



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Eetu Louhiranta

---

## Teollisen yrityksen toimipisteiden yhdistäminen

Layoutsuunnittelu ja toimenpidesuunnitelma

Opinnäytetyö

Syksy 2022

Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Eetu Louhiranta

Työn nimi: Teollisen yrityksen toimipisteiden yhdistäminen

Ohjaaja: Jussi Yli-Hukkala

Vuosi:2022

Sivumäärä:54

Liitteiden lukumäärä:11

---

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Kaskea Group Oy. Yritys syntyi vuonna 2020 entisten Laatukilpi Oy:n ja Härmän CNC-koneistus Oy:n yhdistyttyä yhdeksi yritykseksi. Yritys työllistää noin 80 henkilöä liikevaihdon ollessa yli 10 miljoonaa euroa. Kaskea Group Oy muodostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta, jotka ovat: Kaskea Traffic, Kaskea Machinery ja Kaskea Parking. Opinnäytetyö tehtiin koneistusta ja teräsrakenteiden valmistusta tarjoavalle Kaskea Machinerylle.

Entisten Laatukilpi Oy:n ja Härmän CNC-koneistus Oy:n yhdistyttyä yritykselle muodostui Kauhavan Ylihärmään neljä eri toimipistettä, joista kolme muodostaa Kaskea Machineryn. Yrityksessä päätettiin yhdistää Kaskea Machineryn toimipisteet uuteen tuotantotilaan tuotannon ja sisäisen logistiikan tehostamisen sekä toiminnan kasvattamisen mahdollistamiseksi. Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uuteen tuotantotilaan tuotannon layout sekä laatia toimenpidesuunnitelma toimipisteiden yhdistämiseksi.

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä layoutsuunnittelun, materiaalihallinnan, materiaalivirtojen analysoinnin sekä Lean-toimintamallin teoriaan, jotka nähtiin oleelliseksi työn kannalta. Teorian jälkeen analysoitiin tuotannon nykytilaa sekä usean toimipisteen tuomia ongelmia tuotantoon. Suunnittelussa perehdyttiin yrityksen valmistamiin tuotteisiin sekä tuotannon prosesseihin, jotta voitiin määrittää layouttyyppi sekä prosessien sijainnit. Suunnittelussa huomioitiin myös tuotantotila ja sen rajoitteet sekä resurssien ryhmittely. Edellä mainittujen tietojen pohjalta laadittiin layoutsuunnitelma 3D-mallinnuksen avulla. Suunnittelun keskeisenä tavoitteena oli pyrkiä tehokkaisiin materiaalivirtoihin.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi layoutsuunnitelma, jonka avulla saavutetaan merkittävää tehokkuutta yrityksen tuotantoon. Toimenpidesuunnitelmalla mahdollistetaan toimipisteiden siirtojen onnistuminen määräaikoihin mennessä. Yksityiskohtainen ja yrityksen kannalta arkaluontoinen materiaali on sisällytetty liitteisiin, jotka ovat salattuna julkisessa versiossa.

<sup>1</sup> Asiasanat: layout, materiaalivirta, tuotanto, prosessi, suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Eetu Louhiranta

Title of thesis: Fusion of industrial company facilities

Supervisor: Jussi Yli-Hukkala

Year:2022

Number of pages:54

Number of appendices:11

---

The thesis was made for Kaskea Group Oy. The company was founded in 2020 by the merger of Härmän CNC-koneistus Oy and Laatukilpi Oy. The company employs 80 people, and its turnover is about 10 million euros. Kaskea Group Oy has three business segments: Kaskea Traffic, Kaskea Machinery and Kaskea Parking. The thesis was made for the business segment Kaskea Machinery which is specialized in machining and steel structure building.

Kaskea Group Oy has four different facilities in Ylihärmä, Kauhava. Three of these facilities form Kaskea Machinery. After the merger, the company decided to unite the facilities of Kaskea Machinery in a new facility to make production and internal logistics more effective and to enable growth of production. The subject of the thesis was to design a production layout to the new facility and to create a plan for transfer productions to the new facility.

The thesis commenced with the theoretical part of layout design, material handling, material flow analysis and Lean operating system. The present state of production and the problems caused by several facilities was analyzed after the theoretical part. It was essential to get acquainted with the production processes and the products manufactured by the company to determine the production layout type and locations of processes. Design was also considered to the new facility and its limitations, as well the grouping of the resources. The new layout was designed with 3D modelling by using aforesaid information. The objective of the design was to plan efficient material flows.

As a result of the thesis, a layout plan was designed. With the result, the client achieves significant efficiency to production. The action plan enables successful transport of facilities by deadline. Detailed and sensitive material is included in the appendices that are encrypted in the public version.

<sup>1</sup> Keywords: layout, material flow, production, process, planning

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	9
1 JOHDANTO .....	10
1.1 Kaskea Group Oy.....	10
1.2 Työn tausta .....	10
1.3 Työn tavoite.....	10
1.4 Työn rakenne .....	11
2 TEORIA.....	12
2.1 Layoutsuunnittelu ja sen tavoitteet .....	12
2.2 Layoutin valinta ja layouttyypit.....	13
2.2.1 Tuotantolinjalayout.....	13
2.2.2 Funktionaalinen layout .....	14
2.2.3 Solulayout .....	14
2.2.4 Yhdistelmälayout.....	15
2.2.5 Kiinteäpaikkainen layout .....	15
2.3 Materiaalihallinta .....	16
2.3.1 Logistiikka .....	16
2.3.2 Varastointi.....	17
2.4 Materiaalivirtojen analysointi .....	18
2.4.1 Tuotekohtaisen virtauksen analysointi .....	19
2.4.2 Tehtaan kokonaisvirtaus .....	20
2.5 Lean .....	21
2.5.1 Kahdeksan hukkaa .....	21
2.5.2 5S .....	22
3 NYKYTILAN KUVAUS.....	23
3.1 Tuotanto .....	23

3.2	Tuotantotilat.....	25
3.3	Konekanta.....	27
4	SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT.....	28
4.1	Layouttyypin valinta.....	28
4.2	Tuotannon prosessit.....	29
4.3	Tuotantotila ja sen rajoitteet.....	30
4.4	Työstökoneparit ja koneryhmät.....	32
4.5	Mallintaminen.....	33
5	SUUNNITELMA.....	35
5.1	Tehtaan kiertosuunta ja prosessien sijainnit.....	35
5.2	Hitsaamo.....	36
5.3	Koneistamo.....	37
5.4	Maalaamo.....	39
5.5	Kokoonpano.....	40
5.6	Sisäinen logistiikka.....	41
5.6.1	Varastot.....	41
5.6.2	Kulhutiet.....	42
6	MATERIAALIVIRRAT.....	43
6.1	Saapuva tavara.....	43
6.2	Hitsaamo.....	43
6.3	Koneistamo.....	44
6.4	Maalaamo.....	44
6.5	Kokoonpano.....	44
6.6	Lähtevä tavara.....	44
6.7	Tuotekohtaiset materiaalivirrat.....	45
7	TOIMENPIDESUUNNITELMA.....	47
7.1	Suunnittelutyöt.....	47
7.2	Tuotantotilan muutokset.....	47
7.2.1	Purku- ja rakennustyöt.....	47
7.2.2	Sähkötyöt.....	48
7.2.3	Paineilmaverkosto.....	48
7.2.4	Työstökoneiden konepedit.....	48

7.3	Toimipisteiden siirrot .....	49
7.3.1	Kokoonpanon siirto .....	49
7.3.2	Koneistamon siirto .....	49
7.3.3	Hitsaamon siirto .....	50
7.4	Kustannusarvio.....	50
8	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	51
	LÄHTEET .....	53
	LIITTEET .....	54

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Koneistamon käytävänäkymä.....	26
Kuva 2. Hitsaamon käytävänäkymä.....	27
Kuva 3. Tuotantotilassa sijaitseva katon tukirakenne. ....	31
Kuva 4. Tuotantotilan lattian huolto- ja tuuletuskuilut. ....	32
Kuvio 1. Kaskea Machineryn toimipisteiden sijainnit.....	24
Kuvio 2. 1.1.2022–31.3.2022 koneistettujen tuotteiden päävaiheet.....	28
Kuvio 3. Tuotantoprosessit. ....	30
Kuvio 4. Monitoimisorvista laadittu 3D-malli.....	34
Kuvio 5. Työstökoneitoimittajan toimittama työstökeskuksen 3D-malli.....	34
Kuvio 6. Tehtaan kiertosuunta. ....	35
Kuvio 7. Prosessien sijainnit. ....	36
Kuvio 8. Tuotantotilan oikeassa reunassa sijaitseva hitsaamo. ....	37
Kuvio 9. Koneistamon prosessien sijainnit.....	38
Kuvio 10. Maalaamo ja maalattavien tuotteiden varastoalue. ....	39
Kuvio 11. Kokoonpanopisteet. ....	40
Kuvio 12. Yksittäisen työstökoneen siirron toimenpiteet ja esimerkkiaikataulu. ....	50
Taulukko 1. Toimipisteiden väliset etäisyydet.....	24
Taulukko 2. Hitsauspisteiden määrittäminen.....	36

Taulukko 3. Kuormalavavarastojen kapasiteetit ja täyttöasteet. ....	41
Taulukko 4. Trukki- ja jalankulkuväylien mitoitusohje. ....	42
Taulukko 5. Materiaalivirtojen analysointiin valitut tuotteet. ....	45



## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Layout</b>	Termi, jolla tarkoitetaan fyysisten resurssien sijoittelua tehtaassa.
<b>Lean</b>	Toyotan tuotantoperiaatteisiin pohjautuva toimintamalli, jolla pyritään parantamaan yrityksen tuottavuutta.
<b>Hukka</b>	Lisäarvoa tuottamaton toiminto tuotannon eri prosesseissa.
<b>5S</b>	Siisteyden ja järjestyksen ylläpitoon tarkoitettu Lean-toimintamallin työkalu, jonka tavoitteena on kasvattaa työn tehokkuutta ja tuottavuutta.
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä. Käytetään yrityksen toiminnan ja resurssien suunnitteluun sekä hallintaan.
<b>MIG/MAG</b>	Metal Inert Gas/Metal Active Gas, valokaareen perustuva hitsausmenetelmä, jossa käytetään inerttiä tai aktiivista suojakaasua.
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
<b>DXF</b>	Drawing Exchange Format tai Drawing Interchange Format, tiedostomuoto, jota käytetään tietojen siirtämiseen CAD-sovellusten välillä.
<b>3D-malli</b>	Kolmiulotteisen objektin matemaattinen esitys.
<b>ATEX</b>	Atmosphères Explosibles, räjähdysvaarallinen tila.
<b>DNC</b>	Direct Numerical Control, tiedonsiirtojärjestelmä työstökoneiden ja keskustietokoneen välillä.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Kaskea Group Oy

Kaskea Group Oy on opastukseen, liikenteenohjaukseen, pysäköintiratkaisuihin, teräs- ja alumiinirakenteiden valmistukseen sekä koneistukseen erikoistunut suomalainen yritys. Kaskea Group Oy aloitti toimintansa marraskuussa 2020, kun vuonna 1972 perustettu Laatukilpi Oy sekä vuonna 1989 perustettu Härmän CNC-koneistus Oy yhdistyivät uudeksi yritykseksi. Yrityksellä on toimipisteitä Ylihärmässä, Tampereella, Espoossa sekä Helsingissä. Yrityksen liikevaihto on noin 10 miljoonaa, ja se työllistää 80 henkeä. Kaskea Group Oy sisältää kolme liiketoiminta-aluetta: opastukseen sekä liikenteenohjaukseen erikoistunut Kaskea Traffic, teräs- ja alumiinirakenteita valmistava Kaskea Machinery sekä pysäköintiratkaisuja tarjoava Kaskea Parking.

## 1.2 Työn tausta

Kaskea Group Oy:llä on Kauhavan Ylihärmässä neljä eri toimipistettä, joista kolme muodostaa Kaskea Machineryn. Kaskea Machineryn toimipisteissä sijaitsevat hitsaamo, koneistamo sekä yhdistetty kokoonpano ja maalaamo. Nämä toimipisteet tekevät keskenään tiivistä yhteistyötä niin ostotoiminnan, tuotannonohjauksen kuin tuotteiden valmistuksen osalta. Yrityksessä on syntynyt tarve yhdistää Kaskea Machineryn toimipisteet samaan tuotantotilaan sisäisen logistiikan ja tuotannon tehostamisen sekä tuotteiden läpimenoaikojen lyhentämisen vuoksi. Uudella tuotantotilalla mahdollistetaan myös toiminnan kasvu, koska nykyisten toimipisteiden tuotantotilat ovat hyvin rajalliset.

## 1.3 Työn tavoite

Työn päätavoitteena on laatia suunnitelma Kaskea Group Oy:n kolmen toimipisteen tuotannon siirtämisestä uuteen tuotantotilaan. Tavoite pitää sisällään tuotannon layoutin suunnittelun sekä toimenpidesuunnitelman laatimisen, joka sisältää myös kustannusarvion. Tuotannon layoutsuunnitelman tavoitteena on yhdistää yrityksen eri toimipisteet samaan tuotantotilaan niin, että tuotanto olisi sujuvaa ja tehokasta sekä tuotantotila käytetty mahdollisimman tehokkaasti. Toimenpidesuunnitelma sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka täytyy

suorittaa toimipisteiden yhdistämisessä ja sen tavoitteena on varmistaa siirtojen onnistuminen määräaikoihin mennessä.

#### **1.4 Työn rakenne**

Opinnäytetyö koostuu kahdeksasta luvusta ja alkaa johdannolla. Johdantoa seuraa työn teoriaosuus, jossa käsitellään layoutsuunnittelua, eri layouttyyppejä sekä materiaalihallintaa. Teoriaosuudessa perehdytään myös materiaalivirtojen analysointiin sekä Lean-ajatteluun ja kahdeksaan hukkaan, joista osaan voidaan vaikuttaa layoutsuunnittelussa.

Varsinaisen työn osuus alkaa luvusta kolme, jossa kuvataan yrityksen nykytila sekä usean toimipisteen tuomat ongelmat ja vaikutukset yrityksen tuotantoon. Neljännessä luvussa määritetään uuden tuotantotilan layouttyyppi yrityksen prosessien sekä valmistettavien tuotteiden perusteella. Luvussa määritetään myös koneryhmät sekä työstökoneparit ja perehdytään tulevaan tuotantotilaan ja sen rajoitteisiin sekä layoutin mallintamiseen.

Viidennessä luvussa käsitellään laadittua layoutsuunnitelmaa ja suunnittelussa tehtyjä päätöksiä sekä havaintoja. Layoutsuunnittelun päätavoitteena oli saavuttaa tehokkaat materiaalivirrat, joita analysoidaan kuudennessa luvussa. Analysoinnissa perehdytään suunniteltuihin materiaalivirtoihin sekä tuotantomääriltään viiden suurimman tuotteen kokonaisvirtoihin. Käytännön osuuden viimeisenä asiana käsitellään toimipisteiden siirtoihin sisältyviä toimenpiteitä sekä niiden perusteella laadittua toimenpidesuunnitelmaa. Lopuksi käsitellään työstä laadittua yhteenvetoa sekä työn ja tulosten pohdintaa.

## 2 TEORIA

### 2.1 Layoutsuunnittelu ja sen tavoitteet

Layoutsuunnittelulla ymmärretään laitteiden, varastotilojen sekä muiden fyysisten resurssien sijoittelun suunnittelua (Greasley, 2008, s. 27). Sen tarkoituksena on mahdollistaa tehokkaat asiakas- tai materiaalivirrat palvelu- tai tuotantojärjestelmän läpi. Suunnittelua pidetään tärkeänä, koska se tehostaa yrityksen tuotantoa ja sillä on merkittävä vaikutus tuotantokustannuksiin. On toisaalta tiedostettava, että layoutsuunnittelu voi myös vaatia merkittäviä raha- ja aikainvestointeja.

Layoutsuunnittelun tärkein tavoite on tehokas materiaalivirtojen suunnittelu, jossa tulisi pyrkiä materiaalivirtojen selkeyteen (Haverila ym., 2009, s. 482). Osastojen ja työpisteiden sijoittelun suunnittelussa tulisi tavoitella materiaalien kuljetuskertojen vähentämistä sekä kuljetusmatkojen lyhentämistä. Suunnittelussa tulee huomioida myös layoutin muokattavuus.

Kumar ja Suresh (2009, s.81) määrittävät tehtaan layoutille 12 eri tavoitetta:

1. Materiaalivirrat kulkevat tehtaan lävitse.
2. Tuotantoprosessit ovat sujuvia.
3. Varastojen vaihtuvuus on korkealla tasolla.
4. Materiaalikäsittely ja -kustannukset vähenevät.
5. Työntekijöiden, laitteiden ja tilankäytön potentiaali on hyödynnetty tehokkaasti.
6. Tilasta on hyödynnetty myös lattian yläpuolinen tila.
7. Valmistusprosessit ja layout ovat joustavia.
8. Työntekijöiden soveltuvuus, mukavuus ja turvallisuus on huomioitu.
9. Investoinnit laitteisiin on minimoitu.
10. Läpimenoajat on minimoitu.
11. Toiminnan ja layoutin joustavuus on taattu.
12. Organisaation rakennetta on parannettu.

