhaa.

Tulevaisuudentilan kuvauksessa määritellään se, miten materiaali- ja informaatiovirrat halutaan saada tulevaisuudessa kulkemaan tehtaan tuotannon läpi. Tässä vaiheessa tekijällä on oltava jo visio siitä, miten virtaus tulee tuotannossa toteuttaa.

Tulevaisuudentilan kuvaus on arvovirtakuvauksen tärkein vaihe. Tulevaisuudentilan kuvas siirretään tehdastasolle ja tehdastasolla tehdään tarvittavat muutokset sen saavuttamiseksi. Arvovirtakuvaus on tuotannon kehittämisprosessi, joka on syytä toteuttaa tuotannolle tasaisin väliajoin. Näin voidaan varmistaa tuotannon vaiheiden jatkuva kehittyminen.

5.1 Nykytilan kuvaus

Nykytilan kuvausta (current-state drawing) varten on jo valittu tuoteperhe ja tuotannon alue on rajattu. Tässä insinööriyössä tuoteperhe on AMI 400-500. Alue on näiden koneiden kokoonpanoalue.

Asiakkaan määrittäminen tälle alueelle on hankalaa. Onko se tuotantoprosessin seuraava vaihe vai asiakas joka maksaa koneesta? Pohdiskelun jälkeen tultiin siihen päätelmään, että asiakas on maksava asiakas, mutta testauksen tarpeita ei saa unohtaa. Arvovirtakuvauksessa asiakkaan paikka on paperin oikeassa yläreunassa.

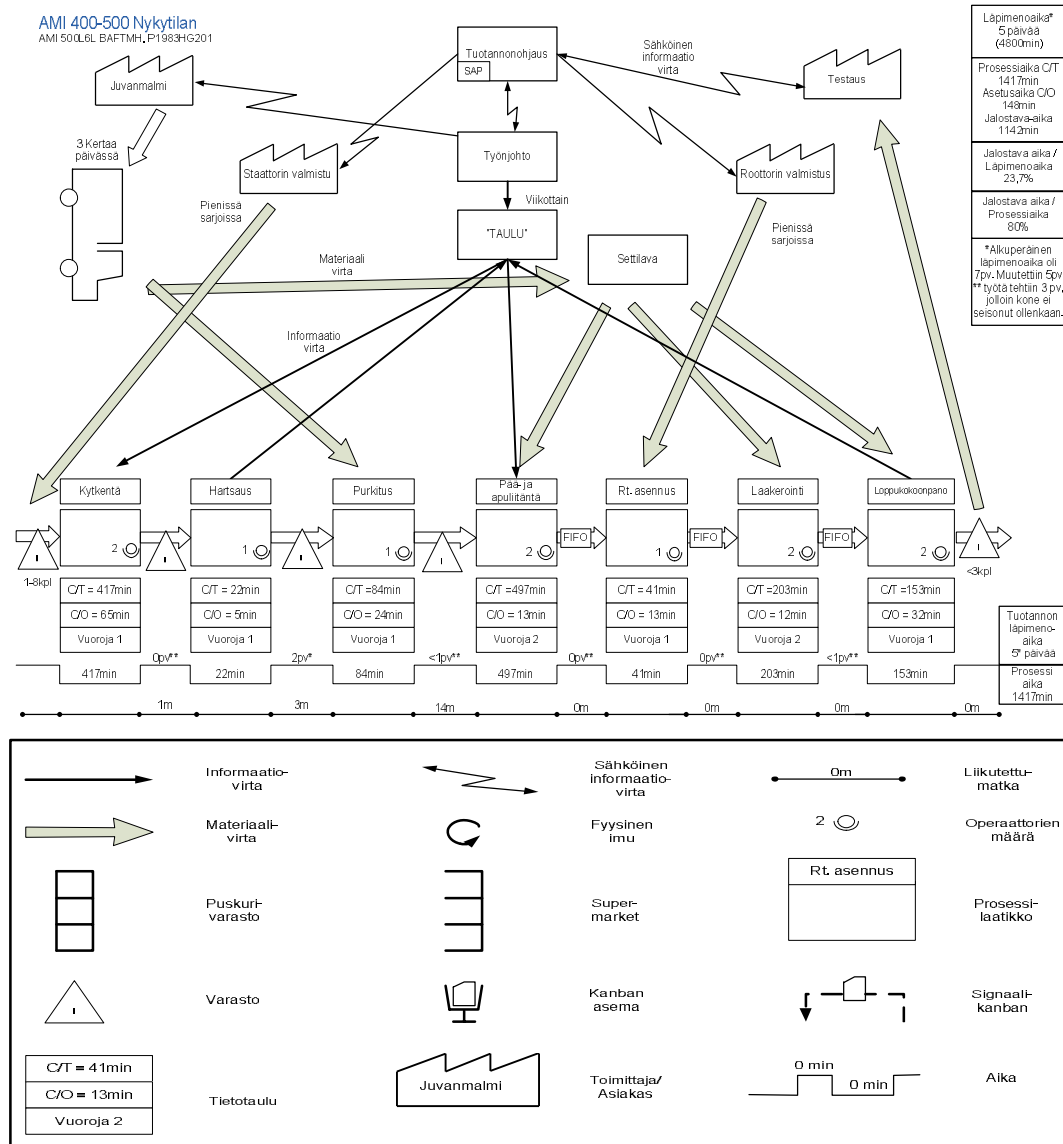
Kokoonpanoprosessin vaiheiden läpimenoajat (C/T) saatiin työaikatutkijoiden tekemistä urakka-aikojen mittauksista. Mittaukset toteutettiin tuotannossa 3.5 - 11.5.2011 välisenä aikana. Niiden pätevyyttä arvioitiin työnjohtaja Jan-Erik Järvisen sekä tuotannonkehityssinsinööri Esa Lähteenmäen kanssa. Niiden todettiin tarpeeksi luotettaviksi, jotta niiden pohjalta on mahdollista tehdä oikeita päätelmiä.

Mittaukset olivat erittäin tarkkoja ja täsmällisiä. Kaikkea niihin kirjattua tietoa ei arvovirtakuvauksen luomiseen olisi tarvittu. Arvovirtakuvausta tehtäessä oli mahdollisuus toteuttaa täsmentäviä mittauksia kokoonpanossa, mutta tähän ei nähty tarvetta.

Kokoonpanoprosessissa on yhteensä seitsemän työvaihetta. Työnvaiheiden suorittamiseen kuluva aika (C/T) oli 1 417 minuutta. Jalostavaa aikaa oli 1 142 minuuttia. Koneen läpimenoajaksi tuli seitsemän päivää, joka myöhemmin sovittiin muutettavaksi viideksi päiväksi, koska kone joutui odottamaan runkoa kokonaiset viisi päivää. Tätä pidettiin läpimenoaikaa vääristävänä ja todettiin, että kahden päivän odotus kuvaa todellisuutta paremmin [7]. Varsinaista työtä koneelle tehtiin kolmena päivänä.

Työtä tehtiin kahdessa vuorossa, vaihtelevasti joko yhden tai kahden työntekijän voimin. Staattorin kiinnittämisen runkoon eli ns. "purituksen" jälkeen työ oli jatkuvaa. Ennen puritusta kone seisahtui aina työnvaiheiden välillä. Seisahdusten pituus vaihteli tunneista kahteen päivään.

Kokoonpanoprosessin aikana konetta liikutettiin vain noin 18 m. Se on arvio, koska tarkasti ei voida sanoa, millä kytkentäpaikalla kone oli ja mille kokoonpanopaikalle se siirrettiin. Arviota voidaan kuitenkin pitää luotettavana. Koska konetta siirretään vain kolme kertaa, siirtoihin ei kulu kokonaisuuden kannalta merkittävästi aikaa.



Kuvio 4. Nykytilan kuvauksessa (current-state drawing) on materiaalin sekä informaation kulku kuvattuna kokoonpanoprosessissa. Kokoonpanoprosessin ja sen vaiheiden läpimenoajat on ilmoitettu minuuteissa. Taulukossa on esitetty arvovirtakuvauksessa käytetyt symbolit.

5.1.1 Process Cycle Efficiency

VSM:stä voidaan laskea prosessin tehokkuus eli tehdä PCE-laskelma (Process Cycle Efficiency). Prosessin tehokkuuslaskelma tunnetaan myös lisäarvosuhteena [3, s. 281]. Prosessin tehokkuus lasketaan kaavalla (1).

$$PCE = \frac{VCT}{C/T} \times 100\% \quad (1)$$

PCE (Process Cycle Efficiency) on prosessin tehokkuus,
VCT (Value Creating Time) on jalostava aika, ja
C/T (Cycle Time) on prosessin läpimenoaika.

Kaavalla (1) laskettuna koko kokoonpanoprosessin tehokkuudeksi saadaan 80 %. Luku on erittäin suuri, mikä osoittaa prosessin olevan tehokas. Kokoonpanoprosessiin ei sisälly suuria asetusajoja, mikä on kokoonpanolle hyvin yleistä.

Laskettaessa prosessintehokkuus koko läpimenoajalle, saadaan arvoksi 23,7 %. Voidaan siis näiden lukujen perusteella todeta, että komponenttien odotus on suurin läpimenoaika kasvattava tekijä tässä kokoonpanoprosessissa.

5.1.2 Takt Time

Takt on saksankielinen sana, joka tarkoittaa tahtia tai iskuja. Takt time tarkoittaa siis tahtiaikaa. [6, s. 13.] Takt time määrittää ajan, jonka aikana yksi tuote tai osa tulisi valmistaa. Takt timen laskeminen perustuu asiakastilauksiin. On syytä huomioida, että Takt time eroaa joltain osin pakkotahtilinjan tahtiajasta.

Takt time saadaan, kun käytössä oleva tuntimäärä päivää kohden jaetaan asiakkaan tilauksilla päivää kohden (2) [5, s. 44].

$$Takt\ time = \frac{työaika}{asiakkaan\ tilaukset} \quad (2)$$

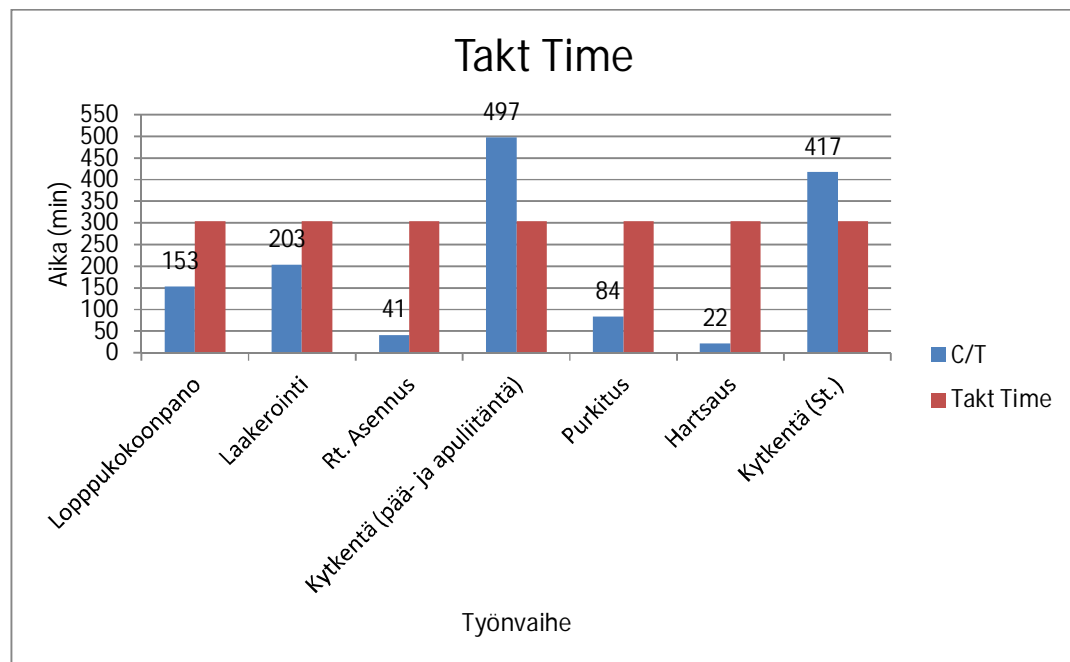
Takt time on tuotantovaiheen tahtiaika,
Työaika on teholliset työtunnit päivässä ja
Asiakkaan tilaukset on myydyt kappaleet päivää kohden.

Takt timea käytetään tuotannon vaiheiden synkronoitiin. Se ilmoittaa, mihin tahtiin tuotannon vaiheiden on toimittava, jotta tuotanto pystyisi vastaamaan asiakkaan kysyntään.

Kaikkien tuotannon vaiheiden on toimittava samaan tahtiin, jotta tuotanto toimisi hyvin. Tuotannon vaihe, joka toimii muita vaiheita nopeammin, ei nopeuta tuotantoa vaan hidastaa sitä. Se voi haudata muut tuotannon vaiheet ylimääräisen varaston alle hidastaen näin koko tuotantoa. [3, s. 94.]

AMI 400-500 -kokoontolinjan kapasiteetti on tällä hetkellä 14 konetta/viikko. Kokoontolinjalla toimii pullokaula- eli ns. kapeikko-ohjauksella, joten tätä lukua voidaan pitää samana kuin asiakkaiden kysyntää. Kokoontolinjalla työskennellään tehokkaasti 7 tuntia/vuoro.

Laskettaessa Takt time kaavalla (2), ajaksi saadaan 300 minuuttia. Kuviossa 5 on vertailtu työnvaiheiden läpimenoaikaa (C/T) ja Takt timea.



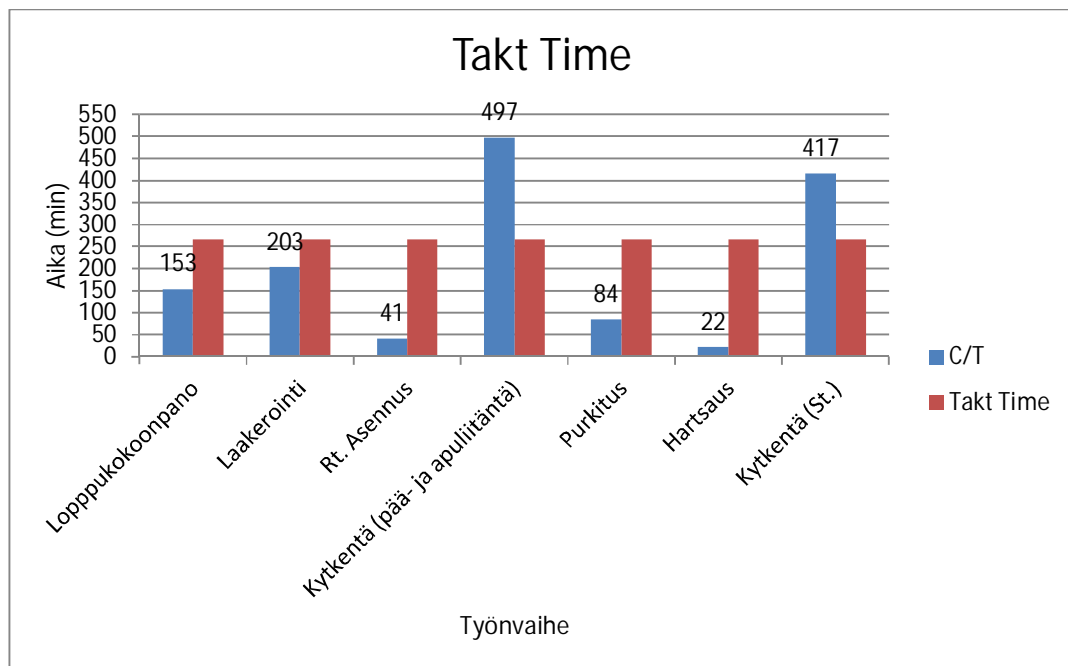
Kuvio 5. Takt timea nykykapasiteetilla verrataan kokoonpanoprosessien läpimenoaikoihin.

Kuvasta (kuvio 5) voidaan huomata, että kokoonpanoprosessissa on kaksi vaihetta, jotka ylittävät Takt timen. Muut vaiheet jäävät selvästi tavoiteajan alapuolelle.

Kaikki kokoonpanovaiheet tulisi tasoittaa Takt timeen nähden. Kokoonpanoprosessissa on siis varaa yhdistää työvaiheita, jotta prosessien välisiä eroja saataisiin pienennettyä.

Päätimme Tuomas Siltalan kanssa, että kokoonpanolinjan kapasiteettia nostetaan [7]. Kapasiteettia haluttiin nostaa 14 koneesta/viikko 16 koneeseen/viikko. Tämä vaikuttaa automaattisesti myös Takt timeen. Kaavalla (2) tulevaisuuden Takt timeksi saatiin 265 minuuttia.

Kuviosta 6 nähdään, että Takt timen pieneminen aiheuttaa ongelmia samoissa kokoonpanon vaiheissa kuin suurempi Takt timekin. Niihin kahteen vaiheeseen, joiden läpimenoaika ylittää Takt timen, on puututtava. Muiden vaiheiden yhdistämiseen on vieläkin mahdollisuus. On muistettava loogisuus työvaiheiden yhdistelyissä: vain peräkkäiset työvaiheet ovat yhdistettävissä.



Kuvio 6. Takt timeä kapasiteetin noston jälkeen verrataan kokoonpanoprosessien läpimenoaikoihin.

5.2 Tulevaisuudentilan kuvaus

Arvovirtakuvauksen tarkoituksena on tuoda esille tuotannossa esiintyvät hukan lähteet. Tulevaisuudentilan kuvauksessa (future-state drawing) näihin hukan lähteisiin puututaan poistamalla ne. Jokainen prosessin vaihe valjastetaan tuottamaan vain sitä, mitä asiakas siltä haluaa ja silloin, kun asiakas sen haluaa. [5, s. 57.]

5.2.1 Tulevaisuudentilan ehdotus 1

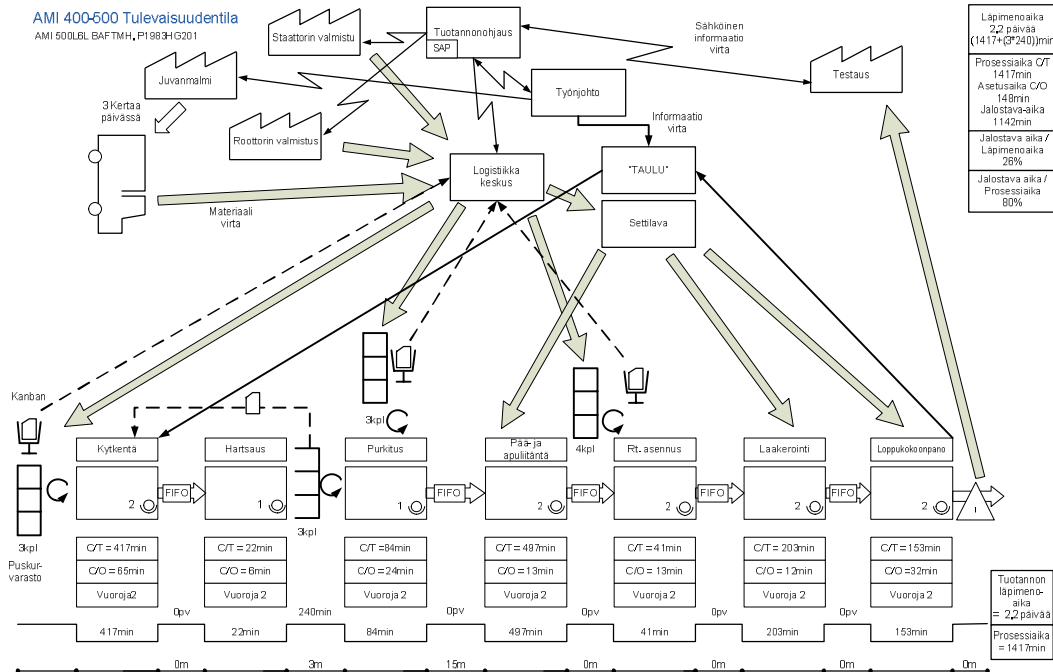
Tulevaisuudentilan ehdotuksessa 1 haluttiin käyttää supermarket-tyyppistä välivarastointia. Se sijoitettiin hartsauksen ja purkituksen väliin (kuvio 7). Supermarketilla halutaan rauhoittaa virtaus purkituksesta eteenpäin. Samalla se tuo joustavuutta kytkentään. KytKentä on työvaihe, jonka suorittamiseen kuluu kokoonpanossa eniten aikaa. Supermarketilla tässä välissä pystytään luomaan varmuutta ja liikkumavaraa tuotannon ala- ja ylävirtaan.

Jatkuvavirtaus halutaan luoda supermarketin eteen ja sen jälkeen (kuvio 7). Verrattuna nykyiseen tilaan, purkitusta edeltävät välivarastot halutaan poistaa, jotta jatkuvavirtaus olisi mahdollista.

Kokoonpanon tarvitsemat suuremmat komponentit, kuten roottorit ja rungot, tuodaan pieniin puskurivarastoihin. Näitä puskurivarastoja ohjataan Kanban-menetelmällä (kuvio 7).

Puskurivarastojen toimivuutta tulee valvoa tulevaisuudessa. Puskurivarastojen kokoa voidaan aluksi pitää kohtuullisen suurena, kunnes tuotanto saadaan toimimaan, jolloin niiden kokoa pitää pienentää. Äkillinen puskurivarastojen pienentäminen voi johtaa kokoonpanon pysähtymiseen hallitsemattomasti.

Kappaleen läpimenoaika muodostuu prosessiajan (C/T) sekä puskurivaraston kiertoajan summasta. Läpäisy aika on 2,2 päivää, kun työtä tehdään yhtäjaksoisesti kahdessa vuorossa.



Kuvio 7. Tulevaisuudentilassa 1 (future-state drawing) esitellään, miten kokoonpanon materiaali- ja informaatiovirrat voitaisiin toteuttaa virtauksen parantamiseksi.

Kytentä ja pää- ja apuliitäntä ovat ne vaiheet, joihin kokoonpanon kehittämisessä tulee kiinnittää huomiota. Niiden C/T on saatava pienemmäksi kehittämällä prosessin työmenetelmiä.

Nykytilassa yksi suurimmista virtausta hidastavista ja varastoa kasvattavista työvaiheista on hartsaus ja hartsin kuivuminen. Hartsausprosessista lähtee erittäin pahanhajuisia kaasuja. Haju tekee työn epämukavaksi koko kokoonpanolinjalla. Kaasut eivät ole myrkyllisiä eivätkä aiheuta vaaraa kokoonpanossa työskentelevälle henkilöstölle. Tulevaisuudentilan saavuttaminen vaatii hartsausprosessin kehittämistä. Varteen otettavien vaihtoehtojen suorittaminen suljetussa tilassa. Mallia voidaan ottaa HXR-kokoonpanolinjalta.

