



# 3D- kuitukoneen integrointi tehdasra- kennukseen

Jani Koskela

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

**Jani Koskela**

## **3D-fiber koneen integrointi tehdaslayouttiin**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2022**, 52 + 8 sivua.

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

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

### **Tiivistelmä**

Prosessitekniikan laitevalmistaja kehittää uudenlaista 3D-puukuitukonetta, jonka tuotteilla voi kilpailla muovista tehtyjen pakkausten tai tuotteiden kanssa. Puukuidusta tehdyt tuotteet ovat ekologisempia kuin muovista tehdyt ja näin ollen koneen kehitys tukee kestävää kehitystä. Yritys haluaa tutkia miten kannattaa yhdistää tehdasrakennus ja koneet samaan kokonaisuuteen, jolloin se helpottaisi huomattavasti asiakkaan konehankintaprosessia.

Prosessitekniikan laitevalmistaja lähestyi Jyväskylän ammattikorkeakoulua projektin kanssa ja JAMK esitti projektin opiskelijoille opinnäytetyönä. Tutkimuksessa selvitettiin miten modulaarisen koneen layoutin voi integroida tehdaskokonaisuuteen yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan kanssa. Opinnäytetyön yhteistyö toteutettiin niin, että tämä tutkimus tehtiin konetekniikan näkökulmasta ja siihen yhdistettiin rakennustekniikan tutkimuksesta esiin tulleet rajoitteet ja vaatimukset.

Kehittämistutkimuksessa kerättiin tietoa prosessitekniikan laitevalmistajan aikaisemmista tutkimuksista, haastattelusta, kirjallisuudesta ja koneen prototyyppiä havainnoimalla. Edellä mainittujen menetelmien lisäksi otettiin huomioon rakennustekniset rajoitteet, jolloin tulokseksi valmistui tehtaan kanssa yhteensopiva kone layout suunnitelma. Kone layout on myös suunniteltu modulaarisuus huomioon otettuna niin, että puukuitutehdasta tilattaessa sitä on modulaarisesti helppo laajentaa tarpeen mukaisesti. Johtopäätöksenä löytyi perusteltu suunnitelma koneiden ja tehtaan integroimiseen ja koneen kehitystyö meni askeleen eteenpäin.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Layout, Modulaarisuus, Kehittämistutkimus, Laajennettavuus, Prosessitekniikka, Prosessiteollisuus

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Liitteet 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 on salassa pidettäviä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/199924§, kohta 17, yrityksen liike- ja ammattisalaisuus sekä kohta 21, teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 23.5.2032.

**Jani Koskela**

### **Title and possible subtitle**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2020, 52 + 8 pages

Engineering and technology. Mechanical engineering. bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The original technology equipment manufacturer (OEM) is developing a new type of 3D wood fiber machine. Products made with this machine can compete with plastic packaging or products made of plastic. Products made of wood fiber are more ecological than plastic products and therefore the development of the machine supports sustainable development. The company wants to research is it worth combining the factory building and machinery into the same complex, which would greatly facilitate the customer's machinery purchase process.

The process engineering equipment manufacturer approached Jyväskylä University of Applied Sciences with the project and JAMK presented the project to students as a thesis. The study explored how to integrate a modular machine layout into a factory complex in collaboration with a civil engineering student. The cooperation in the thesis was carried out so that this research was conducted from the point of view of mechanical engineering and combined with the constraints and requirements that arose from the construction engineering research. As a result, two theses on the same subject were made but with different perspectives.

The development research collected information from previous studies of the process engineering equipment manufacturer, interview, literature, and observation of the machine prototype. In addition to the above methods, construction constraints were considered, resulting in the completion of a machine layout plan compatible with the factory. The machine layout is also designed with modularity taken into account so that when ordering a fiber factory, it is modularly easy to expand as needed. As a conclusion, a well-founded plan was found for integrating machinery and factory, and the development work on the machine went a step forward.

### **Keywords/tags (subjects)**

Process engineering, Process industry, Layout, Design-based research, Expandability, Modularity

### **Miscellaneous (Confidential information)**

Appendices 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 is confidential and removed from the public thesis. The basis for secrecy is section 24(17, 21) of the Act on the Openness of Government activities (621/1999), a company's business or trade secret, and information on technological or other development work and their evaluation. The period of secrecy is ten (10) years, the secrecy will end on 23.05.2032.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta .....	4
1.2	Tavoitteet ja rajaus.....	4
<b>2</b>	<b>Toimeksiantaja</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>6</b>
3.1	Tutkimusongelma.....	6
3.2	Tutkimuskysymykset .....	7
<b>4</b>	<b>Tuotekehitystoiminta</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Kehittämistutkimus</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Haastattelu</b> .....	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Layout-suunnittelu</b> .....	<b>14</b>
7.1	Layout-suunnittelu tuotantostrategian perusteella .....	14
7.2	Layout suunnittelu moduloinnin näkökulmasta .....	16
<b>8</b>	<b>Paperi ja pahvi</b> .....	<b>18</b>
8.1	Paperi ja pahvi pakkausmateriaalina .....	19
<b>9</b>	<b>Puukuitumuotti prosessi</b> .....	<b>19</b>
9.1	3D-puukuitu koneen prosessi .....	21
9.2	Paperimassan valmistus 3D-puukuitukoneelle .....	21
9.3	Paperimassan käyttöprosessi koneessa .....	23
<b>10</b>	<b>Optimaalisen layoutin analysointi eri näkökulmista</b> .....	<b>26</b>
10.1	Benchmarking.....	26
10.2	Haastattelun analysointi .....	28
10.3	Koneen layout vaihtoehtojen analysointi pistematriisilla .....	29
10.4	Tehtaan moduulit.....	34
10.5	Koneen moduulin sijoittelu tehtaaseen ja koon analysointi .....	37
10.6	3D-puukuitukoneen ja pulpperin tehokkuuden tarkastelu .....	42
<b>11</b>	<b>Johtopäätökset</b> .....	<b>43</b>
11.1	Optimaalinen layout-versio koneiden näkökulmasta .....	44
<b>12</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>46</b>
12.1	Jatkotoimenpiteet .....	46
12.2	Eettisyys.....	47
12.3	Luotettavuus .....	48
12.4	SWOT- analyysi.....	49

12.4.1	Vahvuudet.....	49
12.4.2	Heikkoudet:.....	50
12.4.3	Mahdollisuudet.....	50
12.4.4	Uhat/ haastet.....	50
<b>Lähteet</b>	.....	<b>52</b>
<b>Liitteet</b>	.....	<b>54</b>
Liite 1.	Teemahaastattelun runko (Salassa pidettävä).....	54
Liite 2.	Kyselylomake (Salassa pidettävä).....	55
Liite 3	Laitteiden ja tilojen ominaisuuksia (Salassa pidettävä) .....	56
Liite 3	haastattelun tulokset (Salassa pidettävä) .....	57
Liite 5	kaksirivinen kone layout (Salassa pidettävä).....	58
Liite 6	Yksirivinen tehdaslayout (Salassa pidettävä) .....	59
Liite 7	Kaksirivisen layoutin dimensiot (Salassa pidettävä).....	60
Liite 8	Yksirivisen konelinjan sivukuva (Salassa pidettävä) .....	61
<b>Kuviot</b>		
Kuvio 1	Ongelmanratkaisumenetelmän runko (Hietikko 2015, 96) .....	8
Kuvio 2	Naulaimen jakaminen sisään ja ulostuloihin ja sen jatkoanalyysi (Hietikko 2015, 104)..	9
Kuvio 3	Esimerkki pisteytysmatriisi (Hietikko 2015, 110) .....	11
Kuvio 4	Kehittämistutkimuksen- ja yleinen opinnäytetyön rakenne (Kananen 2015) .....	12
Kuvio 5	Teemahaastattelu (Kananen, 2015).....	13
Kuvio 6	Kaavio havainnollistaa miten modularisaatio mahdollistaa joustavuuden ja samalla vähentää monimutkaisuutta tuotteen valmistuksessa. (Martin 2021) .....	17
Kuvio 7	Paperimassan muottiinpuristus (Dione 2020, 17) .....	20
Kuvio 8	Mekaaninen paperimassan valmistusprosessi (Siira 2020, 23).....	22
Kuvio 9	Puun kuitujen erottelu toisistaan kuiduttimessa. (Siira 2020, 24) .....	22
Kuvio 10	Kemiallinen paperimassan prosessi (Knowpap n.d) .....	23
Kuvio 11	Märkäpuristusprosessi (Siira 2020, 35).....	24
Kuvio 12	Toimeksiantajan kuitukoneen luonnos.....	25
Kuvio 13	Esimerkki muotin materiaalista. (Siira 2020, 36) .....	25
Kuvio 14	Esimerkki muotin materiaalista. (Siira 2020, 36) .....	26
Kuvio 15	Rinnakkainen layout (Manufacturing systems: plastic n.d.) .....	27
Kuvio 16	Vastakkain (lopputuotepuoli) (Manufacturing systems: plastic n.d.).....	27
Kuvio 17	Vastakkain (materiaalin syöttöpuoli) (Manufacturing systems: plastic n.d). .....	28
Kuvio 18	Layoutvaihtoehto 1 .....	30

Kuvio 19 Layoutvaihtoehto 2 .....	30
Kuvio 20 Layoutvaihtoehto 3 .....	31
Kuvio 21 Layoutvaihtoehto 4 .....	31
Kuvio 22 layoutvaihtoehto 5 (kahdessa kerroksessa).....	32
Kuvio 23 Tehtaan tilat .....	34
Kuvio 24 Relaatio piirros .....	35
Kuvio 25 Uudelleen järjestetty suhdekaavio .....	36
Kuvio 26 Tehtaan moduulit.....	37
Kuvio 27 Pilareiden ja koneen sijoitteluvaihtoehto .....	38
Kuvio 28 Pilariden ja koneiden sijoitteluvaihtoehto (modifioitu).....	39
Kuvio 29 Laajennettu layout .....	40
Kuvio 30 Yhden konerivin layout .....	41
Kuvio 31 Kahden konerivin layout .....	41
Kuvio 32 Valmis tehdaslayout .....	45
Kuvio 33 SWOT-analyysi.....	51

## **Taulukot**

Taulukko 1 Tutkimuskysymykset .....	7
Taulukko 2 Spesifikaatiot pisteytysmatriisiin.....	29
Taulukko 3 Pisteytysmatriisi .....	32

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Prosessitekniikan laitevalmistaja on saanut asiakkailtaan toiveen järjestää ns. avaimet käteen palvelu laitevalmistajan kehittämän puukuitu koneen ja tehdasrakennuksen valmiista toimituksesta. Toimeksiantaja haluaa tutkia tuotteen jatkokehityksen kannattavuutta ja tutkia voittaako integroidun tehtaan mahdollinen tuotto kehittämisestä aiheutuvat taloudelliset riskit. Tämä projekti tehdään yhteistyössä rakennusalan opiskelijan kanssa.

Tämä opinnäytetyö keskittyy kehittämään puukuitukoneen layout-suunnitteluun koneen toiminnan ja prosessin näkökulmasta ja toinen samasta aiheesta tehtävä työ tehdään rakennusteknisestä näkökulmasta. Työn yhteisenä osuutena yhteensovitettiin kone- ja rakennustekniikan kokonaisuuksia muodostamalla tuotannon layouteja. Tuotannon layoutilla tarkoitetaan tuotantotilan järjestelyä, eli miten laitteistot, työskentely paikat, varastointitilat, kulkureitit sekä muut tarvittavat moduulit on aseteltu tehtaaseen. (Tuotannon layout n.d.) Tämä kappale on tuotettu yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan kanssa, ja näkyy siksi plagioinnin tarkastuksessa. Rakennustekniikan opinnäytetyön nimi on puukuitupakkaustehtaan modulaarisen konseptin kehittäminen (Åkerlund, 2022)

Tuotannon layout on yksi osa tuotekehitystutkimusta, jonka toimeksiantaja haluaa tehdä. Kehitys on jatkunut muutaman vuoden ja toimeksiantaja on kehittänyt toimivan koneen demotehtaalalle, jossa sitä parhaillaan testataan ja kerätään informaatiota. Kerätyllä informaatiolla voidaan jatkokehittää ideaalista tehdasta, mahdollistetaan tarkempi kustannusanalyysi sekä mahdollisimman optimaalinen tuotanto.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tutkimustyön tarkoitus on selvittää miten ja miksi tehtaan integrointi kannattaa tehdä, sillä toimeksiantaja ei tiedä vielä onko se kannattavaa jatkokehittää. Toimeksiantaja on saanut asiakkailtaan toiveen, että he haluaisivat avaimet käteen konseptin niin, että tehdasrakennus ja laite tulisivat samassa paketissa.

Tutkimuksella pyritään selvittämään erilaisia ratkaisuja tehtaan ja koneen integroinnista ja optimoimaan kokonaisuutta, sekä löytämään rajoittavia tekijöitä, miten rakennuksen ja koneen muodostama kokonaisuus tulisi toteuttaa. Tavoitteena työssä on selvittää ja tuottaa mahdollisimman hyvät perustelut tehtaan ja tuotteen integroinnin jatkokehittämistä varten ja tämä vaatii visuaalisen mallin sekä kirjallisen perustelun, joka tuotetaan perustuen aikaisempiin aiheesta tehtyihin opinnäytetöihin, kirjallisuuslähteisiin, toimeksiantajan aikaisempiin tutkimuksiin, paperiteollisuuden tietokantaan, haastatteluihin sekä havainnointiin.

Tutkimuksessa analysoidaan kannattavuutta asenta tehdas kerrokseen sekä kuinka monta laitetta kannattaa laittaa yhteen tehdasmoduuliin. Tutkimuksessa otetaan huomioon vastaavien yritysten benchmarkkaukset, sekä rajoittavia tekijöitä rakentamisen ja koneen vaatimusten kannalta.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada perusteltuja tuotannon layout-ratkaisuja, jotka perustuvat tuotannon tehokkuuteen materiaalivirtojen ja huollon näkökulmasta. Lisäksi otetaan huomioon rajoitteet rakennusteknisestä näkökulmasta, joita saadaan yhteistyössä rakennusteknisen opiskelijan työstä. Yhteistyön tarkoitus on saada laaja ja monialainen työ ja siitä on yritykselle x paljon hyötyä, varsinkin kun toimeksiantajalla ei ole juurikaan osaamista rakentamisesta. Työssä käsiteltävä uusi toimeksiantajan kehittämä puukuitu demokone halutaan laajentaa tehtäksi ja etsitään siihen layout-ratkaisuja niin, että koneet ja tehdas toimisivat mahdollisimman hyvin yhdessä.

Työn tutkimustulokset ovat erilaisia skenaarioita tuotannon layouteista perustuen esimerkiksi koneiden lukumäärään ja raaka-aineiden käsittelykoneiden sijoitteluun. Tuloksien perusteella mallinetaan 2D-layoutteja sekä karkea 3D-malli tehtaasta ja koneista. Toimeksiantaja ei vaadi mallinuksien tarkkuuden olevan tarkkoja, vaan ideana on perustellusti valmistaa suuntaa antavia ratkaisuja ja skenaarioita. Perustelujen avulla voidaan karkeasti analysoida puukuitukoneen ja tehdasrakennuksen rakentamisen kannattavuutta.

Tämä opinnäytetyö rajattiin koneen huollon ja käytön tarvitseman tilan analysointiin ja tämän informaation pohjalta tehtyyn tilantarpeeseen. Työssä tarkastellaan materiaalivirtojen ja muotinvaihtojen perusteella, miten tehdas eri osat tulisi sijoittaa koneiden kanssa. Prosessiteknikan yrityksen tarjoamat materiaalit sisältävät koneiden dimensioiden arviot, sekä karkeasti niiden sisään ja ulostulot. Edellä mainittujen tutkimusten pohjalta voidaan perustellusti tuottaa koneen layout



ratkaisu, joka on suuntaa antava suunnitelma. Suunnitelmaa käytetään konseptin jatkokehitykseen myöhemmin. Tietojen puutteen vuoksi ei voida kuitenkaan tehdä valmista layoutratkaisua. Opinnäytetyössä käsiteltävä tehdas on suuri kokonaisuus, joten tämän työn rajaus tehdään perustuen arvioon opinnäytetyön ohjeelliseen laajuuteen. Tässä työssä koneen layoutratkaisu tuotetaan tarkemmin ja loput tehdään ja koneen tarvitsemat huoneistot ja laitteistot otetaan huomioon vain niiden tilantarpeen perusteella. Lisäksi tutkimuksesta rajataan koneen jatkokehityksestä mahdollisesti johtuvat tilantarpeen muutokset tulevaisuudessa. Koneen tarvitsemat putkituksen, sähkövetojen ja ilmanvaihdon tarkempi tutkiminen rajataan työstä pois, sillä ei ole varmaa tietoa niiden dimensioista ja vaatimuksista.

Rakennusalan opiskelija tekee toisen opinnäytetyön itse tehdasrakennuksen suunnittelusta tämän opinnäytetyön pohjalta saatujen tietojen perusteella. Tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa rakennuksen teknisiin asioihin ja vaatimuksiin, sillä rakennuksen vaatimuksia tarkastellaan yhdessä rakennustekniikan insinööriopiskelijan kanssa. Rajaus perustuu opiskelijoiden osaamisalueeseen, toisen ollessa konetekniikan puolen asiantuntijan roolissa ja toinen rakentamisen asiantuntijana.

