



Teräspiippusolun tuotannon kehittäminen

Sakari Vainionpää

Opinnäytetyö

Toukokuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tuotantotekniikka

Vainionpää, Sakari

Teräspiippusolun tuotannon kehittäminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2021**, 61 sivua.

Tekniikan ala. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. AMK-opinnäytetyö.

Julkaisun kieli: Suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä

Tiivistelmä

Harvian Muuramen tehtaan kasvavien tilausmäärien vuoksi on ajankohtaista kehittää tuotannon toimintaa. Kehittämistarvetta havaittiin tuotantosolussa, jossa valmistetaan puulämmitteisten kiukaiden teräspiippuja sekä teräspiippujen tarvepakkauksia.

Tutkimuksen tärkein tavoite oli saada solun nykyinen layout vastaamaan kasvaneita tilausmääriä. Nykyisessä toiminnanohjauksessa havaittiin myös selkeyttämisen tarvetta, joten sitä kehitettiin layoutin rinnalla. Tuotantosolun materiaalivirrat pyrittiin saamaan mahdollisimman jouheaksi ja kuormittaminen mahdollisimman yksinkertaiseksi sekä selkeäksi. Tutkimuksessa huomioitiin myös kohteen muuttuvat henkilöstöresurssit.

Tutkimus toteutettiin laadullisin ja määrällisin menetelmin. Layoutin sekä tuotantosolun kuormittamisen nykytila kartoitettiin havainnoin, haastatteluin ja toiminnanohjaus- sekä työaikaleimausjärjestelmästä saadun tiedon pohjalta.

Tutkimuksen aikana kerätyn tiedon perusteella saatiin hyvä näkemys solun toiminnasta. Tuotantosoluun suunniteltiin paremmin toimiva layout, jossa selkeytettiin materiaalivirtoja ja lisättiin joustavuutta muuttamalla nykyistä osastointia. Tuotannonohjausta saatiin selkeytettyä kuormittamisen ja kapasiteetin hallinnan helpottamiseksi.

Solun toiminnan kehittäminen oli tarpeellista, koska nykyiset tilausmäärät eivät salli hukka-aikaa tuotannossa. Nykyiset henkilöstöresurssit ovat riittävät kasvattamaan tuotantomääriä, mutta tuotantotavoitteisiin pääseminen edellyttää uuden layoutsuunnitelman sekä kuormittamistavan lisäksi henkilöstökoulutusta.

Avainsanat (asiasanat)

Tutkimuksellinen kehittämistyö

Layoutsuunnittelu

Tuotannonohjaus

Määrällinen tutkimus

Laadullinen tutkimus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Opinnäytetyön kaikki liitteet ovat salassa pidettäviä.

Vainionpää, Sakari

Improving the steel chimney cell production

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 61 pages.

Engineering and technology, Mechanical Engineering

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Due to the growing order volumes at Harvia's Muurame plant, it is topical to develop production operations. The need for development was identified in the production cell, which manufactures steel chimneys for wood-burning stoves as well as equipment packaging for steel chimneys.

The main goal of the study was to get the current layout of the cell to match the increased order volumes. The need for clarification was also identified in the current resource planning, so it was developed alongside the layout. The aim was to make the material flows in the production cell as smooth as possible and the loading as simple and clear as possible. The study also took account the cell's changing human resources.

The research was carried out using qualitative and quantitative methods. The current state of the layout and the loading on the production cell was mapped by observations, interviews and the basis of information obtained from the ERP and time-stamping system.

Based on the information collected during the study, a good view of cell function was obtained. A better functional layout was designed for the production cell, which clarified material flows and increased flexibility by changing the current compartmentation. Production control was clarified to facilitate loading and capacity management.

The development of cell operation was necessary because current order volumes do not allow wasted time in production. The current human resources are sufficient to increase production volumes, but to reach the production targets, in addition to the new layout plan and the way of load the cell, personnel training is required.

Keywords/tags (subjects)

Research and development

Layout design

Production management

Quantitative research

Qualitative research

Miscellaneous (Confidential information)

All appendices of the thesis are confidential.

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Tutkimusaiheen tausta.....	7
1.2	Toimeksiantaja	8
1.2.1	Toimeksiantajan tausta.....	8
1.2.2	Liikeidea	9
1.2.3	Tuotanto	9
1.3	Ongelman kuvaus.....	10
1.4	Tavoitteet	10
1.5	Opinnäytetyön rajaukset.....	11
2	Lähtökohdat	13
2.1	Tutkimusmenetelmät ja tutkimusote	13
2.2	Aineiston hankinta	16
3	Layoutsuunnittelu.....	17
3.1	Lean-ajattelu	21
3.2	Läpäisy aika	22
3.3	Tuotannon materiaalivirrat.....	23
3.4	Layoutsuunnittelun työkalut	25
4	Tuotannonohjaus.....	27
4.1	Kapasiteetti	28
4.2	Kuormittaminen	29
5	Nykytila	31
5.1	Havainnoinnilla ja haastatteluilla kerätty tieto.....	31
5.2	Nykyinen layout.....	33
5.3	Nykyiset ohjaustoiminnot	39
6	Muutokset.....	40
6.1	Tutkimus aineiston analysointi	40
6.2	Layout muutokset	41
6.3	Ohjaustoimintojen muutokset	46
7	Johtopäätökset ja pohdinta	50
	Lähteet	52

Kuviot

Kuvio 1 Harvian liikevaihdon kehitys viimeisen vuoden ajalta (Kauppalehti 2021).	7
Kuvio 2 Teräspiippusolussa valmistettavien tuotteiden valmistusmäärien jakautuminen vuonna 2020 (Harvia Finlandin toiminnanohjausjärjestelmä 2021.)	12
Kuvio 3 Toimintatutkimusprosessin vaiheet. Tutkimus etenee nk. tutkimuskiertoina (Kananen 2009, 11, muokattu).....	14
Kuvio 4 Tuotantomäärät vaikuttavat layouttityypin valintaan (Haverila ym. 2009, 479, muokattu).	18
Kuvio 5 Läpäisyajat tuotannossa. Toimitusprosessi alkaa asiakkaan tarpeesta edeten sen tyydyttämiseen toimittamalla tilattu tuote (Lapinleimu ym. 1997, 54, muokattu.)	22
Kuvio 6 Materiaalivirta. Ylempänä yhdensuuntainen virtaus. Alemmassa sama materiaalivirta U-muodossa (Chase ym. 2006, 240; Slack ym. 2004, 238, muokattu.)	24
Kuvio 7 Tuotannon suunnittelujärjestelmän kolme tasoa. Tuotannonohjaus kuuluu osaksi operatiivisen tason toimintaa. (Lapinleimu ym. 1997, 21, muokattu)	28
Kuvio 8 Teräspiippusolun nykyinen layout.	34
Kuvio 9 Työvaihekaaviot sekä nykyinen osastointi. Harnaalla alueella osavalmistus ja sinisellä kokoonpano työvaiheet.	37
Kuvio 10 Alapäädyllisen savuputken kulku solussa. Ympyrät kuvaavat suojavaippojen ja savuputkien välivaraston sijaintia.	38
Kuvio 11 Savuputken kulku solussa.	39
Kuvio 12 Uusi layout.....	42
Kuvio 13 Uuden layoutin työvaihekaaviot sekä osastointi.	43
Kuvio 14 Alapäädyllisen savuputken kulku uudessa layoutissa. Ympyrät kuvioissa 14 ja 15 kuvaavat savuputkien ja suojavaippojen välivarstoja.	45
Kuvio 15 Savuputken kulku solussa uudessa layoutissa.	46
Kuvio 16 Viikottainen työajan jakautuminen nimikkeittäin.	49

Taulukot

Taulukko 1 Solun kalustolle annettujen merkintöjen selitykset.....	34
Taulukko 2 Työvaiheiden nimeäminen, numerointi sekä edeltävät työvaiheet.	36
Taulukko 3 A-tuotteiden rakenteet. Keltaisella pohjalla olevat nimikkeet valmistetaan solussa.44	
Taulukko 4 Kapasiteetin tarve.....	47

Kaaviot

Kaavio 1 Kapasiteetin tarve.....48

1 Johdanto

1.1 Tutkimusaiheen tausta

Harvian tilausmäärät ovat olleet vahvassa kasvussa viimeisen vuoden ajan. Tilausmääriin on vaikuttanut positiivisesti sekä Covid19-pandemiasta johtuva kuluttajien tarve remontoida ja päivittää kotejaan. Onnistuneen sauna- ja spa-tuotteiden markkinointi on johtanut myös vientimaiden kysynnän kasvuun. Saunomisen tutkitut terveysvaikutukset, lisääntynyt kiinnostus hyvinvointiin ja globaalisti kohonnut kansantalous on johtanut saunomisen ja spa-trendin leviämiseen. Harvia on onnistunut luomaan vahvan brändin saunomisen keskuudessa, josta johtuen Harvian vuoden 2020 Q4 (kuvio 1) oli erittäin vahva ja yllätti talousanalyttikot osakkeen noustessa ennusteitakin korkeammalle. Kysynnän kasvu yllätti jopa yrityksen oman henkilöstön. Harvian Muuramen tehtaalta olisi voitu mitata vieläkin suurempia tuloksia sikäli tuotannon pullonkaulat eivät olisi jarruttaneet tuotteiden toimituksia. (Kajaani & Westerholm 2021.)

LIIKEVAIHTO (SALES)				
Q4/19	Q1/20	Q2/20	Q3/20	Q4/20
20,73 milj	20,37 milj	25,54 milj	27,96 milj	35,25 milj

Kuvio 1. Harvian liikevaihdon kehitys viimeisen vuoden ajalta (Kauppalehti 2021).

Tuotannon pullonkaloja ovat olleet osittain vajaat osavalmistus-osaston resurssit sekä vanhaksi jääneet kokoonpanosolujen layoutit. Kokoonpanosolujen layoutit on suunniteltu aiemmille, huomattavasti pienemmille valmistusmäärille. Suunnittelun vanhanaikaisuudesta johtuen näiden solujen kehittäminen on tullut ajankohtaiseksi.

Kauppalehden julkaisemasta tiedotteesta on pääteltävissä, että myyntiä olisi voinut olla enemmänkin vuoden 2020 viimeisellä neljänneksellä, sikäli tuotannon valmistuskapasiteetti olisi suurempi. Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 74,1 miljoonaa euroa. Vuonna 2020 liikevaihto kasvoi lähes 110 miljoonaan euroon. Nykyisen vuoden liikevaihdosta odotetaan jopa edellistäkin vuotta suurempaa. (Harvia Group 2021, Arvopaperi 2020.)

1.2 Toimeksiantaja

1.2.1 Toimeksiantajan tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Harvia Finland. Harvia on yritys, joka on erikoistunut valmistamaan sauna- ja spa-tuotteita. Harvia-konsernin toiminta on jaettu useampaan yksikköön maailmanlaajuisesti. Harvian liiketoimintayksiköitä ovat mm:

- Harvia Finland,
- Velha,
- EOS Group,
- Harvia Estonia Oü,
- Harvia (HK) Sauna Co. Ltd,
- Almost Heaven Saunas sekä
- LLC

Edellä mainituista liiketoimintayksiköistä Harvia Finland valmistaa ja myy sähkö- sekä puulämmitteisiä kiukaita ja niiden lisävarusteita. Harvia Finland toimii Muuramessa Keski-Suomessa, jossa myös Harvian pääkonttori sijaitsee. Opinnäytetyössä Harvia Finland-liiketoimintayksikkö on lyhennetty muotoon Harvia.

Yrityksen perustaja Tapani Harvia valmisti ensimmäiset kiukaat perheelleen ja ystävilleen vuonna 1950. Ensimmäiset kiukaat myyntiin valmistettiin 50-luvun puolivälissä. 50-luvulla Harvian kiukaita valmistui vuositasolla noin 100 kpl. 60-luvun loppuun mennessä tuotantomäärät kymmenkertaisuivat. 80-luvulla yritys alkoi valmistamaan sähkökiukaita puulämmitteisten kiukaiden lisäksi. 2000-luvulla kiukaiden valmistusmäärä kasvoi jo 150 000 kappaleeseen ja myynti laajeni kaikkiin maanosiin. Jatkuvan kehitystyön tuloksena vuoden 2018 myyntimäärät olivat jo yli 300 000 kappaletta. Tällä hetkellä Harvia-yhtiöt työllistävät yli 600 työntekijää. Näistä noin 200 työskentelee Muuramen yksikössä. (Harvia n.d; Supi 2018.)

Nykyisin Harvia on johtava sauna- sekä spa-tuotteiden valmistaja. Harvia toimittaa valmistamia tuotteita yli 80 eri maahan. Nykyään saunoja on yli 15 miljoonaa ympäri maailmaa ja niistä yhä useampi rakennetaan muualle kuin saunan syntysijoille Suomeen. (Harvia n.d.)

1.2.2 Liikeidea

Harvian liikeideana on perinteitä kunnioittaen tarjota kuluttajille luonnollista hyvinvointia sauna- ja spa-tuotteiden muodossa. Yrityksen toimintaan on vaikuttanut alusta alkaen kunnioitus saunomisen perinteitä kohtaan. Se on johtanut jatkuvaan toiminnan sekä uusien tuotteiden tutkimiseen ja kehittämiseen. (Supi 2018.)

1.2.3 Tuotanto

Harvian ydinosaaminen on tuotteiden suunnittelussa, ohutlevyvalmistuksessa ja kiukaiden kokoonpanossa. Yrityksen tuotanto koostuu osavalmistuosastosta, maalaamosta, kokoonpano-osastosta sekä valmisvarastosta ja logistiikasta. Valmisvaraston lisäksi käytössä on myös useita välivarastoja puolivalmiste osille sekä osto-osille. Harvian tuotteet kootaan omalla tehtaalla valmistetuista puolivalmisteista sekä osto-osista. Tehtaan osavalmistuosastolla työskentelee noin 30 henkilöä ja heillä on käytössään yleisiä ohutlevyvalmistuksessa käytettyjä työkaluja ja -keskuk-sia. Teräksien materiaalivahvuudet ovat 0,5 mm – 3 mm. Osien valmistus alkaa levytavaran siirtä-misestä raaka-ainevarastosta automatisoiduille levytyökeskuksille tai laserleikkureille. Kun osien aihiot ovat leikattu, niitä jatkokäsitellään epäkesko- tai särmäyspuristimilla. Kun vaadittavat osa-valmistustyövaiheet ovat valmiit, siirtyy puolivalmisteet kokoonpano-osastolle, jossa lopullinen tuote kootaan hitsaamalla, ruuviliitoksin tai niittaamalla. Riippuen tuotteesta, tietyt osat kiertävät maalaamon kautta ennen kokoonpano-osastolle siirtämistä. Kokoonpano-osastolla työskentelee noin 70 henkilöä. Valmis tuote pakataan ja siirretään valmisvarastoon odottamaan toimitusta. Muuramen tehtaalla toimii oma kunnossapito-osasto, joka huolto- ja korjaustöiden lisäksi suunnit-telee ja valmistaa suurimman osan kiukaiden valmistuksessa käytetyistä erikoistyökaluista. Koska tuoteperheitä on yli 20 ja tuotevariaatioita satoja, myös erilaisten erikoistyökalujen määrä on suuri. Erikoistyökaluja ovat mm. erilaiset taivuttimet, puristimet sekä niiden työkalut. Alihankin-nasta yritys hankkii mm. sähkökiukaiden sähköosat, osan maalaustöistä sekä pientarvikkeet, joihin lukeutuu mm. ruuvit ja vetoniitit.

1.3 Ongelman kuvaus

Yrityksen myynnin kasvu luo paineita tuotannonohjaamiseen ja -suunnitteluun. Pääongelmana on tutkimus- ja kehityskohteena olevan teräspiippusolun riittämätön työntuottavuus. Alaongelmina ovat solun layout sekä osin epäselkeä kuormitusmalli, jotka aiheuttavat tuotantoon hukka-aikaa.

Ongelman pohjalta tärkeimmiksi tutkimuskysymyksiksi muodostuivat:

- Saadaanko tuotantosoluun luotua toimivampi layout?
- Saadaanko solun kuormitusmallia selkeytettyä?

1.4 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Harvian yhden tuotantosolun toiminta vastaamaan nykyisiä tilausmääriä. Teräspiippusolusta ei ole tehty aiempaa tutkimusta tai layoutia, joten osana opinnäytetyön tavoitteita oli kartoittaa solussa havaittuja toiminnallisia puutteita, sen kehitystarpeet sekä oppia tunnistamaan sen toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Layoutsuunnittelulla ja ohjattavuuden selkeyttämisellä tavoiteltiin tuotannon materiaalivirran selkeyttämistä sekä hukka-ajan kitkemistä.

Opinnäytetyössä noudatettiin SMART-sääntöä, joka määrittää tavoitteiden olevan konkreettisia (specified), mitattavia (measurable), saavutettavia (achievable), tarkoituksenmukaisia (relevant) sekä ajankohtaisia (time bound). (Hyvän mitta n.d.)

Konkreettisen ja ajankohtaisen opinnäytetyöstä tekee tutkittavan tuotantosolun toiminta ja sen kehittäminen vastaamaan kasvaneita tilausmääriä. Tarkoituksenmukaisen tutkimuksesta tekee sen selkeästi määritettävä tavoite, joka on kasvattaa tuotannon tehokkuutta vähentämällä tuotannon hukka-aikaa. Mitattavana sitä voidaan pitää, koska tutkimuksen lähtötilanne sekä muutoksien ero on mitattavissa muuttuneina materiaalivirtoina sekä vähentyneenä hukka-aikana. Saavutettavissa on myös tutkimuksen pohjalta saadut muutokset, koska varsinkin layoutin hyödyt voidaan saavuttaa toteuttamalla opinnäytetyössä luotu layout tai jokin sen osioista.