## 2.2 Layoutin valinta ja layouttyypit

Layoutit voidaan jakaa eri päätyyppisiin tuotantolaitteiden sijoittelun sekä työnkulun perusteella (Haverila ym., 2009, s. 475). Päätyyppisiä on kolme: tuotantolinja- ja solulayout sekä funktionaalinen layout. Kumar ja Suresh (2009, s. 82) määrittävät päätyypeiksi myös yhdistelmälayoutin sekä kiinteäpaikkaisen layoutin.

Tuotevalikoima sekä tuotantomäärät määrittävät valittavan layoutin (Haverila ym., 2009, s. 479–480). Tuotantolinjalayout soveltuu samantyyppisille tuotteille, joita valmistetaan suuria määriä. Funktionaalinen layout taas sopii tuotantoon, jossa valmistetaan suuri määrä eri tuotteita pienillä tuotantomäärillä. Eri tuotteiden valmistus soluissa on tuotantolinjaa joustavampaa, joten solulayoutia käytetään eri tuotteiden toistuvaan valmistukseen, kun tuotantolinjan perustaminen ei ole vielä kannattavaa tuotantomäärien perusteella. Layout saattaa myös muuttua tuotantoprosessin eri työvaiheiden välillä, ja tehdään layoutin muodostavatkin eri osalayoutit. Esimerkiksi osavalmistus on toteutettu solu- tai funktionaalisisessa layoutissa ja kokoonpano tapahtuu tuotantolinjalla.

### 2.2.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayoutissa koneet ja tukitoiminnot on sijoitettu tuotteen työnkulun mukaan tehokkaan materiaalivirran ja pienten yksikkökustannusten saavuttamiseksi (Kumar & Suresh, 2009, s. 83–84). Linjan rakentamista pidetään perusteltuna, kun tuotteen tai tuotteiden valmistusmäärät ovat korkeita ja linjalle saavutetaan riittävä kuormitus. Linjassa käytetään nopeita ja luotettavia erikoisvalmisteisia koneita, joilla valmistetaan vain niitä tuotteita, joiden valmistusta varten linja on perustettu.

Laadunvalvonta on olennainen osa tuotantolinjan toimintaa linjan suuren tuotantokapasiteetin mahdollistaessa myös virheellisten tuotteiden tuottamisen (Haverila ym., 2009, s. 475–476). Häiriöt vaikuttavat linjan kokonaistuottavuuteen ja aiheuttavat siten merkittäviä kustannuksia. Suuret tuotantosarjat ovat tuotantolinjalla tyypillisiä, koska tuotteiden vaihtamisen asetus aika on usein pitkä. Linjan kapasiteetin kasvattaminen on haastavaa sen rakentamisen jälkeen. Tuotannonohjaus muodostuu helpoksi tuotantolinjan selkeän työnkulun sekä automatisaation avulla.

## 2.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalissa layoutissa koneet on keskitetty niiden toimintojen sekä samankaltaisuuden perusteella, kuten työstökeskukset ja sorvit, jotka muodostavat omat ryhmänsä (Kumar & Suresh, 2009, s. 82–83). Tuotannossa ei ole toistuvia materiaalivirtoja, vaan ne vaihtelevat tuotteiden mukaan. Tyypillisesti materiaalivirrat muodostuvat pitkiksi ja niissä saattaa esiintyä edestakaista liikettä. Funktionaalinen layout soveltuu erävalmistukseen ja sitä käytetään, kun tuotantomäärät jäävät pieniksi.

Valmistettavissa tuotetyypeissä ja -määrissä saattaa esiintyä huomattavaa vaihtelua ja niitä valmistetaan joko sarjoina tai yksittäiskappaleina (Haverila ym., 2009, s. 476–477). Tuotannonohjaus toteutetaan koneiden työjonojen järjestelyllä. Työjonojen vuoksi keskeneräisen tuotannon määrä kasvaa sekä läpimenoajat pitenevät. Töiden oikea-aikainen ohjaaminen työvaiheesta toiseen muodostuu hankalaksi. Materiaalien käsittely- ja kuljetuskustannukset kasvavat suuriksi työpisteiden pitkien välimatkojen vuoksi. Pitkät välimatkat sekä välivarastot vaikeuttavat laadunhallintaa. Funktionaalisen layoutin tuottavuutta voidaan pitää heikkona ja kuormitusasteet saattavat jäädä mataliksi. Eri tuotteiden valmistaminen ja kapasiteetin lisääminen on kuitenkin joustavaa sekä layoutin toteutus on kustannustehokasta ja helppoa.

## 2.2.3 Solulayout

Solulayout on funktionaalisen layoutin sekä tuotantolinjalayoutin yhdistelmä, jossa hyödynnetään molempien layoutien hyviä ominaisuuksia (Kumar & Suresh, 2009, s. 85–86).

Layoutissa eri koneet on jaettu ryhmiin, joissa valmistetaan ryhmän valmistettavaksi määritetyjä tuotteita. Soluvalmistuksen tavoitteena on vähentää turhia liikkeitä, sekä laitteista ja materiaalikäsittelystä muodostuvia kustannuksia.

Solutuotantoa pidetään tuotantolinjaa joustavampana, sekä funktionaalista järjestelmää tehokkaampana (Haverila ym., 2009 s. 477–478). Tuotteiden läpimenoajat ovat lyhyemmät, kuin funktionaalissa järjestelmässä. Myös asetusajat ovat soluissa lyhyitä. Koska soluissa pyritään valmistamaan tuotteet kokonaisuudessaan, ei näiden valmistuksessa ole tarvetta välivarastoille ja materiaalivirrat ovat hyvin selkeät. Tuotteiden eräkoissa sekä tuotantomäärissä saattaa esiintyä suurta vaihtelua ja niitä valmistetaan pienissä sarjoissa tai yksittäiskappaleina. Tuotannonohjaus muodostuu kuitenkin helpoksi solun muodostaessa vain yhden kuormituspisteen. Laadunvalvonta helpottuu, koska työvaiheet suoritetaan peräkkäin keskitetyllä

alueella. Ryhmä suunnittelee ja suorittaa tehtävänsä itsenäisesti sekä vaikuttaa työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. Tämän vuoksi soluvalmistus nostaa työntekijöiden tuottavuutta ja motivaatiota.

Solujen perustamisessa voidaan hyödyntää ryhmäteknologiaa, jonka avulla vertaillaan ja analysoidaan tuotteita niiden ryhmittelemiseksi samankaltaisuuden perusteella (Kumar & Suresh, 2009, s. 85–86). Tavoitteena on tunnistaa tuotteet, joiden valmistus vaatii resurssien samankaltaisuuden, sekä ryhmitellä ne soluihin. Solut kykenevät suoriutumaan niille osoitetujen tuotteiden vaatimuksista. Ryhmäteknologialla saavutetaan lyhyemmät asetusajat sekä voidaan vähentää tuotannonsuunnitteluun käytettyä aikaa.

#### **2.2.4 Yhdistelmälayout**

Yhdistelmälayout perustuu tuotantolinjan sekä funktionaalisen layoutin yhdistelmään, kuten solulayout (Kumar & Suresh, 2009, s. 84). Se soveltuu tuotantoon, jossa valmistetaan erityyppisiä tuotteita eri määrissä. Yhdistelmälayoutin ero solulayoutiin on prosessien funktionaalisen periaatteen mukainen järjestely. Järjestelyssä prosessit etenevät työnkulun mukaan eri tuotetyyppien ja -määrien valmistamisen mahdollistamiseksi, kuten solu- tai tuotantolinjalayoutissa. Operaatioiden järjestys ei muutu tuotteiden ja määrien vaihtuessa vaan on vakio.

#### **2.2.5 Kiinteäpaikkainen layout**

Nimensä mukaan kiinteäpaikkaisessa layoutissa tuote ei vaihda paikkaa, vaan sen valmistus toteutetaan kiinteässä paikassa (Kumar & Suresh, 2009, s. 85). Valmistuspaikkaan tuodaan valmistamiseen vaadittavat materiaalit, koneet, työkalut sekä työntekijät. Kiinteäpaikkainen layout soveltuu raskaiden sekä fyysiseltä kooltaan isojen kappaleiden yksittäisvalmistukseen. Järjestelmää voidaan hyödyntää myös sellaisten tuotteiden valmistamiseen, jotka sisältävät paljon raskaita osia, joiden kuljetuskustannukset muodostuvat korkeaksi. Järjestelmää voidaan kutsua myös projektityyppiseksi layoutiksi. Kiinteäpaikkainen layout on hyvin joustava, eikä perustaminen vaadi suuria kustannuksia.

## 2.3 Materiaalihallinta

Materiaalihallinta käsittää yrityksen materiaalien hankinnan, varastoinnin sekä jakelun hallinnan (Haverila ym., 2009, s. 443–445). Materiaaleihin kuuluvat raaka-aineet, puolivalmisteet sekä lopputuotteet. Yrityksen materiaalivirtojen ohjaus on osa materiaalihallintaa. Materiaalien hallinnan sekä hankinnan merkitys on korostunut materiaalihankintojen osuuden kohotua yrityksiensä kulurakenteissa. Varastokapasiteetteja on tavoiteltu pienemmiksi samaan aikaan, kun tuotteiden läpimenoaikoja on lyhennetty. Tavoitteiden saavuttaminen vaatii materiaalityöimintöjen toimivaa organisointia ja hallintaa. Materiaalihallinnalla pyritään ylläpitämään haluttu palvelutaso sekä pienentämään kokonaiskustannuksia.

### 2.3.1 Logistiikka

Laaja-alaisesti määriteltynä logistiikka sisältää yrityksen jokaisen materiaalivirran sekä niiden tietojen hallinnan (Haverila ym., 2009, s. 461–463). Logistiikalla voidaan tarkoittaa tiivistetyssä muodossa jakelun sekä kuljettamisen suunnittelemista. Logistiikalla pyritään ohjaamaan ja hallitsemaan tuotteen arvoketjua kokonaisuudessaan, raaka-aineiden valmistuksesta valmiin tuotteen toimittamiseen loppuasiakkaalle. Logistiikka sisältää yrityksen materiaalien hankinnan, kuljetuksen sekä varastoinnin suunnittelun ja ohjauksen. Logistiikan tehtäviin kuuluu myös valmiiden tuotteiden varastoiminen, kuljettaminen sekä jakelu. Yrityksen sisäisten materiaalivirtojen sekä toimitusten hallinta on osa valmistavan yrityksen logistiikkaa. Näiden materiaalivirtojen suunnittelua ja ohjausta kutsutaan sisäiseksi logistiikaksi. Vastavasti ulkoisella logistiikalla hallitaan yrityksen ulkopuolisia materiaalivirtoja. Logistiikan hallinnan merkitys korostuu silloin, kun suuri osa kustannuksista muodostuu tuotteen varastoinnista, kuljettamisesta sekä jakelusta. Kyseiset tuotteet ovat massatuotantona valmistettavia, yksikköhinnaltaan alhaisia tuotteita.

Logistiikka sisältää kaksi tärkeää tehtävää, materiaalityöimintöjen toteutuksen järjestelyn sekä materiaalityöimintöjen ohjauksen (Haverila ym., 2009, s. 464). Järjestelyllä ja ohjauksella tavoitellaan logistiikalle asetettujen tavoitteiden saavuttamista mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteet syntyvät asiakkaiden tarpeista sekä yrityksen valitsemasta strategiasta. Materiaalityöimintöjen hallinnan perusteena ovat monet suunnittelutehtävien toteutukset. Valmistuksen, varastoinnin sekä kuljetusten muodostamia kustannuksia pyritään vähentämään tehokkaalla logistiikan ohjauksella. Ohjauksella tavoitellaan myös asiakkaiden vaatiman palvelutason ylläpitoa. Onnistuneella materiaalityöimintöjen suunnittelulla voidaan säästää kustannuksissa merkittävästi.



### 2.3.2 Varastointi

Varastointi on välttämätöntä lähes jokaiselle yritykselle (Haverila ym., 2009, s. 445–446). Varastojen tärkein tehtävä on turvata yrityksen toimituskyky sekä kytkeä tuotantoprosessin eri vaiheet. Varastot sitovat merkittävästi pääomaa, ja materiaalien käsittelystä muodostuu kustannuksia, joista muodostuu yritykselle huomattava kustannustekijä. Varastointi nähdäänkin usein lisäkustannusten aiheuttajana, eikä lisäarvoa tuottavana toimintona, jota se voi olla oikein suunniteltuna. (Logistiikan Maailma, i.a.-b). Lisäarvo tarkoittaa ominaisuutta, josta asiakas on valmis maksamaan. Varastoinnin tuomaksi lisäarvoksi voidaan lukea varaston taakama saatavuus. Turhaa varastointia tulisi kuitenkin välttää. Varastoinnin keskeinen periaate on pyrkiä pitämään varastot pieninä toimitusketjun kaikissa vaiheissa.

Varastot aiheuttavat pääomakuluja sekä epäkuranttiusriskiä (Lapinleimu ym., 1997, s. 101). Varastoja ei siis saisi olla ollenkaan. Toisaalta varastoton valmistus muodostaa tuotannosta tiukkatahtisen. Muodostuva jäykkyys vaikuttaa tuotantokapasiteettiin koneiden rajoittaessa toistensa käyttöä. Täten voidaan todeta, että varastot ovat välttämättömiä, mutta niiden kapasiteetit tulee pitää mahdollisimman pieninä.

Tuotannossa varastoja käytetään useista syistä (Haverila ym., 2009, s. 446–447). Usein tuotteen läpäisy aika muodostuu toimitusaikaa pidemmäksi, jonka vuoksi yrityksessä saatetaan tarvita puskurivarastoja. Puskurivarastoilla pyritään turvaamaan yrityksen palvelutaso ja toimituskyky sekä tasoittamaan menekin vaihtelua. Puskurivarastoissa säilytetään materiaaleja, puolivalmisteita sekä valmiita tuotteita ja ne mitoitetaan yrityksen haluaman palvelutason mukaan.

Välivarastojen tarkoitus on kytkeä eri työvaiheet toisiinsa vaiheiden nopeuserojen vuoksi (Haverila ym., 2009, s. 446–447). Varastokapasiteetit ovat riippuvaisia tuotannon vaiheiden määrästä, ja niihin vaikuttavat myös työvaiheiden etäisyydet sekä tuotetyyppien määrä. Välivarastoille on ominaista pidentää tuotteen läpäisy aika, sitoa yrityksen pääomaa sekä kasvattaa laatukustannuksia. Välivarastojen määrä tulisikin pyrkiä minimoimaan.

Merkittävät asetuskustannukset sekä pitkät asetusajat kasvattavat valmistuserä kokoja (Haverila ym., 2009, s. 446–447). Suuret valmistuserät kasvattavat vaiheen jälkeistä välivarastoa. Yhden vaiheen eräkoon kasvattaminen saattaa johtaa eräkojen kasvuun koko tuotantoprosessissa. Suuret eräkoot pidentävät läpäisy aika sekä kasvattavat keskeneräistä tuotantoa.

Asetusaikojen lyhentäminen johtaa eräkokojen pienentämiseen, jolloin varastoja voidaan vähentää.

Yksi materiaalihallinnon keskeisimmistä tehtävistä on varastotasojen määrittely (Haverila ym., 2009, s. 449–450). Toimituskyvyn sekä halutun palvelutason turvaamiseksi varastojen tulisi olla riittävän suuret, mutta samaan aikaan varastoinnin sitoma pääoma tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman pienenä. Lopputuotevarastot suunnitellaan yrityksen kokonaissuunnittelun yhteydessä, ja ne mitoitetaan halutun palvelutason mukaan. Materiaali- ja puolivalmisteverastojen mitoitus saattaa perustua lopputuotteiden tilauskantaan sekä menekkiennusteisiin. Varastojen suunnittelussa tulee huomioida menekin vaihtelut.

## **2.4 Materiaalivirtojen analysointi**

Virtausten analysointi on keskeisenä osana tehtaan layoutia ja siihen pohjautuu myös materiaalikäsittelysuunnitelma (Stephens, 2019, s. 107–110). Tuotteen virtauksella tarkoitetaan sen tehtaassa kulkemaa polkua. Tuotteiden kulkemien polkujen analysoinnilla ja laitteiden uudelleenjärjestelyllä pyritään vähentämään virtausten edestakaista sekä risteävää liikettä, lyhentämään kuljetusmatkoja, pienentämään tuotantokustannuksia ja lisäämään tehokkuutta.