## **2 Toimeksiantaja**

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Jyväskylän ammattikorkeakoulu. JAMK on saanut prosessiteollisuuden laitevalmistajalta pyynnön tuottaa monialainen opinnäytetyö koneinsinöörin ja rakennusinsinöörin toimesta. JAMK kokosi kahden opiskelijan tiimin ja työtä lähdettiin toteuttamaan toimeksiantajan kanssa.

## **3 Tutkimusasetelma**

### **3.1 Tutkimusongelma**

Toimeksiantaja on rakentanut demotehtaan, jossa on täysimittainen 3D-puukuitukone toiminnassa ja tällä hetkellä heidän tarkoituksensa on alustavasti suunnitella ja optimoida tulevan tehtaan layouttia. Laitteen ollessa uusi ja informaatiota ei ole vielä tarpeeksi saatavilla, ideaalista tehdaslayouttia ei ole mahdollista vielä kehittää. Tästä syystä tutkimusongelma on tässä

opinnäytetyössä sellaisten seikkojen huomioiminen, jotka voisivat vaikuttaa tehtaan rakentamiseen. Pyritään siis selvittämään saatavilla olevien tietojen perusteella sääntöjä ja rajoitteita kyseisen koneen näkökulmasta tehdaslayoutissa.

### 3.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset ohjaavat työn kulkua ja helpottavat pysymään hyvin laajan aihealueen sisällä. Kysymyksiä mietitään työn alussa, mutta ne tarkentuvat työn edetessä. Opinnäytetyön alkuvaiheessa kysymykset ovat kokonaisvaltaisia ja helpottavat pääsemään aihealueen sisään. Alkuvaiheen kysymykset saadaan toimeksiantajan ensimmäisessä työn esittelypalaverissa. Taulukko 1 esittää tutkimuskysymykset.

Taulukko 1 Tutkimuskysymykset

Montako 3D- puukuitu konetta on optimaalisinta laittaa tehdashalliin ja mikä on moduulikoko?
Miten tehdaslayout kannattaa toteuttaa materiaalivirtojen näkökulmasta?
Miten raaka-aineosasto ja sen osat kannattaa sijoittaa 3D-puukuitukoneiden toiminnan näkökulmasta?

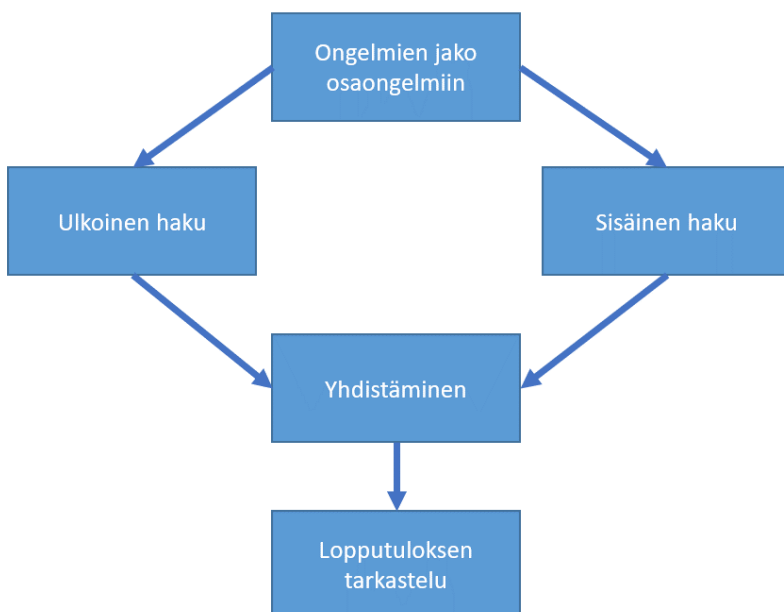
Edellä mainittuja tutkimuskysymyksiä käytetään ja tarkennetaan työn edetessä ja työ tehdään kysymyksiin tukeutuen sekä pyritään perustellusti niihin vastaamaan.

## 4 Tuotekehitystoiminta

Tässä opinnäytetyössä ei varsinaisesti kehitetä tuotetta, vaan enemmänkin analysoidaan tuotekokonaisuuteen vaikuttavia asioita. Tuotekokonaisuus on tässä tapauksessa tehdas layout, johon vai-

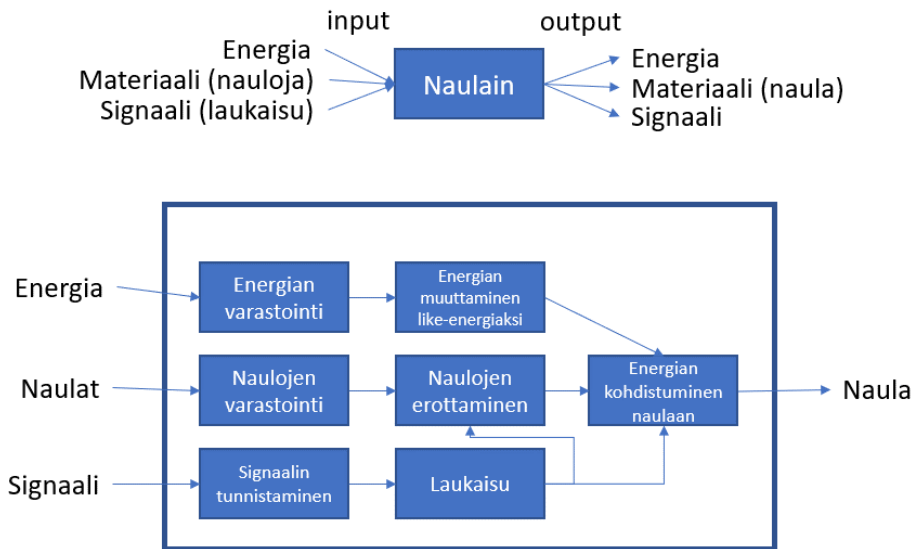
kuttaa monia seikkoja. Tehdas layoutin kehittämiseen voidaan kuitenkin soveltamalla käyttää erilaisia tuotekehitysmetodeja, joita tässä luvussa käsitellään. Tässä luvussa käsitellään myös erilaisia prosessien osia, joita voidaan käyttää tuotekehityksessä.

Ensimmäinen vaihe jokaisessa ongelmanratkaisun tai kehitysprosessin alussa on ongelman tai tarpeen ymmärtäminen ja opiskelu. Mital, A (2008) ja Hietikko (2015) selittävät tuotekehityksen vaiheita, joissa molemmissa painotetaan, että tuotekehitys on hyvä aloittaa ongelman tai tarpeen mahdollisimman hyvästä ymmärryksestä. Ongelma tai tarve kannattaa jakaa osiin, joista voidaan muodostaa esimerkiksi tutkimuskysymyksiä. Osaongelmien kysymykset on helpompi käsitellä kuin suurempi kokonaisuus. Osaongelmiin etsitään tämän jälkeen ratkaisua ulkoisella ja sisäisellä haulla. Ulkoinen haku tarkoittaa tiedon etsintää esimerkiksi internetistä tai patenttitietokannoista. Sisäinen haku tarkoittaa ratkaisujen hakemista käyttäen erilaisia tuotekehitys ja ongelmanratkaisumenetelmiä. Kuvio 1 havainnollistaa tämän menetelmän rakenteen. (Hietikko 2015, 102; Mital ym. 2008, 60.)



Kuvio 1 Ongelmanratkaisumenetelmän runko (Hietikko 2015, 96)

Kokonaista tutkimusongelmaa voidaan aloittaa tarkastelemalla ensin muodostamalla siitä eräänlainen laatikko, johon liitetään tarvittavia sisään ja ulostuloja. Tällä saadaan aikaiseksi systemaattinen tapa lähestyä ongelman jakoa pienempiin osiin. Esimerkkinä naulaimen jako sisään ja ulostuloihin esitetään Kuvio 2:ssa. (Hietikko 2015, 103.)



Kuvio 2 Naulaimen jakaminen sisään ja ulostuloihin ja sen jatkoanalyysi (Hietikko 2015, 104)

Tätä menetelmää sovelletaan tässä työssä layout suunnitteluun, vaikka menetelmä on ensisijaisesti käytetty tuotekehittelyssä. Tällä menetelmällä on mahdollista jäsentellä yrityksen x koneen tarpeita, sekä voidaan luonnostella esimerkiksi moduuleja erilaisten tarpeiden perusteella. Lisäksi luonnosten luomistyössä käytetään aluksi usein kynää ja paperia sekä visuaalisia luomisohjelmistoja (Hietikko 2015, 103).

Brainstorming on hyvin yleinen ja monesti käytetty ideointimenetelmä, josta on myös johdettu muitakin menetelmiä. Brainstorming- eli aivoriihimenetelmässä on tarkoitus kerätä mahdollisimman monta ideaa lyhyessä ajassa, joka yleensä suositellaan olevan maksimissaan 45 minuuttia, sillä ihmiset eivät jaksu ajatella luovasti määräänsä enempää. Aivoriihiprosessi alkaa keräämällä erilaisia ideoita, joita ei saa muut aivoriihiprosessissa olevat arvostella. Mitä lennokkaampia ja ns. laatikon ulkopuolelta ajateltuja ideoita on, sen parempi. Tällä tavoin voidaan maksimoida ihmisen luovuus. Aivoriihin aikana on myös hyvä painottaa että, ympäristö on mahdollisimman ystävällinen ja avoin ideoiden luontiin. (Hietikko 2015, 96–97; Phal ym. 2013, 77; Mital ym. 2008, 63.)

Delphi Method on tarkoitettu tarkempien ideoiden kehittämiseen ja se keskittyy asiantuntijoiden mielipiteisiin ja ammattitaitoon. Metodi toimii kysymällä kolmella kierroksella tarkentavia kysymyksiä ongelmaan liittyen. Ensimmäisellä kierroksella kysytään lähtökohtia ongelman ratkaisemiseksi ja pyydetään olemaan spontaani. Toisella kierroksella on kerätty lista ensimmäiseltä kierrokselta ja niitä analysoidaan pidemmälle lisäämällä listaan lisää ideoita ongelman ratkaisemiseksi ensimmäisen kierroksen perusteella. Kolmas ja viimeinen kierroksen aikana käsitellään ensimmäisen ja toisen kierroksen aikana saatu lista ja valitaan niistä soveltuvimmat. Kierroksien kysymykset tulee suunnitella tarkoin varsinkin, kun suunnitellaan uutta tuotetta tai prosessia, sillä Delphi metod soveltuu silloin perusteelliseen ongelman ratkaisutyöhön. (Phal ym. 2013, 79.)

Ideointimenetelmiä on useita ja ne soveltuvat erilaisten ongelmien ratkaisemiseen paremmin kuin toiset. Usein onkin parempi käyttää monen menetelmän yhdistelmää, joka mahdollistaa suuremman määrän uusia ideoita ja ratkaisuja (Phal ym. 2013, 79). Tässä opinnäytetyössä valikoitui edellä käsitellyt menetöt, koska ne palvelevat tämän työn aiheen ongelman ratkaisun löytämistä parhaiten. Delphi method toimii tässä työssä hyvin, sillä aiheeseen on tutustuttu, käyty tehtaalla havainnoimassa ja tehty yhteistyötä rakennusalan insinööriopiskelijan kanssa. Tämän perusteella voidaan todeta, että ymmärrys aiheesta on riittävä, jotta voidaan analysoida ongelmaa perusteellisemmin ja löytää siihen perusteltuja ratkaisuja. Lisäksi tämän metodin yhdistäminen brainstormingiin, saadaan tehokkaasti ideoitua erilaisia ratkaisuja, joita voidaan toisaalta analysoida Delphi metodin avulla. Aikaisemmin todettiin, että ongelmanratkaisumenetelmiä on useita, mutta tähän opinnäytetyöhön valikoituneet menetelmät valittiin niiden soveltuvuuden ja opinnäytetyön tekijöiden käytännön kokemuksen perusteella. Käytetyt menetelmät ovat tarkoitettu ryhmille, mutta yhteistyöopiskelijan kanssa sovittiin käyttää soveltaen näitä menetelmiä kahdestaan.

Ideoiden evaluointi tehdään usein käyttämällä matriisimenetelmää, jolla voidaan pisteyttää erilaisia ratkaisuja. Käytännössä luodaan matriisi, johon laitetaan ideat ja arvostelukriteerit. Ideoita voidaan tämän jälkeen pisteyttää erilaisilla arviointiasteikoilla, jolloin lopputuloksena saadaan summattujen pisteiden avulla parhaat vaihtoehdot. Pisteitä voidaan myös painottaa kertoimilla sen mukaan, miten tärkeitä eri kriteerit ovat tuotteelle. Katso esimerkki Kuvio 3 (Hietikko 2015, 109–111.)

	Tärkeys	Luonnokset									
		A		B		C		D		E	
Spesifikaatiot		Suorituskyky	Painotus	Suorituskyky	Painotus	Suorituskyky	Painotus	Suorituskyky	Painotus	Suorituskyky	Painotus
Kosteuden pääsy hormiin (%)	7	12	82	9	62	10	69	11	76	15	103
Säädettävyyssportaita hormin koon mukaan (KPL)	12	2	23	5	58	5	58	2	23	1	12
Materiaali korroosionkestävää (on/ei)	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5
Tuulen kesto (m/s)	7	20	139	25	174	25	174	25	174	18	125
Ulkonaön miellyttävyys (subj.)	8	3	25	3	25	2	17	2	17	1	8
Asennusvaiheiden lukumäärä (KPL)	6	3	17	3	17	3	17	2	11	1	6
Asennustyökalujen määrä (KPL)	6	1	6	1	6	1	6	2	11	1	6
Massa (kg)	4	8	29	12	44	12	44	6	22	5	18
Osien lukumäärä (KPL)	4	5	19	5	19	4	15	4	15	3	12
Avattavissa (Kyllä/Ei)	7	1	7	1	7	0	0	0	0	0	0
Äänettömyys (dB)	6	24	147	24	147	24	147	34	208	23	141
Talon arvon kasvu (€)	13	800	10009	450	5630	350	4379	300	3754	350	4379
Toimii TV-antennina (Kyllä/Ei)	8	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Raon säätövara	9	50	461	60	553	70	645	55	507	65	599
	0	0	0		0		0		0		0
	0	0	0		0		0		0		0
Painotus yhteensä			10978		6747		5576		4823		5413
Sijointus			1		2		3		5		4
Jatkoon?			Kyllä		Ehkä		Ei		Ei		Ei

Kuvio 3 Esimerkki pisteytysmatriisi (Hietikko 2015, 110)

## 5 Kehittämistutkimus

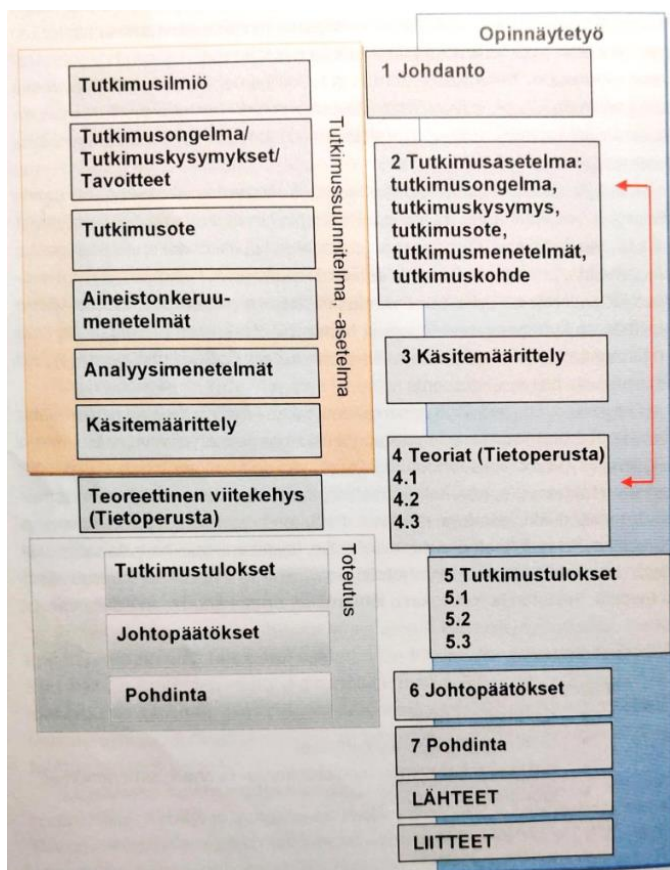
Kehittämistutkimuksessa pyritään ratkaisemaan tutkittava ongelma vastaamalla tutkimuskysymyksiin. Tutkimustyöprosessi alkaa ensin selvittämällä tutkittava ongelma, jolla pyritään saavuttamaan ratkaisu. Tavoitteena on siis pyrkiä parantavaan muutokseen tai ongelman poistamiseen. Tutkimusongelma vaatii yleensä syventävää tarkastelua, jotta löytyy todellinen ongelman aiheuttaja. (Kananen, 2015.)

