

# **Lean-keskeinen kokoonpanosolun layoutsuunnittelu ja puristimen kon- septisuunnittelu**

Viljo Väisänen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Väisänen, Viljo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2018
	Sivumäärä 64	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Lean-keskeinen kokoonpanosolun layoutsuunnittelu ja puristimen konseptisuunnittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Matilainen, Jorma; Riekkinen, Juho		
Toimeksiantaja(t) Valtra Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Valtra Oy:n Suolahden voimansiirtotehtaalle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää voimansiirtotehtaan alikokoonpanon solun layout-suunnitelmaa ja suunnitella uusi puristin samaan soluun. Uuden layoutin ja puristimen oli tarkoitus parantaa solun tuotannon tehokkuutta. Layoutin ja puristimen suunnittelun tuli noudattaa lean-ajattelun peruseriaatteita työn tehostamisesta. Puristimesta tuli laatia konseptisuunnitelma jatkosuunnittelua varten ja uudesta layoutista tuli tehdä jatkossa hyödynnettävissä oleva AutoCad-suunnitelma.</p> <p>Työssä tutkittiin solun layout-suunnitelmaa ja työvaiheita eri menetelmillä. Tutkimusten perusteella toteutettiin parannusehdotuksia layoutista. Layoutin valinnan jälkeen tehtiin komponenttivalinnat ja mallinnettiin suunnitteluprosessin mukaisesti soluun uusi tuotannon lean-ajattelua tukeva puristinkonsepti. Komponenttivalintojen tukemisessa käytettiin painotettuja valintataulukoita, jotka luotiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Layoutin suunnittelutyökaluna käytettiin AutoCAD ohjelmaa ja puristimen konseptisuunnittelussa käytettiin CREO Parametric 3D ohjelmaa.</p> <p>Lopputuloksena syntyneet layout ja puristinkonsepti menevät Valtralla suunnittelukatselmuksen, jossa päätetään niiden jatkotoimipiteistä sekä toteutusaikatauluista.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Lean, layout, kokoonpanopuristin, koneensuunnittelu, suunnitteluprosessi		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Väisänen Viljo	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 64	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Lean based assembly cell layout design and assembly press conceptual design</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Matilainen, Jorma; Riekkinen, Juho		
Assigned by Valtra Oy		
Abstract  <p>The thesis was assigned by Valtra transmission factory in Suolahti. The aim of this project was to develop the layout design and produce a new assembly press design for the subassembly. The purpose of the project was to improve the subassembly and its effectiveness. The design of the new layout and the assembly should follow the basic principles of the Lean production in effectiveness thinking. The goal was to design a new assembly press concept design that can be developed further. The new layout design should include an AutoCAD design that can be used in the future.</p> <p>The project studied the layout and working phases of the subassembly using different methods. Based on the studies new more effective layout suggestions were made. After choosing the best layout, component selection and the design process based concept design for the new assembly press were made. To support the component selections, weighted feature tables were made with Excel program. AutoCAD program was used for the layout design and CREO Parametric for the 3D concept design.</p> <p>The resulted new layout and the press concept design will be taken to a Valtra Design review session that will decide further actions and timetables of the project.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Lean, layout, assembly press, machine design, design process.		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>5</b>
1.1	Työn kuvaus ja tutkimusongelma.....	5
1.2	Työn tavoitteet .....	5
1.3	Työn suoritus .....	6
1.4	Työn rajaus .....	6
1.5	Valtra Oy.....	6
<b>2</b>	<b>Lean .....</b>	<b>7</b>
2.1	Leanin historia .....	7
2.2	The Global Production System .....	9
2.3	5S (6S).....	10
2.4	Virtaus ja läpäisyajat.....	12
2.5	Kanban (visuaalisuus) .....	12
2.6	Kaizen (jatkuva parannus) .....	12
2.7	Muda (hukka) .....	13
2.8	Pokayoke (virhevarmuus).....	14
2.9	Andon (ilmoitus).....	14
2.10	Jidoka (älykäs automaatio).....	14
2.11	Maxi-MOST-analyysi.....	14
<b>3</b>	<b>Suunnitteluprosessin kuvaus .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Puristin.....</b>	<b>21</b>
4.1	Puristimen suunnitteluun ja valmistukseen liittyvät vaatimukset .....	21
4.2	Puristimen rakenne .....	22
4.2.1	Käyttövoima.....	22
4.2.2	Runko .....	24
4.2.3	Puristava toimilaite ja käyttö.....	26

4.3	Materiaalin syöttö puristimelle .....	32
<b>5</b>	<b>Työn toteutus .....</b>	<b>33</b>
5.1	Tarve .....	33
5.2	Solun ongelmakohtien tutkiminen.....	34
5.3	Napa-akselin ja akseliputken valmistelu -solun layout muutos.....	36
5.4	Puristimen tarpeiden kartoitus .....	38
5.5	Layoutin valinta ja turvallisuus .....	39
5.6	Puristimen komponenttivalinnat .....	40
5.6.1	Rungon valinta .....	40
5.6.2	Käyttövoiman valinta.....	41
5.6.3	Lineaariliikkeen ja käytön valinta .....	41
5.7	Materiaalin syöttö uudelle puristimelle.....	42
5.8	Puristimen turvallisuus .....	44
5.9	Puristuskonseptin 3D mallien luonti .....	44
<b>6</b>	<b>Lopputulokset .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Yhteenveto ja pohdinta .....</b>	<b>46</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>48</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>50</b>
Liite 1.	Maxi-MOST-työnmääritys 750 akseliputken kokoonpanolle .....	50
Liite 2.	Maxi-MOST-työnmääritys 650 akseliputken kokoonpanolle .....	53
Liite 3.	Maxi-MOST-työnmääritys 330 akseliputken kokoonpanolle .....	56
Liite 4.	Alikokoonpanon löytyneet ongelmat ja parannusehdotukset.....	60
Liite 5.	Layoutvaihtoehdot .....	61

## Kuviot

Kuvio 1. The Global Production System talo (Lean production 2008, 21, muokattu) ...	9
Kuvio 2. Esimerkki liikesarjan luomisesta (Devcons 2015).....	15
Kuvio 3. Esimerkki Maxi-MOST arvokortista (Devcons 2015).....	16
Kuvio 4. Maxi-MOST menetelmä esimerkki (Devcons 2015).....	16
Kuvio 5. Maxi-MOST parannettu menetelmä esimerkki (Devcons 2015).....	17
Kuvio 6. Suunnitteluprosessin askeleet (Pahl & Beitz 2007, 130, muokattu).....	20
Kuvio 7. Esimerkki C-mallisesta puristimen rungosta (lakeudenhydro.fi) .....	25
Kuvio 8. Esimerkki O-mallisesta puristimesta (lakeudenhydro.fi) .....	25
Kuvio 9. Esimerkki H-mallisesta puristimesta (lakeudenhydro.fi) .....	25
Kuvio 10. Puristin servomootorilla (TOX®-ElectricDrive EPMK, n.d.) .....	26
Kuvio 11. Servokäyttöisen aktuaattorin rakenne (Schmidtpresses, n.d.).....	27
Kuvio 12. Servokäyttöisen puristinjärjestelmän rakenne (Schmidtpresses, n.d.) .....	27
Kuvio 13. Paineilmasyylinteri (Hydraulikauppa, n.d., Paineilmasyylinterit).....	29
Kuvio 14. Hydraulisyylinteri ja sen rakenne (Hydrauliikkakauppa, n.d., Hydraulisyylinterit).....	29
Kuvio 15. Pneumohydraulinen sylinteri ja sen rakenne (Tox-Powerpackage Pneumohydraulic drive, n.d.) .....	30
Kuvio 16. Esimerkki manuaalisesta puristimesta (Schmidtpresses, n.d., Manual Presses).....	30
Kuvio 17. Esimerkki käyttölaitteesta (Schmidtpresses, n.d.) .....	31
Kuvio 18. Napa-akselin ja akseliputken valmistelusolu .....	33
Kuvio 19. Leikkaus puristetusta akseliputkikokoonpanosta .....	34
Kuvio 20. Mallin 750 valmistuksessa kävelty matka .....	36
Kuvio 21. Layoutvaihtoehto 3 .....	39
Kuvio 22. Vanhan puristimen ohjuriputki ja alapuolinen puristusvaste .....	43
Kuvio 23. Solun lopullinen layout.....	45
Kuvio 24. Uuden puristimen valmis konsepti ja toiminta .....	46

**Taulukot**

Taulukko 1. Kävelymatkojen vertailutaulukko .....	38
Taulukko 2. Painotettu rungon valintataulukko.....	40
Taulukko 3. Painotettu käyttövoiman valintataulukko .....	41
Taulukko 4. Painotettu toimilaitteen valintataulukko .....	42

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn kuvaus ja tutkimusongelma

Yrityksen tuotannon on pystyttävä vastaamaan jatkuvasti kasvaviin tuotantotavoitteisiin. Jotta kasvaviin tuotantotavoitteisiin voitaisiin vastata, täytyy tuotantoa kehittää ja parannella jatkuvasti.

Alkutilanteessa tuotanto pyöri opinnäytetyössä tarkastellussa solussa normaalisti, mutta solussa havaittiin parannettavia kohteita. Näitä parannettavia kohtia olivat mm. solun layout sekä solussa käytettävät akseliputkien laakeripuristimet. Solun layout ei ole optimaalinen tuotannossa tehtävää osakokoonpanoa varten, sillä solussa tehdään paljon työvaiheita nostimilla ja kävelymatkat ovat pitkiä. Solussa käytetään puristimia laakereiden ja tiivisteiden laittoon. Nämä puristimet ovat vanhoja ja jokaiselle olemassa olevalle mallille on olemassa oma puristin. Useampi puristin solun sisällä vie paljon tilaa layoutista ja solun layout-suunnitelmaa ei voida tästä syystä täysin optimoida.

Työn tutkimusongelmat:

- Kuinka tutkittavan solun layout-suunnitelmaa voidaan parantaa leanin keinon?
- Kuinka solussa käytettäviä akseliputkien laakeripuristimia voidaan parantaa leanin keinoin?

Tutkimusongelmassa on tutkimisote, koska tarkemmat kehittämistoimenpiteet tehdään puristajan valmistajan ja lopullisen layoutin suunnittelijan toimesta. Työn tarkoituksena on tutkia solun layout-suunnitelmaa ja solussa käytettäviä akseliputkien laakeripuristimia. Tutkimuksessa saadun kvantitatiivisen datan perusteella tehdään konseptisuunnitelmat uudesta layoutista ja akseliputkipuristimesta.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia tarkasteltavaa napa-akselin ja akseliputken valmistelusuolun työn sisältöä, layout-suunnitelmaa sekä solussa käytettäviä akseliputkikokoonpanon puristimia. Tutkimuksen pohjalta tehdään ehdotelmat solun työn sisällön sekä



puristusprosessin parantamiseksi. Tavoitteena on saada Lean-toimintamalliin perustuva konseptisuunnitelma uudesta akseliputken laakerien puristimesta sekä solun layoutista.

### 1.3 Työn suoritus

Opinnäytetyössä keskitytään Lean-filosofian soveltamiseen tuotannon solurakenteen layoutmuutoksissa sekä puristinlaitteiden laitesuunnitteluun suunnitteluprosessin mukaisesti. Painotus on työn sisällön tutkimisessa, layout suunnittelussa sekä puristimen konseptisuunnittelussa ja komponenttivalinnoissa.

Työn tavoitteiden saavuttamiseksi tärkeintä on perehtyä ja ymmärtää olemassa olevan osakokoonpanon solun sisältö ja löydettävä mahdolliset parannettavat kehityskohteet. Puristimen suunnittelu tehdään suunnitteluprosessin mukaisesti ja solun Lean-toimintamallia tukevaksi. Työn suorituksen vaiheet ovat seuraavat:

- nykyiseen osakokoonpanosoluun perehtyminen ja analysointi
- solun uusien layoutsuunnitelmien tekeminen analysoinnin pohjalta.
- puristinkonseptin suunnittelu kohteeseen suunnitteluprosessin mukaisesti

### 1.4 Työn rajaus

Työ on rajattu vetopyörästön alikokoonpanon akseliputken kokoonpanosoluun. Työ keskittyy solun sisäiseen materiaalin liikkumiseen, työvaiheiden sisältöihin, layouttiin sekä akseliputkipuristimen toimintaan. Suunniteltavat uudet akseliputkipuristimet suunnitellaan suunnitteluprosessin mukaisesti, mutta vain konseptisuunnitteluun saakka. Toteutuessaan, tarkemmat suunnittelut puristimen osalta toteuttaa puristimien valmistaja.

### 1.5 Valtra Oy

Valtra on kansainvälinen yritys, joka kehittää, valmistaa, markkinoi ja huoltaa Valtra-traktoreita. Pohjoismaissa Valtra on ainut traktorinvalmistaja ja johtava palveluntarjoaja. Valtra valmistaa traktoreita Suomessa ja Brasiliassa. Suomen tehdas sijaitsee

Suolahdessa Keski-Suomessa ja Brasilian tehdas Mogi das Cruzesissa São Paolon osavaltiossa. Suolahden tehdas työllisti vuonna 2017 763 henkilöä ja yrityksen liikevaihto oli 95,7 milj. euroa. Valtra Oy on ollut vuodesta 2004 osa yhdysvaltalaisista AGCO-konsernia. (Tietoa Valtrasta n.d.)

Valtran Suolahden tehdasalue on suuri ja siellä toimii Valtran johto, suunnittelukeskus, voimansiirto- ja kokoonpanotehdas, Valtra Unlimited Studio, varaosa- ja huolto-keskus sekä asiakaspalvelukeskus (Tietoa Valtrasta n.d.). Valtra on valmistanut traktoreita vuodesta 1951, jolloin tehdas oli Jyväskylässä. Vuonna 1969 valmistus siirtyi Suolahteen nykyiselle paikalle. (Valtra-historia n.d.)

AGCO on maatalouskoneiden yksi maailman suurimmista suunnittelijoista, valmistajista sekä jakelijoista (Tietoa Valtrasta n.d.). AGCO:n tuotevalikoimaan kuuluvat mm. traktorit, puimakoneet, erilaiset maatalouskoneisiin kiinnitettävät laitesovellukset, siilot ja AGCO:n koneiden varaosat (Agricultural innovations, n.d.). AGCO:n päätuotemerkit ovat: Challenger, Fendt, GSI, Massey Ferguson ja Valtra. Vuonna 2017 AGCO:n liikevaihto oli 8,3 miljardia US\$ ja osakekohtainen tulos 3.02 US\$. (2017 Annual Report, 2018)

## 2 Lean

Lean-toimintamalli on kehitetty Japanissa Toyotan autoteollisuuden tuotannon parantamiseksi 1900-luvun alussa. Lean-toimintamalli on levinnyt myöhemmin laajasti muillekin toimialoille. Leanillä pyritään luomaan toimintaan tarkoituksenmukaisuutta ja järkevyyttä asiakasnäkökulmasta katsoen.

### 2.1 Leanin historia

1800-luvun loppupuolella Sakichi Toyoda, tuleva Toyota Groupin perustaja, kehitti automaattiset kangaspuut, jotka mullistivat tekstiiliteollisuutta. Vuonna 1902 Toyoda kehitti kangaspuut, jotka pysähtyivät automaattisesti kankaan teossa käytetyn langan katkeamiseen. Langan katkeaminen aiheutti myös hälytyksen, jotta koneen käyttäjä voisi reagoida ongelmaan nopeammin. Kehitystyön tuloksena automaattisista kangaspuista tuli myös itsenäiset. Automaattisesti pysähtyvät ja itsenäiset kangaspuut tarkoittivat sitä, että kymmenien kangaspuiden käyttämiseen tarvittiin kymmenien

käyttäjien sijasta vain yksi käyttäjä. Koneita käyttävien henkilöiden vähentäminen ja automatisoinnin kasvattaminen vähensi tuotannossa syntyviä virheitä ja kasvatti tuotannon kokonaismäärää. Koneensuunnittelu, jossa on huomioitu automaattinen pysähtyminen ja pysähtymistä seuraava huomiota herättävä hälytys, katsotaan yhä olevan Toyota Production Systemin kulmakiviä. (Black 2008, 20)

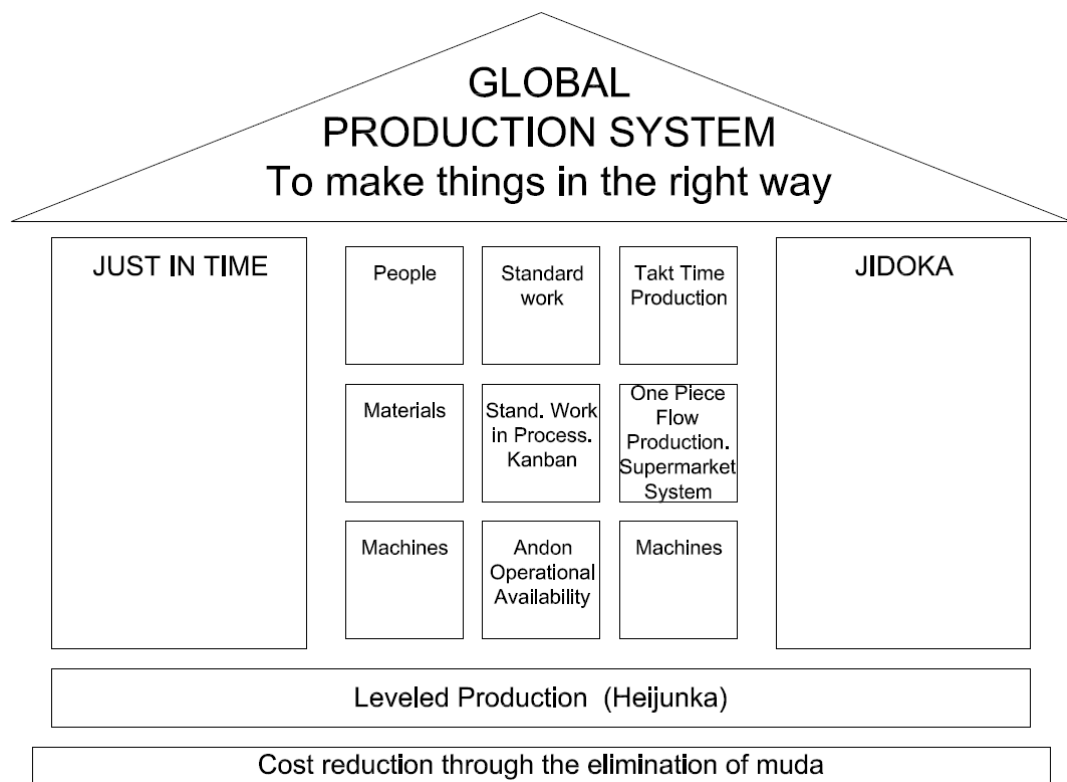
1920-luvulla Sakichin poika Kiichiro matkusti Euroopassa ja Yhdysvalloissa tutkien autotehtaiden tuotantoa. Kiichiro mieltyi erityisesti Yhdysvalloissa tuohon aikaan teollisuuden huipulla olleeseen Fordin tehtaaseen. Fordin tehtaalta Kiichiro otti mukaansa Japaniin liukuhihnamaisen työskentelyn periaatteet ja sovelsi niitä omissa tuotantolaitoksissaan. Myöhemmin Sakichi myi automaattisen kudontakoneen patentin noin 150 000 eurolla. Vuonna 1937 patentin myyntituloilla Kiichiro perusti autotehtaan, jonka nimeksi tuli Toyota Motor Corporation. Kiichiro otti käyttöön Fordin kehittelemän liukuhihnamaisen tuotannon ja järjesteli tuotantoa siten, että eri kokoonpanon osat tehtiin jaksoittain tarpeen mukaan ja toimitettiin kokoonpanoille tarvittavin jaksoin. Tätä periaatetta hyväksi käyttäen Toyotan tuotannon jokainen vaihe tuotti vain tarvittavan määrän, jotta seuraavaa vaihetta voitiin tehdä. Kiichiro kutsui tätä tuotannonohjausmenetelmää nimityksellä ”Just In Time”. (Mts, 20 - 21)

Vuonna 1937 Japanissa oli suuri resurssipula ja Kiichiro antoi Toyota Motor Corporationin päätuotantoinsinööri Taiichi Ohnolle tehtäväksi nostaa tehtaan tuottavuutta. Ohnon piti keksiä toimenpiteitä, joilla voitiin tehdä enemmän vähemmillä resursseilla ja sovelsi Just In Time–tuotantomallia aiempaa tarkemmin. Ohnonin tarkennettu JIT-tuotantomalli perustui tehokkaaseen prosessin virtaukseen. Vuonna 1956 Ohnon vieraili Yhdysvalloissa ja sai sieltä tuotantoa parantavia ideoita paikallisista supermarketista. Supermarketit olivat asiakaskeskeisiä ja asiakas sai sieltä tarvitsemansa määrän haluamaansa tuotetta kun sitä tarvitsi. Ohnon ihastui myös supermarkettien tapaan täyttää varastoja yksinkertaisesti, tehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Supermarkettien toimintatapa on hyvä esimerkki imuohjauksesta, jolla ohjataan materiaalia tänä päivänäkin. Sakichin, Kiichiron ja Ohnon kehittelemät toimintatavat ovat osana myöhemmin syntynyttä Toyota Production System sisältöä. (Mts, 21)

## 2.2 The Global Production System

Ohnon kehitti monia työkaluja, joilla pystyi parantamaan ja hallitsemaan tuotantoa systemaattisesti. Ohnon kehittelemistä työkaluista ja ajatusmalleista kehittyi Toyota Production System. Toyota Production Systemiä (TPS) kuvataan usein talon näköisellä kaaviolla, jossa on perustukset, pilarit sekä katto. (Black 2008, 21)

Myöhemmin Toyota Production Systemiä kuvaavaa taloa on laajennettu, jotta TPS:n periaatteita voitaisiin soveltaa muillakin toimialoilla. Laajennetun mallin taloa kutsutaan The Global Production Systemiksi (GPS) (kuvio 1). The Global Production Systemissä TPS:n kuvioon on lisätty pilarien väliin tuotantoon osallistuvat tekijät. GPS on ihmiskeskeinen toimintamalli, jossa on kolme pääfilosofiaa: Just-In-Time, Jidoka ja kustannusten pienentäminen poistamalla tuotannosta hukkaa (muda). (Mts, 22)



Kuvio 1. The Global Production System talo (Black 2008, 21, muokattu)

The Global Production Systemin talokaavion rakenne kertoo, että tuotannon jokainen osa-alue on tärkeä ja jokaisen osa-alueen tulee olla kunnossa. Poikkeamat jossa-kin osa-alueessa vaikuttavat ketjun muihin osa-alueisiin. (Mts, 22 - 23)

Perustukset kuvastavat toiminnan hukan poistamisesta, joka vähentää kuluja ja määrittää tuotannon tasaisuuden. Tuotannon tasaisuus on tärkeä, jotta Just-In-Time tuotantomalli olisi mahdollista. (Black 2008, 22 - 23)

Talokaavion pilarit, kaavion tärkeimmät elementit, ovat JIT-toimintamalli ja Jidoka. Ensin mainittu elementti korostaa tuotannon tasaisuutta minimiresursseilla. Jidokan tarkoitus on keskittyä laatuun reagoimalla tarvittaessa tuotantovirtaan ja indikoimalla laadullisia poikkeamia. (Mts, 23)

Talokaavion kattona ovat tavoitteet, joihin Global Production System -toimintamallin avulla pyritään pääsemään. Tavoitteina ovat korkein mahdollinen laatu, pienimmät mahdolliset kustannukset sekä lyhyin mahdollinen läpimenoaika. Tavoite lyhyesti: Tarjotaan tavara tai palvelu oikealla tavalla. (Mts, 23)

AGCO-konserni perustaa vahvasti tuotannon johtamisfilosofiansa lean-periaatteisiin. Konserni onkin luonut oman, Global production systemiin perustuvan ja lean-periaatteita hyödyntävän, tuotantojärjestelmän APS (AGCO Production System). AGCO:n tehtaot ovat kaikki siirtyneet tai tällä hetkellä siirtymässä APS pohjaiseen tuotantojärjestelmään.