Risteävä liike muodostuu kahden tai useamman polun risteytyessä (Stephens, 2019, s. 122–125). Risteävää liikettä tulisi pyrkiä välttämään. Jokainen risteävä liike muodostuu ongelmaksi ruuhkien sekä turvallisuuden kannalta.

Materiaalin tulisi liikkua tehtaassa vain yhteen suuntaan, vastaanotosta lähetykseen (Stephens, 2019 s. 122–125). Jos materiaali liikkuu vastakkaiseen suuntaan, kutsutaan liikettä edestakaiseksi liikkeeksi. Edestakaisella liikkeellä on kolminkertainen vaikutus kustannuksiin.

Kuljettamisesta muodostuu kustannuksia, jonka vuoksi kuljetusmatkat tulisi suunnitella mahdollisimman lyhyiksi (Stephens, 2019, s. 122–125). Tehtaan sisäiset kuljetusmatkat voidaan määrittää layoutpiirustuksen avulla. Piirustuksesta mitataan kuljettu matka, joka muutetaan todelliseksi kuljetusmatkaksi piirustuksen mittasuhteen avulla. Suunnittelulla sekä koneiden uudelleenjärjestelyllä voidaan lyhentää kuljetusmatkoja.

Epäedulliset virtaukset lisäävät materiaalien käsittelyä ja kasvattavat kustannuksia (Stephens, 2019, s. 107–110). Analysointi tukee suunnittelijan päätöstentekoa koneiden, tilojen, osastojen sekä työpisteiden sijoittelussa. Tuotteiden kulkemien polkujen lisäksi on tärkeää tarkastella myös työntekijöiden päivän aikana tehtaassa kulkemaa liikettä. Työntekijöiden liikkuminen työpisteiden ulkopuolella on usein tuottamatonta aikaa, jonka vuoksi palvelut tulisi sijoittaa käytännölliseen paikkaan.

Analysointitekniikat voidaan luokitella kolmeen ryhmään (Stephens, 2019, s.110):

- tuotekohtainen virtaus
- tehtaan kokonaisvirtaus
- tieto- ja ihmisvirtaus.

#### **2.4.1 Tuotekohtaisen virtauksen analysointi**

Yksittäisten tuotteiden virtausten analysointia käytetään pääasiassa funktionaalisessa layoutissa (Stephens, 2019, s. 111). Ensisijaisia tietolähteitä ovat reittitiedot. Tuloksien avulla määritetään koneiden ja työpisteiden sijoittelu.

Tuotekohtainen analysointi voidaan toteuttaa (Stephens, 2019, s. 111)

- viivakaaviolla
- monisarakkeisella prosessikaaviolla
- kulkukaaviolla
- prosessikaaviolla.

Viivakaavio muodostetaan tuotteiden valmistukseen käytettävistä laitteista (Stephens, 2019, s. 111–113). Laitteet merkitään peräkkäin ympyröillä, jotka yhdistetään toisiinsa viivoilla tuotteiden työnkulun mukaan. Yhdessä kaaviossa voidaan analysoida useita tuotteita. Etenevä virtaus merkitään pallojen yläpuolelle ja palaava virtaus pallojen alapuolelle. Kaavion avulla pyritään löytämään koneiden väliset suhteet sekä järjestys niin, että virtauksissa esiintyisi mahdollisimman vähän edestakaista liikettä sekä kuljettua matkaa.

Monisarakkeinen prosessikaavio on käytettävyydeltään, kuin viivakaavio (Stephens, 2019, s. 113–115). Viivakaaviosta poiketen monisarakkeisessa prosessikaaviossa virtaukset on

esitetty tuotekohtaisesti omiin sarakkeisiinsa. Prosessit listataan kaavion vasempaan reunaan, jonka oikealla puolella sijaitsee tuotteiden virtauskaaviot.

Kulkukaaviota voidaan pitää tarkimpana menetelmänä usean tuotteen virtausten analysointiin yhdessä kaaviossa (Stephens, 2019, s. 115–117). Kaavio muodostuu matriisista, johon on merkitty työkuluissa esiintyvät operaatiot. Operaatiot on listattu vasemmasta yläkulmasta järjestyksessään alas sekä oikealle. Vasen reuna merkitsee lähtöpistettä, josta virtaus etenee oikealle. Menetelmässä tuotteille annetaan painoarvot niiden massojen perusteella. Tuotteen siirtyessä operaatiosta toiseen, sijoitetaan päätepisteeseen tuotteen massan mukainen arvo. Etenevä liike sijaitsee matriisin lävistäjän yläpuolella ja palaava liike alapuolella. Palaaville liikkeille annetaan virhepisteitä, jotka perustuvat tuotteen massaan sekä edestakaiseen matkaan. Suurimmat virhepisteet saaneita liikkeitä tulisi parantaa sijoittamalla operaatiot lähemmäs toisiaan.

Prosessikaaviota sovelletaan yhdelle tuotteelle kerrallaan ja siihen merkitään jokainen virtauksen tapahtuma (Stephens, 2019, s. 117–120). Tapahtumien kuvaukseen käytetään eri symboleita. Kaavion avulla voidaan laskea tuotteen valmistuksessa kulkema kokonaismatka sekä analysoida ja kyseenalaistaa työvaiheiden tarpeellisuutta, materiaalien käsittelytapaa sekä tuotantokustannuksia.

## 2.4.2 Tehtaan kokonaisvirtaus

Tehtaan kokonaisvirtauksen analysoinnissa keskitytään jokaiseen tuotannon prosessin vaiheeseen (Stephens, 2019, s. 122–132). Tekniikoissa käytetään prosessikaavion symboleita, mutta niillä on eri tarkoitus. Analysoinnissa huomioidaan jokainen valmistettava tuote.

Kokonaisvirtauksen analysointiin käytettäviä tekniikoita ovat (Stephens, 2019, s.122)

- vuokaavio
- operaatiokaavio
- vuoprosessikaavio.

Vuokaavio kuvaa jokaisen osan kulkeman matkan materiaalin vastaanotosta valmistuksen kautta valmiin tuotteen lähetykseen (Stephens, 2019, s. 122–126). Virtauspolku kuvataan piirtämällä se tehtaan layoutiin. Kaavio havainnollistaa virtauksen ongelmakohdat, kuten

risteävät sekä edestakaiset liikkeet ja kuljetut matkat. Kaavion avulla voidaan huomata myös tehtaan sisäiset pullonkaulat ja ruuhkakohdat, kun kaikkien tuotteiden virtaukset ovat kuvattu.

Operaatiokaaviota pidetään yhtenä suosituimpana virtausten analysointimenetelmänä (Stephens, 2019, s. 126–128). Kaavio sisältää huomattavan määrän tietoa tuotteen valmistuksesta, kuten osto-osat, materiaalit, työnkulun, laitteet, aikatiedot, layoutin havainnoinnin sekä kustannukset. Kaavion luominen aloitetaan sijoittamalla sen yläreunaan tarvittavat materiaalit. Valmistukseen vaadittavat operaatiot kuvataan palloina materiaalien alle ja ne yhdistetään toisiinsa viivojen avulla. Operaatioihin kuvataan menetelmät, osto-osat sekä muut tarvittavat tiedot.

Vuoprosessikaavio pohjautuu operaatio- sekä prosessikaavioon (Stephens, 2019, s. 128–132). Vuoprosessikaaviossa työnkulku kuvataan kokonaisuudessaan viidellä symbolilla, kun taas operaatiokaaviossa käytettiin ainoastaan yhtä symbolia. Osto-osat kuvataan kaaviossa materiaaleina. Vuoprosessikaavio on kaikista tekniikoista yksityiskohtaisin.

## 2.5 Lean

Lean-toimintamalli perustuu Toyotan tuotantoperiaatteisiin (Kouri, 2009, s. 6–7). Toimintamallia käytettiin aluksi autoteollisuudessa, mutta nykyään sitä hyödynnetään melkein kaikilla toimialoilla. Usein kannattavimmat ja nopeimmin kasvavat yritykset noudattavat Lean-periaatteita. Lean-ajattelun mukaan yrityksen tehtävänä on tuottaa asiakkaille arvoa (Logistiikan maailma, i.a.-a). Asiakkaan arvon määrittelyn ja arvoa tuottavien sekä tuottamattomien toimintojen tunnistamisen jälkeen pyritään eliminoimaan hukat sekä järjestämään arvoa tuottavat toiminnot mahdollisimman sujuviksi virtauksiksi. Lean-ajattelun keskeinen periaate on myös pyrkiä jatkuvaan parantamiseen.

### 2.5.1 Kahdeksan hukkaa

Liiketoiminta- ja valmistusprosesseissa on tunnistettavissa kahdeksan lisäarvoa tuottamattoman hukan tyyppiä (Liker, 2004, s. 28–29):

- Ylituotanto, eli tilaamattomien tuotteiden valmistus.
- Odottaminen, jolloin työntekijät odottavat tai muuten ovat toimeettomia eivätkä täten tee tuottavaa työtä.

- Tarpeeton kuljettaminen, johon sisältyy materiaalien ylimääräistä tai tehotonta siirte-lyä sekä pitkiä kuljetusmatkoja.
- Yliprosessointi, joka muodostuu tarpeettomien tehtävien suorittamisesta sekä yllä-äidun tuottamisesta.
- Tarpeeton varastointi, kuten raaka-aineiden, puolivalmisteiden sekä valmiiden tuot-teiden liiallinen varastointi.
- Tarpeeton liikkuminen, joka tarkoittaa työntekijöiden suorittamaa tarpeetonta liikku-mista työn aikana.
- Puutteellinen laatu, kuten laatuvirheiden tekeminen ja niiden korjaus.
- Työntekijöiden potentiaalin käyttämättä jättäminen, jolloin hukataan täysi potentiaali työntekijöiden käyttämästä ajasta, ideoista, taidoista, parannuksista sekä kehittymis-mahdollisuuksista.

### 2.5.2 5S

5S-menetelmä on Lean-ajattelumalliin sisältyvä työkalu, jonka tarkoituksena on kehittää työn tuottavuutta sekä parantaa laatua ja työturvallisuutta (Kiwa Inspecta, i.a.). Vaikutus pohjautuu organisointiin, standardointiin sekä arvoa tuottamattoman toiminnan ja hukkien vähentämi-seen. Menetelmän tarkoituksena on lisätä myös työntekijöiden viihtyvyyttä, alentaa läpimeno-aikoja ja kustannuksia (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s. 7).

Perusajatuksen mukaan työympäristö pidetään järjestyksessä ja siistinä (Metalliteollisuuden keskusliitto, 2001, s. 7). Yrityksessä vallitseva siisteys ja järjestys ovat tunnusmerkki asiak-kaille ja työvoimalle hyvin menestyvästä yrityksestä. 5S on jatkuva parantamisen prosessi ja vaatii osallisilta aukottoman sitoutumisen.

Tuomisen (2021, s. 19) mukaan 5S-menetelmä muodostuu viidestä järjestelmällisesti edettä-västä vaiheesta:

1. Seiri, erotellaan välttämättömät tavarat ja hankkiudutaan muista eroon.
2. Seiton, järjestellään ja luodaan välttämättömille tavaroille paikat, joista ne ovat hel-posti löydettävissä.
3. Seiso, pidetään työympäristö siistinä.
4. Seiketsu, kehitetään järjestelyt ja standardit menetelmän ylläpidolle.
5. Shitsuke, sitoudutaan menetelmään osallistumiseen ja sen edelleen kehittämiseen.

### 3 NYKYTILAN KUVAUS

Kaskea Group Oy syntyi loppuvuodesta 2020, kun entiset Härmän CNC-koneistus Oy ja Laatu-kilpi Oy yhdistyivät yhdeksi yritykseksi. Ennen yhdistymistä Härmän CNC-koneistus Oy:llä oli kaksi toimipistettä, joista toisessa sijaitsi koneistamo ja toisessa kokoonpano. Myös Laatu-kilpi Oy:llä oli Ylihärmässä kaksi toimipistettä, hitsaamo ja opastetehdas. Yhdistymisen myötä yritykselle muodostui Kauhavan Ylihärmään neljä toimipistettä. Näistä toimipisteistä kolme, hitsaamo, koneistamo ja kokoonpano, muodostaa liiketoiminta-alue Kaskea Machineryn. Kokoonpanossa sijaitsee myös maalaamo. Yhdistymisestä saakka yrityksessä on pohdittu eri-näisiä vaihtoehtoja Kaskea Machineryn toimipisteiden yhdistämiselle.

Toimipisteiden yhdistämisen tavoitteena on

- tehostaa sisäistä logistiikkaa
- tehostaa tuotantoa ja lyhentää läpimenoaikoja
- mahdollistaa liiketoiminnan kasvu.

#### 3.1 Tuotanto

Yrityksessä on kattava raaka-ainevarasto. Raaka-aineet on varastoitu koneistamoon sekä hitsaamoon siten, että ne ovat lähellä prosessia, jossa on suurin menekki. Tiettyjä raaka-aineita käytetään kuitenkin molemmissa toimipisteissä, ja sen vuoksi niitä joudutaan kuljettamaan toimipisteiden välillä tai tilaamaan kahteen varastoon. Vaikka raaka-aineiden varastointi sitoo yrityksen pääomaa ja on suuri kustannustekijä, on varastointi lähes välttämätöntä toimituskyvyn sekä palvelutason turvaamiseksi.

Yrityksen (sisäinen tietolähde, 4.5.2022) tuotannonohjausjärjestelmän mukaan useimpien tuotteiden työnkulkuun kuuluvat työvaiheet ovat

- hitsaus
- koneistus
- maalaus.

Yrityksen valmistama tuotevalikoima koostuu tuotteista, jotka valmistetaan joko yhdessä tai useassa työvaiheessa. Edellä kuvatun monivaiheisen työnkulun kaltaisia tuotteita on merkittävä määrä yrityksen valmistamista tuotteista. Tuotteiden työnkulku kulkee tällöin usean toimipisteen kautta, ja sen vuoksi puolivalmisteita joudutaan kuljettamaan eri toimipisteisiin

täyden valmiusasteen saavuttamiseksi. Toimintatapa ei ole ideaali, koska kuljettaminen pidentää tuotteiden läpimenoaikoja sekä muodostaa suuria rahtikustannuksia. Usein tuotteita joudutaan kuljettamaan toiseen toimipisteeseen työ kerrallaan tuotteiden toimituskyvyn varmistamiseksi. Ongelmaksi muodostuu tällöin valmistuksen ohjauksen haasteellisuus sekä useat päivän aikana suoritettavat kuljetukset, jotka muodostavat tarpeettomia rahtikustannuksia. Rahtikustannus määräytyy rahdin painon sekä kuljetusmatkan mukaan (Kaukokiito Oy, i.a.). Kuviossa 1 esitettyjen Kaskea Machineryn toimipisteiden väliset etäisyydet on listattu taulukkoon 1.



Kuvio 1. Kaskea Machineryn toimipisteiden sijainnit (Maanmittauslaitos, i.a.).

Taulukko 1. Toimipisteiden väliset etäisyydet.

Toimipiste	Toimipiste	Etäisyys (km)
Koneistamo	Kokoonpano	4,3
Kokoonpano	Hitsaamo	7,3
Hitsaamo	Koneistamo	8,0

Tuotannosuunnittelijoiden työpisteet sijaitsevat eri toimipisteissä, ja sen vuoksi kommunikointi, hienosuunnittelu ja etenkin valmistuksen ohjaus muodostuvat haasteelliseksi. Koska yrityksen valmistamat eräkoot ovat suhteellisen pieniä, on suunnittelu ja aktiivinen ohjaus avainasemassa resurssien ohjaamisessa sekä tuotteiden oikea-aikaisen valmistumisen takaamisessa. Ohjaus taas vaatii tietoa töiden valmiusasteista, joita seurataan ERP-järjestelmän avulla sekä visuaalisesti. Toiminnanohjausjärjestelmästä saadaan tieto valmistuksessa olevista töistä, mutta valmiusastetta joudutaan seuraamaan myös visuaalisesti, koska



valmistuskirjaukset tehdään usein vasta koko työn valmistuttua. Tällöin valmistuksen ohjaus muodostuu haastavaksi, jos tiettyä työvaihetta edeltää eri toimipisteessä suoritettava vaihe.

Tuotannon joustavuus sekä kapasiteettien hetkittäinen muuttaminen on havaittu haasteelliseksi. Työntekijöiden joustavuudella ja ohjattavuudella voitaisiin lisätä tietyn resurssin kapasiteettia ja täten tasata kuormituseroja. Usein onkin tilanteita, jolloin tietyn resurssin kuormitus ylittää sen kapasiteetin ja toisaalla on vapaata kapasiteettia. Tällöin työntekijä voitaisiin ohjata suorittamaan työnsä ohella toista työtehtävää kuormituserojen tasaamiseksi. Ohjaus muodostuu kuitenkin kannattamattomaksi, jos resurssit sijaitsevat eri toimipisteissä.