Kehittämistutkimus on tieteellinen tutkimusmuoto, jolloin se tarvitsee työkaluja sen toteuttamiseen. Kyseiset työkalut pitävät sisällään erilaisia käsitteitä ja menetelmiä. Onkin tärkeää tutkimuksen etenemisen kannalta määritellä tarkasti tutkimuksessa käytettävät käsitteet. Ulkopuoliset lukijat ymmärtävät silloin paremmin tutkimuksessa käsiteltävän aiheen. (Kananen, 2015.)

Tutkimuksen voi jaotella karkeasti kahteen erilaiseen menetelmään, laadulliseen ja määrälliseen tutkimukseen. Määrällinen tutkimus perustuu laajoihin datamääriin ja kyselyihin. Laadullinen tutkimus, kuten myös tämä opinnäytetyö, perustuu havainnointiin haastatteluihin ja dokumentointiin. Aineiston keruun jälkeen voidaan analysoida erilaisilla analyysimenetelmillä, joiden tulosten perusteella pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. (Kananen, 2015.)

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin mukailleen seuraamaan tutkimusprosessia, joka koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen osio on tutkimusasetelma, jossa selvitetään tutkimusongelma ja kysymykset sekä aineistonkeruumenetelmä.

Toinen osio on tietoperusta, jossa käsitellään opinnäytetyössä käytettyä tietoperustan sisältöä tarkemmin, sekä tehdään siitä johtopäätöksiä, miten tätä voidaan käyttää ja soveltaa tässä opinnäytetyössä. Rakenne on havainnollistettu tarkemmin alla (ks. Kuvio 4). Punainen nuoli merkitsee teoriaa ja tutkimusasetelma otsikoiden paikkaa. Kehittämistutkimuksessa rakenne on esitetty oikein kuviossa 4, mutta perinteisessä tutkimuksessa teoriaosio tulee heti johdannon jälkeen.



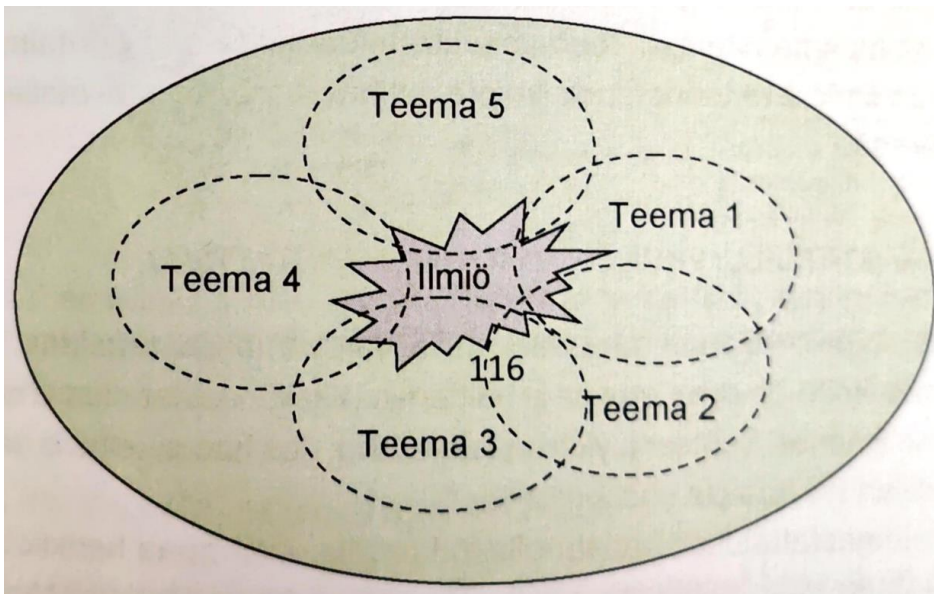
Kuvio 4 Kehittämistutkimuksen- ja yleinen opinnäytetyön rakenne (Kananen 2015)

Tutkimusprosessin jälkeen analysoidaan kerättyä dataa ja tuloksia sekä tehdään johtopäätökset. Tässä osiossa selvitetään opinnäytetyön tulokset ja pohditaan niitä.

## 6 Haastattelu

Kehittämistutkimuksessa pyritään saamaan asianomaisten näkemys ja taustatietoa tutkimusongelmasta. Tavallisesti tiedonkeruuseen käytetään haastatteluja. Haastattelumuotoja on erilaisia, kuten esimerkiksi strukturoitu haastattelu tai strukturoimaton teemahaastattelu. Strukturoitu haastattelu on valmiiksi tehty kysely, jossa kysymykset on laitettu tiukkaan järjestykseen ja haastatteluprosessi on aina sama. Strukturoidussa haastattelussa on tarkoitus minimoida haastateltavan vaikutus tuloksiin. (Kananen 2015.)

Kehittämistutkimuksessa käytetyin on strukturoimaton teemahaastattelu. Teemahaastattelu on vapaampi kysymysten suhteen. Haastattelu on enemmänkin keskustelu, jossa käydään läpi haastateltavan kanssa ennalta määritetyt teemat. Teemat käsittelevät tutkittavaa ongelmaa, ja niillä pyritään saamaan haastateltavalta vastauksia ja tietoa tutkimusongelman ratkaisua varten (ks. Kuvio 5). (Kananen 2015.)



Kuvio 5 Teemahaastattelu (Kananen, 2015)

Teemahaastattelu soveltuu tähän opinnäytetyöhön parhaiten, sillä kyseisellä haastattelumuodolla on mahdollista saada paljon kattavampi näkemys tutkittavasta asiasta, kuin esimerkiksi valmiiksi



tiukasti suunnitellulla kyselylomakkeella. Lisäksi haastateltava, joka on pääsuunnittelija prosessitekniikan yrityksessä, on ollut kehittämisprosessissa tiiviisti mukana ja on näin ollen pätevä haastateltava (Kempainen, 2022).

Teemat haastattelussa ovat laaja-alaisia aiheita ja niihin ei voi vastata lyhyesti. Teemoihin voidaan miettiä etukäteen keskustelua ohjaavia kysymyksiä, joiden tarkoitus on auttaa keskustelua pysymään aiheessa, sekä selvittämään tutkimusongelmaa. Haastattelussa on kuitenkin toivottavaa, että tarkentavia kysymyksiä ilmaantuu keskustelun aikana lisää. Jotta teemahaastattelu voidaan toteuttaa, täytyy haastattelijalla olla käsitys tutkittavasta ongelmasta. (Kananen, 2015.)

Tässä opinnäytetyössä käytettävä teemahaastattelu seurasi haastattelusuunnitelmaa sekä teemahaastattelun runkoa (ks. Liite 1 ja 2). Näistä dokumenteista löytyivät haastattelun tiedot, sekä teemat kysymyksineen. Haastattelu tallennettiin muistiinpanoja tekemällä. Muistiinpanoista tehtiin litterointi ja se hyväksyttiin toimeksiantajan toimesta.

## **7 Layout-suunnittelu**

Tehdaslayoutin suunnittelussa tulee ottaa huomioon monenlaisia seikkoja ja tietoa esimerkiksi tehtävän tuotteen vaatimuksista, menekistä, myynnistä yms. tulee olla mahdollisimman paljon. Saatavilla olevan tiedon perusteella tehdään layout suunnitelma mahdollisimman optimoiduksi jo valmiiksi ja mitä vähemmän suunnitteluvirheitä rakennettavassa tehtaassa on, sitä enemmän voidaan säästää rahaa. Isojen muutosten tekeminen jälkikäteen on todennäköisesti kalliimpaa, kuin tekemällä oikeat valinnat rakentamisen suunnitteluvaiheessa.

### **7.1 Layout-suunnittelu tuotantostrategian perusteella**

Tehtaan tuotantostrategia voidaan Miltenburgin, 2005 mukaan jakaa kuuteen osaan, joita ovat:

1. talouden näkökulma
2. laatu
3. suorituskykyinen tuote (performance)
4. toimitus
5. joustavuus
6. innovaatio.

(Miltenburg, 2005, 45–51.)

Talouden näkökulmasta tarkasteltuna halutaan tuotantokulut mahdollisimman pieneksi, jolloin saadaan tuotteen lopullista hintaa myös alemmaksi ja näin ollen kilpailukykyisemmäksi. Kilpailu tässä kategoriassa voidaan toteuttaa optimoimalla tuotantojärjestelmää sekä raaka-aineiden ominaisuuksia. Käytettävä raaka-aine olisi optimaalista olla halvin mahdollinen vaihtoehto, mutta kuitenkin niin, että tuotteen laatu pysyy riittävänä ja sitä on mahdollista hyvin käsitellä tuotannossa. Tuotannon kuluihin vaikuttaa myös suuresti tuotannon käyttöaste ja automatisointi. Lisäksi työntekijöiden käyttöön on kustannustehokasta löytää tehokas ratkaisu. Esimerkiksi työntekijöiden so-pivat ja riittävät työtavat ja asennot tehostavat tuotantoa ja näin ollen vähentää tehtaan kuluja. (Miltenburg, 2005, 45–51.) Tämä opinnäytetyö tarkastelee tätä kyseistä näkökulmaa tutkimalla, miten tehtaan ja koneen integraatio voidaan tehdä mahdollisimman kustannustehokkaaksi minimoimalla materiaalivirran matkaa, parantamalla modulaarisuutta ja lisäämällä layoutin toimivuutta, kun konetta käytetään.

Termit ”laatu” ja ”erinomainen suorituskyky” liitetään usein samaan asiayhteyteen, mutta niissä on tuotantostrategiassa kuitenkin jonkin verran eroja. Laatu voidaan tarkastella tuotantostrategiasta näkökulmasta esimerkiksi seuraamalla sisäisiä ja ulkoisia vikoja. Sisäiset viat ja virheet tarkoittavat tehtaan sisäisen tuotantoprosessin aikana tapahtuvia vikatiloja tai virheellisiä tuotteita jossain vaiheessa tuotantolinjaa. Tätä mitataan esimerkiksi prosenttiosuutena ehjistä tuotteista. Ulkoisilla vioilla ja virheillä tarkoitetaan käytössä esiintyviä vikatiloja tai virheitä. Laatuun vaikuttaa myös raaka-aineiden ja esimerkiksi osatoimittajien laatu. (Miltenburg, 2005, 45–51.)

Tuotteen suorituskykyä tarkastellaan tehtaan tuotantostrategian pohjalta vertailemalla valmistettavan tuotteen perusominaisuuksia ja erikoisominaisuuksia. Jos esimerkiksi verrataan tätä tapaa autoteollisuuteen, voidaan huomata autoissa isojakin eroja saman mallin välillä. Peruspakettiin kuuluu vain tarvittavat varusteet kuten turvalaitteisto, mutta suorituskyky esimerkiksi rata-ajossa vaatii autolta parempaa varustelua. Suorituskyky eli performanssi usein kustantaa huomattavasti enemmän. (Miltenburg, 2005, 45–51.) On mahdollista tarjota asiakkaalle vain koneen ja asiakas hoitaa itse tilat, jossa sitä käytetään. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin tarkastellaan koneen ja tehtaan integrointia ja tämä toimii itsessään suorituskykyisempänä tuotteena kuin pelkkä kone. Kun

kone ja tehdas on sovitettu tehokkaasti yhteen, kokonaisuutena se ideaalitalanteessa toimii tehokkaammin kuin ilman integrointia.

Toimitus on yksi tärkeimmistä kategorioista tuotannon strategian osia varsinkin nykypäivänä. Tämä liitetään usein myös luotettavuuteen ja stabiliteettiin toimituksissa. Toimituksen luotettavuus perustuu hyvään suunnitteluun, joka takaa, että tuotanto toimii ilman viiveitä tai vähillä odottamattomilla vikatiloilla. Tehokkaan tuotannon takaamiseksi on kehitetty erilaisia strategioita kuten just on time (JOT) tai lean menetelmä. Asiakkaat arvostavat erityisen paljon tilausten ollessa ajallaan. (Miltenburg, 2005, 45-51.) Tehtaan ja koneen integroinnista tulevat logistiset ongelmat on hyvä käsitellä tuotteen jatkokehityksen aikana. Tehtaan modulaarinen rakenne auttaa suunnittelussa ja rakentamisessa huomattavasti. Lisäksi modulaarisuus mahdollistaa tarkan budjetoinnin ja toimituksen suunnittelun, joka parantaa taas toimitusvarmuutta. Toimituksen nopeuteen vaikuttaa myös minkälaisen kokoonpanon asiakas tilaa. Tilaus voi koostua erilaisista moduuleista, joilla on erilainen toimitusaika. Toisaalta koska tuote on modulaarinen kokonaisuus, toimitusajan ennakointi on tarkempaa.

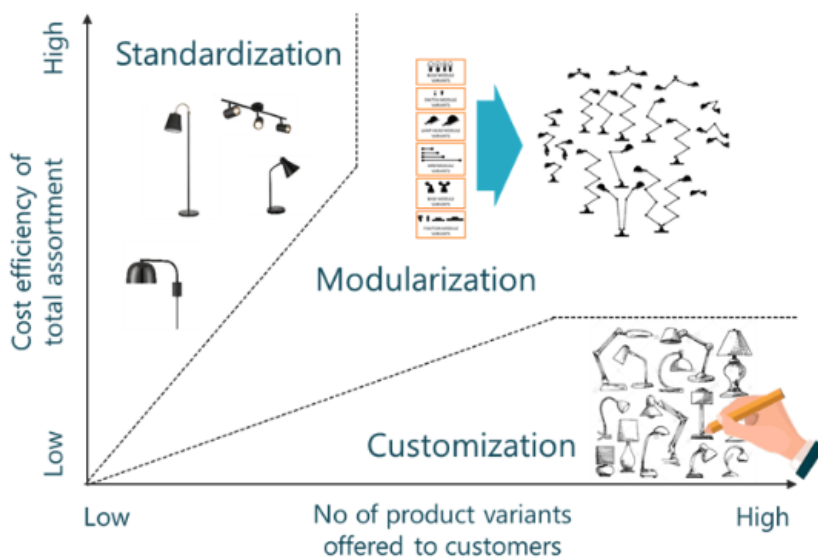
Joustavuus tuotantostrategisessa mielessä tarkoittaa mahdollisuutta muuttaa tuotantoa erilaisille tuotteille. Joustavuuden mahdollistamiseksi asiakkaalle on tiedettävä esimerkiksi mikä on pienin tilausmäärä ja mikä on tehtaan laitteiden asetusajat. Joustavuutta parannetaan usein modulaarisilla, standardisoiduilla laitteilla, joita on suhteellisen helppo mukauttaa haluttua erilaista tuotetta valmistamaan. (Miltenburg, 2005, 45–51.)

Innovaatio käsittelee tuotannon mahdollisuutta tuottaa personoitua tai uutta tuotetta asiakkaalle (Miltenburg, 2005, 45–51). Prosessitekniikan laitevalmistajan puukuitutuote koneen tapauksessa tätä voidaan soveltaa esimerkiksi muottien innovoinnissa asiakkaalle sopivaksi tuotteeksi. Lisäksi puukuitukone ja itse tehdaslayout suunnitellaan modulaariseksi, jolloin erilaisten koneiden konfigurointi on mahdollista asiakkaan tarpeiden mukaiseksi.

## **7.2 Layout suunnittelu moduloinnin näkökulmasta**

Modulointi tarkoittaa tuotteen tai systeemin jakamista pienempiin osiin, jotka voidaan liittää toisiin moduuleihin ja ovat vaihdettavissa esimerkiksi toiseen variaatioon. Tämä mahdollistaa erilais-

ten konfiguraatioiden valmistamisen asiakkaan tarpeiden mukaan. Moduuleista koostuva laite voidaan myös helpommin huoltaa ja uusia, kun ei tarvitse keskittyä kokonaiseen systeemiin. Modularisointi yhdistää standardoitujen ja kustomoitujen tuotteiden parhaat puolet. Standardoitujen ja kustomoitujen tuotteiden vertailu ja miten modulaarisuus vaikuttaa tuotantoon on esitetty kuviossa 6. (Martin T 2021.)



Kuvio 6 Kaavio havainnollistaa miten modularisaatio mahdollistaa joustavuuden ja samalla vähentää monimutkaisuutta tuotteen valmistuksessa. (Martin 2021)

Modulaarista suunnittelutapaa voidaan käyttää tuotteiden lisäksi esimerkiksi layout suunnittelussa. Tähän ajattelutapaan pyritään myös tässä opinnäytetyössä. Hyvä modulaarinen systeemi on joustava, nopea ja tehokas. Lisäksi se on joustava tulevaisuuden muutoksille tai lisäyksille. (Martin 2021.)

Tehokkuus modulaarisessa systeemissä vakauttaa tuotannon kuluja, sillä tuotannon suunnittelu voidaan tehdä pidemmälle aikaa. Esimerkiksi erilaisiin akkulatureihin voidaan käyttää samoja osia, vaikka ne eivät kokonaisuutena olisikaan sama tuote. Tällöin tuotannon suunnittelussa voidaan ottaa tämä huomioon ja tehdä esimerkiksi parempia ennusteita tuotteen menekistä. (Martin 2021.)

Joustavuus modulaarisessa systeemissä mahdollistaa kustomoinnin ja personoinnin asiakasta varten, jolloin asiakas saa parhaimmassa tapauksessa juuri sellaisen tuotteen kuin tarvitaan. Modulaarisen tuotteen kustomointiin käytetään monesti erilaisia ohjelmistoja, joilla asiakas voi valita itselleen haluamansa konfiguraation. (Martin 2021.)

