



Silver Ole

# Tuotannon layoutin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

27.01.2023

# Tiivistelmä

Tekijä: Silver Ole  
Otsikko: Tuotannon layoutin suunnittelu  
Sivumäärä: 61 sivua + 1 liite  
Aika: 27.1.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka  
Ammatillinen pääaine: Valmistus ja tuotantotekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Pekka Hirvonen  
Toimitusjohtaja Esa Jouhten, Rostek Oy

---

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella tuotantotilaan layout, jonka avulla vähennetään syntyviä hukkia ja saadaan kohdistettua resurssit arvoa lisäävään työhön. Työn tavoitteena oli myös yksinkertaistaa materiaaliiliikeitä sekä helpottaa suurien kappaleiden käsittelyä. Työssä selvitettiin, millaisilla muutoksilla varastointi- ja työpisteissä sekä niiden sijainnissa voitiin tehostaa eri työvaiheita. Layoutia suunniteltaessa huomioitiin tuotannon rajoitteita sekä apuna käytettiin layout-suunnittelun ja Leanin perusperiaatteita.

Tuotantotiloista piirrettiin pohjakuva, johon sijoitettiin kaikki varastointipisteet, työkooneet, työtasot, työkalukaapit, kierrätysastiat sekä kulkuväylät. Yrityksen tuotantotiloista tunnistettiin suurimmat hukkien aiheuttajat haastatteleamalla tuotantohenkilökuntaa ja tarkkailemalla tuotantoa. Työssä kuvattiin materiaalivirtojen kulkemat reitit piirrettyyn pohjakuvaan. Materiaalivirroista saatua tietoa hyödynnettiin tuotantotilojen suunnittelussa. Työssä havaittiin suureksi ongelmaksi tilanpuute, jonka vuoksi hajautettuja varastoja keskitettiin varastoalueelle ja varastoon suunniteltiin o-muotoinen lavahyllyrakennelma sekä kävelytaso pienien osien varastointia varten. Vapautettua tilaa hyödynnettiin lopputuotevaraston ja välivarastointipisteiden luomiseen. Tuotantotilaa järjestettiin tuotantoprosessien järjestyksen mukaiseksi. Tuotannon kulkuväylä suoritettiin materiaaliiliiikkeiden yksinkertaistamiseksi ja suurien kappaleiden kuljettamisen helpottamiseksi.

Työn tuloksena saatiin yksinkertaistettua materiaalien kulkemia reittejä ja vähennettyä tuotannossa syntyviä hukkia. Materiaaliiliiikkeiden kulkemat matkat lyhentyivät, mutta uudessa layoutissa materiaalivirtojen liikkeiden vuosisäästö ei ollut huomattavan suuri. Työssä ei mitattu muiden hukkien aiheuttamien resurssikulujen määriä. Vuosisäästöjen kokonaisvaltaisemman arvion saamiseksi tulisi mitata muiden hukkien aiheuttamia kuluja. Työssä suunniteltiin tuotannon uuden layoutin käyttöönottoaikataulu ja ohjeistettiin layoutmuutoksen osana toteutettavan Leanin 5S- ja jatkuvan parantamisen toimintamallien käyttöönotto.

Avainsanat: Layout, Lean, materiaalivirta, jatkuva parantaminen

## Abstract

Author: Silver Ole  
Title: Designing Production Layout  
Number of Pages: 61 pages + 1 appendix  
Date: 27 January 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Mechanical Engineering  
Professional Major: Production Engineering  
Supervisors: Pekka Hirvonen, Senior Lecturer  
Esa Jouhten, Managing Director, Rostek Oy

---

The objective of this Bachelor's thesis was to design a layout for a production space to reduce the amount of waste generated and to allocate resources for value-adding work. The thesis also aimed at simplifying material movements and ease the handling of large products. The thesis examined what kind of changes could be made to improve the efficiency of different work phases in the storage and workstations and in their locations. When designing the layout, production constraints were considered, and the basic principles of layout design and Lean were used.

The thesis was carried out as follows. A floor plan of the production facilities was drawn, in which all storage points, implements, countertops, tool cabinets, recycling bins and walkways were placed. The main causes of waste in the production facilities of the company were identified by interviewing production personnel and observing production. The routes taken by the material flows were illustrated on the drawn floor plan. The information obtained from material flows was utilized in the design of production facilities. A major problem in the thesis was the lack of space, due to which distributed warehouses were concentrated in the warehouse area and an o-shaped pallet shelf structure was designed for the warehouse, as well as a walking platform for storing small parts. The freed-up space was utilized to create a storage point for final products and intermediate storage points. The production space was arranged according to the order of the production processes. The main passage of production was straightened out to simplify the movement of the materials and to facilitate the transportation of large pieces.

As a result of the layout design, it was possible to simplify the routes traveled by materials and reduce the amount of waste generated in production. The distances travelled by material flows were shortened, but in the new layout, the annual savings in material flow movements were not significantly large. The work did not measure the amount of resource costs caused by other wastes. To obtain a more comprehensive estimate of annual savings, the costs of other wastes should be measured. The implementation schedule for the new production layout was planned and instructions were given for the implementation of Lean's 5S and continuous improvement operating models to be implemented as part of the layout change.

Keywords: Layout, Lean, continuous improvement, material flow

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet	1
1.2	Rostek Oy	1
2	Lean	2
2.1	Lean – jatkuva parantaminen	2
2.2	Lean – 5S	3
2.3	Lean – 7 + 1 hukan muotoa	6
3	Tuotannonohjaus	9
3.1	Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS, make to stock)	9
3.2	Tilauksesta kokoonpano (ATO, assemble to order)	10
3.3	Tilauksesta valmistettava (MTO, make to order)	10
3.4	Tilauksesta suunnittelu (ETO, engineer to order)	11
4	Varastot	12
4.1	Puskurivarastot	12
4.2	Kausivaihteluiden hallinta	13
4.3	Väliavarastot	13
4.4	Valmistuksen taloudellisesta eräkoosta johtuvat varastot	13
4.5	Kuljetusten ja siirtojen aiheuttamat varastot	14
4.6	Tuotantoprosessin virheiden varalta pidettävät varastot	14
5	Layout	14
5.1	Funktionaalinen layout	15
5.2	Solu-layout	16
5.3	Tuotantolinja-layout	17
5.4	Virtautettu layout	18
6	Layoutin suunnittelun tavoitteet	18
7	Tuotannon layoutin ja materiaalivirtojen nykytilan selvitys	19
7.1	Yrityksen tuotteet	20
7.2	Yrityksen tuotantoprosessit	25

7.3	Lähtötilanteen kuvaus	26
8	Materiaalivirtauksien kuvaus	30
8.1	Rullastojen materiaalivirtaus	31
8.2	Taavettien materiaalivirtaus	32
8.3	Hoitosiltojen materiaalivirtaus	33
8.4	Riipputelineiden materiaalivirtaus	35
9	Layoutin suunnittelu	36
9.1	Varaston layout	36
9.2	Koneistamon layout	37
9.3	Kokoonpanoalueen layout	40
9.4	Sähkötyöpisteen layout	42
9.5	Testialueen layout	44
9.6	Hitsaamon layout	44
9.7	Rullastonurkkauksen layout	45
10	Toimintamallien käyttöönoton pilottikohde	48
11	Layout-muutokset	50
12	Tulokset	55
12.1	Layout-muutokset	55
12.2	Materiaalivirta	57
12.3	Jatkotoimenpiteet	58
13	Yhteenveto	60
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1: Työkalut rullastonurkkauksen työkaluseinään	

## Lyhenteet

MTS: Make to stock. Varastohallintatyyppi, jossa tuotteita valmistetaan valmiiksi varastoon ennusteiden perusteella.

ATO: Assemble to order. Varastohallintatyyppi, jossa tuotteiden kokoonpano puolivalmisteista tilauksen perusteella.

MTO: Make to order. Varastohallintatyyppi, jossa tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen pohjalta.

ETO: Engineer to order. Varastohallintatyyppi, jossa tuote suunnitellaan ja valmistetaan yksilöllisesti asiakastilauksen pohjalta.

FIFO: First in – First out. Ohjausmenetelmä, jossa ensimmäiseksi saapunut tuote poistuu ensimmäisenä.

RFID: Radio Frequency Identification. Radiotaajuinen etätunnistumenetelmä tiedon etälukuun ja -tallentamiseen.

Monorail: Kiskorata, joka muodostuu yhdestä kiskosta.

Pedestaali: Maahan kiinnitetty kannake, johon pystyvuomi kiinnitetään.

# 1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli suunnitella Rostek Oy:n tuotantotiloihin layout, jolla selkeytetään tuotannon materiaalivirtaa ja vähennetään tuotannossa syntyviä hukkia. Hukkien vähentämisellä ja materiaaliliikkeiden yksinkertaistamisella lisätään tuotannon tehokkuutta ja työturvallisuutta. Tuotannossa käytetään paljon resursseja materiaalsiirtoihin varastosta työpisteelle ja työpisteeltä toiselle. Tuotannossa käsitellään suuria kappaleita, joiden käsittely sekä varastointi vaatii paljon vapaata tilaa.

## 1.1 Tavoitteet

Tavoitteena oli selvittää, millaisilla muutoksilla varastointi- ja työpisteissä sekä niiden sijainnissa voidaan tehostaa eri työvaiheita. Tutkittavana oli, mitä hukkia tuotannossa syntyy ja kuinka ne vaikuttavat tuotannon materiaalivirtauksiin. Työssä selvitettiin, kuinka paljon matkaa kertyi materiaaliliikkeistä ja miten sitä voitaisiin vähentää. Suunnittelussa tuli huomioida yrityksen projektiluontoiseen liiketoimintaan liittyvä vaihtelu valmistettävissä tuotteissa.

## 1.2 Rostek Oy

Rostek Oy on perustettu vuonna 1983 Paul ja Markus Roschierin toimesta. Yritys on osakeyhtiö, joka sijaitsee Espoossa, ja sen pääasiallinen toimiala on luoksepääsy- ja nostojärjestelmien suunnittelu ja valmistus. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Esa Jouhten. Yritys on toiminut vuodesta 1992 alumiinisten luoksepääsyjärjestelmien asiantuntevana valmistajana ja toimittajana. Luoksepääsyjärjestelmiä käytetään moderneissa rakennuksissa tyypillisesti julkisivu- ja lasipintojen pesuun ja huoltoon. Luoksepääsyjärjestelmiä voidaan käyttää myös esimerkiksi ikkunaelementtien asennukseen.

Rostek Oy:lla on kaksi tytäryhtiötä, joista ensimmäinen nimeltään Rostek-UK sijaitsee Sheffieldissä, Iso-Britanniassa ja toinen nimeltään Noracon AS Norjassa.

Rostekin tuotevalikoimaan kuuluvat tarpeita vastaaviksi suunnitellut järjestelmät julkisivujen ja lasikattojen huoltoon. Järjestelmiä ovat monorail-kiskojärjestelmät, kevyet kattovaunut, julkisivujen huoltokelkat ja -tasot sekä hoitosillat ja tikkaat. Lisäksi Rostek Oy suunnittelee ja valmistaa kustomoituja ratkaisuja vaativiin kohteisiin.

## 2 Lean

Lean on yleisesti tunnettu toimintafilosofia, joka toimii osana yrityksen strategiaa (Petersson ym. 2018: 1). Kyseessä on pitkäaikainen strategia tai kokonaisvaltainen lähestymistapa toimintojen johtamisesta. Leaniin sisältyy yrityskulttuuri, toimintapolitiikka, arvot, menetelmät ja johtajuus. Leanin tavoitteena on luoda toimintapata, jossa ei ole yhtään hukkaa. (Petersson ym. 2018: 2.) Näiden periaatteiden mukaan yritykselle luodaan mahdollisimman pienin resurssein tehokkaita prosesseja ottamalla myös huomioon koko yrityksen toiminta. Leanissa keskitytään vain prosesseihin, jotka tuovat arvoa asiakkaalle. Täten on välttämätöntä tietää, kuka tai mikä on tietyn toiminnon asiakas, joka vastaanottaa syntyneen arvon. (Petersson ym. 2018: 22–23.)

### 2.1 Lean – jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on edellytys toimivan Lean-strategian menestymiselle. Jatkevassa parantamisessa keskitytään pieniin yksityiskohtiin, sillä niistä usein löydetään ongelmat sekä ratkaisut. Pienillä parannuksilla edetään kohti toimivampaa kokonaisuutta. On tärkeää myös ymmärtää laajempi perspektiivi, jotta osataan yhdistää parannukset toimivaksi kokonaisuudeksi. Koko kuvan hahmotamatta jättäminen saattaa Peterssonin ym. (2018: 171) mukaan aiheuttaa seuraavanlaisia riskejä:

- Kehittämistyön seurauksia ei ymmärretä.
- Priorisoinnissa ei huomioida kokonaisuutta.
- Kehittämistyö poikkeaa strategisesta suunnasta.

Jos jatkuva parantaminen pohjautuu pelkästään hyville ideoille, saadaan aikaan se, että kehittämistyön polttoaine loppuu ennen pitkää. Pitkällä tähtäimellä kestävän parantumisen tulisi pohjautua poikkeamiin. Tällä varmistetaan, että kehittämistyössä käytetyillä rajallisilla resursseilla keskitytään sinne, missä kehitystyötä tarvitaan. Poikkeamat luovat ikuisen resurssin kehittämistyöhön niin pitkään, kun toiminnot käyttävät standardisoituja työtapoja. (Petersson ym. 2018: 172.)

Menestyksellinen jatkuva parantaminen vaatii jonkinlaisen rakenteen. Kehittämisryhmät ovat osa tällaista rakennetta. Niitä kuuluu olla jokaisessa organisaatiossa ja kaikkialla toiminnoissa. Toiminnan kehittäminen kuuluu koko henkilökunnalle, niin esimiehille kuin työntekijöillekin. Tämän vuoksi on tärkeää, että jokainen osallistuu jatkuvaan parantamiseen. Kehittämisryhmien luoman rakenteen lisäksi on luotava jatkuvan parantamisen toteuttamisrakenne eli yhdessä päätetty työnkulku. (Petersson ym. 2018: 183.)

## 2.2 Lean – 5S

Lean-menetelmistä 5S on luultavasti tunnetuin ja on hyvin yleistä, että Leanin käyttöönotto aloitetaan kyseisellä menetelmällä. 5S-menetelmä on helposti ymmärrettävä, sillä siisteyden sekä järjestyksen merkitys ymmärretään jokaisella työpaikalla. Sen tavoitteena on luoda hyvin organisoitu ja toimiva työpaikka, jossa kaikilla tavaroilla on oma paikkansa sekä kaikki tarvittava on aina käyttövalmiina. Toimiva 5S-työ keskittyy pieniin yksityiskohtiin, joilla on suuri merkitys toiminnan kokonaisuudessa. Menetelmällä voidaan saavuttaa parempi tuottavuus, lyhyempiä läpimenoaikoja, pienempiä varastoja sekä sitoutuneempaa henkilöstä. (Petersson ym. 2018: 307.)

Yhtenä 5S-menetelmän tavoitteena voidaan pitää työntekijöiden jokapäiväisen työn parantamista. Tämä tarjoaa työntekijöille mahdollisuuden osallistua kehittämistyöhön, joka lisää henkilöstön sitoutumista. Hyvä tapa saada mahdollisimman moni mukaan 5S-työhön on sitoa ajatusmalli jatkuvaan parantamiseen,

mikä varmistaa asioiden edistämisen pienin askelin, ja näin kaikki pysyvät mukana kehitysprosessissa. (Petersson ym. 2018: 307.)

Monissa työvaiheissa suuri osa työajasta kuluu työkalujen, tarvikkeiden, tiedon tai materiaalin etsimiseen. On tapauksia, jossa etsintöihin kuluu jopa 25 prosenttia työajasta eli noin 10 tuntia jokaiselta työntekijältä viikossa. 5S-menetelmän käyttöönotolla on mahdollista nostaa tuottavuutta sekä kapasiteettia ilman, että resursseja kasvatetaan tai työtahtia kiristetään. (Petersson ym. 2018: 307.)

Työntekijöiden tulee löytää etsimänsä nopeasti, jotta manuaalisen työn standardoinnissa olisi järkeä. Standardoimisen avulla kyetään havainnoimaan poikkeamia sekä helpottamaan prosessien ennustettavuutta. Ennustettavat prosessit auttavat vähentämään hukkaa virtauksesta, minkä seurauksena tuotteiden läpimenoaika lyhenee ja päästään korkeampaan virtaustehokkuuteen. (Petersson ym. 2018: 308.)

Tehokkaan ja turvallisen työpaikan luomiseen hyödynnetään 5S-menetelmää, jossa on viisi peräkkäistä vaihetta nimensä mukaan. Menetelmä on saanut nimensä 5S siitä, että jokaisen vaiheen nimi alkaa S-kirjaimella. Vaiheet on esitetty alla. (Petersson ym. 2018: 308.)

### **Sortteeraus**

Ensimmäisenä lajitellaan kaikki työkalut, materiaalit ja tarvikkeet, jotka ovat työskentelyalueella. Kaikki jaetaan kahteen osaan: usein tarvitut ja harvoin tai ei koskaan tarvitut. Usein tarvitut asiat sijoitetaan niiden käyttöpisteelle ja harvemmin tarvitut asiat siirretään alueelta muualle. Tämä auttaa hahmottamaan tilannetta. (Petersson ym. 2018: 308.)

### **Systematisointi**

Jokaiselle käytetylle työkalulle ja tavaralle luodaan oma paikka, josta ne on helppo havaita ja myös huomata niiden puuttuminen. Esimerkiksi työkalut, joita

käytetään kokoonpanossa, sijaitsevat kokoonpanopisteellä niille varatussa työkaluseinässä, josta ne ovat helposti saatavissa. (Petersson ym. 2018: 309.)

### **Systemaattinen siivous**

Systemaattisella siivoamisella ei tarkoiteta varsinaisesti siivoamista vaan sitä, että varmistetaan asioiden olevan järjestyksessä ja toimivan niin kuin pitää. Tämä tarkoittaa, että kun perusasiat ovat kunnossa varsinainen siivoaminen vie vain hetken. Tämän asioista jää enemmän aikaa toiminnan tilojen tarkastamiseen. (Petersson ym. 2018: 309.)

### **Standardisointi**

Kolmen ensimmäisen vaiheen läpikäytyä on aika standardoida järjestys ja uudet toimintatavat työskentelyalueella. Standardisointi on yhteinen sopimus siitä, että työskentelyalueella pätevät uudet työtavat. Standardilla voidaan määrittää, mitä työkaluja pitää olla ja missä ne sijaitsevat, millaisia siivousrutiineja on sekä miten tavarat järjestellään. Standardit kannattaa luoda selkeiksi ja ymmärrettäviksi, jotta niitä on helppo noudattaa. (Petersson ym. 2018: 310.)

### **Sitoutuminen**

Sitoutumisessa pyritään samaan jokainen työntekijä mukaan noudattamaan uusia standardeja. Tämä vaihe on usein vaikein toteuttaa, sillä se vaatii pitkäjänteisyyttä esimiehiltä. Sitoutuminen on kaikista vaiheista tärkein, jotta saadaan uudet tavat toimimaan. Kyseessä on työntekijöiden asenteiden ja käyttäytymisen muuttaminen, johon voi kulua paljonkin aikaa ennen onnistumista. Esimiehien on helpointa johtaa esimerkillä ja toteuttaa omaa sitoutumistaan, jonka johdolla työntekijät helpommin seuraavat perässä. (Petersson ym. 2018: 310.)

Näiden viiden vaiheen noudattamisella muodostetaan runko työpisteen standardien kehittämiseksi ja käyttöönottamiseksi. Menestymistä varten tarvitaan hyvät rutiinit ja laajaa sitoutumista. (Petersson ym. 2018: 310.)

### 2.3 Lean – 7 + 1 hukan muotoa

Hukan havainnollistamiseksi hukka on jaettu eri luokkiin. Yleisin jako on 7 + 1 hukkaa, jossa seitsemän ensimmäistä hukkaa ovat peräisin Toyotalta ja viimeinen on lisätty jälkikäteen. Viimeiseksi lisätty hukka korostaa, kuinka tärkeää on työntekijöiden koko osaamisen hyödyntäminen ja luovuuden käyttäminen hyödyksi. Peterssonin (2018: 152) mukaan hukat ovat seuraavanlaiset.

#### **Odottelu**

Odottelulla tarkoitetaan aikaa, jota ei voida käyttää työn tekemiseen, sillä siihen ei ole edellytyksiä. On mahdollista, että esimerkiksi materiaali, työkalut, tieto tai jokin muu työtä edistävä toiminto puuttuu tai ei ole vielä saapunut. Tilanne usein synnyttää turhautumista, ja käyttämättömät työtunnit maksavat paljon. (Petersson ym. 2018: 153.)