5.2.2 Tulevaisuudentilan ehdotukset 2 ja 3

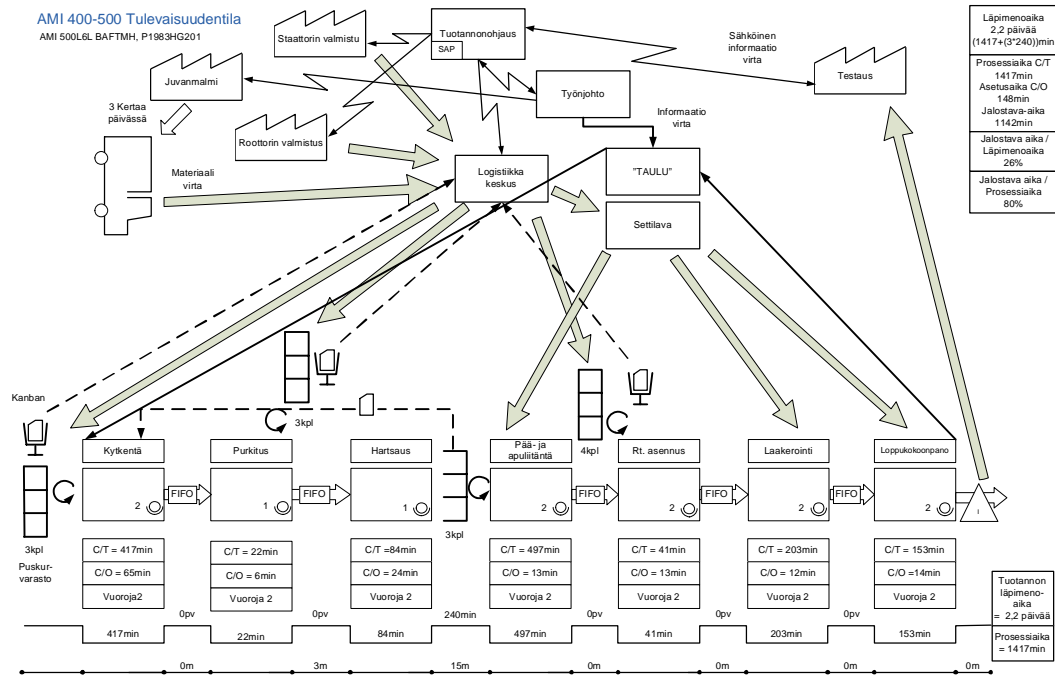
Edellä mainitun tulevaisuudentilan lisäksi kokoonpanoprosessista piirrettiin kaksi muuttakin suunnitelmaa, miten kokoonpanoprosessi voitaisiin toteuttaa.

Seuraavassa esiteltävät kaksi mallia (kuvio 8 ja kuvio 9) perustuvat samoihin tuloksiin ja päätelmiin kuin edellä mainittu tulevaisuudentilan kuvaus (kuvio 7).

Kaikki kolme tulevaisuudentilan kuvausta vaativat hartsausprosessin kehittämistä. Ajatuksena on ollut hartsausprosessin sijoittaminen ilmastoituun koppiin virtauksen mahdollistamiseksi.

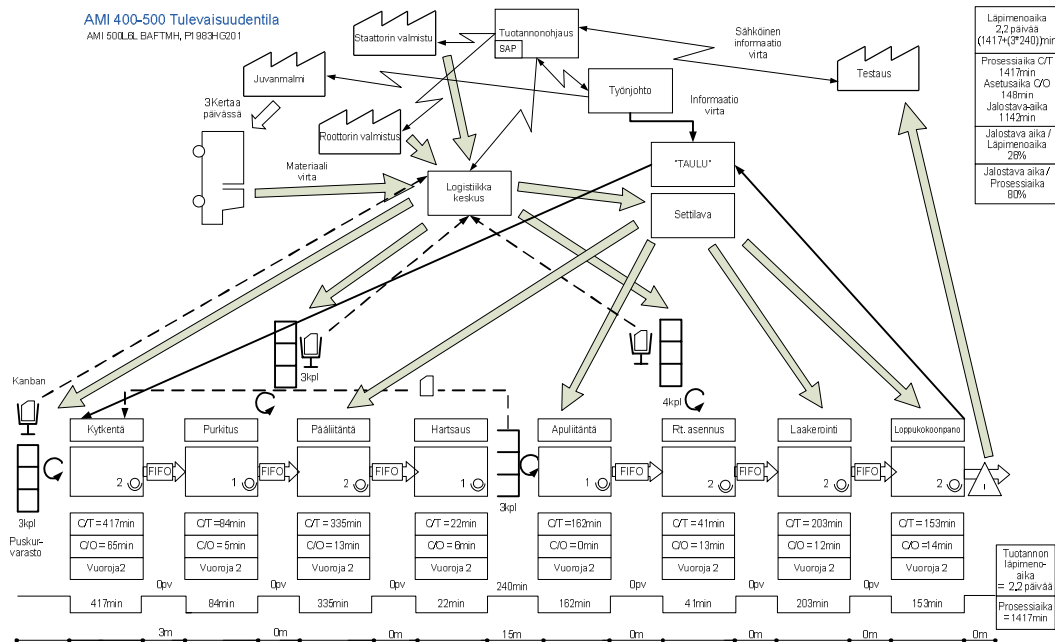
Ensimmäisessä kuvassa (kuvio 8) suurin muutos valittuun ehdotukseen nähden on purkituksen siirtäminen hartsausta edeltäväksi työvaiheeksi. Tällä muutoksella vähennetään tarvittavan varastointitilan määrää kokoonpanoalueella. Huomioitavaa on, että muutoksen tavoite ei ole varastointitilan pienentäminen, vaan varaston poistaminen.

Käytännössä purituksen aikaistaminen hartsausta edeltäväksi työvaiheeksi tarkoittaa hartsaustyövaiheen suorittamista rungon sisällä. Hartsauksen suorittamiseksi runko käännetään vaaka-asentoon, jotta kokoonpanija pääsee käsiksi hartsattaviin kohteisiin. Ongelmia tuottaa rungon ahtaus, kun pienelläkään pensselillä ei kunnolla mahduta levittämään hartsia kaikille pinnoille.



Kuvio 8. Tulevaisuudentilassa 2, jossa purkitus on sijoitettu hartsausta edeltäväksi työvaiheeksi.

Toisessa tulevaisuutta kuvaavassa piirroksessa myös päällitöntä on siirretty edeltämään hartsausta. Päällitännän tekeminen vaatii vähäistä hartsaamista. Tällä hetkellä päällitännän hartsaus suoritetaan koneen sisällä ja hartsauson jälkeen seuraa roottorin ja laakerikilpien asennus. Hartsattu kohta jää koneen sisälle.



Kuvio 9. Tulevaisuudentilassa 3, jossa puritus ja päällitöntä on sijoitettu hartsausta edeltäväksi työnvaiheeksi.

Edellä mainitut kaksi versiota tulevaisuudentilasta hylättiin samoista syistä. Keskusteluissa esille noussut ongelma rungon ahtaudesta muodostui päällimmäiseksi syyksi luopua näistä ehdotuksista. Mikäli pystytään varmistumaan hartsin levittymisestä ja hartsaustyön laadun säilymisestä, niin muilta osin ehdotukset vaikuttavat toteuttamiskelpoisilta.

5.3 Käyttöönotto, tulevaisuudentilan saavuttaminen

Tulevaisuudentilan käyttöönotto on arvovirtakuvauksen tärkeimpiä vaiheita. Jos muutoksia tulevaisuudentilan saavuttamiseksi ei tehdä nopeasti kuvauksen piirtämisen jälkeen, arvovirtakuvaus muuttuu nopeasti hyödyttömäksi. [5, s. 85.]

Tätä vaihetta ei tämän insinööriyden puitteissa tehty.

6 Hukka

Hukka on ollut tuotantoprosessien suurin vihollinen jo yli sadan vuoden ajan. Frederick Taylor yritti jo 1900-luvun alkupuolella poistaa hukkaa tuotantoprosesseista, tarkkailemalla työntekijöiden toimintaa ja poistamalla siitä jokaisen tehottoman liikkeen. [3, s. 8.]

Hukka (engl. waste) on erittäin kattava käsite, se käsittää kaikki lisäarvoa tuottamattomat työvaiheet. Hukkaa esiintyy kaikissa työvaiheissa ja kaikissa tuotantoprosessin vaiheissa.

TPS:n mukaan hukkaa on olemassa kolmea päätyyppiä, mudaa, muraa ja muria. Näiden kolmen hukan ilmenemismuodon nimet tulevat japaninkielestä. [3, s.114.]

- Muda on lisäarvoa tuottamaton työ.
- Muri on ihmisten tai laitteiden ylikuormitusta.
- Mura on tuotannon epätasaisuutta.

Hukan poistamisella tuotantoprosessista ei tarkoiteta koneiden tai henkilöstön työmäärän lisäämistä tai sitä, että koneiden tai henkilöstön pitäisi työskennellä nopeammin. Hukan poistamisen tavoitteena on tehdä työvaiheesta tehokkaampi, ei nopeampi. Tehokkuutta mitataan sen pohjalta, miten hyvin työvaihe pystyy muuttamaan raaka-aineen valmiiksi tuotteeksi. Hosuminen tai ylituottaminen ei ole tehokkuutta.

Puhekielessä hukan määritelmä yleensä joustaa ja tarkka kohde selviää yleensä asiayhteydestä. Tässä insinööriyössä hukalla tarkoitetaan mudaa ja sen kahdeksaa muotoa.

6.1 Hukan kahdeksan tyyppiä

Hukka jaetaan yleisesti seitsemään tyyppiin. TPS lanseerasi kahdeksannen hukkatyyppiin. Näillä kahdeksalla tyyppillä hukan lähteitä ja vaikutuksia on helppo tarkastella.

Hukan tyyppejä ovat seuraavat [3, s. 28.]:

1. Yli tuotanto. Hukka syntyy varastoista ja niiden ylläpidosta – varastoista, joihin sijoitetaan tuotantoa, jonka seuraavasta vaiheesta ei ole tietoa.
2. Odottelu. Työntekijä joutuu olemaan toimeettomana, koska hän odottaa seuraavaa käsittelyvaihetta, vapautuvaa työkalua tai toiminnon, komponentin tai automaattisen toiminnon valmistumista.
3. Tarpeeton kuljetus. Keskeneneräistä tuotetta siirretään varastoon tai varastosta. Myös pitkät kuljetukset tuotantoprosessien välillä ovat tarpeetonta kuljetushukkaa.
4. Tuotteen ylikäsittely tai sen virheellinen käsittely. Tuotteen jalostamiseen ei käytetä parasta menetelmää. Hukkaa on myös, jos valmistetaan ns. laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä.
5. Tarpeettomat varastot. Materiaaleja, keskeneneräistä tuotantoa ja valmiita tuotteita säilytetään tarpeettoman suurissa varastoissa. Suuret varastot kätkevät alleen monia tuotannon ongelmia.
6. Tarpeeton liike. Työn suorittamisessa tehdään ylimääräisiä liikkeitä, kuten hakeminen, etsiminen tai pinoaminen.
7. Viat. Virheellisten tuotteiden tuottamiseen ja korjaamiseen hukataan paljon kallista valmistusaikaa.
8. Käyttämättä jätetty työntekijöiden luovuus. Työntekijän ajan, ideoiden, taitojen ja oppimismahdollisuuksien käyttämättä jättäminen, kun työntekijää ei sitouteta työtehtävään.

TPS:n mukaan hukan etsiminen lähtee ajatuksesta "mitä asiakas tästä prosessista haluaa?" [3 s. 27]. Hukan etsintä aloitetaan jalostavan työn määrittelyllä, jalostava työ on vastaus edellä mainittuun kysymykseen. Asiakkaan kannalta kaikki muu työ tuotannossa on turhaa, joten sen määrää tulee vähentää. [3, s. 9.]

6.2 Hukka kokoonpanossa

Toyotan tapaan -kirja pitää suurimpana hukkana ylituotantoa [3, s. 29]. AMI 400–500 -kokoonpanoprosessissa ylituotanto on yksi suurimmista hukan aiheuttajista yhdessä tarpeettoman varastoinnin kanssa. Nämä kaksi kulkevat kokoonpanoprosessissa tiiviisti käsi kädessä. Staattoreita kytketään enemmän kuin loppukokoonpanossa ehditään koota. Tästä johtuen ennen loppukokoonpanoa oleville työvaiheille (kytkentä, hartsaus, purkitus) kerääntyy varastoja.

Varastojen syntymistä ja tuotteen liikkumista kokoonpanon lävitse on helpompi seurata, jos mietitään staattorin vaiheita kokoonpanoprosessissa. Staattori kulkee jokaisen kokoonpanovaiheen kautta. Sen tilaa tarkastelemalla huomataan helposti, missä vaiheessa moottorin kokoaminen on ja missä vaiheessa joudutaan odottamaan seuraavaa vaihetta. Kokoonpanoprosessista voidaan erotella kuusi erilaista odottavaa staattorityyppiä:

1. Kytkeä odottava
2. Hartsausta odottava
3. Runkoon kiinnittämistä odottava
4. Kokoonpanoa odottava
5. Testausta odottava
6. Keskeytynyt

Odottava staattori tarkoittaa aina varastoa. Viisi ensimmäistä odotusta kuuluvat kokoonpanoprosessin vaiheisiin. Kuudes odottava staattorityyppi on poikkeus ja tarkoittaa käytännössä sitä, että moottorin valmistuksessa on tullut häiriö.

Häiriön poistumiseen kuluva aika on vaikea arvioida. Se vaihtelee aina tapauskohtaisesti. Viimeinen staattorin vaihe liittyy läheisemmin Toyotan 7. hukkaan (viat). Sen tarkastelu ei tässä yhteydessä ole tarpeellista.

Optimitilanteessa kokoonpanoprosessissa ei olisi yhtään odottavaa staattoria. Olisi vain työn alla olevia staattoreita. Tämä on tuskin koskaan täysin mahdollista. Suurten varastojen ja ylituotannon avulla pystytään tasoittamaan kokoonpano- ja toimitusprosessissa tapahtuvia heilahteluja.

Ylituotannon vähentäminen ja varastojen järjeistäminen ovat kehityskohteita, joilla saadaan hukkaa vähennettyä ja sitä kautta koneiden läpimenoaikaa lyhennettyä.

Toyotan tapaan -kirja toteaa, että useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä [3, s. 87]. Se tarkoittaa, että hukkaa on joka paikassa [3, s.28]. Hukkaa esiintyy siis jokaisessa kokoonpanoprosessin työvaiheessa.

Kokoonpanoprosessissa esiintyvien hukkien analysointiin käytettiin syy-seuraus -kaaviota selventämään hukkien syitä. Liitteestä 2 löytyvät kaikki syy-seuraus -analyysit, joiden pohjalta on tehty taulukko (liite 3) hukan aiheuttajista. Jokaisen hukan poistamiseksi on esitetty ratkaisut.

Hukat on myös lajiteltu tärkeysasteen mukaan kahteen sarjaan: tärkeät (1) ja vähemmän tärkeät (2). Liitteessä 3 olevasta taulukosta huomataan, että useilla hukilla on sama aiheuttaja.

Voidaan perustellusti sanoa, että hukkien välillä on olemassa yhteys. Analysoinnissa huomattiin, että neljällä tekijällä oli vaikutus yli puoleen kaikista löytyneistä hukan syistä. Taulukkoon 2 on kerätty hukkien yhteiset tekijät ja eritelty, mihin työvaiheeseen ne liittyvät.

Taulukko 2. Hukan yhteisten tekijöiden määrät sekä prosessit, joissa hukka esiintyy.

Yhteinen tekijä	Loppukokoonpano	Laakerointi	Rt. Asennus	Pää- ja apuliitäntä	Purkitus	Hartsaus	Kytkenä (St.)	Yhteensä
Nostot	5	3	3	0	2	0	2	15
Layoutin muutos	3	3	1	4	2	0	2	15
Toimitukset	3	8	2	3	5	0	4	25
Tekeminen	0	5	0	6	0	0	3	14
								69

Pääajatus on, että jokainen hukan aiheuttaja poistetaan, mutta tässä prosessissa on syytä kiinnittää huomiota yhteisiin tekijöihin. Muutokset näissä tekijöissä saattavat poistaa kerralla useita hukan aiheuttajia tai pahimmassa tapauksessa lisätä hukan määrää.

6.3 Hukan poisto kokoonpanon työvaiheista

Toyotan tapaan -kirja lisää hukan eli mudan kahdeksaan muotoon vielä kaksi muuta hukkaan liittyvää käsitettä. Kirja painottaa, että näitä käsitteitä muria ja muraa ei saa laiminlyödä. Keskittyminen pelkkään hukkaan eli mudaan ja sen kahdeksaan muotoon saattaa jopa heikentää ihmisten ja tuotantoprosessien tuottavuutta. [3, s. 114.]

Muri on ihmisten tai laitteiden ylikuormittamista. Ihmisten ylikuormittaminen aiheuttaa turvallisuus- ja laatuongelmia. Laitteiden ylikuormittaminen aiheuttaa katkoksia ja vikoja. Muria voidaan pitää mudan eli hukan vastakohtana. [3, s. 144.]

Mura on epätasaisuutta. Tätä epätasaisuutta voidaan ajatella murin ja muran seurauksena. Tuotantojärjestelmissä on epätasaisuutta. Joskus työtä on enemmän kuin tekijöitä, joskus taas päinvastoin. Muda eli hukka on murin seurausta. Tuotannolla on oltava käytössä kaikki tarvittavat työkalut maksimikapasiteetin saavuttamiseksi, vaikka keskimääräisesti kapasiteetin käyttö olisi maksimi käyttöä huomattavasti pienempää. [3, s. 144.]

Tasapaino näiden kolmen elementin kesken on tärkeää. Muuten valmistusprosessi ajaa itsensä loppuun ensimmäisen kuormituspiikin kohdalla [3, s. 155].

Mietittäessä hukkaa AMI 400-500 -kokoonpanossa, on otettava hukan poiston lisäksi huomioon myös muri ja mura. Tuotannon tehokkuuden parantamisen tarkoituksena ei ole ajaa ihmisiä loppuun.

Hukan poisto olisi hyvä aloittaa varastojen pienentämisellä. Pienentämisellä ei tarkoiteta varastojen poistamista kokonaan. Vaan se tarkoittaa tässä yhteydessä varastojen järjeistämistä.

Varastojen pienentäminen saattaa lisätä painetta työntekijöitä kohtaan. Se saattaa hetkellisesti laskea kokoonpanolinjan toimitusvarmuutta (OTD). Varastojen pienentäminen kuitenkin pakottaa kokoonpanon kiinnittämään huomiota sen sisäisiin ongelmiin.

Kokoonpano-osastolle saapuvaa komponenttien määrää säännöstellään. Osastolle saa tuoda vain tarvittavan määrän komponentteja. Jokaiselle komponentille on olemassa oma varastointipaikka, kappalemäärä ja täydennysväli. Näitä tekijöitä on syytä seurata. Kun huomataan poikkeamia, on niihin puututtava ja niiden juurisyys selvitettävä. Varastointipaikkojen määrää ja sijaintia tarkennetaan kohdassa Layout-suunnittelu.

Ylituotannosta johtuva varastointi poistetaan kokoonpanovaiheiden välistä. Nykyisellään ylituotannosta johtuvat varastot kertyvät loppukokoonpanovaiheita edeltäville työvaiheille kuten hartsaukselle ja kytkennälle. Näille työvaiheille on pyrittävä soveltamaan yksiosaisen virtauksen menetelmää, jolla saadaan kappaleet liikkumaan työvaiheiden välillä ilman välivarastoja. Tämä vaatii muutoksia layoutiin sekä hartsaus-työvaiheen kehittämistä.

Tarkasteltaessa hukkia työvaiheiden näkökulmasta, on jo huomattu, että hukalla on tässä tapauksessa yhteys neljään tekijään: nostoihin, layoutiin, toimituksiin ja tekemiseen. Näihin tekijöihin vaikuttamalla hukan määrää voidaan poistaa monista kohdista samanaikaisesti.

Taulukosta 2 ja liitteestä 3 voidaan nähdä, että nostoille on kerääntynyt paljon hukkaa. Paperilla hukan määrä näyttää suurelta, mutta todellisuudessa sen osuus on pieni.

Nostoihin liittyvä hukka syntyy lähinnä nosturin odotuksesta. Todellisuudessa tämä hukka jakaantuu kahdelle nosturille. Hukka on todellinen. Sen suuruus on kuitenkin huomattavasti pienempi verrattuna kolmeen muuhun tekijään. Esimerkiksi pienelle li-sänosturille ei nykyisellään ole kokoonpanoprosessissa tarvetta.

Layout-suunnittelulla voidaan vähentää komponenttien ja työkalujen hakuun kuluva aikaa. Edellä mainittuja voidaan layout-muutoksella sijoittaa lähemmäs varsinaista asentamistyötä. Pientavarahyllyjen paikkaa voidaan muuttaa ja niissä olevien nimikkeiden määrää tarkastella ja mahdollisesti vähentää. Pientavarasta on mahdollista muodostaa myös settilavoja, joille on valmiiksi lajiteltu ne osat, joita kone tarvitsee. Nämä settilavat voidaan sijoittaa lähelle asennuspaikkaa.

Toimituksiin puuttuminen on tärkeä tekijä kokoonpanovaiheiden hukkaa mietittäessä. Toimituksiin puuttumisella tarkoitetaan saapuvan tavaran tarkastamista ja sitä, että

kokoonpanoalueelle vietävien komponenttien määrää tulee standardoida ja valvoa. Kokoonpanoprosessista poistuvat turhat välivarastot vapauttavat kokoonpanon käyttöön arvokasta lattiatilaa.

Tarkastukset antavat pidemmän reagoimisajan laatuvirheisiin. Jos virheet huomataan vasta kokoonpanossa, niihin on reagoitava huomattavasti nopeammin. Esimerkkinä lämmönvaihtimen kiinnityskorvat, jotka ovat väärissä kohdissa rungon kiinnitykseen nähden. Jos virhe huomataan jo tavaran saapumisen yhteydessä, kokoonpanon teoreettinen reagointiaika korjaamisen suorittamiseksi on 25 h eli reilut kolme työvuorokautta. Jos taas virhe huomataan loppukokoonpanovaiheessa, teoreettista reagoisaikaa on noin 1.5 h verran ($Takt\ time - C/T = 105\ min$).

Tekemisellä tarkoitetaan, että kokoonpanossa keskityttäisiin vain kokoamistyöhön. Valmistelu- ja sovitustyö siirrettäisiin kokonaan kokoonpanoprosessin ulkopuolelle. Komponentit esivalmisteltaisiin ennen kokoonpanoprosessia. Kokoonpanoprosessin tehtäväksi jäisi vain niiden yhdistäminen valmiiksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi antureiden kaapelit toimitettaisiin kokoonpanoalueelle sellaisessa muodossa, että niihin olisi valmiiksi puristettu liittimet johtojen päihin. Kokoonpanijan tehtäväksi jäisi vain johdon painaminen riviliittimeen. Toisena esimerkkinä voidaan mainita kaapelien kiinnittäminen koneen runkoon. Rungosta tulisi löytyä valmiiksi koneistetut ja kierteitettyt paikat, joihin johtojen kiinnityskourut voidaan suoraan ruuvata kiinni. Reikien teko ja kierteitys eivät ole kokoonpanon tehtäviä.

Hukan poistossa on koetettava löytää tasapaino näiden menetelmien elementtien välille.