Ensimmäisenä tavoitteena oli määritellä tutkimuskohteen ongelmat. Kun ongelmat olivat selvillä, pyrittiin havaitsemaan ja ymmärtämään niiden juurisyyt ja konkreettiset muutosta vaativat asiat. Opinnäytetyön päätavoitteen selkeimmiksi alatavoitteiksi muotoutuivat:

- Kartoittaa teräspiippusolun nykytila,
- saada luotua layoutsuunnitelma, joka tehostaa solun toimintaa ja vähentää hukka-aikojen määrää sekä
- saada luotua selkeämpi kuormitusmalli, jota on kevyt käyttää vaihtuvien henkilöstöresurssien mukaan.

Tavoitteena on saada opinnäytetyön pohjalta saadut kehitystyön mukaiset muutokset jalkautettua tuotantoon jo vuoden 2021 aikana.

1.5 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyöllä, kuten muillakin tutkimus- ja kehitystyöillä on aikataulu. Aikataulujen tarkoituksena on saada töiden tulokset sovituksessa ajassa työn tilaajalle. Aikataulu luo rajauksia töiden laajuuksille, joten myöskin opinnäytetyön rajaamisessa tulee olla kriittinen (Hakala 2004, 62).

ABC-analyysi

Solussa valmistettavien tuotteiden luokkajakoon käytettiin erottelevaa analyysiä, jolla eroteltiin tärkeät tuotteet vähemmän tärkeistä. Karkean ABC-analyysin pohjalta tehtiin luokkajako liitteen 1 mukaisesti. Luokkajako tehtiin myyntimäärien ohjaaman valmistusmäärän perusteella. Tuotteet jaettiin A- ja C-tuoteryhmiin. A-tuotteet käsittävät 80 % teräspiippusolun vuosittaisesta valmistusmäärästä ja C-tuotteet, jotka edustavat 20 % vuosittaisesta valmistusmäärästä jätettiin layoutsuunnittelussa tutkimus- ja kehitystyön ulkopuolelle. Teräspiippusolussa valmistettavien tuotteiden valmistusmäärien jakautuminen on esitelty kuviossa 2.

Teräspiippusolun nimikkeiden valmistusmäärien jakautuminen vuonna 2020



- Whp1500 Teräspiippu 1500
- Whp1000 Teräspiipun jatke
- Whp500 Teräspiipun jatke
- Whp1000500 Teräspiippu 1500 rst.
- Whp-ahs Teräspiipun tarvikepakkaus USA
- Whp-as Teräspiipun Tarvikepakkaus
- Whp1500m Teräspiippu 1500 musta
- Whp1000m Teräspiipun jatke musta
- Whp-assym Teräspiipun tarvikepakkaus sym.
- Wx139m Teräspiipun sadehattu musta

Kuvio 2. Teräspiippusolussa valmistettavien tuotteiden valmistusmäärien jakautuminen vuonna 2020 (Harvian toiminnanohjausjärjestelmä 2021).

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan kuvion 2 kolmea eniten valmistettua nimikettä:

- Whp1500 teräspiippua,
- Whp-as teräspiipun tarvikepakkausta sekä
- Whp1000 teräspiipun jatketta.

Muut rajaukset

Opinnäytetyö rajattiin teräspiippusoluun. Valmistettavien nimikkeiden uudelleen suunnitteluun ei myöskään nähty tarvetta. Opinnäytetyöstä rajattiin pois varastojen- sekä osavalmistuspöiden resurssit. Tarvittavien raaka-aineiden sekä valmisvarastojen koon ajateltiin olevan rajoittamattomia.

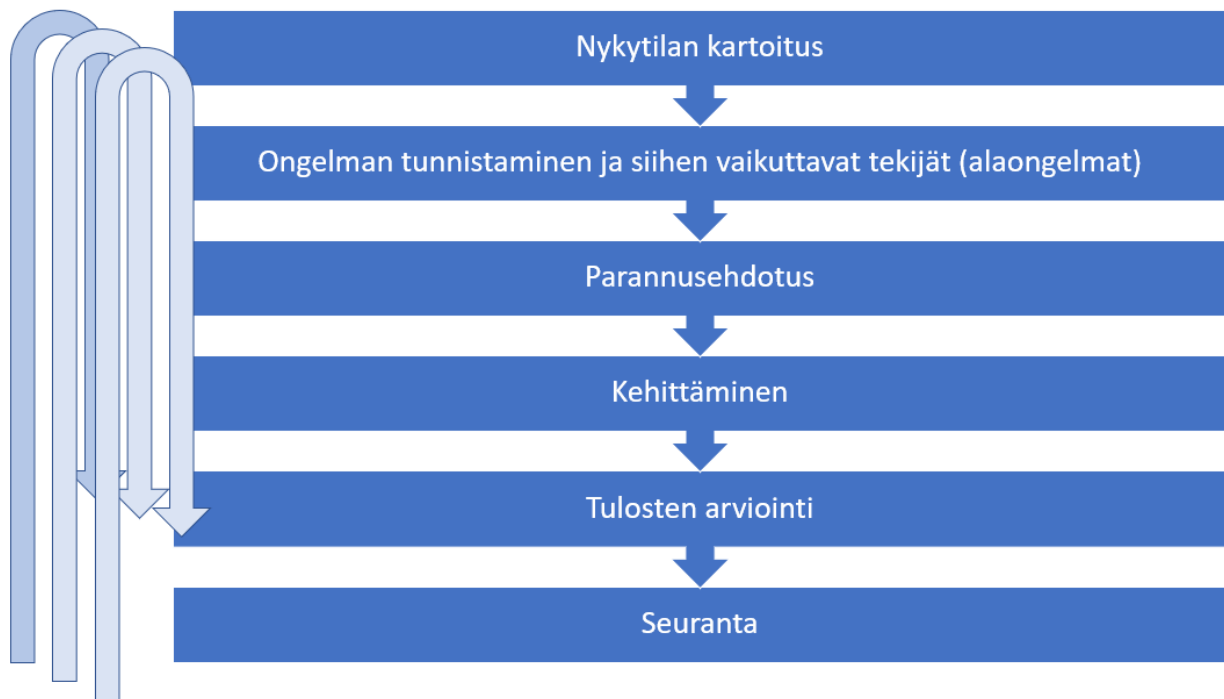
Näiden yksiköiden toiminta kokoonpanotyön kehittämisessä ei ole opinnäytetyön laajuus huomioi-
den mahdollista. Em. yksiköiden huomioiminen opinnäytetyössä ei myöskään tue tutkijan ydin-
osaamista nykyisessä työtehtävässä kokoonpano-osaston tuotannon esimiehenä.

Opinnäytetyöhön varatun ajan vuoksi tutkimusotteeksi valikoitunut kehittämistutkimus jää nykyti-
lan kartoitukseen ja parannusehdotusten luomiseen. Pitkäkestoinen tutkimusmenetelmä rajasi
pois seurantavaiheen sekä uuden tutkimuskierron.

2 Lähtökohdat

2.1 Tutkimusmenetelmät ja tutkimusote

Opinnäytetyö on toimintatutkimus. Tutkimuskysymykset ovat perinteisiä esimiesasemaan liittyviä
haasteita. Tulevaisuudessa toimintatutkimusta sovelletaan tutkijan ohjaaman ja johtaman ryhmän
toimintaan. Toimintatutkimuksen tarkoituksena on vaikuttaa tuotantosolun toimintaan kehittä-
mällä sen nykyisiä käytäntöjä. Toimintatutkimuksessa tutkimusvaihe kohdistuu tutkittavan koh-
teen nykytilan kartoitukseen ja toiminnan sisäistämiseen. Kehittämisvaiheessa kehitetään tutki-
muksen pohjalta havaittuja ongelmakohtia. Toimintatutkimusprosessille on tyypillistä kuvion 3
mukainen toimintajärjestys. Tutkimuskohdetta kehitetään syklein. Tutkimuksen kohteesta syntyvä
keskustelu sekä havaitut uudet ongelmat ohjaavat toimintatutkimuksen uudelle syklille, jossa tut-
kimuksen kohteen nykytila arvioidaan uudelleen. Toimintatutkimus prosessina on ajallisesti pitkä
tai jopa päättymätön, koska se tähtää jatkuvaan parantamiseen ja kehittämiseen. (Kananen 2009,
11–13.)



Kuvio 3. Toimintatutkimusprosessin vaiheet. Tutkimus etenee nk. tutkimuskiertoina (Kananen 2009, 11, muokattu).

Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmät määrittävät kuinka tutkimusaineistoa hankitaan ja analysoidaan. Tutkimusaineistoa ovat mm. haastattelut, omat havainnot tutkimuskohteesta sekä kirjalliset lähteet, joita ovat mm. tieteelliset artikkelit ja -kirjat, verkkosivustot sekä aiemmat tutkimukset. Tietojärjestelmiä ja tiedostoja käytetään myös usein tutkimusaineistona. Kaikki tutkimuksen aikana kertynyt luotettava tieto sekä omat muistiinpanot ovat tutkimusaineistoa. Osana tutkimuksen tulosta voidaan myös pitää sitä aineistoa, joka syntyy oman tutkimuksen aikana. Varsinkin tieteenaloilla jo olemassa olevaa tietoa täydennetään ja päivitetään tai siihen etsitään täydentäviä asioita. Tutkimusotteet jaetaan kahteen ryhmään: Laadullisiin (kvalitatiivisiin) ja määrällisiin (kvantitatiivisiin) Tutkimusotteiden valintaan ei vaikuta tieteenala, vaan tutkimuskysymykset. Toimintatutkimus on moniotteinen tutkimus ja siinä hyödynnetään kumpiakin tutkimusotteita. (Kananen 2009, 18; Jyväskylän yliopisto 2020.)

Laadullinen tutkimus

Laadullisen tutkimuksen lähteitä ovat haastattelut, kirjalliset lähteet sekä havainnoin kerätty tieto. Laadulliset menetelmät ohjaavat tutkimuksen fokusta myös tutkimusongelmien kartoittamisessa. Laadullinen tieto on kehitystutkimuksessa tärkeää, koska laadullisen tutkimuksen perusteella opitaan keräämään tutkimuksen kannalta oikeanlaista määrällistä tietoa. (Kananen 2009, 18.)

Haastattelemalla tutkimuskohteen toimintaan vaikuttavia henkilöitä saadaan kerättyä tietoa, joka voi jäädä muuten huomioimatta. Omin havainnoin kerätyllä tiedolla kartoitetaan laadullisen tutkimusaineiston tarve, jota etsitään tutkimusaihetta käsittelevästä kirjallisuudesta sekä muista luotettavista lähteistä. Laadullisen menetelmän mukaisesti tutkimuksessa voidaan hyödyntää työnteekijöiden ja esimies asemassa toimivien henkilöiden haastatteluja.

Määrällinen tutkimus

Määrälliset tutkimukset keskittyvät tutkimuskohteesta tallentuneen ja mitattavissa olevan tiedon käsittelyyn. Nämä tietolähteet toimivat tutkimuksen primääriaineistona. Kun ongelmakohtat yleisellä tasolla ovat selvillä laadullisten tutkimusten pohjalta, edetään tutkimuksessa luvuin mitattavien suureiden tutkimiseen ja ongelmakohtien uudelleen suunnitteluun. (Kananen 2008, 6–12).

Määrällinen aineisto kerätään usein yritysten tietokannoista, joita ovat mm. toiminnanohjaus- sekä työaikaleimausjärjestelmästä saatavilla oleva tieto. Näitä tietoja voidaan käyttää, kun tutkimukseen tarvitaan numeroin ilmaistuja suureita. Suuret voivat olla mm töiden vaiheajoja, kustannuslaskemia sekä toteutuneita valmistus- tai tilausmääriä.

Toimintatutkimuksen opinnäytetyöstä teki sen tavoitteet, jotka olivat konkreettisia tuotannon ongelmia. Tavoitteisiin pääseminen edellytti, että tietoperusta kerättiin vaiheittain sekä määrällisin, että laadullisin menetelmin. Yksistään tukeutuen laadullisiin tietolähteisiin, ei olisi opinnäytetyötä voitu tehokkaasti kohdistaa teräspiippusolun toimintaan, vaan se olisi lisännyt enemmänkin tietoa ja ymmärrystä yleisellä tasolla.

2.2 Aineiston hankinta

Aineiston hankinta sekä tiedonkeruumenetelmät ovat aina tapauskohtaisia. Toimintatutkimuksessa hyödynnetään laadullisia sekä määrällisiä lähteitä. Yleisimpiä toimintatutkimuksessa käytettäviä laadullisen tutkimuksen menetelmiä Kanasen (2009, 60) mukaan ovat:

- tutkittavan kohteen henkilöstön haastattelut,
- tutkijan havainnot tutkimuskohteesta sekä
- kirjalliset lähteet.

Usein kysymykset ovat dikotomisia sekä ei-dikotomisia kysymyksiä ja niiden tarkoitus on lisätä tutkijan käsitystä tutkittavan kohteen tilasta ja saada esiin sellaisia parannusehdotuksia, joita työntekijä on työvuoronsa aikana miettinyt, mutta ovat syystä tai toisesta:

- joko jääneet muiden kiireiden ohella kertomatta,
- ei ole uskaltaneet niistä kertoa julkisesti tai
- ei ole ajatellut niiden olevan hyödyllistä tietoa.

Kanasen (2009, 61–62) mukaan kysymykset on mietittävä tarkkaan, että niistä on tutkimuksen kannalta hyötyä. Kysymykset on myös esitettävä huolellisesti ja oltava kevyitä, ettei niihin vastaaminen aiheuta stressiä haastateltavalle. Haastattelutilanteen johtaminen ei saa aiheuttaa reaktiivisuutta, joka mahdollisesti vääristää tuloksia. Reaktiivisuudella tarkoitetaan kysymysten johdatte-
lua haastattelijan toivomien vastausten saamiseksi. (Kananen 2009, 68.) Työpaikalla tapahtuvien kehityskeskustelujen tai haastattelujen tavoitteena ei ole toimia irrallisina johtamistemppeina, vaan niissä on tarkoitus laajentaa työntekijän ja esimiesasemassa toimivan henkilön näkemystä tuotannon tai työpaikan tilasta. (Autio & Juuti & Wink 2001, 37.)

Laadullinen havainnointi suoritetaan osin Kanasen (2009, 67–68) luokittelemien havainnointimuodoin:

- Suoralla strukturoimattomalla havainnoinnilla tuotannon aikana sekä
- osallistuvalla strukturoidulla havainnoinnilla haastattelujen muodossa.

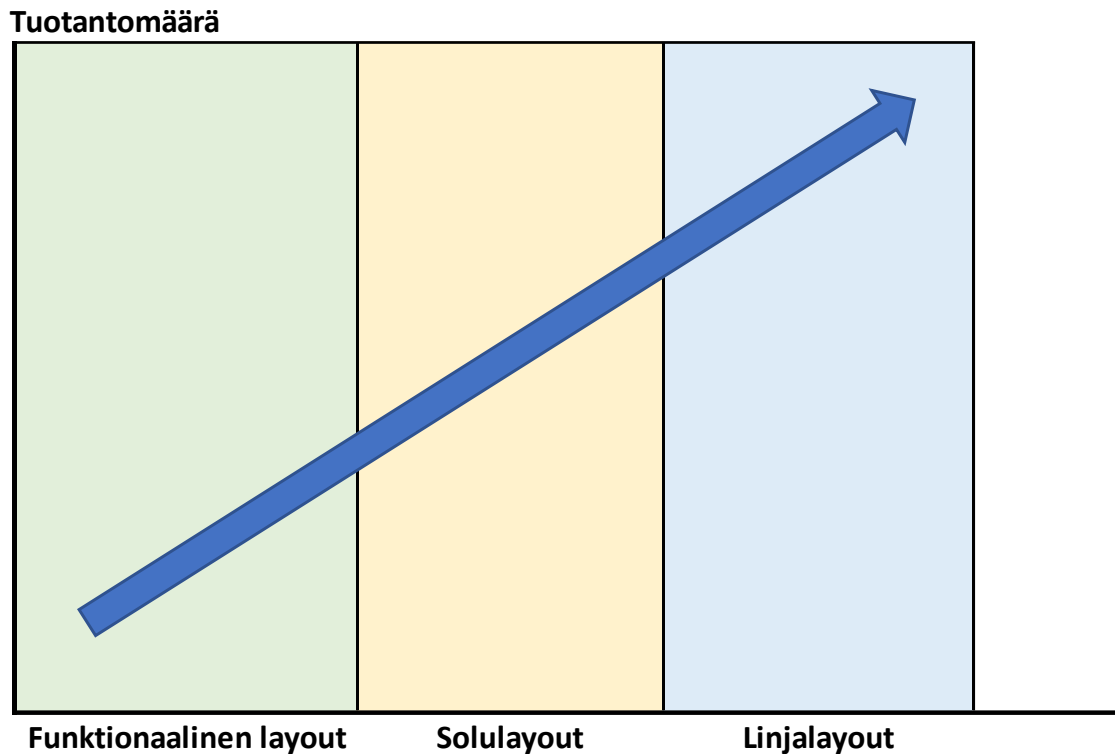
Määrällinen havainnointi toteutetaan:

- epäsuoralla havainnoinnilla työaikaleimausjärjestelmästä sekä
- toiminnanohjausjärjestelmästä saatavissa olevan tiedon perusteella.