#### **Tarpeeton kuljettelu**

Kaikki yrityksen sisäiset siirrot ja kuljetukset ovat turhia. Yleensä ainoa kuljetus, josta asiakas on valmis maksamaan, on toimitus asiakkaalle. Kuljettaminen ei lisää tuotteelle arvoa. (Petersson ym. 2018: 154.) Työntekijöiden arvokasta aikaa kuluu turhanpäiväiseen kuljettamiseen samalla, kun sitä olisi mahdollista ohjata arvoa tuottaviin prosesseihin.

#### **Ylikäsittely**

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan ylimääräisiä toimia, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Tätä voi olla asiakkaan vaatimuksien mukaisen laadun ylittäminen tai joidenkin muiden tarpeettomien asioiden tekeminen. (Petersson ym. 2018: 155.) Esimerkiksi sorvattavia akseleita valmistetaan neljän desimaalin tarkkuudella, kun asiakkaalle riittäisi vain yhden desimaalin tarkkuus. Sorvaamiseen ja laitteen säätämiseen kuluu todennäköisesti huomattavasti enemmän aikaa ja hyvin tulee näin ollen kalliimmaksi. Ylikäsittelystä saatetaan aluksi iloita, koska tuotteet voivat vaikuttaa laadukkaammilta kuin olisi tarpeen, mutta usein asiakkaat

huomaavat, että ylimääräinen työ maksaa. Asiakas ei myöskään ole valmis maksamaan ylimääräisistä työvaiheista. (Petersson ym. 2018: 155.)

### **Tarpeettomat varastot**

Tarpeettomilla varastoilla tarkoitetaan ylimääräisten materiaalien, keskeneräisen tuotannon tai valmiiden tuotteiden pitkäaikaista varastointia. Tarpeetonta varastointia voi esiintyä esimerkiksi, kun tuotteet odottavat kuljetusta tai pääsyä jatkojalostukseen. (Petersson ym. 2018: 156.)

Materiaalien varastointi maksaa, sillä se vie tilaa, vaatii käsittelyä ja saattaa kätkeä ongelmia. Varastointi pidentää myös läpimenoaikoja ja tämä pienentää toiminnon kykyä sopeutua asiakaskysynnän muutoksiin. Hankintahenkilöstö saattaa pitää hyvänä ajatuksena ostaa suuri erä halvalla, mutta siinä saadut säästöt saattavatkin mennä materiaalin varastointikuluihin. (Petersson ym. 2018: 157.)

### **Tarpeeton liike**

Tarpeeton liike on myös hukkaa, sillä se ei tuo arvoa tuotteelle. Tällaista hukkaa voivat olla työkalujen tai materiaalin nouto tai tilanne, jossa työntekijän tarvitsee joka kerta kumartua noukkiessaan työkalua. Tämä on huonoa ergonomiaa sen lisäksi, että se ei lisää tuotteen arvoa. On mahdollista, että laitteita ja tarvikkeita on sijoitettu epäkäytännöllisiin paikkoihin, minkä seurauksena tavaroita haikiessa työntekijä joutuu kävelemään pitkiä matkoja. (Petersson ym. 2018: 158.) Yhtä lailla, jos työkalut ovat hukassa ja niitä etsitään, aiheutetaan tarpeetonta liikettä. Tämä voidaan korjata sijoittamalla kaikki tarvittavat työkalut työpisteelle selkeästi esille.

### **Virheelliset tuotteet**

Virheellisten tuotteiden korjaamiseen tarvitaan ylimääräistä työtä, joka on hukkaa. Toiminnossa sattuneet virheet kasvattavat hukkaa ja pidentävät läpimenoaikaa. Usein virheet syntyvät väärin tietojen pohjalta. Pahimmassa tapauksessa tuotteita joudutaan laittamaan hylkyyn, jolloin kaikki siihen aikaisemmin

käytetyt resurssit menevät hukkaan. On tärkeää selvittää, missä kohtaa prosessia syntyi virhe ja kuinka se saadaan korjattua. (Petersson ym. 2018: 159–160.)

### **Ylituotanto**

Ylituotannossa voidaan tehdä enemmän, nopeammin ja enemmän kuin tilataan. Tämä usein johtaa muiden kulujen nousemiseen, kun syntyy ylimääräinen tarve varastoinnille ja kuljetuksille sekä lisää käsittelyn tarvetta. Ylituotanto saattaa aiheuttaa myös huomattavan määrän hukkaa, esimerkiksi jos asiakas peruu tai muuttaa tilaustaan ja on valmistettu valmiiksi suuri erä tuotteita, joita ei voidaakaan täten lähettää asiakkaalle. Ylituotantoa useimmiten pidetään hyvänä asiana, sillä ihmisille saattaa olla luontaista tehdä vähän enemmän varmuuden vuoksi. Tämä voi kuitenkin sekoittaa muita prosesseja sekä lisätä työntekijöiden stressiä, kun huomataan työjonon vain kasvavan. (Petersson ym. 2018: 160–161.)

### **Henkilöstön osaamisen tai luovuuden käyttämättä jättäminen**

Kahdeksas hukka ei alun perin kuulunut Toyotan seitsikkoon mutta lisättiin jälkikäteen. Hukalla tarkoitetaan tilannetta, jossa prosessissa ei hyödynnetä jokaisen työntekijän osaamista ja luovuutta. Osallistumisjoukon ollessa laaja parannetaan mahdollisuuksia saada enemmän ideoita ja parannuksia. Hyvänä tapana parantaa henkilöstön osaamista ja luovuutta on syventää henkilöstön osaamisaluetta eikä vain laajentaa. Esimerkiksi työntekijä, joka kokoonpanee tuotteita, voisi syventyä vain tiettyihin tuotteisiin ja hänelle annettaisiin mahdollisuus syventää osaamistaan siltä alueelta. Tällöin hänestä kehittyä osa-alueensa asiantuntija. On luonnollista, että asiantuntevana työntekijänä halutaan ottaa vastuuta, jolloin se voidaan ohjata työn kehittämiseen ja hukan poistamiseen. Hyvä tapa kehittää yksilön kykyjä on antaa tälle mahdollisuus ottaa yhteyttä muihin organisaation asiantuntijoihin. Tällöin oman osa-alueensa asiantuntijan osaamista ja parannus ehdotuksia voidaan hyödyntää koko organisaatiossa paremmin. (Petersson ym. 2018: 162–163.)

### 3 Tuotannonohjaus

Tuotannossa on keskeistä, kuinka tuotantoa ohjataan. Tuotannonohjaukseen vaikuttaa tuotannossa sijaitsevat kohdennuspisteet. Kohdennuspisteellä tarkoitetaan tiettyä kohtaa materiaalivirrasta, jossa se kiinnitetään asiakkaan tilaukseen. Esimerkiksi tilauksesta valmistaessa vasta asiakkaan tilauksesta käynnistetään tuotteen valmistus. Tuote toteutetaan mahdollisesti asiakkaan toiveiden mukaisesti, minkä vuoksi kohdennuspiste tässä tapauksessa sijaitsee syvällä tuotannossa. Kohdennuspisteitä on neljää eri tyyppiä. (Ritvanen ym. 2011: 48–49.)

#### 3.1 Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS, make to stock)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa asiakkaan tilaukset toimitetaan lopputuotevarastosta. Loppuvarastoon valmistetaan tuotteita ennakoiden ennusteiden tai tilauspistehjauksen laukaisimien täydennystilausten mukaan. Tuotannossa tilausten kohdennuspiste on asiakkaassa. (Logistiikan maailma 2022.)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa kaikki aktiviteetit ennen tilauksen kohdennuspistettä tapahtuvat ennakoiden ilman varsinaista asiakastilausta, suunnitelmiin ja ennusteisiin perustuen. Tuotantotyyppissä on riskinä, ettei kysyntä toteudu ennustetusti, mutta se antaa myös mahdollisuuden tehostaa tuotantoa tuotantomääriä tasoittaen. (Logistiikan maailma. 2022.) Tuotteita valmistaessa varastoon varasto-ohjautuva tuotanto sitoo pääomaa (Ritvanen ym. 2011: 48).

Kyseinen tuotannonohjausmenetelmä on tyyppillinen tilanteissa, joissa asiakkaan toimitusaikavaatimus on hyvin lyhyt ja kunkin tuotteen menekki suuri ja kohtuullisesti ennustettavissa. On myös mahdollista, että varasto-ohjautuvaa tuotantoa käytetään niin sanotusti pakon sanelemana, jos tuotannossa on pitkät läpimenoajat (Logistiikan maailma. 2022). Tällöin on mahdollista, ettei tilausohjautuvilla tavoilla päästä tarpeeksi nopeisiin toimitusaikoihin. Varasto-ohjautuvan toimitusketjun hallintaa kutsutaan usein työntöohjaukseksi (Ritvanen ym. 2011: 48).

### 3.2 Tilauksesta kokoonpano (ATO, assemble to order)

Tilauksesta kokoonpanossa asiakkaan tilaus käynnistää kokoonpanon välivarastossa olevista puolivalmisteista. Kokoonpanon jälkeen tuotteelle voidaan tehdä testauksia ja tarkastuksia, minkä jälkeen se pakataan ja lähetetään asiakkaalle. Yleensä tuotteet ovat modulaarisia ja moduuleiden tuotanto tapahtuu ennakoiden. Tilauksen kohdennuspisteessä eli kokoonpanossa sijaitsee puskurivarasto, joka sisältää osia ja osakokoonpanoja. (Logistiikan maailma. 2022.)

Parhaimmillaan tilauksesta kokoonpano on, kun tuote on modulaarinen. Tuote koostuu vakioiduista moduuleista, joista voidaan yhdistellä erilaisia lopputuotteita. Tällä tavalla moduulien määrä on rajallinen, mutta niitä yhdistelemällä voidaan koota hyvin monta erilaista lopputuotekombinaatiota. Kyseisellä menetelmällä on mahdollista saavuttaa suhteellisen lyhyt toimitusaika yhdistettynä suureen valikoimaan erilaisia lopputuotemahdollisuuksia. (Logistiikan maailma. 2022.) Tässä ohjausmuodossa varastoon sitoutuu paljon pääomaa, sillä komponentteja tarvitaan paljon suuren tuotevalikoiman vuoksi (Ritvanen ym. 2011: 49).

### 3.3 Tilauksesta valmistettava (MTO, make to order)

Tilauksesta valmistettaessa tilauksen kohdennuspiste on syvällä tuotannossa. Tällöin tuote valmistetaan lähes alusta valmiiksi tuotteeksi tilauksen pohjalta. Kyseisessä tavassa ei ole lopputuotevarastoa, vaan tuotannon varastot ovat keskeneräistä tuotantoa sekä materiaaleja, komponentteja ja osia. (Logistiikan maailma. 2022.)

Tilauksesta valmistusta käytetään, kun tuotantomäärät ovat pieniä mutta lopputuotevaihtoehtoja on paljon ja kunkin tuotteen kysyntä on vähäistä (Ritvanen ym. 2011: 49). Tällä tavalla lopputuotevarasto ei käytännössä ole mahdollinen, sillä kaikkien lopputuotevarianttien varastointi vaatisi valtavan paljon sitoutunutta pääomaa. Pelkästään varastotila voi olla rajoittava tekijä. (Logistiikan maailma. 2022.)

Tilauksesta valmistaessa toimitusaika on pitkä ja yksikköhinta on korkeampi, kuin aikaisemmillä ohjausmenetelmillä (Ritvanen ym. 2011: 49). Kyseinen tuotantotyyppi valitaan, jos tuote ei sovellu moduloitavaksi tai sitä ei ole vielä tehty tai tuotantomäärät ovat niin pienet, ettei siinä olisi järkeä (Logistiikan maailma. 2022).

Tilauksesta valmistus antaa hyvin laajan tuotevalikoiman, sekä varastoon sitoutuu suhteellisen vähän pääomaa. Tällä tavalla varasto on osina ja komponentteina eikä valmiina tuotteina. Kaikki keskeneräiset prosessit ja tuotanto liittyvät johonkin asiakastilaukseen. Huonona puolena tuotannon työmäärät voivat riippua hyvin vahvasti tilauskannasta, joka altistaa mahdollisille lomautuksille tai hyvin kiireisille aikajaksoille. Tätä hallitaan tuotannon määrän vaihtelulla, mikä vaatii joustavia resursseja ja/tai kysynnän mukaan vaihtelevia toimitusaikoja. (Logistiikan maailma. 2022.) Tilauksesta valmistettavaa tuotantoketjua kutsutaan imuohjaukseksi (Ritvanen ym. 2011: 49).

### 3.4 Tilauksesta suunnittelu (ETO, engineer to order)

Tilauksesta suunniteltaessa kohdennuspiste on hyvin syvällä tuotannossa, kauimpana muihin tuotantotyyppeihin verrattuna. Tässä tapauksessa siis valmistetaan tuote asiakkaan tilauksen pohjalta ja valmistamisen lisäksi tilaukseen liittyy myös tuotesuunnittelua. Tuotannon varastot ovat keskeneräistä tuotantoa sekä materiaaleja, komponentteja ja osia. Tämän vuoksi lopputuotevarastoa ei ole. Tilauksesta suunnittelulla on mahdollista myös toimia ilman valmiita tai vähäisillä materiaalivarastoilla ja hankkia tarvittavat materiaalit tilausten mukaan. Tilauksesta suunnittelu on tyypillinen toimintatapa tilanteissa, joissa asiakas tarvitsee itselleen räätälöityjä tuotteita. (Logistiikan maailma. 2022.)

## 4 Varastot

Varastoilla tarkoitetaan varastotiloja ja -rakennuksia sekä varastotoimintoja (Ritvanen ym. 2011: 79). Lähes kaikille yrityksille tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä. Varastoja tarvitaan toimintaprosessien eri vaiheiden kytkemisessä sekä toimintakyvyn turvaamiseen. Varastot ovat merkittävä kustannustekijä yritykselle. Varastoihin sitoutuu huomattavasti pääomaa sekä materiaalien käsittely ja varastointi luovat kustannuksia. Varastot ovat aina riskintekijöitä, sillä niissä tuote voi vanhentua taloudellisesti tai teknisesti. Tämän vuoksi esimerkiksi tietokonekaupassa vältetään muistipiirien varastointia jatkuvan hinnan laskun vuoksi. (Haverila ym. 2009: 445–446.)

Varastointia on mietittävä, kun yritystä perustetaan tai kehitetään nykyistä toimintaa. Varastointiin koskevat ratkaisut vaikuttavat kokonaisvaltaisesti koko logistiseen ketjuun. Varastoihin sitoutuu aina pääomaa, joten ne pyritään aina pitämään mahdollisimman pienenä. Vapautettua pääomaa on järkevämpää sijoittaa muihin tarpeisiin. Parhaassa tilanteessa varastotasoa voidaan pienentää tai jopa kokonaan luopua niistä, jos toimitusajat pystytään optimoimaan hyvin, esimerkiksi jos raaka-aineet tai tuotteet toimitetaan toimittajalta suoraan tuotantoon tai valmistajalta asiakkaalle ilman varastointia. (Ritvanen ym. 2011: 79.)

Yritysten varastoissa ja tuotantotiloissa on usein paljon tuotteita, materiaaleja sekä puolivalmisteita. Varastojen ohjauksen ja kehittämisen näkökannasta on loogista tarkastella varastoja niiden syntymekanismien perusteella. Tuotannossa varastoja käytetään Haverila ym. (2009: 446) mukaan seuraavissa luvuissa esitellyistä syistä.

### 4.1 Puskurivarastot

Toimintakyvyn varmistamiseksi tarvitaan puskurivarastoja. Usein yrityksen tuotantoprosessin läpäisy aika on pidempi kuin asiakkaan toimitusaikavaatimukset. Yrityksen on tällöin käytettävä puskurivarastoja toimintakyvyn ja palvelutason ylläpitämiseksi. Materiaalipuskureita voivat olla tuote-, puolivalmiste- tai

materiaalivarastoissa. Puskurivarastoja mitoitetaan yrityksen haluaman palvelutason mukaan. Varastoja voidaan pienentää hyvällä menekkitiedon hallinnalla ja hyvällä suunnittelulla. Varastoinnin tarvetta vähentää myös läpäisyajan lyhentäminen sekä prosessien joustavuuden lisääminen. (Haverila ym. 2009: 446.)

#### 4.2 Kausivaihteluiden hallinta

Varastoimalla tuotteita voidaan tasoittaa kausivaihtelun vaikutuksia toimialoilla, joissa esiintyy huomattavia kausivaihteluita. Toimintamallin mahdollistamiseksi tulee varastointikustannusten olla riittävän alhaiset. Kyseistä toimintamallia käytetään silloin, kun kapasiteettijousten toteutus on kallista. Tällöin voidaan kapasiteetti määrittää keskimääräisen menekin perusteella. (Haverila ym. 2009: 446.)

#### 4.3 Välivarastot

Työvaiheiden toisiinsa kytkemiseksi tarvitaan välivarastoja. Eri prosessien valmistusajat vaihtelevat, joten keskeneräisiä tuotteita pitää varastoida vaiheiden välillä. Usein prosessien välissä siirretään tuotteita erissä työpisteeltä toiselle, jolloin siirretyt erät kasvattavat varastoja. Mitä enemmän eri vaiheita prosesseissa on, sitä suurempia välivarastoja myös on. Varastoihin vaikuttaa myös tuotetyyppi sekä työvaiheiden välimatkat. Turhista välivarastoista pyritään pääsemään eroon, sillä ne pidentävät läpimenoaikaa, sitovat pääomaa sekä kasvattavat laatuvirheiden määrää. (Haverila ym. 2009: 446–447.)

#### 4.4 Valmistuksen taloudellisesta eräkoosta johtuvat varastot

Suuriin valmistuseräkokoihin johtavat suuret asetuskustannukset tai pitkät asetusajat. Suuret valmistuserät luovat suuria välivarastoja. Eräkoon kasvattaminen yhdessä vaiheessa saattaa johtaa eräkokojen kasvuun koko tuotantoprosessissa, mikä pidentää läpimenoaikaa ja kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää. Taloudellisten eräsuuruuden tavoittelusta syntyviä varastoja tulisi välttää. Varastoja voidaan pienentää lyhentämällä asetusajoja, jolloin tuotannon

eräkokoja voidaan pienentää kustannustehokkuuden kärsimättä. (Haverila ym. 2009: 447.)

#### 4.5 Kuljetusten ja siirtojen aiheuttamat varastot

Varastointitarpeita aiheuttavat myös siirrot ja kuljetukset. Kuljetuserien muodostuminen, pakkaus, lastaus, kuljetus ja purku lisäävät varastointia ja pidentävät läpimenoaika. Tuotteen käyminen alihankkijalla kesken valmistuksen luo erityisen hankalan tilanteen. Tuotteen siirtyminen organisaatiosta toiseen luo aina omia viiveitä, mikä johtaa läpimenoajan pidentymiseen sekä turhaan varastointiin. Tuotteen edestakaisia kuljetuksia tulee välttää aina mahdollisuuksien mukaan. (Haverila ym. 2009: 447.)

#### 4.6 Tuotantoprosessin virheiden varalta pidettävät varastot

Ylimääräisillä varastoilla kyetään peittämään helposti toiminnan ja valmistuksen laatuvirheet. Virheiden tapahtuessa voidaan turvautua varastoihin, jolloin vältetään laajemmat tuotantohäiriöt tai toimituskykyongelmat. Toiminnan kehittämisen estää laatuongelmien hoitaminen ylimääräisillä varastoilla. Tällä toimintamallilla ongelmat ja syyt jäävät piiloon, jolloin niihin ei osata tarttua. Virheiden varalta pidettävät varastot tulee poistaa ja poistamisen johdosta esiin tulleet ongelmat pitää korjata. (Haverila ym. 2009: 447.)

## 5 Layout

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan tuotantotilan järjestystä: kuinka koneet, laitteet, kulkureitit, varastot sekä muut tarvittavat asiat on sijoitettu tehtaaseen (Haverila ym. 2009: 475). Layoutin toteuttamiseen sitoutuu paljon resursseja, eikä layoutin vaihtaminen ole helppoa. Oikein valittu ja toteutettu layout lisää tuotannon tehokkuutta ja sujuvuutta. (Logistiikan maailma. 2022.)

Layout-suunnittelua voidaan käyttää kahdessa merkityksessä. Suppealla merkityksellä voidaan kuvata sijoittelua, kun taas laajalla merkityksellä viitataan koko

sijoittelun perustana olevan järjestelmän suunnittelua. (Lapinleimu ym. 1997: 309.)

Layoutin valinnassa on huomioitava seuraavia asioita:

- Läpimenoaika on lyhyt.
- Materiaalivirta on tehokas: tuotteita tai materiaalia ei tarvitse kuljettaa turhia matkoja.
- Layout tukee hyvää laatua.
- Layout on turvallinen.
- Vältetään työntekijöiden ylimääräistä liikehdintää.
- Tilaa hyödynnetään tehokkaasti.

Layoutit voidaan jakaa neljään pääkategoriaan. Nämä ovat solu-, funktionaalinen-, tuotantolinja- ja virtautettu layout. (Logistiikan Maailma 2022.)