### 2.3 5S (6S)

Lean-toimintamallin peruseriaate on, että laadukasta ja tuottavaa työtä voidaan tehdä vain siistissä ja hyvin organisoidussa ympäristössä. 5S on työkalu, jolla huolehditaan tuotantolaitoksen yleisestä siisteydestä, järjestyksen jatkuvasta kehittämisestä ja ylläpidosta. Työkalulla pyritään kehittämään systemaattisuutta sekä kurinalaisuutta. Työkalun periaatteen mukaan työpiste, joka on hyvässä järjestyksessä ja siisti, omaa tyytyväisempiä, tehokkaampia ja huolellisempia työntekijöitä. Jokaisen työntekijän tulisi osallistua työpisteen järjestämiseen, siivoamiseen sekä turvallisen työympäristön ylläpitoon.

5S koostuu viidestä japaninkielisestä sanasta. Ensimmäinen sana on Seiri eli lajittelu. Seirin mukaan työkalut, materiaalit ja muut tuotannossa käytettävät tavarat tulee lajitella huolella tarpeellisuuden mukaan. Lajittelussa tulisi poistaa työpisteeltä ylimääräiset työkalut ja tarpeettomat materiaalit ja tavarat. (Kouri 2010, 27)

Toinen sana on Seiton, joka tarkoittaa järjestää. Työpisteelle lajittelun jälkeen jäte-tyille tarpeellisille työkaluille, materiaaleille ja tavaroille tulee järjestää tarkoituksenmukainen paikka. Jokaisen esineen paikka tulisi merkitä näkyvästi, jotta puuttuvat ja ylimääräiset esineet työpisteellä erottuisivat. (Kouri 2010, 27)

Kolmantena sanana on Seiso, joka tarkoittaa puhdistamista ja huoltamista. Puhdistamisella ja huoltamisella pyritään samaan työympäristöön vaikuttavat asiat kuntoon, kuten valaistus, melu ja epäpuhtaudet. Puhdistamisen yhteydessä voidaan tarkastaa käytettävät laitteistot ja koneet päälisin puolin, jotta voidaan havaita esimerkiksi laitteistojen vikaantumisia. (Mts, 27)

Neljäs sana Seikatsu, tarkoittaa vakiinnuttamista (standardisointi). Työpisteen järjestykselle luodaan ohjeet ja tavoitteet, joita noudattamalla työpisteen siisteydelle ja järjestelmällisyydelle luodaan edellytykset. Kun työ tehdään standardin mukaan, voidaan tuotteen laatua, läpimenoaika sekä työpisteen turvallisuutta parantaa. Ohjeistukset ja tavoitteet tulee olla työpisteellä visuaaliset ja helposti havaittavissa, jotta siisteyden sekä järjestyksen ylläpito on helppoa ja niistä tulee osa työpäivän sisältöä. (Mts, 27)

Viides 5S-järjestelmän sanoista on Shitsuke, joka tarkoittaa ylläpitoa. Ylläpidolla tarkoitetaan 5S-järjestelmän ylläpitämistä käyttöönoton jälkeen. Ylläpito sisältää 5S-järjestelmän osapuolten kommunikoinnin keskenään, 5S tulosten mittaamisen ja tiedottamisen. Ylläpito keskittyy Seiri, Seito sekä Seiso vaiheisiin. Ylläpito on yleensä johdon vastuulla. 5S järjestelmää tulisi pyrkiä kehittämään jatkuvasti eteenpäin ja ylläpidettäviä alueita tulisi auditoida säännöllisesti. (Mts, 27)

Myöhemmin 5S-järjestelmään on lisätty kuudes S, josta käytetään termiä Safety (turvallisuus). Turvallisuus liittyy jokaiseen edellä mainittuun 5S-järjestelmän vaiheeseen ja sen tarkoituksena on vähentää työtaturmia ja ”läheltäpiti” -tilanteita. Turvallisuuden voidaan vaikuttaa edellä mainittujen vaiheiden aikana työntekijöiden aktiivisilla ilmoituksilla ja turvallisuusepäkohtiin puuttumalla.

## 2.4 Virtaus ja läpäisyajat

Virtauksella tarkoitetaan tuotteen arvoa lisäävien tehtävien progressiivista kehittymistä tuotteen suunnitteluvaiheesta tuotteen valmistumiseen tai toimitukseen asiakkaalle ilman turhia pysähtymisiä, vikaantumisia tai palautuksia. Lean-ajattelutavalla pyritään pitämään virtaus mahdollisimman kevyenä ja yksinkertaisena.

Jokaisella valmistettavalla tuotteella on läpäisy aika. Läpäisy aika on yksinkertaisuudessaan aika joka tarvitaan tuotteen valmistamiseen. Läpäisy aika sisältää myös tuotannon vaiheiden välissä olevat odotusajat sekä tuotteen eri osakokonaisuuksien logistiikan viemän ajan. Lean toimintamalleilla pyritään parantamaan tuottavuutta ja pienentämään tuotteen läpäisy aikaa poistamalla ylimääräistä hukkaa. (Black 2008, 176)

## 2.5 Kanban (visuaalisuus)

Kanban (suomeksi taulu) on visuaalinen Lean-ajattelutapa joka pyrkii ohjaamaan tuotantoa visuaalisesti. Kanban kuuluu osaksi JIT-toimintamallia ja sen tarkoitus on hallita ja tasapainottaa tuotantoa ja tuotannon materiaalin liikettä ilmaisemalla mahdollisia ongelmakohtia tuotteen valmistuksessa. Kanban voi tuotantolaitoksessa olla informatiivinen taulu, jossa näkyy esimerkiksi tuotannon, logistiikan tai laadun tämänhetkinen tilanne. (Mts, 178)

## 2.6 Kaizen (jatkuva parannus)

Kaizen tulee japanin kielisistä sanoista Kai – muutos ja Zen – hyvä. Kaizen on Lean-ajattelutapaan perustuvaa loppumatonta jatkuvaa parantamista. Kerralla tehdyt parannukset esimerkiksi tuotannossa eivät välttämättä ole suuria, mutta nostavat yrityksen standardeja korkeammalle ja maksimoivat tuotantoa. Jatkuvasti tehdyt pienetkin parannukset vievät jatkuvasti yrityksen standardeja, laatua sekä tuotantoa eteenpäin parantaen yrityksen kilpailukykyä. Kaizen on keskeinen osa standardoitua työtä, sillä jos työtä halutaan parantaa, täytyy työnsisällön olla yhtenäistä ja vertailukelpoista. (Mts, 178)

## 2.7 Muda (hukka)

Lean johtamisessa tuottavuutta parannetaan poistamalla tuotannosta erilaista hukkaa työtahdin kasvattamisen sijaan. Tästä hukasta käytetään nimitystä muda, joka on japania, ja tarkoittaa tarpeetonta. Hukalla tarkoitetaan tuotannon aikana esiintyvää turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä. Hukkaa poistamalla saadaan tuotannon työn tuottavuutta ja laatua parannettua. (Kouri 2010, 10)

Hukkaa on olemassa seitsemää erilaista. Ensimmäinen hukka on ylituotanto. Ylituotanto tarkoittaa tuotteiden valmistamista tarpeellista määrää enemmän. Tuotannon suuret eräkoot, keskeneräinen tuotanto (KET) sekä varastoon valmistaminen edesauttavat muiden hukkien syntymistä. (Mts, 10)

Toinen hukka on odottelu ja viivästykset. Kun tuote viivästyy tai tuotanto odottaa, ne eivät tuo arvoa asiakkaalle. Esimerkkejä odottelusta ja viivästyksistä ovat esimerkiksi materiaalipuutteet ja tuotannon laitehäiriöt. (Mts, 10)

Hukan kolmas muoto on tarpeeton kuljettaminen. Tämäkään toiminto tuotannon aikana ei tuo lisäarvoa asiakkaalle. Materiaalia tulisi siirrellä tuotantovaiheiden välillä mahdollisimman vähän. (Mts, 10)

Neljäs hukan muoto on laatuvirhe. Laatuvirheet aiheuttavat materiaalihukkaa, resurssihukkaa ja vaikuttavat asiakastytyvyyteen. (Mts, 10)

Viides hukka on tarpeettomat varastot. Tarpeettoman varastot lisäävät KET kustannuksia, vievät varasto-/lattiailaa ja pidentävät tuotteen läpimenoaikaa. (Mts, 11)

Kuudes hukka on liikakäsittely. Liikakäsittely ei tuo arvoa tuotannolle eikä asiakkaalle. Liikakäsittely tuo ylimääräisiä kustannuksia, joita asiakas ei välttämättä ole valmis kustantamaan. (Mts, 11)

Hukan seitsemäs muoto on tarpeeton liike työskentelyssä. Kaikki ylimääräinen asiakkaalle arvoa tuottamaton liike tuotetta valmistettaessa on hukkaa. (Mts, 11)

Hukkaa voidaan poistaa tuotannosta erilaisilla työkaluilla, mutta ennen kuin hukkaa voidaan poistaa, täytyy se tunnistaa. Työssä tarkastellaan tarkemmin tarpeetonta kuljettamista, tarpeettomia varastoja ja tarpeetonta liikettä työskentelyssä.



## 2.8 Pokayoke (virhevarmuus)

Pokayokella tarkoitetaan suunniteltua työtappaa tai laitetta, jolla voidaan ehkäistä virheitä esimerkiksi tuotannossa. Pokayokea hyödyntävä työtapa voi olla esimerkiksi työjärjestyksen luominen siten, että työtä ei voi aloittaa ennen kuin kriittinen edeltävä työvaihe on tehty. Laite, joka hyödyntää pokayokea voi olla esimerkiksi kokoonpanossa yhdistettävät komponentit, jotka ovat suunniteltu kokoonpantavaksi vain oikealla tavalla. Pokayokella voidaan parantaa tuotannon laatua, tehokkuutta sekä helpottaa työn standardisointia. (Black 2008, 180)

## 2.9 Andon (ilmoitus)

Andon on visuaalinen tai/ja auditiivinen työkalu, jolla työn valvojat voivat reagoida tuotannossa ilmaantuviin ongelmiin. Andonin avulla voidaan minimoida ja poistaa hukkia, jotka koostuvat tuotannon pysäyttävistä ongelmista. Andonia voidaan käyttää esimerkiksi automatisoiduissa koneissa tai työpisteillä manuaalisesti käyttäjän toimesta. (Mts, 175)

## 2.10 Jidoka (älykäs automaatio)

Jidoka kuvastaa konetta, jolla on kyky havaita poikkeavuuksia tuotteessa tai tuotannon vaiheessa ja pystyy keskeyttämään ja indikoimaan virheellisen tuotannon. Koneen kykyä havaita ja tutkia ympäristöä voidaan hyödyntää esimerkiksi kertomalla koneelle haluttu tuotantoerän koko, jonka jälkeen kone lopettaa tuotannon. Jidoka hyödyntää tuotantoa pienentämällä hukkaa. Pienennetty hukka koostuu mm. laadun parantamisesta, jälkikäsitteilyn vähentämisestä ja odotusaikojen pienentämisestä. (Mts, 178)

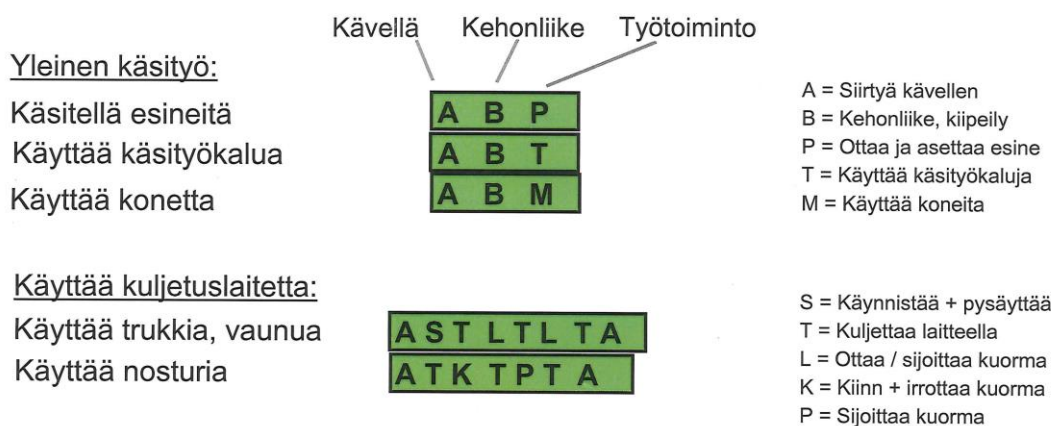
## 2.11 Maxi-MOST-analyysi

Ruotsissa Volvon tehtaalla Maynardin konsultit kehittivät 1970-luvulla MOST-tekniikan. Suomessa MOST-tekniikkaa on käytetty eri tehtaissa vuodesta 1974 lähtien. MOST tulee sanoista Maynard Operation Sequence Technique. MOST-tekniikan

käyttäjiä on maailmalla yli 30 000. Käyttäjät ovat tuotantolaitoksia elektroniikan mas-  
satuotannosta aina lentokoneiden yksittäistuotantoon. (Devcons 2015)

MOST-tekniikka on jakautunut käyttötarkoituksen mukaan eri aikayksiköittäin jaet-  
tuihin neljään eri osa-alueeseen. Osa-alueet ovat Mini-MOST, Basic-MOST, Maxi-  
MOST ja Mega-MOST. Työssä käsitellään Maxi-MOST aikayksikköä ja sen käyttöä.  
Maxi-MOST käyttää aikayksikkönä millituntia (mh) ja pienin käytettävä aika-arvio on  
1,0 mh (3,6 s). (Mts)

Maxi-MOST työn määritysmenetelmässä kohdistetaan huomio itse työn kehittämi-  
seen ja ongelmakohtien huomioimiseen. Maxi-MOST työn määritysmenetelmää voi-  
daan käyttää, kun tarkasteltua työtä esiintyy harvemmin kuin 150 kertaa viikossa.  
Maxi-MOST työn määrityksessä työnsisällöstä luodaan esimerkin (kuvio 2) mukainen  
liikesarja, joka toimii myös menetelmäkuvausena. (Devcons 2015)



Kuvio 2. Esimerkki liikesarjan luomisesta (Devcons 2015).

Jotta liikesarjoja voidaan analysoida ja työpisteellä käytettyä aikaa mitata, tulee työ-  
vaiheille antaa liikesarjojen kestoja kuvaavia numeraalisia aika-arvoja. Arvot täyden-  
netään liikesarjoille Maxi-MOST -arvokorteista (kuvio 3.). Alla olevan kuvion 4 liike-  
sarjakortti on A B P. Liikesarjakorttiin Maxi-MOST aika-arvot lisättynä, saadaan analy-  
soitava liikesarja A3 B1 P1. (Mts)

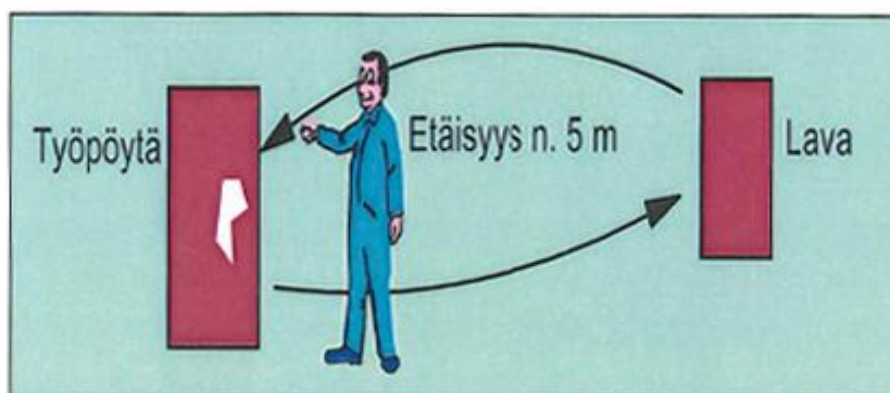
A3 = Kuljettu matka yhteensä (9 - 23 askelta / 5,5 - 14 metriä).

B1 = Kehon liike (kumartuminen).

P1 = Kappaleen käsittely (kappaleen nostaminen lavalta ja siirto).

Maxi-MOST -arvokortti		A -SIIRTYMINEN	
ARVO	vaiheittain siirtyminen askelta (metriä)	vapaa siirtyminen metriä	ARVO
0	2 (1.2)	2	0
1	9 (5.4)	7	1
3	23 (14)	18	3
6	42 (25)	36	6
10	70 (42)	60	10
16	110 (66)	90	16
24	150 (90)	130	24
32	200 (120)	170	32
42	260 (150)	220	42
54	330 (200)	280	54
67	410 (250)	340	67
81	490 (290)	410	81
96	580 (350)	490	96

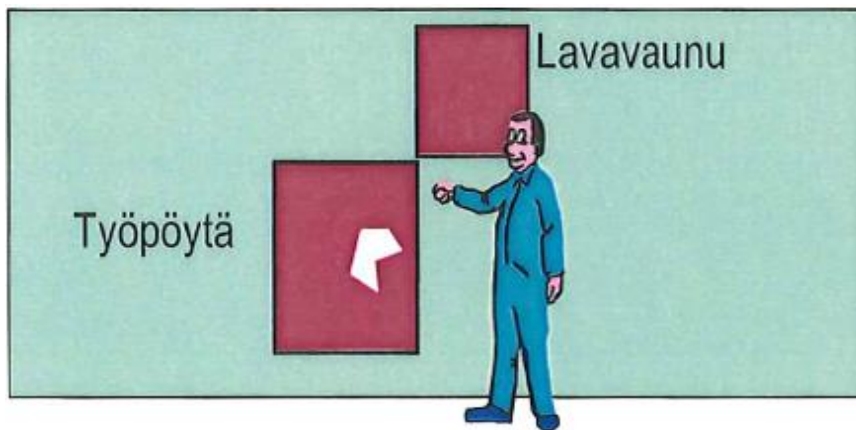
Kuvio 3. Esimerkki Maxi-MOST arvokortista (Devcons 2015).



Kuvio 4. Maxi-MOST menetelmä esimerkki (Devcons 2015).

Kuvion 4. menetelmän analysoinnin tuloksena on  $A3 B1 P1 = 5 \text{ mh}$ , joka tarkoittaa 18 sekuntia.

Maxi-MOST työn määritysmenetelmällä voidaan tehdä työn menetelmien analyyskejä olemassa oleville sekä suunnitteluvaiheessa oleville työpisteille. Tämä on tärkeä tietää, kun työpisteitä pyritään jatkuvasti parantamaan ja tehostamaan (Kaizen). Alla kuviossa 5. on esimerkki edellä olevan kuvion 4. työvaiheen parannellusta menetelmästä. (Devcons 2015)



Kuvio 5. Maxi-MOST parannettu menetelmä esimerkki (Devcons 2015).

Esimerkin parannetussa menetelmässä on suunniteltu työpisteelle parannuksia ja menetelmää on analysoitu. Analysoinnin tuloksena on saatu  $A0 B0 P1 = 1 \text{ mh}$ , joka on noin neljä sekuntia. (Mts)

Esimerkkitapauksessa työpisteellä käsiteltävän kappaleen läpimenoaika on saatu supistettua parannusten ansiosta 18 sekuntista neljään sekuntiin ja uuden työpisteen ergonomia on työntekijälle parempi. (Mts)

### 3 Suunnitteluprosessin kuvaus

Tuotteen suunnittelussa käytetty prosessi on monimuotoinen sekä pitkälle kehitelty. Suunnitteluprosessi voi olla yksilöllinen ja jokaisen prosessin kulku voi olla erilainen. Suunnitteluprosessit sisältävät usein ennalta määrättyjä toistuvia ominaisuuksia.