3 Layoutsuunnittelu

Tuotteen valmistamiseen vaadittavien tuotantokoneiden, laitteiden sekä välivarastojen fyysinen sijainti suunnitellaan huolellisesti usein jo ennen tuotteen valmistuksen aloitusta. Tuotteen valmistamiseen varatun tilan suunnittelua kutsutaan nimellä layoutsuunnittelu. Layout määrää miten materiaalivirrat tuotannossa kulkevat. Layoutsuunnittelussa em. asiat pyritään järjestämään niille varattuun tilaan siten, että tuotannon tehokkuus saadaan mahdollisimman korkeaksi. Layoutia voidaan joutua muuttamaan joko muuttuneen tuoterakenteen vuoksi tai tuotantovaiheessa havaittujen puutteiden tai ongelmien vuoksi. Ongelma voi olla, esim. havaittu hukka-ajan syntyminen, jos koneet ja laitteet ovat sijoitettu sellaiseen järjestykseen, että tuotteelle ja sen tekijälle syntyy edestakaista liikehdintää tai työpiste ruuhkautuu työvaiheiden välillä. Sikäli tuotteen valmistamiseen vaaditaan useampi työvaihe, hukka-ajan määrä kasvaa vaiheiden lukumäärän mukana. Layoutsuunnitelma tulee tehdä joka kerta huolellisesti, koska laitteiden ja työkalujen siirtely on usein raskasta ja aikaa vievää hommaa ja se on usein pois myös tuotantoajasta. (Slack & Chambers & Johnston 2004, 203–206; Lapinleimu & Kauppinen & Torvinen 1997, 53.)

Tuotantoverstaissa sekä -pajoissa layouttyypit jaetaan kolmeen päätyyppiin. Tuotantolinja-layoutiin, funktionaaliseen layoutiin sekä solulayoutiin. Jokainen päätyypeistä soveltuu erityyppisten tuotteiden valmistamiseen. Tuotteiden valmistusmäärät (kuvio 4) sekä tuotevalikoima määräävät layouttyypin. (Haverila & Uusi Rauva & Kouri & Miettinen 2009, 475.)



Kuvio 4. Tuotantomäärät vaikuttavat layouttyypin valintaan (Haverila ym. 2009, 479, muokattu).

Haverila ym. (2009, 482) mukaan hyvä layout koostuu:

- selkeistä materiaalivirroista,
- joustavasta muunneltavuudesta,
- vähäisistä ja lyhyistä materiaalin siirtovaiheista,
- tehokkaasta raaka-aineen ja / tai puolivalmisteiden sekä valmiiden tuotteiden jakelun helppoudesta,
- sisäisen kommunikaation selkeydestä sekä
- tehokkaasti hyödynnetystä tilan käytöstä.

Layoutin suunnittelussa, oli kyseessä linja-, funktionaalinen- tai solutyypinen ratkaisu pätee kuitenkin sama tavoite, joka on tuotannon tehostaminen ja työvaiheiden järjestyksen määrittäminen. Tuotetta ei voi kilpailukykyisesti valmistaa väärässä tai käännteisessä järjestyksessä. (Slack ym. 2004, 213.)

Linjamainen layout

Linjamainen layout soveltuu suurten valmistusmäärien ja pienen tuotevalikoiman omaavien tuotteiden valmistukseen. Sen tunnusomaisia piirteitä ovat nimensä mukaisesti linjamainen rakenne, joka kulkee useamman työpisteen kautta. Tuote etenee linjalla usein automaatioavusteisten nauhakuljettimien tai nostolaitteiden avulla. Tuote valmistuu linjan loppua kohden työvaihe kerrallaan. Esimerkkinä autoteollisuus, jonka tuotantomäärät automallia kohden voivat olla useita satoja päivässä. Samasta mallista voi olla useampaakin eri variaatiota, mutta tuote sekä linja on suunniteltu siten, että kaikki variaatiot voidaan valmistaa samalla linjalla. (Chase & Jacobs & Aquilano 2006, 241; Haverila ym. 2009, 475.)

Tuotantolinjojen ongelmana on vähäinen häiriönsietokyky. Linjalla tapahtuvan häiriön vuoksi usein koko linja pysähtyy. Työskentely tuotantolinjalla koetaan usein myös yksitoikkoiseksi. Tuotantolinjan perustaminen on kallista korkean automaatiotason vuoksi, mutta sen perustamista puoltavat suuret tuotannon volyymit, joilla investoinnit saadaan kuoletettua suhteellisen nopeasti. (Haverila ym. 2009, 475; Slack ym. 2004, 217.)

Funktionaalinen layout

Funktionaalista layoutia suositaan usein verstaissa, joiden tuotanto on myös funktionaalista. Funktionaalinen tarkoittaa toiminnallista ja toiminnallisessa verstaassa tila on ryhmitelty työtehtävien mukaan, esim. hitsaus-, koneistus-, ja kokoonpanotyövaiheet ovat tehtaan sisällä omia alueinaan. Funktionaalinen tuotanto vaatii huomattavasti enemmän ohjaustoimia kuin linja- tai solutyypin tuotannon ohjaaminen sekä keskeneräisen työn määrä on huomattavasti korkeampi kuin muiden layouttyyppien. Funktionaalisissa verstaissa tuotteiden rakenne on usein vaativa ja yleensä sarjakoot pieniä. Valmistettavat tuotteet ovat valmistuskustannuksiltaan suuria kuten, esim. paperikoneiden komponentit. Funktionaalisessa verstaassa on yleistä, että koneet ja laitteet ovat yleismallisia ja niillä voidaan valmistaa, jollei niin tehokkaasti, mutta sitäkin useampia erilaisia tuotteita. (Haverila ym. 2009, 476; Slack ym. 2004, 217.)

Solutyyppinen layout

Solutyyppinen tuotanto on linja- sekä funktionaalisen layoutin sekoitus. Solutyyppisessä tuotannossa tiettyä tuoteperhettä valmistetaan omilla niille suunnitelluissa soluissa. Tuotteen valmistamiseen vaadittavat tuotantokoneet ja -laitteet on sijoitettu solun sisälle. Solumaisessa tuotannossa tuotteen kokoonpano tapahtuu alusta loppuun asti solussa. Tuotteen valmistus tapahtuu yhden ohjausimpulssin aikana. Työvaiheet yhdistyvät yhdeksi vaiheeksi. Solun tunnusomaisia piirteitä on henkilöstö, joista jokainen hallitsee tuotteen valmistamiseen vaadittavat työtehtävät. Solun työkalut ja laitteet ovat usein räätälöity juuri kyseisen tuotteen valmistamiseen, eikä solussa tulisi näiden lisäksi muita laitteita ja työkaluja ollakaan. Solumaisella ratkaisulla tavoitellaan huomattavasti nopeampia valmistusaikoja kuin funktionaalisisessa layoutissa, mutta kuitenkin pienemmän volyyminsä ansiosta eivät suosi kalliin linjan perustamista. (Haverila ym. 2009, 477; Lapinleimu ym. 1997, 85–86.)

Solulayoutin vahvuudet Chase ym. (2006, 243) mukaan ovat:

- toimivien ihmissuhteiden luoma joukkuehenki, joka lisää työn tuottavuutta.
- Usein soluissa valmistettavien tuotteiden rakenteet eivät vaadi useita vaativia tai aikaa vieviä työvaiheita. Työvaiheet ovat selvästi nähtävissä ja niiden oppiminen on nopeaa.
- Soluissa valmistettavien tuotteiden valmistaminen on nopeaa ja keskeneräistä tuotantoa ei juurikaan esiinny.
- Valmistettavan tuoteryhmän tuotteet ja variaatiot ovat samankaltaisia toistensa kanssa ja niiden valmistamiseen ei tarvita useita erilaisia kone- tai apulaiteasetuksia. Asetusajat jäävät mataliksi.

Kokoonpanotyön osuus tuotteen valmistuksesta on noin (20–40) %. Kokoonpanotyön sisältää kappaleiden varastointia, siirtelyä paikasta toiseen, kappaleiden toisiinsa liittämistä, tarkastusta ja usein myös pakkausvaiheen. Ainoastaan liittäminen työvaiheena kasvattaa tuotteen jalostusarvoa. Muut vaiheet, vaikka ovatkin välttämättömiä, lisäävät tuotannon kustannuksia ja viivettä. (Lapinleimu ym. 1997, 111.)

3.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelumallin mukainen valmistus voidaan jäljittää 1900-luvun alkuun Henry Fordin johtamaan Ford Motor Companyn aikaan. Fordin tehdas oli ensimmäisiä tehtaita, jotka suunnittelivat tuotantolinjansa JIT (Just In Time), eli juuri oikealla hetkellä tapahtuviin toimintoihin. Myöhemmin muutkin tehtaat alkoivat hyödyntämään samanlaista tapaa ajoittaa tuotanto ja näistä tehtaista tunnetuimpana Toyota Motors 70-luvulla. 90-luvulla useat yritykset alkoivat käyttämään JIT-tuotannon sijasta Lean-termiä, jolla tarkoitetaan kaikenlaisen tuotannon hukan karsimista jatkuvan kehittämisen avulla. (Chase & Jacobs & Aquilano 2006, 469–472.) Toyota määritteli tuotannon seitsemän yleisintä hukan aiheuttajaa:

- Ylituotanto. Ylitarpeen teettäminen ja liian suuret valmisvarastot lisäävät tuotteiden varastoinnista aiheutuvia kustannuksia sekä sitovat yrityksen pääomaa.
- Odotusaika. Liialliset odotusajat, joita aiheuttavat tuotantokoneiden hitaus, työntekijöiden osamattomuus sekä takkuilevat materiaalitoimitukset.
- Siirrot. Ylimääräiset materiaalin siirrot lisäävät hukka-aikaa tuotannossa ja lisäävät tuotteen valmistuskustannuksia.
- Prosessi. Itse prosessi tai jokin prosessin toiminnoista voivat olla huonosti suunniteltuja. Myös itse tuote voi olla valmistuksen kannalta epäedullisesti suunniteltu.
- Varastot. Kaikki varastointi maksaa. Puolivalmiste sekä osto-osavarojen tulisi olla mahdollisimman niukasti mitoitettuja. Ei kuitenkaan niin vähäisiä, että on riskinä niiden tyhjentymisestä aiheutunut tuotannon pysähtyminen.
- Liike. Jatkuva työntekijän liikkuminen voi näyttää tehokkaalta, mutta saattaa myös johtua siitä, että tuotannon koneet ovat sijoiteltu harkitsematta.
- Huono laatu. Tuotteiden huono laatu johtaa usein niiden hylkäämiseen. Tällöin menetetään niihin käytetyt raaka-aineet sekä työaika. (Slack ym. 2004, 521–525.)

Yrityksiä on useita erilaisia, on palvelutuotetta sekä hyödykkeitä tarjoavia yrityksiä ja niiden toiminta ja tavoitteet ovat erilaisia. Lean-työkaluja on useita eivätkä samat työkalut sovi jokaiseen yritykseen. On kuitenkin ymmärrettävä Lean-ajattelumallin ydin, joka tarkoittaa ongelmien tunnistamista ja välitöntä puuttumista niiden korjaamiseen. Lean-ajattelu ei ole pelkästään johdon tehtävä vaan kuuluu jokaiselle yrityksen työntekijälle.

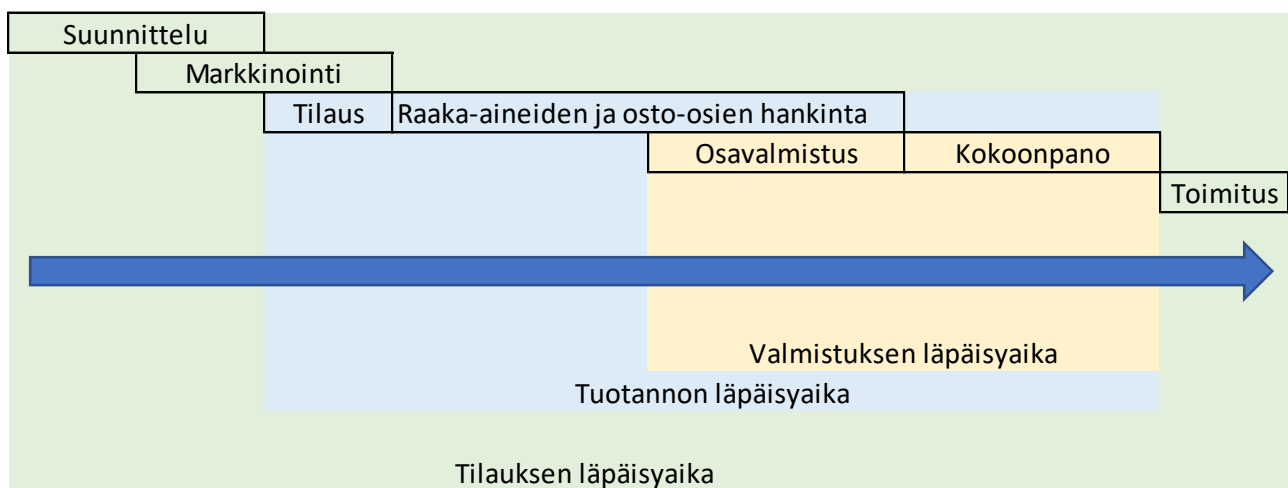
Tehokkaassa tuotannossa saatavilla olevia resursseja käytetään ainoastaan valmistettavan tuotteen jalostusarvon kasvattamiseen. Tuotteeseen käytettävän ajan ja materiaalinkäytön tulisi olla mahdollisimman tehokasta, jotta siihen ei tuhlaannu ylimääräistä työaikaa ja rahaa. Työaika ja materiaalikustannukset maksavat yritykselle ja nostaa siten myös tuotteen myyntihintaa. Korkeampi

myyntihinta vähentää yrityksen kilpailukykyä. Toisen yrityksen valmistaessa samanlaista tuotetta tehokkaammin, on tällä yrityksellä myös paremmat mahdollisuudet pärjätä markkinoilla. Lean-ajattelumallissa myös raaka-aine- sekä valmisvarastot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä, koska niihin sitoutunut yrityksen pääoma on tällöin käytössä yrityksen toiminnan kehittämiseen. (Lapinleimu ym. 1997, 111; Haverila ym. 2009, 428–429.)

3.2 Läpäisy aika

Tuotannon tärkeimpiä mittareita on läpäisy aika. Läpäisy aikaa voidaan mitata koko toimitukselle tai toimitusprosessin toiminnolle. Tehokkaasti toimivalla layoutilla pyritään lyhentämään läpimeno aikoja. Lyhyemmät läpimenoajat keventävän tuotannon ohjattavuutta. (Lapinleimu 1997, 92.) Lapinleimun ym. (1997, 53) mukaan toimitusprosessin läpäisyajan määrittävät:

- Suunniteltu tuotteen rakenne,
- materiaalihankintoihin kuluva aika sekä
- valmistuksen läpäisy aika.



Kuvio 5. Läpäisyajat tuotannossa. Toimitusprosessi alkaa asiakkaan tarpeesta edeten sen tyydyttämiseen toimittamalla tilattu tuote (Lapinleimu ym. 1997, 54, muokattu).

Tuotteen rakenne määrittää kuinka läpäisy aikaa kannattaa mitata. Jos kyseessä on suuri, esim. valamerilaiva, sen läpäisy aika ilmoitetaan usein tilauksen läpäisy aikana. Tilauksen läpäisy aika kertoo

koko laivan valmistukseen kuluvan ajan. Tilauksen hyväksymisen jälkeen alkaa vasta suunnittelu- vaihe. Tilauksen läpäisy aika päättyy, kun laiva luovutetaan sen tilanneelle yhtiölle. Usein tuotteet, joita valmistetaan suuria määriä pitkään samalla rakenteella, tarkastellaan ja kehitetään valmistuksen läpäisy aika. Valmistuksen läpäisy aika voidaan jakaa osavalmistukseen ja kokoonpanoon (ku- vio 5). Läpäisy aika kertoo yrityksen toiminnan tasosta. Jos toiminta on suunniteltu hyvin, läpäisy- aika on mahdollisimman lyhyt ja toimitukset ajallaan. Linja- sekä solutuotannossa läpäisyajat ovat lyhyitä verrattuna funktionaalisesti toimiviin verstaasiin. Riskienhallinnan kannalta linja- ja solutu- o- tannossa raaka- ainevarastojen sekä valmisvarastojen tulee olla vastaavasti suurempia, jottei raaka- aineiden saatavuusongelmien myötä tuotanto pysähdy, tai jos näin pääsee käymään, voi- daan tuotetta hetkellisesti toimittaa asiakkaalle valmisvarastoista. (Lapinleimu ym. 1997, 55–58.)

Valmistuksen läpäisyajan lyhentämiseen voidaan Lapinleimun ym. (1997, 55–58) mukaan vaikut- taa:

- Tehokkaammilla koneilla sekä -laitteilla,
- sijoittamalla työtilan laitteet ja varastot paremmin,
- lisäämällä työvaiheiden välille välivarastoja,
- kehittämällä raaka- aineen saatavuutta ja laatua,
- tehostamalla materiaalivirtoja tai
- tuotteen uudelleen suunnittelulla.