7 Virtaus

Virtaus ja varsinkin yksiosainen virtaus ovat Lean-ajattelun perusteita. Sillä tarkoitetaan keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon kulkua prosessissa. Ideaalivirtaus ei salli väli- tai tuotevarastoja. Joissain tapauksissa ideaalivirtauksen toteuttaminen ei kuitenkaan ole mahdollista. Silloin eri työvaiheiden välissä voidaan käyttää pieniä valmistuote- tai puskurivarastoja. [8, s. 72 - 73.]

Virtauksen tavoitteena on mahdollistaa pienten sarjojen valmistaminen. Lähekkäin sijoitelluissa prosesseissa materiaali liikkuu ilman varastointia tai muita seisahduksia. Ihante sarjakoko virtaukselle on yksi. [8, s. 72 - 73.]

Toimivan virtauksen avulla voidaan parantaa tuotannon joustavuutta, jolloin asiakkaiden muuttuviin tarpeisiin pystytään nopeammin vastaamaan. Virtausta kehittämällä tuotannon tehokkuutta ja tuotteiden laatua voidaan parantaa. Toimivan virtauksen ansiosta varastojen tarve vähenee. Varastojen väheneminen pienentää varastointikustannuksia ja vapauttaa lattiapinta-alaa. Kappaleiden virtaus parantaa työmotivaatiota ja työssä viihtymistä. [8, s. 72 - 73.]

Toimivassa virtauksessa valmistetaan pieniä sarjoja, joita ei välivarastoida, vaan ne toimitetaan suoraan asiakkaalle asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Toimittaessa näin myös tuotantoon sidotun pääoman määrä laskee ja ei-jalostavan työn osuus pienenee. [8, s. 72 - 73.] Virtauksen pääperiaate voidaan kiteyttää kuuteen ajatukseen [8, s. 72 - 73]:

- oikeaan aikaan
- oikeaan paikkaan
- sovittu määrä
- oikean laatusena
- oikeassa kuljetusyksikössä
- suunnitelluin kustannuksin

Virtaus nähdään yleisesti vain materiaalin kulkuna työvaiheelta toiselle. On muistettava, että on olemassa myös toisenlaista virtausta: informaatiovirtaa työvaiheiden välillä. [5, s. 5.] Näiden kahden virtauksen tyyppien synkronoiminen on tärkeää hyvin toimivan tuotannon saavuttamiseksi [4, s. 14].

Imuohjatussa virtauksessa informaatio kulkee ns. vastavirtaan tuotteen valmistuksen viimeisestä vaiheesta sen ensimmäiseen vaiheeseen päin. Lean-ajattelun mukaisesti tuotantoa tulisi muuttaa kohti tämänkaltaista toimintaa.

Virtauksesta on pyrittävä tekemään visuaalisempaa, jotta sen tarkastelu helpottuisi. Virtauksen helppo seurattavuus helpottaa virtauksen kehittämistyötä.

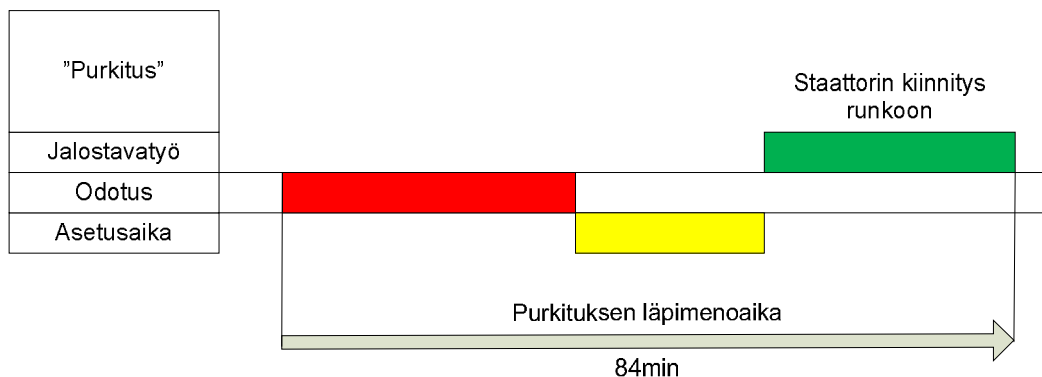
7.1 Läpimenoaika

Läpimenoaika eli läpäisy aika on tuotantojärjestelmän tehokkuuden tärkeimpiä käsitteitä ja mittareita [9, s. 53].

Läpimenoaika on tietyn toiminnon suorittamiseen tarvittava aika. Läpäisyajan mittaaminen alkaa toiminnon aloittamisesta ja loppuu, kun toiminto on saatu valmiiksi. Läpimenoaika sisältää kaiken toiminnon toteuttamiseen tarvittavan ajan, myös valmisteluajan.

Läpimenoaika voidaan määrittää kokonaisuuksille, kuten tilaus-toimitus -ketjulle. Sen avulla voidaan tarkastella tilaus-toimitus -ketjun eri vaiheita, kuten valmistusta. Läpimenoaika voidaan määrittää pienimmillekin valmistusprosessin vaiheille.

Läpimenoaika voidaan jakaa kolmeen luokkaan: jalostavaan aikaan, asetusajaan ja odotusaikaan. Jalostavan ajan osuus koko läpimenoajasta on usein huomattavan pieni, kuten kuvio 10 voidaan nähdä. Läpimenoaikoja kehitettäessä halutaan yleisesti vaikuttaa odotus- ja asetusajojen vähentämiseen.



Kuvio 10. Purituksen läpimenoaika jakautuu asetusajaan, odotukseen ja jalostavaan aikaan. Jalostavan ajan osuus läpimenoajasta on 26 %.

7.1.1 Lyhyen läpimenoajan etuja

Lyhyet läpimenoajat ovat yritykselle suuri kilpailuetu. Niillä yritys pystyy haastamaan kilpailijansa, kehittämään omia tuotteitaan nopealla aikavälillä. Kilpailuetuihin kuuluvat myös nopeat ja luotettavat toimitukset, jotka ovat mahdollisia lyhyiden läpimenoaikojen ansiosta.

Lyhyet läpimenoajat mahdollistavat joustavamman tuotannon. Joustavan tuotannon ansiosta yrityksellä on paremmat mahdollisuudet vastata asiakkaiden muuttuviin vaatimuksiin. Joustavuuden ansiosta yrityksen on helpompi ohjailta tuotantoaan.

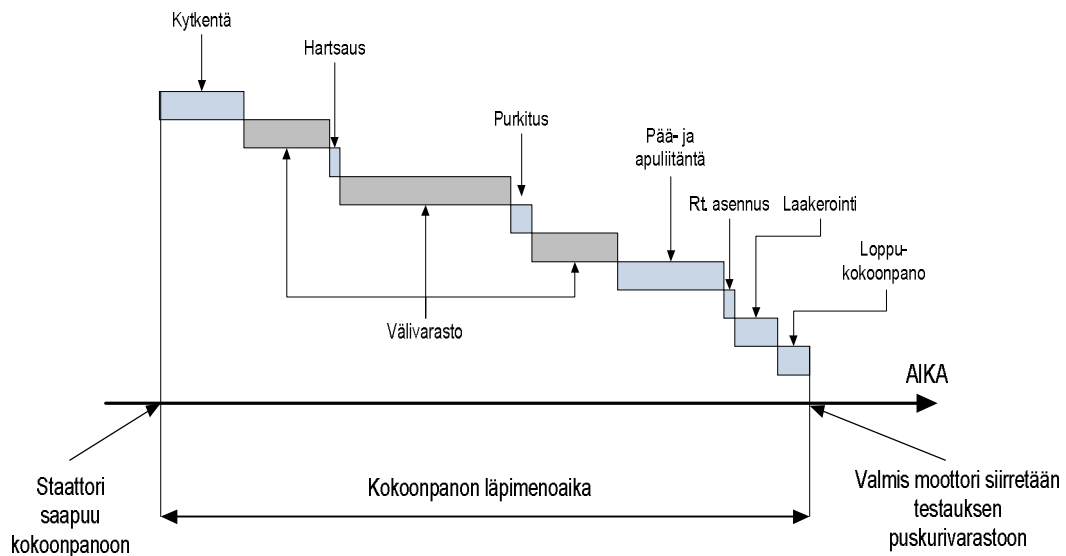
Lyhyet läpimenoajat vaativat, että työ tehdään valmiiksi yksiosaisen virtauksen mukaisesti. Työnvaiheiden tekeminen peräkkäin vähentää keskeneräisen tuotannon (KET) määrää. Pienentämällä KETin määrää tuotantoon sitoutuneen pääoman määrä vähennee. [8, s. 29.]

Lyhyet läpimenoajat mahdollistavat asiakasohjatun tuotannon käytön. Asiakasohjatussa tuotannossa varastojen määrä voidaan pitää pienenä ja niiden kiertonopeus on korkea. Nopealla varaston kierrolla voidaan torjua varastointiin liittyviä riskejä.

7.1.2 Lämpimenoajan muodostuminen kokoonpanossa

Lämpimenoaika kokoonpanossa muodostuu prosessien läpimenoajoista (C/T) ja prosessien välisistä odotus- eli varastointiajoista. Kokoonpanon seitsemän prosessin suorittamiseen kuluu aikaa yhteensä 1 417 minuuttia eli 23,5 tuntia. Prosessien kuluttamaan aikaan lisätään aika, jonka kone viettää välivarastoissa. Kokoonpano saadaan tehtyä viidessä päivässä (kyseessä on kokoonpanon tämänhetkinen läpimenoaika).

Kuviosta 11 nähdään, miten kokoonpanon vaiheet ja välivarastot kasvattavat koneen läpimenoaika. Koneen läpimenoaika on tarkasteltu kokoonpanoprosessin osalta. Se on vain yksi vaihe koneen valmistuksessa.



Kuvio 11. Kokoonpanon läpimenoajan mittaus alkaa staattorin saapumisella ja loppuu valmiin moottorin toimittamiseen koestukseen. Lämpimenoaika koostuu prosessien sekä varastojen läpimenoaikojen summasta.

Kokoonpanoprosessin vaiheiden käyttämä läpimenoaika jakautuu kuviossa 10 esitettyihin aikaluokkiin. Jokaisesta prosessin vaiheesta voidaan erotella jalostava aika, odotusaika sekä asetus aika. Näiden aikojen suuruus vaihtelee kokoonpanoprosessin eri vaiheiden välillä.

7.1.3 Kokoonpanon läpimenoajan parantuminen

Arvovirtakuvauksessa kokoonpanon läpimenoajaksi saatiin 4 800 minuuttia eli 5 työpäivää (yhdessä työpäivässä työskennellään kahdessa vuorossa yhteensä 16 h). Arvovirtakuvauksessa tarkasteltiin vain yhden koneen kulkua kokoonpanoprosessin läpi. Sen läpimenoaika voidaan kuitenkin pitää hyvänä vertailukohtana läpimenoajan parantamiselle. Tätä päätelmää tukevat myös valmistussuunnitelmallista saatava ohjearvo ja vertailukoneelle saatu läpimenoaika.

Insinööriyön tavoitteeksi asetettiin 25 %:n parannus. Se tarkoittaa, että nykyisestä läpimenoajasta olisi saatava 1 200 minuuttia pois. Halutun parannuksen jälkeen läpimenoaika olisi 3 600 minuuttia eli n. 4 työpäivää.

Arvovirtakuvauksen pohjalta kokoonpanoprosessista tehtiin tulevaisuudentilan kuvaus, jossa esitetään miten kokoonpanoa voitaisiin parantaa ja miten parempi läpimenoaika saavutetaan. Tulevaisuudentilan mukaisessa kokoonpanossa yhden koneen kokoamiseen tarvitaan 2 137 minuuttia eli n. 2 päivää.

Prosentteina ilmoitettuna parannus tarkoittaa n. 55 %:n parannusta nykyiseen läpimenoaikaan nähden.

7.2 Keskeneräinen tuotanto

Keskeneräisellä tuotannolla (KET, engl. *WIP, Work In Process*.) ja läpäisyajalla on selvä yhteys: keskeneräinen tuotannon määrä on lähes suoraan verrannollinen läpäisy aikaan [9, s. 55].

Keskeneräisen tuotannon määrä voidaan laskea Littlen lain avulla. Keskeneräinen tuotanto sitoo tarpeetonta pääomaa. Tämän pääoman suuruutta voidaan tarkastella, kun tiedossa on keskeneräisen tuotannon määrä ja tuotteen arvo.

7.2.1 Littlen laki

Littlen laki (Little's Law,) kaava (3), on nimetty John D. C. Littlen mukaan. Hän esitti kaavan matemaattiset perusteet. Littlen lain avulla voidaan tarkastella keskeneräisen tuotannon määrää tuotteiden määrän ja kiertoajan yhteyden avulla. [10, s. 223.] Littlen lakia voidaan pitää tuotannolle lähes yhtä tärkeänä kuin fyysikolle kaavaa $F = ma$ [10, s. 225].

$$WIP = TH \times C/T \quad (3)$$

WIP on keskeneräisen työn määrä (KET),

TH on tuotosta aikayksikössä ja

C/T on kiertoaika.

Suora Littlen lain soveltaminen tarkoittaisi, että kokoonpanossa tuotteiden vaihtelu eri tuoteversioiden välillä olisi nolla eli vaihtelua ei tapahtuisi. Lisäksi aloitettavien töiden määrän tulee olla sama kuin lopetettavien töiden määrä.

Vaikka kokoonpanoprosessissa tapahtuu vaihtelua eri tuoteversioiden välillä ja aloitettavien sekä lopetettavien töiden määrä saattaa vaihdella, voidaan silti Littlen lain avulla laskettua keskeneräisen tuotannon määrää pitää suuntaa antavana ja tarpeeksi tarkkana arvona, jonka pohjalta voidaan tehdä luotettavia päätelmiä.

7.2.2 Kokoonpanon keskeneräinen tuotanto

Kokoonpanoprosessin keskeneräisen tuotannon määrää seurataan päivittäin. Vuoropäivätaulukalta löytyy keskeneräisen tuotannon määrälle annettu ohjearvo. Tähän arvoon verrataan keskeneräisen tuotannon tämänhetkistä määrää.

Keskeneräisen tuotannon ohjeelliseksi määräksi on annettu 5 konetta. Tämä tarkoittaa vain kokoonpantavien koneiden määrää. Taululle merkattava määrä ei ota ollenkaan huomioon kytkennässä olevia koneita, kytkettyjä, hartsattuja tai purkitettuja koneita.

Kaavalla (3) voidaan laskea, että kokoonpanon todellinen keskeneräisen tuotannon määrä on noin 14 konetta. Voidaan arvioida, että kytkennän ja purituksen väliin työvaiheisiin on sidottuna keskimäärin yhdeksän konetta.

7.2.3 Keskeneräisen tuotannon arvo

Littlen lain avulla laskettuna kokoonpanossa olevan keskeneräisen tuotannon määräksi saadaan 14 konetta. Todetaan, että yhden koneen valmistuksen hinta on X €, joten kokoonpano sitoo pääomaa $14 \times X$ €.

Jos kapasiteettia nostetaan ilman, että läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä, samassa läpimenoajassa on valmistettava enemmän koneita. Kapasiteetilla 16 konetta viikossa valmistetaan 3,2 konetta päivässä.

Littlen lain mukaan kapasiteetin nostolla keskeneräisen tuotannon määrän nousee 16 koneeseen. Kokoonpanoon sitoutuneen pääoman määrä on silloin $16 \times X$ €.

Future-state mapin mukaisessa kokoonpanolinjan uudistuksessa kokoonpano koostuu kahdesta kytkentäpaikasta, yhdestä purituspaikasta, yhdestä hartsauspaikasta ja neljästä loppukokoonpanopaikasta.

FSM:n mukaan uudeksi koneen läpimenoajaksi tulee 2,2 päivää. Keskeneräisen tuotannon määrä laskettuna Littlen lain mukaan uudella kapasiteetilla on 7,05 konetta. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että kokoonpanoon pääomaa sitoutuu $7 \times X$ €.

Koneeseen sijoitetun pääoman tuottotavoitteeksi asetetaan 19 % ja varastointikustannusten arvioidaan olevan 10 % varaston arvosta. Vuositasolla pienemmällä keskeneräisen tuotannon määrällä nykyisestä 14 koneesta 7 koneeseen voidaan säästää $(14 - 7) \times 29\% \times X \text{ €}$.

Kapasiteetin nostoa tarkasteltaessa teoreettinen säästö on huomattavasti pi, $(16 - 7) \times 29\% \times X \text{ €}$. [11]

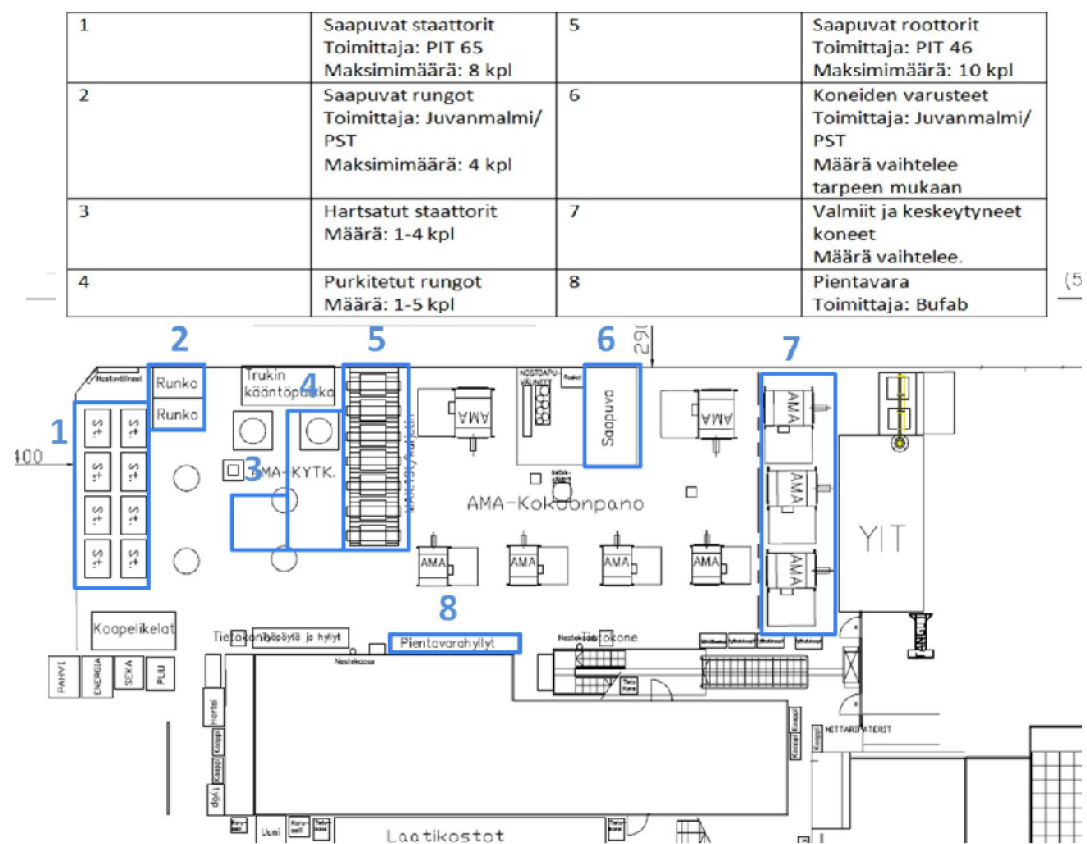
7.3 Varastot

Kokoonpanossa on monia sisäisiä puskurivarastoja (kuvio 12), jotka eroavat tuotannon puskurivarastoista. Varastojen tarkoituksena on varmistaa tarvikkeiden saatavuus. Varastoja on kolmen tyyppisiä:

- Tuotteen välivarastoissa säilytetään koneita prosessin eri vaiheiden välillä kuten esimerkiksi: kytketyt staattorit, hartsatut staattorit tai valmiit koneet. Välivarasto, jossa tuotteet ovat, vie tuotannosta eniten tilaa.
- Saapuvien komponenttien varastossa säilytetään kokoonpanon komponentteja, jotka on toimitettu kokoonpano-osastolle eri toimittajien toimesta. Tällaisia tuotteita ovat mm. staattorit, roottorit, laakerit ja lämmönvaihtimet.
- Pientavaravarastoissa, säilytetään koneiden kokoonpanossa tarvittavia pieniä komponentteja kuten pultteja, muttereita ja aluslevyjä.

Sisäisten puskurivarastojen kokoa ei ole standardoitu, vaan niihin ”tihkuu” tavaraa vähitellen. Kuviosta 12 näkyvät määrät ovat varaston maksimimääriä. Kokoonpanon väli-
varastojen koko heilahtelee tuotantotilanteen mukaan.

Näihin varastoihin kiinnittyä paljon pääomaa. Lisäksi ne täyttävät jo valmiiksi ahtaan
kokoonpanotilan. Suurten väli-
varastojen takaa on vaikea nähdä tuotteen virtausta. Varastot peittävät alleen myös tuotannon ongelmia [3, s. 29].



Kuvio 12. Varastojen sijainnit kokoonpanoalueella. Varastojen fyysinen koko vaihtelee tuotantotilanteen mukaan.

Standardoimalla puskurivarastojen koot pystytään toimituksiin liittyviä ongelmia tarkastelemaan paremmin. Pystytään vapauttamaan lattiapinta-ala kokoonpanon käyttöön ja saadaan selkeytettyä virtauksen kulkua kokoonpanoprosessin läpi.

8 AMI 400-500 -kokoonpano

AMI 400-500 -kokoonpanossa eli PIT48:ssa valmistetaan moduulikoneita, joiden runko hitsataan teräslevyistä. Moduulikoneet voidaan valmistaa komponenteista asiakastarpeen mukaan. Koneiden komponenttien ominaisuudet määräytyvät paljon ennen koneen kokoonpanovaihetta.