Suunnitteluprosessi saa yleensä alkunsa tarpeesta. Tarpeet voivat määrittää suunnitteluprosessin rakenteen ja kulun. Suunnitteluprosesseja on useita erilaisia ja suunnittelija käyttää suunnittelun työstämiseen parhaaksi katsomaansa prosessia.

Suunnitteluprosessi työssä vastaa sekä tuotekehitysprosessia että uuden tuotteen suunnitteluprosessia, sillä suunniteltava tuote korvaisei olemassa olevan toimivan tuotteen. Työssä on käytetty G. Pahlin ja W. Beitzin kehittämää suunnitteluprosessia konseptisuunnitteluasteeseen saakka.

Työssä käytetään vuonna 1984 Pahlin ja Beitzin kehittämää suunnitteluprosessia (kuvio 6.). Suunnitteluprosessin neljä päävaihetta ovat esitutkimus, luonnostelu, suunnittelu ja viimeistely. Kuvioista nähdään kuinka prosessi etenee järjestelmällisesti eteenpäin, mutta mahdollistaa tarvittaessa palaamisen prosessissa taaksepäin. Prosessin vaiheiden välillä voidaan pitää tilaajan ja suunnittelijan välillä suunnittelukatselmuksia, joissa katsotaan suunnitteluprojektin tilanne ja jatko. Suunnitteluprosessissa voi olla osallisena useampi osapuoli. Yleensä osapuolia on kaksi, työn tilaaja ja suunnittelija. (Pahl & Beitz 2007, 129 - 130)

Suunnitteluprosessi alkaa yleensä asiakkaan tai yrityksen sisäisen toimijan tarpeesta tai ongelmasta, johon etsitään ratkaisua. Riippumatta ongelman laadusta on tarpeellista selventää suunnitteluprojektin yksityiskohdat osapuolille ennen varsinaisen suunnitteluprojektin aloittamista. Tämän jälkeen käynnistyy esitutkimus, jossa tehdään työn tarkempi selvitys, luodaan ja täsmennetään vaatimuslista, analysoidaan markkinat/yrityksen nykytila, sovitaan aikataulu ja luodaan sekä valmistellaan tarkemmat tuote-ehdotukset. (Mts, 131)

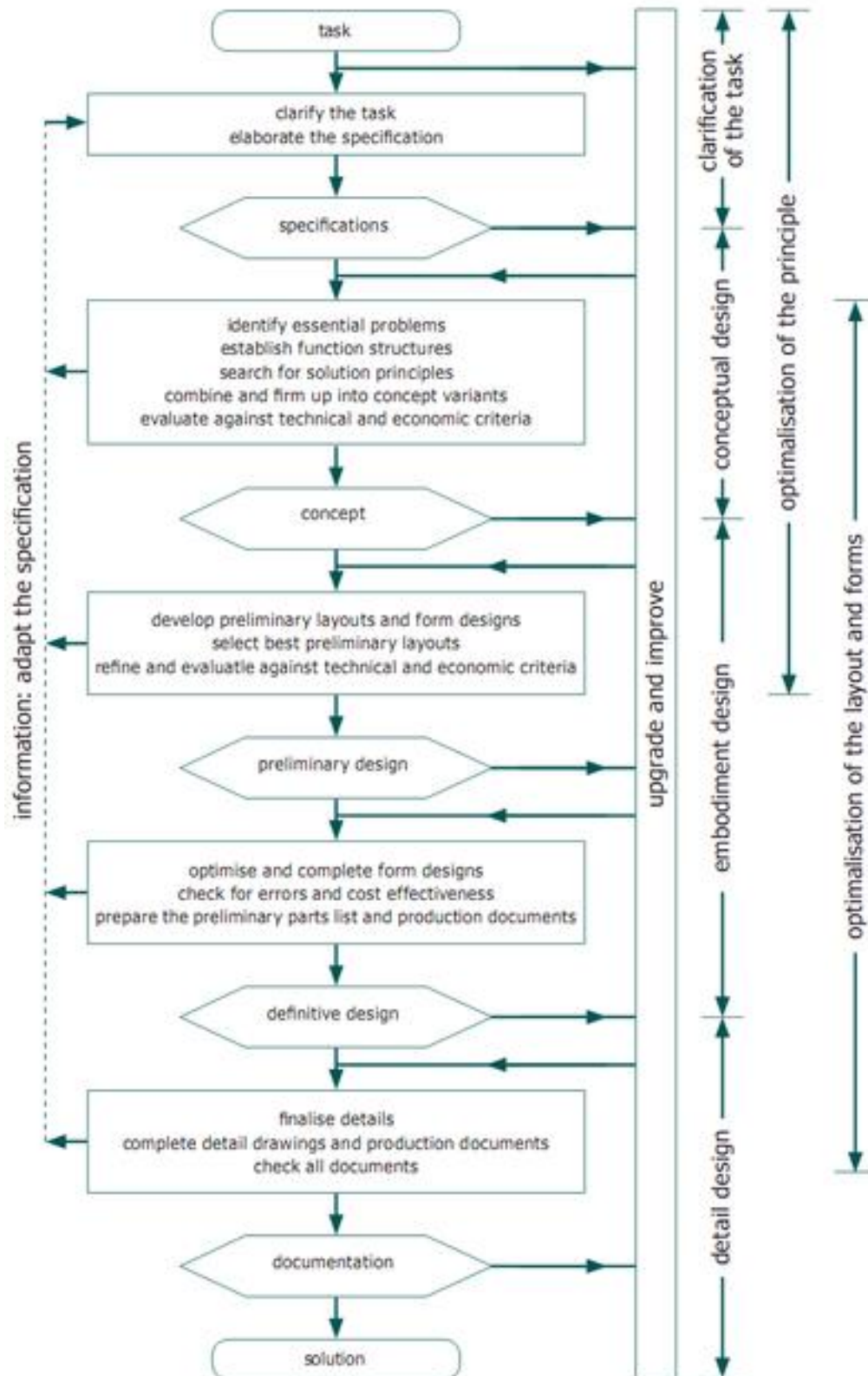
Valmiin ja suunnittelukatselmuksessa hyväksytyyn esitutkimuksen perusteella voidaan aloittaa konseptisuunnittelu, joka määrittää suunnittelutyön rungon ja suunnan. Konseptisuunnittelu saadaan luotua yhdistämällä suunnittelukohteen suurimmat ongelmat, vakiinnuttamalla kohteen päärakenteet, etsimällä oikeita työskentelytapoja sekä yhdistämällä kaikki edellä mainitut toimivaksi kokonaisuudeksi. Ilman konkreettista suunnitelmaa toimivaa konseptisuunnittelua on vaikea arvioida. Konkreettinen suunnittelu sisältää yleensä valittuja materiaaleja, karkean mitoitettua suunnittelun ja harkitut tekniset mahdollisuudet. Tässä vaiheessa suunnitelmia ja ratkaisuja voi olla vielä useampia. Konseptisuunnittelu toteutetaan nykyään enenevässä määrin CAD

ohjelmilla, joilla voidaan helposti jatkaa tai muuttaa konseptisuunnitelmaa. (Pahl & Beitz 2007, 131)

Siirryttäessä suunnitteluvaiheeseen, tulee konseptisuunnitelmien määrää eliminoida ja jatkaa toisessa suunnittelukatselmuksessa valitun konseptin kanssa. Suunnitteluvaiheessa projektille määritellään tekninen kokonaisrakenne sisältäen teknisen ja taloudellisen tarkastelun sekä tarkennetun suunnittelun. On usein tarpeellista luoda useampi, eri toteutuksilla toteutettu, tarkempi suunnitelma, jotta voidaan tarkastella ja vertailla toteutuksien hyviä ja huonoja puolia. Tarkastelun jälkeen tietoa lopullisesta tuotteesta ja sen rakenteesta on enemmän. Suunnitteluvaiheessa on hyvä viimeistään varmistaa mm. tuotteen toimivuus, lujuus ja toimivuus kohteessa. Suunnitteluprosessin tässä vaiheessa on edullista poistaa tuotteen mahdollisia heikkoja kohtia ja valmistella alustavaa osaluetteloa sekä kokoonpanon dokumentteja. Suunnitteluvaihe loppuu koko suunnitteluprojektin tarkkaan ja yksityiskohtaiseen taloudelliseen arviointiin. Tarkka taloudellinen arviointi antaa hyvän kuvan projektin kokonaiskustannuksista. (Mts, 132)

Taloudellinen arviointi hyväksytään suunnittelukatselmuksessa ja siirrytään viimeistelyvaiheeseen. Viimeistelyvaiheessa voidaan vielä tarvittaessa palata suunnitteluprosessin aikaisempiin vaiheisiin. Palaaminen kasvattaa huomattavasti suunnittelukustannuksia, mutta voi olla järkevää löydettyjen epäkohtien korjaamista silmälläpitäen. Viimeistelyvaiheessa mm. viimeistellään tuotteen suunnittelu, mitoitetaan lopullinen tuote, määritellään pintamateriaalit, määritellään tuotannon mahdollisuudet, tarkennetaan kustannukset, valmistellaan lopulliset piirustukset sekä mallit ja luodaan tuotteesta dokumentointi. Viimeistelyvaiheen tuloksena on tarkka tuotteen dokumentointi, joka sisältää tarvittavat yksityiskohtaiset tiedot tuotteesta ja sen turvallisesta käytöstä. On tärkeää, että tässä vaiheessa suunnittelija keskittyy tuotteen viimeistelyyn jatkuvan kehittämisen sijaan, sillä prosessin viimeistelyvaiheen aikataulu saattaisi venyä ja suunnittelukustannukset kasvaa. Jos tässä vaiheessa prosessia havai-

taan merkittäviä suunnitteluvirheitä tai voidaan vähentää kokoonpanon tai komponenttien tuotantokustannuksia, on perusteltua tehdä isojakin muutoksia suunnitelmiin. (Pahl & Beitz 2007, 132)



Kuvio 6. Suunnitteluprosessin askeleet (Pahl & Beitz 2007, 130, muokattu).

## 4 Puristin

Opinnäytetyössä yhtenä osana on sarjatuotantoon sopivan puristimen Lean-keskeinen suunnittelu ja puristimen komponenttivalintojen tekeminen. Tässä osuudessa keskitytään puristimen rakenteisiin ja komponentteihin. Opinnäytetyössä puristimen suunnittelu viedään Pahl & Beitzin suunnitteluprosessissa konseptitasolle asti.

### 4.1 Puristimen suunnitteluun ja valmistukseen liittyvät vaatimukset

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400 (luku 1, § 4) määrittelee puristimen koneeksi seuraavasti:

”Koneella tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten”.

Koneiden turvallisuutta ja valvontaa koskevat direktiivit päivittyivät laajalti, kun Suomi liittyi 1994 Euroopan talousalueeseen. Liittymisen jälkeen Suomessa oli otettava käyttöön Euroopan talousalueen (EC eli suomeksi EY) säätämiä direktiivejä. Nykyisin direktiivit ovat Euroopan Unionin (EU) direktiivejä. Kun Euroopan Unioni vahvistaa direktiivin, ei se ole vielä voimassa, sillä jokaisen Euroopan talousalueen maan on hyväksyttävä ja sisällytettävä direktiivi oman maansa lainsäädäntöön. Suomessa direktiivit asetetaan voimaan yleensä valtioneuvoston asetuksena. (Siirilä & Tytykoski 2016, 29)

Koneen suunnittelua ja valmistusta ohjaavat säädökset konelaki (1016/2004) ja kone-direktiivi (2006/42/EY). Säädöksissä ilmenee, että jokaisella koneilla täytyy olla yksi vastuunottava valmistaja. Vastuunottavan valmistajan tärkein tehtävä on vastata monimutkaisienkin koneyhdistelmien säädösten mukaisuudesta. Näin voidaan taata koneen riittävä turvallisuus konetta käytettäessä. (Mts, 108)



## 4.2 Puristimen rakenne

Työn puristimella tarkoitetaan laitetta, jonka avulla vetopyörästön akseliputkeen saadaan asennettua laakerikehiä, akselitiivisteitä ja hammaskehiä. Yleensä puristimien työtä suorittava liikerata on lineaarinen. Ulkoisella voimanlähteellä saadaan aikaan lineaarinen liike, jota voidaan hyödyntää erilaisiin työtehtäviin, kuten esimerkiksi kokoonpanoissa laakerien asennukseen. Puristin koostuu karkeasti liikeradan suorittavaan ja työn tekevään toimielimeen, toimielintä kannattelevaan ja voimia vastaanotettavaan runkoon sekä puristustyössä käytettävän voiman voimanlähteeseen tai niiden yhdistelmiin. Opinnäytetyössä puristimen rakennetta ja komponenttivalintoja tarkastellaan lopullista käyttökohdetta ajatellen.

### 4.2.1 Käyttövoima

Käyttövoima on konetta tai laitetta liikkeessä pitävä energian lähde. Puristimelle tuleva käyttövoima voidaan tehdä joko etänä tai puristavan lineaarisen liikeradan läheisyydessä. Käyttövoiman valinta riippuu mm. puristusvoimasta, liikeradan pituudesta, liikenopeudesta, käyttöympäristöstä, turvallisuudesta ja liikkeen hallinnasta.

Etänä puristavalle elimelle tuleva käyttövoima on yleensä pneumaattinen tai hydraulinen. Pneumaattinen ja hydraulinen käyttövoima luodaan paineistamalla järjestelmään väliaine erillisellä voimanlähteellä, esimerkiksi moottorilla. Pneumatiikassa käyttövoima muodostetaan pyörittämällä kompressoria erillisellä moottorilla. Kompressori toimittaa putkia tai letkuja pitkin paineistettua väliainetta (kaasua) ja sen virtausta toimilaitteelle (esimerkiksi sylinterille). Hyvänä puolena pneumatiikassa ovat mm. korkea luotettavuus, nopeus, yksinkertaisuus, turvallisuus, ympäristöystävällisyys ja edullisuus. Rajoituksina pneumatiikassa ovat mm. epätarkkuus, suhteellisen pienet käyttövoimat, ilman prosessointi ennen käyttöä, huono hyötysuhde, meluisuus, ilman kokoonpuristuvuus, puristuksen tunnottomuus ja epätasaiset liikkeet. Pääsääntöisesti pneumatiikkaa käytetään laitteissa, jotka eivät tarvitse suurta käyttövoimaa, ilman saanti läheltä on mahdollista ja käyttövaatimuksena on siisti ympäristö. Käyttöesimerkkinä voidaan mainita elektroniikkateollisuus. (Ellman, Hautanen, Järvinen ja Simpura 2002, 41)

Käyttövoiman ollessa hydraulinen, teho saadaan siirtämällä nestettä (yleensä öljy) moottorin pyörittämältä pumpulta putkia tai letkuja pitkin toimilaitteelle nesteen virtausta ja painetta hyväksi käyttäen. Hydrauliikassa paineen ja virtauksen järjestelmään luo erillisellä voimanlähteellä pyöritettävä pumppu. Hydrauliikan hyviä puolia ovat mm. korkea luotettavuus, yksinkertaisuus, korkea voimantuottokyky, edullisuus ja hyvä hyötysuhde. Haittoina hydraulisessa käytössä voidaan pitää mm. käytettävän nesteen sotkuisuus, käytettävän nesteen puhdistaminen, puristuksen tunnottomuus, pienet liikenopeudet ja ympäristöhaitat. Hydrauliikkaa käytetään laitteissa, joilta vaaditaan suhteellisen paljon käyttövoimaa, luotettavuutta, järjestelmän muunneltavuutta ja hyvää hyötysuhdetta. Käyttöesimerkkeinä voidaan mainita maansiirtokoneet ja hydrauliikkapuristimet. (Kauranne, Kajaste ja Vilenius 2013, 137)

Suoraan puristavalle liikeradalle tulevat käyttövoimat voidaan tehdä suoraan sähkömoottorilla tai mekaanisesti erilaisia voimansiirtoja hyväksikäyttäen. Sähkömoottoreista eniten puristimissa käytetty on servomoottori sen hallittavuuden ja takaisinkytkennän takia. Takaisinkytkentä mahdollistaa paluusignaalin saamisen servomoottorilta, jolloin palautesignaalia voidaan käyttää servomoottorin ohjaamiseen ja säätämiseen. Säätöä voidaan tehdä myös kesken puristuskäytön. Servomoottoreita käytetään erityisesti niiden helpon ohjauksen takia. Suoraan sähköllä toimivien puristimien etuina ovat mahdollisuudet nopeisiin liikkeisiin, parempi mahdollisuus turvallistamiseen, hyvä liikeratojen hallinta, säätömahdollisuudet, muunneltavuus ja ohjelmoitavuus. Huonoina puolina suoralla sähkökäytöllä on järjestelmän ja komponenttien kalleus sekä monimutkaisuus. Monimutkainen järjestelmä vaatii ohjelmointi- ja automaatiotaitoja. (Simotics-servomoottorit. N.d.)

Mekaaninen puristin on monesti kokoonpanokäytössä manuaalinen. Mekaaninen puristin hyödyntää tuotantolaitoksissa yleensä voimanlähteenä lihasvoimaa, joka rajoittaa puristimen käyttöä. Mekaanisia lihastoimisia puristimien rajoitteina ovat mm. käytettävät voimat, ergonomisuus ja työturvallisuus. Mekaanisia lihaskäyttöisiä puristimia käytetään yleisesti tuotannossa, joissa käytettävän puristimen liikeradat ja voimat ovat pieniä. (How to select the right servo press. N.d.)

#### 4.2.2 Runko

Runko on puristimien näkyvin osakokonaisuus. Rungon koko, muoto ja käytettävät materiaalit perustuvat itse puristustyön tarpeista. Rungon valintaan vaikuttavat erityisesti käytettävät voimat, puristettavien komponenttien mitat, liikeratojen pituudet, puristussuunnat ja puristustyön tarvittava tarkkuus. Yleisimpiä malleja puristimien rungoille ovat C, O ja H. C-mallinen runko (kuvio 7.) on kolmelta sivulta täysin avoin runkorakenne.

C-mallin runko mahdollistaa avoimen ympäristön puristustyössä, mikä on hyväksi monimutkaisia kappaleita puristettaessa sekä puristettavia kappaleita liikuteltaessa. C-mallisen rungon jäykkyyden kasvattaminen rungon dimensioita lisäämällä ei välttämättä ole kannattavaa vaan kannattaa harkita siirtymistä jäykempään O-malliseen runkoon.

O-mallinen puristimen runko (kuvio 8.) on vain yhdeltä tai kahdelta sivulta avoin. Runkoa käytetään, kun puristustyössä tarvitaan erityisen paljon voimaa ja rungon täytyy olla jäykkä. Rungon huonona puolena on, että puristettava kappale on vaikeampi saada puristimen alle ja puristettavan kappaleen maksimikoko ja vaihtelevaisuus on rajattu.

H-mallinen puristin (kuvio 9.) (ns. korjaamopuristin) on samanmallinen kuin O-mallinen puristin, mutta sen rakenne on kevyempi ja rungon vasteen korkeus on yleensä säädettävissä. Runkoa käytetään normaalisti pienemmillä käyttövoimilla ja suuremmilla toleranssialueilla.



Kuvio 7. Esimerkki C-mallisesta puristimen rungosta (lakeudenhydro. N.d.)



Kuvio 8. Esimerkki O-mallisesta puristimesta (lakeudenhydro. N.d.)

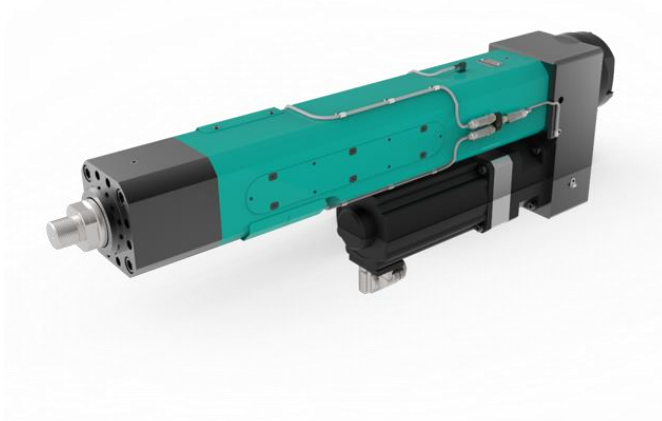


Kuvio 9. Esimerkki H-mallisesta puristimesta (lakeudenhydro. N.d.)

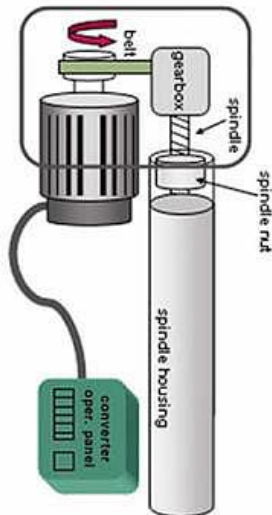
### 4.2.3 Puristava toimilaite ja käyttö

Puristava toimilaite on se puristimen osa, joka tekee lineaarisella liikkeellä varsinaisen puristavan työn. Puristimen toimilaitteen toimintaperiaate riippuu täysin siihen liitetystä käyttövoimasta. Puristimessa puristava toimilaite on joko puristussauva ja sen voimansiirto tai liikkuvalla varrella oleva sylinteri. Lineaariliikkeen tekevä toimilaite tulisi olla sijoitettuna mahdollisimman keskelle runkorakennetta, jotta toimilaitteelta tulevat voimat puristimen runkorakenteelle olisivat symmetriset.