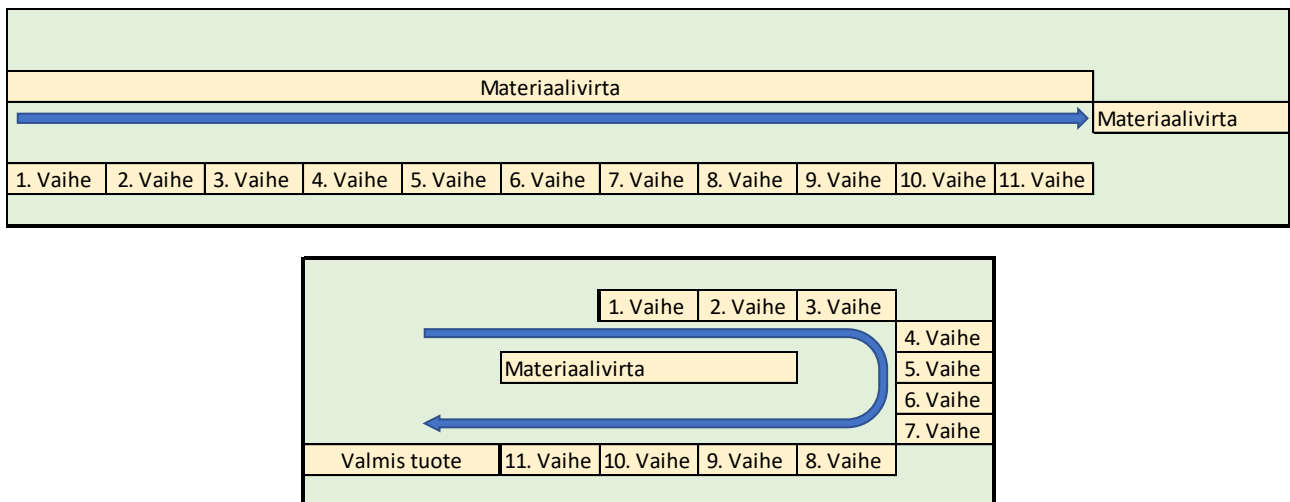
3.3 Tuotannon materiaalivirrat

Tuotannon materiaalivirroilla tarkoitetaan raaka- aineen, puolivalmisteiden sekä keskeneräisen tuotannon kulkua tuotannossa. Materiaalivirran tulisi olla yhdensuuntaista, eikä edestakaista lii- kettä tulisi olla. Materiaalivirtoihin voidaan vaikuttaa suunnittelemalla tuotannon layout, siten, että tuotantokoneet sekä -laitteet ovat siinä järjestyksessä missä tuotetta jalostetaan. Työvaihei- den etäisyydet tulisi olla mahdollisimman lyhyitä, jolloin hukka- aikaa ei synny pitkien välimatkojen vuoksi. (Chase ym. 2006, 227; Slack ym. 2004, 203). Vaikka layout olisi suunniteltukin hyvin, voivat erilaiset tuoterakenteet aiheuttaa edestakaista liikettä sikäli, esim. tuotteen valmistaminen vaatii esikoneistus- vaiheen lisäksi hitsausvaiheen jälkeistä oikaisukoneistusta. Layoutsuunnittelussa har- vemmin päädytään täydelliseen ratkaisuun. Lähes poikkeuksetta layoutiin vaikuttavien tekijöiden ollessa suuri, päädytään jonkin asteiseen kompromissiratkaisuun (Haverila ym. 2009, 482–483).

Layoutin suunnittelun tärkeimpiä osuuksia on selvittää materiaalivirrat. Solulayoutissa materiaalivirrat koostuvat:

- Raaka-aineen sijoittelusta. Raaka-aineiden välivarastot tulisi sijoittaa mahdollisimman lähellä ensimmäistä työvaihetta.
- Puolivalmisteiden ja osto-osien sijoittelussa tulee huomioida myös sama kuin raaka-aineen varastoinnissa. Välivarastot tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle sitä vaihetta, jossa niitä tarvitaan.
- Koneiden ja laitteiden sijoittelu tulee olla siinä järjestyksessä missä niitä valmistettavan tuotteen rakenteen kannalta käytetään.

Solulayoutissa koneiden ja laitteiden sijoittelu ei välttämättä tarkoita materiaalivirtojen mukaista yhdensuuntaista järjestystä kuten linjalayoutissa. Sijoittelussa tulee huomioida myös muuttuva kapasiteetti. Layout, jossa laitteet ovat järjestetty riviin, eivät ole yhtä joustavasti sijoitettu kuin, esim. kuvion 6 mukaisesti U-muotoon järjestetyt laitteet. U-muotoon järjestetyt laitteet ovat mukaisesti tuotannon kannalta joustavammassa järjestyksessä. Kun solussa tai linjalla työskentelee useampi henkilö, voidaan työvaiheita tasapainottaa siten, että henkilö, joka suorittaa ensimmäisen vaiheen, voi suorittaa tarvittaessa myös vaiheet 10 ja 11. Hukka-aika lyhenee lyhyempien siirtymien vuoksi. (Chase ym. 2006, 240; Slack ym. 2004, 238.)



Kuvio 6. Materiaalivirta. Ylempänä yhdensuuntainen virtaus. Alemmassa sama materiaalivirta U-muodossa (Chase ym. 2006, 240; Slack ym. 2004, 238, muokattu).

3.4 Layoutsuunnittelun työkalut

Tuotannossa hukka-aikaa syntyy kuitenkin lähes poikkeuksetta. Hukka-aikaa syntyy, kun tuotteella on turhia siirtoa, odotusta tai työntekijöillä on turhaa liikettä työtehtävien aikana. Kaikki valmistuksen kannalta tehdyt siirrot tulisi olla tarkoituksen mukaisia, edeten aina seuraavalle työpisteelle, jolla tuotetta jatkojalostetaan. Layoutsuunniteluun on olemassa erilaisia työkaluja. Kaikki työkalut eivät sovellu jokaiseen layouttyyppiin. Solulayoutin suunnittelussa ja kehittämisessä yleisesti käytetään työkaluina tuotantomääräanalyysia, työnkulkukaavioita sekä työajanmittausta. (Chase ym. 2006, 237–239; Haverila ym. 2009, 492; Slack ym. 2004, 235–236.)

Tuotantomääräanalyysi (ABC-analyysi)

ABC-analyysiä käytetään ohjausperiaatteiden hallinnassa sekä materiaalinhallinnan kehityskohteiden etsinnässä (Haverila 2009, 457). Tuotantomääräanalyysin tarkoitus on poimia ne tuoteperheet tai tuotteet, joita on valmistettu tai arvioidaan valmistettavan eniten. Usein käytetään jakoa 80 / 20, joka tarkoittaa sitä, että tuotteet joiden valmistus kokonaisvalmistusmäärästä on yhteensä 80 % huomioidaan tutkimuksessa. Tuotteet joiden valmistusmäärät yhteensä ovat 20 % kokonaisvalmistusmäärästä, jätetään tutkimuksen ulkopuolelle. Tuotantomääräanalyysistä käytetään usein nimitystä ABC-analyysi. ABC-analyysissä A-tuotteet muodostavat 80 % osuuden ja muut tuotteet voidaan jakaa B- ja C-tuotteiksi. Luokkajako voidaan tehdä myös ilman C-luokkaa jollei sille ole välttämätöntä tarvetta (Haverila ym. 2009, 457–458).

Tuotantomääräanalyysissä tuotteiden valmistusmääriä tarkastellaan pidemmältä ajanjaksolta. Ajanjaksona voidaan käyttää esim. edellistä vuotta ja sen aikana valmistettujen tuotteiden määriä. Tehdastasolla voidaan tarkastella kokonaisia tuoteperheitä ja solukohtaisesti voidaan tarkastella tuoteperheen tuotteiden määriä. Sikäli historiatietoja kohteesta ei ole käytettävissä tehdään analyysi ennusteiden perusteella.

Työnkulkukaavio

Työnkulkukaaviossa valmistuksen vaiheet merkitään siihen järjestykseen kuin ne tuotteen rakenteen kannalta ovat edullisimmat. Työvaiheille annetaan nimet ja ne voidaan merkitä numeroin tai

kirjaimin. Vaiheajoille mitataan ajat ja merkitään ne ylös. Nämä ajat määrittävät jatkossa tuotantolinjan tai -solun tasapainottamiseen tarvittavat lähtötiedot. Työnkulkukaaviossa solun työpisteet ja tehtävät merkitään ja niille annetaan mitatut vaiheajat. Vaiheajojen pohjalta työpisteet jaetaan osastoittain siten, että jokaisen osaston työpisteiden yhteisaika on sama tai ainakin hyvin lähellä toisiaan. Osastot määräytyvät hitaimman työvaiheen mukaan. Nopeammat työvaiheet siirretään samalle osastolle, sikäli se on mahdollista tuotteen rakenteen kannalta. Usein kokoonpanovaihe on hitain vaihe ja se jää viimeiseen osastoon. (Chase ym. 2006, 237–239; Slack ym. 2004, 235–236.) Osastoinnilla pyritään siihen, että, esim. osavalmistuvaiheen ei tarvitse odottaa kokoonpanon työvaiheiden valmistumista, jos välivarastoja on rajallisesti käytössä. Jos kokoonpanovaihe on vastaavasti nopeampi, syntyy kokoonpanoon hukka-aikaa, kun osavalmistusta joudutaan odottamaan. Sikäli tuotantoa ei voida kehitettävässä kohteessa tasapainottaa, on tällöin vaihtoehtoina hukka-ajan ehkäisemiseksi:

- Limittää työvuoroja siten, että osavalmistus aloittaa työvuoronsa sen verran aiemmin, että kokoonpanovaiheelle riittää jatkuvasti työtä työvuoron ajaksi. Näin toimittaessa välivarastojen koko kasvaa huomattavasti. (Chase ym. 2006, 698–700.)
- Lisätä henkilöresursseja jouduttamaan hitaampia työvaiheita.

Sikäli joudutaan lisäämään henkilöresursseja, tulee layoutin olla sellainen, että siinä voi useampi henkilö samaan aikaan työskennellä (Chase ym. 2006, 240).

Työajanmittaus

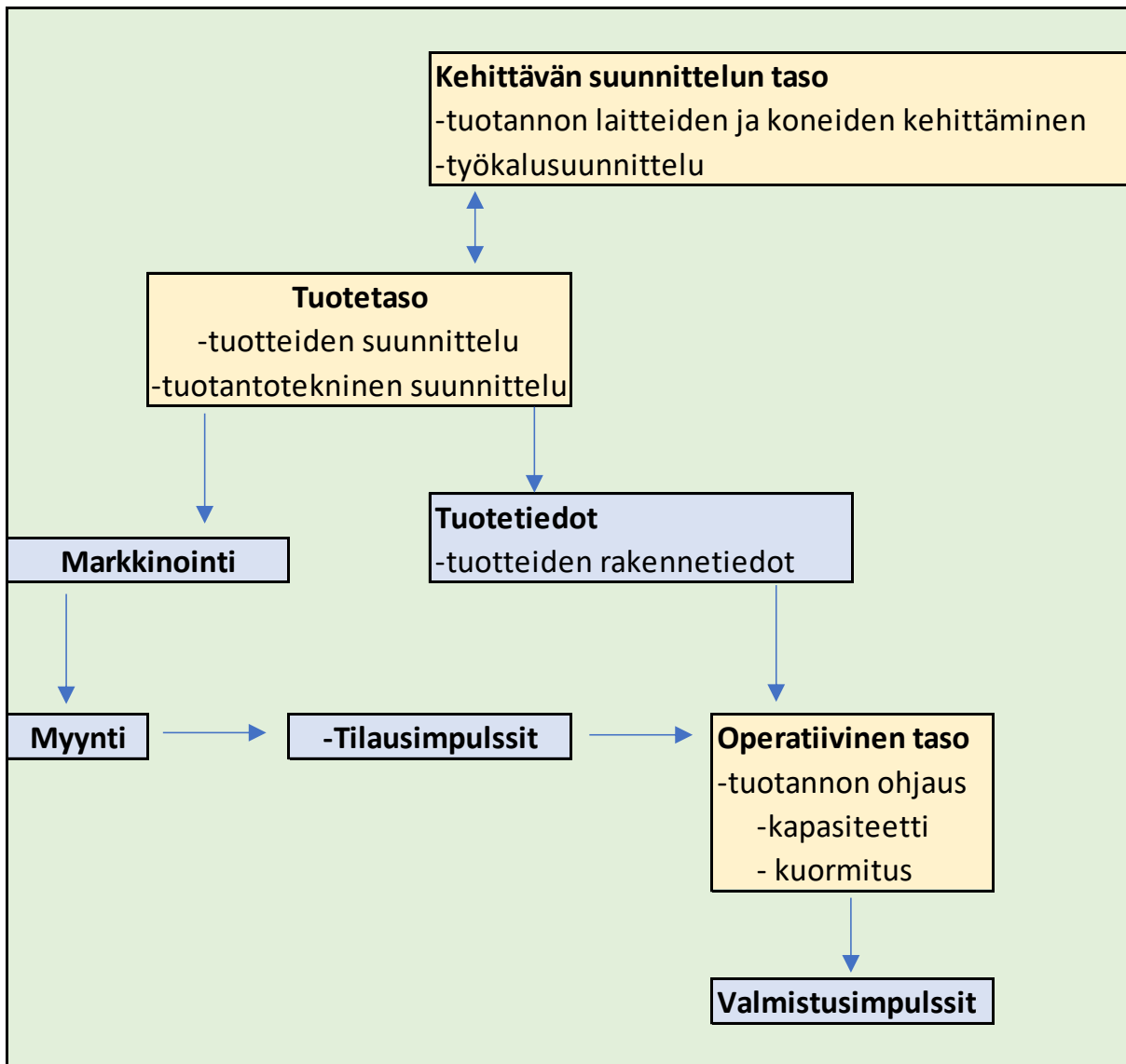
Työ- ja vaiheajojen mittaus tukee layoutin suunnittelua ja tuotannon osastointia. Nopeasti valmistettavien tuotteiden työaikojen mittaaminen voidaan laskea työvuoron aikana valmistuneiden kappalemäärien mukaan. Jakamalla käytetty työaika valmistuneiden tuotteiden määrällä saadaan yhden tuotteen valmistuksen vaatima aika. Tätä aikaa käytetään kapasiteettien hallinnassa. Tuotteen rakenne määrittelee valmistusajan. Valmistusaika voidaan ilmoittaa erilaisissa aikayksiköissä riippuen tuotteesta. Nopeasti valmistettavien tuotteiden valmistusajat voidaan ilmoittaa sekunneissa kuten myös vaiheajat. Tuotteet joiden rakenne vaatii useita, jopa satoja tunteja aikaa, on selkeämpi ilmoittaa vaiheajat tunneissa ja osavalmistus- ja kokoonpanoaika päivissä tai viikoissa.

Usein näiden tuotteiden valmistus tapahtuu funktionaalisessa tuotannossa, joten kuormitus-aikoina käytetään valmistuksen vaatimia kone- sekä henkilötyötunteja kapasiteetin määrittämissä. (Haverila ym. 2009, 492–493.)

4 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjauksella ja -johtamisella tarkoitetaan laaja-alaisesti kaikkia niitä vastuita ja päätöksiä, jotka vaikuttavat tuotteen tai palvelun toimittamiseen asiakkaalle. Päätöksiin, joilla vaikutetaan tuotteen tai palvelun toimittamiseen vaikuttavat tuotannon operatiivinen taso (kuvio 7). Tuotannon tilaa tutkimalla ja kehittämällä pyritään vähentämään valmistuskustannuksia, lisäämään asiakastyytyvää ja yrityksen pääomaa. Jatkuva tutkiminen myös kehittää tutkivan henkilön taitoja lukea tuotannon tilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tuotannonohjaaminen ja johtaminen pitää sisällään myös prosessien suunnittelun. Prosessi sisältää monia toimintoja ja jokaisen toiminnon muokkaamisella on vaikutusta prosessin ja tuotannon kokonaistilaan. (Slack ym. 2003, 6–12, 775.)

Tuotantoprosessien eri toimintojen kehittäminen kuuluu osaksi esimiehen työtehtäviä (Chase ym. 2006, 181). Tuotannonohjaukseen kuuluu mm. kapasiteetin hallinta ja työpisteiden kuormittaminen. Usein työpisteen kuormitus määritetään tilausmäärien tai ennusteiden pohjalta. Onnistuneella layoutilla on suuri merkitys kapasiteetin määrään työpisteiden kuormittamiseen. Tilausmäärien vaihdellessa kapasiteetin tarve vaihtelee työpisteellä. Työpisteen layoutin tulee tällöin olla joustava sekä toimia vaihtelevilla henkilömäärillä.



Kuvio 7. Tuotannon suunnittelujärjestelmän kolme tasoa. Tuotannonohjaus kuuluu osaksi operatiivisen tason toimintaa (Lapinleimu ym. 1997, 21, muokattu).

4.1 Kapasiteetti

Kapasiteetti on tuotannon kykyä kuvaava mittari. Kapasiteetilla voidaan ilmoittaa koko tehtaan, tuotantosolun, linjan tai osaston enimmäiskyvyyn, jota se voi valmistaa mitatulla aikavälillä. Kapasiteetti voidaan ilmoittaa valmistettavien tuotteiden määränä tai käytettävissä olevalla työtuntimäärällä. Paperitehtailla kapasiteetti ilmaistaan määränä, usein tonnia tunnissa. Sikäli valmistettavien tuotteiden rakenteet poikkeavat huomattavasti toisistaan voidaan kapasiteetti ilmoittaa saatavilla olevina työtunteina viikossa. Tuotannon kapasiteettia säädellään sekä ohjataan tilauskannan mukaan. Jos tilauskanta laskee, voidaan henkilöresursseja ohjata niihin työtehtäviin, joissa tarvitaan

lisää työtunteja. Vastaavasti tilausmäärien kohotessa, pyritään resursseja ohjaamaan lisää kyseisiin työtehtäviin. (Haverila ym. 2009, 399–400.)