## 5.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa jaetaan keskenään samankaltaiset resurssit yhteen ryhmiksi. Tyypillisesti näitä nimetään prosessin mukaan, kuten hitsaamo, sorvaamo ja maalaamo. Eri vaiheissa olevat tuotteet ohjataan niille työpaikoille, joita tuotteet tarvitsevat. (Lapinleimu ym. 1997: 79.)

Funktionaalisisessa layoutissa on useita etuja, joista yksi on suuri tuotejoustavuus. Kyseisessä layoutissa voidaan valmistaa kaikkea, mitä systeemin resursseilla kyetään ylipäättään valmistamaan. Toisena etuna voidaan pitää myös kapasiteetin käytön tehokkuutta. Funktionaalisisessa layoutissa tuotteet jonottavat pääsyä koneelle tai prosessiin, jolloin käyttöaste on mahdollista saada lähelle 100 %:a. Kolmantena huomattavana etuna on ammattitaidon keskittäminen omille työpisteille, jolloin osaaminen kyetään keskittämään haluttuun resurssiin. Osaamistaso valittua prosessia kohti kasvaa ja voidaan silti pitää yleisresursseille yleisvälineitä ja prosesseja, joita jokainen osaa toteuttaa. Näin selkeät

valmistusvaiheet ja kokoonpanot saadaan keskitettyä omiin yksiköihin, joissa on vahva osaaminen. (Lapinleimu ym. 1997: 79.)

Huonona puolena funktionaalisessa layoutissa voidaan pitää huonoa ohjattavuutta ja pitkää läpäisyäikää. Layoutissa ohjaus on työlästä, sillä tuotteita on ohjattava eri reittejä pitkin prosessin läpi. Tämä tarkoittaa, että

- ohjattavia työpisteitä on paljon
- työpisteille kerääntyy jonoa.
- läpäisyäika on pitkä
- ohjausimpulsseja on paljon
- läpäisyäika on epävarma.

Funktionaalisessa layoutissa vaikea ohjattavuus hankaloituu tuotannon kasvaessa. Sopiva koko layoutille on noin 3–6 ohjauspistettä tai tekijää, jolloin onnistuminen perustuu pienmuotoisuuteen ja yksikön omatoimisuuteen. (Lapinleimu ym. 1997: 80.)

## 5.2 Solu-layout

Solu-layout on pieni itsenäinen valmistusyksikkö, jossa tavoitellaan osan, osaperheen tai osakokonaisuuden valmistusta siihen erikoistuneessa yksikössä. Työvaiheet yhdistetään yhdeksi, jolloin osan valmistusta voidaan ohjata yhdellä impulssilla.

Tarvittava kokonaisuus itsenäiseen yksikköön on seuraavanlainen:

- oma alue
- oma valmistettava tuote
- omat tuotantokalustot ja työkalut
- omat nosto- ja siirtolaitteet
- omat työntekijät, jotka muodostavat työryhmät
- vastuu omasta toiminnasta (Lapinleimu ym. 1997: 85.)

Solulayoutissa tuotteet pyritään valmistamaan täysin valmiiksi, jos se on mahdollista. Kyseisessä layoutissa yhdistyy useita työvaiheita yhdellä impulssilla ja vaiheet voidaan toteuttaa usein lyhyellä odotusajalla. Tavanomaisesti solussa on enemmän työpisteitä kuin työntekijöitä. Solussa on mahdollisuus tasata solun sisäistä kuormaa vaihtamalla työasemaa. Tähän tarvitaan moniosaamista, ja työn taseus tapahtuu solun sisäisinä spontaaneina tehtävän vaihtoina. (Lapinleimu ym. 1997: 85.)

Valmistus- tai kokoonpanosolut muodostetaan tyypillisesti tuoteperusteisesti. Solu kokoaa lopputuotteen tai osakokoonpanon. Solun yksikköluonteen vuoksi tehtaan ohjaus ohjataan soluun ja solun sisäinen kokoonpanojärjestys hoidetaan solussa. Solu-layoutilla on usein pieni kokoonpanovolyymi mutta suuri mahdollisuus lopputuote variaatiolle, esimerkiksi osaperheille. (Lapinleimu ym. 1997: 87.)

### 5.3 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinjassa tyypillisesti valmistetaan samanlaisia tai samankaltaisia tuotteita suurella volyymilla. Tuotantolinja voi olla pakkotahtinen tai järjestetty linjamaisesti muttei ole pakkotahtinen. Pakkotahtinen linja soveltuu suurille volyyymeille ja on rajoittunut valmistamaan usein samaa tuotetta. Vapaaehtisessa linjassa on taas enemmän vapauksia tuotteiden vaihtelussa. (Logistiikan maailma. 2022.)

Tuotantolinjassa jokaisella koneella on saman tuotteen valmistamiseksi valmiit asetukset, jotka vaihdetaan erän vaihtuessa. Tuotantolinjan kapasiteetin määrittää pisimmän työvaiheen aika sisältäen kappaleen vaihtoajan. Jokaisen työaseman välissä on puskurivarasto, usein kooltaan muutaman kappaleen verran. Puskurivarastot mitoitetaan tahtiajan ja ylläpidon mukaan. Jos linjalla ei ole puskurivarastoa työasemien välissä, joudutaan kaikki kappaleet siirtämään samaan aikaan seuraavaan asemaan. (Lapinleimu ym. 1997: 81–83.)

Tuotantolinjaa ohjataan fifo-periaatteella (first in – first out). Ohjaustapa sitoo työjärjestyksen. Pakkojärjestys tarkoittaa

- varmaa läpäisyhallintaa
- valmiiden kappaleiden nopeaa syntyä
- lyhyttä läpäisyäikää
- suurien erien jakaantumista pienempiin osiin. (Lapinleimu ym. 1997: 84.)

Tuotejoustavuus riippuu suuresti koneiden asetustekniikasta ja kalustuksesta. Tuotantolinja-layout nähdään perinteisesti jäykähkönä järjestelmänä, joka koonpanee samoja tuotteita ja jota on vaikea muokata. Kuitenkin layout tuottaa suurella volyymilla kappaleita ja asetustekniikan kehittyessä koko ajan saadaan parempi mahdollisuus tuotevaihtelulle erien vaihtuessa.

#### 5.4 Virtautettu layout

Virtautetussa layoutissa voidaan soveltaa useita eri layout-tyyppejä, varsinkin jos tuotanto on monivaiheinen (Logistiikan maailma. 2022). Kyseisellä tavalla kyetään hyödyntämään ja optimoimaan jo olemassa olevat resurssit. Tarkoituksena on luoda mahdollisimman jouheva tuotevirtaus, vaikka tuotetta ei kyettäisi valmistamaan kokonaan esimerkiksi pelkästään tuotantolinjalla. Tässä tapauksessa olisi mahdollista, että tuote on esikoottu komponenteista solussa, josta se siirretään tuotantolinjalle loppukokoonpanoon. Virtautetussa layoutissa pyritään usein välttämään välivarastoja ja pitkiä kuljetuksia sekä materiaalivirtojen ohjaus suunnitellaan yhteensopivaksi valmistusvaiheiden mukaan.

## 6 Layoutin suunnittelun tavoitteet

Tuotannon layout-suunnittelun tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Suunnittelulla pyritään minimoimaan osastojen ja työpisteiden välisiä kuljetuskertoja ja siirtoja. On edullisinta pyrkiä selkeisiin materiaalivirtoihin tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämisen kannalta. Työpisteiden sijoittelussa tulee pyrkiä siihen, että materiaalien siirtoetäisyydet ovat mahdollisimman

lyhyet. Haverilan ym. (2009: 482) mukaan hyvin suunnitellun layoutin ominaisuuksia ovat seuraavat:

- Layout on suunniteltu helposti muunneltavaksi ja joustavaksi.
- Materiaalivirrat ovat selkeät.
- Kuljetusmatkat ovat lyhyet.
- Materiaalien siirrot on minimoitu.
- Sisäinen kommunikaatio on helppoa.
- Materiaalin vastaanotto ja jakelu on tehokasta.
- Tilaa käytetään tehokkaasti.
- Kaikkien valmistusvaiheiden erityistarpeet on huomioitu.
- Työturvallisuus ja -tyytyväisyys on huomioitu.

Layoutin suunnittelemisessa on huomioitava layoutin mahdolliset muutos- ja laajennustarpeet. Tuotetyyppien ja määrien muuttuessa on layoutia tarvittaessa pystyttävä muuttamaan joustavasti. On erityisesti huomioitava vaikeasti siirrettävät laitteet. Ne tulee sijoittaa siten, etteivät ne haittaa layoutin myöhempää kehitystä. (Haverila ym. 2009: 482.)

## **7 Tuotannon layoutin ja materiaalivirtojen nykytilan selvitys**

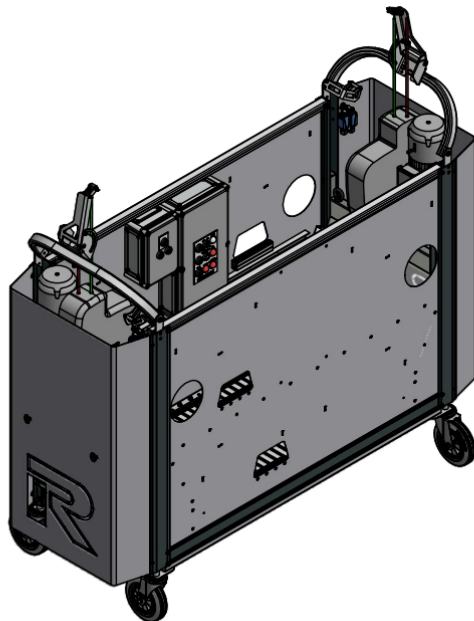
Rostek Oy valmistaa kuutta eri vakiotuotetta, joista kaikista on useita erilaisia variaatioita. Vakiotuotteiden eri variaatiot ovat sidoksissa yrityksen eri kiskomalleihin. Yritys teettää alihankkijalla useita erilaisia kiskoja käyttötarkoituksen mukaan. Vakiotuotteet ovat

- riipputeline
- kattovaunu
- hoitosilta
- taavetti
- rullasto
- tikkaat.

Joitain tuotteita valmistetaan useita kymmeniä yhteen projektiin, kun taas toisia saatetaan valmistaa vain muutamia kappaleita vuoden aikana. Yritys myös suunnittelee ja valmistaa tilauksesta erikoistuotteita vastaten asiakkaan tarpeita. Erikoistuotteet ovat usein suuria ja vaativat enemmän valmistustilaa kuin vakio- tuotteet. Tämä on huomioitu layoutin suunnittelussa.

## 7.1 Yrityksen tuotteet

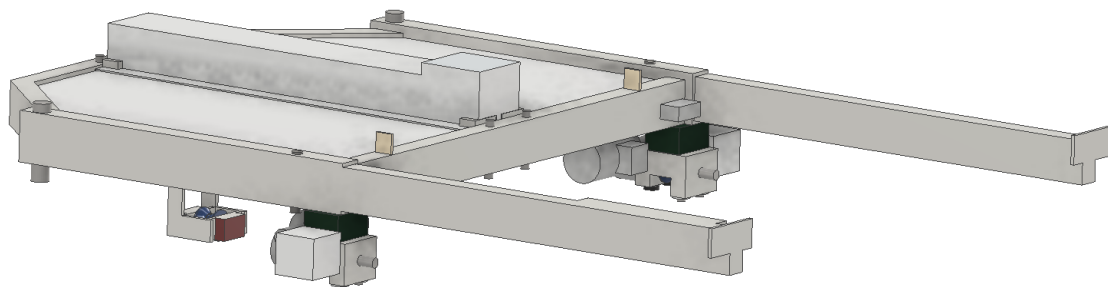
Riipputeline (kuva 1) on yhden tai kahden henkilön käytettävä huoltokelkka rakennuksien kunnossapitoon. Riipputeline on varustettu kahdella kitkanostimella ja vaijerikelaajalla, yhdet kummissakin päädyissä.



Kuva 1. Riipputeline, malli BMU2 / 1,7 metriä leveä. Riipputelineen maksimikäyttökorkeus 70 metriä.

BMU on kirjainyhdistelmä englannin kielen sanoista "Building Maintenance Unit". Riipputelineen rakenne on valmistettu teräksestä ja alumiinista. Tämän vuoksi huoltokelkka on kestävä sekä kevyt.

Kattovaunu (kuva 2) on rakennuksen katolla kulkeva yksikkö, jonka tehtävänä on kuljettaa riipputelineitä rakennuksen ympäri. Kiskoradat sijaitsevat rakennuksen katolla, jolloin se on visuaalisesti miellyttävämpi ratkaisu verrattuna rakennuksen ulkopuolelle asennettavaan monorail-kiskorataan.



Kuva 2. Kattovaunu, malli ROCA Normal.

Kattovaunussa on usein manuaalisesti käännettävät tai moottorilla toimivat puomit, jolla puomit saadaan piiloon. Puomit käännetään rakennuksen katon puolelle, kun kattovaunua ei käytetä.

Hoitosilta (kuva 3) on usein rakennuksen sisäpuolella kulkeva kunnossapitojärjestelmä. Hoitosilta valmistetaan myös ulkokäyttöön. Hoitosilta kulkee kiskoradoilla ja hoitosilta voi joko seistä kiskojen päällä tai riippua kiskoissa.

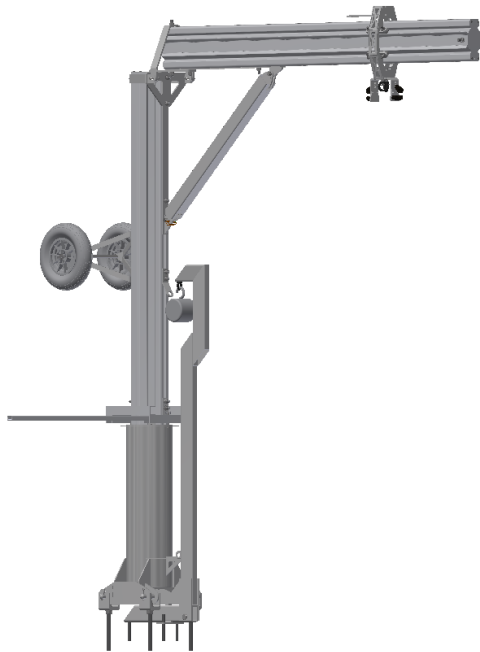


Kuva 3. Kalteva 8 metrin hoitosilta manuaalirullastoilla, rullastomalli RS133D.

Hoitosillalla voidaan tehdä lasikaton huoltotöitä sisäpuolelta tai esimerkiksi riipustaa kauppakeskuksessa mainoskylttejä. Erikoistapauksissa hoitosillat

saattavat olla yli 20 metriä pitkiä. Hoitosiltoja myös valmistetaan ulkokäyttöön tarpeen vaatiessa.

Taavetti (kuva 4) on riipputelineen kannatinjärjestelmä, jolla voidaan nostaa riipputeline katolle. Laivaterminä taavetti on alun perin tarkoittanut pelastusveneiden kannatinjärjestelmää. Sen päätarkoitus on ollut kääntää kohde laidan yli ja laskea se alas.



Kuva 4. Taavetti kulkupyörästä ja nostotaljalla, malli D400.

Taavetit toimivat yleensä parina, jolloin ne kannattelevat riipputelinettä molemmilta puolilta. On myös olemassa riipputelinemalli, jossa on vain yksi kitkanostin ja levitin vaijereille. Tällaista mallia voidaan käyttää yhdellä taavetilla. Taavetit on mahdollista irrottaa pedestaalista, jolloin ne voidaan siirtää pois näkyvistä tai seuraavaan huollettavaan kohteeseen. Pedestaalilla tarkoitetaan taavetin kiinnityskohtaa, joka on ankkuroitu paikalleen.

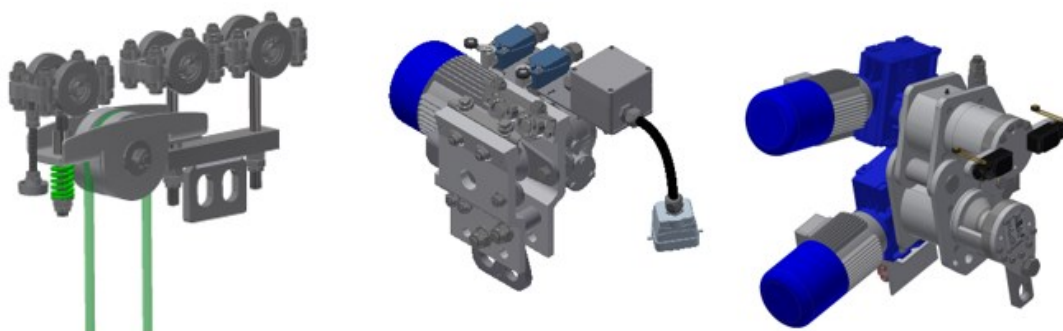
Rullastot (kuva 5 ja 6) ovat alumiinikiskoilla kulkevia laitteita, joiden tarkoituksena on liikuttaa yrityksen valmistamia luoksepääsyjärjestelmiä. Rullastoja on

manuaalisia sekä moottorikäyttöisiä. Vakiorullastoja on kolme eri mallia: RS110, RS133 ja RS133D. Rullastomallit soveltuvat eri kiskoratoihin.



Kuva 5. Horisontaaliset rullastomallit RS110, RS133 ja RS133D.

Rullastot jakautuvat kahteen pääkategoriaan, joita ovat horisontaaliset rullastot ja kiipeävät rullastot. Horisontaaliset rullastot kulkevat vain vaakatasossa olevilla kiskoradoilla, kun taas kiipeävät rullastot voivat tarvittaessa kulkea ylöspäin jopa pystysuoralla kiskoradalla. Kiipeäviä rullastoja kutsutaan Rosliffeiksi.

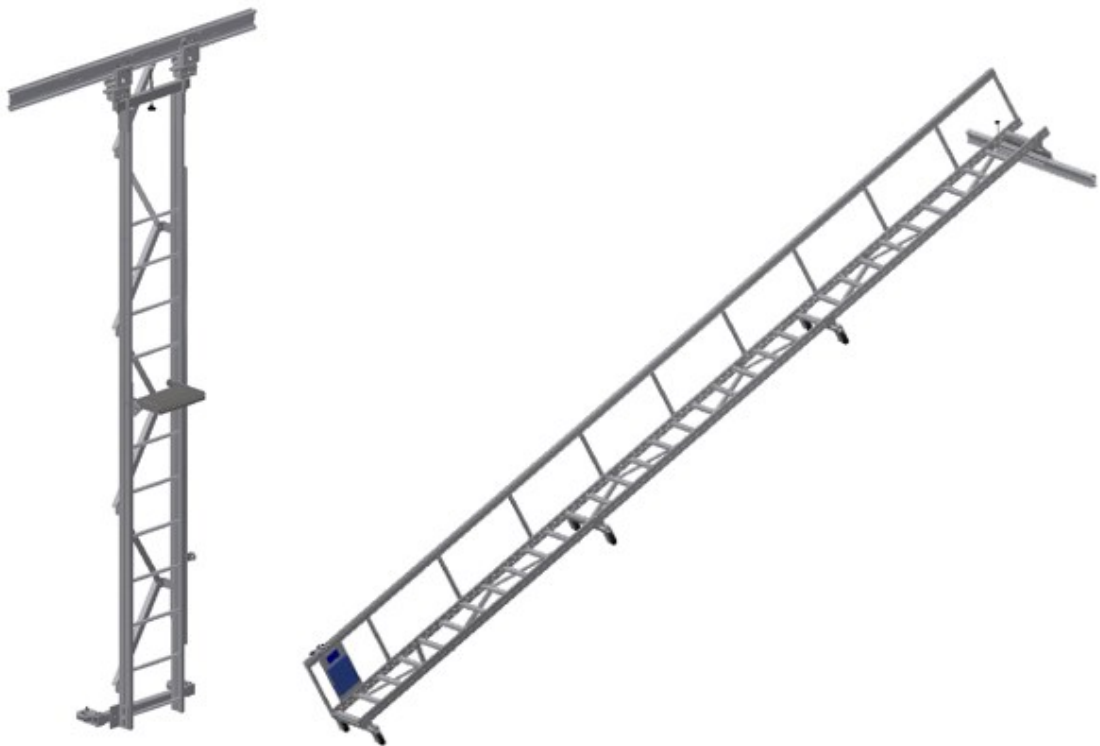


Kuva 6. Narurullasto RS110R, moottorikäyttöinen rullasto RS133E ja kiipeävä rullasto Roslift500.

Rullastoista on monia eri variaatioita. On olemassa jarrullisia, jarruttomia, suunnantunnistavan rajakytkimen ja kahden rajakytkimen versioita. Esimerkiksi

rullasto, jossa on kaksi rajakytkintä lopettaa liikkeen osuessaan rajavasteeseen kiskoradan jommassakummassa päädyssä. Rajakytkimet estävät rullaston puo- toamisen kiskoradalta. Rajavaste toimii samalla pysäyttimenä, mikäli rajakytkin lakkaa toimimasta. Kuvassa 5 näkyy narurullasto, jota liikutetaan narulla veto- pyörää käyttäen.