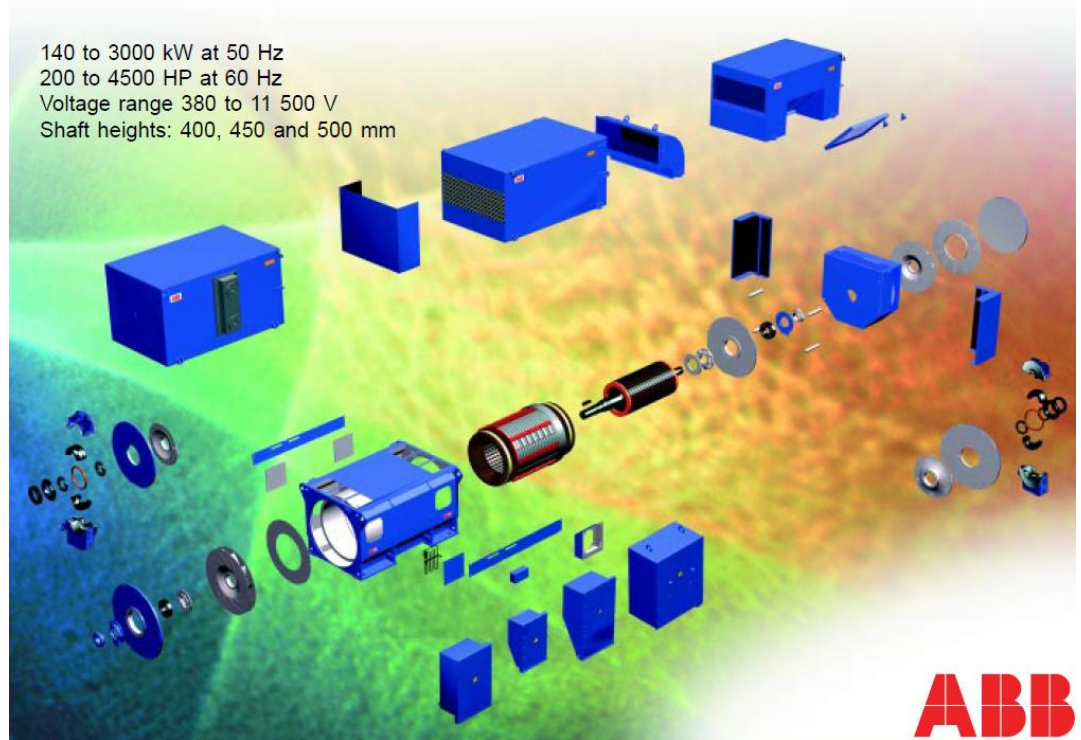
AMI 400-500 -tuoteperhe on ABB:n Pitäjänmäen konetehtaalla valmistettavista moduulikoneista kooltaan pienempi. Sen akselikorkeusvaihtoehdot ovat 400, 450 (kuvio 13) tai 500 mm. Koneita on mahdollista saada kahdella erilaisella laakerointijärjestelmällä. Koneen jäähdytys voidaan hoitaa joko ilma-ilma -menetelmällä tai sitten ilma-vesi -menetelmällä. Kuviosta 13 näkyy vaakakone, mutta AMI 400-500 -tuoteperheen koneisiin kuuluvat myös pystykoneet.



Kuvio 13. AMI 450 -kone [1], jonka akseli lepää liukulaakereiden päällä.

Koneen komponentteja saapuu kokoonpanoon monilta eri toimittajilta. Osa komponenteista, kuten roottori ja staattori, tulee ABB:n omilta valmistuslinjoilta. Runko, laakerit ja laakerikilvet tulevat alihankkijoilta. Ennen Pitäjänmäelle tuloa alihankkijoilta tulevat komponentit saapuvat Juvanmalmille, josta ne toimitetaan kokoonpanoon kotiinkutsujen avulla.

AMI 400-500 -kokoonpano tekee asiakkaalle räätälöityjä kokeita. Käytännössä se tarkoittaa, että kokoonpantavaksi voi tulla yli 300 erilaista koneversiota. Kuviossa 14 on esitelty koneen variaatiomahdollisuuksia räjäytyskuvan muodossa.



Kuvio 14. Räjäytyskuva AMI 400-500 -koneista [1]. Koneiden modulaarisuus näkyy komponenttien vaihtoehtojen suurena määränä. Koneiden tekniset tiedot on sijoitettu kuvan vasempaan ylälaitaan.

Variaatioiden suuri määrä vaatii kokoonpanoprosessilta joustavuutta. Joustavuutta vaaditaan myös kokoonpanoalueelta. Koneiden fyysiset mitat vaihtelevat konekohtaisesti, ja se luo suuria haasteita kokoonpanoalueen layoutille. Layoutin muunneltavuus on elinehto, jotta kokoonpanoprosessi saadaan toimimaan.

8.1 Valmistusprosessi

Koneen kokoaminen kokoonpano-osastolla aloitetaan staattorin kytkennällä. Staattorit saapuvat vaakatasossa. Kytkentää varten ne on ensin käännettävä pystyyn. Kytkennässä staattoriin asennetaan virtakaapelit.

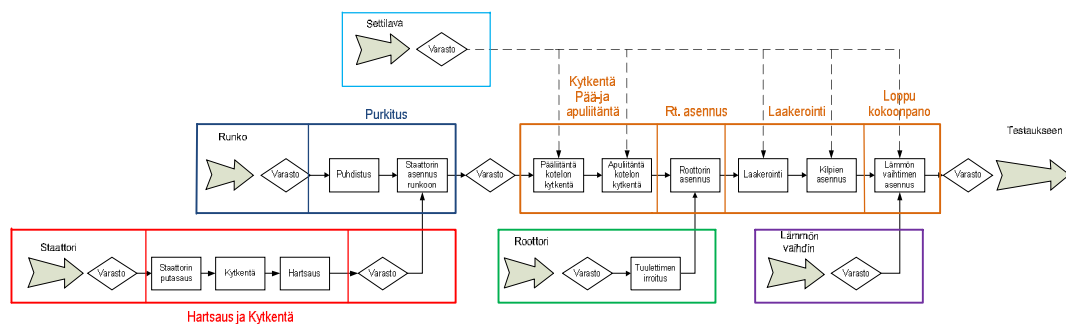
Kytkenmän jälkeen staattoriin kytketyt kaapelien lähdöt kovetetaan ja suojataan hartsin avulla. Hartsauksesta syntyy pahanhajuisia kaasuja. Hartsaus on yleensä suoritettu kaikille kytketyille koneille vasta iltavuoron viimeisellä tunnilla. Hartsa kuivuu neljässä tunnissa.

Hartsin kuivumisen jälkeen, yleensä kytkentää seuraavana päivänä, staattori nostetaan koneen runkoon kiinnitystä varten. Tätä vaihetta kutsutaan *purkitukseksi*. Staattorin runkoon kiinnittävät pultit on kiristettävä ohjearvon mukaiseen momenttiin.

Purituksen jälkeen kone siirretään kokoonpanopisteelle, jossa tehdään loput kokoonpanovaiheet kuten pää- ja apuliitintä, roottorin asennus, laakerointi sekä laakerikilpien ja lämmönvaihtimen asennus.

Roottorin asennukseen käytetään siihen suunniteltua erikoisnostinta, joka mahdollistaa roottorin noston vain toisesta päästä. Kaikkia roottoreita ei kuitenkaan nosteta vain yhdestä päästä. Taipumisvaaran takia liukulaakeroitujen koneiden roottoreita tuetaan myös roottorin toisesta päästä.

Koneen kokoonpanopisteelle siirtämisen jälkeen konetta ei enää siirrellä. Kone tulee valmiiksi tässä paikassa.



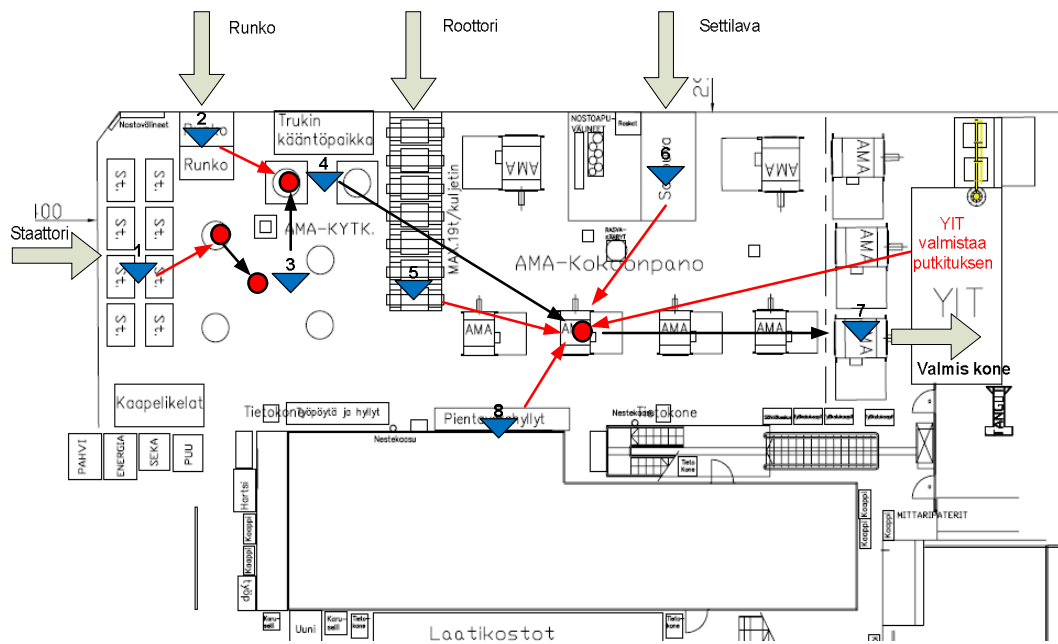
Kuvio 15. Moottorien kokoonpanon vaiheet on rajattu raamien sisäpuolelle.

Kone kulkee luontevasti kokoonpanoalueen lävitse kuitenkin pysähdellen eri työnvaiheiden kohdalla ja viettäen niissä suuren osan läpimenoajasta.

Kokoonpanoon tarvittavat komponentit varastoidaan kokoonpanoalueen reunoille, jonne ne on helppo kuljettaa trukilla. Koska komponenttien kuljetus trukilla on mahdollista, siltanostureiden arvokas käyttöaika jää kokonaan kokoonpanon käyttöön.

Koneen komponentit nostetaan saapumisalueelta joko suoraan koneeseen kiinnitystä varten tai koneen lähelle, josta ne voidaan nostaa koneeseen kiinnitettäväksi. Useisiin komponentteihin on ennen koneeseen kiinnitystä lisättävä tiivisteitä tai suojarasvoja.

Kuviossa 16 mustat nuolet kuvaavat koneen liikuttamista. Punaiset nuolet tarkoittavat komponentin lisäämistä koneeseen. Siniset, kärjellään seisovat kolmiot kuvastavat varastoja. Varastot on esitelty jo työn aikaisemmassa vaiheessa.



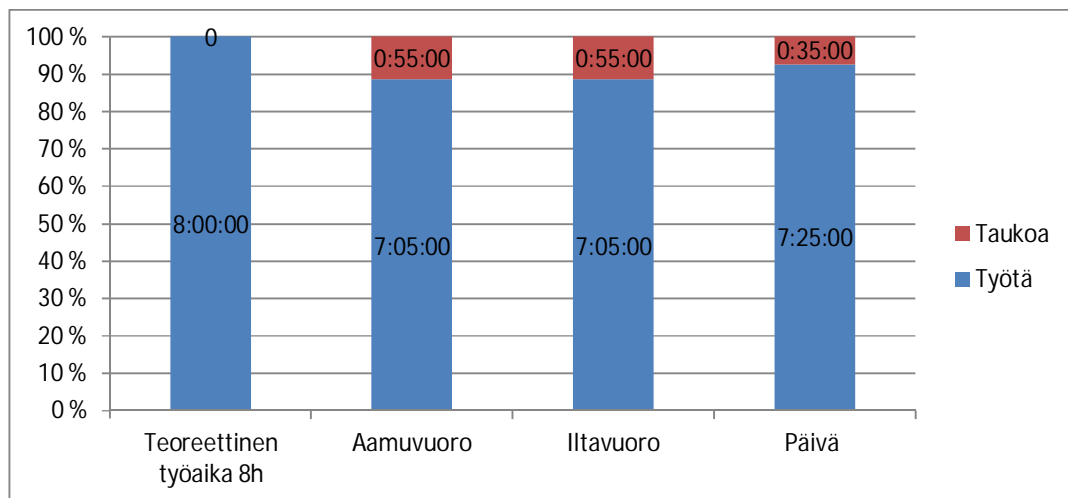
Kuvio 16. Koneen ja komponenttien liikkeet kokoonpanoalueen sisällä. Punaiset nuolet kuvaavat komponenttien lisäämistä osaksi valmistuvaa konetta. Mustat nuolet ilmaisevat koneen fyysiset liikkeet. KytKentä-, hartsaus- sekä loppukokoonpanopaikat on valittu sattumanvaraisesti.

8.2 Työntekijät

Kokoonpanossa työskennellään kahdessa vuorossa. Viikonloppuisin on mahdollisuus käyttää yhtä vuoroa, jossa työskennellään kahdentoista tunnin ajan. Viikonloppuvuorolla on vain tarkoitus tasoittaa kiirehuippuja. Käytännössä voidaan puhua vain kahdesta vuorosta, koska viikonlopulle ei lasketa tuotantotavoitteita.

Kahdessa vuorossa työskentelystä huolimatta vuoroja on kolme: aamu, päivä ja ilta. Jako on pelkästään sisäinen. Jako tarkoittaa, että miehitys vuorojen kesken on epätasainen. Aamuvuoron kanssa samaan aikaan työskentelee aina myös päivävuo-ro. Aamuvuoron mieskapasiteetti on 8 henkilöä (aamu 5 hlöä, päivä 3 hlöä) ja iltavuoron kapasiteetti on 5 henkilöä. Tästä syystä kapasiteetti vuorojen kesken ei ole jakautunut tasaisesti. Epätasaisuus luo kokoonpanon suunnitteluun haasteita.

Vuorossa tehdään 8 tunnin työpäiviä. Vuorojen taukoajat ovat jakautuneet epätasaisesti. Kuviossa 17 nähdään, miten vuoroilla on käytettävissä erisuuruinen määrä tehokasta työaika. Tehokas työaika jakautuu epätasaisesti, koska aamu- ja iltavuorojen työai-kaan tavallisten taukojen (35 min) lisäksi sisältyy 20 minuutin ruokatauko. Päivävuo-roin ruokailuaika ei sisälly työaikaan.



Kuvio 17. Vuorojen käytössä olevat tehokkaat työtunnit sekä työpäivän teoreettinen pituus. Laskennallisesti on kuitenkin hyvä käyttää arvoa 7 h/vuoro.

Työntekijöiden tarve voidaan tarkastella Takt timen ja työhön käytettävän ajan suhteena. Kaavalla (4) voidaan laskea tarvittavien työntekijöiden teoreettinen määrä. [6, s. 51.]

$$\text{Työntekijöiden määrä} = \frac{\text{Työhön käytettävä aika}}{\text{Takt time}} \quad (4)$$

Työntekijöiden määrä on tarvittavien henkilöiden määrä, jotta Takt time saavutettaisiin,

Työhön käytettävä aika on VSM:stä saatu C/T, ja

Takt Time on VSM:stä saatu aika.

Tämänhetkisellä kapasiteetilla tarvittavien työntekijöiden määräksi saadaan 4,7 henkilöä. Käytännössä tämä tarkoittaa tarvetta viidelle työntekijälle.

Kapasiteetin noston jälkeen Takt time laskee 260 minuuttiin, joten työntekijöiden tarve kasvaa 5.5 työntekijään. Näitä lukuja tarkasteltaessa on syytä muistaa, että kokoonpanotyöstä osa tehdään samanaikaisesti kahden työntekijän voimin.

8.3 Kapasiteetti

AMI 400-500 -kokoonpanon tämänhetkinen maksimikapasiteetti on 14 konetta/viikko. 14 konetta viikossa tarkoittaa 2.8 konetta päivässä ja 1.4 konetta vuorossa. Kokoonpanolinjalta pitäisi teoriassa valmistua kone joka viides tunti.

Tämänhetkiselällä kapasiteetilla VSM:n mukaan koneen valmistamiseen menee 2 137 minuuttia. Se pitää sisällään hartsaukseen liittyvät varastoinnin. Varsinaista prosessiaikaa kokoonpanossa on 1417 minuuttia. Takt timeksi saatiin 300 minuuttia ja prosesseja on yhteensä 7. Jotta päästäisiin 14 koneen viikkotahtiin, on yhden koneen valmistamiseen käytettävissä 2 100 minuuttia.

Kokoonpanolla on käytettävissä 31 200 työminuuttia viikossa, kun kerrotaan kokoonpanossa työskentelevien henkilöiden määrä viikossa olevilla työminuuteilla. 14:sta koneen valmistamiseen tarvitaan yhteensä 29 400 minuuttia. Tällä hetkellä kokoonpanoprosessilla on "ylimääräistä" pelivaraa 1 800 minuuttia. Todellisuudessa tämä pelivara on huomattavasti pienempi.

Kapasiteettia halutaan [7] nostaa 16 koneeseen viikkoa kohden. Tällöin Takt timeksi saadaan 260 minuuttia. Kapasiteetin nosto ei vaikuta prosessien määrään, joten halutulla kapasiteetilla yhden koneen valmistamiseen on käytettävissä 1 820 minuuttia.

16 koneen valmistamiseen tarvitaan yhteensä 29 120 minuuttia. Kuten edellä on jo mainittu, kokoonpanolla on käyttävissään 31 200. Kapasiteetin noston jälkeen kokoonpanon pelivaraa näyttää jäävän enemmän.

Tästä voidaan siis päätellä, että kokoonpanolla on potentiaalia kasvattaa kapasiteettia entisestään. On syytä huomata, että Takt timeä kiristettäessä työssä tapahtuvat poikkeamat merkitsevät lähes aina koneen viivästymistä.

Kapasiteetin noston jälkeenkin yhden koneen valmistusaikaan jää ns. ylimääräistä aikaa. On kuitenkin muistettava, että VSM ja Takt time eivät ota huomioon kokoonpanossa tapahtuvia virheitä tai viivästyksiä.

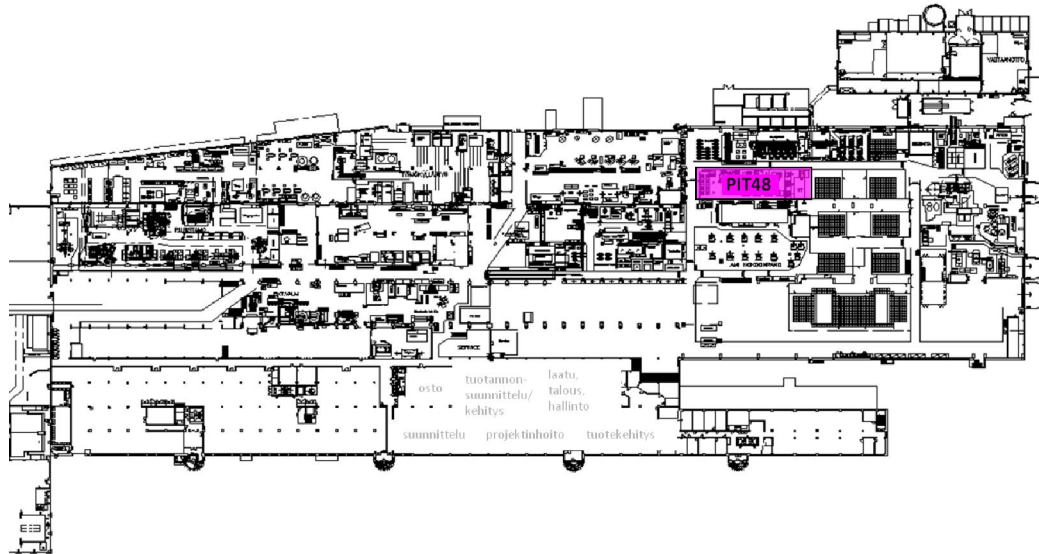
Kapasiteetin noston mahdollistaa vain jo aikaisemmin esille nousut hartsaustyönvaiheen kehittäminen. Nykyisestä tavasta on päästävä eroon ja tuotteet on saatava virtaamaan myös hartsauksen kohdalla. Jotta hartsaus voidaan suorittaa suljetussa tilassa, on nykyiseen layoutiin tehtävä muutoksia.

Kapasiteetin nosto vaikuttaa Takt timeen. Tiukka Takt time vaatii toimiakseen loppuun asti hiotun valmistusketjun.

Kapasiteetin nosto 14:stä 16:een kasvattaa tuotettujen koneiden määrää 92 koneella per vuosi. Korotuksesta saatava hyödyn laskemiseksi on määritettävä tuotteesta haluttu kate, 15 %. Tulosityksikön tuotto kasvaa vuodessa $(X \text{ €} + 15 \%) \times 92 \text{ konetta}$ [7].

9 Layout-muutokset

AMI 400-500 -kokonpanoalue(PIT48) on Pitäjänmäen konetehtaan päädyssä, lähellä koekenttiä sekä muiden konemallien kokoonpanoalueita (kuvio 18). Kokoonpano on sijoitettu loogisesti valmistusprosessin loppupäähän. Kokoonpanon jälkeisiksi työvaiheiksi jää vain koneen testaus sekä koneen maalaaminen. Riippuen testauksen luonteesta joihinkin testauksiin osallistuu myös asiakkaan edustaja.



Kuvio 18. Pitäjänmäen konetehtaan pohjapiirustus, josta voidaan nähdä AMI 400-500 -kokoonpanon-alueen (PIT48) sijainti.

Pitäjänmäen konetehtas on Strömbergin peruja. Rakennukseen on tehty vuosien varrella parannuksia. Tehtaan pinta-alaa on kasvatettu. Rakennuksen rakenne on kuitenkin hyvin vanha ja paikoin jopa epäkäytännöllinen.

9.1 Nykyinen layout

Nykyisellään kokoonpanon layout (kuvio 19) on hyvin ahdas. Kokoonpanolla on käytävissään 330 m², jotka on hyödynnetty erittäin tehokkaasti. Kokoonpano-alueella tehdään kaikkia jo aikaisemmin mainittuja prosessin vaiheita aina staattorin kytkennästä lämmönvaihtimen asentamiseen.

Kokoonpanoalueella sijaitsevat myös staattoreiden, roottoreiden, runkojen sekä valmiiden koneiden varastot. Lisäksi kokoonpanoalueen lattiapinta-alasta osansa ottaa YIT-verstas, ultraäänipesuri ja useat hyllyt.

Kokoonpanoalueella on mahdollista käyttää kahta siltanosturia, joita käyttävät muutkin kokoonpanon lähellä sijaitsevat työvaiheet. Kahdella siltanosturilla pystytään kuitenkin kattamaan kokoonpanon tarvitsema nostokapasiteetti.

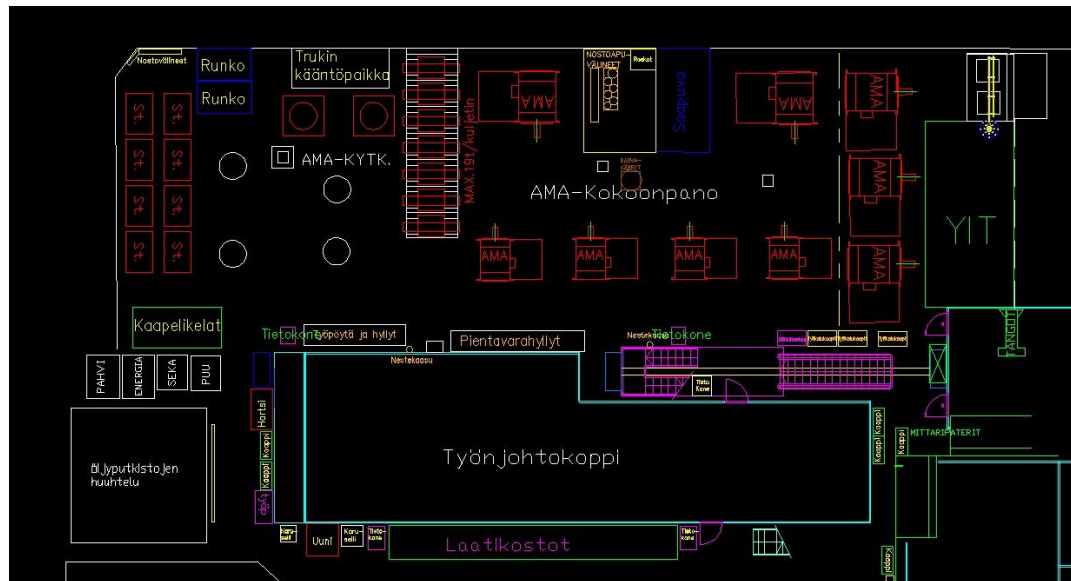
Kokoonpanoalueella on teoriassa mahdollista kytkeä neljää staattoria samanaikaisesti. Kytketyille staattoreille ei ole varsinaista välivarastoa, vaan ne jäävät kytkentäpaikoille odottamaan hartsausta. Hartsauksen jälkeenkään staattoreita ei liikuteta muualle varastoon. Ne nostetaan niiltä paikoiltaan runkoihin sisään ns. purkitusta varten.