Riskienhallinnan kannalta käytettävissä olevien henkilöresurssien ammattitaidon, varsinkin tuotantosolussa tulisi olla sillä tasolla, että jokainen osaa tuotteen valmistuksen työvaiheet. Tällöin kapasiteetin hallinta sekä toimitusajakohdan arvioiminen helpottuu. Henkilöresurssien loma-aikojen järjestäminen voi käydä haastavaksi sikäli resurssit joudutaan suunnittelemaan ammattitaidon perusteella. Ennakoimattomissa tilanteissa, kuten avainhenkilöiden sairauspoissaolojen aikana voi tuotanto seisahtua kokonaan. (Juvonen & Koskensyrjä & Kuhanen & Ojala & Pentti & Porvari & Talala 2014, 46.)

4.2 Kuormittaminen

Kuormitus ilmaisee kuinka paljon suunnitellut tuotantomäärät varaavat kapasiteettia. Kun tilausmäärät kasvavat, eli kuormitus kasvaa, kasvaa myös kapasiteetin tarve.

Kokonaiskuormitus

Kokonaiskuormitusta käytetään, kun suunnitellaan vuotuisia budjetointeja ja siitä vastaa yrityksen ylin taso. Kokonaiskuormitukseen vaikuttavat yrityksen tilauskanta, varastotilanne ja tulevaisuuden ennusteet. Ennusteiden avulla tasoitetaan tilausmäärien vaihtelujen synnyttämiä tuotantopiikkejä. Ennusteiden ollessa liian positiivisia, raaka-ainevarastoihin sitoutunut pääoma on liian suuri ja tuotannon liialliset henkilöresurssit aiheuttavat hukka-aikaa, kun työtä ei ole tarjota. Pahimmassa tapauksessa tämä voi aiheuttaa lomautuksia ja irtisanomisia. Sikäli ennustetaan tulevan tilauskannan olevan toteutunutta alhaisempi, toimituksiin aiheutuu myöhää ja työvoimakustannukset kasvavat ylitöiden vuoksi. Kokonaiskuormituksessa ennustetaan ja suunnitellaan henkilöstötarpeen lisäksi sopimukset mm. materiaalintoimittajien, logistiikkayritysten sekä muiden alihankkijoiden kanssa. (Haverila ym. 2004, 411–413.) Kokonaiskuormituksen lisäksi voidaan kuormitustyyppit jakaa karkea- sekä hienokuormitukseen. Näitä kuormitustyyppejä käytetään tuotannon operatiivisella tasolla.

Karkeakuormitus

Karkeakuormituksessa suunnitellaan tuotannon resurssien käyttö seuraavan kuukauden tai viikon ennusteen tai tilauskannan mukaisesti. Karkeakuormituksessa tuotannon henkilöresurssit järjestetään tilausmäärien mukaisesti, esim. solukohtaisesti. Alihankinnasta tulevien osto-osien toimittajien kanssa neuvotellaan tulevat tarpeet sekä tiedotetaan asiakasta jollei tilattua tuotetta voida ajoissa toimittaa. Karkeasuunnittelussa seurataan tilauskantaa, ennusteita sekä varastotilannetta. Em. tietoja seurataan yleensä toiminnanohjausjärjestelmästä jonne tiedot päivittyvät myynnin ja varastotilanteen mukaan.

Toimitusvarmuudella tarkoitetaan tuotteiden toimitusta asiakkaalle oikeaan aikaan. Toimitusvarmuus laskee, jos toimituksia myöhästyy tai ne ovat liian aikaisessa. Liian myöhät toimitukset vaikuttavat asiakastyytyväsyyteen, jos tuotetta joudutaan odottamaan. Liian aikainen toimitus lisää asiakkaan varastointikustannuksia jollei tuotteelle ole tarvetta sovittua toimitusaikaa aiemmin. (Haverila ym. 2006, 415–416.)

Hienokuormitus

Hienokuormitusta tehdään usein päivä- tai korkeintaan viikkotasolla. Toiminnanohjausjärjestelmästä saatava tieto soveltuu karkeakuormitukseen, koska toiminnanohjausjärjestelmät eivät huomioi henkilöresurssien määrää. Hienokuormitus on lähes päivittäistä riippuen sen hetkisistä ennustamattomista resurssiongelmista. Yllättävinä resurssiongelmina voidaan pitää, mm. saapuneen raaka-aine erän virheellisyyttä, sairauspoissaoloja, laite- tai koneongelmia. Hienokuormittamisesta tekee haastavaa se, että se vaatii nopeaa reagointia tuotannon aikana hukka-ajan minimoimiseksi. (Haverila ym. 2006, 417–420.)

Yksinkertainen tapa karkea- tai hienokuormituksen henkilöresurssitarpeen laskemiseen on, kun tiedetään tuotteen menekien ennuste tai varmistuneet tilausmäärät. Lähtötietoina riittää valmistusmäärä ja -aika sekä työvuoron pituus. Esimerkissä tuotteen valmistusaika sekunteina, eli kyseessä nopeasti valmistettava tuote. Työvuoron pituutena käytetään 7,5 tunnin pituista ajanjaksoa, eli työvuoron pituutta vähennettynä taukoajat.

$$\frac{\text{Suunniteltu valmistusmäärä} * \frac{\text{Valmistusaika}}{1 \text{ kpl}}}{\text{Työvuoron pituus} * 5 \text{ päivää}}$$

$$\frac{1000 \text{ kpl} * \frac{900 \text{ s}}{1 \text{ kpl}}}{27000 \text{ s} * 5 \text{ d}} = 6,7 \text{ hlö}$$

Esimerkkilaskelman mukaan työtehtävään tarvitaan kapasiteettia seitsemän henkilön verran. Esimerkissä ei ole huomioitu tuotannon katkoksia. Tehtaissa tai verstaissa, joissa valmistetaan useita erilaisia tuotteita, täytyy jokaisen tuotteen valmistusaika olla tiedossa. Ennustetun kysynnän tai tilausmäärän muuttuessa, voidaan laskea myös saatavissa olevien henkilöresurssien pohjalta, kuinka paljon tuotteita voidaan tilauksille valmistaa. Valmistavassa asiakaslähtöisessä tuotannossa tämän tiedon pohjalta myyntiosasto voi asiakkailleen arvioida toimituspäivämäärän. Myyntiosastolle tieto voidaan myös ilmoittaa tuotannon puolelta laskemalla käytössä olevien henkilöresurssien pohjalta, kuinka monta tuotetta voidaan valmistaa, esim. seuraavan viikon aikana. Alla laskettuna kuinka monta tuotetta voidaan neljän henkilön kapasiteetilla valmistaa viikossa.

$$\frac{4 \text{ hlö} * 27000 \text{ s} * 5 \text{ d}}{900 \text{ s}} = 600 \text{ kpl}$$

5 Nykytila

5.1 Havainnoinnilla ja haastatteluilla kerätty tieto

Opinnäytetyön kohteeseen tutustuminen aloitettiin suoralla strukturoimattomalla havainnoinnilla, jossa tutkija seurasi teräspiippusolun toimintaa. Teräspiippusolun toimintaa ja materiaalivirtoja seurattiin tuotannon aikana. Työvaiheikoja tarkistettiin ja verrattiin niitä määrällisenä lähteenä toimivaan työaikaleimausjärjestelmän lukemiin. Tällä pyrittiin siihen, että lähtötiedot vaiheajoille olisi mahdollisimman realistiset. Havainnointi itse kohteessa auttoi myös hahmottamaan teräspiippusolun tilan tarvetta sekä laitteiden ja koneiden uudelleen sijoitusta.

Teräspiippusolun työntekijöiden haastattelut käytiin kahden kesken. Osa haastatteluista oli tuotannon aikana tapahtuvia muutaman minuutin mittaisia haastatteluja, joilla pyrittiin varmistamaan lähinnä tuotteiden rakenteisiin liittyviä kysymyksiä ja varmistamaan, että vaiheajojen pohjalta lasketut valmistusmäärät ovat realistisia. Eräälle yksilöhaastattelulle järjestettiin aikaa kalenterista, jotta solun tilasta ja toiminnasta voitiin keskustella rauhallisessa ympäristössä ilman kiirettä. Tämän haastattelun etuna oli se, että kysymyksistä ja vastauksista aiheutunutta keskustelua voitiin jatkaa niin kauan, että tutkijan ja haastateltavan välille ei jäänyt kysyttävää. Haastattelussa käytettiin apuna ennalta laadittua kysymyslistaa, jolla pidettiin haastattelu ”raiteillaan”. Haastattelu nauhoitettiin ja tutkija hyödynsi sitä kuuntelemalla sen uudestaan haastattelun jälkeen.

Työaikaleimausjärjestelmästä saatiin tietoa vaiheajoista. Vaiheajat saatiin laskettua urakkahinnoiteltujen vaiheiden perusteella, mittaamalla ne työn aikana sekä varmistamalla ne haastattelemalla. Toiminnanohjausjärjestelmästä saatiin tietoa valmistettavien tuotteiden rakenteesta nimiketasolla sekä tuotteiden vuosittaiset myyntimäärät (liitteet 2–4) ja myyntimäärien vaihtelut vuoden eri aikoina. Liitteiden taulukoissa kuvaajien valkoiset tolpat edustavat valmistettujen nimikkeiden määriä. X-akselin lukemat kuvaavat vuoden 2020 viikkoja. X-akselin alapuolella näkyvät tilausmäärät. Tätä tietoa hyödynnettiin layoutsuunnittelussa sekä toiminnanohjauksen kehittämässä. Näiden yhdistelmällä saatiin solun jokaiselle työvaiheelle laskettua liitteen 5 mukaiset vaiheajat. Vaiheet numeroitiin ja niiden välttämättömät edeltävät työvaiheet merkittiin samaan luetteloon Chase ym. (2004, 250–251) mukaisesti. Vaiheajojen lisäksi määritettiin tuotteet joiden menekki (liite 1) kokonaisuudessaan vastaa noin 80 prosenttia solun tuotannosta. Tämä kartoitus toteutettiin primääriaineiston, toiminnanohjausjärjestelmästä saadun tiedon perusteella tarkastamalla jokaisen solussa valmistettavan nimikkeen vuoden 2020 tilaus- ja valmistusmäärät.

Primääriaineiston, toiminnanohjaus- sekä työaikaleimausjärjestelmästä saadun tiedon lisäksi tutkimukseen käytettiin sekundääriaineistona haastattelujen lisäksi tekniikan kirjallisuutta. Kirjalliseen materiaaliin tutustuminen aloitettiin etsimällä niistä toisiaan tukevia sekä täydentäviä väittämiä. Kirjallisesta materiaalista pyrittiin etsimään layoutsuunnittelua käsittelevän perustiedon lisäksi matemaattisesti hyödynnettävää tietoa ja ohjeistusta. Teoria-aineiston käsittelyä tutkimuksen aikana nopeutti kirjoista tehdyt muistiinpanot, joiden avulla kulloinkin vaadittavaan aineistoon päästiin nopeasti palaamaan. Tuotannonsuunnittelua käsittelevistä teoksista saatiin tietoa, kuinka layoutia

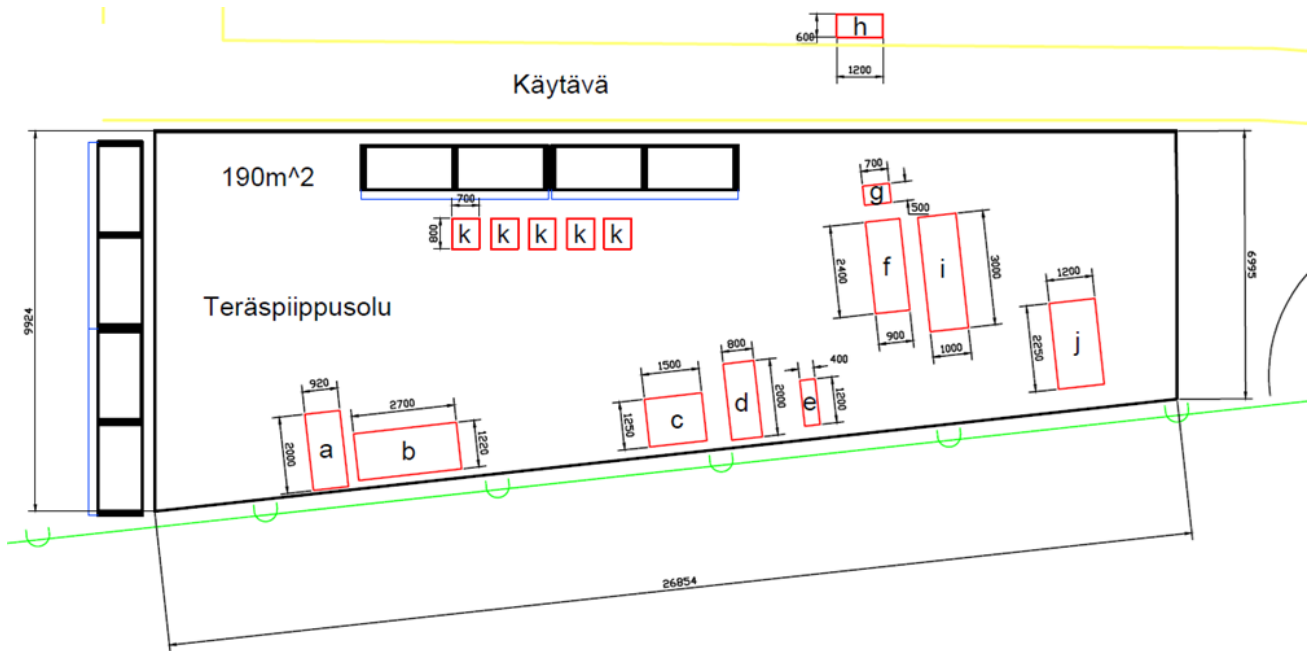
suunnitellaan sekä tietoa kuormitustavoista. Layoutsuunnittelussa voidaan hyödyntää useita erilaisia menetelmiä. Eri menetelmistä valittiin ne, joiden parhaiten katsottiin soveltuvan solulayoutin suunnitteluun ja kehittämiseen.

Kirjallisen teoria aineiston lisäksi tutustuttiin myös muutamaaan Jyväskylän ammattikorkeakoulun palvelimelta löytyvään samaa aihetta käsittelevään opinnäytetyöhön. Tästä oli hyötyä varsinkin raportoinnin rakenteen ja tutkimuksen laajuuden hahmottamisessa.

5.2 Nykyinen layout

Nykyisen layoutin mitoitus ja piirtäminen

Harvian kiukaiden ja tuotteiden kokoonpanotyöt suoritetaan pääosin soluissa. Jokaisella tuoteryhmällä on oma solunsa, joissa tuotteita valmistetaan tuoteperheittäin. Layoutsuunnittelu aloitettiin mitoittamalla teräspiippusolulle varattu alue. Alueella kiinteänä olevat kuormalavahyllyt lisättiin pohjakuvaan. Tämän jälkeen pohjakuvaan lisättiin koneet ja laitteet, joiden ulkomitat tutkija kävi mittaamassa kohteessa. Näin saatiin nykyinen layoutpiirustus, joka on nähtävillä kuviossa 8. Teräspiippusolussa työskentelee vaihtelevasti 3–5 henkilöä. Solun pinta-ala on noin 200 m² ja sen konekanta koostuu perinteisistä ohutlevyvalmistuksessa käytettävistä koneista, kuten levymankeista, piste- sekä vastuskiekkohitsauskoneesta. Perinteisten koneiden lisäksi solussa on neljä puristinta, jotka ovat suunniteltu ja valmistettu Harvian kunnossapito-osastolla. Puristimet ovat erikoisvalmisteisia ja tarkoitettu savuputkien sekä suojavaippon päiden levittämiseen ja muotoiluun. Koneiden lisäksi solussa on kasausjigi, jossa teräspiiput kootaan ja pakataan. Puolivalmisteita siirrellään pääasiassa rullakoilla, joihin mahtuu useampia osavalmistuosastolla valmistettuja nimikkeitä. Rullakoita solussa on viisi ja ne on merkitty layoutiin merkinnällä ”k”. Solussa valmistettavat puolivalmisteet tehdään hitsaus- ja levitysvaiheeseen asti osavalmistuosastolla ja tuotteet kootaan valmiiksi vetoniiteillä kokoonpano-osastolla. Valmis tuote pakataan ja nostetaan kuormalavoille odottamaan valmisvarastoon siirtämistä. Solun kalusto on merkitty layoutiin kirjaimin. Kirjaimien selitteet ovat taulukossa 1.



Kuvio 8. Teräspiippusolun nykyinen layout.

Taulukko 1. Solun kalustolle annettujen merkintöjen selitykset.