Tikkaita on kahdenlaisia: lape- ja pystytikkaita. Pystytikasta käytetään seinien huoltoon ja pääsyvälineenä esimerkiksi hoitosillalle. Lape- tikkaan pääkäyttötar- koituksena on kattojen huoltotyöt, esimerkiksi kaltevan lasikaton huoltotyöt ra- kennuksen ulkopuolella.



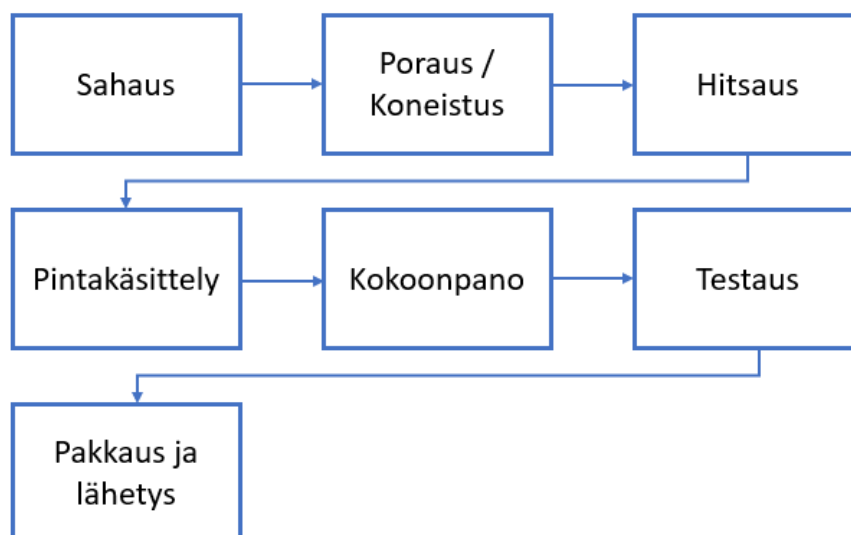
Kuva 7. Pystytikas roikkuvilla rullastoilla (vas.) ja lapetikas seisovilla rullastoilla sekä kulkupyörillä (oik.).

Pystytikkaat suunnitellaan kiskoradalla kulkeviksi, niin että tikkaan yläpuoli roik- kuu kiskosta ja alapuoli kulkee pyörien varassa. Lape- tikkaan yläpuoli usein

seisoo kiskoradan päällä, ja alapuolella pitkin tikasta on kulkupyöriä, jotka tukevat tikasta koko matkalta. Kiskoilla olevalla tikkailla voidaan huoltaa kiskoradan sisältämän alueen kattoalue.

## 7.2 Yrityksen tuotantoprosessit

Yrityksen tuotteiden valmistukseen liittyvien työvaiheiden järjestys on kuvan 8 mukainen. Työvaiheita on yhteensä seitsemän: sahaus, poraus/koneistus, hitsaus, pintakäsittely, kokoonpano, testaus sekä pakkaus ja lähetys. Tuotteiden valmistuksen ensimmäinen vaihe on profiilien, pyörötankojen ja/tai lattarautojen sahaaminen määrämittaen. Sahauksen jälkeen ne menevät porattavaksi tai koneistukseen. Koneistuksessa kappaleista poistetaan materiaalia jyrsimällä tai sorvaamalla, jonka jälkeen terävät kulmat viilataan ja kappaleista poistetaan purseet. Tämän jälkeen osat viedään hitsattavaksi. Hitsauskokoonpanot lähetetään yrityksen ulkopuolelle pintakäsittelyyn. Materiaalin mukaan pintakäsittelymenetelminä voi olla anodisointi, kuumasinkitys, kiillotus tai maalaus. Pintakäsittelystä palattuaan hitsauskokoonpanot siirtyvät loppukokoonpanoon, ja tuotteen valmistuessa se testataan. Testauksen jälkeen tuote pakataan ja lähetetään asiakkaalle.



Kuva 8. Rostek Oy:n tuotteiden karkea tuotantoprosessien kuvaus.

Yrityksen tuotantoprosessien selvityksessä ei huomioitu erikoispiirteitä vaan keskityttiin tuotteiden vakioprosesseihin. Suurin osa tuotteista kulkee samojen prosessien läpi. Osa tuotteista voi ohittaa joitakin vaiheita tai vaatia lisäkäsittelyä mutta näiden tuotteiden määrät ovat pieniä.

### 7.3 Lähtötilanteen kuvaus

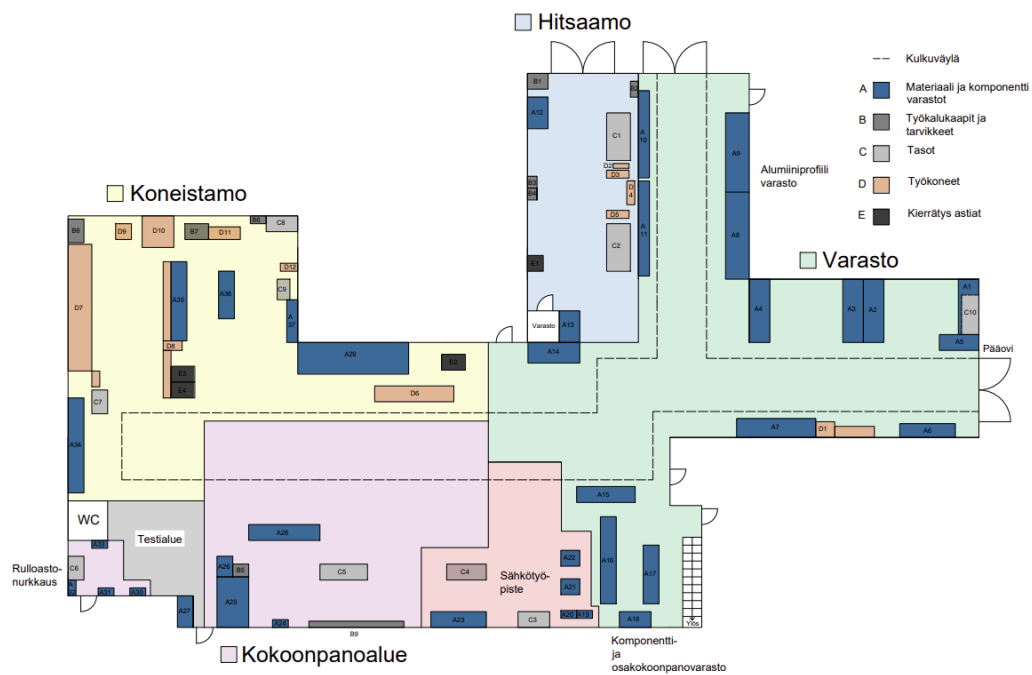
Yrityksen layoutin ja materiaalivirtojen tutkiminen aloitettiin pohjakuvan hahmotamisella. Tuotantotila mitattiin etäisyysmittarilla ja piirrettiin pohjakuva käyttäen Autocad 2021 -ohjelmaa. Pohjakuvaan piirrettiin tuotantotiloihin sijoitellut varastointipisteet, työkoneet, työtasot, työkalukaapit, kierrätysastiat sekä kulkuväylät. Tuotantoon sijoitettujen tavaroiden kokoa ja sijaintia mitattiin rullamitalla ja etäisyysmittarilla. Työkoneiden ja varastointipisteiden sijainnin avulla hahmotettiin tuotantotilojen jakautuminen eri ryhmiin, jotka piirrettiin pohjakuvaan. Tuotantoa tarkkailemalla pystyttiin havaitsemaan olemassa olevia ongelmakohtia, jotka hahmotettiin pohjakuvaan havainnollistamaan alkutilannetta.

Tuotannon materiaalivirtojen selvittämistä varten haastateltiin tuotantopäällikköä ja varastomiestä (Åkerlund, haastattelu, 11.10.2022; Sundman, haastattelu, 15.10.2022). Haastattelussa käsiteltiin tuotannon vakiotuotteiden materiaalivirtauksia sekä tuotannon ongelmakohtia. Vakiotuotteiden materiaalivirtauksia hahmotettiin piirrettyyn pohjakuvaan. Materiaalivirtauksien selvitykseen valittiin neljä vakiotuotetta, jotka olivat riipputelineet, rullastot, hoitosillat sekä taavetit. Tuotteista piirrettiin tuotekohtaiset materiaalivirtaukset valmistus vaiheineen läpi tuotannon. Kuvattujen materiaalivirtauksien nimet päätettiin tuotekohtaisesti karkealla tasolla. Esimerkiksi rullastojen materiaalivirtaus jakautui kokoonpanoihin, levyleikkeisiin, kokoonpano-osiin ja moottoreihin.

Materiaalivirtauksien selvityksellä hahmotettiin tuotannossa valmistettavien vakiotuotteiden valmistuksesta syntyviä edestakaisia liikkeitä ja välivarastointipisteitä. Materiaalivirtauksien avulla tuotteiden valmistuksen yhteydessä kertynyttä matkaa voitiin mitata metreinä.

Rostekissa on useasti muutettu tuotannon layoutia yrityksen elinkaaren aikana. Viimeisemmän tuotantopäällikön myötä tuotantotilojen layout on vakioitunut pääosin funktionaaliseksi layoutiksi kuvan 9 mukaiseksi. Tuotantotilassa sijaitsee rullastonurkkaus, joka eroaa muusta tuotannosta ja toimii itsenäisenä kokoonpanosoluna. Layoutista voidaan hahmottaa tuotantotilojen jako eri ryhmiin, joita ovat

- varasto
- hitsaamo
- koneistamo
- kokoonpanoalue
- sähkötyöpiste
- testialue
- rullastonurkkaus.



Kuva 9. Tuotantotilan alkuperäinen layout, johon on piirretty varastointipisteet, työkalukaapit, työtasot, työkoneet, kierrätysastiat ja kulkuväylät. Tuotannon pääovi sijaitsee kuvan oikeassa reunassa.

Varasto sijaitsee yrityksen pääovien luona, mihin on helppo pääsy trukilla ja missä liikehdintä häiritse muuta tuotantoa. Varasto jakautuu useaan alueeseen ja erilaisia varastointipisteitä on hajautettu ympäri tuotantoa. Alumiiniprofiilit varastoidaan omalle alueelleen, josta niitä tarvittaessa haetaan. Alumiiniprofilivara-  
rastosta täydennetään välivarastoja, jotka sijaitsevat lähellä alumiinisahaa.

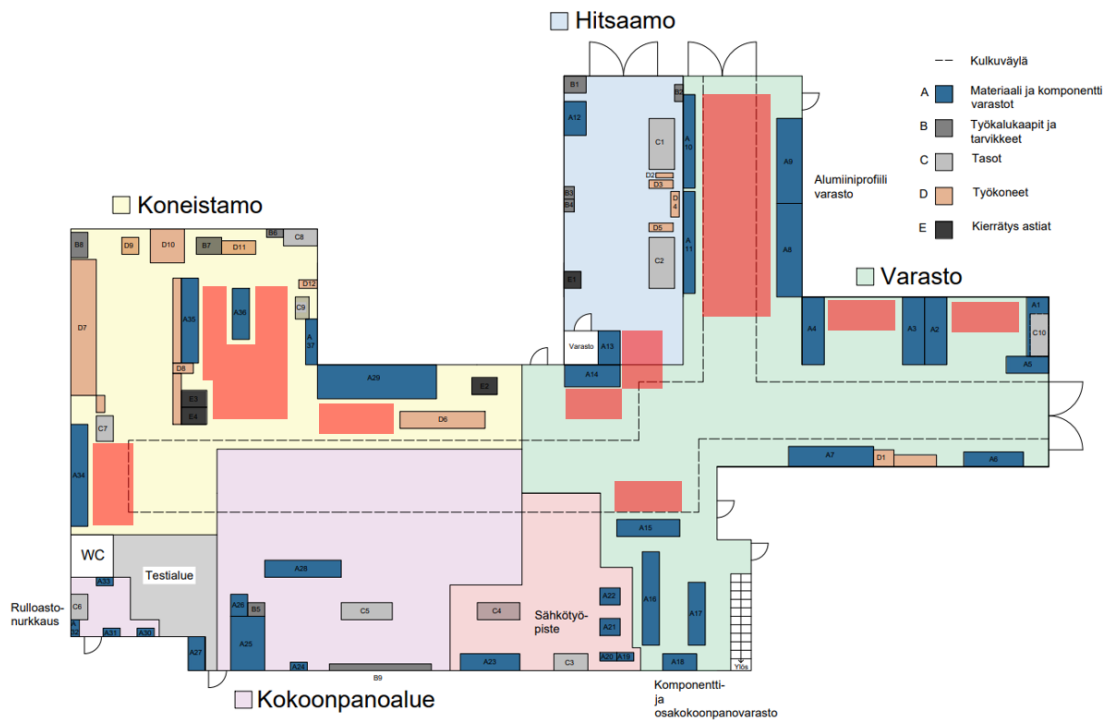
Komponentti- ja osakokoonpanovarasto sijaitsee suhteellisen lähellä sähkötyö-  
pistettä, josta lyhyen kävelymatkan päästä voi tarpeen mukaan hakea osia. Os-  
tokomponenteille varastointipisteen sijainti on hyvä tuotteiden tullessa suoraan  
hyllyyn ja jatkaen siitä syvemmälle tuotantoon. Osakokoonpanoille kyseinen va-  
rastointipiste luo edestakaista liikettä niitä valmistaessa. Osien täytyy käydä ko-  
neistamossa asti ennen varastoon siirtymistä.

Rautaprofiilit ovat sijoitettu lähelle rautasahaa. Tämä ratkaisu on hyvä siirtojen  
minimoimiseksi, mutta hyllylle ei pääse käsiksi kattonostimella, joka sijaitsee ko-  
koonpanoalueen ja sähkötyöpisteen yllä. Tämän vuoksi joudutaan nostamaan  
painavia profiileja trukilla, mihin kuluu huomattavasti aikaa, tilaa sekä resurs-  
seja.

Yrityksellä on muutamia vakioituneita välivarastointipisteitä, johon saapuvaa ta-  
varaa jätetään. Esimerkiksi hitsaamoon saapuvia leikkeitä ja putkia jätetään hit-  
saamon eteen tai sen läheisyyteen. Kyseinen tapa tukkii kulkureittejä ja pääsyä  
hyllyille, jotka sijaitsevat hitsaamon edessä. Hitsauskokoonpanot vaativat usein  
välivarastointitilaa, koska hitsauskokoonpanot lähetetään pintakäsittelyyn hit-  
sauksen jälkeen. Hitsauskokoonpanot voivat odottaa lähetystä muutamia viikko-  
jakin, joten niiden varastointi sattumanvaraisessa paikassa voi tukkia tuotantoa.  
Vastaavasti pintakäsittelystä saapuvat kokoonpanot jätetään usein sähkötyöpis-  
teen alueelle odottaman loppukokoonpanoa. Näitä alueita ei ole tarkoitettu va-  
rastointiin, ja tämän vuoksi pintakäsittellyt kokoonpanot ovat usein tiellä tai estä-  
vät pääsyn hyllyille.

Hyllyjen eteen kertyneitä välivarastoja voidaan pitää Rostek Oy:ssa ongelmalli-  
sena. Ongelma-alueet on esitetty kuvassa 10 punaiseksi merkityillä alueilla.

Kuvasta voidaan havainnoida, että varastossa varastoidaan lopputuotteita lavahyllyjen edustalla. Varastoon joudutaan usein viemään lopputuotteita odottamaan lähtöä, sillä muualla tuotannossa ei ole tilaa tähän tarkoitukseen. Alumiiniprofiilivarastoon kertyy hyvin usein paljon erinäisiä tuotteita, sillä varastoa käytetään suhteellisen harvoin eikä nähdä syytä olla käyttämättä tilaa hyödyksi. Tarkastellessa kuvaa 10 huomataan, että melkein jokaisen varastointipisteen eteen kertyy tavaraa hetkelliseen varastointiin aina riippuen tuotannon tilanteesta. Varastoista materiaalien tai osien haun yhteydessä tapahtuvaa siirtelyä voidaan pitää kuvan 10 mukaan huomattavana ja siihen kuluu aikaa sekä muita resursseja.



Kuva 10. Tuotannon varastojen käytössä havaittuja hukkatyötä aiheuttavia ongelma-alueita. Alueet merkitty punaisella.

Alla yhteenveto havaituista ongelma-alueista:

- Tuotantotilat ovat jatkuvasti ahtaat. Tämän vuoksi tuotteita joudutaan varastoimaan usein keskellä tuotantoa.
- Ei ole selkeitä välivarastointipisteitä tai lopputuotevarastoa.

- Useille varastoille pääsy on hankalaa, sillä eteen varastoidaan tavaraa. Tavaraa joudutaan siirtämään pois edestä ja se luo ylimääräistä siirtelyä.
- Tuotteiden kokoonpano-osien sijoittelu on kaukana ja erillään toisistaan, jolloin joudutaan keräämään tuotteita eri puolilta tuotantoa.
- Osat ja raaka-aineet ovat usein kadoksissa ja niitä joudutaan etsimään. Tuotannon varastotilat elävät tuotannon mukana.
- Työkalujen järjestys on sekava, eikä työkaluja viedä takaisin paikalleen.
- Työpisteet ovat sotkuisia.
- Joissain tapauksissa työkoneelle pääsy on hankalaa, sillä ei ole riittävästi tilaa raaka-aineiden kuljetukselle.
- Varastointia on hajautettu pitkin tuotantotiloja aiheuttaen ylimääräisiä puskurivarastoja.
- Varastoissa on mahdollisesti liikaa tuotteita tai materiaalia. Suuri osa tuotteista ehdittäisiin tilaamaan tarpeesta asiakkaan tilauksen käynnistäessä valmistuksen.
- Varastointi harvoin käytetyille osille tai raaka-aineille on usein ”liian hyvällä” paikalla. Tilalla voisi olla useimmin käytettyä materiaalia.

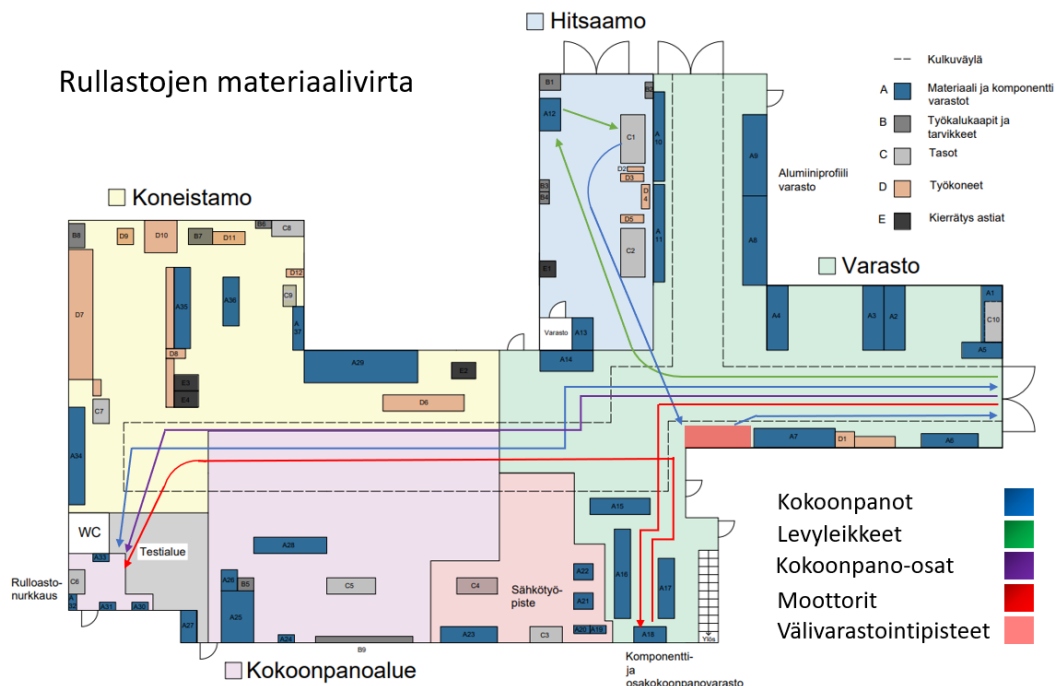
Rostek Oy:n tuotantotilojen suunnittelussa tulee huomioida seuraavia piirteitä. Tuotannossa tulee olla paljon vapaata tilaa kokoonpanoalueella, sillä yritys suunnittelee ja valmistaa asiakkaille myös yksilöllisesti räätälöityjä tuotteita. Asiakkaille suunnitellut tuotteet saattavat erota suuresti vakiotuotteista ja vaativat usein paljon tilaa valmistettaessa sekä testattaessa tuotetta. Yritys tilaa satunnaisesti rautaprofiilia, joka on pituudeltaan 12 metriä. Rautasahan sijoittelussa tulee huomioida kaksitoista metrisen profiilin sahauksessa tarvittava tila.