Nopeus modulaarisessa systeemissä mahdollistaa jouhevan vaihdon uuteen versioon tuotteesta tai koneesta. Modulaariseen tuotteeseen ei parhaimmassa tapauksessa tarvitse vaihtaa kuin se moduuli, joka tarvitsee uusia, päivittää tai korjata. (Martin 2021.)

Tässä opinnäytetyössä modulaarisuus otettiin huomioon olemassa olevan modulaarisen koneen liittämiseen modulaarisesti tehdusrakennukseen saumattomasti. Rakennus itsessään koostuisi eri moduuleista, joita voidaan lisätä tarpeen mukaisesti ja siihen pitää perustellusti liittää tuotantomoduuli, joka sisältää koneet. Modulaarisuus konelayoutissa tarvitsee toteutuakseen sääntöjä, jotta konelayout voidaan järkevästi liittää yhteen. Tutkimuksessa selvitettiin minkä kokoisista moduuleista konelayout kannattaisi rakentaa esimerkiksi asiakkaan ostoprosessin helpottamisen ja koneiden käytön perusteella. Lisäksi konelayoutin moduulien rajapinnat täytyi sijoittaa ja suunnitella niin, että ne sopivat yhteen. Konemoduulien tulisi olla mahdollisimman pieniä, jotta asiakkaalle mahdollistetaan joustavuus koneiden tilausmäärissä. Jotta konelayout sopisi yhteen tehdusrakennuksen kanssa, tulee layout suunnitella niin, että sitä on mahdollista laajentaa vaikuttamatta tehtaan muihin moduuleihin negatiivisesti.

Prosessitekniikan laitevalmistajan tilaus- ja toimitusprosessi voidaan suunnitella tarkemmin, kun tiedetään, mitä mihinkin tehtaan moduuliin tarvitaan ja mitkä ovat sen tilavaatimukset. Lisäksi jos tehdaskokonaisuutta päivittäessä suunnitellaan moduulit niin, että ne sopivat vanhempien moduulien kanssa yhteen, se helpottaa kokonaisen tehtaan päivittämistä. Tehtaan ja koneen modulaarisen layoutin suunnitelma tehtiin yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan kanssa.

## **8 Paperi ja pahvi**

Paperia ja paperimassaa valmistetaan puukuidusta. Puukuitu koostuu selluloosasta, hemiselluloosasta sekä ligniinistä. Nämä ainesosat muodostavat erilaisia kuituja järjestäytymällä kerroksiin eri kuituille ominaiseen järjestykseen. Nämä vaikuttavat kuitujen ominaisuuksiin, mutta perusra-

kenne on sama kaikilla puukuiduilla. Paperinvalmistusprosessissa on tarkoitus erottaa kuidut toisistaan sekä muodostaa veden avulla kuiduista yhtenäinen pitkä ja ohut matto. Valmiissa paperissa olevat kuidut ovat kiinnittyneet toisiinsa kemiallisesti ja fysikaalisesti muodostaen kestävästä kuituverkon. (Knowpap 2022.)

## 8.1 Paperi ja pahvi pakkausmateriaalina

Paperimassaa käytetään paljon kuljetuspakkauksien valmistamiseen, sillä se on kestävä, halpaa ja ympäristöystävällistä. Pahville voidaan myös tehdä pintakäsittelyllä vettä hylkivä pinnoite erilaisilla päällysteaineilla. Paperin ja pahvin käytössä pakkausmateriaalina täytyy ottaa huomioon seuraavia ominaisuuksia:

- jäykkyys
- tulostuspinta
- absorboituminen
- litistymisvoima
- vetolujuus
- repeämisen- ja puristumisen vastustusvoima
- rasvan hylkimisominaisuus.

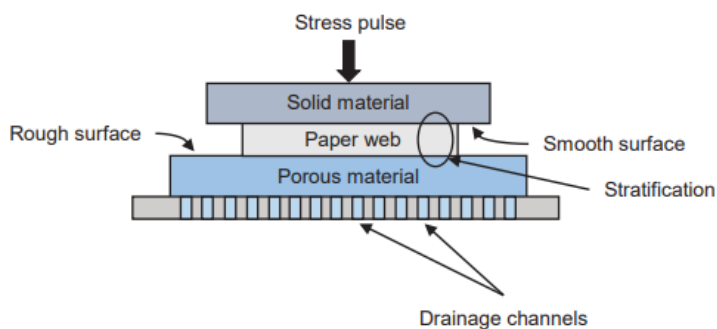
Erilaisilla paperilaaduilla on erilaiset ominaisuudet, joten pitää löytää sopiva laatu jokaiseen tarkoitukseen. Esimerkiksi valkaistu paperi on erittäin hyvää tulostusmateriaaliksi, sillä sen tiheys, valkaisuus ja sileys on omaa luokkaansa. Myös paperin huokoisuus vaikuttaa sen kykyyn absorboida nesteitä tai esimerkiksi tulostuspaperissa mustetta. (Emblem & Emblem 2012, 178–239.)

Paperin ominaisuudet riippuvat siis täysin käyttötarkoituksesta. Käyttötapa määrittää toiminnalliset ominaisuudet, esimerkiksi voidaan tarvita pahvilaatikoita, jotka eivät mene kasaan pinottaessa päällekkäin. Paperin valmistuksessa tarvitsee tehdä kompromisseja, kun vaaditaan jotain tiettyä ominaisuutta. (Knowpap 2022.)

## 9 Puukuitumuotti prosessi

Toimeksiantaja kehittämä 3D-puukuitukone käyttää puukuitumuottiprosessia tuottaakseen erilaisia paperikuiduista tehtyjä tuotteita. Kuvio 7 esittää prosessin, jossa nähdään, miten paperimassan

muotoonpuristuminen tapahtuu. Nestemäinen paperikuitumassa suihkutetaan muottiin, jonka jälkeen se puristetaan muottia vasten. Tällöin suuri osa vedestä puristuu ulos jättäen muottiin kostean paperikuituverkon. Vesi poistuu huokoisen muotin lävitse. Kuitutuotteilla pyritään korvaamaan muovituotteita esimerkiksi pakkauksissa ja kertakäyttötuotteissa. Puukuiduista tehdyt tuotteet ovat biohajoavia, joten se on ekologinen vaihtoehto muoville. Puukuitutuotteen englanninkielinen termi on "molded fiber product" tai MFP, joita käytetään tässä opinnäytetyössä. (Dione 2020, 19, PhD & Siira, T 2020.)



Kuvio 7 Paperimassan muottiinpuristus (Dione 2020, 17)

MFP-tuotteita on neljää erilaista riippuen valmistusprosessista. Näitä ovat paksuseinäinen, siirtovalu, lämpömuokattu ja prosessoitu. Paksuseinäinen valmistusprosessi tarkoittaa prosessia, missä avoimeen muottiin laitetaan kuitumassa ja se kuivataan uunissa. Tällöin seinän vahvuudeksi saadaan noin 5–10 mm. Valmiin tuotteen pinta, joka on muottia vasten, on suhteellisen sileä, kun taas toinen pintapuoli on karkea. Raakamateriaali, jota prosessissa käytetään, on yleensä voimapaperia, johon sekoitettuna kierrätyspaperia. Paksuseinäisiä tuotteita käytetään yleensä raskaiden tuotteiden pakkaamiseen ja suojaamiseen. Siirtomuotti prosessissa tuotteen paksuus on melko ohut verrattuna edellisiin tuotteisiin ja siinä on sileät pinnat. Tuote kuivataan puristuksen jälkeen vielä uunissa ja tätä käytetään yleensä esimerkiksi munakenttien materiaalina. Thermoforming- eli lämpöpuristus prosessissa puristettu MFP tuote siirretään lämpöprässiin. Lämpöprässissä tuote puristetaan korkeassa paineessa ja lämpötilassa kuivaksi. Puristusprosessin aikana vesi sekä vesihöyry imetään pois huokoisen metallisen muotin läpi. Thermoforming prosessilla valmistetulla tuotteella on hyvin laadukas pinnankarheus ja seinämät ovat ohuita. Myös tuotteen dimensiot saadaan tarkasti haluttuihin mittoihin. (Dione 2020, 19, PhD & Siira, T 2020.)

## 9.1 3D-puukuitu koneen prosessi

Koneen prosessi perustuu thermoforming prosessiin, joka on kuvattu edellisessä kappaleessa. Koneen pääprosessit ovat muotoon puristus ja kuivaus. Lisäksi tarvitaan tuotteeseen ruiskutettava kalvon prosessi sekä leikkaus ja pakkaus. Tässä kappaleessa selvitetään tarkemmin koneen eri prosessien vaiheet.

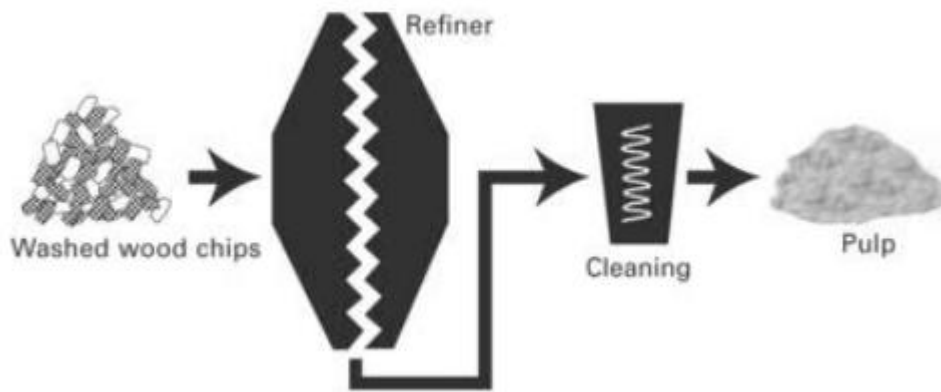
## 9.2 Paperimassan valmistus 3D-puukuitukoneelle

Koneen käyttämä massa on samaa kuin normaalissa paperissa tai pahvissa. Paperimassan ominaisuuksia voidaan muuttaa halutun lopputuotteen mukaan. Paperimassa voidaan tuoda 3D-puukuitukoneelle CTMP-putkistoa pitkin, kuljettamalla esimerkiksi kuorma-autolla tai valmistamalla paperimassaa tehtaalla sisäisesti ostamalla paperimassa paaleja. Näitä paaleja voidaan valmistaa massaksi käyttämällä pulpperia tehtaalla sisäisesti. (Toimeksiantaja 2022.)

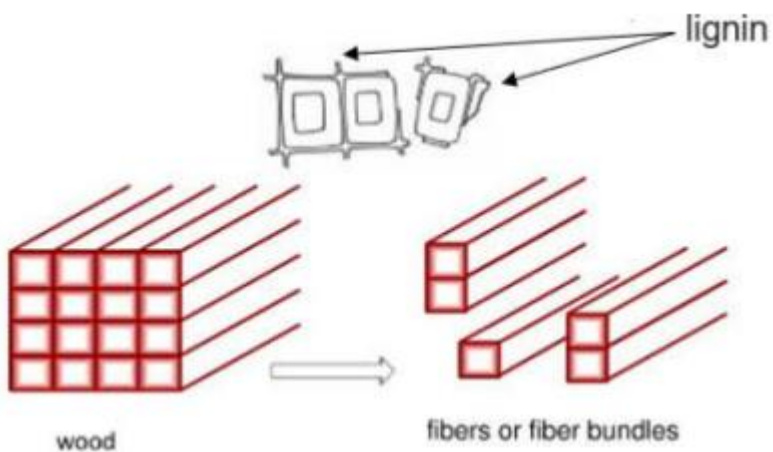
Massan valmistus voidaan toteuttaa joko kemiallisesti tai mekaanisesti. Molemmissa tapauksissa massa valmistetaan silputusta puusta eli hakkeesta. Kemiallinen valmistustapa on kalliimpi, mutta sillä saadaan kaikkein valkoisinta ja kestäväntä paperia. (Siira 2020, 23.)

Mekaaninen paperimassan valmistus on perinteinen tapa valmistaa paperimassaa. Tästä prosessista saadaan valmistettua tuoretta puukuitua, ja se toteutetaan nykypäivänä laittamalla pestyä puuhaketta laitteeseen, joka jauhaa hiertämällä puuhaketta pieneksi silpuksi. Laite, jota kutsutaan kuiduttimeksi, erottaa ja rikkoo puuhakkeen yksittäisiksi puukuiduiksi, josta saadaan lopulta paperimassaa (ks. Kuvio 8 ja Kuvio 9). Tämä prosessi on tarkoitettu huonompilaatuisten paperien valmistukseen, sillä prosessi ei poista ligniiniä ja muita epäpuhtauksia. Tästä johtuen lopputuotteen väri tummenee ja siksi sitä käytetään esimerkiksi sanomalehtipaperin valmistuksessa, jolloin tuotteen laatu ei tarvitse olla parasta mahdollista. (Siira 2020, 23.)



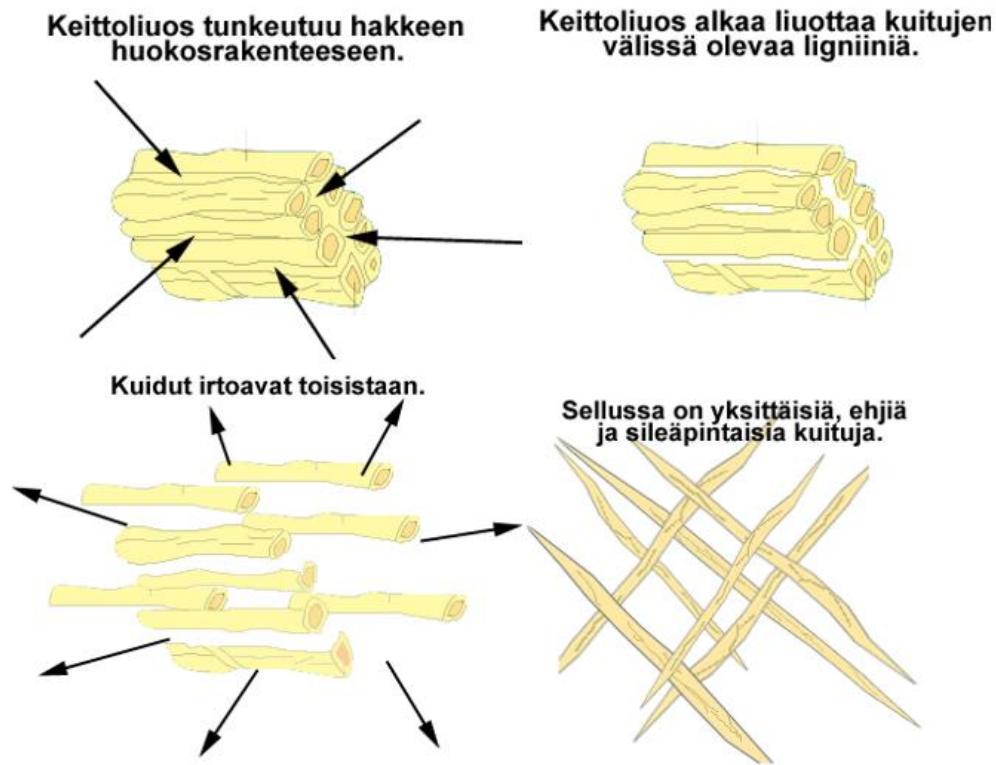


Kuvio 8 Mekaaninen paperimassan valmistusprosessi (Siira 2020, 23)



Kuvio 9 Puun kuitujen erottelu toisistaan kuiduttimessa. (Siira 2020, 24)

Kemiallisella paperimassaprosessilla voidaan valmistaa puhtaampaa ja laadukkaampaa paperimassaa kuin mekaanisella valmistusprosessilla. Kemiallinen valmistusprosessi erottaa puukuidut toisistaan sekä irrottaa ligniinin ja epäpuhtaudet. Prosessiin tarvitaan lämpöä sekä kemikaaleja ja prosessi tapahtuu siihen tarkoitettuun laitteeseen, jota kutsutaan keittimeksi. Kuvio 10 esittää prosessin, joka tapahtuu keittimessä ja josta saadaan lopputuotteena paperimassaa eli sellua. Tämän prosessin aikana suoritetaan tarvittaessa myös valkaisu. (Siira 2020, 24)

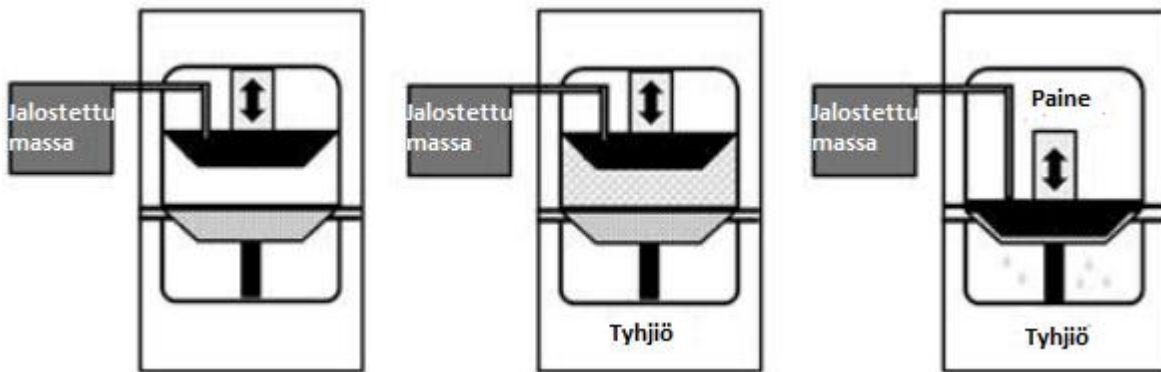


Kuvio 10 Kemiallinen paperimassan prosessi (Knowpap n.d)

Lopputuotteena molemmilla prosesseilla saadaan paperimassaa, joka voidaan pakata paaleiksi. Tämä skenaario on käytössä myös tässä opinnäytetyössä. Paalit kuljetetaan 3D-puukuitukonettaalle paperimassan valmistelua varten. Paperimassan valmistelu toteutetaan käyttämällä suurta astiaa, jonne paalit lisätään veden kanssa. Astian pohjalla ovat terät, jotka sekoittavat massan sel-laiseksi, jota voidaan käyttää myöhemmässä vaiheessa 3D-puukuitukoneessa. (Siira 2020, 25.)