Layoutissa	Selite
a	Pakkauspöytä
a2	Pakkauspöytä (uusi layout) + Whp-as pakkauspöytä
b	Whp1500 kasausjigi
b2	Whp1500 kasausjigi (uusi layout)
c	Suojavaipan levitystyökalu
d	Kiekkohitsauskone
e	Pistehitsauskone
f	Mankeli
g	Savuputken levitin
h	Alapäädyn asennustyökalu
i	Savuputken päiden levitystyökalu
j	Whp-as pakkauspöytä
k	Rullakko

Nykyinen layout jakautuu kasausjigin (b) ja suojavaipan levitystyökalun (c) kohdalta osavalmistus ja kokoonpano-osastoihin. Tilan keskialue toimii välivarastona solussa valmistettaville savuputkille ja suojavaipoille. Kokoonpanotyössä tarvittavia muita puolivalmisteita sekä osto-osia varastoidaan

lavahyllyissä sekä kasausjigiin kuuluvan työpöydän alla. Teräspiipun tarvikepakkauksen osat on varastoitu pakkauspöydän (j) alle sekä lavoille lattialle.

Työvaiheet ja -ajat

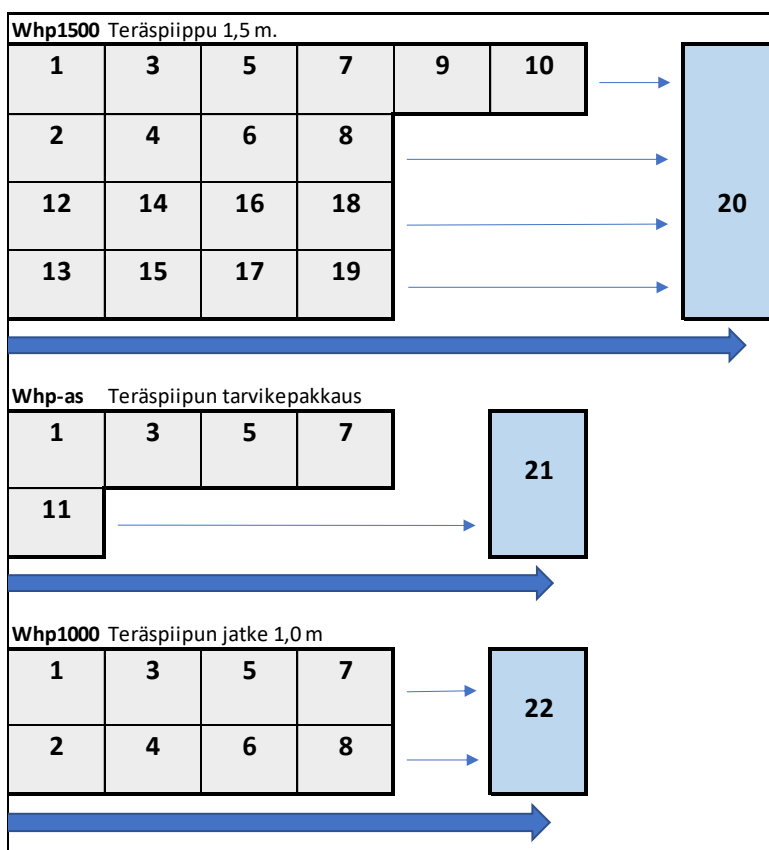
Taulukkoon 2 on koottu työvaiheiden numerot ja -nimet. Työvaiheet on määritetty perehtymällä valmistettavien tuotteiden rakenteeseen, työaikaleimausjärjestelmästä saaduilla tiedoilla, haastatteleamalla työntekijöitä sekä itse kohteessa mittaamalla. Taulukkoon on myös merkitty työvaihetta edeltävä työvaihe. Edeltävien työvaiheiden määrittäminen katsottiin välttämättömäksi työnkulukaavion sekä materiaalivirtojen selvittämiseksi. Vaiheajat ovat merkitty liitteen 5 taulukkoon.

Taulukko 2. Työvaiheiden nimeäminen, numerointi sekä edeltävät työvaiheet.

WHP1500		
Vaihenro.	Työvaiheen nimi	Edeltävä työvaihe
1	Savuputken mankelointi 1 m	-
2	Vaipan mankelointi 1 m	-
3	Savuputken silloitus 1 m	1
4	Vaipan silloitus 1 m	2
5	Savuputken hitsaus 1 m	1,3
6	Vaipan hitsaus 1 m	2,4
7	Savuputken päiden levitys 1 m	1,3,5
8	Vaipan päiden levitys 1 m	2,4,6
9	Alapäädyn asennus	1,3,5,7
10	Savuputken tyssäys	1,3,5,7,9
12	Savuputken mankelointi 0,5 m	-
13	Vaipan mankelointi 0,5 m	-
14	Savuputken silloitus 0,5 m	17
15	Vaipan silloitus 0,5 m	18
16	Savuputken hitsaus 0,5 m	17,19
17	Vaipan hitsaus 0,5 m	18, 20
18	Savuputken päiden levitys 0,5 m	17,19,21
19	Vaipan päiden levitys 0,5 m	18,20,22
20	Whp1500 kokoonpano ja pakkaus	1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10,11,12,13, 14,15,16,17,18 ,19
	Aika yhteensä	
WHP-AS		
Vaihenro.	Työvaiheen nimi	Edeltävä työvaihe
1	Savuputken mankelointi 1 m	-
3	Savuputken silloitus 1 m	1
5	Savuputken hitsaus 1 m	1,3
7	Savuputken päiden levitys 1 m	1,3,5
11	Sadehatun hitsaus	-
21	Whp-as kokoonpano ja pakkaus	1,3,5,7,11
	Aika yhteensä	
WHP1000		
Vaihenro.	Työvaiheen nimi	Edeltävä työvaihe
1	Savuputken mankelointi 1 m	-
2	Vaipan mankelointi 1 m	-
3	Savuputken silloitus 1 m	1
4	Vaipan silloitus 1 m	2
5	Savuputken hitsaus 1 m	1,3
6	Vaipan hitsaus 1 m	2,4
7	Savuputken päiden levitys 1 m	1,3,5
8	Vaipan päiden levitys 1 m	2,4,6
22	Whp1000 kokoonpano ja pakkaus	1,2,3,4,5,6,7,8
	Aika yhteensä	

Osastointi

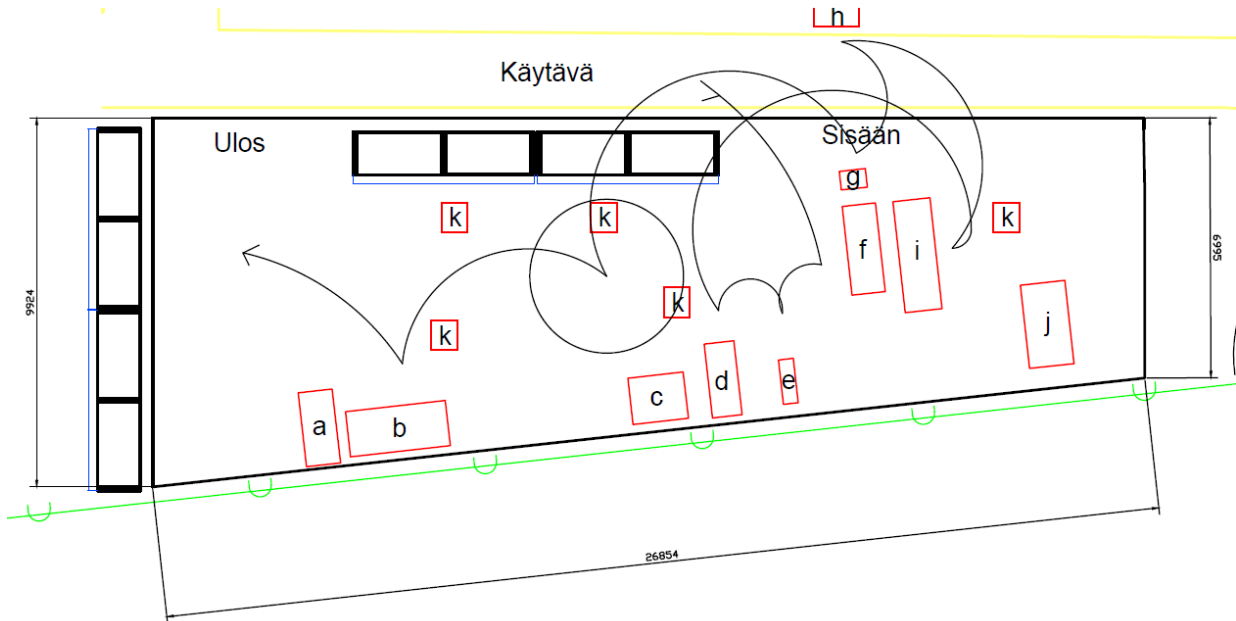
Nykyinen osastointi määritettiin seuraamalla työntekoa solussa sekä solun työntekijöitä haastatteleamalla. Haastatteleamalla ja havainnoimalla määritettiin myös työvaihekaavio, joka on kuvattuna kuviossa 9 osastoinnein. Liitteeseen 6 on merkitty vaiheajat ja osastojen kokonaisajat. Osastointi on jaettu kahteen osastoon. Osavalmistus sekä kokoonpano-osastoon. Harmaalla pohjalla olevat vaiheet ovat osavalmistuksen vaiheita ja kuvaavat riveittäin niitä puolivalmisteiden nimikkeitä, jotka ovat kokoonpanon kannalta välttämättömiä. Vaiheet ovat merkitty siihen järjestykseen kuin ne tuotannossa on välttämättöntä tehdä. Sinisellä pohjalla olevat vaiheet ovat kokoonpanovaiheita. Työvaihekaavioissa sekä osastoinnissa on huomioitu tuotantomääräanalyysin kannalta määritetyt nimikkeet. Työvaiheiden osastointi tehtiin työvaihekaavioiden sekä vaiheajojen mittaamisen perusteella.



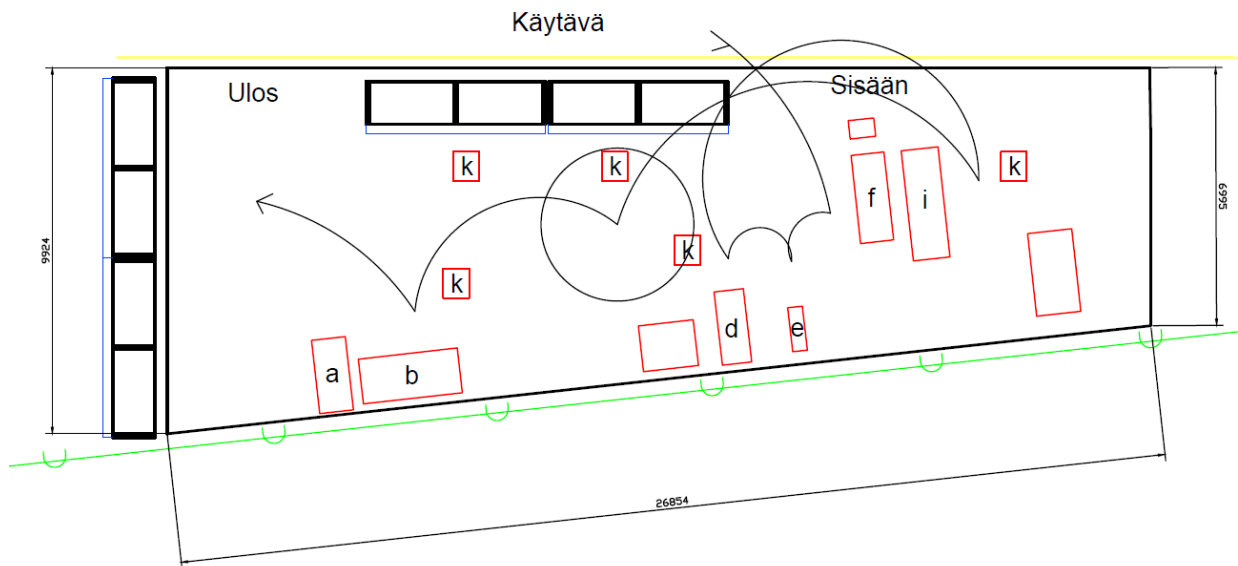
Kuvio 9. Työvaihekaaviot sekä nykyinen osastointi. Harnaalla alueella osavalmistus ja sinisellä kokoonpano työvaiheet.

Ongelmakohdat

Koneiden sijoittelu aiheuttaa tuotantoon poukkoilevaa liikettä. Puolivalmisteiden materiaalivirta on varsin sekava tiettyjen nimikkeiden, kuten savuputken (zshp-520) ja alapäädyllisen savuputken (zshp-103) osalta (kuviot 10 ja 11). Näiden nimikkeiden osalta työvaiheiden välinen siirto tehdään ylittään käytävä, jolla on trukkiliikennettä. Tämä saattaa aiheuttaa vaaratilanteen.



Kuvio 10. Alapäädyllisen savuputken kulku solussa. Ympyrät kuvaavat suojavaippon ja savuputkien välivaraston sijaintia.



Kuvio 11. Savuputken kulku solussa.

Nykyinen osastointi ei ole ajallisesti tasapainoinen (liite 6). Kokoonpanotyövaiheen ollessa huomattavasti hitaampi kuin osavalmistuvaiheiden summa, saadaan osavalmistuosastolta noin puolet enemmän puolivalmisteita kuin kokoonpanossa olisi valmiita tuotteita mahdollista valmistaa. Tämä ruuhkauttaa osavalmistuksen ja kokoonpano-osaston väliset välivarastot. Osavalmistuksesta saatavat määrät eivät ole kuitenkaan riittävän suuria kattamaan kahden kokoonpanotyövuoron vaatima kuorma. Nykyinen osastointi on haastava toiminnanohjauksen kannalta, koska puolivalmisteiden määrä ei ole keskenään jaollinen, valmistetaan tuotteita parillisin tai parittomin henkilöinä, eikä suurille välivarastoille ole tilaa.

5.3 Nykyiset ohjaustoiminnot

Solun valmistusmäärät perustuvat toiminnanohjausjärjestelmästä saatuun tietoon. Tieto toiminnanohjausjärjestelmään tilauksista tulee myyntiosastolta. Toiminnanohjausjärjestelmästä on luetavissa myös tilausennusteet, joiden huomioiminen auttaa ennakoimaan tuotteiden valmistusmääriä. Tuotannon esimies toimittaa em. tiedon soluun työlistojen muodossa. Teräspiippusolun tuotteista suurin osa valmistetaan nykyisin tilausohjautuvana. Kasvaneiden tilausmäärien vuoksi, layoutin uudelleen suunnittelun lisäksi joudutaan myös selkeyttämään teräspiippusolun ohjaustoimintoja hukka-ajan minimoimiseksi sekä valmisvaraston tasapainottamiseksi.

Päivittäinen valmistusjärjestys ja seuraavan työvuoron huomioiminen, ts. hienokuormittaminen on jäänyt liiaksi solussa työskentelevien henkilöiden vastuulle. Jos tavoitellaan parempaa tuottavuutta, on Slack ym. (2004, 518) mukaan määriteltävä tarkemmin nykyiset solun ohjaustoiminnot. Ohjaustoiminnot tulisi olla kevyitä hallita jos, ja kun joudutaan reagoimaan muuttuviin tilausmääriin sekä yllättäviin sairauspoissaoloihin. Myös loma-aikojen järjestäminen helpottuisi tuotannon johdolle sekä työntekijöille.

Ongelmakohdat

Jos teräspiippusolun hienokuormitus jää työntekijöiden vastuulle, aiheutuu siitä epäselvyyttä tuotantoon. Epäselvyyttä ja väärinymmärryksiä aiheuttaa virheellinen tuotannon tilan tulkitseminen sekä kommunikaation puute. Toimiakseen nykyinen hienokuormitustapa vaatisi jokaiselta työntekijältä pitkää työkokemusta sekä hyvää kommunikointia. Toisistaan poikkeavat henkilökemiat aiheuttavat kommunikaation puutteita ja puutteellista tiedonkulkua vuorojen välillä. Epäonnistunut tiedonkulku lisää asetusajojen sekä välivarastojen määrää. Asetuksia joudutaan muuttamaan turhan usein, koska työvuorojen väliset näkemyserot seuraavaksi valmistettavista tuotteista poikkeavat. Asetusten muuttaminen lisää hukka-aikaa, joten niiden ylimääräisiä muutoksia tulisi välttää. Haastatteluista saadun tiedon mukaan työntekijät pitivät huonona ratkaisuna varastoida teräspiipun tarvikelaatikoiden osto- ja puolivalmisteosia kuormalavoilla lattiatasossa.