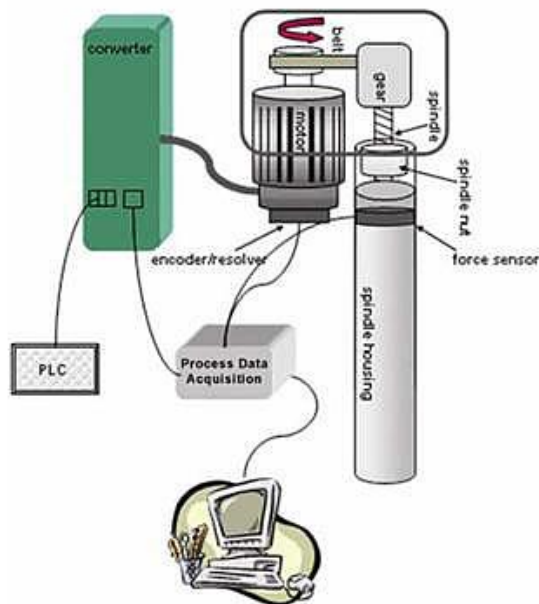
Käyttövoiman ollessa sähkö, toimilaitteet ovat yleensä elektromekaanisia servomoottorilla ja voimansiirrolla varustettuja aktuaattoreita (kuvio 10.). Servomoottorin käyttö lineaaripuristimissa on yleistä, koska käytön etuina ovat liikenopeuksien ja toiminnan helppo säätäminen ja parametrisointi, kyky säilyttää sijaintinsa tulosignaalin katkeamisessa, hyvä hyötysuhde ja pieni virran kulutus, monitorointimahdollisuus sekä dokumentointimahdollisuus. Huonoina puolina servomoottorikäyttöisissä puristimissa ovat korkea hankintakustannus. Servokäyttöiset puristimet voidaan jakaa kolmeen ryhmään, pelkistetty servokäyttöinen aktuaattori (kuvio 11.), korkean tason servokäyttöinen aktuaattori ja servokäyttöinen puristinjärjestelmä (kuvio 12.). (How to select the right servo press. N.d.)



Kuvio 10. Puristin servomoottorilla (TOX®-ElectricDrive EPMK n.d.)



Kuvio 11. Servokäyttöisen aktuaattorin rakenne (How to select the right servo press. N.d.)



Kuvio 12. Servokäyttöisen puristinjärjestelmän rakenne (How to select the right servo press. N.d.)

Pelkistetty servokäyttöinen aktuaattori sisältää vain varsinaisen aktuaattorin sekä käyttöpaneelin. Pelkistettyä servokäyttöistä aktuaattoria voidaan käyttää yksinkertaisissa puristusoperaatioissa tarjoten käyttäjälle mahdollisuuden puristustyössä käytettyjen voimien, puristinpään sijainnin ja liikenopeuksien mittaamiseen erillisellä mittarilla. Pelkistetty servokäyttö ei tarjoa automaattisesti säätyvää voimantuottoa ja liikenopeuksien hallintaa. (How to select the right servo press. N.d.)

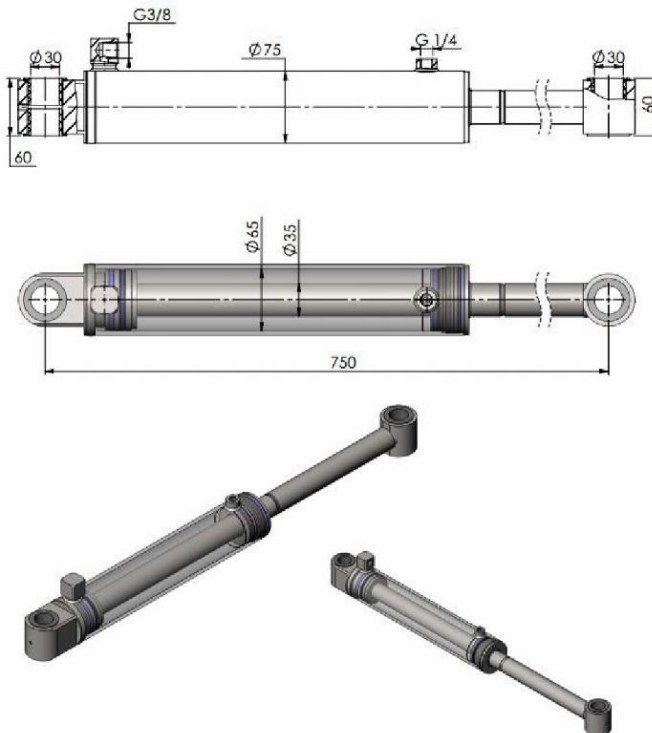
Korkean tason servokäyttöinen aktuaattori on samalainen kuin pelkistetty servokäyttöinen aktuaattori, mutta se on suunniteltu suuremmille voimille ja sitä on helpompi päivittää servokäyttöiseksi puristinjärjestelmäksi. (How to select the right servo press. N.d.)

Servokäyttöinen puristinjärjestelmä pystyy säätämään voimantuottoa sekä lähestymis- ja liikenopeuksia automaattisesti ennalta määriteltyjen parametrien perusteella. Automaattinen liikkeen ja voiman säätö toimii myös takuuna puristustyön laadusta. Mikäli järjestelmä huomaa puristustyössä virheen, voidaan se ohjelmoida ilmoittamaan siitä käyttäjälle (andon). Puristustyöstä saatavasta datasta voidaan automaattisesti luoda seurantaa, joka kertoo puristustyön ja komponenttien laadun kehittymisestä. (Mts)

Käyttövoiman ollessa pneumaattinen tai hydraulinen, lineaariliikkeen tekee tuolloin paineilmasylinteri (kuvio 13.) tai hydraulisyylinteri (kuvio 14.). Paineilmasylinterin toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin hydraulisyylinterillä. Molemmissa sylinterityypeissä paineistettu väliaine johdetaan sylinterin kammioon ja paineen kasvaessa väliaine työntää sylinterin mäntää ja vartta eteenpäin. Sylintereiden rakenteet ovat toimintavarmoja yksinkertaisuuden takia. Sylinterivalmistajat voivat räätälöidä sylinterit asiakkaan toiveiden mukaan. Paineilmasylintereiden voimantuotto ja hyötysuhde ovat huomattavasti pienemmät kuin hydraulisyylintereiden, koska pneumatikassa käytetty kaasu puristuu kasaan. Pneumaattisten sylinterien hyviä puolia ovat mm. rakenteen yksinkertaisuus, alhaiset kustannukset ja liikenopeudet. Hydraulisyylintereillä voidaan tehdä lineaariliikkeelle paljon voimaa, mutta voimantuotto ei ole energiantehokasta. Hydraulisyylinterin käytössä energiaa hukkuu mm. käyttövoiman tuottoon (esim. sähkömoottori ja pumppu) sekä lämmöntuontiin putkistoissa, venttiileissä ja toimilaitteissa. Hydraulisyylinterin huonoina puolina voidaan pitää väliaineen sotkuisuutta, korkeita käyttöpaineita, liikkeiden hitautta ja liikkeiden säätöjen tarkkuutta. Pneumaattinen ja hydraulinen sylinteri voidaan varustaa voimaa mittaavilla sekä lineaariliikettä ilmaisevilla antureilla. Antureiden avulla voidaan sylinterit liittää automaatiota vaativiin järjestelmiin. (Ellman, Hautanen, Järvinen ja Simppura, 41)



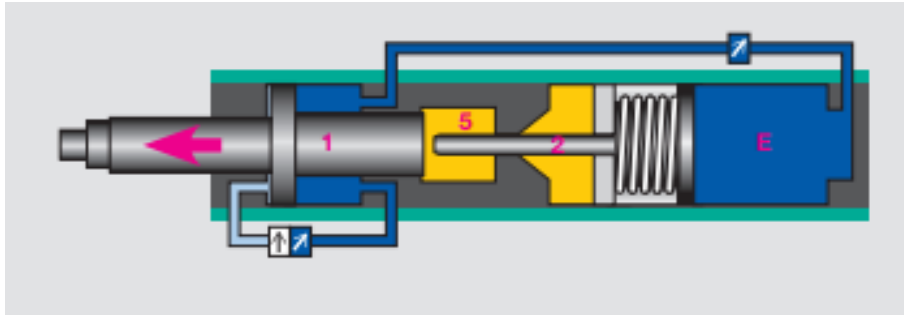
Kuvio 13. Paineilmasyylinteri (Hydraulikauppa. N.d)



Kuvio 14. Hydraulisyylinteri ja sen rakenne (Hydrauliikkakauppa. N.d.)

Sylinterityyppejä yhdistämällä voidaan yhdistää pneumaattisen sylinterin ja hydraulisen sylinterin hyvät puolet. Sylinteri, joka käyttää sekä pneumatiikkaa ja hydraulikkaa kutsutaan pneumohydrauliseksi sylinteriksi (kuvio 15.). Sylinteri käyttää paineilmaa ja hydraulikkaa vuorotellen sekvenssejä hyväksi käyttäen. Sylinterin tarkoitus on käyttää hyväksi paineilmasylinterin nopeaa liikettä sylinterin varren siirtymävaiheisiin ja hydraulisyylinterin voimaa itse puristustyön tekemiseen. Pneumohydraulinen sylinteri käyttää ulkoista pneumaattista käyttövoimaa, sillä sen hydraulinen kierto sylinterissä on suljettu. (Tox-Powerpackage Pneumohydraulic drive. N.d.)





Kuvio 15. Pneumohydraulinen sylinteri ja sen rakenne (Tox-Powerpackage Pneumo-hydraulic drive. N.d.)

Käyttövoima voi tuotannon puristimissa olla myös lihasvoima. Erilaisilla voimansiirtomenetelmillä voidaan käyttäjän lihasvoima siirtää puristusprosessissa tarvittavaksi mekaaniseksi puristusvoimaksi. Manuaalisen lihaskäyttöisen puristimen (kuva 16.) toimintaperiaate on yksinkertainen. Manuaalisia puristimia käytetään yleensä pienempiä voimia tarvitsevilla puristustöissä. Manuaalipuristimien heikot puolet ovat pienet puristusvoimat, käyttäjän huono ergonomia (toistuva liike) sekä pienet liikeraadat. Hyvinä puolina toimilaitteissa on pieni hinta, yksinkertaisuus ja turvallisuus. Myös manuaalisen puristimen voimaa voidaan seurata lisäämällä lineaariliikkeeseen voimaa mittaava anturi.



Kuvio 16. Esimerkki manuaalisesta puristimesta (How to select the right servo press. N.d.)

Toimilaitteen järjestelmä voi olla yksinkertainen kuten kuvion 16. manuaalisessa puristimessa tai monimutkaisempi kuten kuvion 12. servokäyttöisessä puristinjärjestelmässä. Järjestelmän ja siinä olevan käytön tarve täytyy mitoittaa puristusprosessia ja mahdollisia myöhempiä päivityksiä silmällä pitäen. Jos puristusprosessi on yksinkertainen eikä liitos ole kriittinen, ei monimutkaiselle järjestelmälle ole perusteita. Puristusliitoksen ollessa monimutkainen tai puristusprosessin ollessa vaikea ja sen takia tarvitaan laadun seurausta, voidaan puristin varustaa monimutkaisellakin järjestelmällä ja käytöllä. (How to select the right servo press. N.d.)

Puristimen käyttölaite (kuvio 17.) on puristimen ja käyttäjän välinen kommunikointiväline. Käyttäjä voi käytön avulla säätää sekä ohjelmoida konetta ja puristin voi antaa puristusprosessista tietoja käytön avulla. Monimutkainen puristinjärjestelmä vaatii puristimen liikkeistä, servomootorilta takaisinkytkennästä tai voimamittarilta anturitietoa, joita hyödyntämällä voidaan ohjata puristusprosessia halutun kaltaiseksi. Ohjaus voi tapahtua automaattisesti kuten kuvan 12. järjestelmässä tai esim. manuaalisesti säätämällä puristimen puristusvoimaa voimamittarilta tulevan palautteen perusteella. (How to select the right servo press. N.d.)



Kuvio 17. Esimerkki käyttölaitteesta (How to select the right servo press. N.d.)

Puristusprosessin ollessa viallinen voi käyttöjärjestelmän ohjelmoida ilmoittamaan siitä käyttäjälle tai esimiehille (andon). Puristimen voi anturitiedon avulla myös ohjelmoida olemaan käynnistymättä, jos esim. puristettavat kappaleet eivät ole niiden oikeilla paikoilla (pokayoke ja jidoka).

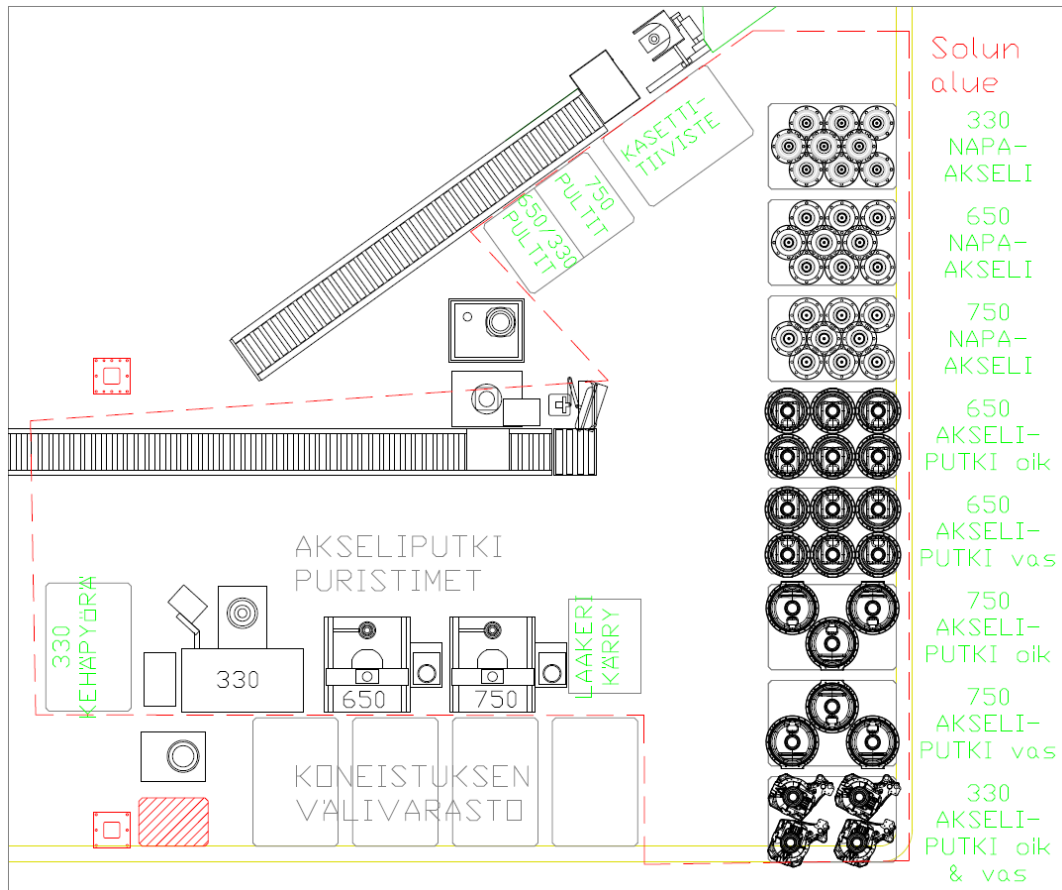
### 4.3 Materiaalin syöttö puristimelle

Työn tarkoituksena on tarkastella uuden puristimen materiaalisyöttömahdollisuuksia lean-ajattelua hyväksikäyttäen ja hyödyntää saatuja tutkimustuloksia uuden puristimen suunnittelussa. Puristusprosessissa käytettävät komponentit voidaan tuoda puristimelle mm. rullaradalla, käsin nostamalla, nostimella ja nostoapuvälineellä sekä automatisoiduissa soluissa esim. robottikädellä. Komponenttien liikutteluun käytetyt tavat riippuvat komponenttien dimensioista, massasta, käytettävästä puristimesta, solun automatisointitasosta, puristimella käytettyjen komponenttien variaatioiden määrästä sekä nosturien ominaisuuksista.

Puristimen materiaalinsyötöllä voidaan vaikuttaa merkittävästi puristimen leanmäisyyteen, poistamalla ylimääräiset tuotannon hukat prosessista, ja turvallisuuteen, poistamalla esim. tarpeettomat nostotyöt. Puristusprosessissa oleva hukka voidaan poistaa tuomalla puristusprosessilla käytettävät komponentit mahdollisimman lähelle puristinta JIT periaatetta noudattaen ja valmistamalla puristimella vain tarvittava määrä tuotteita. Tämä tarkoittaa sisäiseltä logiikalta saumatonta yhteistyötä tuotannon kanssa. Yhteistyön parantamiseen voidaan käyttää esimerkiksi Andonia sekä kanbania. Koska myös tarpeettomat varastot ovat hukkaa, täytyy varoa liiallista materiaalin välivaraston määrää sekä liiallisia bufferointeja.

Liialliseen materiaalin määrään voidaan vaikuttaa materiaalin paikkojen määrityksellä ja materiaalin vaatiman tilan optimoinnilla. Tämä tarkoittaa, että layoutissa ja lattialla on määrätty paikat jokaiselle materiaalille määrineen. Sama koskee myös esim. puristimelta tulevia valmiita komponenttikokonaisuuksia. Työssä tarkasteltavasta layoutista (kts kuvio 18.) voidaan huomata materiaalin osuus layoutin pinta-alasta ja niiden nykyinen sijoittuminen. Materiaalit ovat leanin Seiton mukaisesti merkattuna lattiaan.

Uuden puristimelle mietitään vaihtoehtoisia tapoja tuoda materiaalia, jotta se tukisi solun tehokkuuden kehittymistä. Puristimen suunnittelussa on huomioitava akseliputken suurehko noin 80 kg massa.

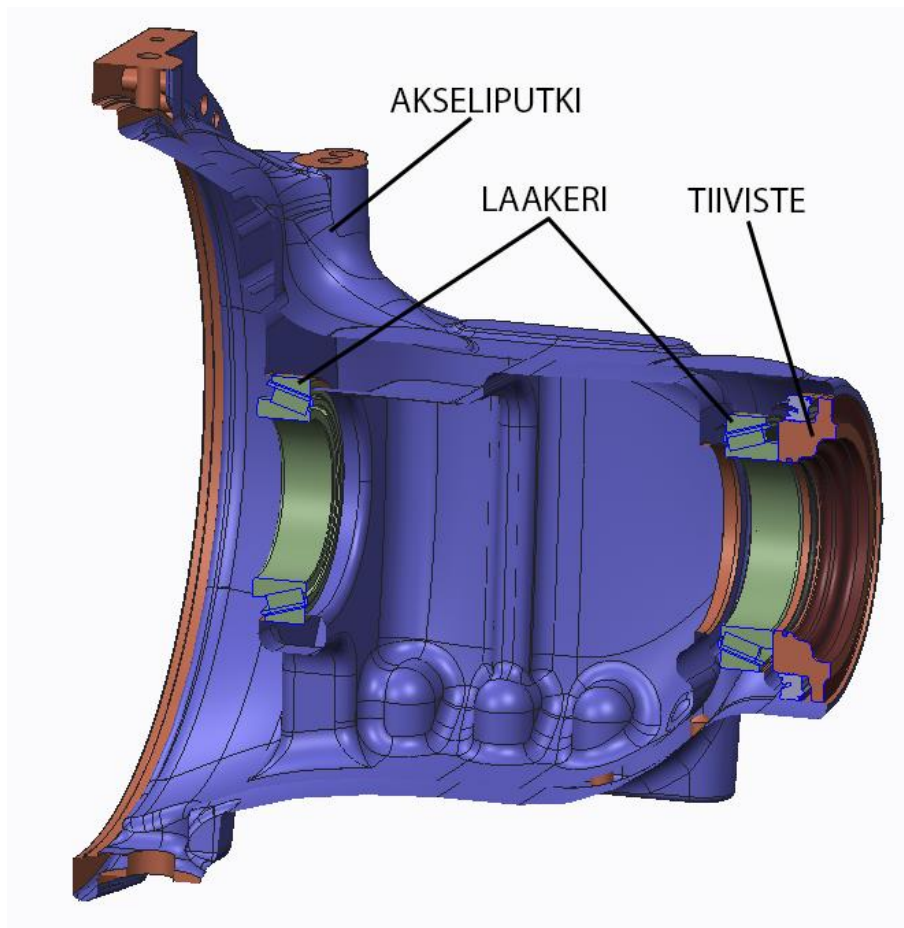


Kuvio 18. Napa-akselin ja akseliputken valmistelusolu

## 5 Työn toteutus

### 5.1 Tarve

Puristimien päivittämisen tarpeen tutkiminen nousi esiin kesän 2017 layoutin muutostöiden yhteydessä, kun vetopyörästä alikokoonpanon layout-suunni muutettiin. Muutostöiden yhteydessä alikokoonpanon solun käytävissä oleva lattiapinta-ala pieneni ja puristimien osuus lattiapinta-alasta korostui, sillä kokoonpanon solussa sijaitisi kaikkiaan neljä erillistä puristinta. Yksi puristimista oli traktorin napa-akselin pulttien puristin, jolle ei katsottu tässä vaiheessa olevan päivittämisen tarvetta. Kolme muuta puristinta olivat traktorin akseliputkipuristimia, joilla puristetaan napa-akselin laakerit ja tiivisteet paikalleen akseliputkeen. Kuviossa 19. näkyy akseliputkikokoonpanon rakenne puristuksen jälkeen. Jokaiselle akseliputkimallille on oma akseliputkipuristin. Akseliputkimalleja olivat 330, 650 ja 750.



Kuvio 19. Leikkaus puristetusta akseliputkikokoonpanosta

Valtralla on käytössä Lean-johtamisfilosofia ja kaizen (jatkuva parantaminen) kuuluu yhtenä osana siihen. Kaizen periaatteen myötä heräsi ajatus jo muutetun tuotannon solun ja puristimien jatkojalostuksesta. Puristimen osalta tutkitaan mahdollisuutta yhdistää kolmen eri mallin akseliputkipuristimet yhdeksi puristimeksi. Puristimella tulisi voida puristaa kolmen akseliputken laakerit ja tiivisteet paikoillensa. Solun layoutin osalta tutkitaan mahdollisuuksia tehostaa solun toimintaa Maxi-MOST-analysimenetelmällä.