### 9.3 Paperimassan käyttöprosessi koneessa

Koneen Prosessi alkaa massan jalostamisella ennen 3D-puukuitukoneeseen vientiä. Massatankki sekoittaa veden ja puukuidut, jolloin syntyy jalostettua massa ja se on todettu olevan soveltuvin tapa tuottaa massaa koneen käsiteltäväksi. Jalostettu massa muodostaa tasaisesti jakautuvat puu-kuidut ja muodostaa tasaisen verkon, kun siitä poistetaan vesi koneen ensimmäisessä prosessin vaiheessa. Koneen kuitumuovaus eli märkäpuristusprosessi on esitetty Kuvio 11:sta. (Siira 2020, 35.)



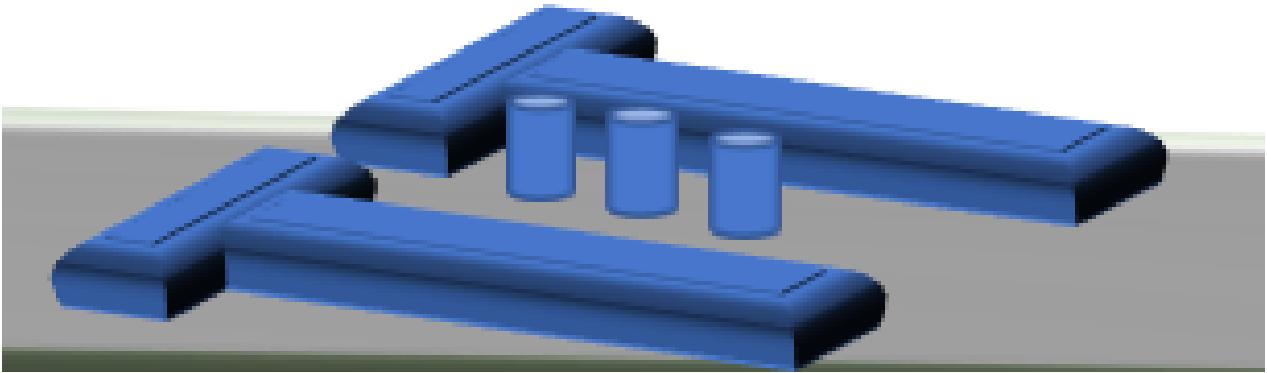
Kuvio 11 Märkäpuristusprosessi (Siira 2020, 35)

Kuvion 11 ensimmäisessä vaiheessa on muotoon puristuksen ensimmäinen vaihe. Tässä jalostettu paperimassa kuljetetaan massatankista muottiin. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa muotti puristuu kiinni ja ylemmästä vastakappaleesta suihkutetaan massa muottiin. Saman aikaisesti alempi vastakappale imee negatiivisen paineen ansiosta veden pois. Alempi kappale on valmistettu huokoisesta aineesta, jolloin puukuidut jäävät muottiin ja vesi imeytyy pois muotin lävitse. (Siira 2020, 35)

Seuraavaksi on toinen prosessin vaihe, jossa märkäpuristuksen jälkeen on kuumapuristus. Tämä olisi mahdollista tehdä yhdellä puristimella, mutta se olisi hitaampaa sekä lopputuotteesta halutaan tasainen molemmilta puolilta. Tämä ei ole mahdollista yhdellä puristimella, ellei tuotetta käännetä. Kuumapuristuksen aikana tuotteesta poistuu suurin osa vedestä. (Siira 2020, 35)

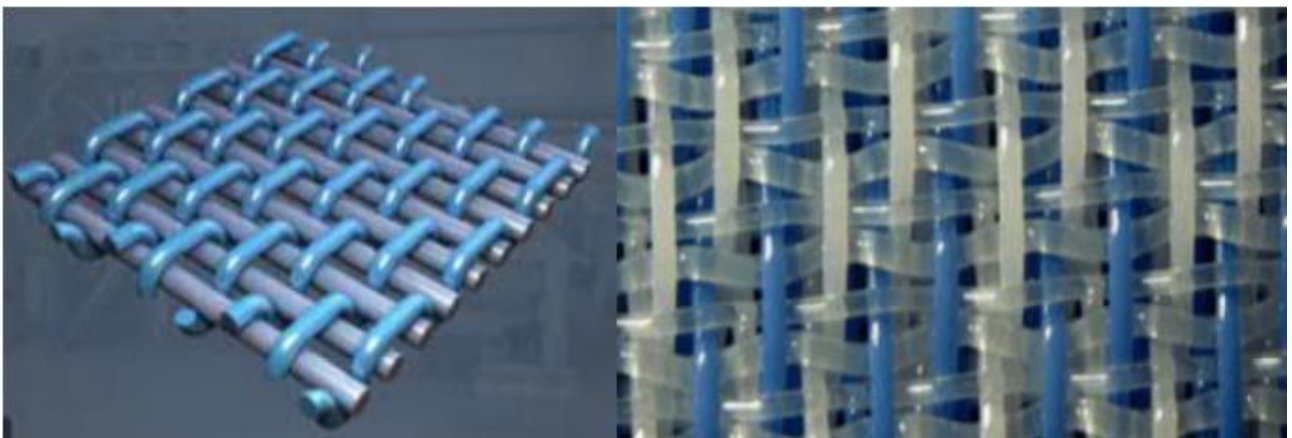
Kuumapuristuksen jälkeen tuote on valmis loppukäsittelyyn, johon se siirretään koneen sisällä. Tuote koostuu tässä vaiheessa kokonaisesta matriisista tuotteita, sillä se on helpointa kuljettaa koneen sisällä. Matriisi siirretään tarvittaessa pinnoitetta varten, jossa se voidaan esimerkiksi tehdä vedenpitäväksi tai rasvaa hylkiväksi ulkopinnoilta. Tämän vaiheen jälkeen se siirretään leikkaukseen, jossa yksittäiset tuotteet poistetaan matriisista. Leikkauksen aikana tuotteista poistetaan matriisin ylimääräinen materiaali ja sen määrä riippuu täysin tuotteen muodosta. Esimerkiksi pyöreissä tuotteissa on enemmän ylimäärämateriaalia kuin neliskulmaisissa tuotteissa, sillä muotti johon matriisi puristetaan, on nelikulmainen. Tämä ylimääräinen materiaali joudutaan poistamaan koneesta. Koneen prosessin viimeinen vaihe on pakkaus, jonka jälkeen valmis paketti voidaan kuljettaa varastoon.

Koneen modulaarisen rakenteen vuoksi on mahdollista kustomoida vaiheita puristuksen jälkeen. Esimerkiksi jos ei ole tarvetta pinnoitteiden tekemiseen, voidaan sen hoitava prosessin osa ottaa koneesta pois. Asiakas voi siis näin muokata konetta tarpeen mukaan. Kuvio 12 esittää koneen muodon luonnoskuvan.

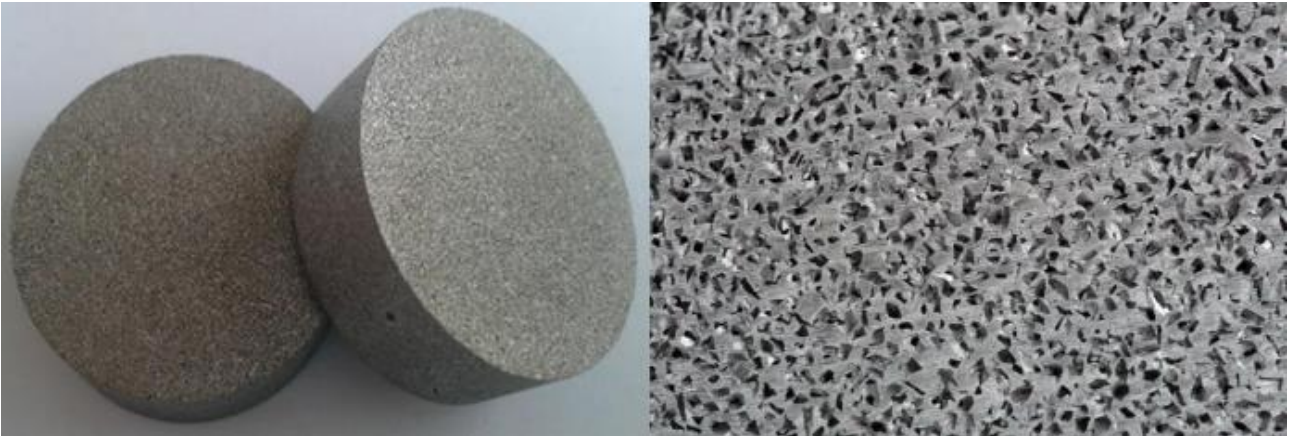


Kuvio 12 Toimeksiantajan kuitukoneen luonnos

Koneessa käytettävät muotit ovat huokoisia, jolloin ylimääräinen vesi poistetaan muotista. Muottien materiaalia ja ominaisuuksia ei ole vielä täysin tiedossa, mutta kuumapuristuksen vuoksi se tulee olla lämmönkestävää. Kuvio 13 ja Kuvio 14 esittelee esimerkkejä muottien mahdollisista materiaaleista. Lisäksi muottien valmistusprosesseja on lukuisia. (Siira 2020, 36)



Kuvio 13 Esimerkki muotin materiaalista. (Siira 2020, 36)



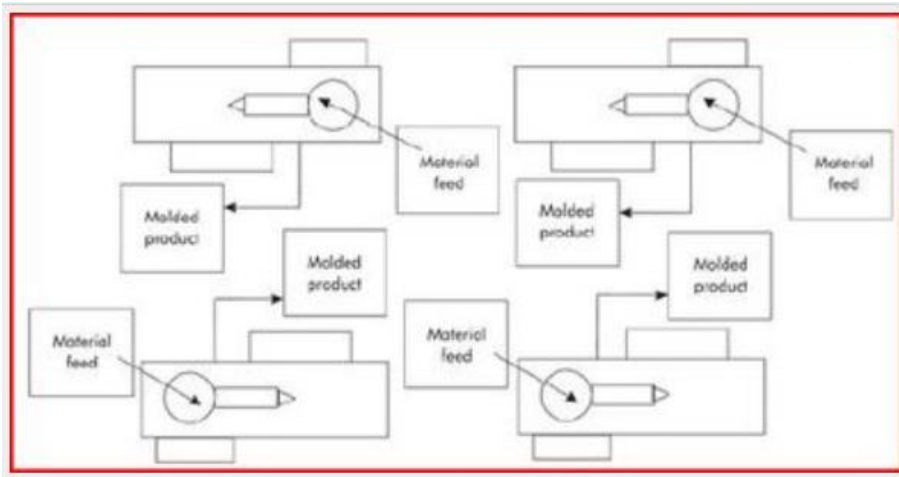
Kuvio 14 Esimerkki muotin materiaalista. (Siira 2020, 36)

## 10 Optimaalisen layoutin analysointi eri näkökulmista

### 10.1 Benchmarking

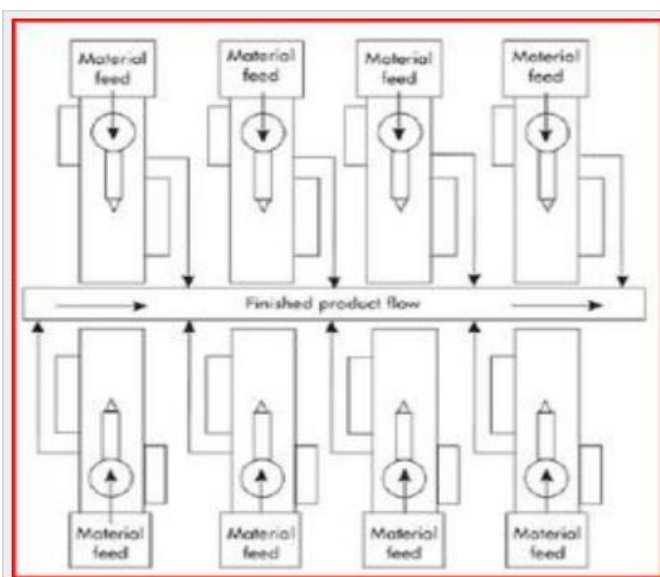
Etsittäessä samantapaisia prosesseja muilta yrityksiltä, oli vaikeata löytää juuri sopivaa. Tämä johtuu siitä, että käytettävä teknologia on melko tuoretta ja siitä ei toimeksiantajan käyttämässä tarkoituksessa löydy montaa kilpailijaa. Samantapaisia prosesseja löytyy esimerkiksi ruiskumuotti teknologiasta, joka käsittelee muovia. Tämän alan tehtaassa asetelma on hieman samankaltainen, jossa raaka-aineena käytetään suhteellisen muuttumatonta massaa, tässä tapauksessa sulaa muovia. Massa syötetään laitteeseen, joka valmistaa itse tuotteen. Yrityksen x koneessa periaate on sama, joten analysoidaan muoviteollisuuden layoutin tutkimusmateriaalia. (Manufacturing systems: plastic n.d.) Kuvio 15, Kuvio 16 ja Kuvio 17 esittää ruiskumuottiteollisuudessa käytettyjä layout-ratkaisuja.

Kuvio 15 esittää rinnakkaista layoutratkaisua ja se on tarkoitettu pienemmille laitekokonaisuuksille, jolloin yksi työntekijä voi mahdollisesti käyttää enemmän kuin yhtä laitetta samanaikaisesti. Tämä ei kuitenkaan sovellu puukuitukoneen layout-ratkaisuksi sillä koneet ovat isoja. Lisäksi materiaalivirrat kyseisessä ratkaisussa voi aiheuttaa hämmennystä, eikä näin ollen ole tehokasta. Materiaalivirrat eivät mene suoraviivaisesti, mikä on puukuitukoneelle suotavaa.



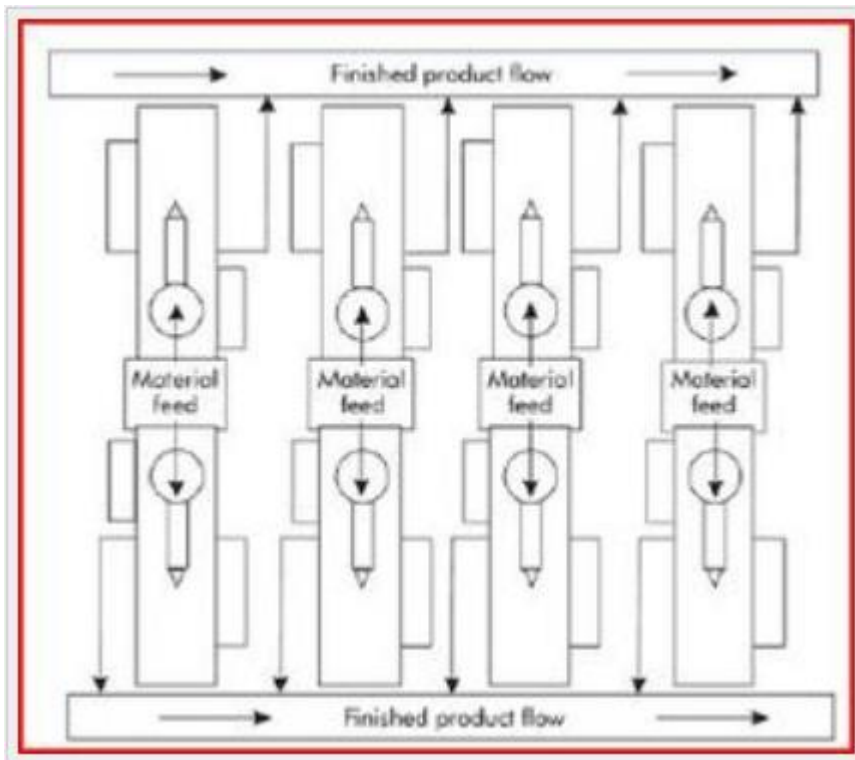
Kuvio 15 Rinnakkainen layout (Manufacturing systems: plastic n.d.)