### 3.2 Tuotantotilat

Nykyisiin tuotantotiloihin ei ole suoritettu layoutsuunnittelua, lukuun ottamatta koneistamaa, johon suunniteltiin liitteessä 1 esitetty layout vuonna 2021 erään koneinvestoinnin yhteydessä. Tuotantotilojen layoutit ovat muodostuneet ajan kuluessa ja niitä on muutettu toiminnan muuttuessa ilman tarkempia suunnitelmia. Toimipisteiden materiaalivirrat ovat täten muodostuneet tehottomiksi. Jokainen toimipiste on myös tilanteessa, jossa uusille resursseille ei saada tilaa nykyisiä layouteja muuttamalla.

Härmän CNC-koneistus Oy:lle rakennettiin 1990-luvun lopulla 4,5 m korkea 500 m<sup>2</sup> teollisuushalli, jossa sijaitsi tuotantotilan lisäksi toimistotilat. Toiminnan kasvaessa halliin on tehty kaksi laajennusta, sekä sosiaali-, tauko- ja toimistotiloille on rakennettu erillinen siipi tuotantotilan pinta-alan kasvattamiseksi. Nykyinen tuotantotila on pinta-alaltaan noin 1200 m<sup>2</sup>. Toiminnan kasvettua konekanta on laajentunut merkittävästi sekä palvelutarjontaa on kasvatettu kokoonpanolla ja hitsauksella. Konekannan laajennuttua kokoonpanolle on hankittu korvaavat tilat sekä varaston vaatimaa lattiapinta-alaa on pienennetty hankkimalla palettitoiminen varastoautomaatti. Hitsaustoiminta siirrettiin samaan tuotantotilaan Laatukilpi Oy:n hitsaamon kanssa yritysten yhdistymisen myötä. Vuosien saatossa toiminta on kasvanut niin suureksi, että tuotantotilan koko on riittämätön ja koneita ei ole voitu sijoittaa ideaalisiin paikkoihin.

Tuotantotilan toisessa päässä sijaitsee lähettämö, sahaus sekä varasto. Työstökoneet on sijoitettu jäljelle jäävään tilaan. Tuotannon materiaalivirrat ovat epäedulliset, koska ne muodostavat edestakaista liikettä tehtaan sisäisen logistiikan sijaitessa vain toisessa päässä hallia. Ongelmia aiheuttavat myös kuvassa 1 esitetty paikoin liian kapea käytävä sekä vähäinen

varastotila. Palettitoimisen varastoautomaatin lisäksi varastot on toteutettu kuormalavahyllyillä, joissa varastoidaan aihioita, puolivalmisteita sekä valmiita tuotteita.



Kuva 1. Koneistamon käytävänäkymä.

Hitsaamon tuotantotila on vanha kaksiosainen teollisuushalli, jonka toiseen osaan on sijoitettu satunnaisessa käytössä olevia manuaalisia työstökoneita sekä varasto. Varsinaisessa noin 450 m<sup>2</sup> tuotantotilassa on yhdeksän hitsauspistettä, taukotilat sekä toimisto. Hitsauspisteet ovat tilan molemmilla seinustoilla ja niiden välissä kulkee paikoittain vain 3 metriä leveä käytävä (kuva 2). Nykyisellään hitsaamossa ei ole vapaata hitsaukseen soveltuvaa tilaa, jotta tuotantokapasiteettia voitaisiin kasvattaa hitsauspisteitä lisäämällä. Hitsauspisteet on erotettu toisistaan siirrettävillä palonkestävillä hitsausverhoilla. Siirrettävien verhojen ansiosta tila voidaan hyödyntää joustavasti mahdollistaen yrityksessä valmistettävien, jopa 10 metriä pitkien rakenteiden hitsaamisen. Vaikka kyseisen kokoluokan rakenteiden valmistus on tuotantotilassa mahdollista, se ei ole kuitenkaan tehokasta. Suurten rakenteiden käsittely liian ahtaissa tiloissa lisää myös tapaturman riskiä.

Hitsaamon tuotannonohjaus sijaitsee yrityksen opastetehtaalla. Sijainnin vuoksi toiminnan ohjattavuus muodostuu haastavaksi aktiivisen valvonnan puuttuessa. Työntekijöiden määrän vuoksi hitsaamossa työskennellään yhdessä vuorossa, joten tuotantoon ei ole saatu riittävää joustavuutta lisäämällä kapasiteettia hetkittäisesti ylitöillä tai siirtymällä vuorotyöhön.



Kuva 2. Hitsaamon käytävänäkymä.

Kokoonpanon tuotantotila on pinta-alaltaan noin 250 m<sup>2</sup>. Tilassa sijaitsee myös yrityksen maalaamo. Tilassa on neljä kokoonpanopistettä sekä kapasiteetiltaan 44 kuormalavan varasto, jossa säilytetään puolivalmisteita ja valmiita tuotteita. Tuotantotilassa säilytetään myös käytöstä poistettuja koneita ja laitteita. Puutteellisen varastokapasiteetin vuoksi kuormalavoja joudutaan säilyttämään epäedullisissa, niille kuulumattomilla paikoilla, ja se vähentää työkentelyalan määrää.

Yritys on alkanut valmistamaan erästä kokoonpanoa, jonka tilantarvetta ei pystytä kattamaan nykyisestä tuotantotilasta. Tämän vuoksi tuotteen kokoonpano on jouduttu järjestämään korvaaviin tiloihin yrityksen opastetehtaalte. Tuotteen valmistuksen aloittamisen myötä kokoonpanotoimipisteen tuotantoala jäi riittämättömäksi ja täten rajoittaa toiminnan kasvattamista.

### 3.3 Konekanta

Monipuolinen ja nykyaikainen konekanta muodostuu pääasiassa MIG/MAG-hitsauslaitteistoista sekä työstökoneista. Työstökoneet ovat CNC-ohjattuja vannesahoja, työstökeskuksia sekä sorveja. Lähes kaikki sorvit ovat automatisoituja robotiikan ja tangonsyöttölaitteiden avulla. Konekantaan kuuluu myös manuaalisia työstökoneita, jotka eivät ole aktiivisessa käytössä. Kokoonpanossa käytetään manuaalisia ja hydraulisia puristimia sekä muita apulaitteita. Kaskea Machineryn konekanta on esitetty liitteessä 2. Kaikkia koneluettelon koneita ei tulla siirtämään uuteen tuotantotilaan niiden vähäisen käytön vuoksi.

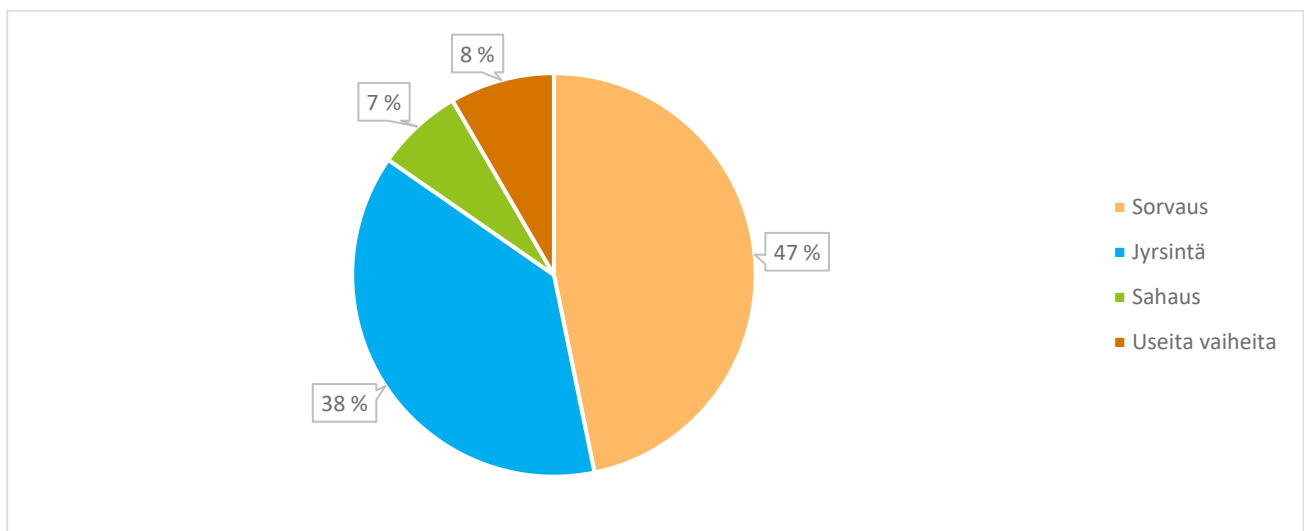
## 4 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

### 4.1 Layouttyypin valinta

Nykyisin konekanta on sijoitettu funktionaalisen layouttyypin mukaan. Alussa olikin melko selvää, minkä tyyppinen layout uuteen tuotantolaitokseen tullaan valitsemaan. Työssä haluttiin kuitenkin perehtyä tarkemmin yrityksen valmistamiin tuotteisiin ja pohtia voitaisiinko joidenkin tuotteiden valmistus toteuttaa tehokkaammin toisella layoutvaihtoehdolla.

Vuonna 2021 Kaskea Machinery (sisäinen tietolähde, 10.4.2022) toimitti 2745 eri tuotetta, joiden keskimääräinen eräkoko oli 50. Tuotanto omaa siis tyypillisen alihankintakonepajan luonteen, jossa tuotevalikoima on suuri suhteessa valmistuseräkokoihin. Tuotteiden suuren vaihtuvuuden sekä pienten eräkokojen vuoksi tuotantolinjalayoutia ei voitu pitää perusteltuna vaihtoehtona. Myöskään tuotteiden työnkulku ei ole tuotantolinjalayoutille soveltuva.

Vuoden 2022 ensimmäisellä vuosineljänneksellä koneistamossa ja kokoonpanossa valmistettujen tuotteiden perusteella tutkittiin, voidaanko joidenkin tuotteiden valmistaminen toteuttaa soluissa. Koneistamossa valmistettiin 1193 eri puolivalmistetta tai valmista tuotetta, joiden keskimääräinen eräkoko oli 54. Kokoonpanossa valmistettiin 118 eri tuotetta, joiden keskimääräinen eräkoko oli 13. Koneistetuista tuotteista 92 % valmistettiin yhdessä työvaiheessa ja loput 8 % kahdessa tai useassa työvaiheessa (kuvio 2).



Kuvio 2. 1.1.2022–31.3.2022 koneistettujen tuotteiden päävaiheet.

Useassa työvaiheessa valmistetuista tuotteista ei löytynyt riittävää solumaiseen tuotantoon soveltuvaa tuotemäärää, joiden tuotantomäärillä voitaisiin täyttää yhden solun kapasiteetti. Täten solun kuormittaminen muodostuisi tarpeettoman vaikeaksi. Keskimääräisen eräkoon jäädessä 24 kappaleeseen, eivät tuotteet sovellu valmistusmäärien osaltakaan solutuotantoon. Nykyisin käytössä olevan funktionaalisen layoutin vuoksi solumaiseen tuotantoon siirtyminen vaatisi mittavaa työntekijöiden lisäkoulutusta, jotta he hallitsisivat kaikki solun koneet ja tehtävät. Täten voitiinkin todeta, että myöskään solujen perustamiselle ei ollut perusteita.

Uudeksi tuotannon layoutiksi päätettiin valita nykyäänkin käytössä oleva funktionaalinen layout, johtuen suuresta tuotemäärästä ja pienistä valmistuseräkoista. Funktionaalisella layoutilla voidaan varmistaa tuotannon joustavuus sekä kohdentaa työntekijöiden ammattitaito tietyille resursseille ja tehtäville. Vaikka funktionaalinen layout sopiikin parhaiten yrityksen tuotantoon, se tekee tuotannonohjauksesta haastavaa, sekä kasvattaa keskeneräisten töiden määrää. Funktionaaliselle layoutille on tyypillistä yrityksessäkin huomioitu matala käyttöaste.

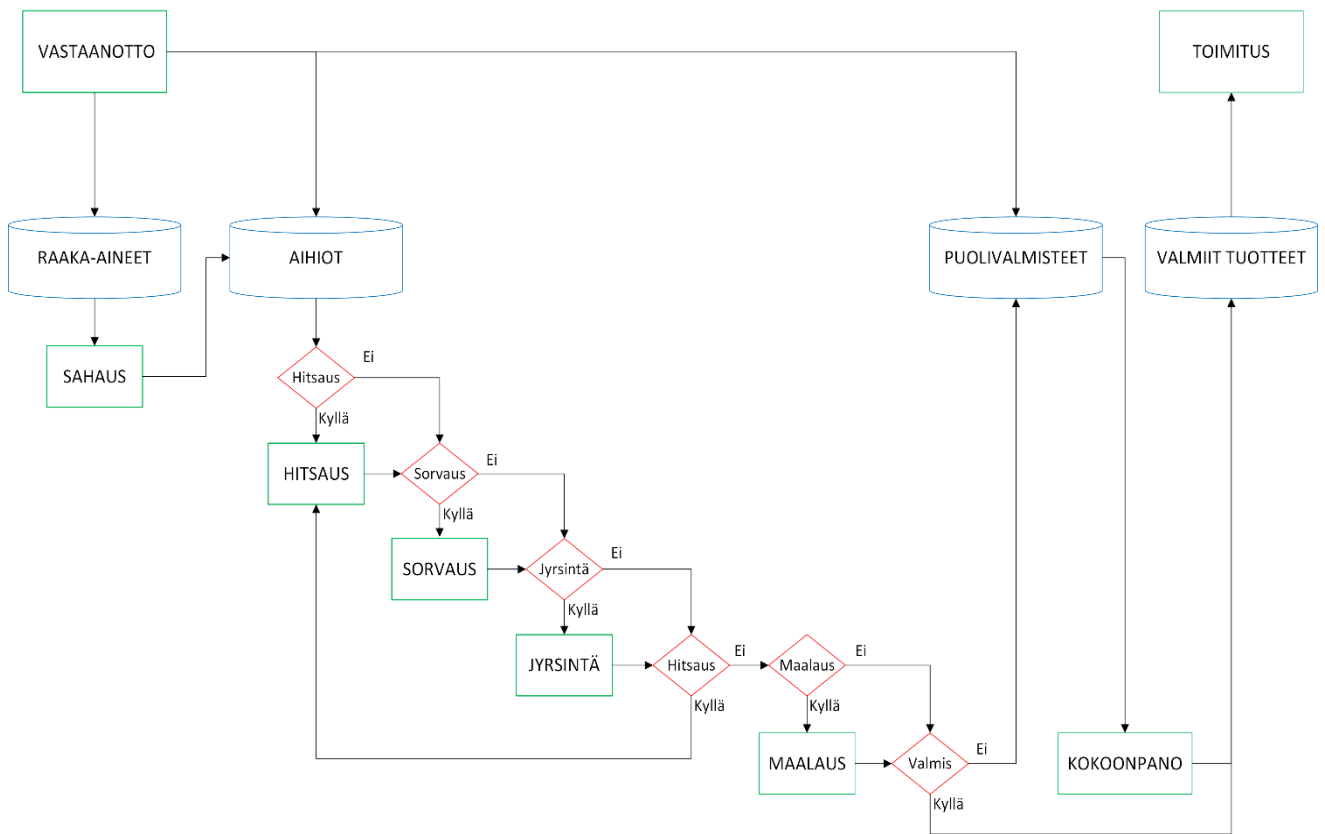
## 4.2 Tuotannon prosessit

Tuotteet valmistetaan joko tietyille työille hankituista aihioista tai yrityksessä varastoitavasta raaka-aineesta. Raaka-aineista sahataan tuotteiden valmistukseen käytettävät aihiot ja tiettyjä raaka-aineita käytetään sellaisenaan tangonsyöttölaitteella varustetuilla sorveilla. Raaka-aineet ja valmiit aihiot säilytetään niille kuuluvissa varastoissa, joista ne noudetaan osavalmistukseen.

Osavalmistuksen muodostavat hitsaus sekä koneistus. Hitsattavat tuotteet valmistetaan pääsääntöisesti pelkässä hitsausvaiheessa, mutta valmistus voi vaatia myös hitsauksen jälkeisen koneistuksen. Työnkulku voi mennä poikkeuksellisesti myös vastakkaiseen suuntaan, jolloin aihiot täytyy koneistaa ennen hitsausta. Koneistettavat tuotteet valmistetaan sorvaamalla, jyrsimällä tai useassa työvaiheessa, jolloin sorvausvaihetta seuraa jyrsintävaihe. Osavalmistuksesta tuotteet varastoidaan, maalataan, kokoonpannaan tai toimitetaan asiakkaalle. Työnkulku saattaa sisältää myös alihankintavaiheen, kuten lämpö- tai pintakäsittelyn.