## 8 Materiaalivirtauksien kuvaus

Yrityksen tuotteiden materiaalivirtojen kuvaamiseen valittiin neljä vakiotuotetta, joita olivat riipputelineet, rullastot, hoitosillat sekä taavetit. Tuotteiden materiaalivirrat piirrettiin layoutiin ja tuotteiden kulkemat matkat mitattiin metreinä piirustukseen syntyneistä reiteistä. Materiaalivirtoja piirtäessä ei ole huomioitu tuotannon muita ongelmia, kuten välivarastojen edustalla tapahtuvaa siirtelyä.

## 8.1 Rullastojen materiaalivirtaus

Rullastojen valmistuksessa syntyneet materiaalivirrat voidaan jaotella karkeasti neljään osaan, joita ovat levyleikkeet, kokoonpano-osat, moottorit ja kokoonpanot. Levyleikkeet ovat osto-osia, joista hitsataan rullastojen rungot. Leikkeitä varastoidaan hitsaamon hyllyssä, josta valmistusimpulssin saatua ne ovat helposti hitsattavissa. Levyleikkeistä hitsataan rullastojen runkoja usein erissä varastoon täydennystilausten mukaan. Hitsauskokopan valmistuessa leikkeet muuttuvat kokoonpanoksi, minkä jälkeen rullastojen rungot siirretään välivarastointipisteeseen (kuva 11) ja viedään sieltä pintakäsittelyyn. Pintakäsittelystä saapuneet rungot kuljetetaan suoraan rullastonurkkaukseen varastointiin. Ostetut kokoonpano-osat kulkevat suoraan rullastonurkkauksen varastoon. Osia tilataan osakohtaisten hälytysrajojen mukaan sekä satunnaisten tarkastuksien seurauksena. Moottoreiden materiaalivirta kulkee komponentti- ja osakokoonpanovarastojen kautta. Kaikissa rullastoissa ei käytetä moottoria, eikä tämän vuoksi ole kannattavaa varastoida niitä rullastonurkkauksessa.



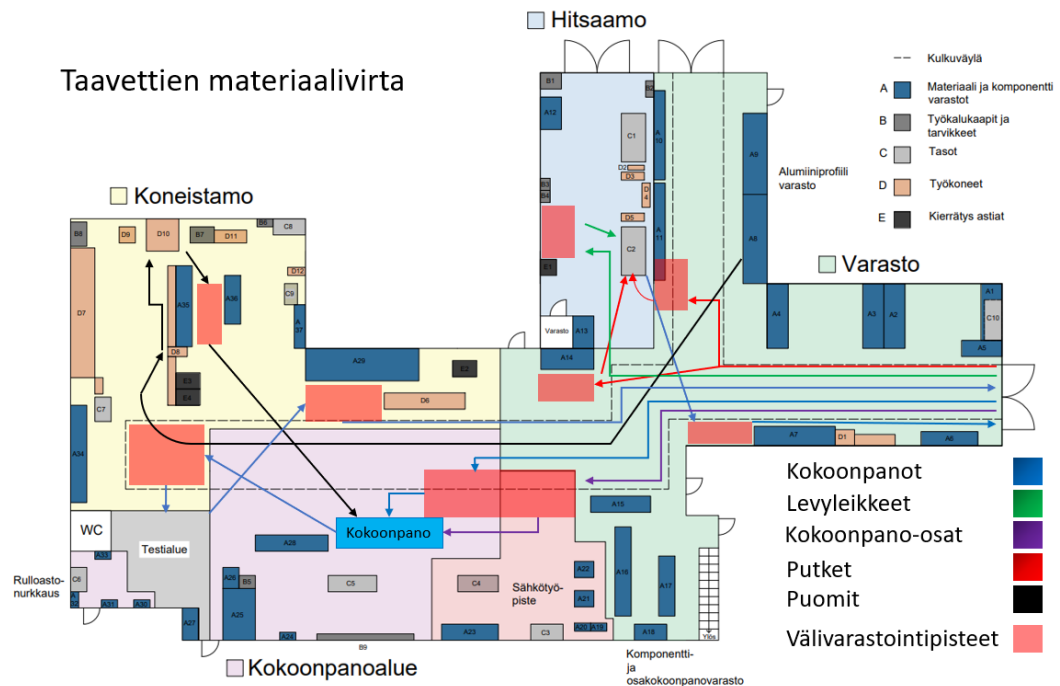
Kuva 11. Rullastojen alkuperäinen materiaalivirta, jossa materiaalivirta on selkeä sekä suoraviivainen.

Rullastojen materiaalivirta on hyvin selkeä ja yksiselitteinen verraten muihin yrityksen valmistamiin tuotteisiin. Rullastojen valmistuksen ohjausmenetelmä on tilauksesta kokoonpano (ATO), jossa asiakkaan tilaus käynnistää kokoonpanon välivarastossa olevista puolivalmisteista. Alkuperäisessä layoutissa rullastojen valmistuksessa syntyneiden materiaalivirtojen kokonaismatkaksi mitattiin 293 metriä.

## 8.2 Taavettien materiaalivirtaus

Taavettien materiaalivirta jakautuu viiteen osaan, joita ovat levyleikkeet, kokoonpano-osat, putket, puomit ja kokoonpanot. Kaikki edellä mainitut osat tilataan asiakkaan tilauksen luomasta impulssista, jolloin taavettien ohjausmenetelmä on tilauksesta valmistettava (MTO).

Taavettien varastot ovat keskeneräistä tuotantoa sekä materiaaleja. Tämä johtaa siihen, että välivarastointipisteitä täytyy olla paljon. Kuvasta 12 voidaan nähdä välivarastointipisteiden sijainnit, joiden alueet ovat merkitty punaisella. Välivarastot tukkivat kulkuväyliä sekä hyllyille pääsyä aina eri vaiheessa valmistusta.



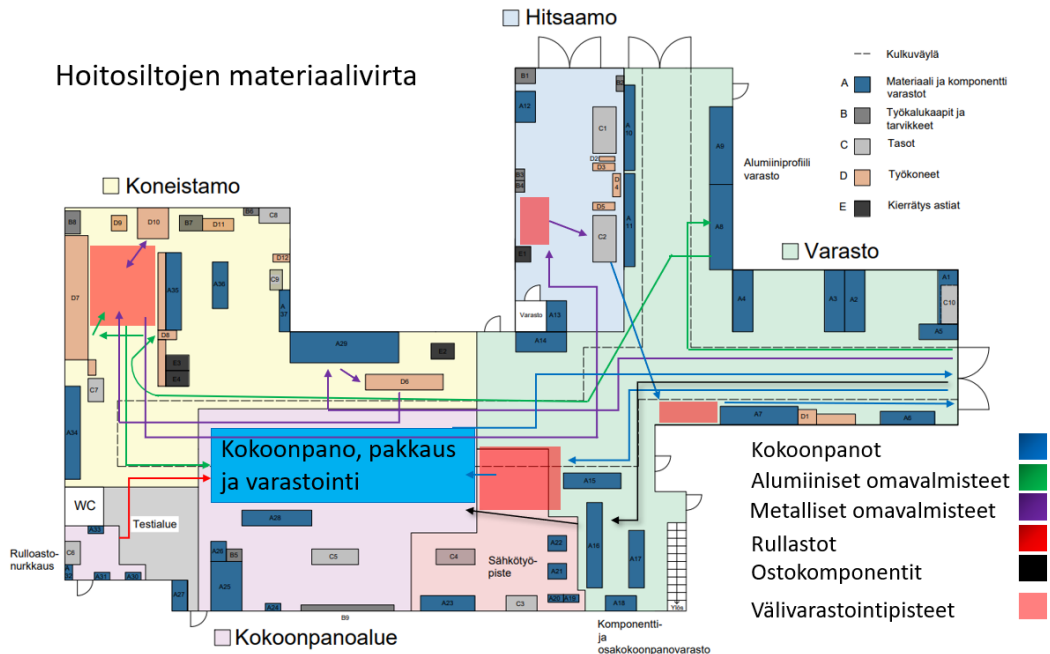
Kuva 12. Taavettien alkuperäinen materiaalivirta, jossa tapahtuu edestakaista liikehdintää sekä tuotantoon syntyy paljon välivarastointipisteitä.

Tilauksesta saapuessaan levyleikkeet ja putket jäävät usein odottamaan hitsausta. Kuljetuksista syntyneet varastointipisteet jakautuvat pääsääntöisesti hitsaamoon ja sen ympärille. Hitsauksen jälkeen hitsauskokoontuotokset siirretään odottamaan pintakäsittelyyn lähetystä. Palattuaan pintakäsittelystä kokoontuotokset kuljetetaan kokoonpanoalueen reunalle, johon myös tuodaan kokoonpano-osat sekä sahatut ja koneistetut puomit. Kokoonpanon jälkeen kasatut taavetit vietään testialueen lähelle odottamaan testauksia. Tarvittavien testien päätteeksi taavetit siirretään usein rautasahan edustalle pakattavaksi. Taavetteja joudutaan hajauttamaan myös muualle tuotantoon sinne missä on tilaa. Taavettien valmistuksessa syntyneiden materiaalivirtojen matkaksi mitattiin 315 metriä.

### 8.3 Hoitosiltojen materiaalivirtaus

Hoitosillan materiaalivirtaukset (kuva 13) jaettiin kuuteen osaan: alumiiniset omavalmisteet, metalliset omavalmisteet, rullastot, ostokomponentit ja kokoonpanot. Hoitosillat suunnitellaan ja valmistetaan lähes poikkeuksetta kohteeseen

mukaan asiakkaan tilauksesta. Hoitosillassa on vakioituneita piirteitä, mutta sillan pituus, leveys, kiskot, rullastot ja kiinnitysmuodot vaihtelevat tilannekohtaisesti. Pääsääntöisesti hoitosillan ohjausmenetelmä on tilauksesta suunnittelu (ETO).



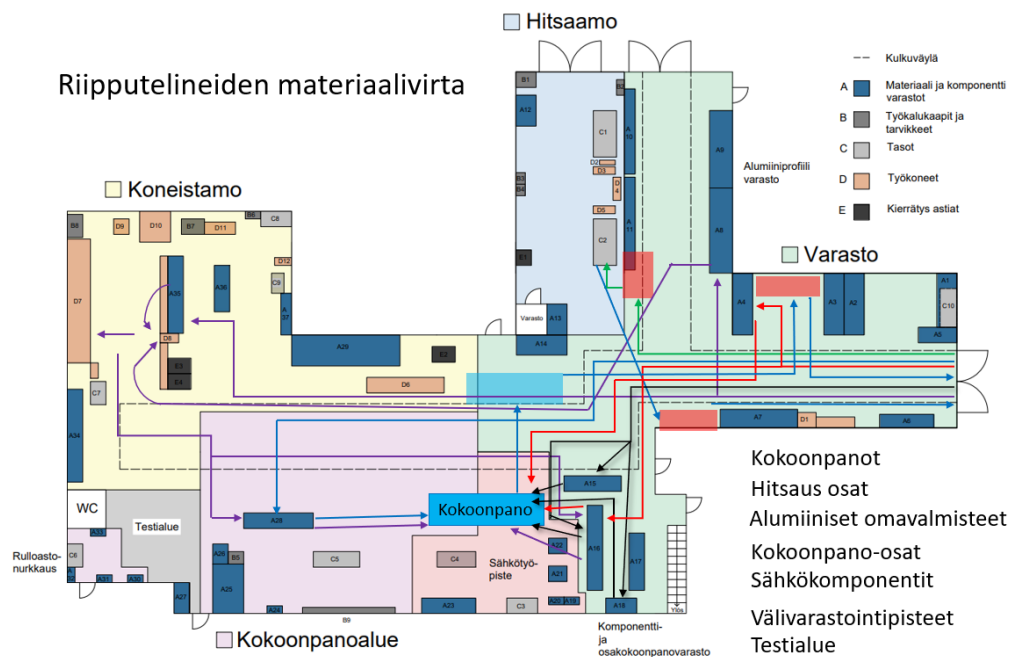
Kuva 13. Hoitosiltojen alkuperäinen materiaalivirta, jossa välivarastointipisteet tukkivat pääsyä työkoneille. Hoitosiltojen pääsääntöinen kokoonpanoalue sijaitsee keskellä kulkuväylää.

Metallisia omavalmisteisia osia tarkastellessa kuvassa 13 havaitaan, että osat liikkuvat edestakaisin tuotannossa. Koneistamon sijaitessa tuotantohallin päädyssä täytyy jokaisen koneistusta vaativan osan käydä hallin perällä ennen hitsaamoon pääsyä. Alumiinisilla omavalmiste osilla on tapana jäädä koneistamoon välivarastoon ennen kuin muut ostokomponentit sekä pintakäsittellyt osat ovat saapuneet. Tämä luo ahtaan tilan koneistamoon alumiinisahan ja automaattiporan välille. Ostokomponentit kuljetetaan suoraan varastoon, josta kokoonpantaessa ne haetaan. Pintakäsittelystä saapuneita kokoonpanoja varastoidaan sähkötyöpisteen edustalla alueella vakioituneella välivarastointipisteellä. Rullastojen materiaalivirta on identtinen niiden aikaisemmin kuvattuun virtaukseen loppua lukuun ottamatta. Rullastot kiinnitetään hoitosiltaan

kokoonpanoalueella. Hoitosiltojen materiaalivirtauksien kulkemaksi matkaksi mitattiin 305 metriä.

## 8.4 Riipputelineiden materiaalivirtaus

Riipputelineiden materiaalivirta (kuva 14) jaettiin hitsausosiin, alumiinisiin oma-valmisteisiin, kokoonpano-osiin, sähkökomponentteihin sekä kokoonpanoihin. Riipputelineitä on useita eri malleja, joita valmistetaan asiakkaan tilauksen mukaan käyttökohteesta ja tarkoituksesta riippuen. Kaikkien riipputelineiden toimintamalli on samanlainen sekä valmistuksessa käytetään pääsääntöisesti samoja tai samanlaisia mutta erikokoisia osia. Riipputelineiden tuotantomäärät ovat pieniä, ja lopputuotevaihtoehtoja on paljon. Riipputelineen ohjausmenetelmä on tilauksesta valmistettava (MTO).



Kuva 14. Riipputelineiden alkuperäinen materiaalivirta, jossa välivarastointipisteitä on hajautettu pitkin tuotantoa ja valmiiden tuotteiden varastointi tukkii varastoa.

Riipputelineen valmistuksessa käytetään paljon osto-osia sekä muutamia erilaisia omavalmisteisia osia. Sähkökomponentit ja kokoonpano-osat ovat osto-osia

ja tuotantoon saavuttuaan ne kuljetetaan suoraan välivarastoon odottamaan loppukokoonpanoimpulssia. Alumiinisista omavalmisteista valmistetaan runko varastossa sijaitsevista profiileista. Materiaali kulkee varastolta koneistamoon, jossa sitä työstetään. Koneistuksen jälkeen osista valmistetaan erilaisia osakokoonpanoja, jotka varastoidaan muutamaan eri välivarastointipisteeseen.

Hitsausosat eli rautaputket ja leikkeet saapuvat valmiiksi määrämitassa hitsaamon edustalle. Hitsauksen jälkeen hitsauskokoonpanot lähetetään pintakäsittelyyn. Hitsauskokoonpanojen palattua tuotantotiloihin ne siirretään välivarastoon. Kokoonpanon aikana riipputelineen sähkökeskus testataan ja kokoonpanon jälkeen riipputelineen toimivuus testataan nostovälineitä hyödyntäen. Valmiita riipputelineitä varastoidaan hyvin usein varastossa lavahyllyjen edustalla. Tuotantotilan alkuperäiseen layoutiin piirrettyjen materiaalivirtojen kokonaismatkaksi mitattiin 400 metriä.

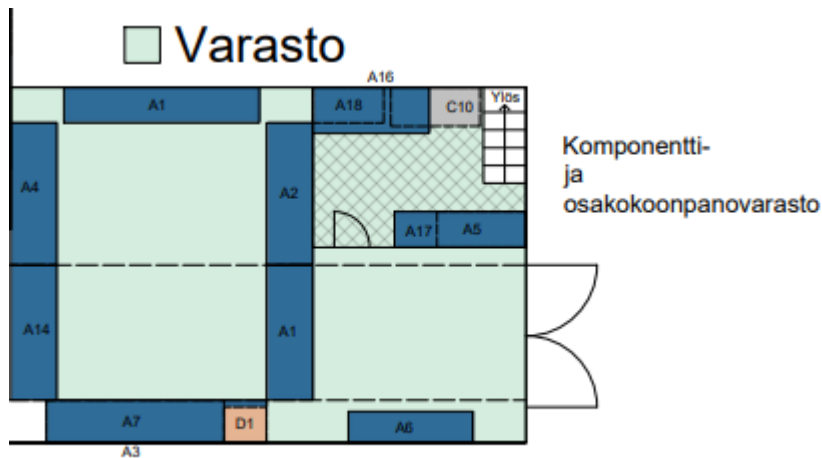
## 9 Layoutin suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin, kun tuotannon vakiotuotteiden materiaalivirrat olivat selvillä. Piirustuksista pystyttiin hahmottamaan kunkin tuotteen läpimenoreitit sekä niiden ongelmakohteet. Ensisijaisena ongelmana tuotantotiloissa oli tilanpuute. Tilanpuutteen vuoksi tuotannossa moni asia aiheutti edestakaisia siirtoja ja hukkatyötä. Varaston layout-muutokset priorisointiin, sillä tilaa vapauttamalla voitaisiin tehdä helpommin muutoksia muualla tuotannossa.

### 9.1 Varaston layout

Varastoon suunniteltiin läpiajettavat lavahyllyt, jotta komponentti- ja osakokoonpanovaraston hyllyt voitaisiin sijoittaa päävarastoon. Samalla luotiin O-muotoinen trukki-alue (kuva 15), jossa trukilla on helppo pääsy varaston lavahyllyille. Varastossa sijaitsevan puusahan päälle sijoitettiin lavahylly. Lavahyllyn ensimmäiselle tasolle sijoitetaan saha sekä puutavara. Varastoon suunniteltiin kävelytaso toiseen kerrokseen varaston työpisteen päälle. Toiseen tasoon sijoitettiin kevyet komponentit ja osakokoonpanot (A16 ja A17). Toiseen kerrokseen

voidaan nostaa trukilla komponentteja lavoilla portista, joka sijaitsee kulkuväylän varrella. Lavoilta voidaan täydentää käsin hyllyjä niin varastointia varten ei tarvitse kulkea edestakaisin portaikkoa pitkin. Varaston toisen tason alle sijoitettiin moottoreiden ja vaihteiden varastointipiste (A18) moottoreiden painon vuoksi.



Kuva 15. Varaston lavahyllyjen sijoitus O-muotoon sekä työpisteen päälle luotu toinen kerros.

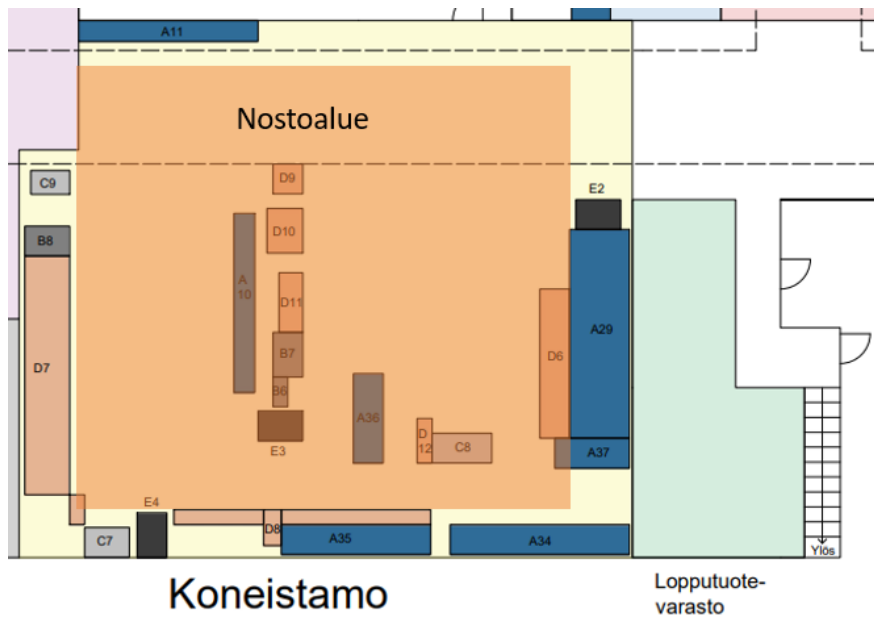
Lopputuotevarasto luotiin osakokoonpanovaraston paikalle. Lopputuotevarasto on trukilla helposti saavutettavissa, sekä sieltä päästään vaivattomasti kuljetta-  
maan tuotteita ulos, eikä pidempi varastointiaika häiritse muuta tuotantoa.

## 9.2 Koneistamon layout

Varastoinnin layout muutokset vapauttivat tilaa kokoonpanoalueella. Tilan vapautuminen mahdollisti kokoonpanoalueen sekä koneistamon siirron keskenään. Siirrolla saatiin materiaalivirran kulku suoraviivaisemmaksi. Koneistamon sijoittaminen keskelle tuotantotiloja vähentää liikkeitä koneistamon ja kokoonpanoalueen välissä.