6 Muutokset

6.1 Tutkimus aineiston analysointi

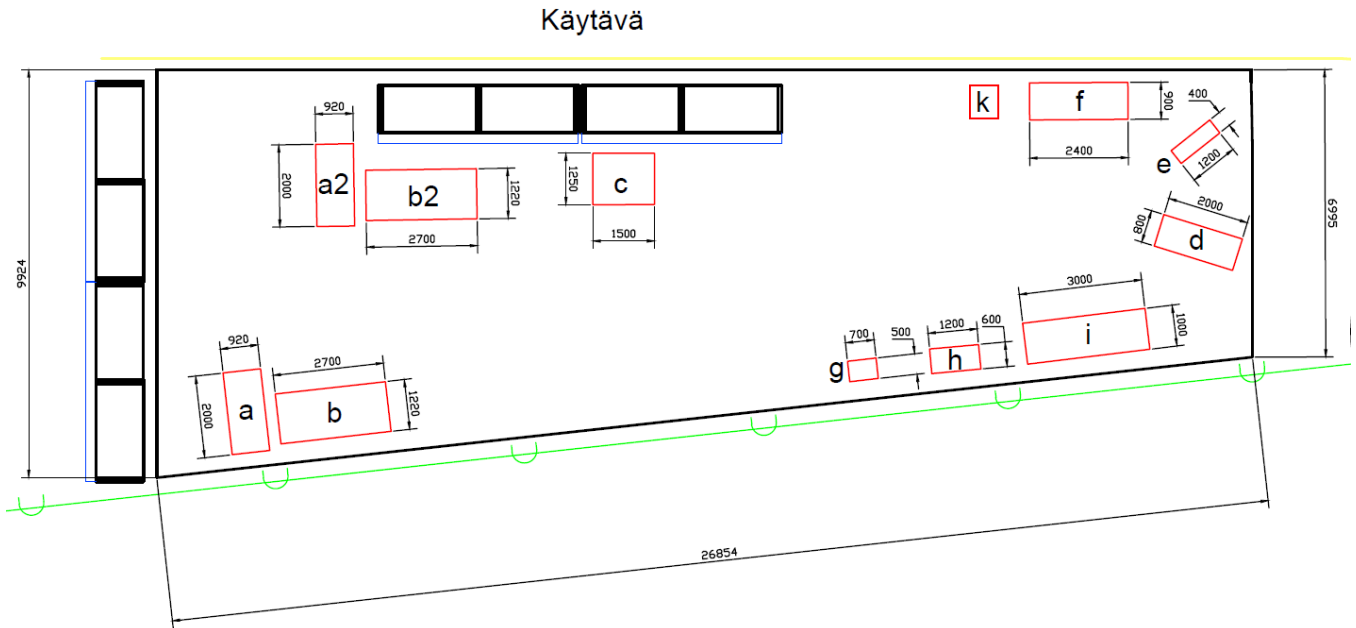
Koska kerättyä tutkimusainestoa voidaan käsitellä erilaisista näkökulmista, päätettiin opinnäytetyössä tutkimusainestoa käsitellä Lean-ajatusmallin mukaisesti. Lean prosessijohtamisella tavoitellaan maksimaalista tuotantotehokkuutta karsimalla tuotannosta hukka-aika ja lyhentämällä tuotteiden läpimenoaikoja. (Slack & Chambers & Johnston 2004, 774). Opinnäytetyö kohdennettiin kahteen teräspiippusolun toimintaan vaikuttavaan asiaan. Layoutin uudelleen suunnitteluun ja ohjaustoimintojen keventämiseen.

Sekundääriaineistoa käsiteltiin laajasti, jotta tutkimusongelmien käsittelyyn saatiin laaja näkemys ja toisiaan tukevia sekä poissulkevia väittämiä. Sekundääriaineiston pohjalta kerättyä tietoa verrattiin tutkimuksen alla olevaan kohteeseen. Ongelmien laajempi ymmärtäminen auttoi valitsemaan tutkimuksen primääriaineiston hankintaan vaadittavat työkalut sekä käyttämään niitä tehokkaasti.

Primääriaineistoa hyödynnettiin tarkasteltaessa tuotteiden valmistusaikoja, työjärjestystä sekä solun tasapainottamista. Primääriaineistoa hyödynnettiin myös henkilötarpeen määrittämisessä. Aineistojen välillä tehty synteesi auttoi oikeiden tekijöiden tutkimisessa ja ongelmakohtien ratkaisemisessa.

6.2 Layout muutokset

Teräspiippusolun nykyisestä layoutista tutkimukseen poimittiin haastattelujen pohjalta sekä aiheeseen tutustumalla esiin nousseet ongelmat. Ongelmakohdat korjattiin käänteisessä järjestyksessä aloittaen osastoinnista. Osastoinnin tasapainotuksella vaiheajojen summat tasattiin osavalmistuksen ja kokoonpanon kesken. Muutetun osastoinnin pohjalta määritettiin koneiden ja laitteiden uudet sijainnit. Laitteiden sijainnissa keskityttiin niihin puolivalmisteisiin, jotka valmistetaan solussa. Muiden puolivalmisteiden sekä osto-osien ajateltiin sijaitsevan kuormalavahyllyissä, joihin ne siirretään, kun ne ovat käytettävissä. Mahdollisesti jatkossa suojavaippojen varastointiin voisi harkita suurempien rullakoiden hankintaa. Pienempien puolivalmisteiden sijainti tulee olemaan muutetussa layoutissa kuormalavahyllyissä ja kokoonpanopöytien alla. Erona nykyiseen layoutiin, on tarvikelaatikon (Whp-as) valmistus siirretty kokoonpano-osastoon. Uudessa layoutissa samoja työtasoja millä teräspiiput kasataan ja pakataan, käytetään tarvikelaatikon pakkaamiseen. Näin säädetään nykyisen pakkauspuolelta vaatima tila tuotannosta. Materiaalivirrat pyrittiin saamaan mahdollisimman jouheaksi muuttamalla koneiden ja laitteiden sijaintia solussa siten, että materiaalivirrat olisivat mahdollisimman yhdensuuntaisia. Osavalmistuvaiheen koneet ja laitteet sijoitettiin u-muotoon, jotta myös osavalmistupuolella on mahdollista toimia tarvittaessa jopa kahden henkilön voimin. Uudessa layoutissa solun sisään on tuotu kaikki muutkin koneet ja laitteet, joita teräspiippusolun tuotteiden valmistus vaatii. Muutos kuitenkin edellyttää kuormalavahyllyjen tyhjentämisen kaikesta tavarasta, joka ei ole teräspiippusolun toiminnan kannalta välttämätöntä. Uusi layout on nähtävillä kuviossa 12.

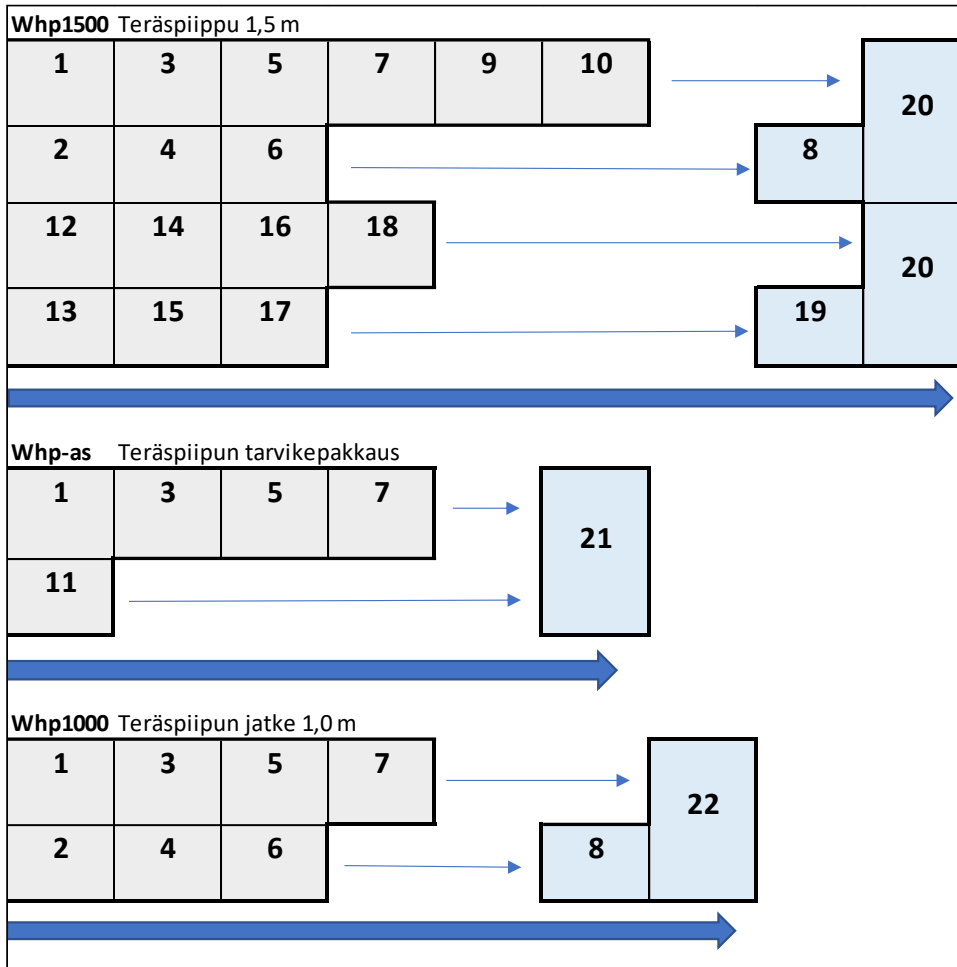


Kuvio 12. Uusi layout.

Osastoinnin tasapainotus

Työvaiheiden aikojen sekä työjärjestyksen tunteminen olivat Chase ym. (2004, 237–239) mukaisesti perusedellytyksiä layout-suunnittelulle. Näiden lähtötietojen pohjalta suunniteltiin osastointi sekä koneiden ja laitteiden sijainti. Osastoimisella tasattiin osastojen väliset työvaiheiden summat. Osastointi vaikutti myös koneiden uudelleen sijoitteluun. Osastointi on määritetty tasaamalla kummankin, osavalmistus- sekä kokoonpano-osaston vaiheajat. Muokatussa osastoinnissa kokoonpanopuolelle on siirretty osa osavalmistuksen työvaiheista. Muokattuun osastointiin lisättiin toinen kokoonpano- ja pakkauspaikka. Siirtämällä aikaa vieviä vaiheita kokoonpano-osastolle kuvion 13 mukaisesti, saatiin osavalmistus- sekä kokoonpanovaiheiden määrät jaolliseksi. Ajat ovat näkyvillä liitteessä 7. Näin saatiin hukka-aikaa minimoitua. Kun layoutia ja osastointia muutetaan, saadaan nimikkeiden valmistuksen hukka-aika laskemaan. Whp1500-nimikkeen osalta hukka-aika laskee lähes 9 %. Whp1000-nimikkeen osalta hukka-aika laskee yli 11 % nykyisestä (liite 8).

Muutettu osastointi mahdollisti toisen kokoonpanopaikan lisäämisen. Muutos mahdollistaa lähes kaksinkertaisen Whp1500-savuputken valmistuksen yhden työvuoron aikana.



Kuvio 13. Uuden layoutin työvaihekaaviot sekä osastointi.

Tuotantomääräanalyysi

Layoutin kehittämistä jatkettiin tutustumalla tuotantomääräanalyysin perusteella valikoituneiden tuotteiden rakenteisiin (taulukko 3). Rakenteista tarkasteltiin niitä nimikkeitä, jotka valmistetaan teräspiippusolussa. Valmistettavat nimikkeet ovat taulukossa keltaisella pohjalla. Näiden nimikkeiden materiaalivirrat pyrittiin selkeyttämään järjestämällä solun koneet ja laitteet uudelleen.

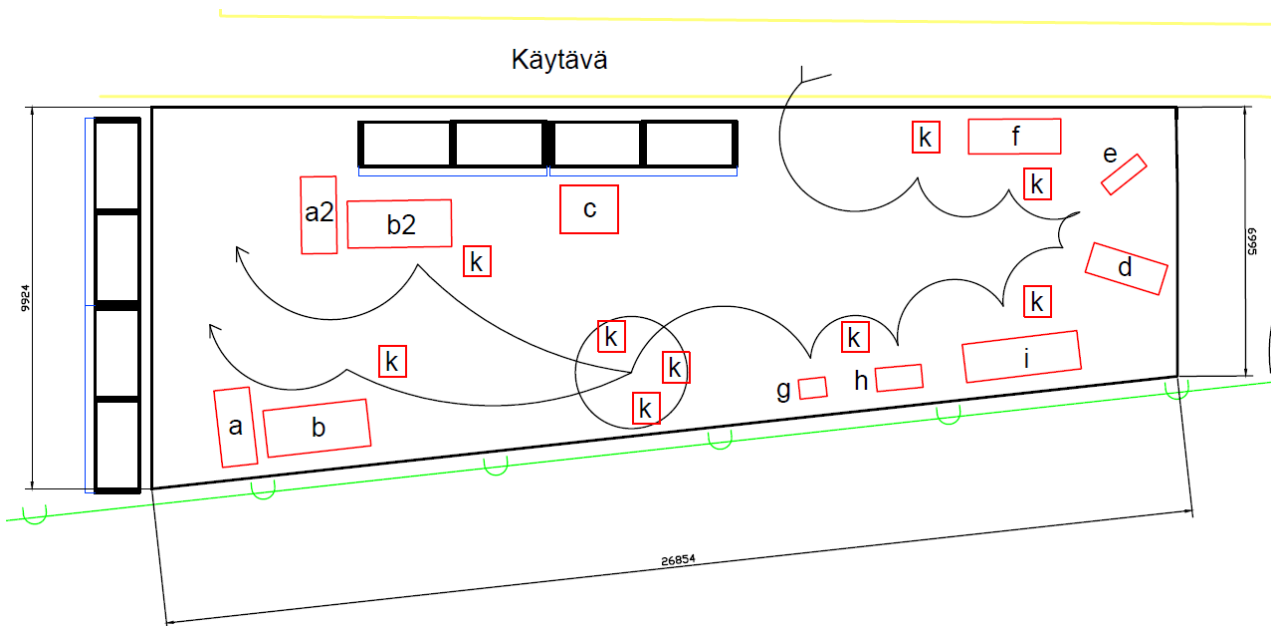
Taulukko 3. A-tuotteiden rakenteet. Keltaisella pohjalla olevat nimikkeet valmistetaan solussa.

Whp1500					
Valmistetaan solussa	Nimikekoodi	Nimi	Määrä	Yksikkö	Osa
X	ZSHP-101	Vaippa 1.0 m	1	KPL	0010
	ZSHP-102	Vuorivillakouru 1 m	1	KPL	0020
X	ZSHP-103	Savuputki 1.0 m	1	KPL	0030
	ZSHP-510*	Alapäätty	1	KPL	0040
X	ZSHP-520	Savuputki 0,5 m	1	KPL	0050
	ZSHP-530	Perusjakson eriste 0.5 m	1	KPL	0060
X	ZSHP-640*	Yläpäätty	1	KPL	0100
X	ZSHP-051	Vaippa 0.5 m	1	KPL	0110
	ZSHP-800	Pakkauslaatikko Hormi 1.5 m	1	KPL	0150
	ZSH-160	Tyypikilpi Al	1	KPL	0180
	Y05-0100	Asennusohje teräspiippu WHP	1	KPL	0250
X	Whp-as*	Teräspiipun tarvikepakkaus	1	KPL	0260
	y05-0366	Tarra, Lue ohje (Whp1500)	1	KPL	0270
*ZSHP-510 -640					
Valmistetaan solussa	Nimikekoodi	Nimi	Määrä	Yksikkö	Osa
	ZSHP-509	Ala \ yläpäädyn aihio teräspiippu	1	KPL	0010
*Whp-as					
Valmistetaan solussa	Nimikekoodi	Nimi	Määrä	Yksikkö	Osa
X	ZSHP-660*	Sadehattu teräspiippu	1	KPL	0010
	WHM22	Sadekaulus, kumia, 2011	1	KPL	0040
	ZSHP-711	Sisäkaton läpivienti	2	KPL	0050
	ZSHP-712	Läpiviennin suojavaippa	3	KPL	0055
X	ZSHP-103	Savuputki 1.0 m	1	KPL	0060
	ZSHP-830	Pakkauslaatikko Hormitarviket	1	KPL	0070
	ZSH-210	Kiristyspanta Paroc	2	KPL	0110
	ZSH-200	Vuorivillakouru 230/430-200	1	KPL	0120
	Y05-0106	Tarra läpivientikaulus (Whp1500)	1	KPL	0130
	ZSHP-650	Klemmari 225	1	KPL	0160
	ZSHP-700	Teräspiipun silikonipussi	1	KPL	0180
	ZSHP-701	Teräspiipun ruuvipussi	1	KPL	0200
*Zshp-660					
	Nimikekoodi	Nimi	Määrä	Yksikkö	Osa
	ZSHP-610	Hattulätkä	1	KPL	0010
	ZSHP-620	Sadehattu jalat	1	KPL	0020
	ZSHP-630	Sadehattu kierre	1	KPL	0030

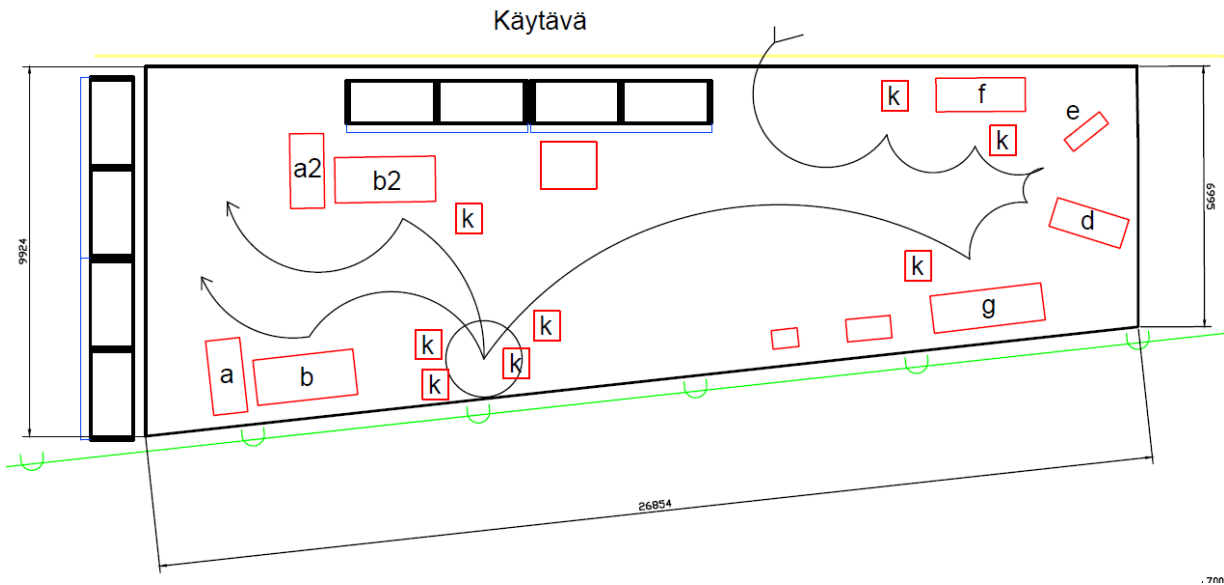
Whp1000					
Valmistetaan solussa	Nimikekoodi	Nimi	Määrä	Yksikkö	Osa
X	ZSHP-101	Vaippa 1.0 m	1	KPL	0010
	ZSHP-102	Vuorivillakouru 1 m	1	KPL	0020
x	ZSHP-103	Savuputki 1 m	1	KPL	0030
	ZSHP-810	Pakkauslaatikko Hormi 1 m	1	KPL	0040
	ZSHP-702	Ohjepussi Whp500/Whp1000	1	KPL	0060

Valmistusvirta

Ongelmallisimmat materiaalivirrat olivat savuputkella (zshp-520) ja alapäädyllisellä savuputkella (zshp-103). Laitteiden ja koneiden uudelleen järjestelyllä saatiin selkeämpi ja työn teon kannalta turvallisempi virtaus näille nimikkeille (Kuviot 14 ja 15). Puristus- ja levitysvaiheet eivät edellytä enää käytävän kautta liikkumista.