Tuotantoprosessit muodostuvat kuviossa 3 esitetyistä ydinprosesseista, jotka etenevät pääsääntöisesti esitetyssä järjestyksessä. Tuotannossa ei siis ole tiettyä prosessia, jonka mukaan kaikki tuotteet valmistetaan, vaan valmistusprosessin muodostavat ne vaiheet, jotka

tuotteen valmistus vaatii. Prosessikaavion (kuvio 3) avulla määritetään tuotannossa tarvittavat varastot sekä toimintojen sijainti, jotta materiaalivirroista saadaan mahdollisimman tehokkaat.



Kuvio 3. Tuotantoprosessit.

### 4.3 Tuotantotila ja sen rajoitteet

Nykyisten toimipisteiden tuotannot yhdistetään 3000 m<sup>2</sup> vuokrattuun tuotantotilaan, joka sijaitsee kerros-pinta-alaltaan noin 6500 m<sup>2</sup> kiinteistössä. Kiinteistön kokonaispinta-alasta jäljelle jäävä osuus muodostuu toimistotiloista sekä muista erillisistä tiloista, joita voidaan vuokrata tarpeen mukaan. Tuotantotilan korkeus tukirakenteiden alimpaan kohtaan on 8,6 m ja se on varustettu toimintasäteeltään koko tilan kattavalla siltanosturilla, jonka nostokyky on 5 t. Kiinteistö sijaitsee Kauhavalla entisen lentosotakoulun alueella, ja se on toiminut alun perin lentokonekorjaamona. Alkuperäisen käyttötarkoituksen vuoksi tilassa on tulevan toiminnan kannalta tiettyjä rajoitteita, jotka täytyy ottaa suunnittelussa huomioon.

Tilan idän puoleinen seinä on toteutettu kuudella 17 metriä leveällä ja 6 metriä korkealla liukuovella. Ovet on asennettu kolmelle kiskolle, jolloin kolme ovea voidaan siirtää päällekkäin

ja täten tilaan saadaan 67 m leveä oviaukko. Ovet eivät itsessään rajoita tilan käyttöä, vaan rajoitteeksi muodostuu seinän puoliväliin rakennettu tukirakenne. Tukirakenne tavallaan katkaisee seinän viereisen tilan ja täten rajoittaa tilan käyttöä. Tukirakenne on esitetty kuvassa 3, jossa on nähtävillä myös osa liukuovista.



Kuva 3. Tuotantotilassa sijaitseva katon tukirakenne.

Tuotantotilan merkittävin rajoite on lattian rakenne sekä sen alla kulkevat poistoilma- ja huoltokuilut, jotka on esitetty kuvassa 4. Kuvassa alempana kulkee poistoilmakuilu, jossa on 3 cm leveä kanava. Kuvan ylempi kuilu on poistoilmakuiluun risteävä huoltokuilu, jossa nähtävänä myös teräskannet. Huoltokuiluihin on rakennettu sähkö- sekä paineilmaverkostot, joita on käytetty lentokoneiden huoltotöissä. Kuiluihin on rakennettu myös lattialämmityksen runkoputket. Huoltokuiluja on yhteensä 10 kappaletta ja ne yhdistyvät ilmanvaihtokuiluun, joka kulkee hallin päästä päähän. Kuilujen vuoksi lattiavalu ei ole yhtenäinen ja kuilut on peitetty irrallisilla betonilaatoilla (kuva 4). Koneiden sijoittelussa tulee huomioida, että työstökoneita ei sijoiteta usean betonilaatan päälle. Työstökoneen perustuksen tulee muodostua yhdestä betonivalusta, jotta työstökone säilyttää suorituskykynsä ja tarkkuutensa (Snow, 2014).



Kuva 4. Tuotantotilan lattian huolto- ja tuuletuskuilut.

#### 4.4 Työstökoneparit ja koneryhmät

Koneistamossa työskentelee samanaikaisesti yhden vuoron aikana keskimäärin 14 työntekijää työstökoneiden lukumäärän ollessa 24. Täten työstökoneita on noin 1,7 yhtä työntekijää kohden, jonka vuoksi työstökoneet määritettiin konepareiksi ja koneryhmiksi. Koneparilla työskentelee pääsääntöisesti yksi työntekijä vuoron aikana. On kuitenkin poikkeuksia, joissa yhdelle työstökoneelle on kohdennettu yksi työntekijä tai kolmelle työstökoneelle kaksi



työntekijää, riippuen koneilla valmistettavista tuotteista ja tuotantomääristä. Koneryhmät toimivat kuormitusryhminä ja niiden avulla määritetään myös siisteysalueet 5S-menetelmässä.

Työstökoneparien ja koneryhmien määrittämisessä huomioitiin

- työntekijöiden ammattitaito
- koneilla valmistettavat tuotteet ja tuotantomäärät
- työstökoneyypit
- työstökoneiden ohjausjärjestelmät
- käytettävät työkalut ja kiinnittimet.

Työstökoneiden järjestely pareittain vähentää kustannuksia ja mahdollistaa tehokkaamman tuotannon, koska työntekijä kykenee tekemään toiselle työstökoneelle asetuksen toisen koneen ollessa tuotantoajossa. Valmistuksen ohjaus on tällöin avainasemassa sellaisen tilanteen välttämiseksi, jolloin kumpaankin koneeseen tehdään asetusta samaan aikaan. Koneryhmät sekä työstökoneparit on esitetty liitteessä 3.

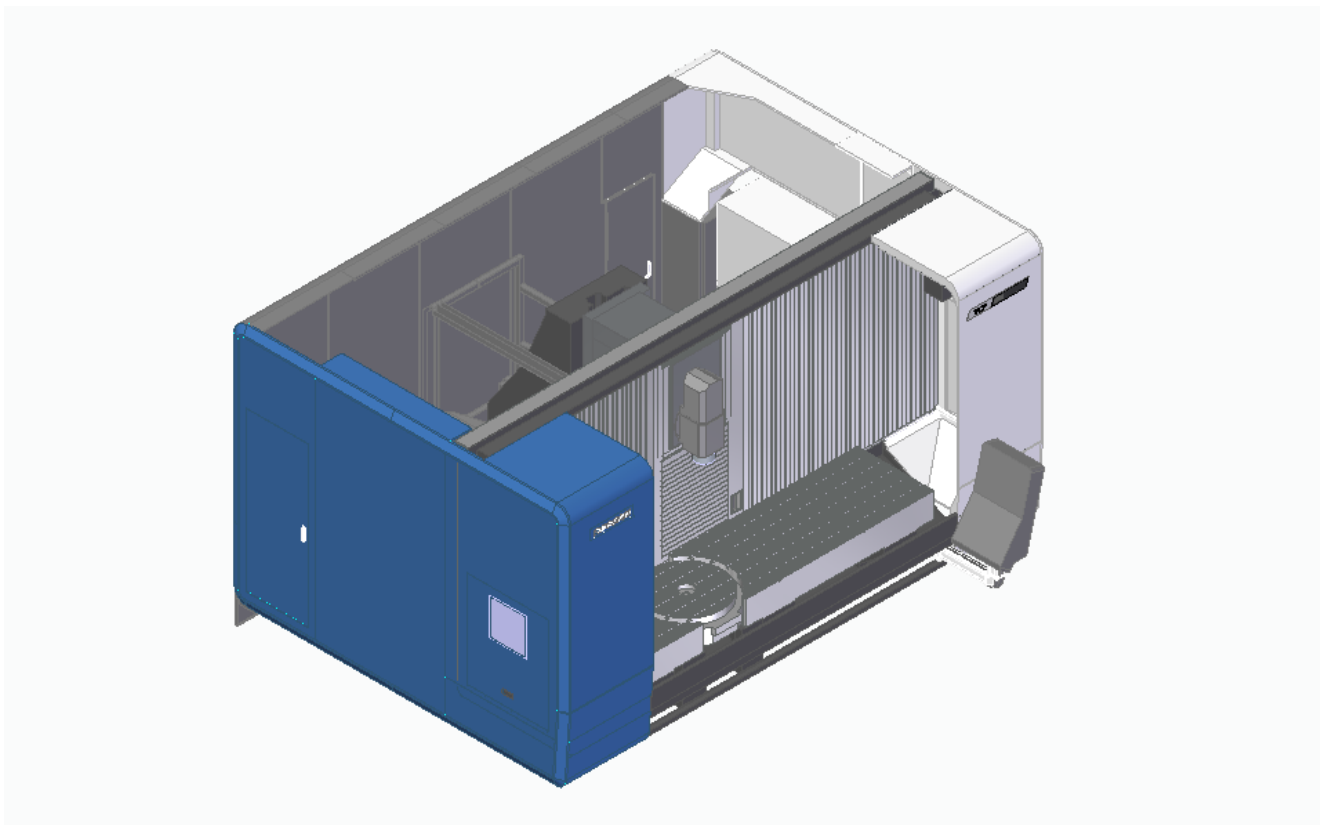
#### **4.5 Mallintaminen**

Layoutin mallintaminen toteutettiin kolmiulotteisena Solid Edge -ohjelmiston kokoonpanomallinnuksella. Kolmiulotteinen mallintaminen vaatii paljon esityötä, koska koneista ja laitteista täytyy hankkia tai laatia 3D-mallit. Esityöstä riippumatta kolmiulotteinen mallintaminen helpottaa varsinaista layoutsuunnittelua ja antaa mahdollisimman visuaalisen kuvan suunnittelusta, jonka perusteella voidaan todeta ratkaisujen toimivuus.

Kiinteistöstä oli saatavilla laadukas DXF-tiedostomuodossa oleva pohjapiirustus. Pohjapiirustuksen rautalankageometriasta pursotettiin 3D-malli niiden tilojen osalta, jotka yritys tulee vuokraamaan. Myös koneistamon aiempi layoutsuunnittelu toteutettiin kolmiulotteisena, joten yrityksellä oli käytössään 3D-mallit lähes kaikista työstökoneista. Työstökoneet on mallinnettu itse ja ne ovat hyvin yksityiskohtaiset (kuvio 4). Layoutsuunnittelun jälkeen investoiduista koneista ei ollut yrityksellä 3D-malleja, joten ne pyydettiin koneiden toimittajilta. Konetoimittajan toimittama 3D-malli eräästä työstökeskuksesta on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 4. Monitoimisorvista laadittu 3D-malli.



Kuvio 5. Työstökonetoimittajan toimittama työkeskuksen 3D-malli.

## 5 SUUNNITELMA

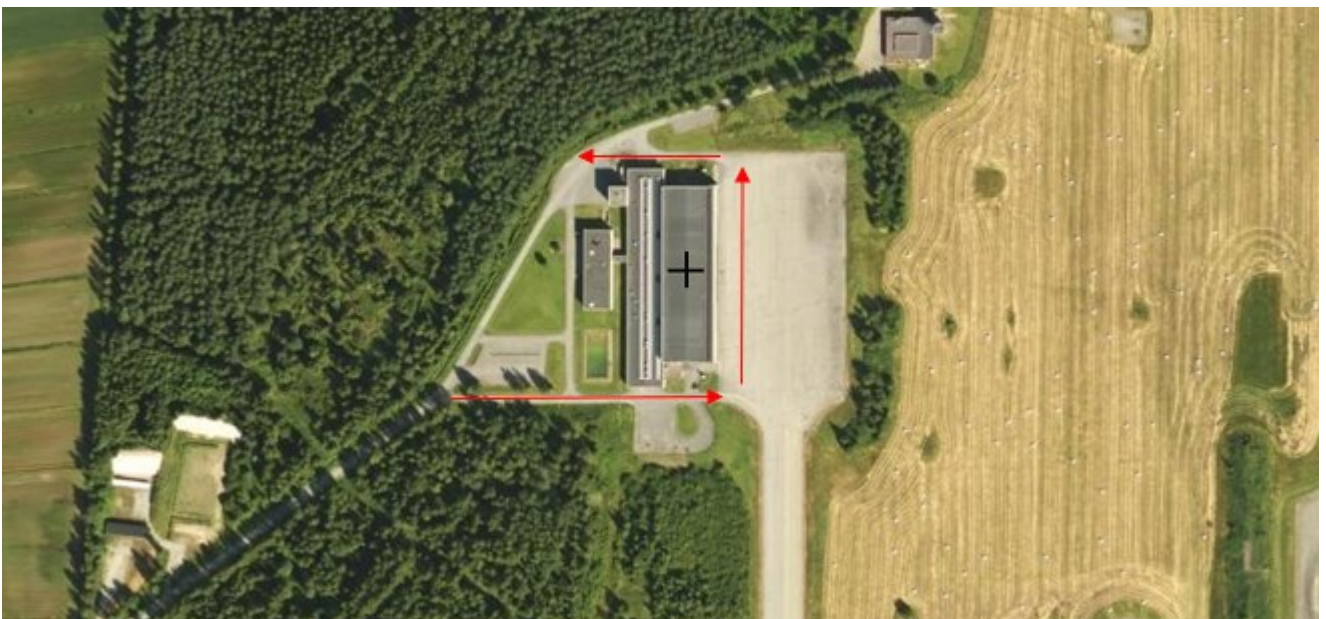
Suunnittelu toteutettiin tiiviissä yhteistyössä työryhmän kanssa parhaan lopputuloksen mahdollistamiseksi. Layoutsuunnitelma päätettiin viedä myös työntekijöiden nähtäville. Täten myös heillä oli mahdollisuus esittää parannusehdotuksia ja vaikuttaa suunnitelmaan. Layoutpiirustus on esitetty liitteessä 4 ja mallinnuksen isometriset näkymät liitteessä 5.

Suunnittelun keskeisimpinä tavoitteina oli

- saavuttaa tehokkaat materiaalivirrat
- minimoida hukat
- pyrkiä layoutin pitkään ikään ja muokattavuuteen.

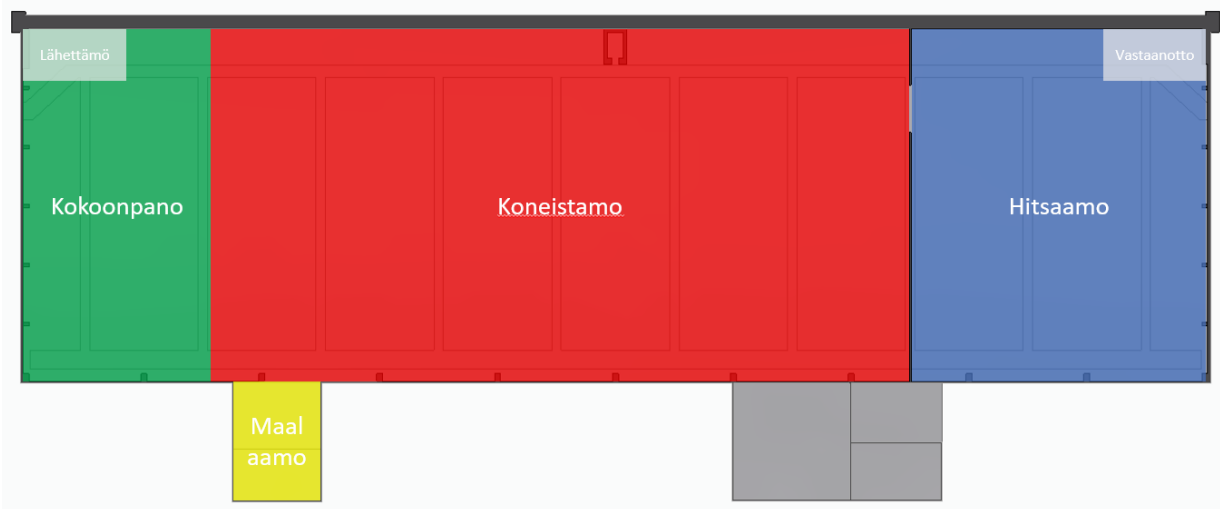
### 5.1 Tehtaan kiertosuunta ja prosessien sijainnit

Usein kappaletavaraliikennettä hoitavissa kuorma-autoissa on kylkiaukeava umpikori, jonka aukeava kylki sijaitsee pääsääntöisesti ajoneuvon vasemmalla puolella. Kiertosuunta määritettiin vastapäivään kiinteistön ympäri, jotta kuorma-auton aukeava kylki saadaan automaattisesti tehtaan puolelle (kuvio 6). Tällöin lastausalue muodostuu ajoneuvon ja tehtaan väliin helpottaen ja nopeuttaen lastaustyötä. Riski vaaratilanteiden syntymiselle voidaan minimoida, kun lastaustyötä suorittavalla henkilöllä on täysi näkyvyys lastausalueelle ja kulkureiteille.



Kuvio 6. Tehtaan kiertosuunta (Maanmittauslaitos, i.a.).