Koneistamossa oli tarkoituksena hyödyntää jo olemassa olevia nostovälineitä raskaiden profiileiden nostamiseen. Nostoalue on merkitty oranssilla kuvaan 16,

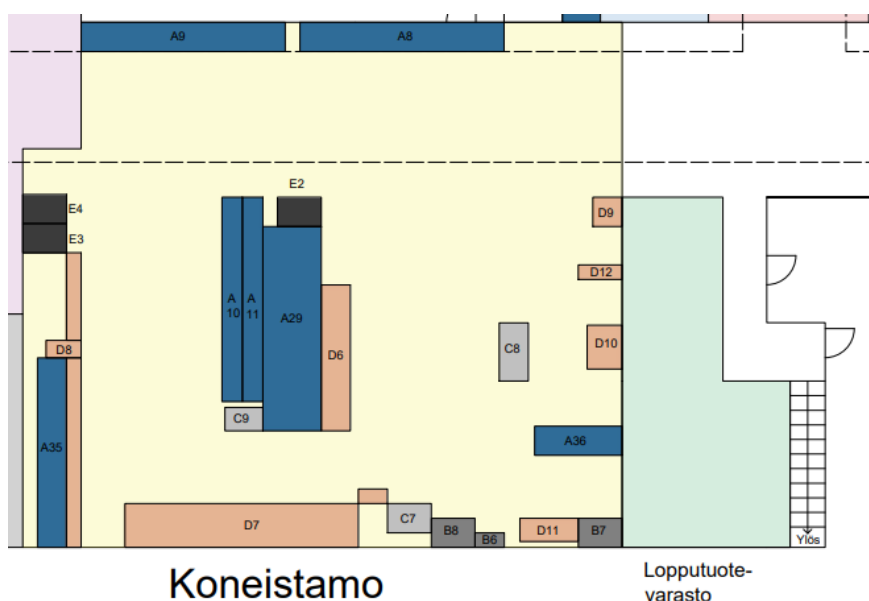
jossa rautasaha (D6) ja rautavarasto (A29) sijoitettiin revisiossa A poikittain kulkuväylään nähden koneistamon alueelle. Siirto pakotti muut koneistamon koneet keskelle aluetta. Tämä loi ahtaan tilan koneistamoon ja haittasi pääsyä alumiinisahalle (D8). Rautavarasto jäi nostoalueen ulkopuolelle, minkä vuoksi koneistamon sijoittelua jouduttiin miettimään tarkemmin.



Kuva 16. Revisio A. Koneistamon nostoalue merkitty oranssilla keskelle tuotantotiloja. Koneistamon sijoittelu, jossa suuret työstökoneet ovat alueen reunoilla ja pienemmät työstökoneet keskellä.

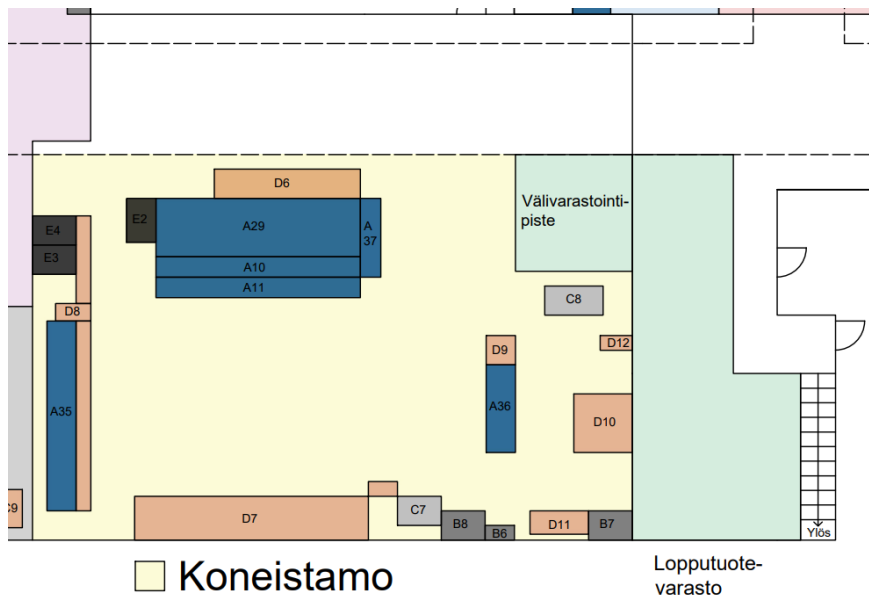
Revisiossa B (kuva 17) rautasaha, rauta- ja alumiinivarastot (A10 ja A11) sijoitettiin keskelle koneistamoa ja muut työkoneet sijoitettiin alueen reunalle. Alumiinisahan ja automaattiporan (D7) sijaintia vaihdettiin päittäin, jotta alumiinivarastolta olisi suoraviivaisempi liike alumiinisahalle. Tällä tavoin rautavarastosta olisi vapaampi pääsy automaattiporalle, mutta automaattiporan alue jäi vielä ahtaaksi. Rautavarastolle kuljettaessa materiaalia jouduttiin kääntämään profiilit hyllystön suuntaiseksi. Pitkien profiilien kääntäminen on ongelmallista ja vaatii paljon tilaa. Revisiossa B oli mitoitettu sahalle pääsy kahdentoista metrin profiililla, mutta sahaukseen vaadittu tila jäi liian vähäiseksi. Kulkuväylän reunalle suunnitellut harvoin käytettyjen alumiiniprofiilien varastot (A8 ja A9) olivat

epärealistisia, sillä seinustalla sijaitsevien pilareiden vuoksi hyllyt jäisivät kulkuväylälle.



Kuva 17. Revisio B. Koneistamo, jossa metallivarastot ovat koneistamon keskellä ja suuret sekä pienet työstökoneet alueen reunoilla.

Revisiossa C rautasaha, alumiini- ja rautavarasto käännettiin kulkuväylän suuntaiseksi, jotta sahalle pääsy olisi helppoa (kuva 18). Rautasahan ollessa kulkuväylän suuntainen rautasahalla on tilaa sahata molempiin suuntiin kahdentoista metrin profiilista. Usein käytetyt alumiiniprofiilit sijoitettiin rautavaraston taakse, josta olisi helppo nostaa profiileja alumiinisahalle ja automaattiporalle. Pylväsporakone (D9) sekä jyrsin (D10) sijoitettiin niin, että molemmilla olisi mahdollista työstää myös pidempiä kappaleita. Sorvi (D11) sijoitettiin seinustalle automaattiporan rinnalle, sillä sitä käytetään harvoin ja se vaatii vähän tilaa. Yllä esitetyillä layout-muutoksilla koneistamo ja sen laitteisto supistettiin pienemmälle alueelle. Alueella on kuitenkin riittävästi tilaa käsitellä pidempiä profiileja vapaasti.



Kuva 18. Revisio C. Koneistamon lopullinen layout, jossa materiaalivarastot ja saha sijaitsevat kulkuväylän vieressä. Koneistamon loput työstökoneet sijaitsevat alueen reunalla.

Yllä esitetyillä muutoksilla oli luotu lisätilaa koneistamon alueelle, jota hyödynnettiin luomalla välivarastointipiste. Välivarastointipisteellä varastoitaisiin esimerkiksi levyleikkeikkeitä ja putkia, jotka odottavat pääsyä hitsaukseen. Välivarastointipiste sijaitsee riittävän lähellä hitsaamoa häiritsemättä muuta tuotantoa. Välivarastoa voidaan hyödyntää muuhunkin tilapäiseen varastointiin, koska hitsaamoon ei aina ole paljon osia työjonossa.

Layout-muutoksilla suoristettiin tuotannon kulkuväylä, joka helpottaa trukki liikennettä sekä pitkien kappaleiden liikkeitä tuotantotiloissa. Koneistamon layoutin ollessa melkein valmis sijoitettiin paikalleen kierrätysastiat työpisteiden lähetyville.

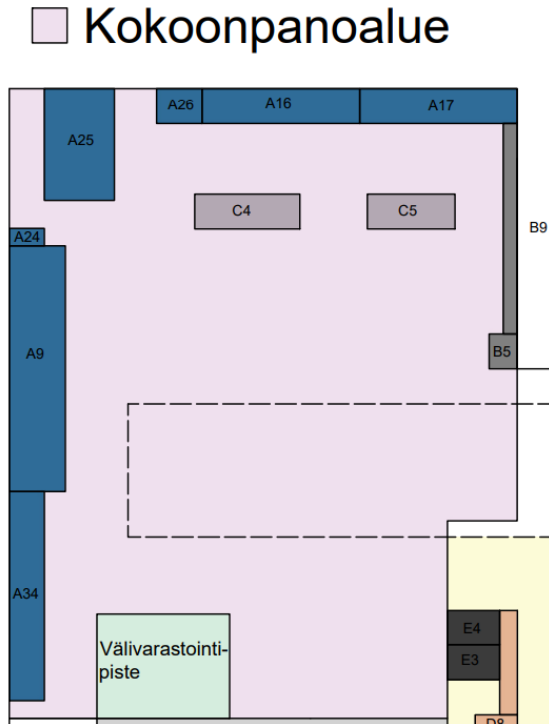
### 9.3 Kokoonpanoalueen layout

Kokoonpanoalue siirrettiin syvemmälle tuotantoon koneistamon tilalle. Tilaa suunniteltaessa tuli huomioida vapaan tilan laajuus, minkä vuoksi varastointipisteet sekä työkalut on sijoitettu seinien lähelle. Kokoonpanoalueella sijaitsee

kaksi pöytää (C4 ja C5), jotka ovat pyörillä liikuteltavissa tarpeen mukaan. Alueelle luotiin kokoonpanoa odottaville osille oma välivarastointipiste (kuva 19). Välivarastointipisteelle säilötään projektikohtaisia osto-osia sekä pintakäsittelystä tulleita osia ja kokoonpanoja. Aikaisemmin seinustalla oleva alumiiniprofiilien välivarastointipiste (A34) on tyhjennetty pitkien kaiteiden sekä paarteiden varastointipisteeksi.

Hyllyn A34 jatkeeksi on sijoitettu harvoin käytetyt alumiiniprofiilit (A9). Kyseisessä sijainnissa profiilit ovat yhtä pitkän matkan päässä alumiinisahasta kuin aikaisemminkin mutta suoraviivaisemmalla sijainnilla saapuessa tuotantotiloihin. Alumiiniprofiilien järkevän ostoeräkoon vuoksi niitä joudutaan varastoimaan suuria määriä tuotantotiloissa. Alumiiniprofiilihyllyn päätyyn sijoitettiin harvoin käytetyt sekalaiset kiinnitystarvikkeet (A24) lähelle kanban-hyllyä (A25).

Kanban-hyllyllä tarkoitetaan toimintamenetelmää, jossa ajoitetaan varaston täydennys kulutuksen mukaan. Esimerkiksi kanban-hylly voi olla hylly, jossa on kaksi tai useampi laatikko peräkkäin. Ensimmäisen laatikon tyhjentyessä laatikko siirretään tasolle, jossa on RFID-kirjoitus-/lukulaite. RFID lukee laatikoissa olevan tunnisteen ja luo automaattisen täydennystilauksen. Ensimmäisen laatikon siirtäminen tunnistusalustalle johtaa siihen, että seuraavasta laatikosta tulee käyttölaatikko. Ennen täydennystilauksen saapumista käytetään tarvikkeita laatikosta, joka sijaitsee hyllyn ensimmäisenä laatikkona. Täydennystilauksen saapuessa tilattu laatikollinen tarvikkeita siirretään käytettävän laatikon taakse odottamaan edessä olevan laatikon tyhjentyä.



Kuva 19. Kokoonpanoalueen layout, jossa varastointipisteet ja työkalut on sijoitettu alueen reunoille.

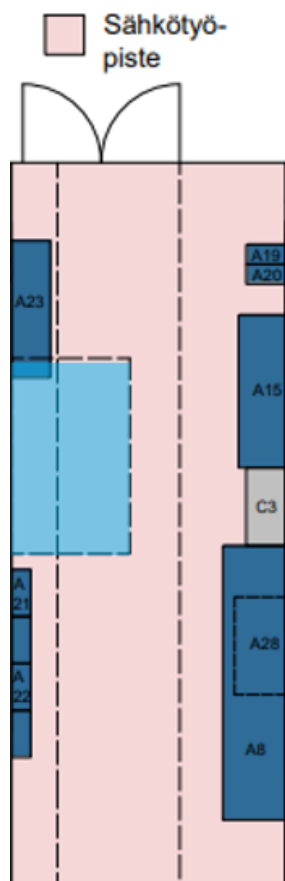
Päätyseinälle sijoitettiin kaksi kappaletta uusia puskurivarastoja (A16 ja A17), joissa varastoidaan pieniä määriä kokoonpanossa tarvittavia komponentteja sekä osakokoonpanoja. Näitä hyllyjä täydennetään tarpeen vaatiessa varastosta, jossa sijaitsee suuremmat erät komponentteja sekä osakokoonpanoja. Puskurivarastoilla voidaan turvata muutaman vakiotuotteen valmistus ilman varastokeräystä. Suuremman valmistuserän aloittaessa joudutaan keräämään varastosta tarvittavat tuotteet. Mutta samalla voidaan aloittaa tuotteiden kokoonpanoa puskurivarastossa sijaitsevista osista.

#### 9.4 Sähkötyöpisteen layout

Sähkötyöpiste (kuva 20) sijoitettiin alumiiniprofiilivarastoon. Siirron tavoitteena oli luoda tilaa sähkötyöpisteelle. Lopputuotevarasto sijaitsee lähellä sähkötyöpistettä ja sinne on suora kulkuyhteys sähkötyöpisteeltä, jonka vuoksi lopputuotevarastoon on helppo kuljettaa valmiita tuotteita. Sähkötyöpisteen siirrolla

pyrittiin hyödyntämään tuotannon hyödyntämätöntä tilaa. Tarkoituksena oli tuotteiden siirtäminen niiden valmistuessa kokoonpanosta sähköistykseen, joko suoraan työpisteen lähettyville tai hitsaamon edustalla sijaitsevaan välivarastointipisteelle. Sähköistykseen menevillä tuotteilla olisi suoraviivainen liike, sekä olemassa olevaa välivarastointipistettä voitaisiin pitää työjonona, josta selviää nopeasti työtilanne sähkötyöpisteellä. Sähköistuksen jälkeen tuotteet menisivät lopputuotevarastoon odottamaan pakkausta sekä lähtöä.

Tarvittaessa sähköistuksia voitaisiin tehdä myös kokoonpanoalueella esimerkiksi pitkää hoitosiltaa valmistaessa. Sähkömiehellä on liikuteltava työkalulaukko, ja tarvittavat osat kerättäisiin sähkötyöpisteeltä mukaan. Sähköistysten tekeminen kokoonpanoalueella on harvinaisempaa mutta välttämätöntä projekti- tuotteiden ollessa suuria.



Kuva 20. Sähkötyöpisteen layout, johon on sijoitettu kaikki osat, komponentit ja tarvikkeet riipputelineiden valmistukseen. Alueella sijaitsee riipputelineiden testialue.

Riipputelineitä valmistetaan osakokoonpanoista sekä ostokomponenteista sekä osto-osista. Rungon ja päätykehien valmistus aloitetaan asiakkaan tilauksesta mutta muita omavalmisteisia osia ja osakokoonpanoja valmistetaan erissä varastoon.

Sähkötyöpisteen layoutia suunniteltaessa päädyttiin sijoittamaan riipputelineiden loppukokoonpano sähkötyöpisteelle. Siirrolla saatiin aikaiseksi riipputelineille solumainen kokoonpanoalue. Alueelle sijoitettiin kaikki tarvittavat osat, osakokoonpanot, komponentit ja työkalut. Osakokoonpanojen puskurivarastoja täydennettäisiin aina tarpeen vaatiessa niin kuin tälläkin hetkellä toimitaan. Loppukokoonpanon lisäksi riipputelineen työvaiheisiin kuuluu riipputelineen sähköistys sekä testaus. Yllä esitetyllä menetelmällä riipputelineiden loppukokoonpanoa voidaan ohjata yhdellä impulssilla. Alueella sijaitsee vanha kiskorata, jota voidaan käyttää riipputelineiden testaukseen. Testialue on merkitty vaaleansinisellä kuvaan 20.

## 9.5 Testialueen layout

Testialueelle vapautui lisää tilaa, kun koneistamo siirrettiin kokoonpanoalueen paikalle. Testialueella sijaitsee seuraavat testivälineet:

- taavettien testipedaali
- Rosliftien testikiskot
- muiden rullastojen testikiskoradat
- kattovaunun testirata.

Kokoonpanoalueen sijaitessa testialueen vieressä tuotteet eivät tarvitse pitkiä siirtoja. Testauksien jälkeen tuotteet joko menevät sähköistykseen tai suoraan lopputuotevarastoon odottamaan pakkausta ja lähetystä.

## 9.6 Hitsaamon layout

Hitsaamossa ei toteutettu muutoksia layoutiin, sillä siellä oli tarvittavasti vapaata tilaa. Työkoneet, hyllyt sekä pöydät sijaitsivat järkevillä paikoilla. Tarvittaessa

hitsaamon nykyinen layout on helposti muutettavissa. Hitsaamoon tulisi tuoda järjestelmällisyyttä siisteydelle Leanin 5S-menetelmää käyttäen.

## 9.7 Rullastonurkkauksen layout

Rullastonurkkauksen materiaalivirta oli hyvin selkeä ja hyvällä mallilla jo valmiiksi, mutta työpiste sekä varastointi olivat vielä sekaisin (kuva 21). Alueella varastoitettiin osia, osakokoonpanoja sekä kiinnitystarvikkeita. Rullastot koottiin alueella sekä niille suoritettiin testaukset viereisellä testialueella, josta ne siirrettiin varastoon odottamaan lähetystä. Nurkkauksessa sijaitsi neljä varastointipistettä, jotka olivat jakautuneet rullastomalleittain:

- RS110 (A30)
- RS133 (A31)
- RS133D (A33)
- RS110, RS133 & RS133D (A32).

Varastointipisteillä oli huomattavasti harvoin käytettyjä osia sekä tuotteisiin kulumattomia projektiylijäämiä.

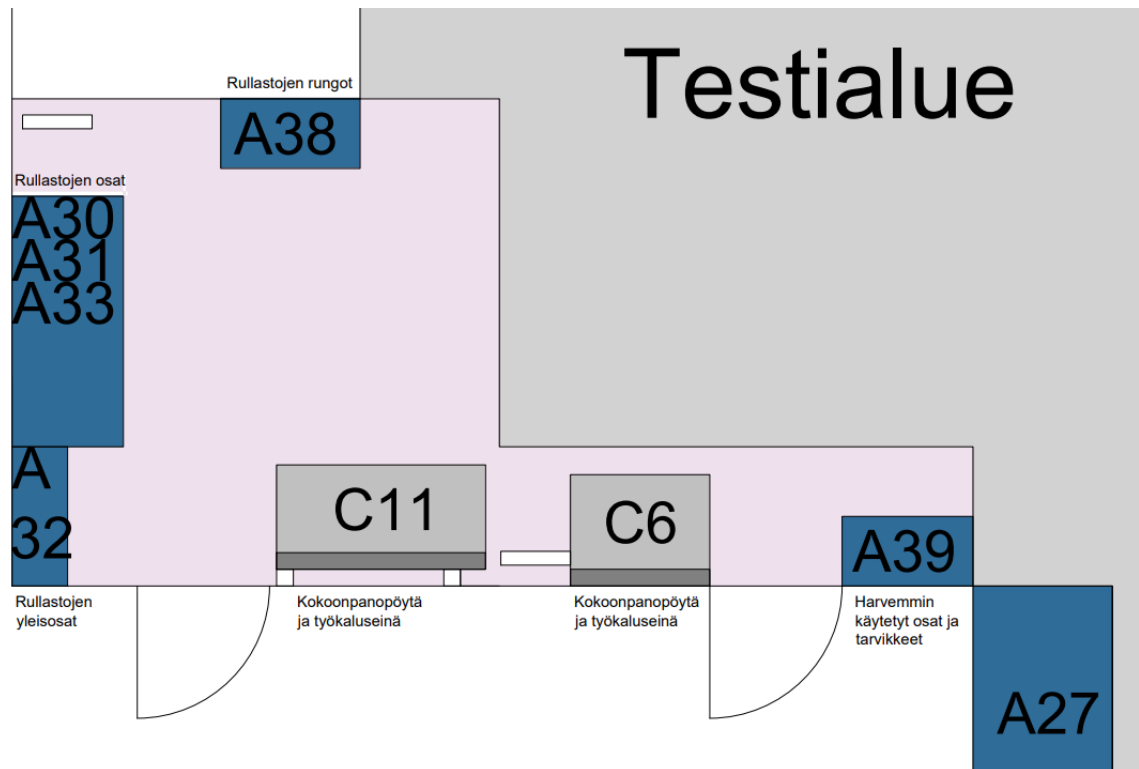


Kuva 21. Rullastonurkkauksen alkuperäinen tilanne.