Kuvio 16 esittää ruiskumuottiteollisuuden käytetyintä layout-ratkaisua (Manufacturing systems: plastic n.d.). Tässä layoutissa on mahdollisuus kuljettaa isoja määriä valmiita tuotteita, sillä kaikki linjaston koneet tuottavat valmiita tuotteita samalle valmistuotelinjalle. Koneille syötetään raaka-ainetta takaosasta suoraviivaisesti. Tämä on potentiaalinen layout ratkaisu puukuitutehtaalle, sillä materiaalivirrat ovat hyvin järjesteltävissä. Puukuitutehtaassa tämä vaihtoehto toisaalta vaatii monimutkaista putkistoa raaka-aineiden kuljetukseen. Lisäksi tässä tapauksessa valmistuotepuolella joudutaan tekemään tehtaan palkkirakenteen vuoksi palkkirivi konerivien väliin. Tämä voi aiheuttaa valmistuotelinjastossa logistisia ongelmia.



Kuvio 16 Vastakkain (lopputuotepuoli) (Manufacturing systems: plastic n.d.)

Layout-ratkaisussa tulisi myös huomioida näkyvyystekijät. Koneisiin on tarkoitus asentaa valoindikaattoreita, jotka kertovat koneen tilasta. Koneiden ollessa rivissä, on mahdollista nähdä kaukaa nämä valot. Tämä on yksi perustelu käyttää layout-ratkaisua, joka on asennettu riviin eli niin kuin Kuvio 16 ja Kuvio 17 esittää. Kuvio 17 on kuitenkin näkyvyyden kannalta paras vaihtoehto, sillä kun valvomon asettaa samalle linjalle kuin materiaalin syötön, sieltä näkee silloin suoraan koko konerivistön valot.



Kuvio 17 Vastakkain (materiaalin syöttöpuoli) (Manufacturing systems: plastic n.d).

## 10.2 Haastattelun analysointi

Haastattelussa käsiteltiin neljää teemaa, joita olivat muotinvaihto ja koneen ympäristö, materiaali-  
virrat, kustannukset sekä huollettavuus. Tässä kappaleessa käsitellään näitä haastattelun teemoja  
haastateltavan vastastausten perusteella. Haastattelu toteutettiin teemahaastatteluna ja asioita  
käsiteltiin keskusteluna ja ennalta tehdyt kysymykset toimivat keskustelun ohjaajana, eikä näin ol-  
len niihin tullut suoranaisia vastauksia. Asioita käsiteltiin laajasti ja monipuolisesti haastateltavan  
kanssa ja hänellä oli asian ja teemojen ympäriltä paljon kokemusta. Haastateltava on ollut tiiviisti  
mukana Yrityksen x uuden koneen kehitystyössä. Tämän vuoksi haastattelusta saaduille tiedoille

annetaan paljon arvoa tässä opinnäytetyössä. Haastattelusta saadut tiedot monesti myös liittyvät useampaan eri teemaan samanaikaisesti. Haastattelun muistiinpanot ja vastaukset ovat liitteessä 4 ja tulokset ovat salassa pidettäviä.

### 10.3 Koneen layout vaihtoehtojen analysointi pistematriisilla

Erilaisia koneen layout-vaihtoehtoja on monia, ja ne sopivat erilaisiin tarkoituksiin, joten on tarkasti analysoitava tehtaan vaatimukset ja miten tehtaan koneet toimivat. Analyysiin käytetään pisteytysmatriisia, joka on esitetty kappaleessa 4. Pisteytysmatriisia varten tehtiin erilaisia koneen layout-skenaarioita, sekä arvostelua varten spesifikaatioita. Arvosteluasteikkona käytettiin pisteitä yhdestä viiteen ja painotuskertoimina yhdestä kolmeen. Painotus määräytyi spesifikaatioiden tärkeyden mukaan ja spesifikaatiot ovat esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2 Spesifikaatiot pisteytysmatriisiin

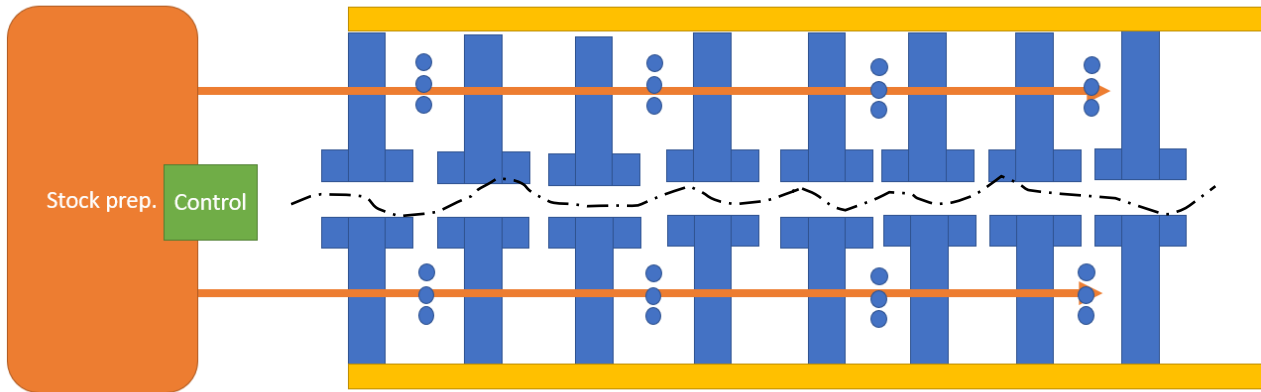
#### Spesifikaatiot

Huoltokohteen luoksepäästävyys/ maintenance Accessibility  
 Luoksepäästävyys koneelle/ Accessibility  
 materiaalivirran matka / material flow  
 Koneen moduulien muokkaaminen / Machine module modification  
 Näköyhteys valvomosta / Line of sight from control room  
 Rakennuskustannukset / construction expenses  
 Rakennuksen pinta-ala/ Area of the factory  
 Muotinvaihdon sujuvuus/ mold changes  
 Pitkien välimatkojen minimointi/ minimizing distances  
 Moduulien muunneltavuus (Rakennus)/ factory module modification  
 Tilan tehokas käyttö / efficient usage of space  
 Laajennettavuus / expandability  
 Rakennettavuus yleisesti / construction

Taulukon 2 spesifikaatiot on kehitetty rakennustekniikan opiskelijan kanssa yhteistyössä kattamaan mahdollisimman laajasti arvioitavat perusteet layoutin ja rakennuksen yhdistämiseksi. Spesifikaatioissa otetaan huomioon vaatimuksia siis molempien näkökulmista, jotta koneiden ja rakennuksen kokonaisuus olisi toimiva.

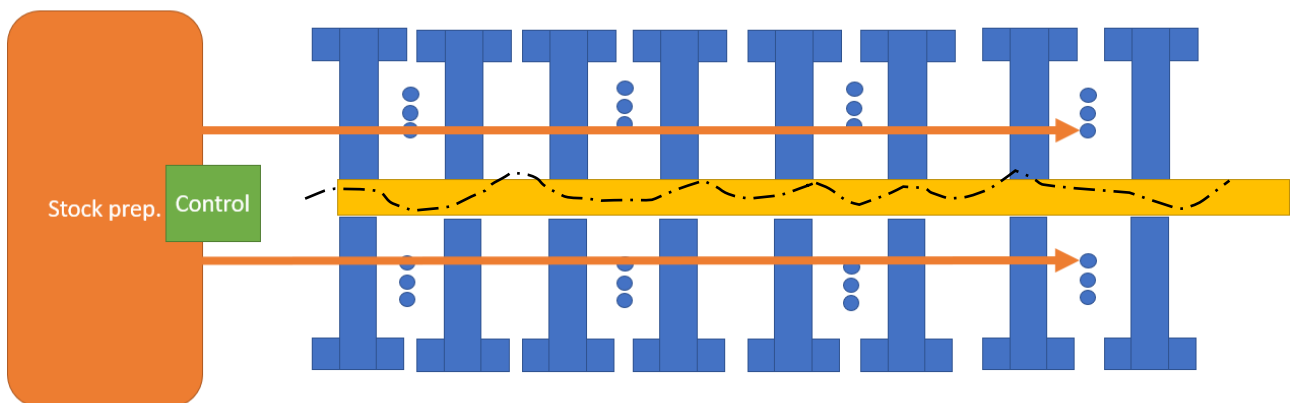


Pisteytysmatriisilla analysoitavia layoutvaihtoehtoja on esitetty seuraavaksi. (ks. Kuvio 18, Kuvio 19, Kuvio 20, Kuvio 21 ja Kuvio 22)

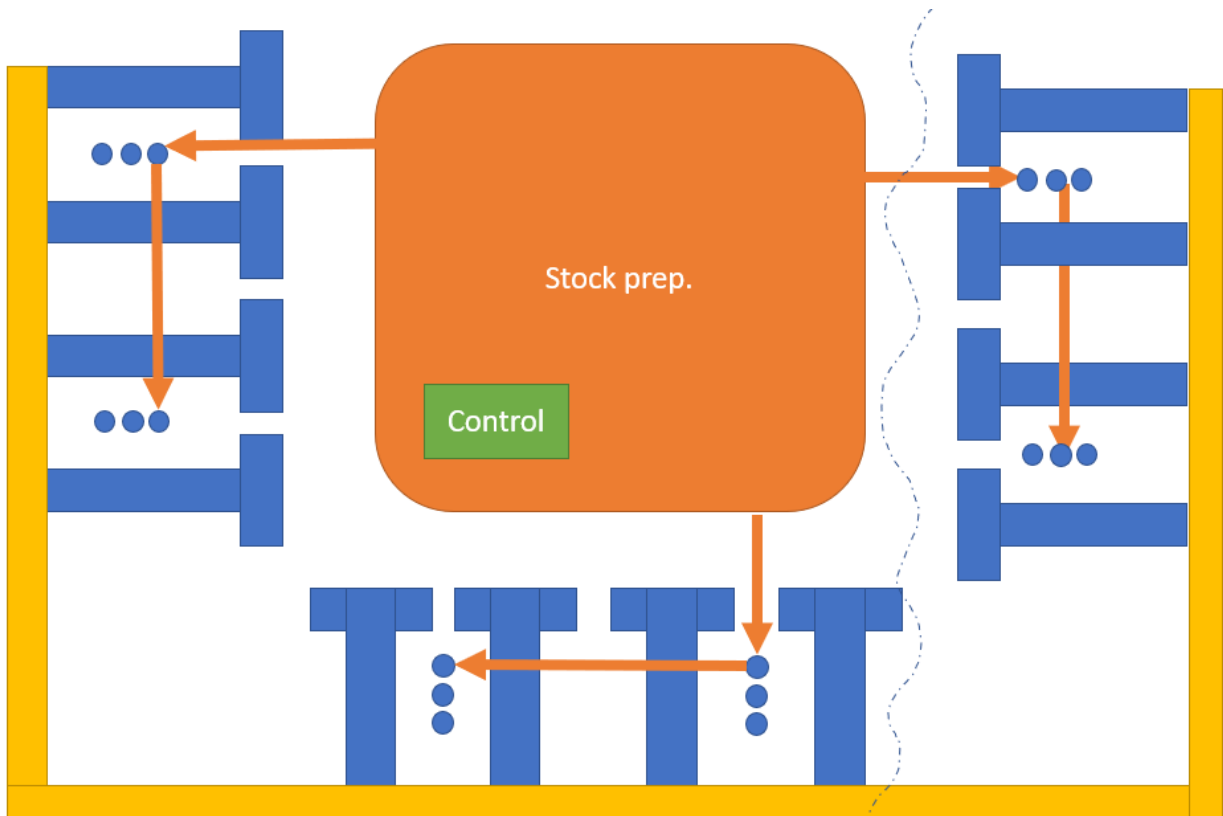


Kuvio 18 Layoutvaihtoehto 1

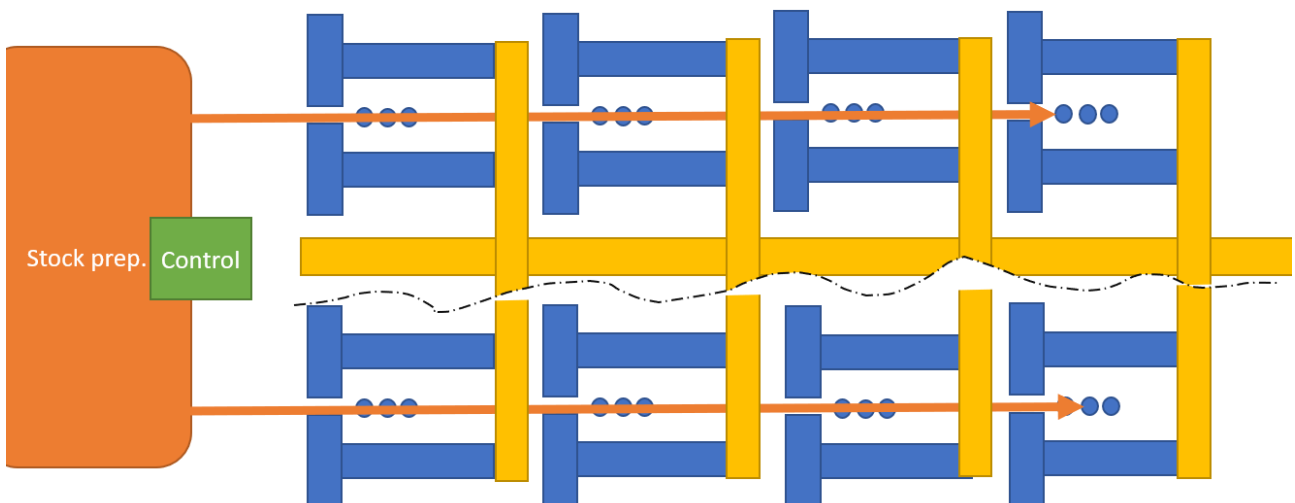
Kuvion 18 layoutissa keltaisella on merkattu valmiiden tuotteiden kuljettamiseen tarkoitettu kuljetin, siniset muodot esittävät koneita, oranssi muoto esittää raaka-aineen valmistamiseen varattua aluetta sekä vihreä on valvomo. Kuvioihin on lisäksi esitetty katkoviivalla layoutin osio, jonne on mahdollista laajentaa kuvion mukaisesti. Seuraavissa layoutvaihtoehto-kuvioissa käytetään samoja värimalleja.



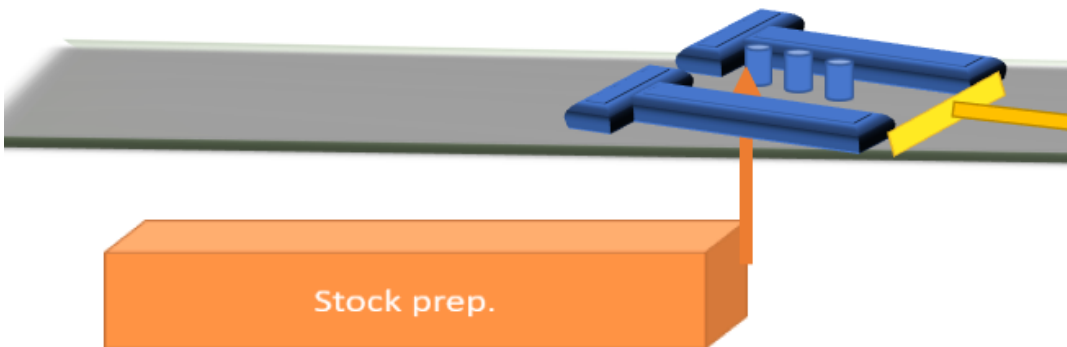
Kuvio 19 Layoutvaihtoehto 2



Kuvio 20 Layoutvaihtoehto 3



Kuvio 21 Layoutvaihtoehto 4



Kuvio 22 layoutvaihtoehto 5 (kahdessa kerroksessa)

Layoutvaihtoehdot pisteytetään matriisissa, sekä lasketaan niiden painotuspisteet. Matriisi taulukossa 3.

Taulukko 3 Pisteytysmatriisi

Spesifiaatiot	Painotuskerroin	1 Painotus	2 Painotus	3 Painotus	4 Painotus	5 Painotus
Huoltokohteen luoksepäästävyys/ maintainance Accessibility	2	5	10	5	10	1
Luoksepäästävyys koneelle/ Accessibility	3	5	15	5	15	4
materiaalivirran matka / material flow	3	5	15	5	15	3
Koneen moduulin muokkaaminen / Machine module modification	2	5	10	4	8	3
Näköyhteys valvomosta / Line of sight from control room	2	5	10	2	4	4
Rakennuskustannukset / construction expenses	3	5	15	5	15	4
Rakennuksen pinta-ala/ Area of the factory	1	3	3	3	3	3
Muotinvaihdon sujuvuus/ mold changes	3	5	15	4	12	4
Pitkien välimatkojen minimointi/ minimizing distances	1	5	5	4	4	4
Moduulien muunneltavuus (Rakennus)/ factory module modification	2	4	8	4	8	3
Tilan tehokas käyttö / efficient usage of space	3	5	15	5	15	3
Laajennettavuus / expandability	2	4	8	4	8	1
Rakennettavuus yleisesti / construction	3	5	15	5	15	3
Summa/Sum:			144		132	
					102	
						59
						100

Eri layoutvaihtoehtojen analysoinnin jälkeen huomataan, että ensimmäinen layout saa eniten pisteitä (ks. Kuvio 18). Layoutvaihtoehto yksi on paras vaihtoehto käytettyjen spesifikaatioiden perusteella. Huoltokohteen luoksepäästävyys on tässä vaihtoehdossa parhaiten toteutettavissa, sillä koneparin välille voidaan rakentaa strategisiin kohtiin esimerkiksi huoltokäytäviä, joissa on luokkuja. Lisäksi tämä layoutvaihtoehto mahdollistaa esteettömän kulun tarvittaville ajoneuvoille ja laitteille.