## 5.2 Solun ongelmakohtien tutkiminen

Solun layoutin muutosta tutkittiin käyttämällä Maxi-MOST-työn määritysmenetelmää. Alikokoonpanossa valmistettaville kolmelle akseliputken mallille tehtiin erillinen työn määritys (Liitteet 1. - 3.), joita voitiin tutkia ja analysoida. Tutkimuksen tarkoituksena on ilmentää solussa olevia poikkeamia ja korostuneita

ongelmakohtia. Työnmääritys tehtiin työntutkimuksen aikana kuvattujen videomateriaalien pohjalta. Videosta voidaan tehdä tarkka olemassa oleva Maxi-MOST-työnmääritys ja kalibroida poikkeavien työvaiheiden arvoja vastaamaan nykyistä läpimenoaikaa. Kalibroituja arvoja voidaan käyttää uuden layoutin analysoinnissa, koska työvaiheet ovat samoja.

Menetelmäkuvauksen perusteella huomattiin, että menetelmät ja analysoidut läpimenoajat akseliputkimalleilla 650 ja 750 olivat hyvin lähellä toisiaan. Suurin ero oli edellä mainittujen mallien ja mallin 330 välillä. Vaikka akseliputkien ja napa-akselin valmistelun kokoonpanojen työsisältö ei ole täysin samanlainen, eivät erot ole selitettävissä työnsisällön eroilla. Suuri ero johtuu töiden standardisällön puutteesta, joka ilmeni mallin 330 menetelmäkuvauksessa ylimääräisinä nostotöinä ja siirtyminä. Työntekijä käveli kokoonpanon aikana useita metrejä komponentteja hakiessaan ja teki useita ylimääräisiä nostotöitä. Liitteinä olevista menetelmäkuvauksista nähdään, että suurin osa solun työvaiheiden sisällöstä koostuu nostotöistä sekä kappaleen käsittelystä.

Menetelmäkuvauksia tehdessä havaittiin, että solun layout-suunnitelmaa voitaisiin mahdollisesti muuttaa tehokkaammaksi pienentämällä solussa löytyviä hukkia (lean muda). Nämä hukat koostuivat pääsääntöisesti ylimääräisistä nostotöistä sekä kävelymatkoista.

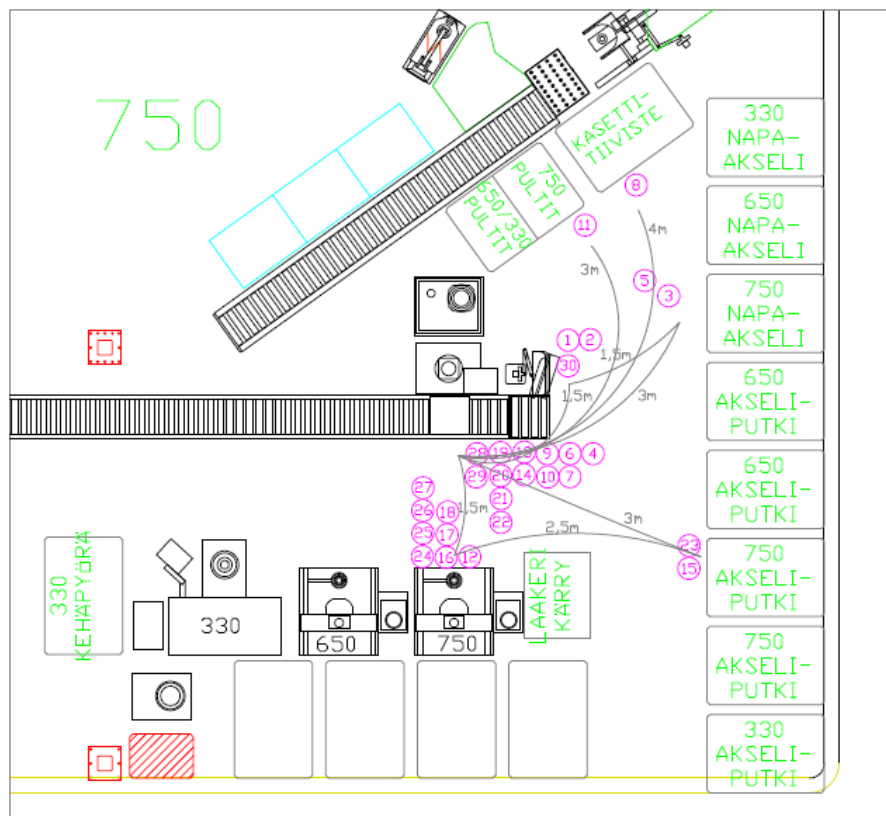
Yksityiskohtaisemmat tiedot löydetyistä ongelmista ja ratkaisuehdotuksista löytyvät liitteestä 4. Jotta opinnäytetyön sisältöä koskevat ongelmat voidaan rajata, ongelmat ovat jaoteltu niiden ratkaisukeinojen perustella seuraavasti:

- Layoutmuutoksissa poistettavat ongelmat
- Työvälinesuunnittelulla poistettavat ongelmat
- Materiaalin suunnittelulla poistettavat ongelmat
- Työn standardisoinnilla poistettavat ongelmat
- Tuotekehityksellä poistettavat ongelmat

Opinnäytetyössä tarkastellaan kahta ylimmäistä ongelmanratkaisukeinoa. Työvälinesuunnittelu koskee uuden puristimen suunnittelua ja layoutmuutokset muita layoutissa tapahtuvia muutoksia.

### 5.3 Napa-akselin ja akseliputken valmistelu -solun layout muutos

Työn layoutmuutoksen kohteena oli napa-akselin ja akseliputken valmistelu – solu. Solusta löytyneiden layouttiin liittyviä parannusmahdollisuuksia lähdettiin tutkimaan tekemällä AutoCAD-ohjelmistolla solun olemassa oleva layout. Layouttiin suunniteltiin menetelmäkuvauksien aikana hyödynnettyä videota apuna käyttäen solun kävelymatkat (kuvio 20.). Nykyiselle layoutille annettiin tässä vaiheessa vaihtoehtoisia layout- ja puristinratkaisuja sekä arviot muokattujen solujen kävelymatkoista. Vaihtoehtoja erilaisista layouteista koostui yhteensä kahdeksan kappaletta (liite 5.). Kaikista kävelymatkoista tehtiin vertailutaulukko (Taulukko 1.), josta voi nähdä karkeasti työntekijän solussa kävelemä matka työvaiheen aikana.



Kuvio 20. Mallin 750 valmistuksessa kävelymatka

Uusia layoutteja suunniteltaessa pyrittiin huomioimaan Lean-filosofian työkalulla 6S ja Maxi-MOST analyysillä löytynyt tuotannon muda (hukka). Layoutsuunnittelussa hyödynnettyjä 6S periaatteita olivat seiton, seikatsu ja safety. Layoutsuunnittelulla voitiin vaikuttaa seuraaviin mudan muotoihin: ylituotanto, odottelu ja viivästykset, tarpeeton kuljettaminen, tarpeettomat varastot sekä tarpeeton liike työskentelyssä.

Seiton huomioitiin layoutsuunnittelussa käytetyn materiaalin tilantarpeen huomioimisella käyttöpaikalla ja sen ympäristössä. Lisäksi huomioitiin mahdollinen materiaalin toimitus merkatulle käyttöpaikalleen sisäisen logistiikan toimesta.

Seikatsu huomioitiin layoutsuunnittelun aikana luomalla mahdollisuudet standardityön suorittamiseen pitämällä valmistettavien eri mallien komponentit tyypeittäin mahdollisimman lähellä toisiaan. Tällöin tietyn tyyppiset osat löytyvät layoutista lähemmäksi riippumatta valmistettavasta mallista.

Layoutin suunnittelussa turvallisuus, eli safety, pidetään korkealla tasolla huolehtimalla kulkureiteillä ja työpisteillä esteetön liikkuminen. Tilantunne lisää myös viihtyvyyttä työpisteellä. Layouttien suunnittelussa huomioitiin myös puristimien yhdistäminen, joka lisäsi huomattavasti tilaa solun sisällä.

Ensimmäinen huomioitu muda layoutsuunnittelun aikana oli ylituotanto. Ylituotantoa voidaan kontrolloida layoutinsuunnittelussa pienentämällä ns. bufferipaikkoja (varastopaikkoja) solun työvaiheiden välissä.

Toinen layoutissa huomioitu muda oli odottelu ja viivästyksset. Odottelua ja viivästystä voidaan poistaa mahdollistamalla standardityössä toimilaitteiden käytön aikana esimerkiksi seuraavan vaiheen valmistava työ. Tällainen valmistava työ voi olla esimerkiksi puristimen tehdessä puristustyötä, työntekijä valmistelee seuraavaa puristettavaa kappaletta valmiiksi. Jotta odottelua voidaan pienentää, on layoutissa huomioitava valmistavan työn komponenttien sijoitus puristimen läheisyyteen.

Kolmas muda, jota layoutinsuunnittelulla voidaan poistaa, ovat tarpeettomat varastot. Kuten kuvista 20. huomataan, solun lattiapinta-alasta iso osa menee akseliputkien ja napa-akselien varastointiin. Varastoinnin poistaminen solusta mahdollistaa paremmin solun uudelleen järjestelyn ja sujuvamman lean-tuotannon.

Neljäs muda, johon layoutilla voidaan vaikuttaa, on tarpeeton liike työskentelyssä. Tarpeeton liike tulee Maxi-MOST tarkastelun perusteella ylimääräisistä nostotyöistä sekä kävelystä materiaalia haettaessa ja liikuteltaessa. Ylimääräistä liikettä voidaan pienentää ja jopa poistaa kokonaan layoutsuunnittelun avulla tuomalla materiaalia lähemmäksi käyttöpaikkaa ja poistamalla turhat nostotyöt työpisteiltä.



Taulukko 1. Kävelymatkojen vertailutaulukko

	metriä			
VAIHTOEHTO	750	650	330	KA
NYKYISET	58,0	44,5	63,0	55,2
1	19,7	29,4	39,3	29,5
2	21,8	30,5	40,0	30,8
3	19,8	26,9	38,8	28,5
4	23,0	25,9	38,2	29,0
5	27,3	33,1	40,2	33,5
6	27,3	33,1	40,2	33,5
7	16,7	18,7	22,7	19,4
8	16,9	18,9	22,9	19,6

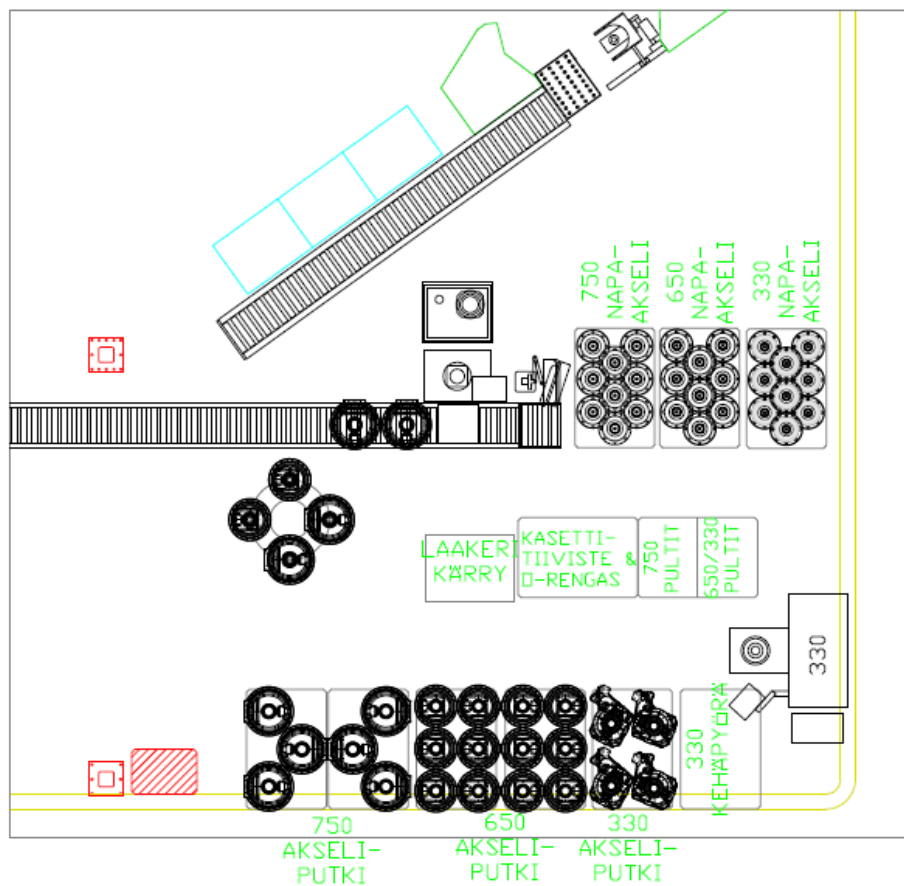
Taulukossa 1 näkyvät arvot ovat karkeasti mitattuja työvaiheiden aikana kuljettuja matkoja. Taulukossa punainen väri tarkoittaa vertailussa heikompaa tulosta, ja vihreä parempaa tulosta. Muut värit ovat näiden arvojen välistä. Vaihtoehtojen 7 ja 8 vertailuarvot ovat pienemmät, koska solun layoutista on poistettu akseliputkien varastointi ja työnsisällöstä akseliputkien valmistelu ja siihen liittyvät nostotyöt. Oletuksena layouteissa 7 ja 8 on, että akseliputket tulevat jonotettuina laakerit ja tiivisteet paikalleen aseteltuina työvaiheelle, jossa ne puristetaan paikalleen.

#### 5.4 Puristimen tarpeiden kartoitus

Uuden akseliputkipuristimen tarpeet muodostuvat olemassa olevien akseliputkien mallien valmistuksen, tuotantoennusteiden, vaiheajojen parantamisen, layoutin tilahtauden, uuden puristimen kustannuksien ja solun tehokkuuden perusteella. Uuden puristimen täytyy voida päivittää koko solun tuotantotehokkuutta, jotta olemassa olevia toimivia puristimia kannattaa lähteä korvaamaan. Puristimen täytyy voida toteuttaa puristustyön laatuvaatimukset. Puristimen puristusvoimana voidaan käyttää olemassa olevaa noin 60 kN puristusvoimaa ja puristimen lineaariliikkeen liikepituus valikoituu komponenttivalintojen jälkeen.

## 5.5 Layoutin valinta ja turvallisuus

Tuotantotilannetta ja – ennusteita Valtran toimihenkilöiden kanssa tutkittaessa huomattiin yhden mallin tuotanto-osuuden olevan tällä hetkellä vain 7 prosenttia ja laskevan tulevaisuudessa 4,9 prosenttiin. Kyseisen mallin työnsisältö poikkesi tällä hetkellä muista malleista ja uudelta puristimelta tarvittaisiin erikoistyökaluja tämän mallin puristamiseen. Näiden seikkojen perusteella kyseinen malli poistettiin uuden puristimen tarpeista kustannustehokkuuden takia. Jatkossa poistetulle mallille käytetään olemassa olevaa toimivaa puristinta. Yhden puristimen pudottua pois uuden puristimen tarpeista alikokoonpanon soluun piti jäädä nyt kaksi erillistä akseliputkipuristinta. Layoutvaihtoehdoista numero 3 (kuvio 21.) on yhden mallin poisjääntiä ja tuotantoennustetta tukeva layout. Solun layoutista poistettiin myös koneistuksen väli-varastointipaikat, jotka estivät solun uudelleenjärjestelyyn.



Kuvio 21. Layoutvaihtoehto 3

Ennen solun lopullista hyväksymistä katsotaan solun layout-suunnitelmaa turvallisuuden näkökulmasta. Solussa tehtävässä työssä työnsisältöön kuuluu edelleen paljon

nostotöitä ja nostoapuvälineiden kiinnityksiä. Nostoapuvälineillä nostettavat komponentit ovat massoiltaan suuria, joten nostotyöt ovat yksittäisinä työvaiheina riskialttiita. Työssä layoutissa olevia riskejä ei voida poistaa, mutta nostotöiden riskejä voidaan pienentää lyhentämällä nostotöiden siirtymämatkoja. Siirtymämatkoja lyhennettiin viemällä työpisteillä käytettävät komponentit lähemmäksi lopullisia käytöspisteitä ja tekemällä nostosiirroista esteettömiä.

## 5.6 Puristimen komponenttivalinnat

Tässä vaiheessa työtä keskitymme uuden puristimen komponenttien valintaan perusteluineen. Uuteen puristimeen valittujen komponenttien tulisi tukea puristinta käytävän solun tarpeita, lean-ajattelua, puristettavia rakenteita sekä kustannustehokasta ajattelua. Vaihtoehtoista tehdään painotetut vertailutaulukot tukemaan vertaailua ja lopullista valintaa.

Painotetussa taulukossa pisteytetään kunkin vaihtoehdon valittuja ominaisuuksia. Mikäli halutaan korostaa tiettyjä ominaisuuksia, voidaan pisteytystä korostaa antamalla painotettuja kertoimia. Painotetut kertoimet voivat perustua esim. lean-ajatteluun, käyttöympäristöön tai turvallisuuteen.

### 5.6.1 Rungon valinta

Aikaisemmin esiteltyjä runkomalleja oli kolme kappaletta: C, O, ja H malli. Näille rungoille tehtiin taulukon 2 mukainen painotettu rungonvalintataulukko. Taulukkoon nostettiin vaadittuja keskeisimpiä ominaisuuksia silmällä pitäen puristusprosessia, leaniä, kustannustehokkuutta ja muokausmahdollisuuksia.

Taulukko 2. Painotettu rungon valintataulukko

RUNGON MALLI	VOIMIEN KESTO	AVOIN RUNKO	TILANTARVE	KOMPONENTTIEN SUIJOITTAMINEN	MODIFIOINTI VALMIUS	TARKKUUS	KUSTANNUKSET	TULOS	PAINOTETTU TULOS
<b>C</b>	3	4	4	4	4	4	3	<b>26</b>	<b>57</b>
<b>O</b>	5	2	3	5	1	5	2	<b>23</b>	<b>49</b>
<b>H</b>	2	3	5	3	3	2	4	<b>22</b>	<b>43</b>
<b>PAINOTUS (1-3)</b>	2	3	1	2	3	3	1		

Rungon valintataulukon perusteella paras valinta puristimen rungolle olisi C-mallinen runko. C-mallisen rungon etuina, toiseksi tulleeeseen O-malliin nähden, voidaan katsoa olevan avoimempi runko, pienempi tilantarve ja jatkuvasti kehittyvässä tuotannossa muokkausmahdollisuus. Uudelle puristimelle tulevat akseliputket ovat hiveneen alle 500 mm korkeita, joten uuden puristimen vapaavälin on suunniteltava tämän perusteella yli 500 mm korkeaksi. Markkinoilla valmiita C-mallisia puristimenrunkoja kyseisillä dimensioilla ei ollut, joten runko joudutaan tekemään tilaustyönä. Kun runko tehdään tilaustyönä, voidaan sen vapaavälin korkeutta nostaa 750 mm asti mahdollisia myöhempiä muutoksia varten.

### 5.6.2 Käyttövoiman valinta

Puristimen käyttövoiman valinnan tukena käytetään painotettua valintalukkoa. Valintataulukon poimittiin käyttövoimalta haluttuja ominaisuuksia, jotka soveltuvat tuotantoon. Taulukon painotus keskittyy itse puristustyön suorittamiseen, kustannustehokkuuteen ja puristimen kunnossapitoon.

Taulukko 3. Painotettu käyttövoiman valintataulukko

KÄYTTÖVOIMA	VOIMANTUOTTO	LIKAIJUUS	STANDARDI KOMONENTIT	VARAOSIEN TOIMITUSAJAT	TILANTARVE LAITTEESSA	MELUNTUOTTO	LIKENOPEUKSEEN JA VOIMIEN HALLINTA	KUSTANNUKSET	TULOS	PAINOTETTU TULOS
SÄHKÖ	3	5	4	3	4	4	5	3	31	62
HYDRAULIIKKA	5	3	5	4	2	3	3	4	29	61
PNEUMATIikka	2	5	5	3	2	2	3	5	27	59
PAINOTUS (1-3)	2	2	3	1	1	2	2	3		

Käyttövoiman valinta taulukon (taulukko 3.) perusteella ei ole yksiselitteinen, koska tulokset ovat niin lähellä toisiaan. Ennen lopullista käyttövoiman valintaa täytyy tarkastella myös muiden komponenttien valintoja ja ajatella puristinkokonaisuutta.

### 5.6.3 Lineaariliikkeen ja käytön valinta

Lineaariliikkeeksi valikoitui vertikaalinen liike liitettävien komponenttien paikallaan pysymisen auttamiseksi. Lineaariliikkeen pituus tulisi olla 200 - 300 mm riippuen C-mallisen rungon lopullisesta vapaasta välistä. Lineaariliikkeen voimantarve on työn puristusprosessissa noin 60 kN,

Lineaariliikkeen valinnan tukemiseksi tehtiin painotettu toimilaitteen valintataulukko (taulukko 4.). Taulukossa on listattuna ja pisteytettynä haluttuja lineaarisen toimilaitteen ominaisuuksia. Taulukon perusteella voidaan todeta sähköisen servokäyttöisen aktuaattorin olevan paras vaihtoehto uuden puristimen toimilaitteeksi. Toimilaitteen arvioidut kustannukset olivat taulukon huonoimmat. Arvioidut kustannukset koostuivat itse toimilaitteesta ja siihen sisältyvästä järjestelmästä. Toimilaitteeksi valikoitui korkean tason servokäyttöinen aktuaattori. Tällä järjestelmällä voidaan akseliputkikokoonpanon puristustyövaiheella varmistua liitoksen onnistumisesta.