Nurkkauksessa oli kokoonpanopöytä, joka oli useimmiten täynnä osia, työkaluja ja muita tarvikkeita. Työkaluja ja poranteriä varastoitiin laatikossa, josta niitä jouduttiin etsimään. Pöydällä sijaitsi pieni laatikkohylly, jossa oli sekalaisia osia eri tuotteille sekä yhteisiä kiinnitystarvikkeita. Kokoonpanopöydän tila jäi ahtaaksi kokoonpanoille, ja järjestyksestä oli vaikea pitää huolta tilanpuutteen vuoksi. Kuvasta 21 voidaan havaita tilanpuutteen johtuvaa varastointia lattiatasolla. Lattialla joudutaan varastoimaan rullastojen runkoja ja osakokoonpanoja.

Rullastonurkkaukseen syvennyttiin suunnittelun osalta tarkemmin ja alueelle luotiin oma layout. Kuvassa 22 näkyy rullastonurkkauksen uusi layout, johon on piirretty yksityiskohtaisemmin alueen pohjakuva. Alueelle suunniteltiin kaksi kokoonpanopöytää (C11 ja C6), joissa on identtiset työkaluseinät. Työkaluseinään kiinnitetään kaikki tarvittavat työkalut. Työkalut on luetteloitu liitteeseen 1.

Rullastojen osat siirretään omalle yhtenäiselle hyllylle (A30, A31 ja A33), jossa jokaisella mallilla on oma tasonsa. Hyllyssä olevien osien ostotilauksia ohjataan kahden laatikon kanban-menetelmällä, jossa toisen tyhjentyessä tilataan laatikon verran lisää osia. Osien saapuessa täynnä oleva laatikko sijoitetaan tyhjemmän laatikon taakse, kunnes edessä oleva laatikko taas tyhjenee.



Kuva 22. Rullastonurkkauksen layout, jossa rullasto mallit on sijoitettu samaan hyllyyn ja alueelle on lisätty toinen kokoonpanopöytä.

Rullastojen rungot sijoitetaan hyllyyn (A38), jonka avulla vapautetaan lattiatilaa. Hyllylle sijoitetaan saman eränumeron omaavia runkoja, jotta tuotteiden jäljitettävyyden säilyminen selkeänä. Uudemman eränumeron rungot varastoidaan varastossa, josta vanhan erän loputtua täydennetään hyllyä A38. Rullastojen yleishylly (A32) pidetään samalla sijainnilla, jossa ne ovat lähellä kokoonpanopöytää. Uusi varastointipiste (A39) luotiin harvemmin käytetyille osille ja varaosatarvikkeille.

## 10 Toimintamallien käyttöönoton pilottikohde

Rullastonurkkaukseen oli tarkoitus ottaa käyttöön Lean 5S -menetelmä ja jatkuvan parantamisen toimintafilosofia, mutta suunnitelman edetessä vastaan tulivat uuden kokoonpanopöydän sekä hyllyn tilauksien toimitusajat. Toimituksissa kuluu useampi viikko, eikä menetelmiä koettu järkeväksi viedä pidemmälle käytäntötasolla insinööriyön puitteissa. Uuden kokoonpanopöydän ja hyllyn saavutua voidaan tarvikkeet, työkalut ja osat sijoittaa suoraan uusille paikoilleen ja saattaa toimintamallien käyttöönotto loppuun asti.

Rullastonurkkaukseen ehdittiin toteuttamaan Lean 5S:n sorteerausvaihe (kuva 23), jossa lajiteltiin kaikki osat, työkalut, materiaalit ja tarvikkeet. Kaikki jaettiin kahteen osaan: usein käytetyt ja harvoin tai ei koskaan tarvitut. Harvoin tai ei koskaan tarvitut esineet sijoitettiin lavalle. Lavalla olevat tavarat lajiteltiin vielä uudelleen kahteen ryhmään. Lajitellessa päätettiin, mitkä säilytettään ja mistä luovutaan. Säilytettävät esineet varastoidaan uudessa layoutissa sille varatussa varastointipisteessä (A39). Usein käytetyt osat, materiaalit, työkalut sekä tarvikkeet jätettiin paikalleen, jotta rullastoja pystytään edelleen kasaamaan kehitystyön odottaessa tarvikkeita.



Kuva 23. Rullastonurkkauksen Lean 5S:n sortteerausvaihe, jossa on kerätty lavalle pois heitettävät tarvikkeet.

Rullastonurkkauksen layout-muutokset sekä Leanin työkalujen käyttöönotto toteutetaan, kun tarvikkeet saapuvat yritykseen. Tarkoituksena on tyhjentää koko rullastonurkkaus ja purkaa tarpeettomat hyllyt. Tyhjennyksen jälkeen alueen lattia maalataan uudelleen ja sijoitetaan hyllyt sekä kokoonpanopöydät alueelle uuden layoutin mukaan. Hyllyjen ollessa paikallaan hyllyille sijoitetaan omille tasoilleen rullastojen osat rullasto malleittain. Laatikoihin kirjataan laatikoissa olevien osien nimet, tuotenumerot sekä tilauserien kappalemäärät, jonka mukaan tilataan täydennyksiä. Hyllyihin merkitään rullastomalleille varatut alueet ja alueet nimetään rullastomalleittain.

Kokoonpanopöytien työkaluseiniin asetetaan kokoonpanoon tarvittavat työkalut (liite 1). Jokaiselle työkalulle luodaan oma paikka, josta on helppo havaita niiden puuttuminen. Työkalujen viereen kiinnitetään tarrat, joista ilmenee työkalun nimi sekä työkalujen kappalemäärät. Alueelle luodaan ohjeistuksia toimintatavoista,

joilla työkalut pysyvät paikallaan ja alue siistinä. Varastohyllyihin kiinnitetään listoja, joista selviää, mitä osia hyllyssä on tai tulisi olla ja kuinka paljon.

Alueen kunnostuksen jälkeen työntekijöille ohjeistetaan uudet toimintatavat ja perehdytetään alueen järjestykseen. Työntekijöitä kehoitetaan kehittämään omaa toimintaansa sekä ilmoittamaan parannusideoista esimiehilleen. Kehityksen tavoitteena on sujuvoittaa työntekijöiden toimintaa ja parantaa työympäristön siisteyttä, viihtyvyyttä sekä turvallisuutta. Esimiehiä ohjeistetaan valvomaan uusien toimintatapojen käyttöä ja kannustamaan työntekijöitä omaksumaan uudet käytännöt.

## **11 Layout-muutokset**

Tuotantotilan layout-muutoksien yhtenä tärkeimpänä parannuksena osakokoonpanojen varastointipiste saatiin sijoitettua päävarastoon, joka vapautti suuren alueen tuotantotiloihin. Tilan vapautumisen vuoksi voitiin luoda vakioituja välivarastointipisteitä ja lopputuotevarasto, joihin varastoidaan osia, osakokoonpanoja, hitsauskoonpanoja sekä valmiita tuotteita. Välivarastointipisteiden luomisella päästiin eroon tuotannossa hyllyjen edustalla tapahtuvasta hukasta eli turhista siirroista, jotka johtuivat hyllyjen edustalla tapahtuvasta varastoinnista.

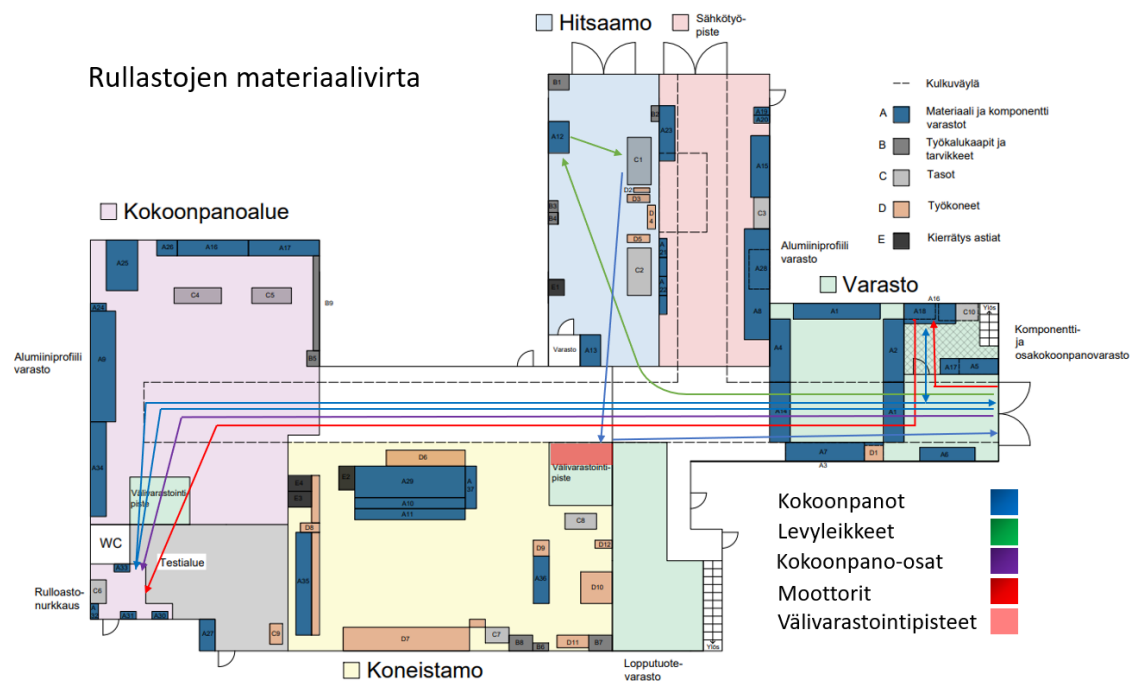
Toisena tärkeänä parannuskohteena oli tuotantotilan kulkuväylän suoristaminen. Kulkuväylän suoristamisella vähennetään siirrettävien tavaroiden käänteilyä. Kulkuväylän suoristamisesta hyödytään suuresti pitkiä kappaleita kuljettaessa, koska niiden käänteleväminen on hankalaa ja vie paljon tilaa. Suoristuksen ansiosta myös trukit voivat kulkea suoraan kulkuväylällä ilman ylimääräisiä käännöksiä. Vakioitujen välivarastointipisteiden vuoksi kulkuväylät tulevat olemaan myös esteettömiä, eikä tarvitse siirtää tavaroita pois edestä.

Sähkötyöpisteen siirron ansiosta saatiin riipputelineen loppukokoonpano, testaus sekä siihen tarvittavat osat supistettua omalle alueelleen. Tämän ansiosta riipputelineen valmistuksessa syntyneet materiaaliikkeet yksinkertaistuivat. Riipputelineiden loppukokoonpanoa ja omavalmiste osien valmistusta voidaan

ohjata sekä seurata helpommin tuotteille tarkoitetun välivarastointipisteen sijainnissa lähellä tuotannon toimistoa. Alla on kuvattu valittujen tuotteiden uudet materiaalivirrat.

## Rullastot

Rullastojen materiaalivirtauksessa uuden layoutin (kuva 24) kulkuväylän suoritus yksinkertaisti rullastonurkkaukseen kuljetettavien esineiden reitin. Moottoreiden sijoitus pääovien viereiseen varastoon vähensi materiaalien kulkemaa kokonaismatkaa noin kahdenkymmenen metrin verran.

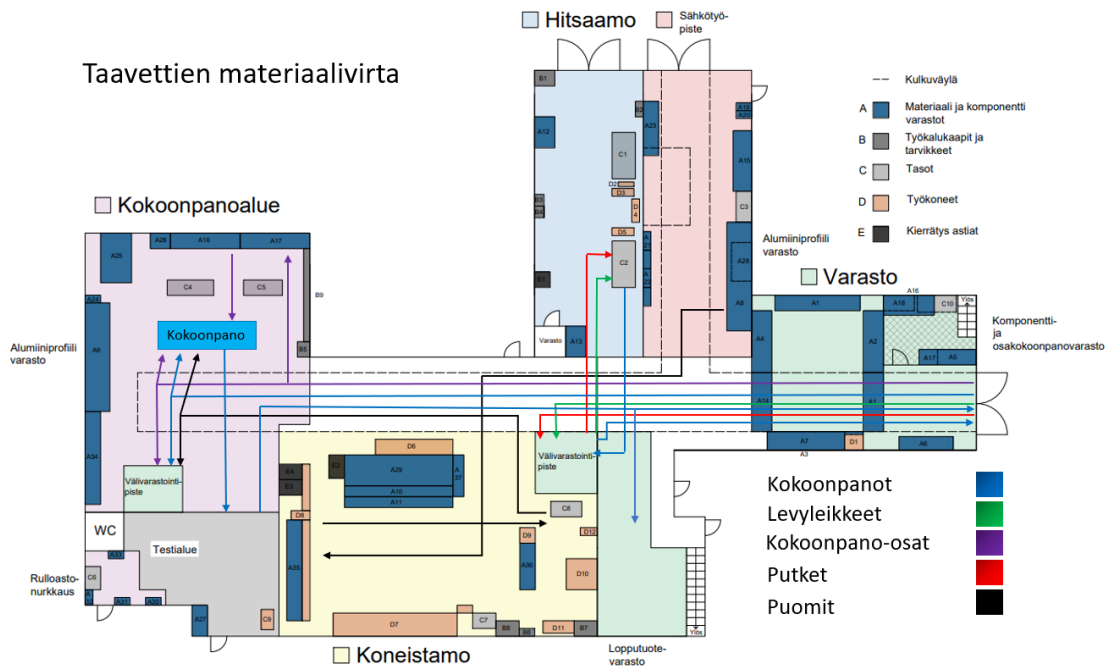


Kuva 24. Rullastojen materiaalivirta, jossa materiaalien päävirtaus toteutuu kulkuväylällä.

Kuvista 11 ja 24 voidaan huomata edellä mainittujen muutoksien lisäksi ainoastaan välivarastointipisteen sijainnin muuttuneen. Uuden layoutin kuvattujen materiaalivirtojen kokonaismatkaksi saatiin 272 metriä.

## Taavetit

Taavettien materiaalivirta (kuva 25) saatiin kulkemaan suoraviivaisemmin, jossa materiaalin liikutus keskittyy kulkuväylälle osakokoonpanojen välivarastointipisteiden välille. Osakokoonpanojen varastoinnista syntyneitä välivarastointipisteitä on pystytty vähentämään, sillä niille on varattu oma varastointitila tuotannosta. Muutoksella osakokoonpanojen, osto-osien sekä pintakäsittelystä saapuneiden hitsauskokoonpanojen varastointi ei enää häiritse tuotannon muiden varastojen käyttöä. Kokoonpanon jälkeen tuotteet siirretään lopputuotevarastoon ja pakataan lähetyksiä varten.



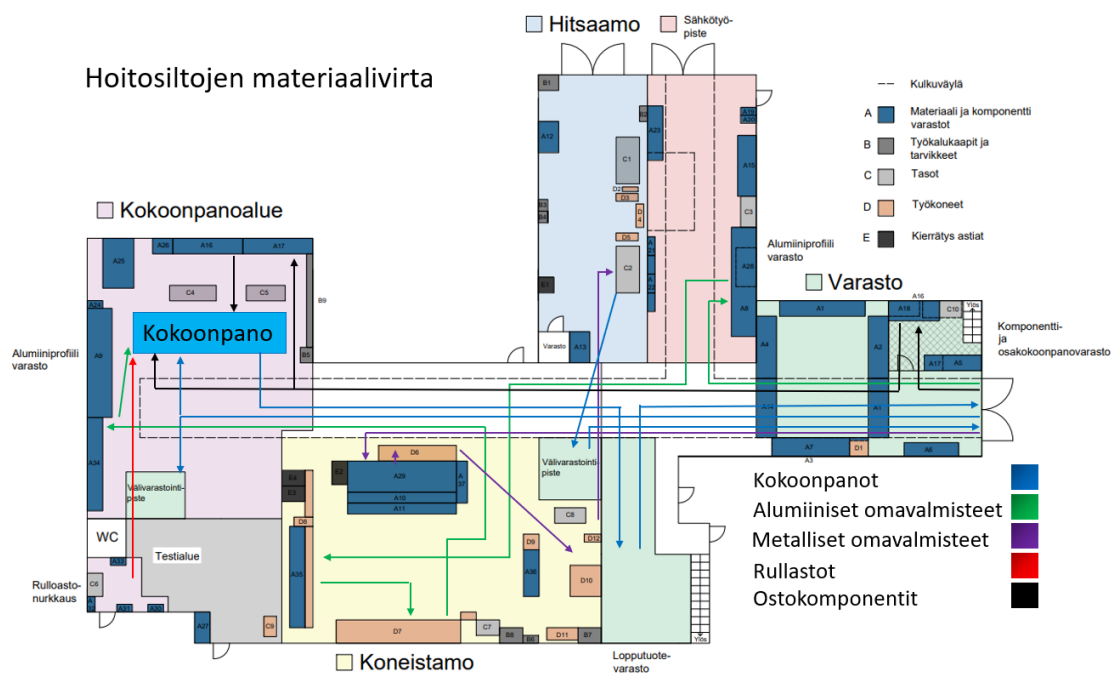
Kuva 25. Taavettien materiaalivirta, jossa osakokoonpanojen varastointi keskittyy siihen tarkoitetuille alueille. Materiaaliliikkeet ovat suoraviivaisia ja tehokkaita tuotannon kulkuväylällä.

Tuotannon uuden layoutin materiaalivirran kokonaismatka kasvoi kymmenellä metrillä, jolloin kokonaismatkaksi kertyi 325 metriä. Kymmenen metrin matkan

pidentyminen ei ole huomattava, sillä muutoksilla on päästy eroon muista resursseja kuluttavista ongelmista.

## Hoitosillat

Hoitosiltojen materiaalivirtauksen muutoksista kuvassa 26 voidaan havaita, että materiaalien päävirtaus tapahtuu kulkuväylällä. Puomien, kokoonpano-osien sekä pintakäsiteltyjen osakokoonpanojen varastointi toteutuu kokoonpanoalueen reunoilla niille varatuissa pisteissä.



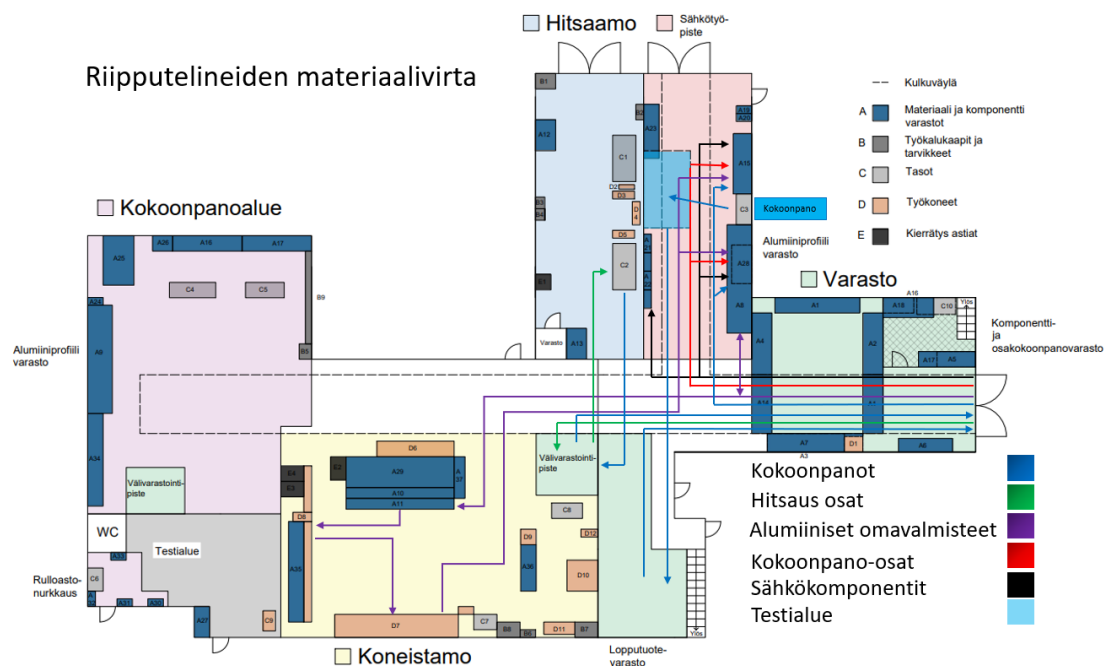
Kuva 26. Hoitosiltojen materiaalivirta, jossa materiaalien päävirtaus keskittyy kulkuväylälle ja liikkeiden edestakainen liikkuminen on minimoitu.

Aikaisempaan virtaukseen (kuva 13) verraten uudessa layoutissa ei tarvitse kokoonpanna alle 13 metrin hoitosiltoja kulkuväylällä. Erikoispitkien hoitosiltojen kokoonpanossa, joudutaan edelleen hyödyntämään kulkuväylän tilaa, sillä tuotannon pohjakuvan muodon vuoksi ei ole muita vaihtoehtoja. Erikoispitkiä hoitosiltoja valmistetaan suhteellisen harvoin, joten niiden valmistuksesta ei aiheudu pysyvää tuketta pääkulkuväylällä. Hoitosiltojen materiaalivirran

kokonaismatka väheni kahdellakymmenellä metrillä, jolloin matkan pituudeksi kertyi yhteensä 285 metriä.