Suunnittelu aloitettiin karkeasuunnittelulla, jossa tuotannon prosesseille määritettiin sijainnit kuvion 7 mukaan. Sijaintien määrittelyssä käytettiin aiemmin työssä esiteltyä prosessikaaviota sekä tehtaan kiertosuuntaa. Näin prosessit saatiin etenemään kaavion mukaan tehtaan kiertosuuntaan nähden etenevästi. Materiaalivirtojen tulisi muodostua selkeiksi, eikä niissä tulisi ilmetä merkittävää edestakaista liikettä, kun tavaran vastaanotto ja lähettäminen sijaitsevat tuotantotilan eri päissä. Karkeasuunnittelussa määritettiin myös prosessien alustavat tilantarpeet.



Kuvio 7. Prosessien sijainnit.

## 5.2 Hitsaamo

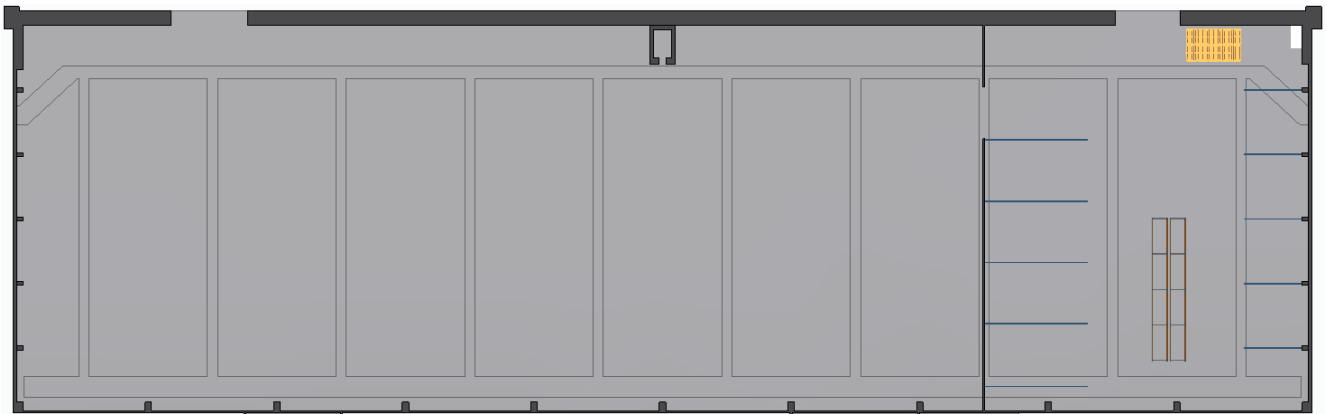
Hitsaamon tila päätettiin eristää muusta tuotantotilasta. Näin hitsauksesta syntyvien kaasujen, huurujen sekä ultraviolettisäteilyn vaikutus voidaan rajata vain hitsaamoon. Perustamiskustannukset voidaan minimoida, kun tila sijaitsee tuotantotilan toisessa päässä ja tila täytyy eristää ainoastaan yhdeltä suunnalta.

Hitsaamoon suunniteltiin hitsauspisteet taulukon 2 mukaan. Pienet pisteet sijoitettiin tilan oikealle seinälle ja isot pisteet tilan vasemmalle seinälle kuvion 8 mukaan. Näin tilasta saadaan mahdollisimman avoin ja hitsauspisteiden väliin jää riittävä tila isojen rakenteiden käsittelylle.

Taulukko 2. Hitsauspisteiden määrittely.

Piste	Määrä (kpl)	Leveys (m)	Syvyys (m)
Pieni	5	5	5
Iso	4	5	8

Hitsauspisteiden kohdepoistojärjestelmän rakentaminen nähtiin kustannustehokkaammaksi, kun poistolinja voidaan asentaa hitsaamon seinille. Myös siltanosturin operointi helpottuu, kun tilassa on mahdollisimman vähän esteitä. Tilaan määritettiin varaus tulevalle robottisolulle sekä 180 kuormalavan varasto, jonka kapasiteettia on mahdollista kasvattaa tarpeen vaatiessa. Varasto sijaitsee hitsauspisteiden välissä. Hitsauspisteet tullaan toteuttamaan modulaarisilla hitsausverhoilla, jolloin tilan käytöstä saadaan mahdollisimman joustavaa ja tulevaisuuden muutokset ovat helppoja toteuttaa. Hitsaamosta johtaa koneistamoon 1,2 m leveä jalankulkuväylä sekä 4,2 m leveä trukkipöytä. Yrityksen manuaaliset työstökoneet tullaan sijoittamaan hitsaamoon.



Kuvio 8. Tuotantotilan oikeassa reunassa sijaitseva hitsaamo.

### 5.3 Koneistamo

Koneistamon prosessit muodostuvat sahauksesta, jyrsinnästä ja sorvauksesta. Tuotantotilan suunnittelussa koneistamolle määritettiin suurin painoarvo suurimpien materiaalivirtojen sekä layoutin monimutkaisen muokattavuuden vuoksi. Suunnittelun tavoitteena oli pyrkiä tehokkaiisiin yhdensuuntaisiin materiaalivirtoihin sekä kuljettamisesta ja muusta liikkeestä aiheutuvien hukkien poistoon.

Suunnittelussa huomioitiin lisäksi:

- Lattiavalun rakenne.
- Turhien liikkeiden poisto ja kuljetusmatkojen minimointi.
- Layoutin ikä ja tilavaraukset tuleville koneinvestoinneille.
- Työstökoneiden ohjaustyypit, ominaisuudet sekä käytettävät työkalut.
- Työstökoneiden työpisteiden koot.
- Työstökoneiden huoltoalueiden koot.

- Sorvien tangonsyöttölaitteiden operointipuoli.
- Riittävät kulkutiet ja trukkipäylät.
- Varastojen sijainnit ja kapasiteetit.

Tuotantotilaan sijoitettiin neljä CNC-ohjattua sahaa hitsaamon ja koneistamon välioven läheisyyteen kuvion 9 mukaan. Materiaalivarasto sijoitettiin sahojen vasemmalle puolelle. Sahattavat raaka-aineet varastoidaan tuotantotilan ulkopuolella.

Kappaletavaraa työstävät sorvit pyrittiin sijoittamaan materiaalivaraston läheisyyteen trukkipäylän toiselle puolelle (kuvio 9). Yksi kappaletavaraa käsittelevistä sorveista sijoitettiin kuitenkin tangonsyöttölaitteelle varustettujen sorvien kanssa samaan koneryhmään. Ratkaisu tulee aiheuttamaan materiaalien edestakaista liikettä kyseisen koneen kohdalla. Kuvion 9 oikeassa reunassa esitetystä robottisolusta varustetussa sorvissa on työstökoneen takapuolelta operoitava tangonsyöttölaite. Sorvi päätettiin sijoittaa hitsaamosta johtavan trukkipäylän viereen tangonsyöttölaitteen operoinnin helpottamiseksi. Muut tangonsyöttölaitteella varustetut sorvit sijoitettiin tuotantotilan toisen pitkän seinän mukaisesti (kuvio 9). Tankovarasto sijoitettiin sorvien läheisyyteen käytävän toiselle puolelle lyhyiden siirtomatkojen saavuttamiseksi. Työstökeskukset sijaitsevat materiaalien virtaussuunnassa sahojen ja sorvien jälkeen.

Asetushuone sijoitettiin koneistamoon keskeiselle paikalle. Asetushuoneeseen on keskitetty yrityksen yleisessä käytössä olevat työkalut, kiinnittimet ja mittavälineet. Sijainnilla saavutetaan lyhyet etäisyydet työpisteiden ja asetushuoneen välillä.



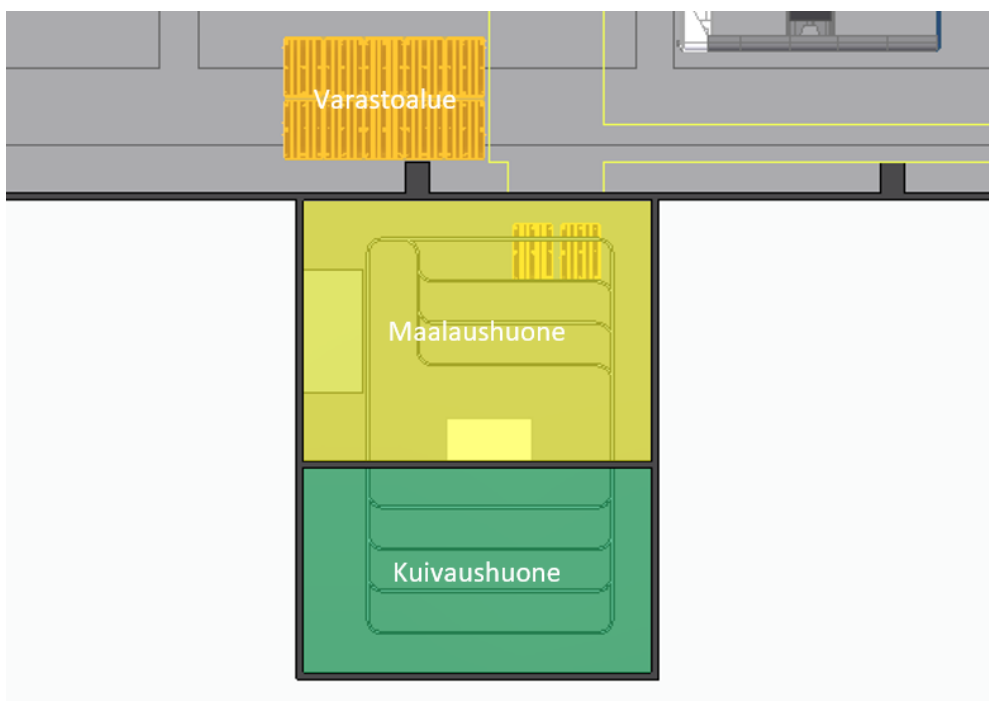
Kuvio 9. Koneistamon prosessien sijainnit.

Tarpeeseen nähden suuren tilan vuoksi layouttiin suunniteltiin tilavaraukset tuleville työstökoneinvestoinneille. Tilavaraukset mahdollistavat kolmen sorvin sekä kuuden työstökeskuksen investoinnin ilman, että layoutia joudutaan merkittävästi muuttamaan. Toistaiseksi tilavaraukset toimivat varastoalueina.

#### 5.4 Maalaamo

Kustannus- ja tilansäästösyistä nähtiin järkeväksi perustaa maalaamo tuotantotilasta erillään olevaan tilaan. Tila sijaitsee materiaalien virtaussuunnassa koneistamon ja kokoonpanon välissä. Maalaamo koostuu kahdesta tilasta, joista toinen toimii kuivaustilana. Käyttötarkoituksen perusteella maalaamo luokitellaan ATEX-tilaksi.

Tila on kooltaan ja muodoltaan edellisen maalaamon kaltainen. Vanha layout nähtiin toimivaksi ratkaisuksi, jonka vuoksi maalauslinjasto päätettiin siirtää uuteen tilaan pienin muutoksin, eikä maalausrataa suunniteltu uudelleen. Suunnittelun tehtäväksi jäi tällöin tilan ja kulku-yhteyksien määrittäminen. Kuvion 10 yläreunassa on esitetty tuotantotilassa sijaitseva maalattavien tuotteiden lattiavarastoalue, joka toimii työnkulkuvarastona. Kuviossa 10 ylempänä sijaitseva tila toimii maalaushuoneena, joka vasemmalla seinällä sijaitsee maalauskaappi. Tilassa suoritetaan myös maalattavien tuotteiden esikäsittely. Maalatut tuotteet kuivataan kuviossa 10 näkyvässä kuivaushuoneessa.

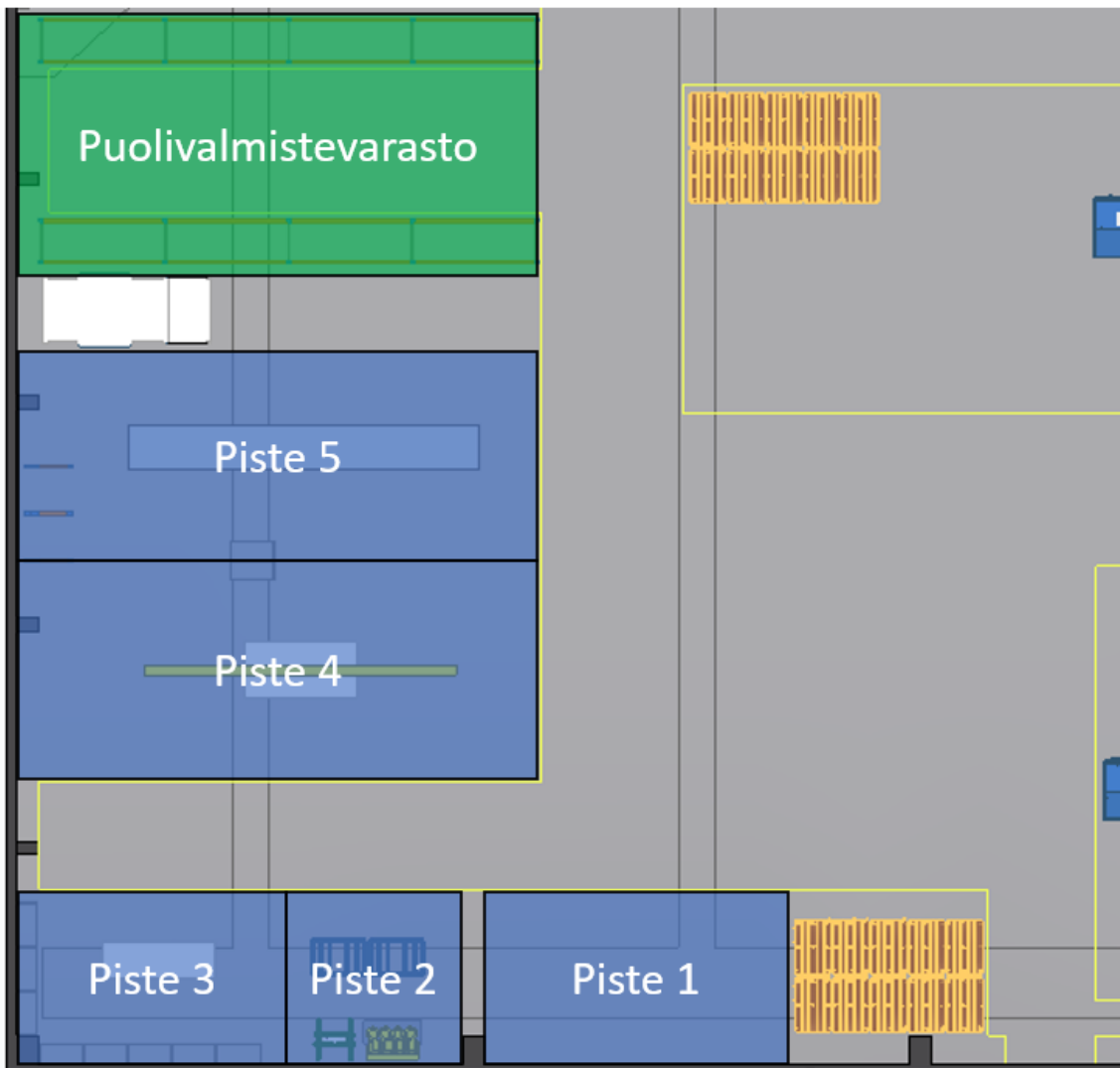


Kuvio 10. Maalaamo ja maalattavien tuotteiden varastoalue.

## 5.5 Kokoonpano

Kokoonpano on pääsääntöisesti työnkulun viimeinen vaihe ja se on materiaalien virtaussuunnassa viimeisenä prosessina. Tuotantotilaan suunniteltiin viisi kokoonpanopistettä kuvion 11 mukaan. Pisteissä 1,2 ja 5 kokoonpannaan tiettyjä tuoteperheitä ja pisteissä 3 ja 4 kokoonpannaan loput yrityksen kokoonpantavista tuotteista.

Kokoonpanoalue määritettiin riittävälle etäisyydelle lähettämön nosto-ovesta, jolloin vältetään ovien avaamisesta syntyvän vetoisuuden vaikutuksilta työntekijöihin. Pisteet suunniteltiin siten, että kalusteet ja laitteet sijaitsivat tuotantotilan seinustoilla. Täten alueesta saadaan mahdollisimman avoin. Yhden työntekijän eri työpisteet sijoitettiin vierekkäin lyhyiden siirtymien mahdollistamiseksi. Puolivalmisteverasto sijoitettiin kokoonpanopisteiden yläpuolelle valmistuotevaraston yhteyteen (kuvio 11).



Kuvio 11. Kokoonpanopisteet.