Taulukko 4. Painotettu toimilaitteen valintataulukko

TOIMILAITE	VOIMANTUOTTO KOHTEESEEN	SOVELTUVUUS KOHTEESEEN	LIKaisuus	STANDARDI KOMPONENTIT	TURVALLISUUS & ERGONOMIA	TILANTARVE LAITTEESSA	MELINTUOTTO	LIIKENOPEUKSEEN JA VOIMIEN HALLINTA	KUSTANNUKSET	TULOS	PAINOTETTU TULOS
SERVO. AKTURAATTORI	5	5	5	3	5	4	5	5	1	<b>38</b>	<b>83</b>
HYDRAULIikka SYLINTERI	5	4	2	5	4	2	3	3	4	<b>32</b>	<b>77</b>
PNEUMAATTINEN SYLINTERI	2	4	5	5	4	2	4	3	4	<b>33</b>	<b>72</b>
PNEUMOHYDRAULINEN SYLINT.	5	5	3	3	4	3	4	4	2	<b>33</b>	<b>76</b>
MANUAALINEN TOIMILAITE	2	2	5	5	4	5	5	3	5	<b>36</b>	<b>73</b>
PAINOTUS (1-3)	3	3	1	2	3	1	1	3	3		

## 5.7 Materiaalin syöttö uudelle puristimelle

Työn tarkoitus oli tehdä napa-akselin ja akseliputken valmistelu – solusta leanin työkaluja ja periaatteita hyödyntämällä tehokkaampi. Puristustyön vaiheista tehtyjen Maxi-MOST analyysien (liite 1.) perusteella alikokoonpanon suurimmat hukat (muda) löytyivät solussa tehtävistä nostotöistä ja materiaalin hakemisen aikana tehtävistä kävelyistä. Tähän hukkaan voidaan siis puuttua poistamalla materiaalin nostotöitä sekä materiaalin hakumatkoja. Solun puristusvaiheessa käytetään paljon nostinta ja nostoapuvälinettä (NAV) akseliputken massan (~80 kg) takia. Nostosta syntyvä hukka koostuu akseliputken kiinnityksestä nostoapuvälineeseen, joita on kolme erillistä, sekä itse nostotyöstä.

Työssä käsiteltävälle uudelle puristimelle komponenttien tuontivaihtoehdot ovat rullarata sekä nostin ja nostoapuväline. Käsien nostamista käytetään vain pienemmillä komponenteilla ja matalan automatisointitason sekä kustannuksien perusteella robotisoitu syöttö voidaan poistaa vaihtoehtoista. Rullaradan tuoma etu kokoonpanossa

on nostojen määrän pienentäminen ja varastopaikkojen poistaminen lattialta. Haitta-  
puolina ovat materiaalin keräilyyn lisääntyneet työt (akseliputkien nosto radalle ja laa-  
kereiden asettelu), puristinrakenteiden monimutkaisuus ja valmistuskustannuksien  
nostaminen sekä rullaradan huono käytettävyys akseliputken massan ja korkeuden  
takia.

Akseliputkelle tehtävien liitosten paras puristusasento on pystyasento, joka on akseli-  
putken korkeuden takia hutera ilman erillistä tuentaa. Vanhoissa puristimissa akseli-  
putki tuettiin sisäpuolella olevalla putkella (kts. kuva 22.), joka liittyi yläpuoliseen  
tuurnaun. Kyseisen tuurnan ja ohjuriputken yhdistelmä takasi laakereiden yhden-  
suuntaisuuden. Uuteen puristimeen valikoitui sama ohjuriputki sekä tuurna yhdis-  
telmä, olemassa olevien hyvistä käyttökokemuksista johtuen.



Kuvio 22. Vanhan puristimen ohjuriputki ja alapuolinen puristusvaste

Rullaradan jäädessä pois materiaalin siirtovälineenä, joudutaan akseliputket tuo-  
maan edelleen nostimilla. Jotta nostotöitä voitaisiin uudessa layoutissa parantaa ja  
helpottaa, tuodaan akseliputket huomattavasti lähemmäksi käyttöpaikkaansa. Akseli-  
putkien siirtotavan päätyminen nostimiin määrää myös puristimella olevien käyttö-  
paikkojen määrän, sillä puristusvaiheen aikana nostoapuvälineen irrottaminen, kiin-  
nittäminen ja uudelleen irrottaminen ei olisi järkevää.

Akseliputki tuodaan uudelle puristimelle nostimen ja nostoapuvälineen kanssa. Akseliputki asetetaan ohjuriputkelle, johon on jo asetettu rasvatut laakerikooli ja tiiviste. Nostinta ei tarvitse irrottaa puristusprosessin aikana, jotta akseli voidaan nostaa nopeammin puristuksen jälkeen napa-akselin päälle.

## 5.8 Puristimen turvallisuus

Uuden puristimen tulee olla turvallinen käyttäjilleen, tuotteille, ympäristölleen sekä puristimelle itselleen. Puristimen suunnittelun tässä vaiheessa puristimen turvallisuutta pyritään katsomaan kokonaisuutena ja poistetaan olennaisimmat turvallisuusriskit. Ennen konseptisuunnittelua turvallisuusteen voidaan vaikuttaa solun layoutin turvallistamisella sekä puristimen turvallisilla lopullisilla komponenttivalinnoilla.

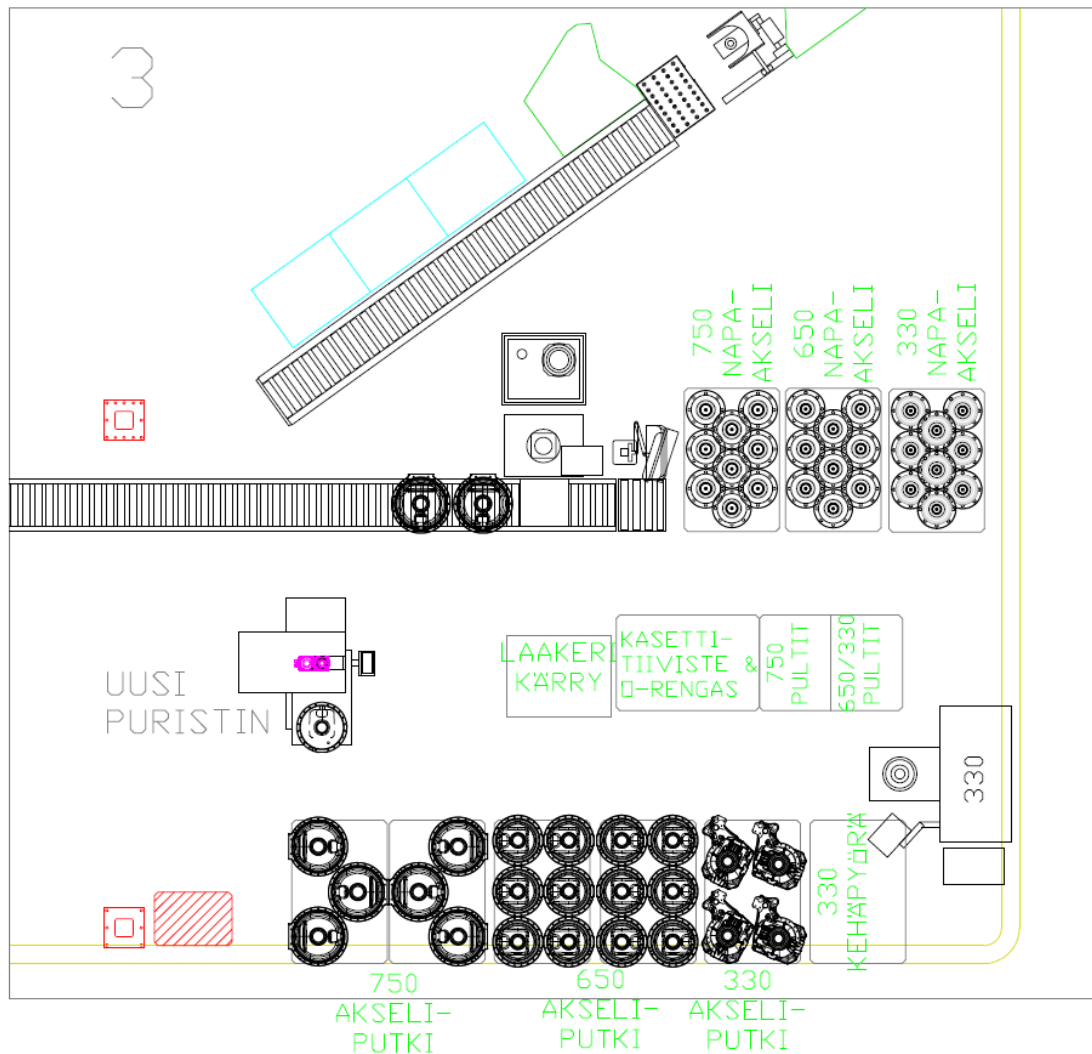
## 5.9 Puristuskonseptin 3D mallien luonti

Valintojen perusteella aloitettiin puristuskonseptien mallintaminen Creo suunnitteluohjelmalla. Konseptivaiheessa puristimen suunnittelu on tarkoituksena pitää kevyenä ja ilman tarkempia yksityiskohtia, mutta heikentämättä puristimen käytettävyyttä napa-akselin ja akseliputken valmistelu -solussa. Yksityiskohdat sekä tarkemmat komponenttivalinnat tehdään suunnitteluprosessin myöhemmässä vaiheessa. Konseptisuunnittelussa on tarkoitus tuoda esiin mahdollisesti myöhemmin ilmeneviä toiminnallisia vikoja ja ongelmia solun toiminnan kannalta. Tässä vaiheessa suunnitteluprosessia voidaan komponenttivalintoja tai muita rakenteita vielä perustellusti vaihtaa ilman suurempia kustannuksia.

Suunnittelussa otettiin huomioon puristimen materiaalin tuontitapa ja poisvientitapa, puristimella puristettavien variaatioiden määrä, puristettavien akseliputkikoonpanojen dimensiot ja massat sekä puristustyössä käytettävät voimat.

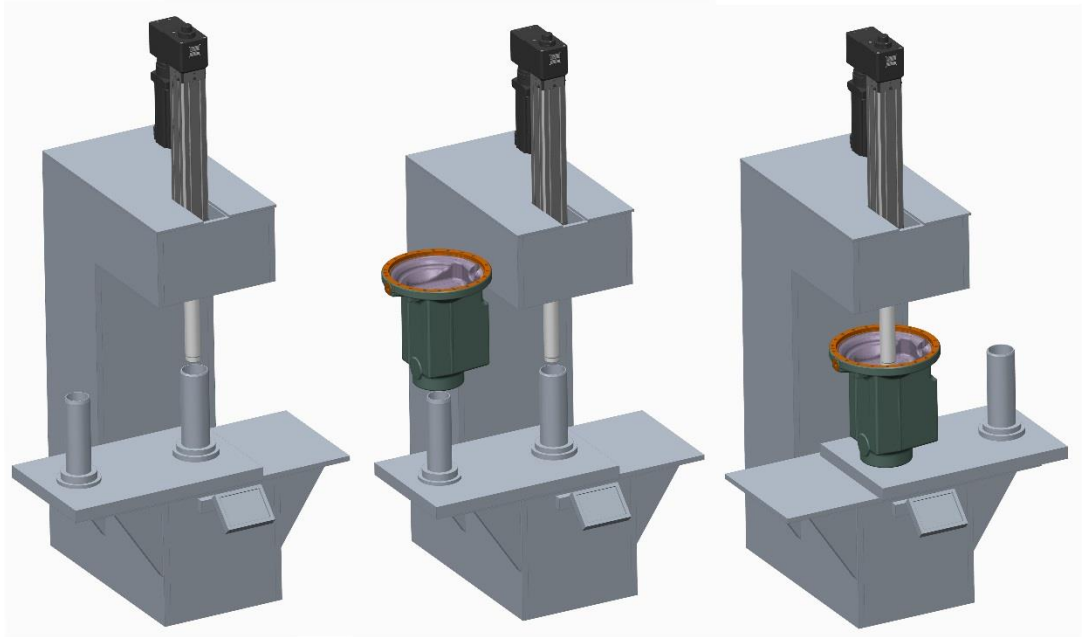
## 6 Lopputulokset

Suunnitteluprosessien lopputuloksena syntyi olemassa olevalle napa-akseli ja akseliputki-solulle vaihtoehtoinen layoutsuunnitelma (kts. kuvio 23.) sekä akseliputkikokoonpanon uuden puristimen konseptimalli (kts. kuvio 24.). Layout ja puristinkonsepti luovutetaan Valtran käyttöön. Akseliputkikokoonpanon uudelle puristimelle pidetään suunnittelukatselmus ja sitä viedään tarpeen tullen suunnitteluprosessin mukaisesti eteenpäin.



Kuvio 23. Solun lopullinen layout





Kuvio 24. Uuden puristimen valmis konsepti ja toiminta

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia napa-akselin ja akseliputken valmistelu-solun työn sisältöä, layout-suunnitelmaa sekä solussa käytettäviä akseliputkikokoonpanon puristimia. Alikokoonpanon solua tutkittiin useammalla menetelmällä ja löydettyjen ongelmien ratkaisuja hyödynnettiin uudessa layoutissa.

Solun uutta layoutsuunnitelmaa voidaan pitää onnistuneena, koska uuden layoutin tehokkuutta pystyttiin parantamaan tutkimuksien perusteella layoutista löydettyjen hukkien poistamisella. Layoutin ja solun työnsisällön kaikkia ongelmia ei opinnäytetyön aikana voitu poistaa, koska työn sisältö oli rajattu vain kyseiseen soluun. Esimerkiksi nostotöiden määrien radikaali vähentäminen solusta vaatisi koko vetopyörästösolun uudelleenjärjestämistä sekä laitteiden ja rullaratojen uudelleensuunnittelua ja -valmistusta.

Uuden puristimen konseptisuunnittelua voidaan pitää onnistuneena ja konseptisuunnittelua ja työssä käytettyjä vertailutaulukoita voidaan hyödyntää uusissa puristimissa

tuotantoon suunniteltaessa. Konseptisuunnittelun aikana suurin ongelma oli pyrkimys vähentää nostimen käyttötarvetta materiaalia liikuteltaessa puristimelle ja puristimelta pois. Nostojen määriä ei saatu vähennettyä akseliputkikokoonpanon muodon, massan ja puristussuuntien tarpeiden takia. Puristimen konsepti on suunniteltu ensisijaisesti vastaamaan tämän hetken tuotannon tarpeita, mutta suunnitelmassa on otettu huomioon mahdollisuudet tuotannon mallien sekä layoutin muutoksiin.

Tutkimuksella on hyvä ja laaja teoriapohja, joka edesauttoi tutkimusongelman läpikäyntiä. Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät ovat melko tarkkoja ja niillä saatiin riittävä kuva työssä käsiteltävästä solusta ja siellä esiintyvistä toistuvista ongelmista. Tutkimuksen luotettavuutta heikentää solun työnmäärityksessä käytetyn videomateriaalin pieni määrä. Saatu aineisto oli kuitenkin riittävä kattavaa analyysiä varten. Saadut tulokset ovat melko luotettavia ja tarvittaessa hyödynnettävissä tulevien muutostöiden yhteydessä.

Jatkotoimenpiteinä opinnäytetyön tulokset esitellään Valtralla ja päätetään viidäkö tämän työn tuloksena saatuja konseptisuunnitelmia käytäntöön. Liitteestä 4 löytyy lisää työn aikana löytyneitä kehityskohteita, jotka toimitetaan Valtralla eteenpäin niitä käsitteleville tahoille.

Opinnäytetyön aihe oli haastava ja se antoi paljon uutta tietoa Valtrallakin käytetystä lean-ajattelusta, layoutsuunnittelusta ja koneensuunnittelusta kokoonpanosolun ehdoilla. Työ auttoi avaamaan näkemyksiä tuotannon tarpeista koneensuunnittelussa. Opinnäytetyö vahvisti ammatillista näkemystäni tuotannon toiminnasta ja osaamistani koneensuunnittelusta.

## Lähteet

12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Finlex. Viitattu 21.9.2018. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

2017 Annual Report. 2018. Agcon vuosiraportti. Viitattu 28.9.2018. [https://ar2017.agcocorp.com/assets/pdfs/AGCO\\_2017\\_Annual-Report.pdf](https://ar2017.agcocorp.com/assets/pdfs/AGCO_2017_Annual-Report.pdf)

Agricultural innovations. N.d. Agcon innovaatiot ja tuotteet. Viitattu 28.9.2018. <https://www.agcocorp.com/commitment/agricultural-innovations.html>

Asiakastieto.fi. N.d. Yrityksen taloustiedot. Viitattu 28.9.2018. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/valtra-oy-ab/18686020/taloustiedot>

Black, J. 2008. Lean Production. Lean käsikirja. New York: Industrial Press Inc. Viitattu 20.03.2018.

Devcons. 2015. Maxi-MOST työnääritysjärjestelmä. Koulutusmateriaali. Espoo: Oy Devcons Ab. Viitattu 12.2.2018. Saatavana Oy Devcons Ab.

Ellman, A., Hautanen, J., Järvinen, K., Simpura, A., 2002. Pneumatiikka, Helsinki. Oppikirja. Edita Prima Oy. Viitattu 20.10.2018.

Hydrauliikkakauppa. N.d. Nostosylinterin tuotesivusto. Viitattu 28.9.2018. <http://www.hydrauliikkakauppa.fi/z150200155-nostosylinteri-taydellinen-p-3285.html>

Kauranne, H., Kajaste, J., Vilenius, M. 2013. Hydrauliteknikka. Ammattikirjallisuus. Sanoma Pro Oy. Helsinki. Viitattu 25.10.2018.

Kouri, I., 2010. Lean taskukirja. Ammattikirjallisuus. Teknologia teollisuus ry, Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy. viitattu 12.2.2018.

Lakeuden Hydro kuvagalleria. N.d. Kuvagalleria yrityksen puristimista. Viitattu 26.8.2018. <http://www.lakeudenhydro.fi/hydraulipuristimet/kuvagalleria.html>

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen J. & Grote, K. H. 2007. Engineering Design: Systematic Approach. Ammattikirjallisuus. Springer London Ltd. Kolmas painos. Viitattu 29.03.2018.

Schmidtpresses. N.d. How to select the right servo press-artikkeli. Viitattu 30.9.2018 [http://www.schmidtpresses.com/products/news/articles/articles-servopress\\_select.htm](http://www.schmidtpresses.com/products/news/articles/articles-servopress_select.htm)

Siemens. N.d. Simotics-servomoottorit tuote-esite. Viitattu 20.10.2018. [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/kayttotekniikka\\_ja\\_liikkeenohjaus/moottorit\\_ja\\_generaattorit/servomoottorit.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/kayttotekniikka_ja_liikkeenohjaus/moottorit_ja_generaattorit/servomoottorit.htm)

Siirilä, T., Tytykoski, K., 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. Helsinki: Inspecta Oy. Ammattikirjallisuus. Otavan Kirjapaino Oy. Toinen painos. Viitattu 21.9.2018.

Tietoa Valtrasta. N.d. Yrityksen internetsivut. Viitattu 28.9.2018. <https://www.valtra.fi/tietoa-valtrasta/yritystiedot.html>

TOX®-ElectricDrive EPMK. N.d. Tox Pressotechnikin tuotesivu. Viitattu 28.9.2018.

<https://us.tox-pressotechnik.com/products/drives/electric-drive-technology/electromechanical-drives/tox-electricdrive-epmk/>

Tox-Powerpackage Pneumohydraulic drives. N.d. Tox Pressotechnikin tuote-esite. Viitattu 28.9.2018.t

[https://us.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX\\_Powerpackage\\_10\\_en.pdf](https://us.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX_Powerpackage_10_en.pdf)

Yrityshistoria. N.d. Valtrahistoriikki Valtran internetsivustolla. Viitattu 28.9.2018.