## Riipputelineet

Riipputelineiden päämateriaalivirta (kuva 27) siirtyi entiseen alumiiniprofiili varastoon, jonne sijoitettiin sähkötyöpiste. Alueelle saapuu suoraan kaikki tarvittavat osto-osat ja komponentit. Omavalmisteet käyvät koneistamon ja hitsaamon läpi sujuvasti pitäen materiaalivirtaukset selkeänä ja lyhyenä.



Kuva 27. Riipputelineiden materiaalivirta, jossa päämateriaalivirta pysyy tuotannon pääovien lähellä ja sähkötyöpisteen alueen luona.

Alkuperäiseen materiaalivirtaukseen (kuva 14) verraten omavalmisteosien ei tarvitse kulkea enää tuotannon päähän asti. Lopputuotevaraston luomisella ehkäistiin lopputuotteiden varastoiminen varastossa. Riipputelineiden materiaalivirtauksien kulkema kokonaismatka väheni uudella layoutilla 85 metriä, jolloin matkan pituudeksi kertyi 315 metriä.

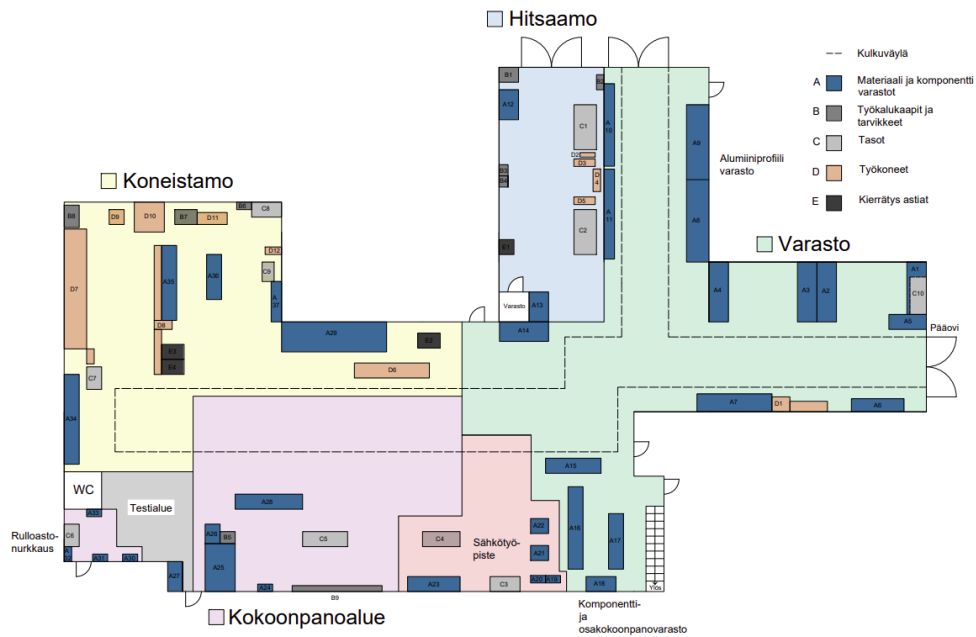
## 12 Tulokset

Insinööriyön esisijaisena tavoitteena oli selkeyttää tuotannon materiaalivirtaa sekä vähentää tuotannossa syntyviä hukkia. Hukkien selvittämisen ja uuden layout suunnitelman avulla yrityksen on helpompi puuttua hukkien vähentämiseen ja tehostaa eri työvaiheita. Tässä luvussa on esitetty asioita, joita voidaan pitää insinööriyön aikaisina tuloksina ja löydöksinä.

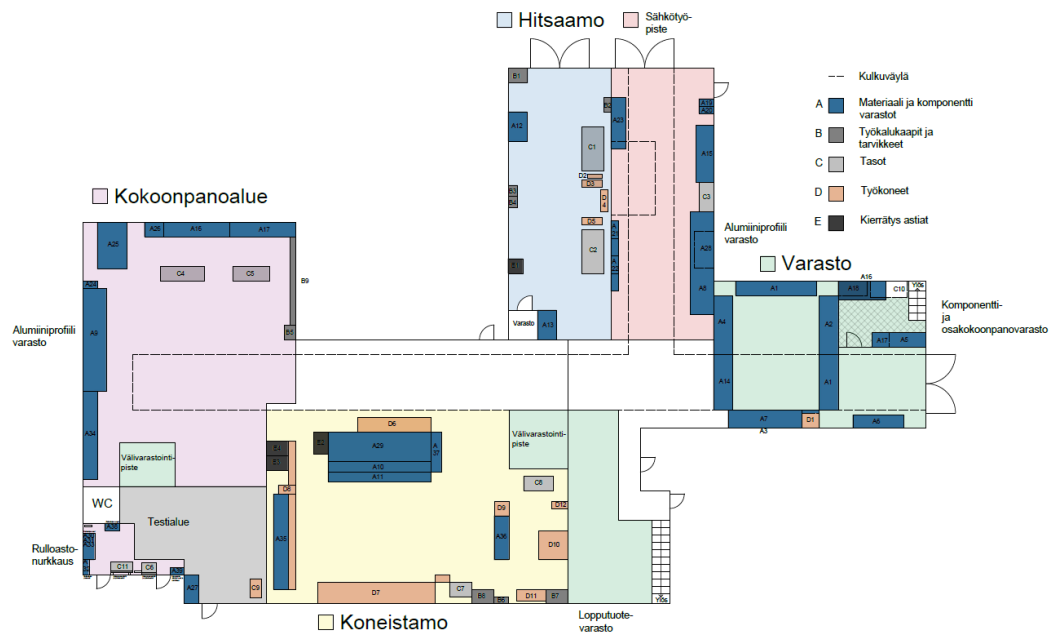
### 12.1 Layout-muutokset

Tuotannon varastointipisteitä keskitettiin päävarastoon, mikä tehostaa tuotannon materiaalien jakelua ja hallintaa. Keskityksen luoman tilan ansiosta tuotantotilaan saatiin luotua lopputuotevarasto ja välivarastointipisteitä kulkuväylän varrelle. Välivarastointipisteiden ansiosta tuotannon varastohyllyjen edustalla olevat tuotteet saatiin pois hyllyjen edestä niille määrätyille alueilleen. Lopputuotevaraston lisäämisellä päästiin eroon valmiiden tuotteiden varastoinnista keskellä tuotantotiloja. Erikoispitkien tuotteiden varastointi joudutaan toteuttamaan edelleen kulkuväylällä tuotannon muotojen ja tilan puuteen vuoksi. Lopputuotevarastoa voidaan käyttää myös pakkauspisteinä vähentäen tuotannon kulkuväylällä tapahtuvaa työntekoa.

Tuotantotilan kulkuväylä suoristettiin sekä tuotannon päämateriaalivirta saatiin kulkemaan kulkuväylällä sen varrelle sijoitettujen välivarastointipisteiden kautta. Rautasahan uudelleen sijoittamisella saatiin hyödynnettyä paremmin nostojärjestelmää. Tämän vuoksi pitkiä ja raskaita profiileja ei tarvitse enää nostaa trukilla sahalle vaan voidaan käyttää siihen olemassa olevaa nostojärjestelmää. Trukin käyttö voidaan ohjata tuotantoa edistäviin muihin toimintoihin. Alla esitettyjen kuvien avulla voidaan hahmottaa tuotannon alkuperäisen layoutin (kuva 28) ja uuden layoutin (kuva 29) muutoksia.



Kuva 28. Tuotantotilan alkuperäinen layout, jossa varasto on hajautettu eikä tuotantoon ole erikseen määritelty välivarastointipisteitä. Tuotannon kulkuväylässä on mutka keskellä tuotantotilaa.



Kuva 29. Tuotantotilaan suunniteltu uusi layout, jossa tuotannon varastoja on kohdistettu päävarastoon. Sähkötyöpiste on siirretty alumiiniprofiilivaraston tilalle sekä kokoonpanoalue ja koneistamo on vaihdettu päittäin.

## 12.2 Materiaalivirta

Tuotantotiloihin suunnitellulla layoutilla vähennettiin tuotteiden valmistuksessa syntyneiden liikkeiden määrää ja ylimääräisiä siirtoja. Materiaalivirtojen kuvaamiseen valittujen tuotteiden matkat lyhenivät lukuun ottamatta taavettien materiaalivirtaa, jonka matka kasvoi kymmenellä metrillä. Taulukossa 1 on esitetty tuotannon materiaalivirtojen matkat alkuperäisessä sekä uudessa layoutissa. Taulukkoon on laskettu tuotteiden kuljettamisessa säästettyä aikaa vuositasolla arvioidun vuosivolyymin mukaan.

Taulukko 1. Yrityksen tuotteiden valmistuksessa syntyneiden materiaali-  
liikkeiden matkat sekä kuljettamisessa säästetty aika myynnin vuosivolyymin perusteella.

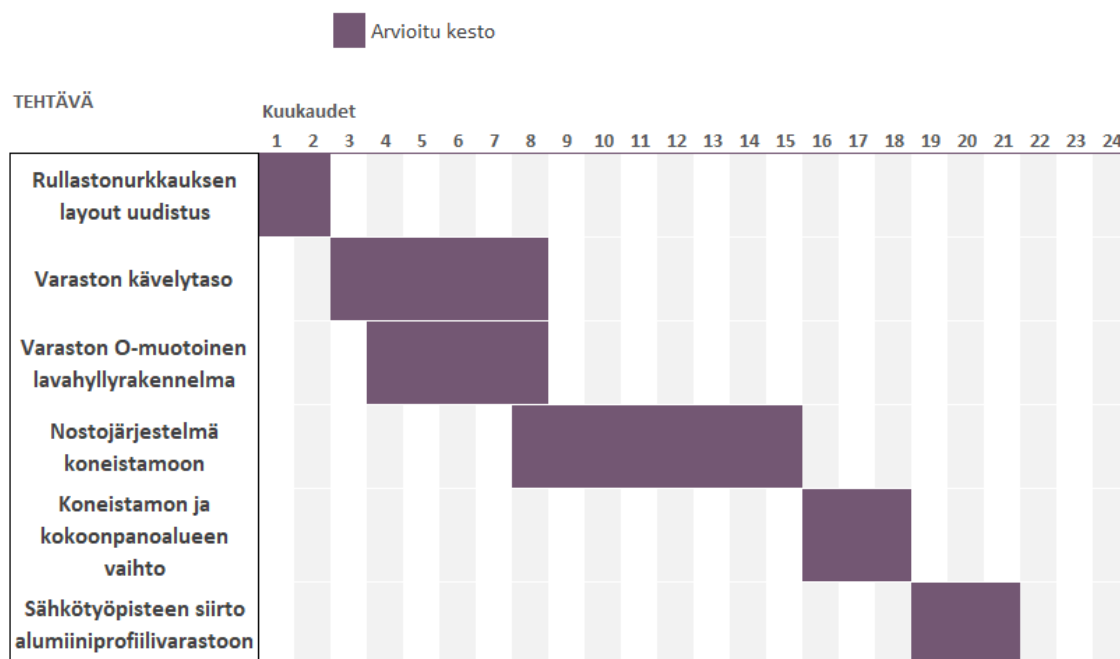
Tuote	Riipputeline	Rullasto	Taavetti	Hoitosilta
Matkan pituus alkuperäisessä layoutissa (m)	400	293	315	305
Matkan pituus uudessa layoutissa (m)	315	272	325	285
Muutos matkassa (m)	-85	-21	+10	-20
Myynnin vuosivolyymi arvio (kpl)	50	760	42	19
Säästetty matka vuosittain (m)	4250	15 960	420	380
Kuljettamisessa arvioitu vuosisäästö (h)	2,15	8	-0,2	0,2

Yllä olevan taulukon laskelmien mukaan tuotannon materiaalivirtojen liikkeisiin käytetty aika lyheni. Yksinään materiaalivirroissa säästetty aika vuositasolla jää vähäiseksi mutta säästetty aika voidaan käyttää tuottavaan työhön. Materiaalivirtojen arvioitu kokonaissäästö vuosittain uuden layoutin mukaan on 10 h ja 9 min. Vuosisäästöä laskiessa on käytetty ihmisen keskimääräistä kävelyvauhtia hitaampaa tahtia 2 km/h. Kuljetuksiin käytetty aika vuodessa laskettiin jakamalla vuodessa kertyneet kilometrit uudessa ja vanhassa layoutissa keskimääräisellä kävelyvauhdilla. Tämän jälkeen vähennettiin vanhan layoutin kuljetuksien ajasta uuden layoutin ajat. Vuosisäästöjen kokonaisvaltaisemman arvion saamiseksi tulisi mitata muista hukista aiheutuneet resurssikulut.

### 12.3 Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteinä on tarkoitus toteuttaa ensimmäisenä rullastonurkkauksen layout uudistus tarvikkeiden saavuttua yritykseen. Rullastonurkkauksen uuden layoutin mukana otettaisiin käyttöön Leanin toimintamalleja, jotka edesauttavat uuden layoutin toimivuutta. Rullastonurkkauksen uudistuksella näytetään esimerkkiä Leanin toimintatavoista, joita sovelletaan myös muiden alueiden uudistuksissa myöhemmin. Tuotantotilan uusia layout muutoksia tulee ottaa käyttöön alueittain, jotta tuotanto voi toimia yhtäaikaisesti. Alueiden päivittämisen yhteydessä otetaan käyttöön Leanin 5S- ja jatkuvan parantamisen menetelmät, kunnes vaihe vaiheelta koko tuotantotilassa ovat uudet toimintamallit käytössä. Jatkotoimenpiteiden toteutusjärjestys on esitetty kuvassa 30.

## Projektisuunnitelma uuden layoutin toteuttamiseen



Kuva 30. Gantt-kaavio layoutin toteuttamiseen vaadittujen tehtävien järjestyksistä. Kaaviossa on arvioitu tehtävien kestoja kuukausina.

Uuden layoutin toteuttamiseksi toisena vaiheena tulisi tilan vapauttamista varten suunnitella ja rakentaa varastoon kävelytaso, jonne sijoitetaan pienkomponentit ja osakokoonpanot. Samalla luotaisiin varastoon O-muotoinen lavahyllyrakennelma olemassa olevista hyllyistä eli vaihe kolme. Muutama hyllyyn tulisi hankkia uudet orret, jotta saataisiin läpiajettavat lavahyllyt kulkuväylän ylle. Tämänhetkisten hyllyorsien pituuksilla jäisi hyllyväli liian kapeaksi suurien kappaleiden kuljettamista varten. Samalla varaston uudistamisen aikana olisi hyvä jo aloittaa vaihetta neljä, jossa suunnitellaan tarvittava nostojärjestelmä. Näin varaston valmistuessa voi resurssit ohjata nostojärjestelmän asennukseen vaadittaviin toimiin. Nostojärjestelmää tarvitaan kokoonpanoalueella tuotteiden kokoonpanoa varten eli koneistamon ja viimeistään kokoonpanoalueen siirron yhteydessä. Vasta varaston uudelleen järjestelystä saadun tilan avulla olisi mahdollista aloittaa koneistamon ja kokoonpanoalueen päittäin vaihtaminen. Kokoonpanoalueen ja koneistamon siirto pakottaa sähkötyöpisteen hetkellisesti lopputuotevaraston alueelle, mutta suurien siirtojen jälkeen vasta

viimeisempänä olisi järkevintä siirtää sähkötyöpiste alumiinivarastoon. Tämän jälkeen vapautuisi koko lopputuotevaraston tila käytettäväksi.

### 13 Yhteenveto

Insinööriyössä suunniteltiin tuotantotilaan layout, jonka päätavoitteena oli vähentää tuotannossa syntyviä hukkia ja kohdistaa resurssit arvoa lisäävään työhön lisäten työtehokkuutta. Työn tavoitteena oli myös yksinkertaistaa materiaali- liikkeitä sekä helpottaa suurien kappaleiden käsittelyä. Työssä selvitettiin, millaisilla muutoksilla varastointi- ja työpisteissä sekä niiden sijainnissa voitiin tehostaa eri työvaiheita. Yrityksen tuotantotiloista tunnistettiin suurimmat hukkien aiheuttajat ja niistä osa poistettiin luomalla vakioituja välivarastointipisteitä sekä lopputuotevarasto. Tuotantotilan layoutia suunniteltaessa huomioitiin tuotantoprosessin järjestys, jonka mukaan tuotannon työpisteitä siirrettiin. Suunnittelussa kiinnitettiin huomiota myös suurien kappaleiden käsittelyyn ja varastointiin, jonka vuoksi tuotannon kulkuväylä suoristettiin. Lopputuotevaraston ansiosta valmiita tuotteita voidaan varastoida omalla alueella häiritsemättä muuta tuotantoa, mutta erikoispitkien tuotteiden varastointi joudutaan edelleen toteuttamaan kokoonpanoalueella tai hetkellisesti kulkuväylällä tuotantotilojen tilan muodon vuoksi.

Työssä kuvattiin materiaalivirtojen kulkemat reitit, joita hyödynnettiin varasto- ja työpisteiden sijoitteluun. Suunnittelun avulla yksinkertaistettiin materiaalien kulkemia reittejä ja vähennettiin niiden kulkemia matkoja kokonaisuudessa. Materiaaliliikkeistä mitattujen matkojen avulla voitiin verrata tuloksia vanhan ja uuden layoutin välillä. Uudessa layoutissa materiaalivirtojen liikkeiden vuosisäästö ei ollut huomattavan suuri, mutta työssä ei mitattu muiden hukkien aiheuttamien resurssikulujen määriä. Vuosisäästöjen kokonaisvaltaisemman arvion saamiseksi tulisi mitata muista hukista aiheutuneet kulut.

Työssä selvitettiin yrityksessä syntyneitä hukkia ja suurimmista hukista päästiin eroon. Samalla yrityksen materiaalivirtoja saatiin selkeytettyä järjestelemällä tuotantotiloja työvaiheiden mukaan. Tuotantoon pystyttiin luomaan uusia

alueita, joiden ansiosta jatkojalostusta odottavilla tuotteilla on omat paikat eivätkä ne häiritse muuta virtausta. Työssä mitatun materiaalivirran vuosisäästö jäi pieneksi. Kuitenkin muiden hukkien vähentämisestä tulisi kirjallisuuden mukaan hyötyä, vaikkei niitä mitattukaan tässä työssä. Aikaisemmin hukkiin kohdistuneet resurssit voidaan ohjata arvoa lisääviin toimintoihin. Muista hukista aiheutuneita kustannuksia olisi voinut mitata, jolloin olisi saanut kattavamman näkemyksen uuden layoutin toteuttamisen kannattavuudesta.

## Lähteet

Haverila, Matti J.; Uusi-Rauva, Erkki; Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

Lapinleimu, Ilkka; Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Helsinki: WSOY.

Petersson, Per; Olsson, Björn; Lundström, Thomas; Johansson, Ola; Broman, Matrin; Blücher, Dan & Alsterman, Henric. 2018. LEAN – Muuta poikkeamat menestykseksi!. 3. uudistettu painos. Latvia: Part Development AB.

Ritvanen, Virpi; Inkiläinen, Aimo; von Bell, Anders & Santala, Jouko. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Reijo Rautauoman säätiö.

Sundman, Mika. 2022. Varastomies. Rostek Oy. Espoo. Haastattelu 15.10.2022.

Tuotannon layout. 2022. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>>. Luettu 23.9.2022.

Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste (OPP). 2022. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>>. Luettu 20.9.2022.

Åkerlund, Tomi. 2022. Tuotantopäällikkö. Rostek Oy. Espoo. Haastattelu 11.10.2022.

## Työkalut rullastonurkkauksen työkaluseinään

Taulukko 1. Rullastonurkkauksen työkaluseinän työkalut ja kappalemäärät sekä koot.

<b>Työkalu</b>	<b>Malli / koko</b>	<b>Kappalemäärä</b>
<b>Kumivasara</b>		1 kpl
<b>Kiintolenkkiavain</b>	8, 10, 13, 15, 17, 19, 21, 23	2 kpl / koko
<b>Ruuvauskärkisarja</b>		1 kpl
<b>Ruuvimeisseli</b>		1 kpl
<b>Lukkorengaspihdit</b>	3 eri mallia	1 kpl / malli
<b>Siirtoleukapihdit</b>	250 mm	1kpl
<b>Linjapihdit</b>	160 mm	1kpl
<b>Kärkipihdit</b>	200 mm suorat	1kpl

<b>Purseenpoistaja</b>		1 kpl
<b>Metalliviilasarja</b>	3 eri mallia	1 kpl
<b>Messinkiharja</b>		1 kpl
<b>Poranterät</b>	4–24 mm	2 kpl / koko
<b>Kuusiokoloavainsarja</b>	1,5–10 mm	1kpl
<b>Kalvain</b>	14 ja 24 mm	1 kpl / koko
<b>Kierretappisarja</b>	M3–M12	1 kpl
<b>Leikkuuneste</b>	250 ml	1kpl