Teoriassa purkituspaikkoja on kaksi kappaletta, mutta purkitetut koneet yleensä täyttävät toisen paikan. Purkitetuille koneillekaan ei ole olemassa selvää välivarastointialuetta tai määrää. Yhdessä valmiiden koneiden varaston kanssa nämä kolme varastoa valtaavat merkittävän määrän lattiatilaa kokoonpanolta.

Varastojen fyysinen ja määrällinen koko vaihtelevat suuresti. Tämä aiheuttaa suuria ongelmia kokoonpanon suunnittelulle jo pelkästään sen suhteen, minne koneet voidaan sijoittaa, jotta uusia koneita saataisiin työn alle.

Roottoreita säilytetään rullaradalla, jonne mahtuu kymmenen roottoria. Rullarata on loistava tapa säilyttää roottoreita. Toisaalta kokoonpanolla ei ole tarvetta kuin vain puolelle rullaradan kapasiteetista.

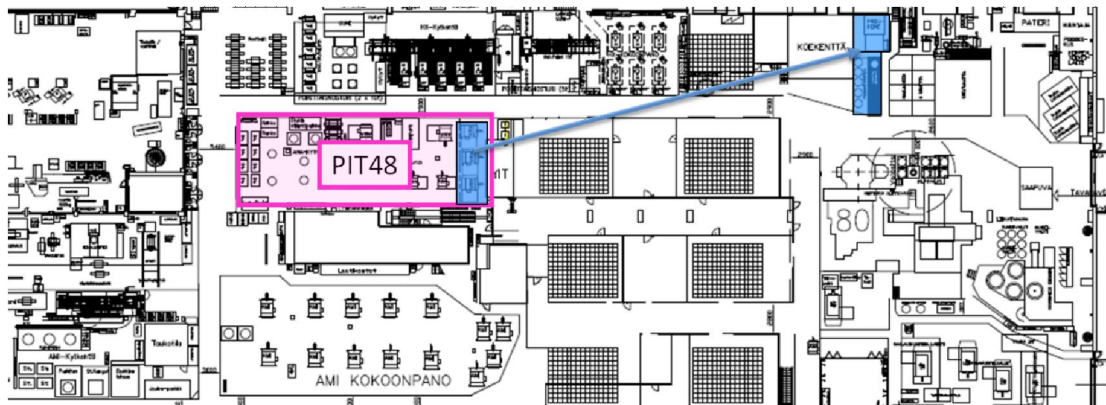
Varsinaisia kokoonpanopaikkoja ovat paikat, joissa tehdään pää- ja apuliitännän kytkentä, roottorin asennus, laakerointi sekä loppukokoonpano. Näitä paikkoja on teorias-
sa kuusi kappaletta, mutta paikkojen määrä vaihtelee edellä mainittujen tekijöiden ta-
kia hyvinkin paljon.



Kuvio 19. Kokoonpanoalue ja sen nykyinen layout on hyvin ahdas.

9.2 Muutosehdotukset

Valmiiden koneiden varasto siirretään entisen runkopesurin (kuvio 20) paikalle kone-
tehtaan toiseen pätyyn. Tällä siirrollä kokoonpanoalueelle saadaan lisää tilaa varsi-
naista kokoonpanoa varten. Samalla kokoonpanoalueen tila rauhoittuu, kun yksi muut-
tuja poistuu pelistä.



Kuvio 20. Valmiiden koneiden varasto voidaan sijoittaa kone-
tehtaan pätyyn nykyisen runko-
pesurin paikalle.

Mahdollisesta uudesta layoutista tehtiin kolme eri ehdotusta. Niistä kaksi on suunniteltu
sen ajatuksen pohjalta, että kytkentä ja hartsaus tehdään muualla kuin nykyisen ko-
koonpanoalueen sisällä.

Kokouksessa tuotannonkehitysinsinööri Esa Lähteenmäen [12] kanssa esille nousi aja-
tus, että kytkentä ja hartsaus voitaisiin suorittaa muualla kuin nykyisellä kokoonpanon
alueella. Keskusteltiin mahdollisista muutoksista kokoonpanolinjaan ja niistä suunnitel-
mistä, joita kokoonpanolinjoille oli kaavailtu.

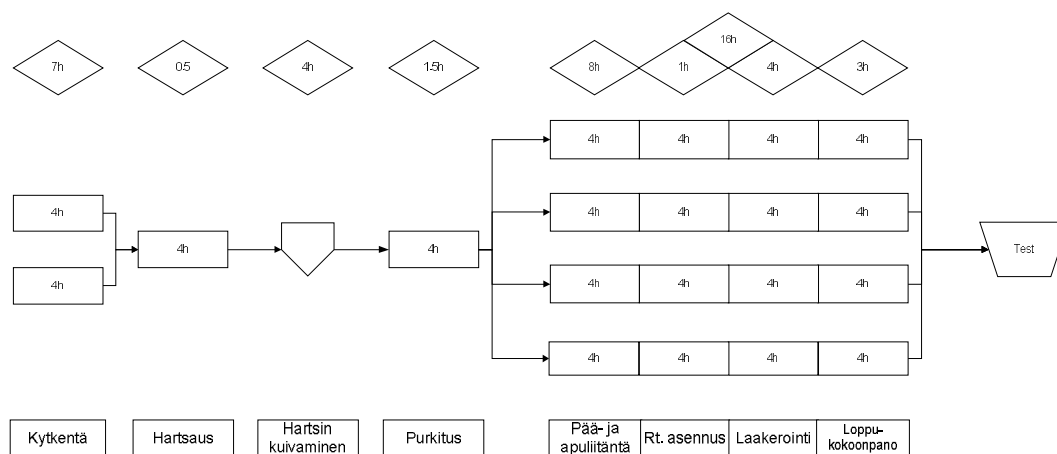
Kokoonpanopisteitä sekä kytkentä- ja purkitusalueita voidaan pitää joltain osin modu-
laarisina. Niiden toiminta ei perustu tilaan tai alueeseen, johon ne on tämänhetkisissä
ehdotelmissa esitetty. Näitä kolmea elementtiä on mahdollista yhdistellä muillakin ta-
voilla. Tähän insinööriyöhön valittiin seuraavat kolme ehdotusta, koska niissä esiinty-
vät parhaiten kaikki kolme. Versioiden määrä haluttiin pitää pienenä. Kaikkien muun-
nosmahdollisuuksien esittelemistä pidettiin turhana, koska näillä ehdotuksilla saadaan
tuotua esille kaikki vaihtoehdot.

9.2.1 Kokoonpanopaikkojen määrä

Kokoonpano-, kytkentä-, purkitus- ja hartsauspaikkojen tarvetta lähdettiin tarkastelemaan imuohjauksen pääperiaatteen mukaisesti. Määritettiin kuinka monta konetta on päivän aikana saatava valmiiksi, jotta pystyttäisiin vastaamaan asiakkaan tarpeisiin. Kapasiteetin perusteella laskettiin, että kokoonpanolinjalta on valmistuttava kone joka neljäs tunti.

Yhden työvaiheen suorittamiseen on siis käytettävissä neljä tuntia. Jos työvaiheen suorittamiseen tarvittava aika (C/T) on suurempi kuin neljä tuntia, on työvaiheita tehtävä samanaikaisesti useammassa paikassa. Kuvioista 21 voidaan huomata, että tällaisia työvaiheita ovat kytkentä sekä purituksen jälkeiset työvaiheet.

Pää- ja apuliitäntä, roottorin asennus, laakerointi ja loppukokoonpano ovat työvaiheita, jotka suoritetaan koneelle sen ollessa kokoonpanopisteellä. Tässä vaiheessa konetta ei liikutella ristiin työvaiheiden välillä, vaan työ suoritetaan koneelle yhtäjaksoisesti alusta loppuun (pois lukien mahdolliset työn keskeytykset).



Kuvio 21. Työpisteiden määrä, jolla koneita saataisiin valmistettua yksi joka neljäs tunti. Jokaisella työvaiheella on käytettävissään neljä tuntia.

9.2.2 Layout-ehdotus 1

Ensimmäisessä layout-ehdotuksessa (kuvio 22) haluttiin säilyttää kytkentä ja hartsaus työvaiheet kokoonpanoalueen sisällä. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, hartsaus ja hartsin kuivuminen nykytilanteessa rajoittavat virtausta.

Ratkaisuksi hartsausongelmaan on mietitty hartsauskopin rakentamista. Vastaava koppi on toiminnassa HXR-koneiden kokoonpanolinjalla. Kopista voidaan koneellisesti poistaa hartsauksessa syntyvät höyryt. Kokoonpanossa ja sen lähialueilla työskentelevät ihmiset eivät enää altistuisi näille höyryille. Hartsauskoppi mahdollistaa tulevaisuudessa hartsausprosessin kehittämisen ja hartsaustyövaiheeseen kuluvan läpimenoajan lyhentämisen.

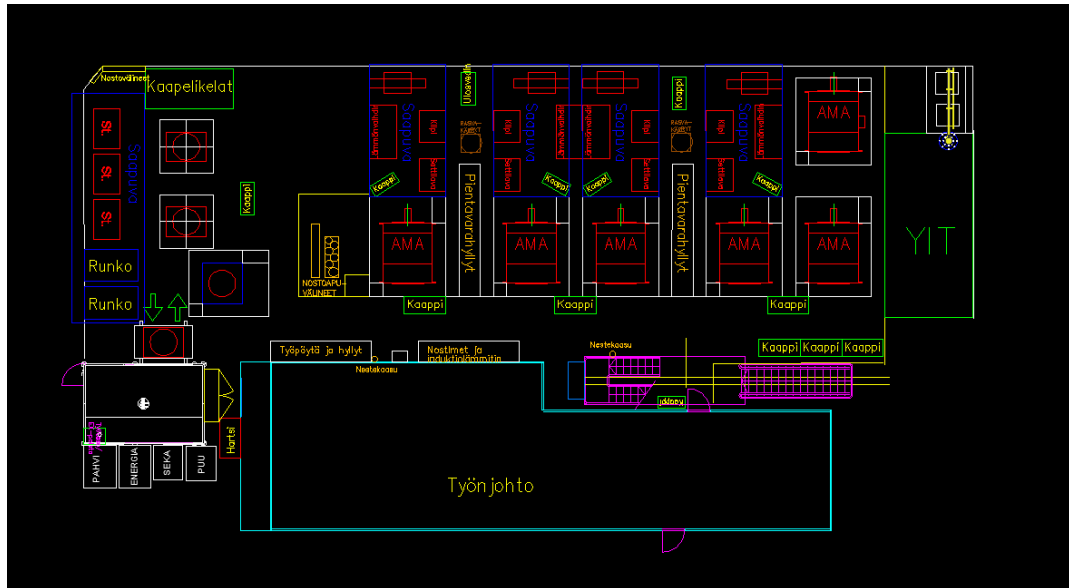
Staattorin kytkentä suoritetaan kytkentäalustoilla, joiden malli on otettu HXR-kokoonpanosta. Alustan tulee mahdollistaa staattorin liikuttelu tämän ollessa pystyasennossa.

Hartsaus siis suoritetaan suljetussa kopissa, jonne kytketyt staattorit siirretään pystyasennossa liikuteltavan alustan päällä. Alustan täytyy olla liikuteltava. Paras vaihtoehto olisi, jos alusta voisi olla työnnettävissä hartsauskopin lavetin päälle. Kokoonpanon ahtauden vuoksi tämä ei ole mahdollista. Toisen ongelman työnnettävälle alustalle asettaa sen työntäminen hartsauskopin lavetin päälle.

Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui alustan liikuttelu siltanosturin avulla. Hartsauskopissa on vain yksi ovi, joten hartsauksen jälkeen lavetti palauttaa staattorin samaan paikkaan, mihin staattori ennen hartsausta oli nostettu.

Halutun kapasiteetin saavuttamiseksi loppukokoonpanossa on oltava mahdollista koota neljää konetta yhtäaikaisesti. Kokoamiseen tarvittavat komponentit toimitetaan kokoonpanopisteiden edessä olevalle saapuvan tavarán alueelle. Jokaista konetta varten on varattu oma saapuvan tavarán alue. Kokoonpanopisteen omat työkalut on sijoitettu liikuteltavaan työkalutauluun ja kaappiin alueen lähetyville. Kokoonpanopisteiden ja YIT-verstaan välinen alue on varattu keskeytyneille ja muutosta tarvitseville koneille. Tätä aluetta voidaan myös käyttää tulityöalueena, jossa YIT voi suorittaa koneiden putkitustöitä, joihin usein liittyy kipinöivää työtä.

Staattorit ja rungot saapuvat niille varattuihin puskurivarastoihin. Alueelle ei ole sijoiteltu muita välivarastoja, vaan virtaus pyritään pitämään käynnissä jatkuvasti niin, että tuotteen ei tarvitse seistä kokoonpanossa tarpeettomia aikoja.



Kuvio 22. Ensimmäisessä layout-ehdotuksessa kokoonpanoalueelle on sijoitettu myös kytkentä ja hartsaus. Kokoonpano voidaan kokonaisuudessaan suorittaa nykyisen kokoonpanoalueen puitteissa.

Tähän layoutiin on saatu vapautettua lattiatailaa siirtämällä valmiiden koneiden varasto toisaalle ja poistamalla roottoreiden säilytykseen tarkoitettu rullarata kokonaan. Layoutin tila käytetään erittäin tarkasti.

Kokoonpanopisteiden kokoa on suurennettu. Kokoonpanopisteen tarvitsema tila on määritetty suurimman koneen mukaan. Pisteiden väliin sijoitetut pientavarahyllyt rajoittavat kokoonpanopisteiden muunneltavuutta.

Pientavarahyllyjen alle voidaan asentaa pyörät, jotka mahdollistavat hyllyjen liikuttelun ja tätä kautta kokoonpanoalueesta tulee muunneltavampi ja helpommin siivottava. Hyllyjen sijoittelulla on tavaroiden hakemisesta syntyvää hukkaa pienennetty.

Nostovälineet on keskitetty yhteen pisteeseen, jotta ne palvelisivat parhaiten kokoonpanon alku- ja loppuosaa.

9.2.3 Layout-ehdotus 2

Toisessa ehdotuksessa kytkentä- ja hartsauspaikat on siirretty nykyisen kokoonpanoalueen ulkopuolelle. Paikaksi on kaavailtu nykyistä HXR -roottorien ja -staattorien puskurivarastoa, joka sijaitsee kokoonpanon läheisyydessä. Jotta kaavailtua aluetta voidaan käyttää AMI 400-500 -kokoonpanon tarpeisiin, on nykyinen HXR:n puskurivarasto siirrettävä esimerkiksi logistiikkakeskukseen.

Kytkenän ja hartsauksen siirtyessä pois nykyisen kokoonpanon alueelta saadaan alueelle vapautettua lisää tilaa varsinaisen kokoonpanon käyttöön.

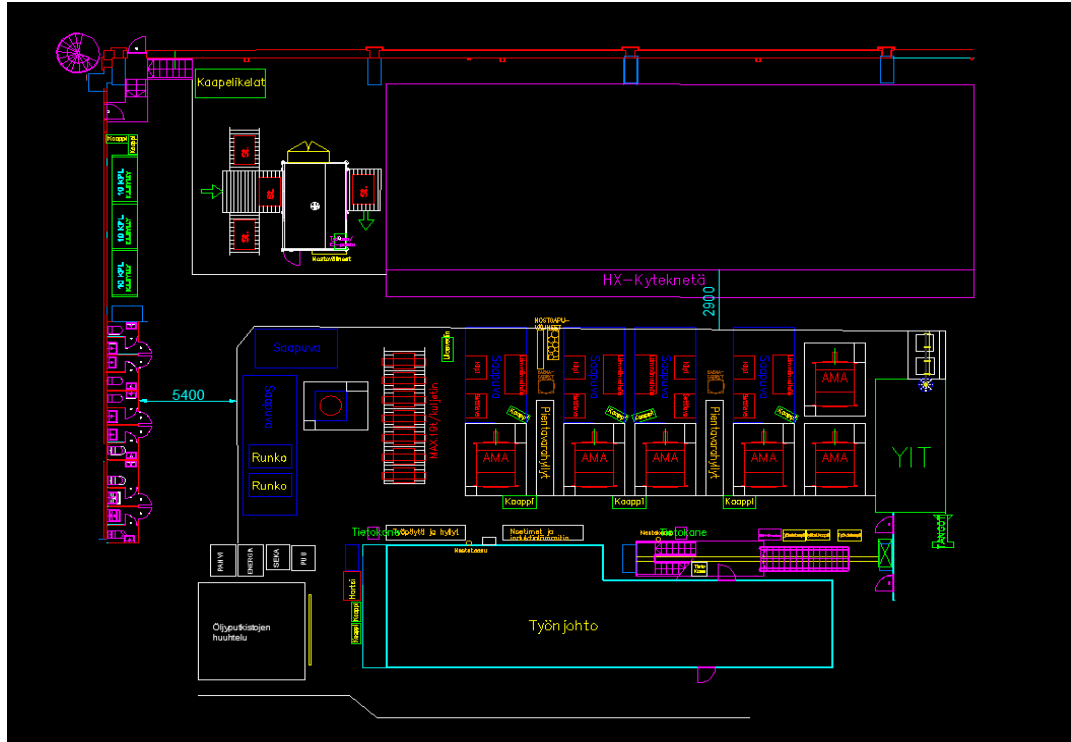
Tässä layoutissa (kuvio 23) on rullarata, jolla roottoreita voidaan säilyttää. Tämä mahdollistaa roottorien keskittämisen. Näin saadaan myös roottoriin liittyvät työkalut ja tarvikkeet keskitettyä lähemmäksi niiden varsinaista käyttöpaikkaa.

Staattorien asentaminen runkoon sekä runkojen kääntö vaaka-asentoon suoritetaan entisellä kytkentäalueella.

Kokoonpanopisteitä on neljä. Pisteiden väliin on sijoitettu pientarvikehyllyt, jotta turhata hakemiselta välttyttäisiin. Tässäkin ehdotuksessa hyllyjen alle voitaisiin asentaa pyörät, joilla parannetaan layoutin kykyä muuntautua.

Kokoonpanopisteiden edessä on saapuvan tavaran alue, johon voidaan sijoittaa koneen komponentteja. Saapuvan tavaran alue on tässä layoutissa paljon tilavampi, koska roottorit on sijoitettu rullaradalle. Samalle alueelle on myös sijoitettu liikuteltavat työkalutaulut. Jokaisen pisteen takana on kaappi, johon sijoitetaan paineilmapistettä sekä asennuksessa tarvittavia tiivisteitä ja rasvoja.

Viimeisen kokoonpanopisteen ja YIT-verstaan väliin voidaan sijoittaa keskeytyneitä tai muutosta tarvitsevia koneita. Tämä paikka on myös mahdollista valjastaa kokoonpanon käyttöön, jos koneiden kokoonpanon tarve jostain syystä äkillisesti kohoaa.



Kuvio 23. KytKentä- ja hartsauspaikka on siirretty käytävän toiselle puolelle. Tämän suunnitelman toteutuminen vaatii vapaata tilaa nykyisen kokoonpanoalueen ulkopuolelta.

KytKentää varten on rakennettu rullarata. Staattorit nostetaan rullaradalle suoraan trukilla. Rullarataa pitkin ne liikkuvat jommallekummalle kytKentäpaikalle. KytKennän jälkeen staattori voidaan siirtää samaa rataa pitkin hartsauskoppiin. Siinä hartsaus voidaan suorittaa turvallisesti. Kaasut poistetaan kopista koneellisesti.

Staattorit kulkevat rullaradalla kytKentä- ja hartsausvaiheen lävitse kyljellään. Ne nostetaan pystyyn vasta purkitusta varten. KytKennän mahdollistamiseksi on kytKentäpaikkojen korkeuden oltava muunneltavissa.

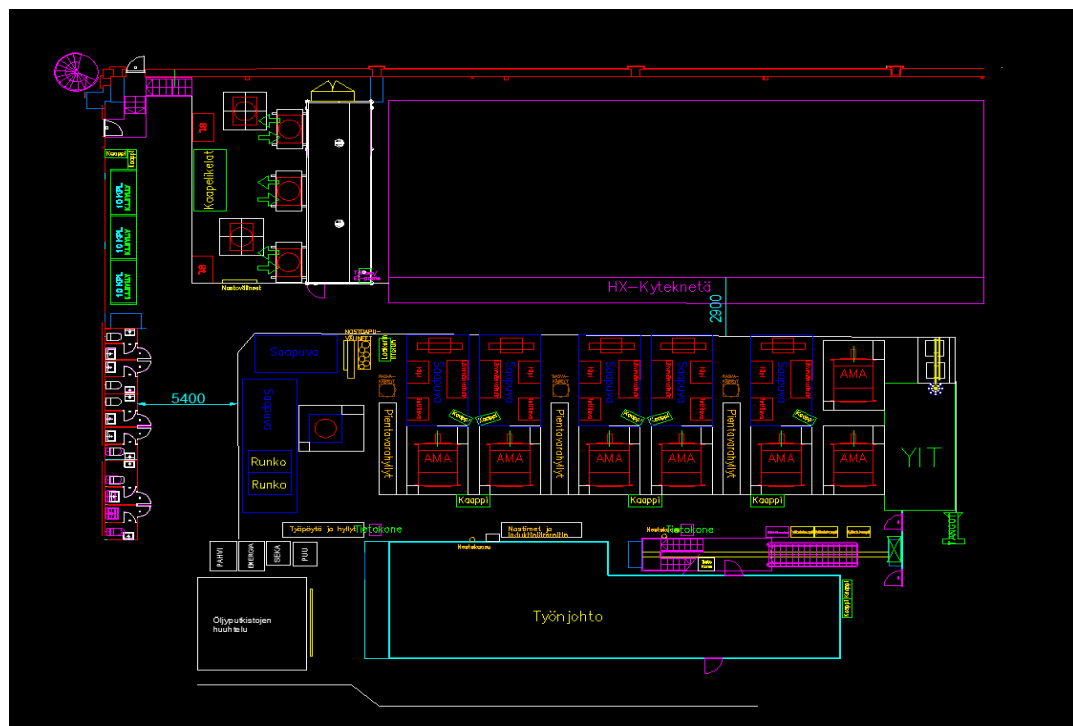
9.2.4 Layout-ehdotus 3

Ehdotuksessa 3 (kuvio 24) kokoonpanopisteiden määrää on kasvatettu viiteen. Rullaradan poistaminen mahdollistaa viidennen pisteen lisäämisen. Roottorit sijoitetaan kokoonpanopisteiden edessä olevalle saapuvalle tavaran alueelle.