<http://history.valtra.com/fi/valtra-historia>



A 0	P 3	=	3 mh			37	Pulttien aseointi napa-akselle				
A 0	M 1	=	1 mh			38	Napa-akselin puristimen luukun aukaisu				
P 1		=	1 mh			39	Napa-akselin poisto puristimesta				
P 1		=	1 mh			40	Toisen napa-akselin laitto puristimeen				
M 1		=	1 mh			41	Napa-akselin puristimen luukun sulkeminen				
M 1		=	1 mh	91 mh		42	Napa-akselin puristimen käynnistys (kesto ~24 s)				
P 1		=	1 mh			43	Laakerikehän poiminta napa-akselta				
A 0		=	0 mh			44	Kävely akselputkipuristimen luokse				
B 1	P 1	=	2 mh			45	Kasettiivisteeseen laitto puristimen jigille				
P 1		=	1 mh			46	Laakerin laakerikehän laitto jigille				
P 1	T 2 P 1	=	4 mh			47	Laakereiden ja tiivisteeseen rasvaus				
A 1	T 3 K 1 P 1 K 1 T 3	=	10 mh			48	Kävely 750 akselputkien luokse ja NAV:een vaihto				
K 3		=	3 mh			49	NAV:een kiinnitys akselputkeen				
T 4		=	4 mh			50	750 akselputken nosto nostimella				
P 1		=	0 mh			51	750 akselputken siirto ja kääntö 180 astetta nostimella				
A 0	P 1	=	1 mh			52	750 akselputken asennus puristimelle nostimella				
P 1		=	1 mh			53	Kävely laakerikärrylle ja laakerin poimiminen laatikosta				
A 0		=	0 mh			54	Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen				
P 1		=	1 mh			55	Kävely 750 akselputkipuristimelle				
P 1		=	1 mh			56	Laakerin kehän asentaminen akselputkelle puristimeen				
P 1		=	1 mh			57	Puristustuurnan laitto				
P 1		=	1 mh			58	Puristimen vetäminen kohdalleen				
M 3		=	3 mh			59	Puristaminen (kesto ~10 s)				
P 1		=	1 mh			60	Puristimen työntö pois tieltä				
P 1		=	1 mh			61	Puristustuurnan poisto				
P 1		=	1 mh			62	750 akselputken nosto nostimella puristimesta				
T 3	P 1	=	4 mh			63	750 akselputken siirto radalle nostimella				
M 1		=	0 mh	41 mh		64	750 akselputken lasku napa-akselle nostimella				
P 1		=	1 mh			65	Napa-akselin puristimen luukun aukaisu				
P 1		=	1 mh	2 mh		66	Napa-akselin poisto puristimesta				
P 1		=	1 mh			67	Laakerikehän poiminta napa-akselta				
A 0		=	0 mh			68	Kävely akselputkipuristimen luokse				
B 1	P 1	=	2 mh			69	Kasettiivisteeseen laitto puristimen jigille				
P 1		=	1 mh			70	Laakerin laakerikehän laitto jigille				
P 1	T 2 P 1	=	4 mh			71	Laakereiden ja tiivisteeseen rasvaus				
A 0		=	0 mh			72	Kävely radalle				
K 1		=	1 mh			73	750 akselputken NAV:een irroitus				
T 3		=	3 mh			74	Kävely 750 akselputkien luokse				
K 3		=	3 mh			75	NAV:een kiinnitys akselputkeen				

T 4	=	4 mh		76	750 akseliputken nosto nostimella			
P 1	=	0 mh		77	750 akseliputken siirto ja käänö 180 astetta nostimella			
A 0 P 1	=	1 mh		78	750 akseliputken asennus puristimelle nostimella			
P 1	=	1 mh		79	Kävely laakerikärrylle ja laakerin poimiminen laatikosta			
A 0	=	1 mh		80	Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen			
P 1	=	0 mh		81	Kävely 750 akseliputkipuristimelle			
P 1	=	1 mh		82	Laakerin kehän asentaminen akseliputkeille puristimeen			
P 1	=	1 mh		83	Puristuuturnan laitto			
P 1	=	1 mh		84	Puristimen vetäminen kohdalleen			
M 3	=	3 mh		85	Puristaminen (kesto ~10 s)			
P 1	=	1 mh		86	Puristimen työntö pois tieltä			
P 1	=	1 mh		87	Puristuuturnan poisto			
P 1	=	1 mh		88	750 akseliputken nosto nostimella puristimesta			
T 3 P 1	=	4 mh		89	750 akseliputken siirto radalle nostimella			
K 1	=	0 mh		90	750 akseliputken lasku napa-akselle nostimella			
T 2	=	1 mh	35 mh	91	750 akseliputken NAV-irroitus			
P 1	=	2 mh		92	Kävely 750 akseliputkien luokse			
P 1	=	1 mh		93	NAV-teen lasku maahan			
A 1	=	1 mh		94	Kävely radalle			
P 1 A 0 P 1 A 0	=	2 mh		95	Napa-akselin puristuuturnan poisto x 2 kpl			
P 1 P 1	=	2 mh		96	Laakerin laakerihäkin laitto akseliputkelle x 2 kpl			
A 0 P 1	=	1 mh		97	Lyöntituurnan asennus			
T 1	=	1 mh		98	Laakerikehän lyönti paikalleen kuparilla			
A 0 P 1	=	1 mh		99	Lyöntituurnan poisto			
A 0 P 1	=	1 mh		100	Lyöntituurnan asennus			
T 1	=	1 mh		101	Laakerikehän lyönti paikalleen kuparilla			
A 0 P 1	=	1 mh		102	Lyöntituurnan poisto			
P 1 T 2 T 2 P 1	=	6 mh		103	MÖKÖN merkkkaus tussilla			
M 1	=	1 mh	21 mh	104	Putkien laitto radalla eteenpäin			
M 1	=	1 mh	1 mh	105	Kekosta työvaihe valmiiksi.			
750			YHT. =	203 mh				
				12,2 min				

## Liite 2. Maxi-MOST-työnmääritys 650 akseliputken kokoonpanolle

MAXI- MOST		Menetelmäkuvaus 650		NOSTURIN KÄYTTÖ	KAPPALEEN KÄSITTELY	KONEEN KÄYTTÖ	TYÖKALUN KÄYTTÖ
M 1	= 1 mh	1 mh	1 mh	1			
A 1	= 1 mh	1 mh		2			
M 5	M 5	= 10 mh	11 mh	3			
A 1		= 1 mh		4			
A 0	P 1 A 0 T 3 A 0 P 1	= 8 mh		5			
A 0		= 0 mh		6			
P 1	A 0 P 1 P 1	= 3 mh		7			
A 0		= 0 mh		8			
P 1	P 1	= 2 mh		9			
A 0	B 1 P 1	= 2 mh		10			
A 1	P 1 P 1	= 3 mh		11			
A 1	P 1 P 1	= 3 mh		12			
A 1	P 1	= 2 mh		13			
K 3		= 3 mh		14			
T 3	K 1	= 4 mh		15			
P 1		= 1 mh		16			
T 3		= 3 mh		17			
P 1	T 2 P 1	= 4 mh		18			
A 0	P 1 A 0 P 3 A 0 P 1 A 0 P 3	= 8 mh		19			
T 2		= 2 mh		20			
P 1	K 1	= 2 mh		21			
T 2	K 1	= 0 mh		22			
P 1		= 3 mh		23			
T 3		= 0 mh		24			
P 1		= 1 mh		25			
T 3		= 3 mh		26			
P 1	T 2 P 1	= 4 mh		27			
A 0	P 1 A 0 P 3 A 0 P 1 A 0 P 3	= 8 mh		28			
T 2		= 2 mh		29			
P 1	K 1	= 2 mh		30			
T 1		= 1 mh		31			
A 0	P 1 A 0 P 1	= 2 mh		32			
P 3		= 3 mh		33			
P 1		= 1 mh		34			
M 1		= 1 mh		35			

Napa-akselin ja akseliputken valmistelu -työpiste

Menetelmäkuvaus  
650

Liikkeiden tiedot peräisin vaiheikatutkimusta varten kuvatusta videosta.

1 Keskosta tilauksen tiedot, sekä vaiheen käynnistys

2 Kävely radan päähän alustojen nostolaitteen ohjauspaneelille.

3 Napa-akselien alustojen nostaminen radalle ohjainlaitteella 2 kpl (kesto ~40s)

4 Kävely napa-akselille

5 Napa-akselin rasvaus laatikossa X 2 kpl

6 Kävely tiivistekärrylle

7 O-renkaan ja kasettitiivisteeseen valmistelu x2 kpl

8 Kävely napa-akselille

9 Tiivisteiden laitto napa-akselille x 2 kpl

10 Kävely laakerikärrylle ja laakereiden 2 kpl poimiminen laatikosta

11 Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen ja asennus napa-akselille

12 Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen ja asennus napa-akselille

13 Nostimen haku

14 NAV:een kiinnitys nostimeen

15 Nostimen kiinnittäminen akseliputkeen

16 650 Napa-akselin nosto nosturilla ylös

17 Siirtyminen pulttilaatikon viereen nostimen kanssa

18 Laakerin rasvaus nostimen varassa

19 Pulttien asennus reikiin nosturin varassa

20 Siirtyminen radan viereen nostimen kanssa

21 Napa-akselin laskeminen alustalle nosturilla

22 Nostimen irroitus napa-akselista

23 Siirtyminen napa-akselien luokse nostimen kanssa

24 Nostimen kiinnittäminen akseliputkeen

25 650 Napa-akselin nosto nosturilla ylös

26 Siirtyminen pulttilaatikon viereen nostimen kanssa

27 Laakerin rasvaus nostimen varassa

28 Pulttien asennus reikiin nosturin varassa

29 Siirtyminen radan viereen nostimen kanssa

30 Napa-akselin laskeminen alustalle nosturilla

31 Nostimen irroitus napa-akselista ja siirto 1m

32 Napa-akselien puristustuurnien laitto x 2 kpl

33 Pulttien asemointi napa-akselille

34 Napa-akselin siirto puristimeen

35 Napa-akselin puristimen luukun sulkeminen



M 1		= 1 mh			36 Napa-akselin puristimen käynnistys (kesto ~24 s)				
A 0	P 3	= 3 mh			37 Pulttien aseointi napa-akselille				
A 0	M 1	= 1 mh			38 Napa-akselin puristimen luukun aukaisu				
P 1		= 1 mh			39 Napa-akselin poisto puristimesta				
P 1		= 1 mh			40 Toisen napa-akselin laitto puristimeen				
M 1		= 1 mh			41 Napa-akselin puristimen luukun sulkeminen				
M 1		= 1 mh	91 mh		42 Napa-akselin puristimen käynnistys (kesto ~24 s)				
P 1		= 1 mh			43 Laakerikehän poiminta napa-akselilta				
A 0		= 0 mh			44 Kävely akseliputkipuristimen luokse				
B 1	P 1	= 2 mh			45 Kasettitiivisteiden laitto puristimen jigille				
P 1		= 1 mh			46 Laakerin laakerikehän laitto jigille				
P 1	T 2	P 1			47 Laakereiden ja tiivisteiden rasvaus jigissä				
T 4	K 3	A 0			48 Kävely 650 akseliputkien luokse ja NAV:een vaihto				
K 3		= 3 mh			49 NAV:een kiinnitys akseliputkeen				
T 4		= 4 mh			50 650 akseliputken nosto nostimella				
		= 0 mh			51 650 akseliputken siirto ja kääntö 180 astetta nostimella				
P 1		= 1 mh			52 650 akseliputken asennus puristimelle nostimella				
A 1	P 1	= 2 mh			53 Kävely laakerikärjelle ja laakerin poimminen laatikosta				
P 1		= 1 mh			54 Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen				
A 1		= 1 mh			55 Kävely 650 akseliputkipuristimelle				
P 1		= 1 mh			56 Laakerin kehän asentaminen akseliputkeille puristimeen				
P 1		= 1 mh			57 Puristustuurnan laitto				
P 1		= 1 mh			58 Puristimen vetäminen kohdalleen				
M 3		= 3 mh			59 Pursitamen käynnistys (kesto ~10 s)				
P 1		= 1 mh			60 Puristimen työntö pois tieltä				
P 1		= 1 mh			61 Puristustuurnan poisto				
P 1		= 1 mh			62 650 akseliputken nosto nostimella puristimesta				
T 3	P 1	= 4 mh			63 650 akseliputken siirto radalle nostimella				
		= 0 mh			64 650 akseliputken lasku napa-akselille nostimella				
K 1		= 1 mh	41 mh		65 650 akseliputken NAV:een irroitus				
M 1		= 1 mh			66 Napa-akselin puristimen luukun aukaisu				
P 1		= 1 mh	2 mh		67 Napa-akselin poisto puristimesta				
P 1		= 1 mh			68 Laakerikehän poiminta napa-akselilta				
A 0		= 0 mh			69 Kävely akseliputkipuristimen luokse				
B 1	P 1	= 2 mh			70 Kasettitiivisteiden laitto puristimen jigille				
P 1		= 1 mh			71 Laakerin laakerikehän laitto jigille				
P 1	T 2	P 1			72 Laakereiden ja tiivisteiden rasvaus				
A 0		= 0 mh			73 Kävely radalle ja NAV:een mukaan ottaminen				
T 4		= 4 mh			74 Kävely 650 akseliputkien luokse				

K 3	=	3 mh							
T 4	=	4 mh							
P 1	=	0 mh							
A 1 P 1	=	1 mh							
P 1	=	2 mh							
A 1	=	1 mh							
P 1	=	1 mh							
P 1	=	1 mh							
P 1	=	1 mh							
M 3	=	3 mh							
P 1	=	1 mh							
P 1	=	1 mh							
P 1	=	1 mh							
T 3 P 1	=	4 mh							
K 1	=	1 mh	38 mh						
T 2	=	2 mh							
P 1	=	1 mh							
A 1	=	1 mh							
P 1 A 0 P 1 A 0	=	2 mh							
P 1 P 1	=	2 mh							
P 1 T 2 T 2 P 1	=	6 mh							
M 1	=	1 mh	15 mh						
M 1	=	1 mh	1 mh						
650 YHT. =			200 mh						
			12,0 min						

Liite 3. Maxi-MOST-työnmääritys 330 akseliputken kokoonpanolle

MAXI-MOST		Napa-akselin ja akseliputken valmistelu -työpiste		Menetelmäkuvaus		330		NOSTURIN KÄYTTÖ	KAPPALEEN KÄSITTELY	KONEEN KÄYTTÖ	TÖKKÄLÄN KÄYTTÖ
M 1		= 1 mh	1 mh								
A 1	P 1 K 1 T 3 K 1 P 1 T 3	= 11 mh				1 Kokosta tilauksen tiedot, sekä vaiheen käynnistyminen					
K 1	P 3	= 0 mh				2 Kävely akseliputkien luokse ja NAV:een vaihto ja nosto					
T 3		= 4 mh				3 Kävely 330 napa-akselien luokse nostimen kanssa					
P 1	T 3 P 1	= 3 mh	18 mh			4 NAV:een kiinnitys 330 napa-akseliin					
A 0	P 1 P 1 P 1 P 1 P 1 P 1	= 0 mh				5 330 Napa-akselin nosto nosturilla ylös					
P 3		= 5 mh				6 Siirtyminen puittilaatikon viereen napa-akselin kanssa					
K 1	P 1 A 0 P 1 P 1	= 6 mh				7 Napa-akselin rasvaus nostimessa					
A 0	B 1 P 1	= 3 mh	15 mh			8 Puittien asennus reikiin nosturin varassa					
A 1	P 1	= 2 mh				9 330 Napa-akselin lasku lattialle nosturilla					
B 1	P 1	= 1 mh				10 NAV:een irroitus 330 napa-akselista					
P 1	P 1	= 2 mh				11 O-renkaan ja kasettiiviteen valmistelu					
A 1	P 1	= 1 mh				12 Tiivisteiden laitto napa-akselille					
P 1	P 1	= 2 mh				13 Kävely puristimien viereen laakerikärrylle					
A 1	P 1	= 1 mh				14 Laakerin poimiminen					
B 1	P 1	= 2 mh	13 mh			15 Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen					
T 2		= 2 mh				16 Kävely takaisin napa-akselille					
P 1	K 1	= 2 mh				17 Laakerin asennus napa-akselille					
T 3		= 3 mh				18 Nostimen vienti napa-akselille					
P 1	T 3 P 1	= 0 mh	7 mh			19 NAV:een kiinnitys 330 napa-akseliin					
A 0	P 1 P 1 P 1 P 1 P 1 P 1	= 5 mh				20 330 Napa-akselin nosto nosturilla ylös					
P 3		= 6 mh				21 Siirtyminen puittilaatikon viereen napa-akselin kanssa					
K 1		= 3 mh				22 Napa-akselin rasvaus nostimessa					
A 0	P 1 A 0 P 1 P 1	= 3 mh				23 Puittien asennus reikiin nosturin varassa					
A 0	B 1 P 1	= 2 mh				24 330 Napa-akselin lasku lattialle nosturilla					
A 1		= 1 mh	15 mh			25 NAV:een irroitus 330 napa-akselista					
B 1	P 1	= 2 mh				26 O-renkaan ja kasettiiviteen valmistelu					
P 1	P 1	= 2 mh				27 Tiivisteiden laitto napa-akselille					
A 1		= 1 mh				28 Kävely puristimien viereen laakerikärrylle					
B 1	P 1	= 2 mh				29 Laakerin poimiminen					
P 1	P 1	= 2 mh				30 Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen					
A 1		= 1 mh				31 Kävely takaisin napa-akselille					
B 1	P 1	= 2 mh				32 Laakerin asennus napa-akselille					

MAXI-MOST

Liikkeiden tiedot peräisin vaiheikatutkimusta varten kuvattua videosta.

P 3	K 1	=	4 mh		17 mh	33 NAV-teen kiinnitys 330 napa-akseliin			
A 1		=	1 mh			34 Kävely radan päähän alustojen nostolaitteen ohjauspaneelille.			
M 5	M 5	=	10 mh		11 mh	35 Napa-akselien alustojen nostaminen radalle, radan ohjainlaitetta käyttäen 2 kpl			
A 1		=	1 mh			36 Kävely lattialla oleville napa-akselille			
P 3	T 3	=	6 mh			37 330 Napa-akselin nosto nosturilla ylös			
		=	0 mh			38 330 Napa-akselin vienti radalle			
P 1	T 3	P 1	=	5 mh		39 Napa-akselin laakerin rasvaus nostimen varassa			
T 1	P 1	=	2 mh			40 Napa-akselin laskeminen alustalle nosturilla			
K 1		=	1 mh		15 mh	41 NAV-teen irroitus 330 napa-akselista			
T 3		=	3 mh			42 Kävely lattialla oleville napa-akselille			
K 1		=	1 mh			43 NAV-teen kiinnitys 330 napa-akseliin			
P 3	T 3	=	6 mh			44 330 Napa-akselin nosto nosturilla ylös			
		=	0 mh			45 330 Napa-akselin vienti radalle			
P 1	T 3	P 1	=	5 mh		46 Napa-akselin laakerin rasvaus nostimen varassa			
T 1	P 1	=	2 mh			47 Napa-akselin laskeminen alustalle nosturilla			
K 1		=	1 mh		18 mh	48 NAV-teen irroitus 330 napa-akselista			
T 3	A 1	=	4 mh			49 Kävely radalle			
P 1	P 1	=	2 mh			50 Napa-akselien puristustuurnien laitto			
P 3		=	3 mh			51 Puittien aseointi napa-akselille			
P 1		=	1 mh			52 Laakerikohdan poisto ja tasolle laitto			
P 1		=	1 mh			53 Napa-akselin siirto puristimeen			
M 1		=	1 mh			54 Napa-akselin puristimen luukun sulkeminen			
M 1		=	1 mh			55 Napa-akselin puristimen käynnitys (kesto ~24 s)			
A 0	P 1	P 1	=	2 mh		56 Napa-akselien puristustuurnien laitto			
P 3		=	3 mh			57 Puittien aseointi napa-akselille			
M 1		=	1 mh			58 Napa-akselin puristimen luukun aukaisu			
P 1		=	1 mh			59 Napa-akselin poisto puristimesta			
P 1		=	1 mh			60 Toisen napa-akselin laitto puristimeen			
M 1		=	1 mh			61 Napa-akselin puristimen luukun sulkeminen			
M 1		=	1 mh			62 Napa-akselin puristimen käynnitys (kesto ~24 s)			
A 1	K 1	A 0	T 3	P 1	K 1	=	8 mh		
P 1	K 1	P 1	K 8			=	11 mh		
T 6		=	6 mh			63 Kävely akseliputkille ja NAV-teen vaihto NOSTIMELLA			
		=	0 mh			64 NAV-teen kiinnitys akseliputkeen			
A 0	B 1	P 1	=	2 mh		65 330 akseliputken nosto nostimella			
A 0	P 1	=	1 mh			66 330 akseliputken siirto nostimella akseliputkipuristimen luokse			
		=	2 mh			67 Kehäpyörän poiminta viereistä laatikosta			
		=	1 mh			68 Kehäpyörän asennus akselipuristimen jigiin			

A0	P1	A0	T3	A0	P1				69	Kehäpyörän ja jigin rasvaus				
A0	P1	T3	P1			= 5 mh			70	Akseliputken rasvaus nostimen varassa				
A1	B1	P1				= 3 mh			71	Kävely laakerikärryille ja laakerin poimiminen laatikosta				
P1						= 1 mh			72	Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen				
A1						= 1 mh			73	Kävely 330 akseliputkipuristimelle				
P1						= 1 mh			74	Laakerin laakerikehän laitto jigille ja laakerihäkin nosto tasolle				
A0	P1	T3	P1			= 5 mh			75	330 akseliputken asennus puristimelle nostimella				
A1	P1					= 2 mh			76	Kävely radalle ja Laakerin kehän mukaan otto				
A0	B1	P1				= 2 mh			77	Kävely puristimelle ja kasettitiivisteeseen mukaan otto				
A0	P1					= 1 mh			78	Kasettitiivisteeseen ja laakerin asennus akseliputkeeseen				
P2						= 2 mh			79	Puristustuurnien asennus 2 kpl				
P1						= 1 mh			80	Akseliputken työntö puristimeen				
M1						= 1 mh		58 mh	81	Puristimen käynnistys (kesto ~30s)				
A1						= 1 mh			82	Kävely radalle				
M1						= 1 mh			83	Napa-akselin puristimen luokun aukaisu				
P1						= 1 mh			84	Napa-akselin poisto puristimesta				
P1						= 1 mh		4 mh	85	Laakerikehän poisto ja tasolle laitto				
A1						= 1 mh			86	Kävely 330 akseliputkipuristimelle				
P1						= 1 mh			87	Akseliputken ulos veto puristimesta				
P2						= 2 mh			88	Puristustuurnien poisto 2 kpl				
P20						= 20 mh			89	330 akseliputken nosto nostimella (JUMISSA)				
T3	P3					= 6 mh			90	330 akseliputken siirto ja kääntö 180 astetta nostimella radalle				
						= 0 mh			91	330 akseliputken lasku napa-akselille nostimella				
K8	T1					= 9 mh		35 mh	92	NAV-teen irroitus 330 akseliputkesta JA nostimen sivuun vienti				
A0	P1	P1				= 2 mh			93	Napa-akselin puristustuurnan poisto				
A1						= 1 mh			94	Kävely 330 akseliputkipuristimelle				
P1						= 1 mh			95	Laakerikehän nouto				
A0						= 0 mh			96	Kävely radalle				
P1						= 1 mh			97	Laakerikehän asennus akseliputkeeseen				
A0	B1	P1				= 2 mh			98	Lyöntituurnan poiminta ja asennus				
T3						= 3 mh			99	Laakerin asennus kuparilla				
A0	B1	P1				= 2 mh		12 mh	100	Lyöntituurnan poisto				
A1	T3					= 4 mh			101	Nostimen nouto ja kävely akseliputkille				
P1	K8					= 9 mh			102	NAV-teen kiinnitys akseliputkeeseen				
T6						= 6 mh			103	330 akseliputken nosto nostimella				
						= 0 mh			104	330 akseliputken siirto nostimella akseliputkipuristimen luokse				