Kuvio 14. Alapäädyllisen savuputken kulku uudessa layoutissa. Ympyrät kuvioissa 14 ja 15 kuvaavat savuputkien ja suojavaippojen välivarastoja.



Kuvio 15. Savuputken kulku solussa uudessa layoutissa.

6.3 Ohjaustoimintojen muutokset

Ohjaustoimintojen kehittäminen aloitettiin layoutin kehittämisen aikana. Kapasiteetin määrittämisessä ja teräspiippusolun kuormituksessa huomioitiin uuden layoutin osastointi. Ohjaustoimintojen muutoksissa huomioitiin A-tuotteiden lisäksi myös C-tuotteet. C-tuotteet poikkeavat A-tuotteiden rakenteesta lähinnä vain eri pintakäsittelynsä vuoksi, joka toteutetaan alihankintatyönä. C-tuotteiden arvioitiin lisäävän kokonaisvalmistusaikaa 20 %.

Kapasiteetin tarve

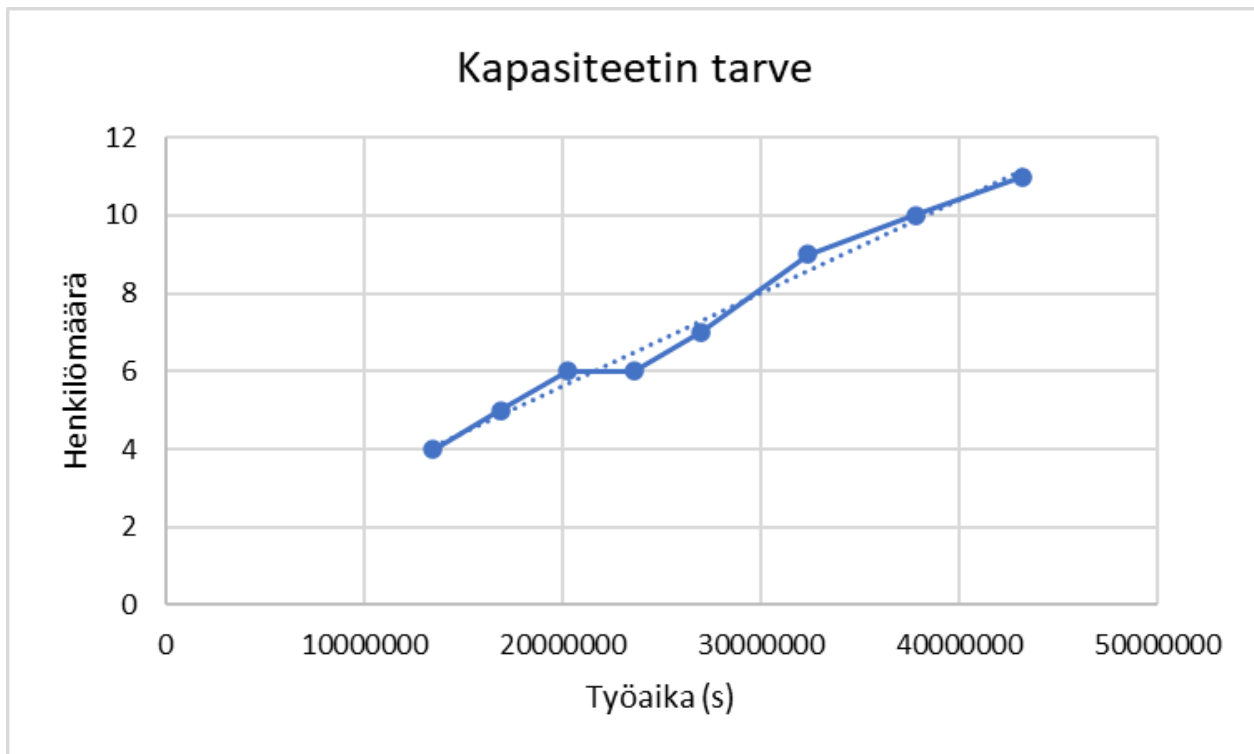
Kapasiteetin tarve laskettiin kaikkien nimikkeiden valmistukseen vaadittavan ajan sekä keskimääräisen vuosittaisen työajan mukaan. Keskimääräinen vuosittainen työaika muutettiin samaan muotoon kuin valmistusajat (Teknologiateollisuus Ry. 2014). Tehokkaaksi työajaksi arvioitiin 80 %. Tehokkaaksi työajaksi määritettiin se aika, jolloin tuotteiden jalostusarvo lisääntyy. Siirtojen, taukojen sekä muun oheistoiminnan arvioitiin kattavan 20 % työajasta. Henkilömäärän tarve laskettiin jakamalla vuosittainen työajan tarve yhden henkilön keskimääräisellä vuosittaisella työ-

ajalla. Tilausennusteiden mukainen työajan tarve katetaan viidellä henkilöllä taulukon 4 mukaisesti. Viidennen henkilön ympärivuotinen tarve ei ole välttämätön. Viidettä henkilöä voidaan hyödyntää mm. kevään aikana, jolloin valmisvaraston määriä pyritään nostamaan kesän myyntiä vastaavaksi. Toiminnanohjausjärjestelmästä saadun tiedon perusteella myyntimäärät ovat korkeimmillaan kesän aikana. Ilmiö selittyy puulämmitteisten kiukaiden myyntimäärien kasvulla. Kasvuun vaikuttaa mm. mökkirakentaminen sekä loma-ajat. Myyntimäärien kasvu näkyy liitteissä 2–4.

Taulukko 4. Kapasiteetin tarve.

Nimike	Osuus kokonaisvalmistusajasta	Osavalm. osuus valmistusajasta	Kok. osuus valmistusajasta	A-nimikkeiden vaatima valmistusaika vuonna 2021	A- ja C-nimikkeiden vaatima valmistusaika vuonna 2021	Hlö määrän tarve
Whp1500	46 %	33 %	65 %	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	2,3
Whp-as	20 %	49 %	51 %	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	1,0
Whp1000	14 %	51 %	49 %	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	0,2
Muut.	20 %	44 %	55 %	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	0,7
Yht.	100 %			xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	4,3

Sikäli teräspiippusolun tilausmäärät jatkavat kasvuaan, voidaan kaaviosta 1 päätellä tuleva kapasiteetin tarve. X-akselin työaika kuvaa 20 % kasvua, josta seuraa lineaarinen kapasiteettitarpeen lisääntyminen. Kaavio on suuntaa antava, koska automatisoinnin oletetaan lisääntyvän sikäli myyntimäärät jatkavat kasvuaan. Kuvaajan epäsäännöllisyyteen vaikuttavat tasalukuihin pyöristetyt henkilömäärät.



Kaavio 1. Kapasiteetin tarve.

Kuormitus

Teräspiippusolu kuormitettiin ennustettujen myyntimäärien pohjalta. Kuormitusmäärinä käytettiin vuoden aikana valmistettuja määriä. Tuotteiden valmistusmäärien vaatima aika muutettiin prosenttiluvuiksi käsittelyn helpottamiseksi. Kuormittamisessa huomioitiin myös C-nimikkeet, koska niiden valmistusmäärä on huomattava, jopa 20 % solun tuotteiden kokonaisvalmistusmäärästä. C-tuotteita ei käsitelty nimikkeittäin. Taulukoissa nimike ”muut” sisältää kaikki C-tuotteet. C-tuotteiden arvioitiin lisäävän työajan tarvetta 20 %.

Karkeakuormitus on suunniteltu kuvion 16 mukaiseksi. Työajan käyttö määritettiin nimikkeittäin eri viikonpäiville. Valmistusajan jakautuminen on havainnollistettu värien avulla. Kuviossa aamuvuoroa kuvaavat ensimmäiset kahdeksan tuntia ja iltavuoroa tunnit 9–16. Whp1500 valmistaminen vaatii suurimman ajan viikottaisesta työajasta. Whp1500 valmistus on suunniteltu kokonaan ensimmäiseen vuoroon uuden layoutin mukaisesti. Kuviossa Whp-as -nimikettä valmistetaan saman verran yhden henkilön voimin kuin mitä viikon aikana valmistetaan Whp1500-nimikettä kolmen henkilön voimin. Jäljelle jäänyt aika voidaan hyödyntää muiden nimikkeiden valmistukseen.

iltavuorossa. Kuvion mukainen selkeä järjestely helpottaa kiertoa työtehtävien välillä. Kiertona voidaan käyttää, esim. viikkoa. Perjantai mahdollistaa kertyneiden työajanlyhennysvapaiden pitämisen kahdelle niistä henkilöistä, jotka työskentelevät aamuvuorossa. Sivuilmiönä pidempien sarjojen valmistaminen vähentäisi työaikaleimauksissa sattuvien virheiden määrää, joiden oikaisu ottaa oman aikansa tuotannonesimiehiltä sekä aiheuttaa sekaannusta varastojen hallinnan ja logistiikan keskuudessa.

Työtunnit	Viikonpäivä				
	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

	Whp1500
	Whp-as
	Whp1000
	Muut

Kuvio 16. Viikottainen työajan jakautuminen nimikkeittäin.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyöhön varatun suppean ajan vuoksi ei muutoksia voitu jalkauttaa ja seurantavaihetta toteuttaa. Seurantavaihe olisi ollut mielenkiintoinen seurata ja jatkaa tutkimus toteutustasolle. Opinnäytetyön tekeminen kuitenkin syvensi ainakin tutkijan ymmärrystä layoutsuunnitteluun, toiminnanohjaukseen sekä teräspiippusolun toimintaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tehokkaammin toimiva layout sekä selkeyttää ohjaustoiminnot, joiden avulla tuotannon hienokuormituksen määrä vähenisi. Opinnäytetyön aikana luotu layout on ainakin teoriatasolla toimivampi. Layoutin toteuttaminen siirtämällä kaikki koneet ja laitteet solulle määritellylle alueelle voi olla käytännössä haastavaa. Vaikkakin layoutin mitat ovat realistiset, siinä ei huomioida keskeneräistä tuotantoa eikä valmiiden tuotteiden määriä valmistuksen loppupäässä. Alueen koko rajoittaa myös puolivalmisteiden välivarastointia. Sikäli suunnitelman mukainen layout toteutetaan sille kannattaa ensin määrittää suurempi alue.

On selvää, että koneiden ja laitteiden moitteeton kunto on laadukkaan tuotteen tehokkaalle valmistukselle välttämätöntä. Tämän lisäksi vaaditaan myös osaava henkilöstö. Riskienhallinnan kannalta onkin tärkeää, että jatkossa pyrittäessä katkeamattomaan ja joustavaan tuotantoon, myös jokainen solussa työskentelevä henkilö hallitsee jokaisen työvaiheen, jonka solun toiminta vaatii ollakseen tehokas. Avainhenkilöiden puuttuessa läpimenoajat tuotteilla kasvavat tai pahimmassa tapauksessa tuotanto pysähtyy kokonaan. Tuotannon läpimenoaikojen kasvaessa tai pysähtyessä kokonaan yritys voi menettää solusta tavoitellun rahallisen hyödyn lisäksi myös asiakasluottamusta pitkittyneiden toimitusaikojen vuoksi. Uudempien henkilöiden osaamistason kasvattaminen onkin jo aloitettu kevään aikana ja mahdollisesti jo kesän aikana tarvittavat taidot ja tiedot ovat sisäistetty siinä määrin, että tutkimuksen aikana suunnitellut muutokset voitaisiin jalkauttaa.

Toiminnanohjauksen suunnittelu oli haastavaa, koska siinä pyrittiin löytämään mahdollisimman optimaalinen ratkaisu riippumatta solun henkilöresurssien määrästä. Viikottaisen työajan jakautumisessa työtehtävien suhteen joutuukin olemaan kriittinen ja opinnäytetyön esimerkki on enemmänkin suuntaa antava, vaikkakin solussa ajateltiin lähtökohtaisesti työskentelevän kolmesta kuu-teen henkilöä. Ratkaisun löytyminen tuotannonohjauksen osalta on varsinkin nykyään, kun henkilöresursseja joudutaan tuotannon kuorman ja erilaisten haasteiden mukaan siirtelemään, erittäin tärkeää. Tällä säästyään hukka-ajan syntymiseltä ja mahdollisesti tutkimuksessa käsitellyt

A-nimikkeet voidaan saada varasto-ohjautuviksi. ABC-analyysin perusteella C-nimikkeiksi valikoituneet tuotteet voidaan toistaiseksi hoitaa tilausohjautuvina.

Lähteet

- Arvopaperi 2020. Harvian liikevaihto ja liiketulos kasvoivat merkittävästi toisella vuosineljänneksellä. Viitattu 6.3.2021. <https://www.arvopaperi.fi/porssitiedotteet/harvian-liikevaihto-ja-liiketulos-kasvoivat-merkittavasti-toisella-vuosineljanneksella/74ec9ad6-825f-422b-b238-1aa72d499b84>
- Autio, V-M. & Juuti, P. & Wink, H. 2011. Kehityskeskustelu ja keskusteleva johtaminen - Tuloksellisen ja työhyvinvointia tuottavan johtamisen perusta. Vantaa: Hansaprint Oy.
- Chase, R. & Jacobs, R. & Aquilano, N. 2006. Operation management for competitive advantage. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Hakala, J. 2004. Opinnäytetyöopas ammattikorkeakouluille. Helsinki: Gaudeamus.
- Harvia 2021. Harvia Finlandin toiminnanohjausjärjestelmä.
- Harvia 2021. Harvia Finlandin työaikaleimausjärjestelmä.
- Harvia n.d. Juuret suomalaisessa saunaperinteessä. Harvian verkkosivusto. Viitattu 1.4.2021. <https://harvia.fi/harvian-tarina/>
- Harvia Group 2021. Ura Harvialla. Harvia Groupin verkkosivusto. Viitattu 5.3.2021. <https://harviagroup.com/fi/ura-harvialla/>
- Haverila, M. & Uusi-Rauva, E. & Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.
- Hyvän mitta n.d. Tavoite. Hyvän mitta verkkojulkaisu. Viitattu 31.4.2021. <https://www.hyvanmitta.fi/vaikuttavuusketju-saavutettava/tavoite/>
- Juvonen, M. & Koskensyrjä, M. & Kuhanen, L. & Ojala, V. & Pentti, A. & Porvari, P. & Talala, T. 2014. Yrityksen riskienhallinta. Vantaa: Hansaprint.
- Jyväskylän yliopisto 2020. Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineistot. Viitattu 1.4.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/kirjasto/kirjastotuutori/aihehaku-tutkimusprosessissa/menetelmataietoa-ja-palveluja>
- Kajaani, P. & Westerholm, T. 2021. Sauna on kuuma, mutta vielä ei kannata vilvoitella. Harvian Yhtiöpäivitys. Kauppalehden verkkosivuston artikkeli. Viitattu 4.3.2021. <https://www.kauppalehti.fi/porssi/porssikurssit/osake/HARVIA?inderesfeed>
- Kananen, J. 2008. Kvali - Kvantitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 93.

Kananen, J. 2008. Kvantti – Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 89.

Kananen, J. 2009. Toimintatutkimus yritysten kehittämisessä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 101.

Lapinleimu, I. & Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Slack, N. & Chambers, S. & Johnston, R. 2004. Operations management. Madrid: Mateu Cromo Artes Graficas.

Supi, I. 2018. Tietoa Harviasta. Harvian intranet-sivusto. Viitattu 5.3.2021. <https://harviaoy.sharepoint.com/sites/intranet/harvia/yritys/>

Teknologiateollisuus Ry. 2014. Teknologiateollisuuden työehtosopimus. Viitattu 6.5.2021. <https://www.verkkotes.fi/fi/19-saannollinen-tyoaika>