Koneen käyttäminen on myös suoraviivaista, sillä materiaalivirrat ja konetta operoivat työntekijät voivat kulkea tehokkaasti. Lisäksi raaka-aineen kuljetukseen tarvittavat putket menevät suoraan raaka-aineen valmistusmoduulista koneille ja putket voidaan tukea pilareilla, jotka menevät koneen välissä. Lisäksi tämä layout mahdollistaa suoran näköyhteyden valvomosta koneiden muotinvaihtopäihin.

Koneen moduulien muokkaaminen onnistuu suhteellisen helposti, varsinkin jos koneet asetetaan kiskoille. Tällöin voidaan siirtää koneita pitkittäissuunnassa ja nostaa koneen moduuli välistä pois. Muotinvaihtoon on jätetty tarvittava tila ja muottivarastosta kuljettu matka koneille on suora. Konerivistön ei kuitenkaan kannata olla liian pitkä, jotta muotinvaihtoon vaadittava matka ei kasva liian pitkäksi. Kahdeksan konetta vierekkäin vastaa noin sataa metriä, joten sitä kauemmaksi ei kannata mennä. Jos halutaan enemmän koneita, kannattaa sijoittaa rivistön viereen toinen niin kuin ensimmäinen layoutvaihtoehto esittää. Tällöin voidaan minimoida muotinvaihdon ja materiaalivirran matka pitkittäissuunnassa.

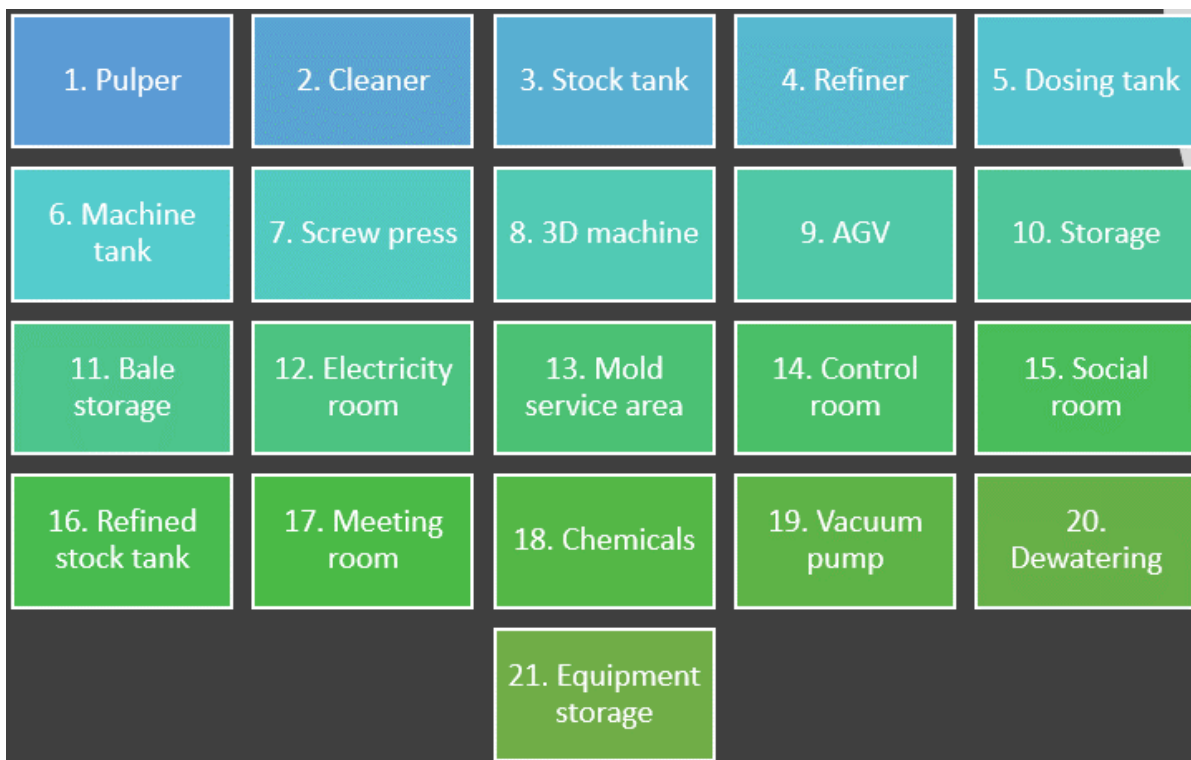
Ensimmäisessä layoutvaihtoehdossa tilankäyttö on tehokasta, sillä koneet on aseteltu vakioituun järjestykseen. Moduulien ollessa vakioituja tiedetään aina kuinka paljon konemoduuli vie tilaa, ja ne voidaan järjestää niin, että käytössä olevat tilat täytetään tehokkaasti. Lisäksi koneet on aseteltu moduuliinsa niin että niiden viemä tila on pyritty minimoimaan. Koneen ympärillä olevilla alueilla on aina käyttötarkoitus. Toisaalta jos koneet ovat erimittaisia, eli niissä ei ole kaikissa samat moduulit, silloin koneiden päihin muodostuu turhaa tilaa. Ideaalinen layout olisi siis tässä tilanteessa silloin kun kaikki koneet ovat saman mittaisia. Ensimmäistä layoutvaihtoehtoa jatkokehitetään seuraavaksi keskittymällä, miten se voidaan sijoittaa tehtaaseen rakennusteknisten vaatimusten perusteella.

Rakennuksen moduulit sijoitetaan niin, että niitä voidaan tarvittaessa suurentaa koneiden lukumäärän mukaan. Esimerkiksi jos tarvitaan isompi varastointitila tai uusi raaka-ainetuotantomoduuli, se on mahdollista rakentaa samaan tehtaaseen. Lisäksi tilausvaiheessa on helppo lisätä suunnitelmaan moduulit tarpeen mukaan. Rakentamiseen otetaan tarkemmin kantaa rakennusinsinööriopiskelijan opinnäytetyössä, mutta vaatimukset otetaan tässä pisteytysmatriisissa kuitenkin huomioon.

Toinen layoutvaihtoehto on melko lähellä ensimmäisen pisteitä, joka johtuu siitä, että niissä ei pisteytysmatriisin spesifikaatioissa ole paljon eroja. Valitaan kuitenkin jatkokehitykseen ensimmäinen vaihtoehto, sillä esimerkiksi vaatimus näköyhteydestä valvomon ja koneen välillä on toive yritykselle. Tämä ei toteudu toisessa vaihtoehdossa. Myöskään esimerkiksi muotinvaihdon vaatimassa välimatkassa ei ole eroa ensimmäiseen pituudessa, mutta se on kuitenkin käytettävyydeltään parempi, jos muotinvaihto voidaan tehdä kaikille koneille samalta käytävältä. Loput vaihtoehdot jäävät paljon kauemmaksi pisteissä kahdesta ensimmäisestä, joten niitä ei lähdetä analysoimaan tarkemmin.

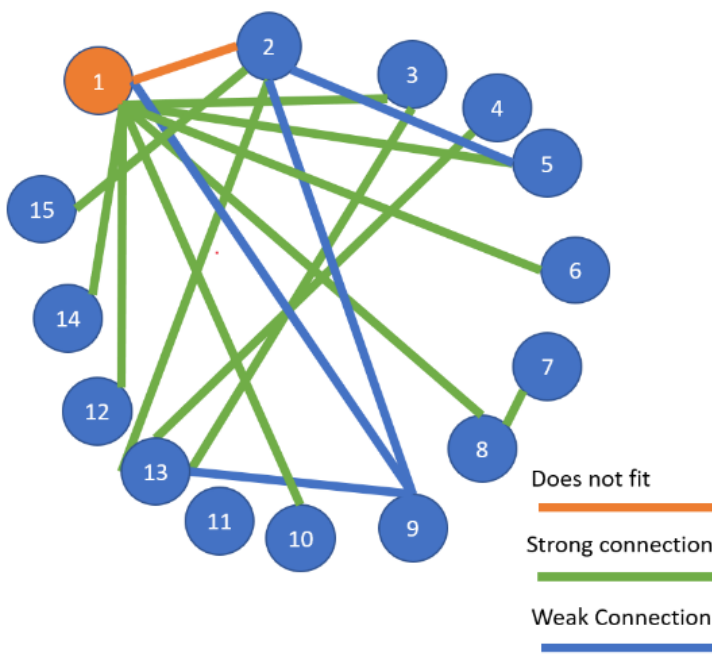
## 10.4 Tehtaan moduulit

Tehdas koostuu monesta eri moduulista, jotka yhdessä muodostavat toimivan kokonaisuuden. Ensin analysoidaan, mistä eri laitekokonaisuuksista ja tiloista tehdas koostuu. Tehtaassa tulee olla tuotannon laitteiston lisäksi joukko muita tiloja, kuten esimerkiksi sosiaalitilat. Tehtaan tarvitsemat tilat on esitetty Kuvio 23. Lisäksi liitteessä 3 on listattu tilojen vaatimat tilat ja ominaisuuksia, jos tehtaassa on kymmenen toimeksiantajan 3D-kuitukonetta.



Kuvio 23 Tehtaan tilat

Jotta voidaan sijoitella tarvittavat tilat mahdollisimman perustellusti, tehdään tilojen ja moduulien suhdanalyysi. Tämä toteutetaan käyttämällä PowerPoint ohjelmaa ja tekemällä kaavio, jonka moduuleja esittävät osat yhdistetään eriarvoisilla viivoilla. Viivat esittävät yhteyden vahvuutta. Tämä on havainnollistettu Kuvio 24:ssä. Vihreällä suhdeviivalla on esitetty vahva yhteys, jolloin viivan yhdistämät tilat tulee olla mahdollisimman lähellä toisiaan. Sininen viiva kuvaa suhdetta, joka ei ole dominoiva, mutta kuitenkin yhteys täytyy löytyä. Silloin sinisen viivan yhdistämällä tiloilla ei ole tarvetta olla lähellä, mutta kuitenkin yhdistettynä esimerkiksi johdoilla tai putkilla. Kuvissa on käsitelty koneelle ja sen käyttöön tarkoitetut tärkeät tilat, mutta ei analysoida esimerkiksi raaka-aine laitteistolle tarvittavia moduuleja tarkemmin. Tämä johtuu opinnäytetyön rajauksesta koneeseen ja sen käyttöön.



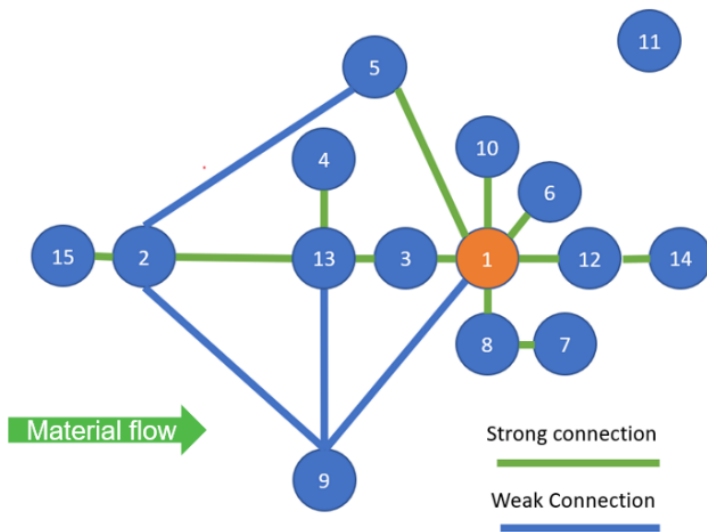
#### List of connections:

1 – Machine
2 – Pulper
3 – Refined stock tank
4 – Chemical system
5 – Broke handling machinery
6 – Dewatering
7 – Mold handling room
8 – Mold storage
9 – Electricity room
10 – Control room
11 – Social room
12 – Conveyor system
13 – Stock tank
14 – Storage for finished products
15 – Storage for raw material

Kuvio 24 Relaatio piirros

Kun moduulit ja tilat on yhdistetty suhteilla, voidaan järjestellä ne optimaalisesti niin, että tärkeimmät suhteet ovat lähellä ja pienemmät ovat poissa tieltä. Lisäksi Kuvio 24 esittää oranssilla relaatioviivalla, jolloin tilat ei sovi yhteen lainkaan. Kuvio 25 esittää uudelleen järjestetyn suhdekaavion.

## Connections

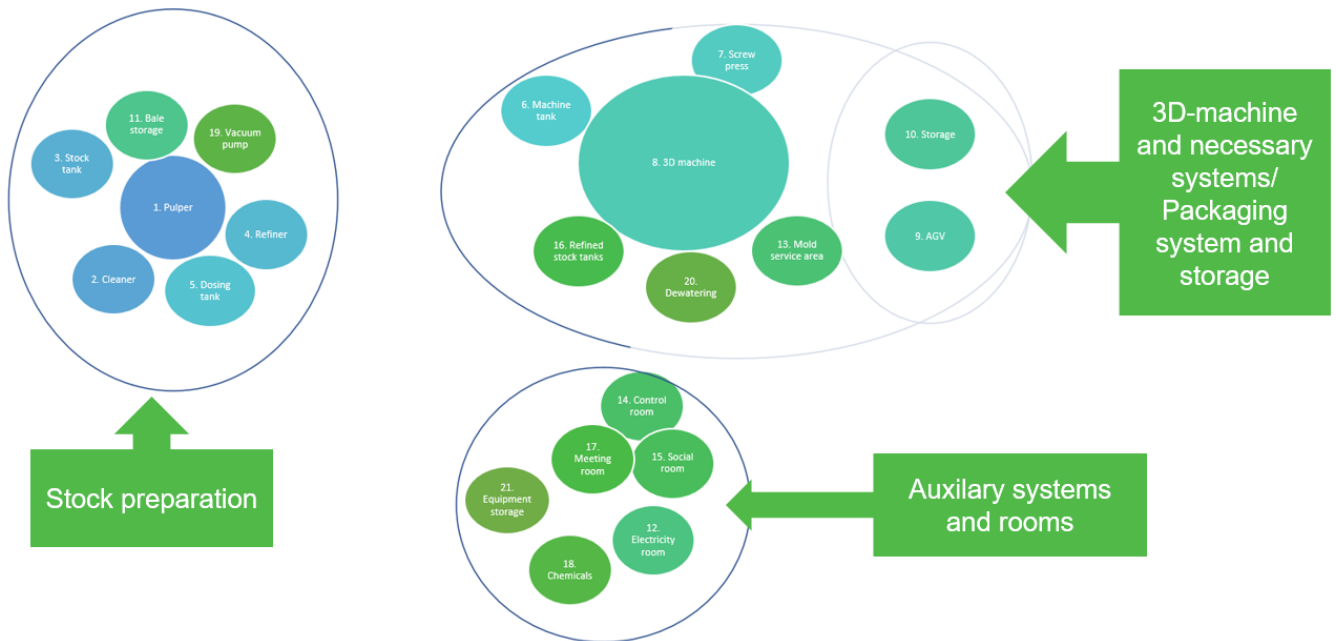


### List of connections:

1 – Machine
2 – Pulper
3 – Refined stock tank
4 – Chemical system
5 – Broke handling machinery
6 – Dewatering
7 – Mold handling room
8 – Mold storage
9 – Electricity room
10 – Control room
11 – Social room
12 – Conveyor system
13 – Stock tank
14 – Storage for finished products
15 – Storage for raw material

Kuvio 25 Uudelleen järjestetty suhdekaavio

Seuraavaksi kuviota on parannettu niin, että tehtaan moduulit ovat otettu huomioon. Tämä on esitetty Kuvio 26. Tehtaan moduulit ovat aseteltu niin, että kaikki tarvittavat huoneet ja laitteet ovat aseteltu samaan moduuliin. Esimerkiksi kaikki raaka-aineen valmistamiseen tarvittavat laitteistokokonaisuudet ovat samassa tehdasmoduulissa. Tällöin ne kannattaa asettaa lähekkäin tehtaan layoutissa. Tällä tavoin voidaan minimoida esimerkiksi materiaalivirrat sekä työntekijöiden kulukema matka, sillä tehdas moduulit ovat suunniteltu olemaan mahdollisimman tehokkaita tällä tavoin.