Kytken ja hartsauksen toiminnot siirretään nykyisen kokoonpanoalueen ulkopuolelle. Ne voidaan sijoittaa joko jo edellä mainitulle HXR:n puskurivaraston paikalle tai johonkin muuhun osaan tehdasta.

Viidennen pisteen lisääminen mahdollistaa tulevaisuudessa kapasiteetin noston entisestään. Pientavarahyllyjen määrää on myös lisätty yhdellä hyllyllä. Ne sijoitetaan koostamispisteen väliin siten, että yksi hylly pystyy palvelemaan kahta kokoonpanopistettä.

Keskeytyneet tai muutoin vaativat koneet on sijoitettu kuten muissakin layout-ehdotelmissa YIT-verstaan ja viimeisen kokoonpanopisteen väliin.



Kuvio 24. Layout-ehdotus 3, jossa hartsausta varten on suunniteltu suuri hartsausasema. Asemaa ei kokonsa vuoksi voida sijoittaa nykyiselle kokoonpanoalueelle.

Kytkenä suoritetaan kytkentäalustojen päällä kuten ensimmäisessäkin layout-ehdotuksessa. Alustan tarkoituksena on mahdollistaa staattorin liikuttelu pystyasennossa.

Kytkenän jälkeen staattorit siirretään liikuteltavien alustojen päällä hartsauskopin lavettien päälle. Lavettien avulla staattorit voidaan siirtää hartsauskoppiin sisälle.

Liikuteltavia lavetteja on kolme kappaletta, jotta kytkettyjen staattoreiden ei tarvitsisi turhaan odottaa hartsaukseen pääsyä. Lavetit eivät liiku hartsauskopin lävitse, vaan vain sisään koppiin ja ulos kopista.

Layoutien toimivuus haluttiin tarkastaa luomalla niistä 3D-mallinnus. Mallinnusten pohjalta todettiin, että uusissa kokoonpano-layouteissa jää tarpeeksi tilaa työskennellä ja liikkua. Mallinnukset löytyvät liitteestä 4.

10 Yhteenveto

Insinöörityön tavoitteiksi asetettiin AMI 400-500 -kokoonpanon virtauksen ja läpimenoajan parantaminen. Jotta virtaukseen tai läpimenoaikaan voidaan vaikuttaa, on kokoonpanolinjalla tehtävä konkreettisia muutoksia.

Tässä insinöörityössä on esitetty useita parannusehdotuksia. Näistä ehdotuksista tärkeimmäksi voidaan nostaa *hartsauksen kehittäminen*. Virtauksen parantamiseksi, on koneiden virrattava myös hartsaustyönvaiheen läpi. Hartsauskoppi vaikuttaa järkevimmältä vaihtoehdolta toteuttaa ja kehittää hartsausta.

Arvovirtakuvauksessa huomattiin, että kapasiteetin noston jälkeenkin useat prosessit ovat suoritettavissa Takt timeä nopeammin. Näiden prosessien yhdistämistä on järkevää miettiä tulevaisuudessa. Arvovirtakuvaus osoitti saman asian, joka nousi esille myös vertailukoneen läpimenoaikaa tarkasteltaessa. Usean koneen kohdalle sattuu viivästyksiä, jotka johtuvat komponenttien toimituksista. Tämäntyyppinen heilahtelu on saatava kitkettyä pois toimituksista.

Kokoonpanoprosessissa tehdään paljon lisäarvoa tuottamatonta työtä eli puhdasta hukkaa. Kokoonpano joutuu suorittamaan tehtäviä, jotka eivät kuulu kokoonpanolle kuten, esimerkiksi poraamista, kierteyttämistä, johtojen kuorimista ja liitinten asentamista.

Komponenttien esivalmistelusta tulee huolehtia ennen niiden saattamista kokoonpanoon. Komponenttien laatu on syytä tarkistaa niitä vastaanotettaessa. Näin välttyään kokoonpanon seisahtumiselta huonojen komponenttien vuoksi. Kokoonpanon seisahtuksissa on seisahtuksien juuri syyt selvitettävä sekä korjattava.

Hukan poistossa on kyse pienistä parannuksista suuressa kokonaisuudessa: neljän metrin kävelymatkan lyhentämisestä metriin tai viiden minuutin nosturin odotuksen poistamisesta kokonaan. Koko hukan poistolta kuitenkin putoaa pohja, jos jokin osa myöhästyy päivän tai jopa pelkästään tunnin. Myöhästyminen tekee hukan poiston turhaksi. Hukan poisto on tärkeää työtä ja sitä tulee kehittää kokoonpanossa jatkuvasti, mutta jos toimituksien epätasaisuutta ei saada kuriin, hukan poiston todelliset hyödyt hautautuvat toimitusten aaltoihin.

Layoutin uudelleensuunnittelulla voidaan mahdollistaa hartsauskopin sijoittaminen osaksi kokoonpanoa. Kokoonpanossa tapahtuvien muutosten pohjalta oli syytä miettiä kokoonpanopisteiden sijoittelua uudelleen.

Esitettyjen layout-muutosten avulla on kokoonpanoalueesta mahdollista tehdä tilavampi. Samalla kokoonpanon sisäisiä etäisyyksiä on mahdollista lyhentää. Layout-muutoksilla haluttiin luoda virtauksesta selkeämpi ja helpommin havaittava.

Insinööriyö saavutti sille asetetut tavoitteet. Insinööriyön puitteissa saatiin luotua kehitysmalli, siitä miten kokoonpanon virtausta voidaan parantaa haluttu 25 %. FSM:n mukaisilla muutoksilla kokoonpanolinjaan, voidaan sen läpimenoaika parantaa huomattavasti. Kokoonpanolinjan läpimenoaika paranee teoriassa 55 %:a nykyiseen läpimenoaikaan verrattuna. Parannuksen pohjalta voidaan yksiosainen virtaus toteuttaa kokoonpanossa. Se puolittaa keskeneräisen tuotannon määrän 14 koneesta 7 koneeseen. Samalla keskenetäiseen tuotantoon sitoutunut pääoman määrä puolittuu.

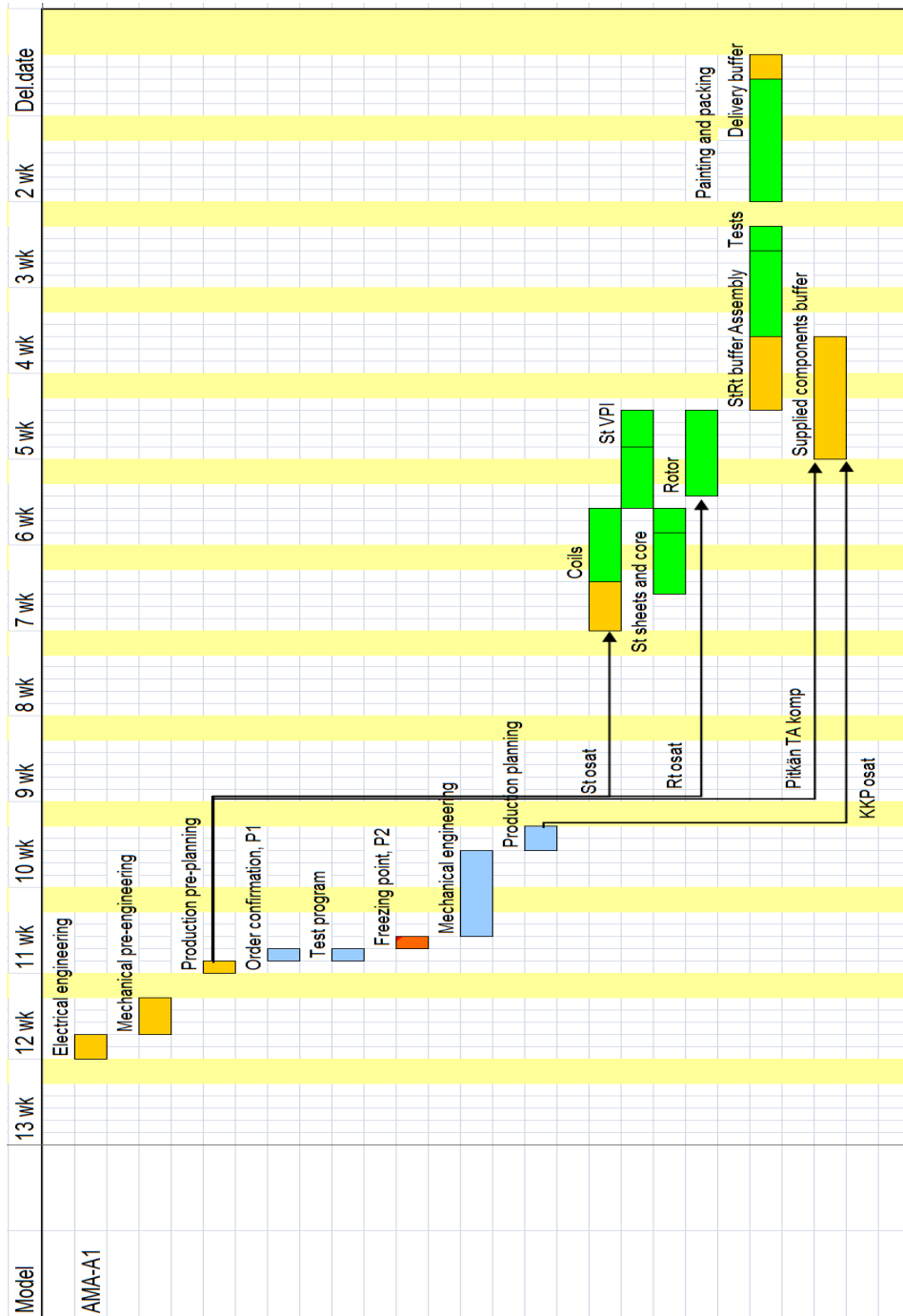
Aiheeltaan insinööriyö on ollut mitä parhain. Sen puitteissa on päässyt tutustumaan siihen, miten tuotantoa tai sen prosessia voidaan parantaa. Teoreettisella tasolla on päässyt pohtimaan todellista ongelmaa. Teorian toimivuutta käytännössä olisi myös mielekästä päästä tutkimaan.

Lähteet

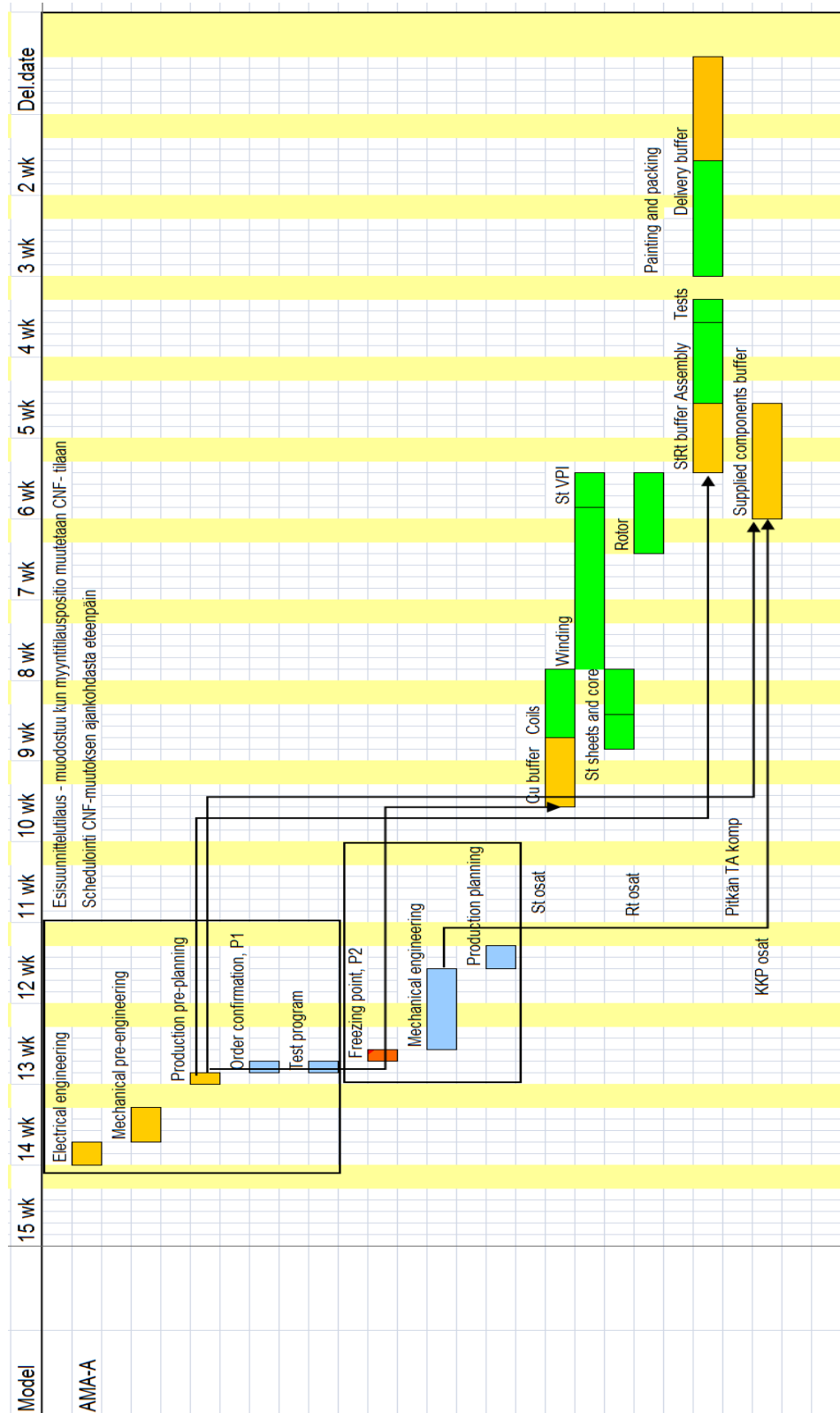
- 1 ABB:n sisäinen verkkomateriaali. Intranet. 26.3.2012.
- 2 ABB:n verkkosivut, ABB.fi. 26.3.2012.
- 3 Liker, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- 4 Bicheno, John & Holweg, Matthias. 2009. The Lean Toolbox. United Kingdom, Buckingham: PICSIE Books.
- 5 Rother, Mike & Shook, John. 1998. Learning to See. USA Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- 6 Rother, Mike & Harris, Rick. 2001. Creating Continuous Flow. USA, Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- 7 Siltala, Tuomas. Laadun- ja prosessinkehityspäällikkö. ABB Oy. Helsinki. Haastattelu 22.2.2012.
- 8 Tuominen, Kari. 2010. Lean - kohti täydellisyyttä. Juva: WS Bookwell Oy.
- 9 Lapinleimu, Ilkka, Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- 10 Hopp, Wallace J & Spearman, Mark L. 2000. Factory Physics, Second edition. USA Boston: Irwin McGraw-Hill.
- 11 Gröhn, Jaana. Business Controller. ABB Oy. Helsinki. Haastattelu 38.3.2012.
- 12 Lähteenmäki, Esa. Tuotannonkehitysinsinööri. ABB Oy. Helsinki. Haastattelu 5.3.2012.