## 5.6 Sisäinen logistiikka

Uuteen tuotantotilaan määritettiin erilliset vastaanotto- ja lähettämöalueet, jotka sijoitettiin tuotantotilan eri päihin liitteen 6 mukaan. Saapuvan tavaran vastaanotto sijaitsee tilan eteläpäässä, tehtaan kiertosuunnassa ennen lähettämöä. Lähettämö sijaitsee tilan pohjoispäässä. Erillisillä vastaanotto- ja lähettämöalueilla voidaan välttää materiaalien edestakaista liikettä. Edestakainen liike pidentää materiaalien kuljetusmatkoja lähtö- ja loppupisteen välillä. Erillisillä vastaanotto- ja lähettämöalueilla voidaan vähentää rahtiliikenteen muodostamaa ruuhkaa, joka on aika-ajoin koettu ongelmaksi nykyisten toimipisteiden keskitetyissä vastaanotto- ja lähettämöalueissa.

### 5.6.1 Varastot

Suunnittelussa huomioitiin tuotantotilassa tarvittavat varastot sekä niiden kapasiteetit. Varastot suunniteltiin toteutettaviksi kuormalavahyllyillä sekä lattiavarastoalueina. Yhden kuormalavahyllyn kapasiteetti määritettiin yrityksessä käytettävien pinoamisvaunujen nostokorkeuden, sekä hyllyjen orsivälien ja -pituuksien perusteella. Puutteelliseksi todetun varastotilan vuoksi varastokapasiteetit suunniteltiin 20 % nykyistä varastointitarvetta suuremmiksi. Suunnitellut varastokapasiteetit muutettiin seuraavaa täyttä kuormalavahyllymäärää vastaaviksi, jolloin saatiin toteutunut varastokapasiteetti. Hyllyjen pylväselementit suunniteltiin hankittavaksi tarvetta korkeammiksi merkityksettömän kustannuseron vuoksi, jolloin varastoja voidaan kasvattaa orsimäärää lisäämällä. Taulukossa 3 on kuvattu varastokapasiteettien määrittäminen ja varastojen täyttöasteet.

Taulukko 3. Kuormalavavarastojen kapasiteetit ja täyttöasteet.

<b>Kapasiteetit ja täyttöasteet</b>				
	<b>Tarve</b>	<b>Suunniteltu kapasiteetti</b>	<b>Toteutunut kapasiteetti</b>	<b>Täyttöaste</b>
<b>Hitsaamon materiaalivarasto</b>	140	168	180	<b>78 %</b>
<b>Koneistamon materiaalivarasto</b>	70	84	90	<b>78 %</b>
<b>Puolivalmistevarasto</b>	58	70	72	<b>81 %</b>
<b>Valmistuotevarasto</b>	147	176	216	<b>68 %</b>

Yrityksessä käytettävää palettitoimista varastoautomaattia ei huomioitu suunnittelussa. Automaatti tullaan sijoittamaan puolivalmisteveraston ja kokoonpanopisteiden väliin. Korkeutensa vuoksi (10 m) sitä ei saatu sijoitettua ideaaliseen paikkaan. Tuotantotilaan suunniteltiin lattiavarastoalueita nopeasti kiertäville materiaaleille kytkemään tuotannon eri työvaiheet. Taulukossa 3 esitettyjen varastojen lisäksi tangonsyöttölaitteella varustetuille sorveille suunniteltiin tankovarasto kattamaan yleisimmät tankokoot.

Tuotannon varastojen sijoittelu on esitetty liitteessä 6. Osavalmistukseen suunniteltiin prosessikohtaiset materiaalivarastot, kun taas puolivalmiste- ja valmistuotevarastot ovat keskitetty tilansäästön vuoksi. Varastoalueiden sijainnit suunniteltiin siten, että materiaalivirtoihin ei tulisi merkittävää edestakaista liikettä ja kuljetusmatkat muodostuisivat lyhyiksi.

### 5.6.2 Kulkutiet

Tuotantotilaan suunniteltiin riittävä määrä trukki- ja jalankulkuväyliä mahdollistamaan tehokkaat materiaalivirrat sekä työturvallisuus. Kulkutiet suunniteltiin taulukossa 4 esitettyjen yleisten mitoitusohjeiden mukaisesti. Taulukosta selviää vähimmäisleveydet trukkipäylyille. Leveydet saattavat olla tarpeen ylittää kuljetettavan lastin mukaan. Väylien suunnittelu oli keskeinen osa layoutin suunnittelua, jotta jokaiselle koneelle ja työpisteelle saatiin esteetön ja turvallinen pääsy niin henkilö-, kuin trukki liikenteelle.

Taulukko 4. Trukki- ja jalankulkuväylien mitoitusohje (Laitinen ym., 2021, s. 166–167).

Tien tyyppi	Leveys (m)	Korkeus (m)
Yksisuuntainen trukkipäyly	2,4	Riittävä
Kaksisuuntainen trukkipäyly	4,2	Riittävä
Yksisuuntainen jalankulkuväyly	0,8	2,1
Kaksisuuntainen jalankulkuväyly	1,2	2,1
Kulkuväyly koneille	0,6	2,1
Hätäpoistumistie	1,2	2,1

Trukkipäylyt mitoitettiin väylien käyttötarkoituksen sekä suurimman väylällä kuljetettavan lastin mukaan. Mitoitukseen lisättiin vielä tarvittavat suoja-alueet mitoitusohjeen mukaisesti. Jalankulkuväylyt toteutetaan kaksisuuntaisina, kun taas trukkipäylyt toteutetaan yksisuuntaisina niiden vähäisen liikenteen vuoksi. Väylyt ovat nähtävillä liitteessä 5 keltaisilla reunaviivoilla rajattuina.

## 6 MATERIAALIVIRRAT

Layout pyrittiin suunnittelemaan siten, että materiaalivirroissa ei esiintyisi edestakaista liikettä ja kuljetusmatkat muodostuisivat mahdollisimman lyhyiksi. Funktionaaliselle periaatteelle edestakainen liike ja pitkät kuljetusmatkat ovat kuitenkin ominaisia eikä niitä pystytty täysin poistamaan. Virtaukset saatiin kuitenkin suunniteltua siten, että epäkohdat eivät tule vaikuttamaan merkittävästi tuotteiden läpimenoaikoihin tai kustannuksiin. Suunnitellut virtaukset on kuvattu liitteessä 7.

### 6.1 Saapuva tavara

Materiaalit saapuvat tuotantotilaan hitsaamossa sijaitsevan vastaanoton kautta. Vastaanotettavalle tavaralle suoritetaan vastaanottotarkastus toimenpiteelle varatulla alueella. Tässä vaiheessa tavara merkitään vastaanotetuksi ERP-järjestelmään, jos tavarasta on ostotilaus. Sahaattavat materiaalit siirretään ulkona sijaitsevaan raaka-ainevarastoon. Vastaanotosta ja sahausesta materiaalit varastoidaan aihiovarastoihin, puolivalmiste- tai valmistuotevarastoon materiaalityypin mukaan. Materiaalit varastoidaan kuormalavoille, joihin merkataan työnumerot, joille materiaalit on kohdennettu. Varastoinnin yhteydessä toiminnanohjausjärjestelmään kirjataan työn tietoihin hyllypaikka, johon materiaalit on varastoitu. Näin vältetään etsimiseltä, koska työntekijät osaavat noutaa materiaalit oikeasta hyllypaikasta.

### 6.2 Hitsaamo

Hitsattavat ahiot on suunniteltu varastoitavaksi pääasiassa hitsaamon materiaalivarastossa. Joidenkin tuotteiden ahiot ovat kuitenkin fyysiseltä kooltaan niin isoja, että ne joudutaan varastoimaan vaihtoehtoisissa tiloissa. Valmiit tuotteet kuljetetaan välivarastoon, josta varastotyöntekijät kuljettavat ne lähettämöön pääasiassa koneistamon läpi johtavaa käytävää pitkin. Osa tuotteista on kuitenkin fyysisesti niin isoja, että niiden kuljettaminen nähtiin järkevämmäksi toteuttaa ulkokautta. Jos työnkulussa on hitsauksen jälkeinen työvaihe, kuljetetaan tuotteet kyseisen vaiheen varastoon.

### 6.3 Koneistamo

Koneistettavat aihiot säilytetään koneistamon materiaalivarastossa, joka koostuu kuormalavahyllyistä sekä lattiavarastoalueesta. Lattiavarastoalue on suunniteltu nopeasti kiertävien, sekä fyysisesti suurten aihoiden varastointiin. Tangonsyöttölaitteissa käytettävät tangot varastoidaan tankovarastossa. Osavalmistus suoritetaan työlle osoitetuista aihioista tai tankotavarasta. Työnvaiheen valmistuttua osat kuljetetaan seuraavan työvaiheen varastoon tai valmiille tuotteille määritettyyn välivarastoon, jos työnkulussa ei ole muita työvaiheita. Varasto-työntekijät suorittavat valmiiden tuotteiden kuljetuksen välivarastosta lähettämöön.

### 6.4 Maalaamo

Suunnittelussa nähtiin järkeväksi määrittää maalaamolle lattiavarastoalue materiaalien nopean kierron vuoksi. Materiaalit tuodaan varastoalueelle edellisen työvaiheen valmistuttua. Prosessin lähellä sijaitseva lattiavarasto on helposti hallittava visuaalisin keinoin. Täten maalaaja löytää seuraavan työn materiaalit nopeasti. Maalatut tuotteet pääsääntöisesti kokoonpannaan tai lähetetään asiakkaalle. Kokoonpantavat tuotteet kuljetetaan puolivalmistevalmistevarastoon odottamaan kokoonpanovaihetta. Valmiit tuotteet kuljetetaan lähettämöön, josta ne lähetetään asiakkaalle tai varastoidaan.

### 6.5 Kokoonpano

Valmistuotevaraston yhteyteen suunniteltiin puolivalmistevalmistevarasto, joka toimii kokoonpanon materiaalivarastona. Varastossa säilytetään myös kokoonpantaviin tuotteisiin käytettäviä ostokomponentteja. Joitain kokoonpantavia materiaaleja säilytetään ulkona tilansäästösyistä. Nämä materiaalit ovat pintakäsiteltyjä, jolloin ne eivät ole alttiita sääolosuhteiden vaikutukselle. Kokoonpanovaiheen valmistuttua valmiit tuotteet kuljetetaan lähettämöön, josta ne varastoidaan tai lähetetään asiakkaalle. Joissain tapauksissa työnkulku sisältää kokoonpanon jälkeisen työvaiheen, jolloin materiaalit viedään kyseisen vaiheen varastoon.

### 6.6 Lähtevä tavara

Lähtämö sijaitsee tuotantotilan pohjoispäässä. Lähetettävät tavarat tuodaan lähettämöön työvaiheiden valmistuttua, valmiille tuotteille määrätyistä välivarastoista tai valmistuotevarastosta. Lähtämössä tarkistetaan, lähetetäänkö tavarat asiakkaalle vai alihankintaan,

kuten pinta- tai lämpökäsittelyyn. Osa tuotteista varastoidaan valmistuotevarastoon lähettämisen sijaan. Lähetettävät tavarat kerätään pakkauspiesteeseen, jossa ne pakataan. Pakkauksen yhteydessä lähetykselle tilataan kuljetus ja tulostetaan tarvittavat dokumentit. Tavarat lastataan pakkausalueelta ajoneuvoon pääasiassa trukilla. Pakkausalueen sijainti määritettiin siten, että sinne on esteetön näkymä ja kulku lähettämön nosto-ovelta.

## 6.7 Tuotekohtaiset materiaalivirrat

Yrityksen (sisäinen tietolähde, 27.7.2022) toiminnanohjausjärjestelmästä valittiin taulukossa 5 listatut eri työvaiheet sisältävät tuotteet, joilla oli suurimmat tuotantomäärät ajalla 1.1.2022-30.6.2022. Taulukkoon on listattu tuotteiden työnkulku, eli valmistuksen sisältämät työvaiheet tehtaassa. Taulukosta poiketen joidenkin tuotteiden työnkulut sisältävät tuotantolaitoksen ulkopuolella suoritettavia työvaiheita. Nämä suoritetaan yrityksen opastetehtaalla tai alihankinnassa.

Taulukko 5. Materiaalivirtojen analysointiin valitut tuotteet.

Tuote	Vaihe 1	Vaihe 2	Muuta
<b>Tuote 1</b>	Sahaus	Sorvaus	
<b>Tuote 2</b>	Sahaus	Jyrsintä	
<b>Tuote 3</b>	Sorvaus	Jyrsintä	
<b>Tuote 4</b>	Hitsaus		
Tuote 4.1			Ostokomponentti
Tuote 4.2			Ostokomponentti
<b>Tuote 5</b>	Kokoonpano		
Tuote 5.1	Sorvaus		
Tuote 5.2	Sorvaus		
Tuote 5.3	Sorvaus		
Tuote 5.4			Ostokomponentti

Liitteessä 8 on esitetty tuotteiden materiaalivirrat. Tuotteista 1 ja 5 voidaan huomata, että materiaalivirtoihin muodostuu edestakainen liike materiaalivaraston ja koneistusprosessin välille. Häiriö tiedostettiin suunnitteluvaiheessa ja siitä mainittiin aikaisemmin työssä koneistamon layoutia käsittelevässä osuudessa. Tuotteeseen 5 tulee edestakainen liike myös puolivalmistevaraston ja kokoonpanoprosessin välille. Myös tämä tiedostettiin suunnitteluvaiheessa.

Häiriöt nähtiin merkityksettömiksi, eikä niillä nähty olevan merkittävää vaikutusta kuljetusaikoihin tai kustannuksiin. Kuljetusmatkaan ei saataisi merkittävää muutosta, mikäli varastojen paikkoja siirrettäisiin siten, että edestakaiset liikkeet voitaisiin poistaa.

Tuotteessa 3 tulee lisäksi risteävä liike käytävien risteytyessä. Risteävä liike voitaisiin poistaa poistamalla pääkäytävien välinen yhdyskäytävä. Tällöin virtaukseen tulisi merkittävä edestakainen liike, jolloin kuljetusaika tulisi kasvamaan. Nähtiinkin järkevämmäksi säilyttää yhdyskäytävä kuljetusmatkojen minimoimiseksi. Risteävä liike ei aiheuta tässä tapauksessa ruuhkaa vähäisen liikenteen vuoksi. Turvallisuusriski voidaan minimoida määrittämällä tehtaaseen liikennesäännöt.

## **7 TOIMENPIDESUUNNITELMA**

Toimipisteet siirretään uuteen tuotantotilaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe sisältää uuden koneinvestoinnin asennuksen sekä kokoonpanotuotannon siirron. Toisessa vaiheessa siirretään hitsaamo ja koneistamo. Ensimmäisen vaiheen siirrosta laadittiin liitteissä 9 ja 10 esitetyt toimenpidesuunnitelmat. Myös toisen vaiheen siirrosta laaditaan suunnitelmat yrityksestä riippumattomien aikataulujen varmistuttua. Suunnitelmilla pyritään varmistamaan siirtojen onnistuminen määräaikoihin mennessä. Aikataulut laaditaan siten, että tuotantoon ei tulisi merkittävää häiriötä.

### **7.1 Suunnittelutyöt**

Tuotantotilan käyttöönotto edellyttää uuden paineilmaverkoston sekä sähköjärjestelmän rakentamista. Suunnittelutyöt päätettiin tilata suunnittelua tarjoavilta asiantuntijoilta, koska yrityksellä itsellään ei ole osaamista eikä pätevyyksiä kyseisiin suunnittelutehtäviin. Paineilma-suunnitelman ohella tuotantotilaan suunnitellaan työstökoneiden ja hitsauspisteiden kohdepoistojärjestelmät sekä mahdollisesti vaadittavat korvausilmajärjestelmät.

### **7.2 Tuotantotilan muutokset**

Tuotannon siirto ja uuden tilan tehokas käyttö edellyttää tiettyjä muutostöitä uuteen tuotantotilaan. Osa muutostöistä on sovittu toteutettaviksi vuokranantajan toimesta ja loput ovat yrityksen vastuulla. Yrityksen vastaamat muutostyöt toteutetaan yrityksen oman henkilökunnan sekä ulkopuolisten työsuorittajien toimesta työn luonteen mukaan. Ensimmäisen siirtovaiheen muutostöiden toimenpidesuunnitelma on esitetty liitteessä 9.

#### **7.2.1 Purku- ja rakennustyöt**

Maalaamo luokitellaan ATEX-tilaksi, jonka vuoksi tila täytyi eristää niin, että maalihöyryt eivät pääse kulkeutumaan muihin tiloihin. Eristäminen toteutettiin rakentamalla tilan rajaava väliseinä sekä tukkimalla muihin tiloihin johtavat raot. Tilaan rakennettiin myös väliseinä erottamaan maalaus- ja kuivaushuoneet toisistaan. Maalaamon ja tuotantotilan väliseen seinään tehtiin oviaukko, johon asennettiin teräspalo-ovi.

Toiseen siirtovaiheeseen mennessä työntekijöiden taukotilaan tullaan rakentamaan väliseinä, joka rajaa taukotilan muusta tilasta. Taukotilan ja tuotantotilan väliseen seinään asennetaan palo-ovi, joka toimii kulkuovena tuotantotilaan. Muutoksien yhteydessä taukotilaa tullaan ehostamaan viihtyisämmäksi ja sinne asennetaan keittiö sekä muut vaadittavat kalusteet.