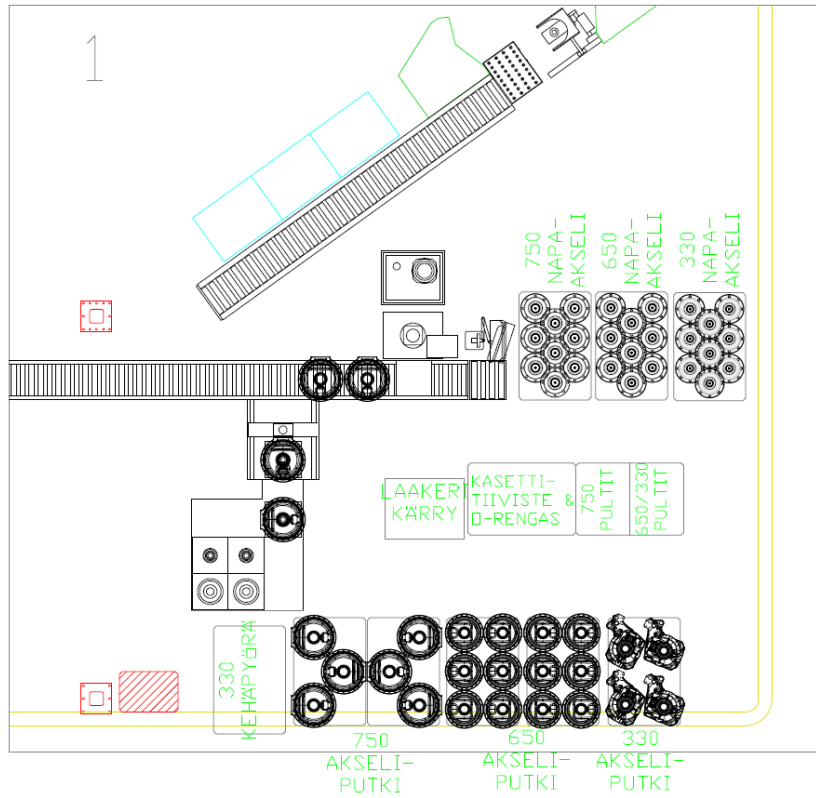
A0	B1	P1	=	2 mh			105	Kehäpyörän poiminta viereistä laatikosta			
A0	P1		=	1 mh			106	Kehäpyörän asennus akselipuristimen jigijn			
A0	P1	A0 T3 A0 P1	=	5 mh			107	Kehäpyörän ja jigijn rasvaus			
A0	P1	T3 P1	=	5 mh			108	Akseliputken rasvaus nostimen varassa			
A1	B1	P1	=	3 mh			109	Kävely laakerikärjille ja laakerin poimiminen laatikosta			
P1			=	1 mh			110	Laakerin pakkausmuovin aukaiseminen			
A1			=	1 mh			111	Kävely 330 akselipuristimelle			
P1			=	1 mh			112	Laakerin laakerikehän laitto jigille ja laakerihäkin nosto tasolle			
A0	P1	T3 P1	=	5 mh			113	330 akseliputken asennus puristimelle nostimella			
A1	P1		=	2 mh			114	Kävely radalle ja Laakerin kehän mukaan otto			
A0	B1	P1	=	2 mh			115	Kävely puristimelle ja kasettiivasteen mukaan otto			
A0	P1		=	1 mh			116	Kasettiivasteen ja laakerin asennus akseliputkeen			
P2			=	2 mh			117	Puristustuurnien asennus 2 kpl			
P1			=	1 mh			118	Akseliputken työntö puristimeen			
M8			=	8 mh			119	Puristimen käynnistys (kesto ~30s) + ODOTUS			
P1			=	1 mh			120	Akseliputken ulos veto puristimesta			
P2			=	2 mh			121	Puristustuurnien poisto 2 kpl			
P5			=	5 mh			122	330 akseliputken nosto nostimella			
T3			=	3 mh			123	330 akseliputken siirto ja kääntö 180 astetta nostimella radalle			
P1			=	1 mh			124	Laakerin laakerikehän mukaan otto			
P1	P3		=	4 mh			125	330 akseliputken nosto ja lasku napa-akselle nostimella			
K6			=	6 mh	81 mh		126	NAV-teen irroitus 330 akseliputkesta			
T6	P1		=	7 mh			127	Kävely akseliputkille ja NAV-teen lasku maahan			
A1			=	1 mh			128	Kävely radalle			
P1	P1		=	2 mh			129	Napa-akselin puristustuurnan poisto			
P1			=	1 mh			130	Laakerikehän asennus akseliputkeen			
A0	B1	P1	=	2 mh			131	Lyöntituurnan poiminta ja asennus			
T3			=	3 mh			132	Laakerin asennus kuparilla			
A0	B1	P1	=	2 mh			133	Lyöntituurnan poisto			
P1	T2	T2 P1	=	6 mh			134	MÖKÖN merkkaus tussilla X2 kpl			
M1			=	1 mh	25 mh		135	Putkien laitto radalla eteenpäin			
M1			=	1 mh	1 mh		136	Kokosta työvaihe valmiiksi.			
			330	YHT. =	369 mh						
					22,1 min						

## Liite 4. Alikokoonpanon löytyneet ongelmat ja parannusehdotukset

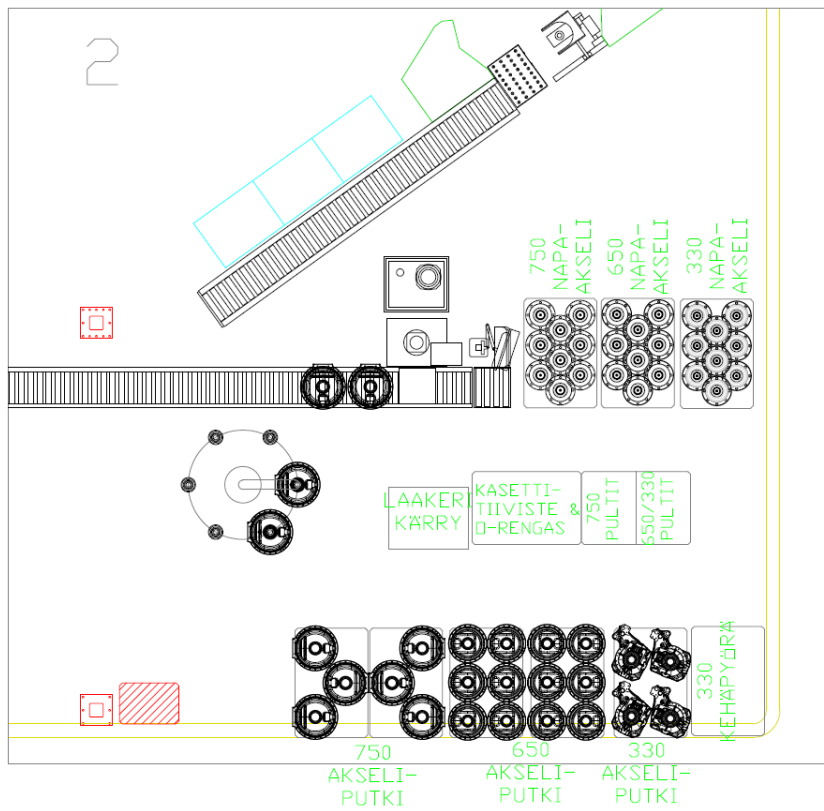
LÖYTYNYT ONGELMA	LEAN HUKKA/MENETELMÄ	MILLÄ PUUTUTAAN?	PARANNUS EHDOTUS
Akseliputket kaukana käyttöpaikasta	TARPEETON KULJETTAMINEN /LIKKUMINEN (MUDA)	LAYOUT MUUTOS	Tuodaan akseliputket lähemmäs käyttöpaikkaa.
Työn sisältö vaihtelee työntekijästä	SEIKATSU & SHITSUKE (5S)	STANDARDI TYÖ	Määritetään jokaiselle mallille standardityö jota noudatetaan.
Ylimääräistä kävelyä roskiksille	TARPEETON LIIKKUMINEN (MUDA)	LAYOUT MUUTOS	Roskiksen laittaminen käyttöpaikan viereen (laakerikärky).
Laakeri kaukana käyttöpaikasta	TARPEETON KULJETTAMINEN /LIKKUMINEN (MUDA)	LAYOUT MUUTOS	Tuodaan laakerikärky käyttöpaikan viereen.
Puukon käyttö työpisteellä	SAFETY (5S)	TYÖVÄLINESUUNNITTELU	Tutkitaan vaihtoehtoinen tapa laakeripakettien avaamiseen.
Ylimääräistä kävelyä liukasteita hakiessa	TARPEETON KULJETTAMINEN /LIKKUMINEN (MUDA)	LAYOUT MUUTOS	Lisätään liukastepisteiden määrää ja tuodaan käyttöpaikan viereen.
Akseliputkilla 3 erillistä nostoapuvälinettä	SEIKATSU (5S)	TYÖVÄLINESUUNNITTELU	Tutkitaan mahdollisuutta akselien nostoapuvälineiden yhdistämiselle.
Kahta erillistä pulttia napa-akselilla (stand.)	SEIKATSU (5S)	TUOTEKEHITYS	Tutkitaan mahdollisuutta siirtyä yhteen pulttiin.
O-rengas tiivisteiden säilytystapa riskialtis	LAATUVIRHE (MUDA)	MATERIAALIN SUUNNITTELU	Tehdään ja merkitään paremmat säilytyspaikat. Nyt vaarana sekoittuminen.
Virhekasauksen mahdollisuus	POKAYOKE	STANDARDI TYÖ	Värimerkittää materiaalit mallien mukaan
Nostoapuvälineiden vaihtoa paljon	SEIKATSU (5S)	LAYOUT MUUTOS	Tutkitaan mahdollisuutta tuoda napa-akselille omaa nostinta.
3 eri puristinta akseli-putkien kokoonpanossa	SEIKATSU (5S) & KAIZEN	TYÖVÄLINESUUNNITTELU	Tarkastellaan mahdollisuutta yhdistää puristimia.
Koneistuksen välivarasto solussa	JIT/KANBAN & TARPEETON VARASTOINTI (MUDA)	LAYOUT MUUTOS	Otetaan tila alikokoonpanon käyttöön ja siirretään/ poistetaan välivarasto.

## Liite 5. Layoutvaihtoehdot

## Layout 1.

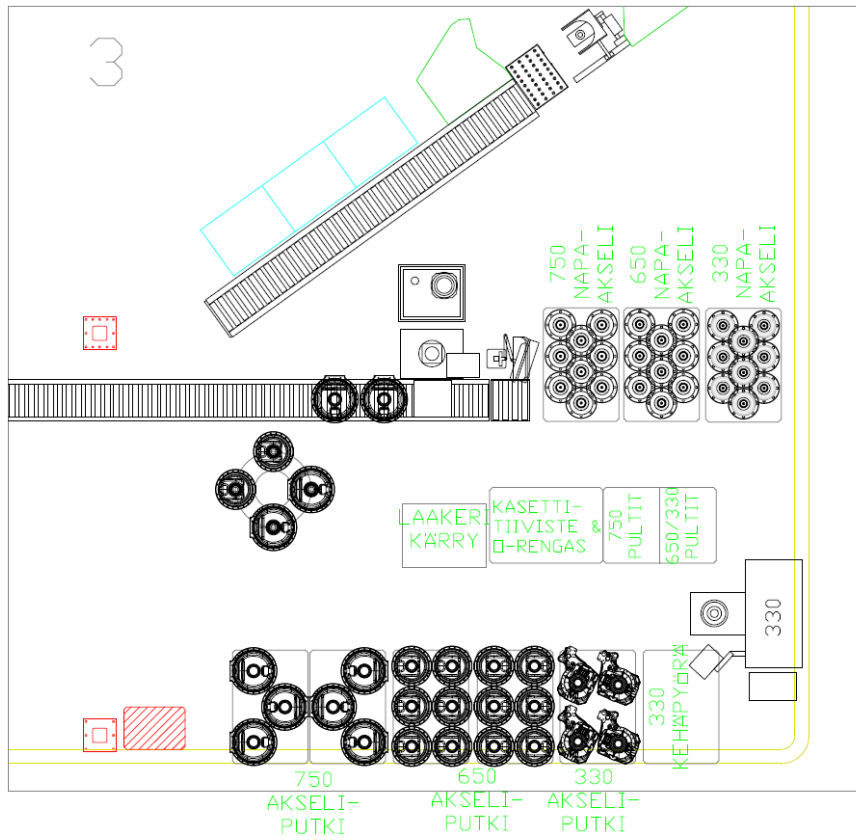


## Layout 2.

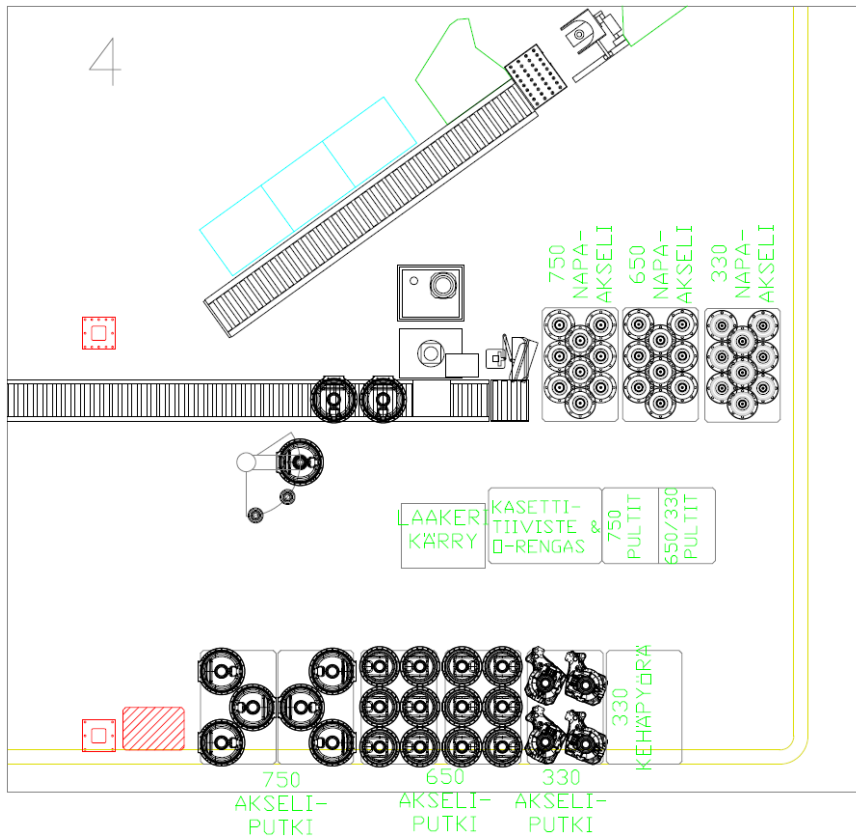




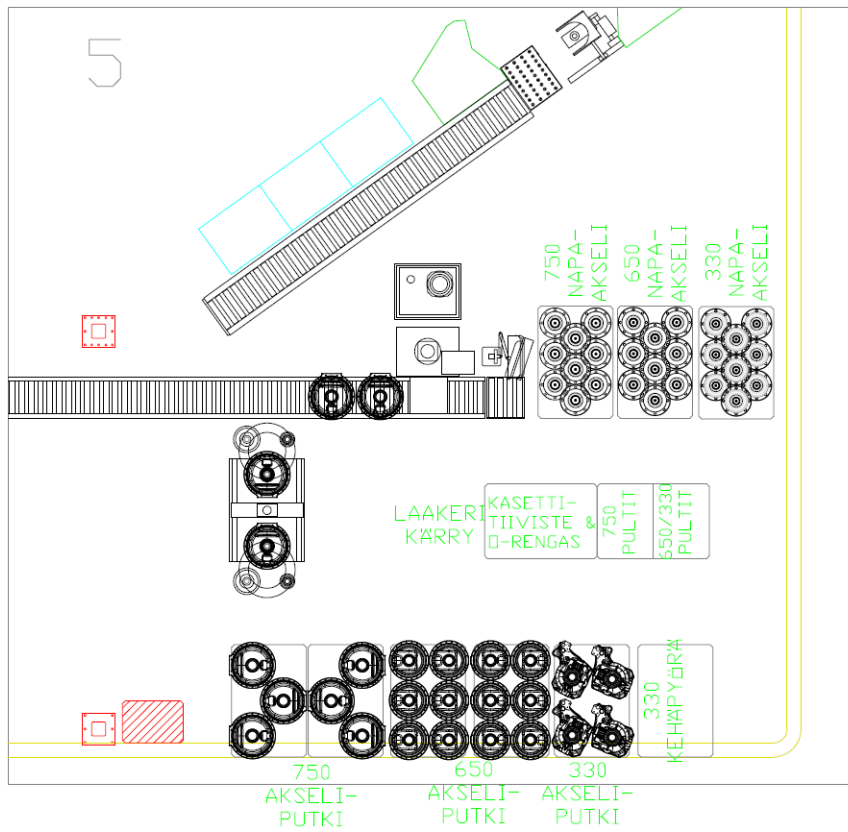
Layout 3.



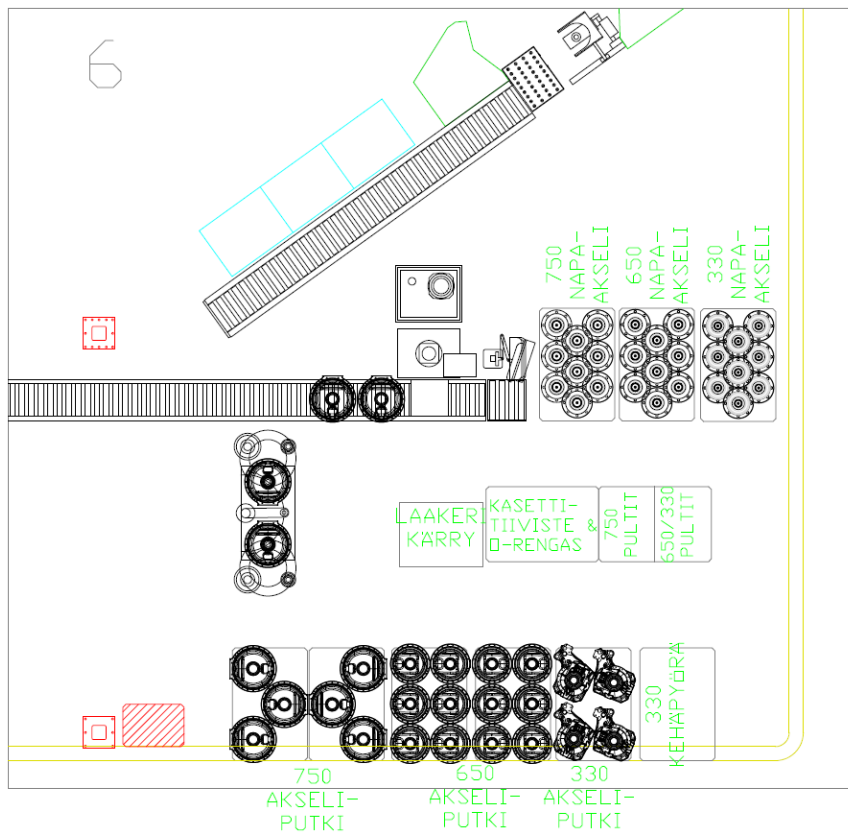
Layout 4.



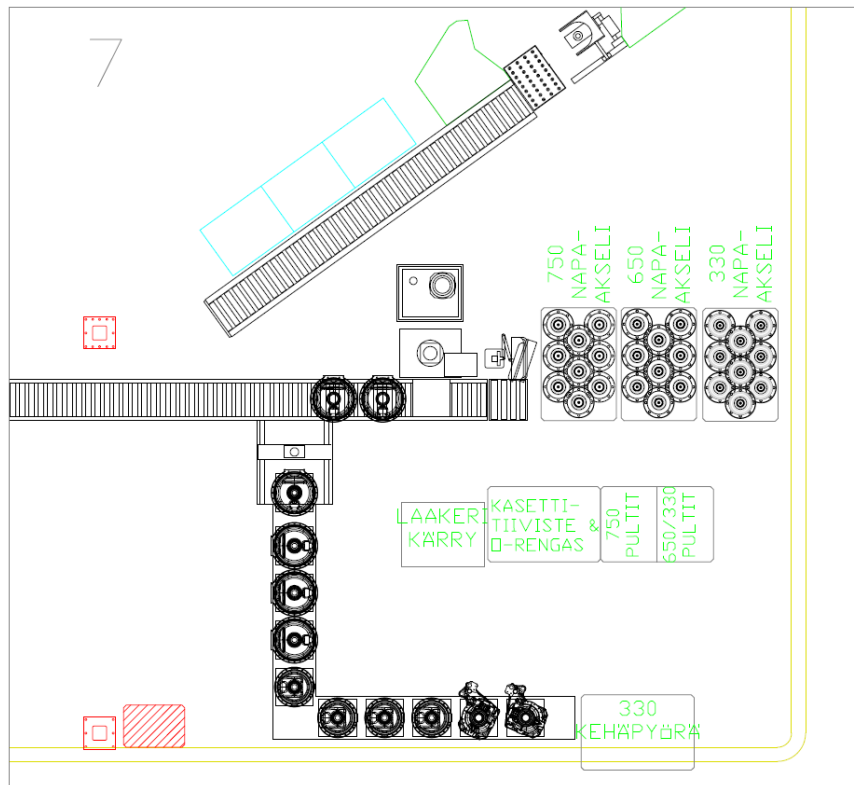
Layout 5.



Layout 6.



Layout 7.



Layout 8.