Valmistussuunnitelmamallit

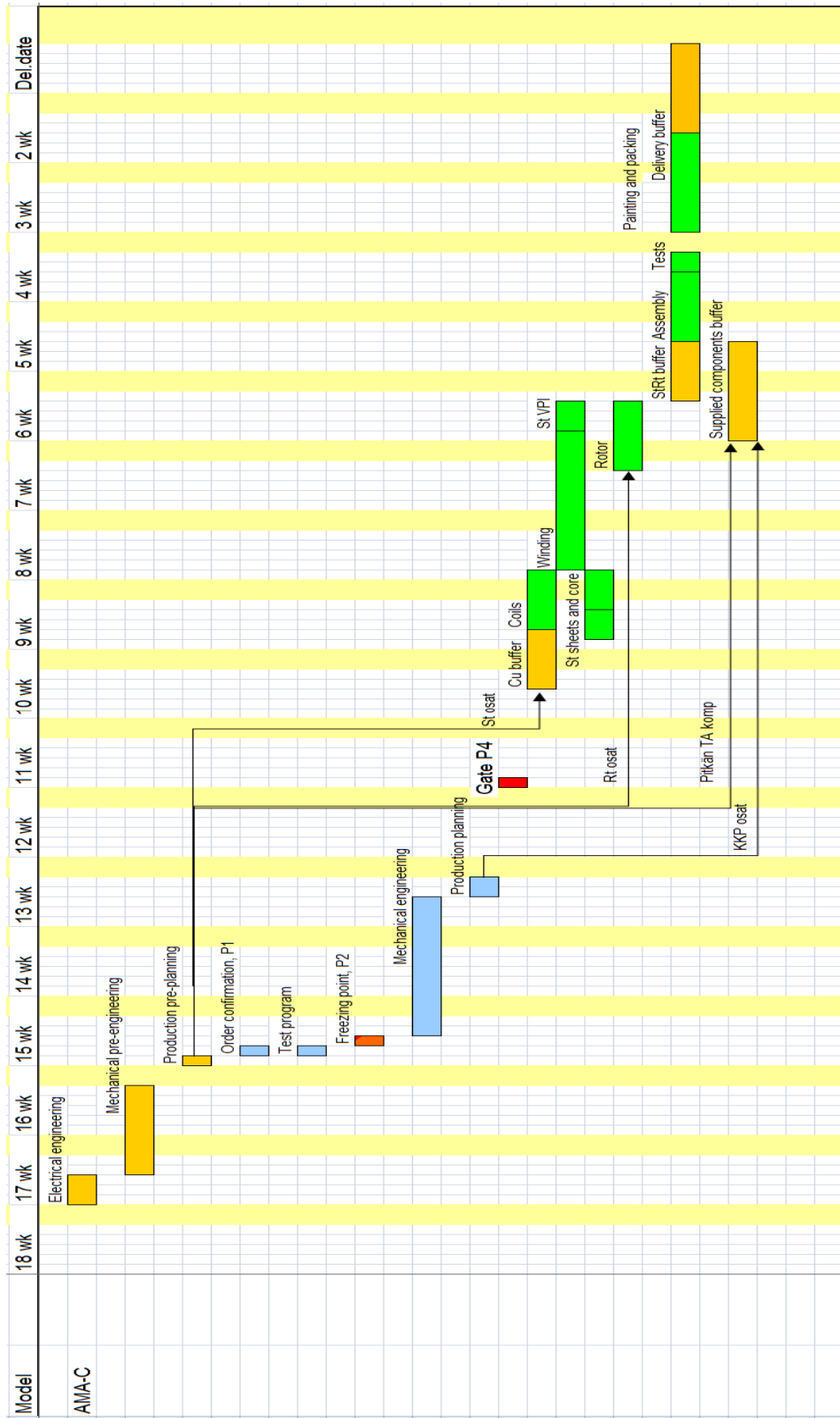
Valmistussuunnitelmamalli, AMI-A1



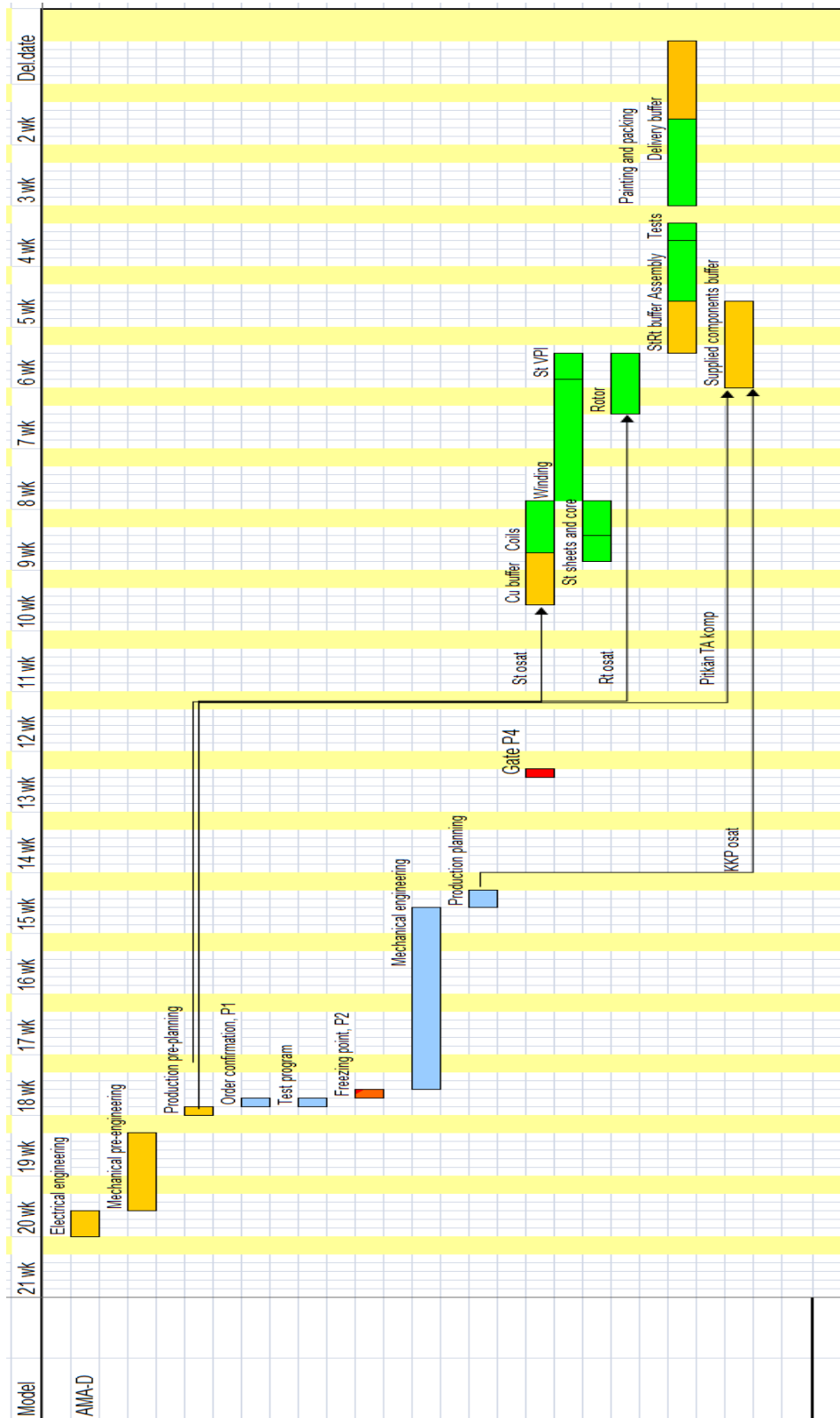
Valmistussuunnitelmamalli, AMI -A



Valmistussuunnitelmamalli, AMI-C

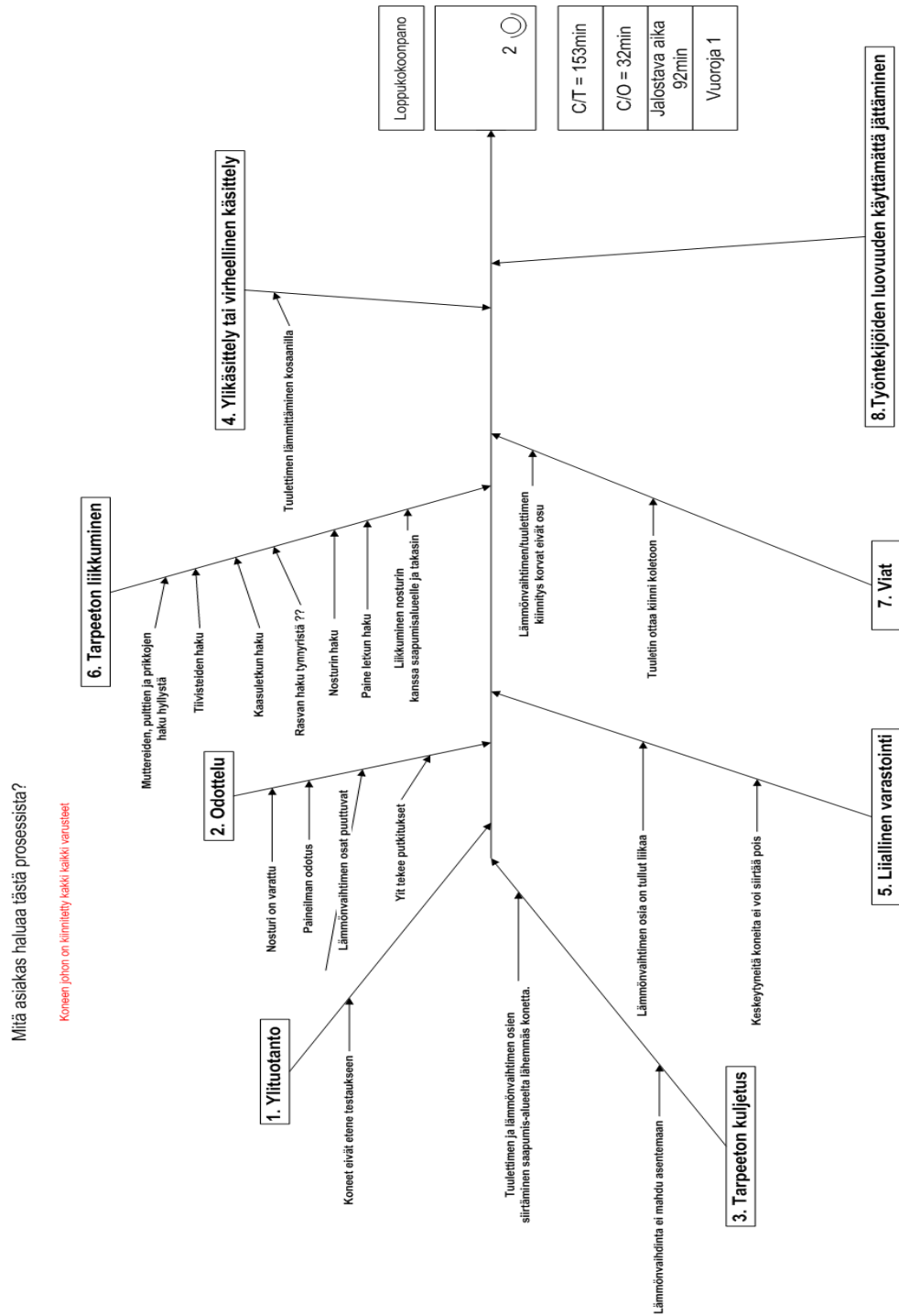


Valmistussuunnitelmamalli, AMI-D



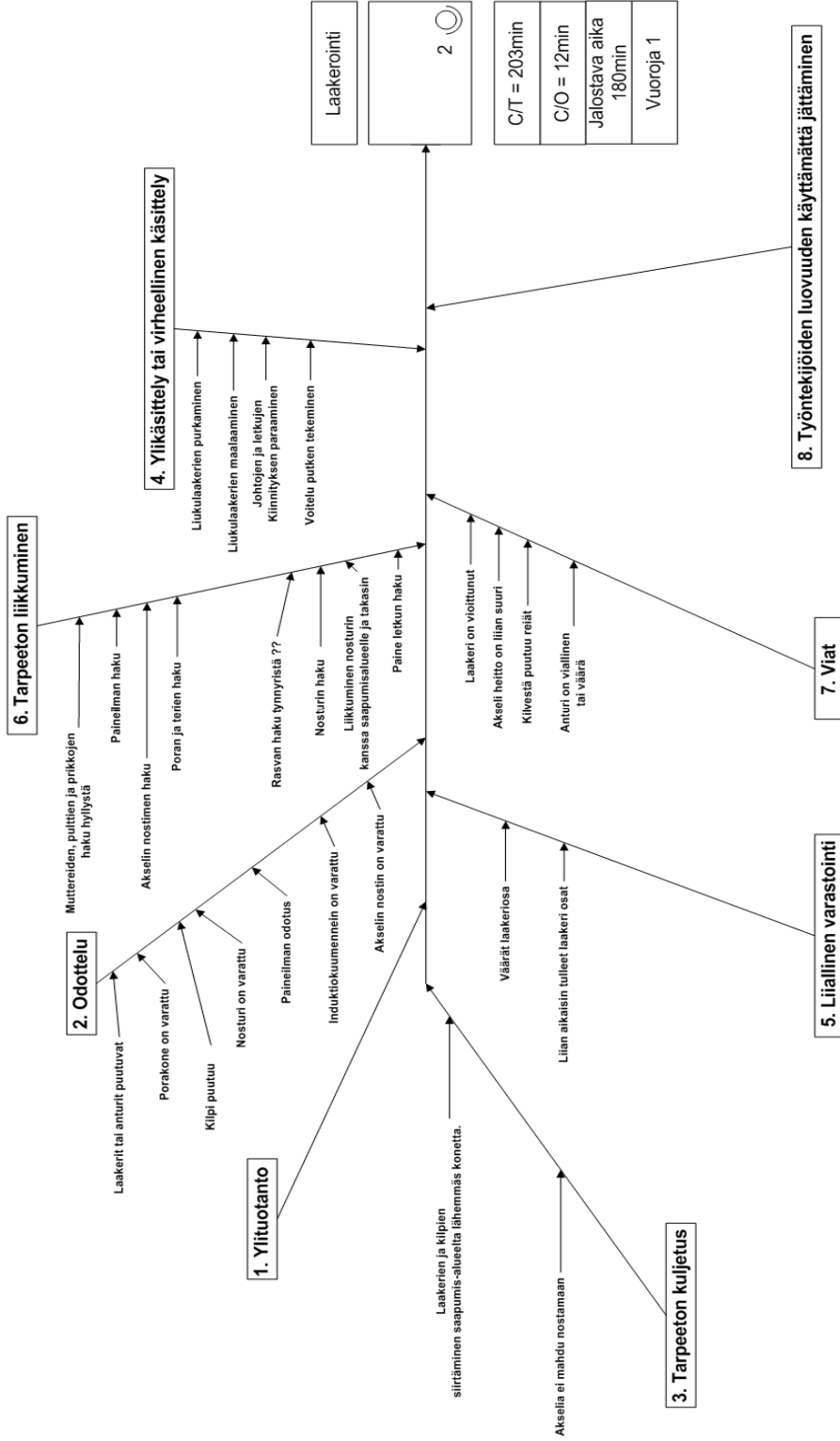
Hukka, syy-seuraus -kaaviot

Loppukokoonpano



Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

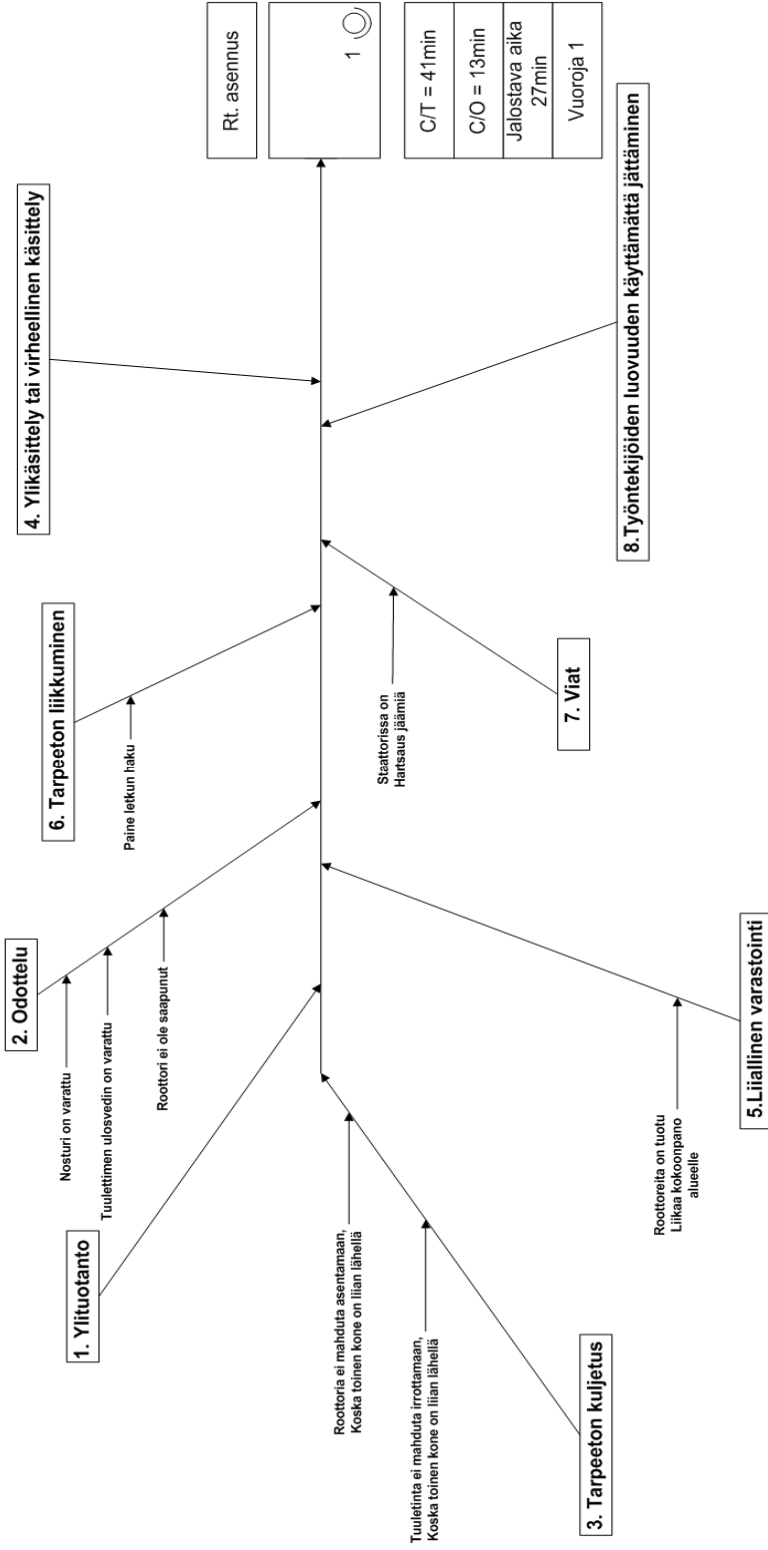
Koneen joraha noutori voi pyöriä esteettömästi



Roottorin asennus

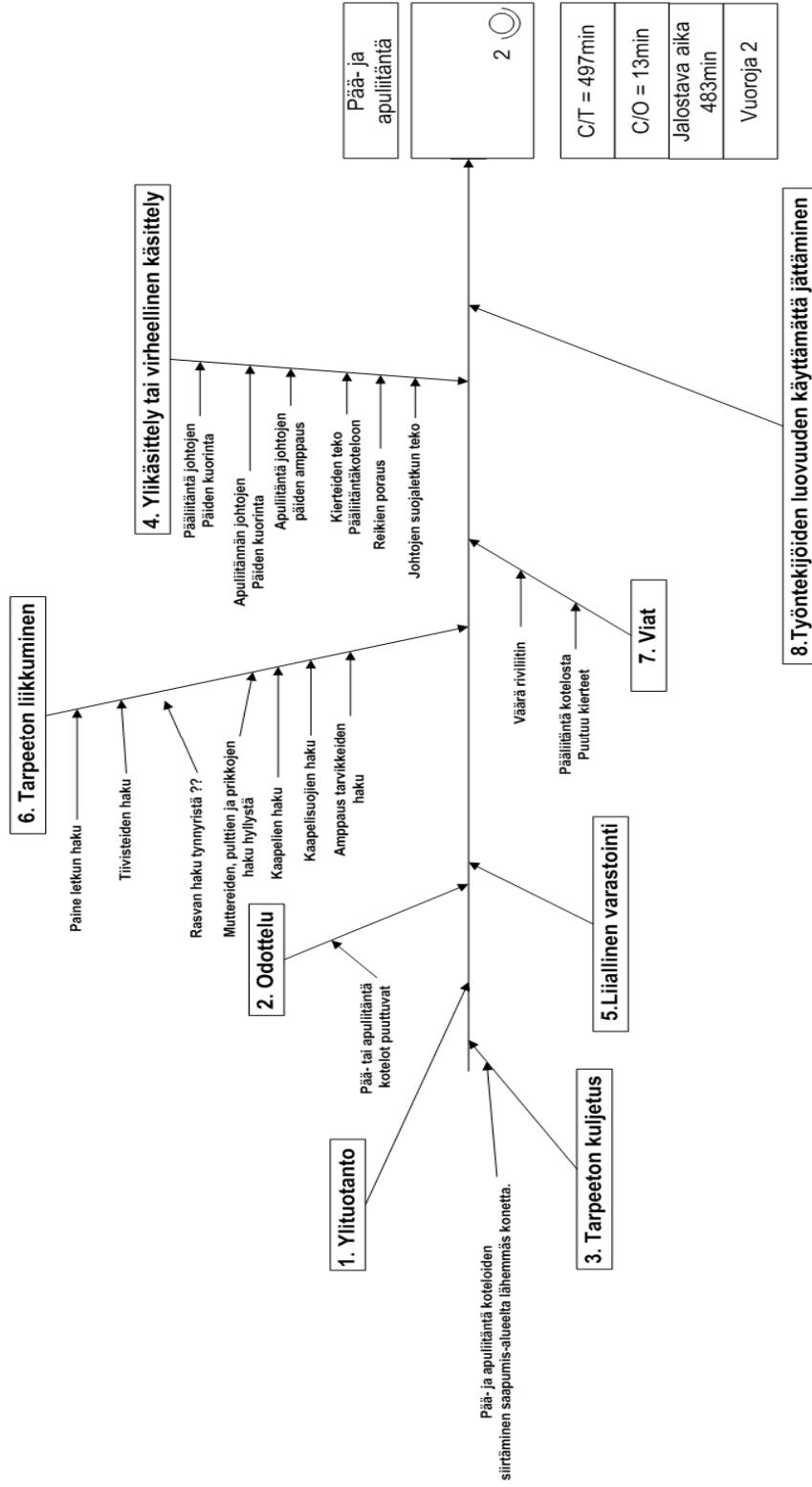
Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

Koneen johon on asennettu roottori



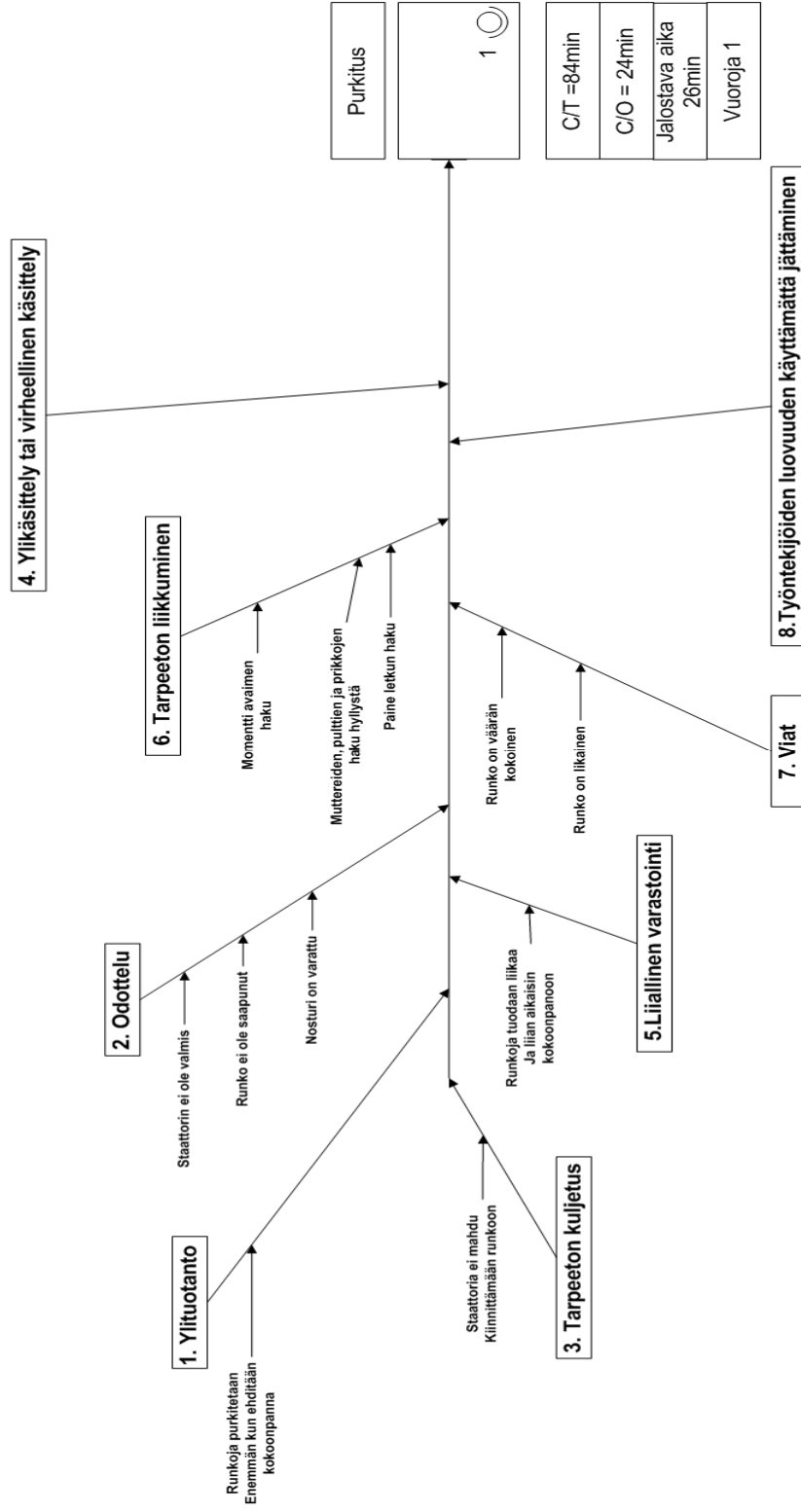
Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

Koneen johon on kytketty vrita; ja antunkaapelit



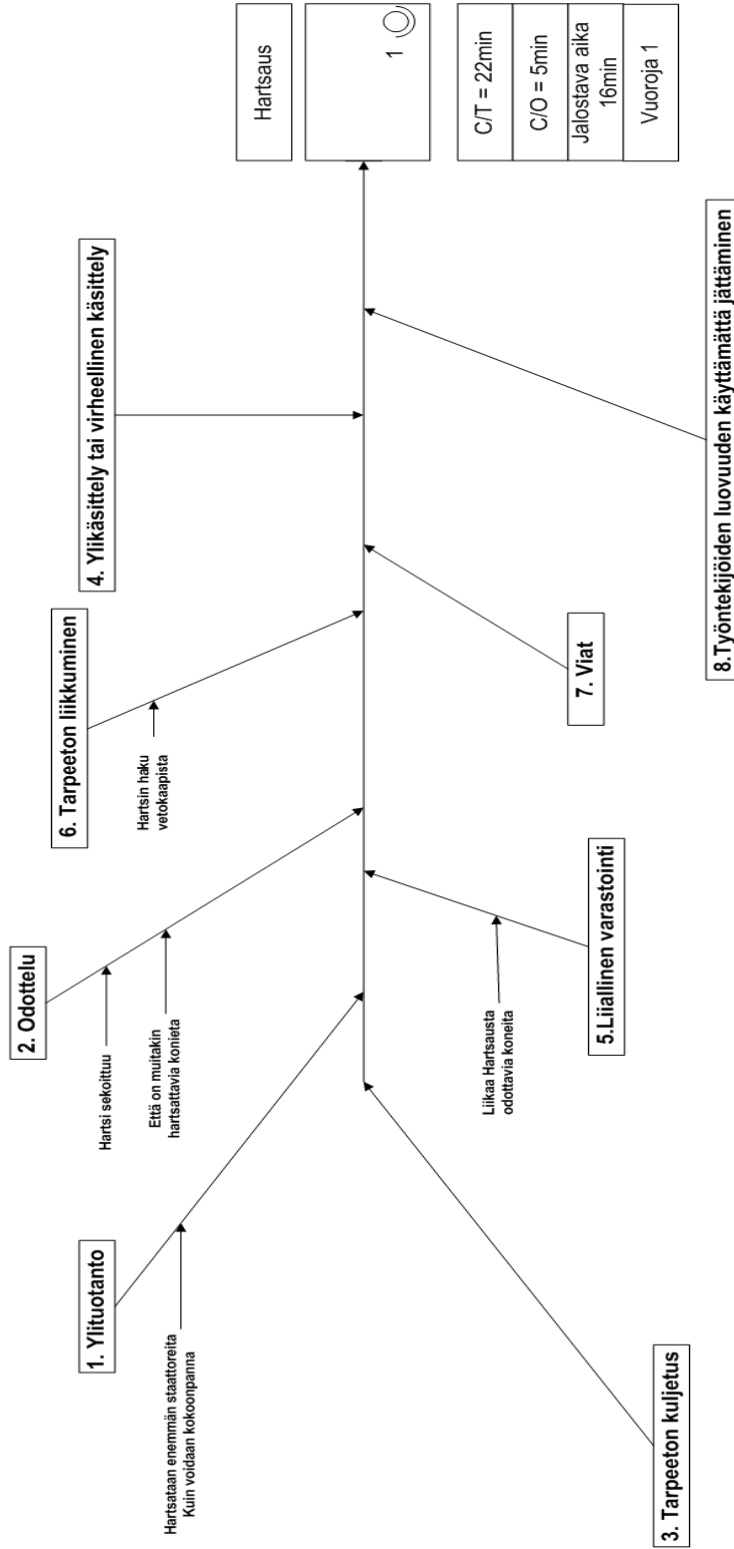
Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