Hitsaamossa sijaitsee noin 27 m<sup>2</sup> erillinen rakennelma, joka nähtiin hyödyttömäksi tulevan toiminnan kannalta. Rakennelma tullaan purkamaan, jotta tila saadaan tehokkaasti käytettyä. Tuotantotilan itäiselle seinälle asennetaan tavaran vastaanoton sekä lähettämön nosto-ovet ja rakennetaan luukut sahojen rullaradoille.

### **7.2.2 Sähkötyöt**

Olemassa olevaa sähköjärjestelmää saadaan hyödynnettyä tuotantotilan osalta ainoastaan valaisimissa sekä ilmanvaihdossa. Täten tuotantotilaan joudutaan rakentamaan kokonaan uudet kaksi- ja kolmivaihejärjestelmät, joista saadaan virta työstökoneille sekä muille laitteille. Kiinteistössä on oma muuntamo, josta saadaan sähkösyöttö tuotantotilan sähköpääkeskuk-selle. Työstökoneille tullaan rakentamaan myös DNC-tiedonsiirtojärjestelmä työstöohjelmien siirtoa varten. Ensimmäisen siirtovaiheen yhteydessä maalaamon sähköjärjestelmä muutet-tiin ATEX-vaatimuksia vastaavaksi.

### **7.2.3 Paineilmaverkosto**

Tuotantotilaan rakennetaan yrityksen tarpeita paremmin palveleva paineilmaverkosto, jota käytetään työstökoneissa sekä käsityökaluissa. Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan tilan pohjoispään verkosto, jota käytetään kokoonpanossa ja maalauksessa. Myöhemmin tullaan rakentamaan loput tuotantotilan paineilmaverkostosta, joka liitetään aikaisemmin rakennet-tuun verkostoon.

### **7.2.4 Työstökoneiden konepedit**

Uusimmalle koneinvestoinnille valettiin konepeti. Petiä varten lattiavaluun leikattiin työstöko-noon valmistajan määräyksien mukainen aukko. Aukosta poistettiin betoni ja maa-aines ra-kennelaskijan määrittämään syvyyteen saakka, jonka jälkeen pohjalle lisättiin vaadittava määrä sepeliä, joka tiivistettiin. Valulle rakennettiin harjateräksinen raudoitus, joka tekee



valusta kestävän ja estää sen halkeilemisen. Lopuksi raudoitettu kuoppa täytettiin betonilla, jolle oli määritetty vaadittava lujuus. Konepeti valettiin hyvissä ajoin ennen koneen toimitusta, jotta se ehti kuivumaan ja saavuttamaan riittävän lujuuden. Tuotantotilaan tullaan rakentamaan konepeti myös toiselle työstökoneelle sen sijaitessa usean betonilaatan päällä.

### **7.3 Toimipisteiden siirrot**

Toimipisteet suunniteltiin siirrettäväksi kahdessa vaiheessa. Ensimmäisen vaihe toteutettiin kesällä 2022, jolloin tuotantotilaan asennettiin yrityksen uusi koneinvestointi sekä siirrettiin kokoonpanotuotanto. Toinen vaihe on suunniteltu alkavaksi loppuvuodesta 2022. Tällöin tuotantotilaan siirretään hitsaamo ja koneistamo.

#### **7.3.1 Kokoonpanon siirto**

Kokoonpano siirrettiin siirtosuunnitelman ensimmäisessä vaiheessa, jotta uuteen tilaan saatiin toimintaa uuden työstökoneinvestoinnin lisäksi. Kolme kokoonpanopistettä siirrettiin välittömästi koneinvestoinnin käyttöönoton jälkeen. Loput pisteet siirrettiin maalaamotilan valmistuttua seuraavan kuukauden aikana. Siirto toteutettiin siten, että aluksi siirrettiin kokoonpanon varastot. Varastojen siirron aikana kokoonpanohenkilökunta pakkasi pistekohtaiset tavarat, jotka siirrettiin lopuksi. Varsinaisesta siirrosta vastasi ulkopuolinen kuljetusyritys. Kokoonpanon siirtosuunnitelma on esitetty liitteessä 10.

#### **7.3.2 Koneistamon siirto**

Työstökoneiden siirrot aikataulutetaan siten, että tuotanto häiriintyisi mahdollisimman vähän, mutta kuitenkin niin, että siirrot sujuvat tehokkaasti. Viikon aikana on suunniteltu toteutettavaksi kaksi siirtoa. Yhden siirron aikana siirretään joko neljä peruskonetta tai yksi painava kone, joita yrityksessä on kolme. Näin siirrot tulevat ajoittumaan neljän viikon ajalle ja tuotanto saadaan pidettyä osittain käynnissä koko siirtourakan ajan. Yksittäisen koneen siirtoprosessi on suunniteltu kestäväksi 3,5 päivää kuvion 12 mukaan. Kuviosta on huomattava, että varsinainen siirto tulee kestämään vain yhden päivän. Muu aika käytetään siirron valmisteluun ja koneen asennukseen. Loput koneistamon irtaimistosta siirretään jaksottamalla siirrot työstökoneiden siirron ajalle uuteen tuotantotilaan syntyvän tarpeen mukaan.

Välitavoitteen kuvaus	Luokka	Vastuuhenkilö	Edistyminen	Aloituspäivä	Päivät	l	s	m	t	k
Työstökoneen siirto	Tavoite		0 %	1.10.2022	4	◆	◆	◆	◆	
Työstökoneen ja sen ympäristön siivous	Välitavoite	Työntekijä	0 %	1.10.2022	1	▶				
Työpisteen tavaroiden pakkaus	Välitavoite	Työntekijä	0 %	2.10.2022	1	▶				
Poistoputken, leikkuunestealtaan ja lastunkuljettimen irrotus sekä pesu	Välitavoite	Yritys 1	0 %	2.10.2022	1	▶				
Sähkönsyötön irrotus	Välitavoite	Sähkömies	0 %	2.10.2022	1	▶				
Koneen siirto	Välitavoite	Kuljetusyritys 1	0 %	3.10.2022	1		▶			
Työpisteen tavaroiden siirto	Välitavoite	Kuljetusyritys 2	0 %	3.10.2022	1		▶			
Koneen sähkönsyötön kytkentä	Välitavoite	Sähkömies	0 %	4.10.2022	1			▶		
Koneen asennus	Välitavoite	Yritys 2	0 %	4.10.2022	1			▶		
Työpisteen kasaus	Välitavoite	Työntekijä	0 %	4.10.2022	1			▶		

Kuvio 12. Yksittäisen työstökoneen siirron toimenpiteet ja esimerkkiaikataulu.

### 7.3.3 Hitsaamon siirto

Hitsaamon siirto tulee ajoittumaan viimeisenä siirrettäväksi prosessiksi, johtuen uuteen tilaan vaadittavista muutostöistä, jotka aloitetaan loppuvuodesta tilan vapauduttua. Tarkka siirtosuunnitelma tullaan laatimaan kuluvan syksyn aikana muutostöiden aikataulujen varmistuttua. Koko hitsaustoiminta pyritään siirtämään joululoma-aikaan, jolloin työhön palkataan ulkopuolinen työnsuorittaja. Mikäli aikataulua ei saada sovitettua edellä mainittuun aikaan, tullaan hitsaamo siirtämään porrastetusti, jotta tuotanto pysyy osittain käynnissä koko siirron ajan.

## 7.4 Kustannusarvio

Toimipisteiden yhdistämisestä laadittiin liitteessä 11 esitetty kustannusarvio, joka aloitettiin listaamalla toimenpiteet, joista aiheutuu suurimmat kulut. Toimenpiteille kirjattiin kustannukset tarjousten sekä aikaisempien layoutmuutosten toimenpiteiden toteumien perusteella. Tiukan aikataulun takia kustannusarvioon ei saatu sisällytettyä joitain merkittäviä kustannuksia, kuten sähkö- ja putkitöitä. Hinnoittelu olisi vaatinut suunnitelmat, joita ei saatu riittävän ajoissa. Kustannusarviosta on poistettu työn suorittajat sekä vastuuhenkilöt.

## 8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitelma Kaskea Machineryn toimipisteiden yhdistämisestä. Opinnäytetyö sisälsi tuotantotilan layoutsuunnittelun sekä toimenpidesuunnitelman laatimisen toimipisteiden siirtämisestä. Työllä pyrittiin tehostamaan yrityksen tuotantoa sekä sisäistä logistiikkaa. Uuden tuotantotilan ja huolellisesti suunnitellun layoutin avulla mahdollistetaan myös yrityksen kasvu nykyisten tuotantotilojen sitä rajoittaessa.

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä yrityksen nykytilanteeseen sekä ongelmiin, joista merkittävimpiä olivat tehottomat materiaalivirrat, yrityksen kasvuun vaikuttava tilan puute sekä sisäisen logistiikan tehottomuus ja siitä aiheutuvat pitkät läpimenoajat ja rahtikustannukset. Ongelmien tunnistamisen jälkeen analysoitiin yrityksessä valmistettavia tuotteita ja niiden tuotantomääriä. Tuotteiden perusteella valittiin tuotannon layout ja työnkulkujen avulla määritettiin prosessien sijainnit, jotta materiaalivirroista saataisiin mahdollisimman tehokkaat. Varsinaista suunnittelua edelsi myös koneistamon koneryhmien ja työstökoneparien määrittely sekä tuotantotilan rajoitteisiin tutustuminen. Lähtötietojen perusteella laadittiin layoutsuunnitelma, jossa hyödynnettiin työhön sisällytettyä teoriaa. Yhtenä keskeisimpänä layoutin tavoitteena oli suunnitella tehokkaat materiaalivirrat, joita analysoitiin yleisellä tasolla sekä viidellä suurimmat tuotantomäärät omaavalla tuotteella. Lopuksi laadittiin toimenpidesuunnitelma, jonka avulla varmistetaan toimipisteiden siirrot määräaikoihin mennessä. Lopputuloksena yritys sai käytettäväkseen suunnitelman, jolla se kykenee merkittävään tuotannon tehostamiseen.

Tarpeeseen nähden suuren tilan vuoksi layoutiin voitiin suunnitella tilavaraukset kolmelle sorville sekä kuudelle työstökeskukselle. Työstökoneiden paikat suunniteltiin siten, että vaivattomasti siirrettävät koneet on sijoitettu tilan keskelle. Kokoonpano ja hitsaus eivät vaadi merkittäviä koneita tai rakenteita. Näin layoutista saatiin helposti muokattava, jolloin toiminnan kasvattaminen on tulevaisuudessa vaivatonta. Layoutin ikää on haastava määrittää, koska se riippuu täysin yrityksen kasvuvauhdista. Viime vuosien toteutuneen kasvun perusteella voidaan iäksi kuitenkin arvioida vähintään 5 vuotta.

Pitkät kuljetusmatkat ja edestakaiset sekä risteävät liikkeet ovat funktionaaliselle layoutille tyypillisiä, eikä niitä pystytty poistamaan suunnittelussa. Merkittävimmät häiriöt materiaalivirtoihin muodostuvat varastoihin sekä hitsaamoon. Varastojen sijainnit olisi kyettävä suunnittelemaan siten, että materiaalivirtoihin ei muodostuisi edestakaista liikettä. Nykyinen ratkaisu

nähtiin kuitenkin toimivammaksi tilankäytön kannalta. Työssä tärkeämpänä pidettiin kuljetusmatkojen minimointia, ja siinä onnistuttiin hyvin, kuin edestakaisten ja risteävien liikkeiden täydellistä poistamista. Hitsaamon materiaalivirroista olisi saatu tehokkaammat määrittämällä koneistamoon johtava trukkiväylä tilan toiselle reunalle. Ratkaisu olisi kuitenkin ollut tilankäytön kannalta merkittävästi tehottomampi tuotantotilan lattian rakenteen rajoittaessa työstökoneiden sijoittelua. Layout onkin kompromissi, jossa kaikkia toimintoja täydellisesti palvelevaa ratkaisua ei kyetä löytämään.

Toimenpidesuunnitelmaa voidaan pitää eniten kehitettävänä työn osa-alueena. Suunnitelman laatiminen aloitettiin liian myöhään toimenpiteisiin nähden, jonka vuoksi ensimmäisen vaiheen suunnitelmasta muodostui sisällöltään hieman vajavainen. Suunnitelman laatimisen vaikeutta edesauttoi ulkopuolisten työnsuorittajien osallistuminen projektiin, jolloin aikataulujen laatiminen oli haastavaa. Suunnitelman yksityiskohtainen laatiminen olisi vaatinut merkittävämpää paneutumista tuleviin toimenpiteisiin. Ensimmäisen siirtovaiheen aikataulu oli melko joustava, jonka vuoksi suunnitelmaa ja määräaikoja pystyttiin muokkaamaan tarpeen tullen. Suunnitelma antoi hyvät opit toisen vaiheen siirtosuunnitelman laatimista varten.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja samalla haastava toteuttaa laajan kokonaisuutensa vuoksi. Toteuttamista edesauttoi aikaisempi kokemus layoutmuutosten suunnittelusta sekä tuntemus yrityksestä ja sen tuotannosta. Työ kuitenkin osoitti, kuinka haastavaa on suunnitella tuotantolaitoksen layout ja kuinka moni asia vaikuttaa tehokkaiden materiaalivirtausten saavuttamiseen. Myös toimipisteiden siirron suunnittelu osoittautui haastavaksi useiden seikkojen vaikuttaessa aikataulutukseen. Kokonaisuudessaan työ onnistui hyvin ja siinä päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Yritys saa käyttöönsä suunnitelman, jonka avulla se kykenee yhdistämään toimipisteet määräaikoihin mennessä ja saavuttamaan merkittävää tehokkuutta tuotantoon. Lopputuloksessa ilmenee joitain puutteita materiaalivirtauksissa, mutta ne nähtiin merkityksettömiksi tuotannon läpimenoajan ja kustannusten osalta. Työn avulla mahdollistetaan yrityksen kasvu seuraavaksi viideksi vuodeksi ilman merkittäviä layoutmuutoksia.

## LÄHTEET

- Greasley, A. (2007). *Operations management*. SAGE Publications, Limited.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., & Miettinen, A. (2009). *Teollisuustalous* (6. painos). Infacs Oy.
- Kaukokiito Oy. (i.a.). *Kaukokiito kappaletavara*. [https://www.kaukokiito.fi/globalassets/pdf-dokumentit/kaukokiito\\_kappaletavara\\_esite.pdf](https://www.kaukokiito.fi/globalassets/pdf-dokumentit/kaukokiito_kappaletavara_esite.pdf)
- Kiwa Inspecta. (i.a.). *Lean Management ja 5S*. <https://www.lis.fi/turvallisuuskehitys/lean-management-5s/>
- Kouri, I. (2009). *Lean taskukirja*. Teknologiainfo Teknova Oy.
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2009). *Operations Management*. New Age International.
- Laitinen, H., Vuorinen, M., & Simola, A. (2021). *Työturvallisuuden ja -terveyden johtaminen* (3. uud. laitos). Tietosanoma.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V., & Torvinen, S. (1997). *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*. WSOY.
- Liker, J. K. (2004). *Toyotan tapaan* (M. Niemi, käänt.; 2. painos). Readme.fi.
- Logistiikan maailma. (i.a.-a). *Lean-ajattelu*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/proses-sien-kehittaminen/lean-ajattelu/>
- Logistiikan maailma. (i.a.-b). *Varastointi*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/>
- Maanmittauslaitos. (i.a.). <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>
- Metalliteollisuuden keskusliitto, MET. 2001. *5S*. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Snow, G. (26.3.2014). "Foundations" For Machine Tool Success. <https://www.okuma.com/blog/foundations-for-machine-tool-success>
- Stephens, M. P. (2019). *Manufacturing Facilities Design & Material Handling: Sixth Edition* (6. p.). Purdue University Press.
- Tuominen, K. (2021). *Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S: Mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista?* (L. Malmberg, kuvit.). Oy Benchmarking Ltd.

## **LIITTEET**

Liite 1. Koneistamon vanha layout

Liite 2. Kaskea Machineryn koneluettelo

Liite 3. Työstökoneparit ja koneryhmät

Liite 4. Uuden tuotantotilan layoutpiirustus

Liite 5. Layoutmallinnuksen isometriset näkymät

Liite 6. Tavarantoimituksen, lähettämön ja varastojen sijainti

Liite 7. Tuotantotilan suunnitellut materiaalivirrat

Liite 8. Tuotekohtaiset materiaalivirrat

Liite 9. Ensimmäisen siirtovaiheen toimenpidesuunnitelma

Liite 10. Kokoonpanojen siirtosuunnitelma

Liite 11. Siirtojen kustannusarvio