Rungon johon on asennettu Staattori



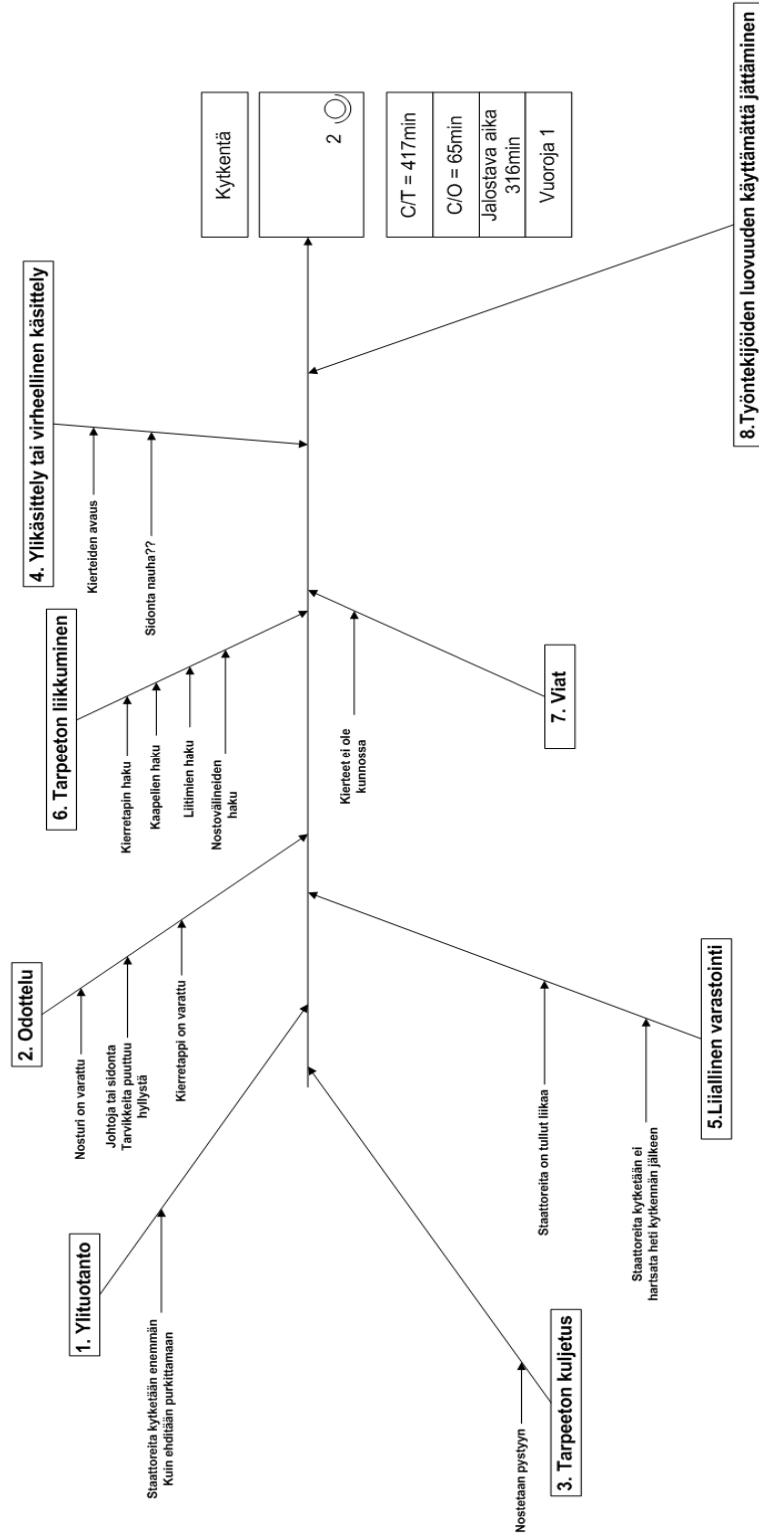
Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

Staattoni jonka kytkenä kaapeli on paikalla ja ilmaväli ovat oikeat



Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?

Vainin staattori joka voidaan asentaa runkoon



Hukka, taulukot

Taulukoiden merkinnät

Tärkeä	1
Ei niin tärkeä	2
Nostot	
layoutin muuto	
Toimitukset	
Työn tekeminen ennen kokoonpanoa	

Loppukokoonpano

HUKKA	Loppukokoonpano	Tärkeys RATKAISU
1. Ylituotanto	Koneet eivät etene testaukseen	1 Valmiiden koneiden palkkaa muutetaan
2. Odottelu	Nosturi on varattu	2 Nosto tapojen kehitys muiden nostojen osalta
	Paineliman odotus	2 Painelima pisteiden määrää lisääminen
	Lämmönvaihtimen osat puuttuvat	1 Koneen saa aloittaa vasta kun kaikki osat ovat kokoonpanovalmiita
	YIT tekee putkityksiä	2
	-	-
	-	-
	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	Tuuletin osien siirtäminen saapumis-alueelta lähemmäs konetta	2 Saapuva tavara sijoitellaan valmiiksi lähemmäs kokoonpanoa
	Lämmönvaihtimen osien siirtäminen saapumis-alueelta lähemmäs konetta	2 Saapuva tavara sijoitellaan valmiiksi lähemmäs kokoonpanoa
	Lämmönvaihtinta ei mahdu asentamaan	2 Konetta asetettaessa paikalleen mietitään tilan käyttöä/ tehdään layoutista väljempi
	-	-
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely	Tuuletin lämmitäminen kaasuliekillä	2 Käytetään induktiolämmitintä(kaasuliekkin käyttöä ei voi poistaa kokonaan)
	-	-
	-	-
	-	-
	-	-
	-	-
5. Tarpeeton varastointi	Lämmönvaihtimen osia on tullut liikaa	1 Toimituksiin puuttuminen
	Keskeytyneitä koneita ei siirretä pois	2 Toimituksiin puuttuminen/ ongelmien välitön ratkaisu
6. Tarpeeton liikkuminen	Mutterien,pulttien ja prikkojen haku hyllystä	1 Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Tiivisteiden haku	1 Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	kaasuletkun haku	2 Kaasun käyttö tarpeen poistaminen/tarvikkeiden tuominen lähemmäs kokoonpanoa
	Rasvan haku tynnyristä	2 Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Nosturin haku	2 Nosto tapojen kehittäminen
	liikkuminen nosturin mukana	2 Nosto tapojen kehittäminen
7. Viat	Kiinnitin korvat eivät osu	1 Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	Tuuletin ottaa kiinni koteloon	1 Komponenttien tarkastaminen saapumis vaiheessa
	-	-
	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	-	-

HUKKA	Laakerointi	Tärkeys	RATKAISU
	-	-	-
1. Ylituotanto			
2. Odottelu			
	Laakeri puuttuu	1	Toimituksiin puuttuminen
	Anturi puuttuu	1	Toimituksiin puuttuminen
	Kilpi puuttuu	1	Toimituksiin puuttuminen
	Nosturi on varattu	2	Nosto tapojen kehitys
	Paine ilma on varattu	2	Painelima pisteiden lisääminen
	Induktiokuuennin on varattu	2	Toisen koneen hankkiminen
	Akselin nostin on varattu	2	Toisen koneen hankkiminen
3. Tarpeeton kuljetus			
	Laakerien siirtäminen lähemmäs konetta	2	Saapuva tavara sijoitellaan valmiiksi lähemmäs kokoonpanoa
	Kilpien siirtäminen lähemmäs konetta	2	Saapuva tavara sijoitellaan valmiiksi lähemmäs kokoonpanoa
	Akselia ei mahdollista nostamaan	2	Konetta asetettaessa paikalleen mietitään tilan käyttöä/ tehdään
	-	-	-
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely			
	Liukulaakerien purkaminen	2	Toimituksiin puuttuminen
	Liukulaakerien maalaaminen	2	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Johtojen kiinnittäminen poraamalla	1	Reiät tehdään ennen kuin komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Voitelu putken tekeminen	2	Putkia on valmiina tai siirrytään kokonaan muoviputkiin
	Letkujen kiinnittäminen poraamalla	1	Reiät tehdään ennen kuin komponentti tuodaan kokoonpanoon
	-	-	-
5. Tarpeeton varastointi			
	Liian aikaisin tulee laakerien osat	1	Toimituksiin puuttuminen
	Väärät laakerit	1	Toimituksiin puuttuminen
6. Tarpeeton liikkuminen			
	Mutterien, pulttien ja prikkojen haku hyllystä	1	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Paine letkun haku	1	Painelima pisteiden määrää lisääminen
	Akselin nostimen haku	2	Laitteet sijoitetaan lähemmäs kokoonpanoa
	Poran ja terien haku	1	Reiät tehdään ennen kuin komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Rasvan haku tynnyristä	2	Laitteet sijoitetaan lähemmäs kokoonpanoa
	Nosturin haku	2	Nosto tapojen kehittäminen
7. Viat			
	Laakeri on vioittunut	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	Akselin heitto on liian suuri	1	-
	Kilvistä puuttuu reiät ja kiertet	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	Anturi on viallinen tai väärä	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen			

Roottorin asennus

HUKKA	Rt. Asennus	Tärkeys	RATKAISU
	-	-	-
1. Ylituotanto	-	-	-
2. Odottelu	Nosturi on varattu	2	Nosto tapojen kehitys
	Tuulettimen ulosvedin on varattu	2	Irrotustyön ajoitusta mietitään
	Roottori ei ole saapunut	1	Toimituksiin puututaan
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	Rt. Ei mahdu asentamaan koska, toinen kone on tiellä	2	Konetta asetettaessa paikoilleen mietitään tilan käyttöä/ tehdään layoutista väljempi
	Tuuletinta ei mahdu irrrottamaan, koska toinen kone on tiellä	2	Konetta asetettaessa paikoilleen mietitään tilan käyttöä/ tehdään layoutista väljempi
	-	-	-
	-	-	-
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
5. Tarpeeton varastointi	Roottoreita on tuotu liikaa	1	Toimituksiin puututaan
	-	-	-
6. Tarpeeton liikkuminen	Paine leikun haku	2	Painelima pisteiden määrää lisätään
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
7. Viat	Staattorissa on hartsaus jäämiä	2	St. Suojauksen parantaminen hartsaus valheessa
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	-	-	-

Pää- ja apuliitanta

HUKKA	Pää- ja apuliitanta	Tärkeys	RATKAISU
	-	-	-
1. Ylläpito			
2. Odottelu	Pää- tai apuliitanta kotelo puuttuu	1	Toimituksiin puututaan
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	Pää- ja apuliitanta kotelo siirretään saapumis-alueelta koneen lähelle	2	Saapuva tavara sijoitellaan valmiiksi lähemmäs kokoonpanoa
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
4. Virheellinen käsittely	Pääliitanta johtojen kuorinta	1	Työhön koitetaan löytää uusita tapoja tai työn vaihe siirretään kokoonpanon ulkopuolelle
	Apuliitannan johtojen kuorinta	1	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Apuliitannan johtojen liittimien asentaminen	1	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Kierteiden teko pääliitantaan	1	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Reikien poraus	1	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
	Johtojen suojeleminen	2	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
5. Tarpeeton varastointi		-	-
	-	-	-
6. Tarpeeton liikkuminen	Paine letkun haku	2	Painelma pisteloiden määrää lisätään
	Tiivisteiden haku	1	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Rasvan haku tynnyristä	2	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Mutterien, pulttien ja prikkojen haku hyllystä	1	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Kaapellien haku	1	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Ampaus tarvikkeiden haku	1	Työ tehdään ennen kun komponentti tuodaan kokoonpanoon
7. Viat	Väärä riviliitin	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	Pääliitankotelosta puuttuu kiertet	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	-	-	-
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen		-	-

HUKKA	Purkitus	Tärkeys	RATKAISU
1. Ylituotanto	Runkoja purkitetaan enemmän kuin ehditään koota	1	Purkitettujen runkojen määrää rajoitetaan
2. Odottelu	Staattoni ei ole valmis	1	Toimituksiin puututaan
	Runko ei ole saapunut	1	Toimituksiin puututaan
	Nosturi ei ole vapaa	2	Nosto tapoja kehitettä
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	Staattonia ei mahduta kiinnittämään runkoon	2	Runkoja tuodaan vain sallittu määrä osastolle
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
5. Tarpeeton varastointi	Runkoja tuodaan liikaa	1	Toimituksiin puututaan
	Runkoja tuodaan liian aikaisin	1	Toimituksiin puututaan
6. Tarpeeton liikkuminen	Momentti avaimen haku	2	Työkalu sijoitetaan lähemmä kokoonpanopaikkaa
	Mutterien, pulttien ja prikkujen haku hyllystä	1	Tarvikkeet tuodaan lähemmäs kokoonpanoa
	Paineilma letkun haku	2	Paineilma pisteiden määrää lisätään
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
7. Viat	Runko on väärän kokoinen	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	Runko on likainen	2	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	-	-	-
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	-	-	-

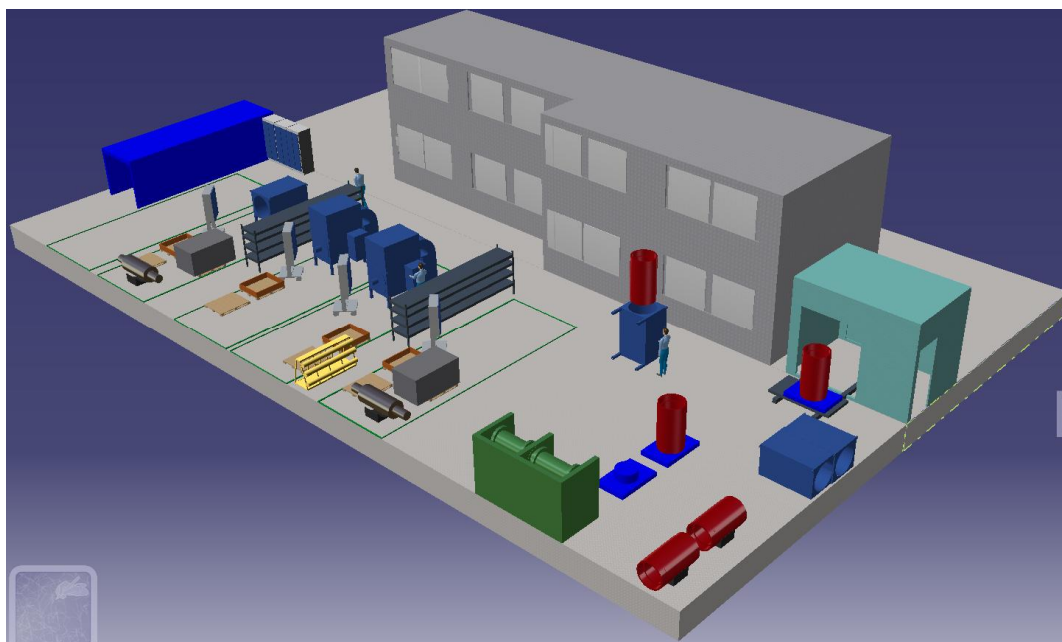
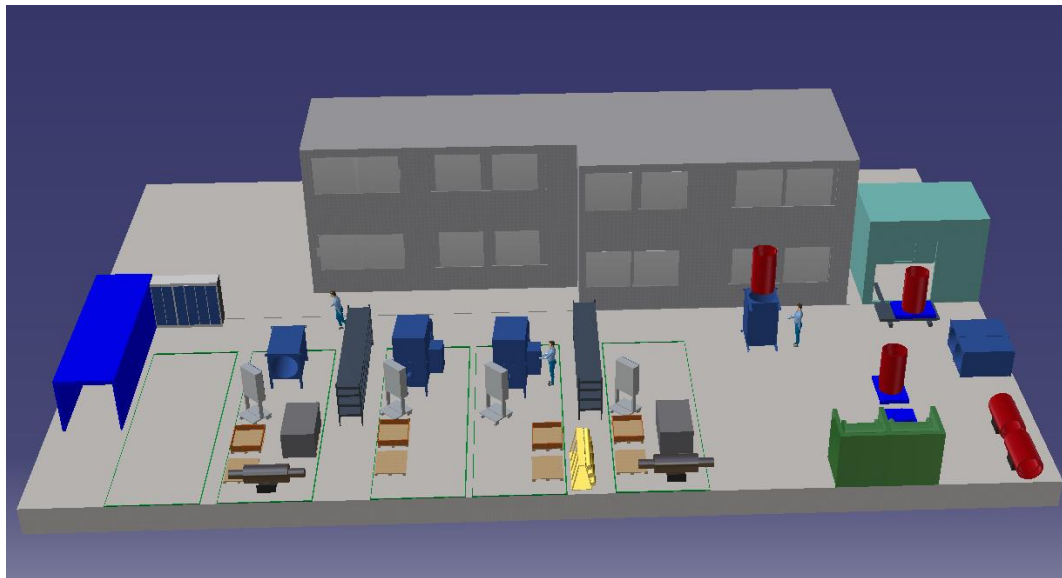
Hartsaus

HUKKA	Hartsaus	Tärkeys	RATKAISU
1. Ylituotanto	Hartsataan enemmän staattoreita kuin voidaan koota	1	Hartsattavien koneiden määrää rajoitetaan
2. Odottelu	Hartsin sekoitus Odotetaan että on muita hartsattavia koneita	2 2	2 Sekoituksen aikana valmistellaan hartsaustyöväihettä 2 Hartsataan kone kerralla
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
5. Tarpeeton varastointi	Liikaa hartsausta odottavia koneita	1	Hartsattavien koneiden määrää rajoitetaan
	-	-	-
6. Tarpeeton liikkuminen	Hartsin haku veto kaapista	2	2 Vetokaappi sijoitetaan
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
7. Viat	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	-	-	-

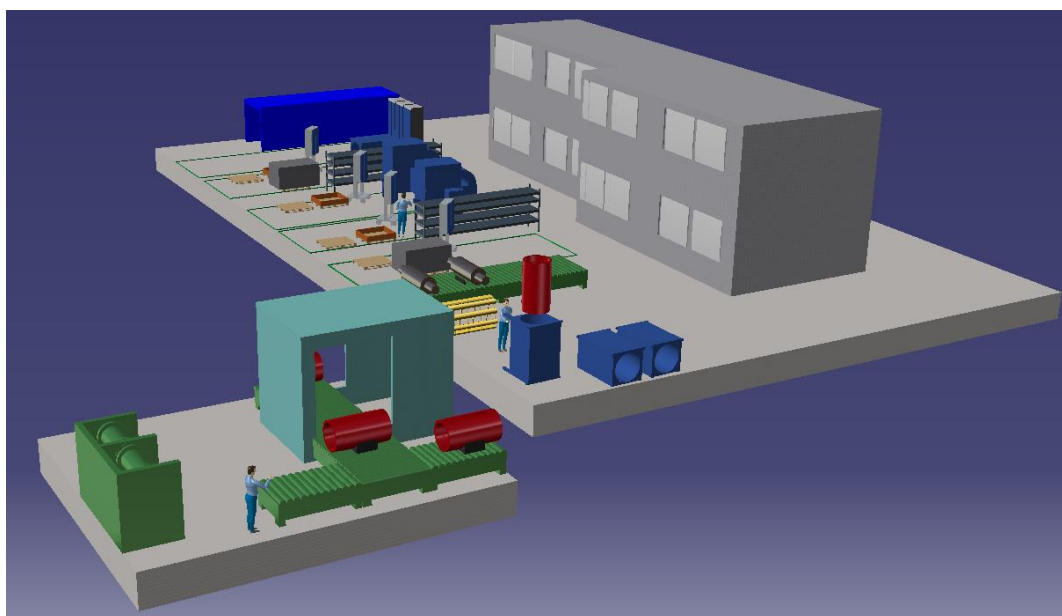
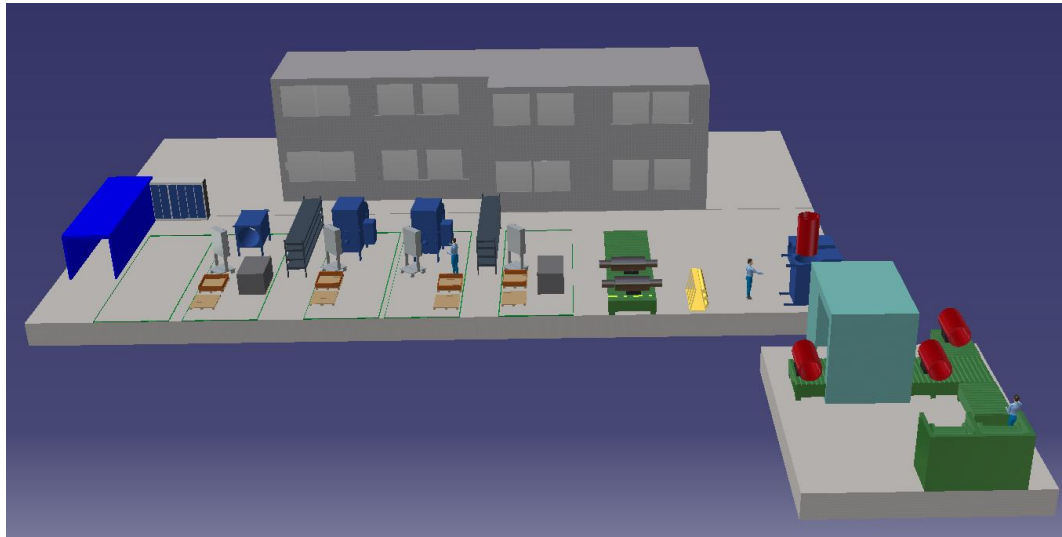
HUKKA	KytKentä (St.)	Tärkeys	RATKAISU
	Staatoreita kytketään enemmän kuin ehditaan purkittamaan/ koota	1	Kytettävien staatorien määrää rajoitetaan
1. Yliuotanto	Nosturi on varattu	2	Muiden vaiheiden nosto tapoja kehitetään
2. Odottelu	Johdote puuttuu hyllystä	1	Toimituksiin puututaan
	Sidonta tarvikkeita puuttuu hyllystä	1	Toimituksiin puututaan
	Kierretappi on varattu	2	Kierteiden puhdistus tehdään ennen kokoonpanoa
	Painelima on varattu	2	Painelima pisteiden määrää lisätään
	-	-	-
	-	-	-
3. Tarpeeton kuljetus	St. Nostetaan pystyyn	2	Staatorit tuodaan pystyssä tai nostetaan pystyyn heti saapumisen jälkeen
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
4. Virheellinen käsittely	Kierteiden avaus	1	Kierteiden puhdistus tehdään ennen kokoonpanoa
	Sidonta nauha	2	Muutetaan sidonta nauhaa leveämmäksi
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
5. Tarpeeton varastointi	Staatoreita ei hartsata heti kytkemän jälkeen	1	Kytettävien staatorien määrää rajoitetaan
	Staatoreita on tullut liikkaa	1	Toimituksiin puututaan
6. Tarpeeton liikkuminen	Kierretapin haku	2	Kierteiden puhdistus tehdään ennen kokoonpanoa
	Kaapellen haku	2	Kaapelti sijoitetaan lähemmäs kytkentä paikkaa
	Liitimien haku	2	Liittimet sijoitetaan lähemmäs kytkentä paikkaa
	Nostovälineiden haku	2	Nosto välineet sijoitetaan lähemmäs kytkentä paikkaa
	-	-	-
	-	-	-
7. Viat	Kierteet eivät ole kunnossa	1	Komponenttien tarkastaminen saapumisvaiheessa
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	-	-	-

3D-kuvat

Layout 1



Layout 2



Layout 3