Kuvio 26 Tehtaan moduulit

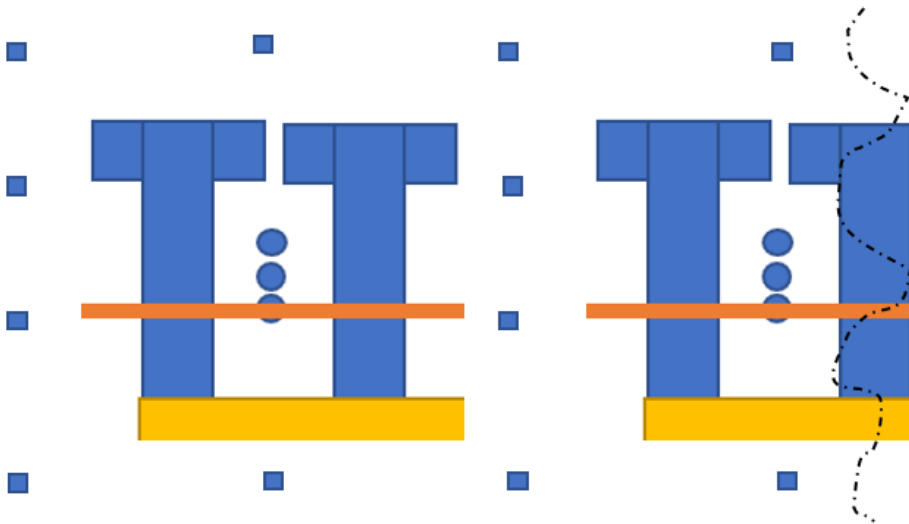
Tästä voidaan todeta, että tehdas koostuu nyt osiosta ja nämä voidaan sijoittaa tehtaan lopulliseen layouttiin siten, että osioiden sisäiset osat ovat lähekkäin.

### 10.5 Koneen moduulin sijoittelu tehtaaseen ja koon analysointi

Moduulin optimaalista kokoa ja optimaalista sijoittelua tutkittaessa otetaan huomioon erilaisia lähestymistapoja layoutin suunnittelussa konetekniikan ja rakennustekniikan näkökulmista. Rakennusteknisen osion perusteet ovat yhteistyöpiskelijällä, mutta kyseisen työn rajoitteet ovat toteutettu yhteistyössä ja ne ovat otettu huomioon tässä opinnäytetyössä.

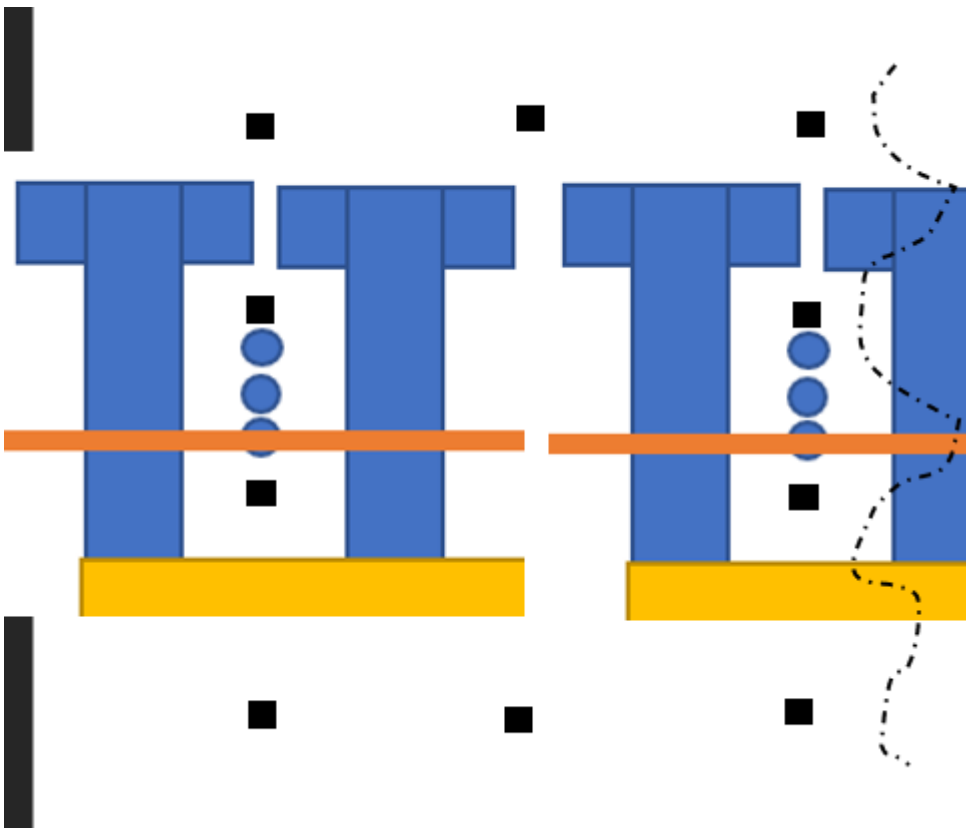
Rakennustekniset rajoitteet ovat tehdasrakennuksessa tarvittavat pilarit, jotka tukevat rakennusta. Pilarien väli muodostaa tilarajoitteen, joka on kriittinen tehtaaseen sijoitettavan koneen toiminnan kannalta. Pilarit eivät saa tukkia tai rajoittaa koneiden käyttöön vaadittavaa tilaa. Jotta koneiden määrä tehtaassa olisi mahdollisimman joustava, keskitytään silloin siihen, että koneita voidaan tilausvaiheessa valita tarpeen mukaan. Tällöin yksi konemoduuli tulisi olla yksi konepari, joka on pienin mahdollinen tilattava määrä. Tutkimuksessa analysoitiin ideoimalla rakennustekniikan opiskelijan kanssa tämän kriteerin perusteella, mitkä vaihtoehdot koneiden sijoittelusta tehdashalliin pilareiden perusteella olisivat paras. Pilarit on sijoitettu viiden metrin välein. (ks. Kuvio 27)





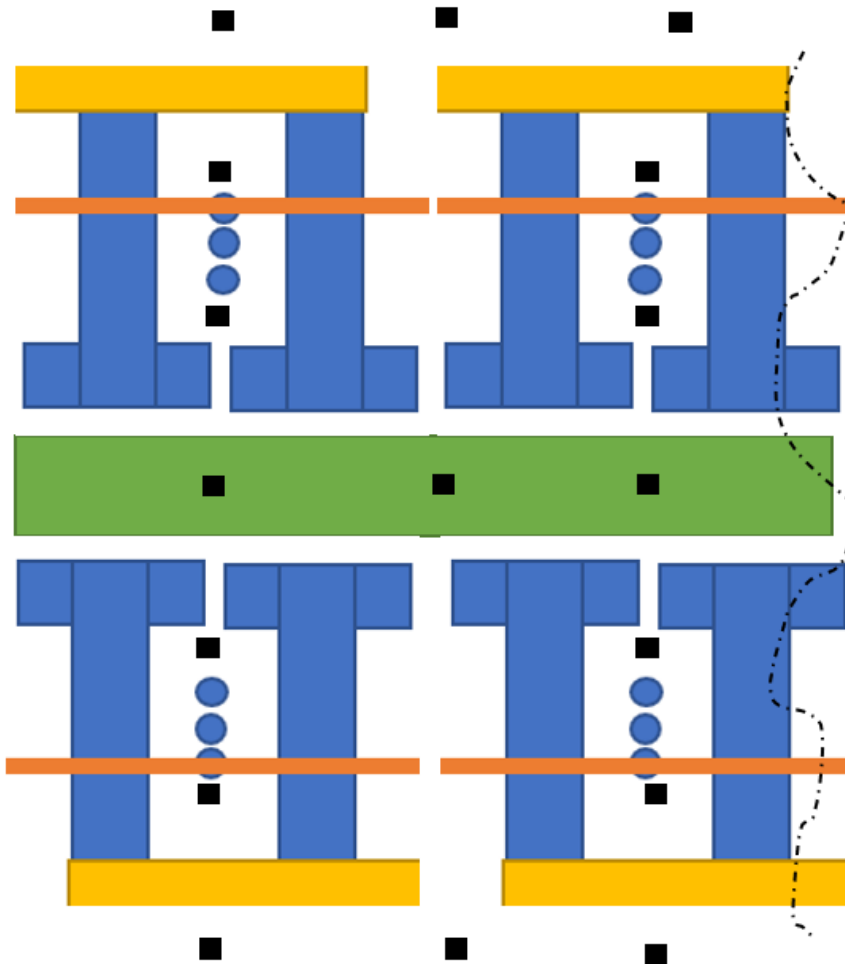
Kuvio 27 Pilareiden ja koneen sijoitteluvaihtoehto

Ylemmässä kuviossa koneen ulkopuolella olevat siniset neliöt esittävät pilarien sijoittelua. Pilarit ovat tässä koneen ympärillä niin, että tilaa on riittävästi koneen käyttöalueella ja riviä voidaan kasvattaa sivulle koneiden tarpeen mukaisesti. Katkoviiva esittää suuntaa, minne konerivistö voi kasvaa. Tämän vaihtoehdon huono puoli on pilareiden aiheuttama ahtaus koneen käyttöpuolella. Lisäksi kun konerivistöä kasvatetaan, joudutaan käyttöpuolen pilareiden vuoksi jättämään tilaa vierekkäisten koneparien väliin, jotta sitä voidaan sujuvasti käyttää. Tästä aiheutuu käyttämätöntä tilaa sitä enemmän, mitä pidemmälle koneriviä kasvatetaan, eikä tämä vaihtoehto näin ollen ole optimaalinen tapa toteuttaa tätä layoutia. Tämän vuoksi vaihtoehtoa modifioitiin niin, että pilari-  
linja siirrettiin koneen keskelle. Tällöin käyttöpuoli jää vapaaksi. (ks. Kuvio 28)



Kuvio 28 Pilariden ja koneiden sijoitteluvaihtoehto (modifioitu)

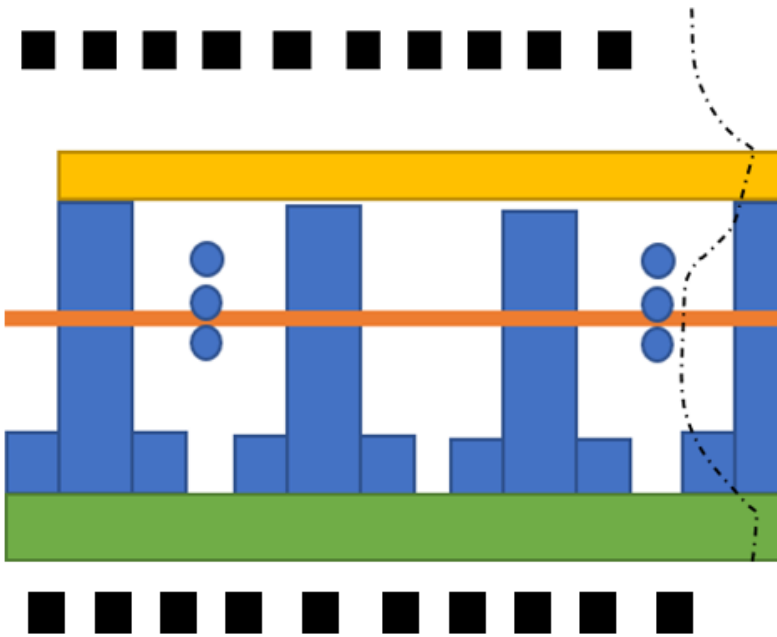
Tässä tapauksessa ongelmia tuottavat konerivin viimeiset koneet, jotka jäävät pilarimoduulin ulkopuolelle. Konerivin päädyille tulee rakentaa pätyrakennelma, jotta konemoduuli tulisi kokonaan rakennelman peittoon. Lisäksi yhden koneparimoduulin rakentaminen pitäisi olla tässä tapauksessa erikseen, sillä tämä vaihtoehto on järkevä vain, kun konepareja on useita. Lisäksi molemmissa edellisissä vaihtoehdoissa toisen konerivin rakentaminen rinnalle ei ole optimaalista, sillä koneen käyttöalueiden väliin tulee pilariväli. Käyttöalue on merkattu vihreällä. (Ks. Kuvio 29)



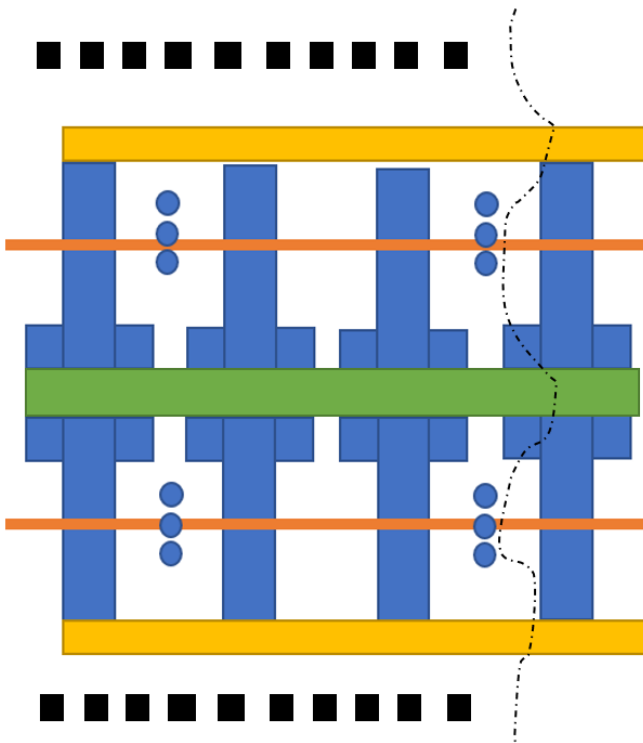
Kuvio 29 Laajennettu layout

Yleisesti toteutettuna edellä mainituilla vaihtoehdoilla joudutaan tekemään pilarien tarkastelu ja mitoitus jokaiseen konemoduuliin erikseen. Lisäksi laajentuminen tarkoittaa enemmän pilareita paikkoihin, josta muuten voitaisiin tiivistää koneen käyttämää pinta-alaa.

Idea jatkokehitettiin seuraavaksi kasvattamalla jänneväliä niin että pilareiden väliin mahtuu kone, käyttöalue sekä liukuhihna valmistuotteille. Tällä tavalla toteutettuna tehdashallin rakennusta voi verrata esimerkiksi jäähallin rakenteisiin. Tämä poistaa pilareiden sijoittamisongelman koneiden keskeltä ja lisäksi koneparien määrää voi tilausvaiheessa helposti lisätä. Konemoduulin koko pysyisi tällöin pienimpänä mahdollisena ja vain kasvattamalla jänneväliä, voidaan lisätä konerivin rinnalle toinen. Tässä ratkaisussa voidaan lisätä konerivin pituutta helposti ja konerivi on lisäksi niin tiivis kuin mahdollista, koska pilarit eivät tule niiden väliin. Tällöin käytännössä voidaan tarjota tilausta tehdessä kaksi vaihtoehtoa, jotka ovat yksi ja kaksirivinen layout-ratkaisu. (ks. Kuvio 30 ja Kuvio 31).



Kuvio 30 Yhden konerivin layout



Kuvio 31 Kahden konerivin layout

Edellä mainitut vaihtoehdot otettiin jatkokehitykseen ja yhdistettiin siihen pisteytysmatriisista saatu paras layoutversio. Liitteissä on esitetty tarkempi 3D-mallinnus ja dimensiot yhden ja kahden rivin konelayouteista.

## 10.6 3D-puukuitukoneen ja pulperin tehokkuuden tarkastelu

Optimaalisen koneiden lukumäärän selvittämiseen tarvitsee tarkastella, millä kapasiteeteilla eri tehtaan osat pystyvät liikuttamaan ja valmistamaan materiaalia. Karkeasti tarkasteltaessa materiaalivirta kulkee raaka-ainekäsittelyn läpi koneelle ja koneelta valmistuotevarastoon. Tässä kappaleessa tarkastellaan pulperin ja koneen suhdetta ja oletetaan, että muut tehtaan osiot eivät ole pullonkaulana. Pulperi ja kone määräävät tahdin, sillä ne ovat kriittisimmät osat tuotannossa ja muut oheislaitteistot voidaan skaalata tarvittavan kapasiteetin mukaisesti.

Prosessitekniikan laitevalmistajan tarjoaman aineiston perusteella tiedetään mikä on teoreettinen maksimi pulperin ja koneen tuotantonopeudesta (ks. liite). Laskettaessa pulperin toiminta kapasiteetti vuorokaudelle, täytyy ensin valita sopiva koko. Kokovaihtoehtoja on monia ja se pitää valita halutun tuotantomäärän mukaisesti, mutta esimerkin vuoksi voidaan laskea 1000 kg pulperin mukaan. Tiedetään että pulperin sykli on 1800 sekuntia. Näin saadaan:

$$\frac{24h * 60 * 60}{1800s} = 48 \text{ sykliä/pulperi/vrk}$$

Tämä tarkoittaa, että tuhannen kilogramman pulperi voi tuottaa vuorokauden aikana 48\*1000 kg eli 48 000 kg paperimassaa vuorokaudessa.

3D-puukuitukoneeseen menee massaa ja prosessi muodostaa siitä kerroksen. Tuotteen kerroksen paksuus riippuu täysin siitä, mitä halutaan valmistaa ja variaatioita on lukuisia. Kerroksen massa vaihtelee, mutta esimerkiksiin voidaan valita 200 g eli 0,2 kg. Tällöin saadaan:

$$\frac{48000kg}{0,2kg} = 240000 \text{ muottia}$$

3D-puukuitukoneen syklin aika on arvioitu olevan 7 sekuntia. Tällöin saadaan laskettua koneen teoreettinen maksimituotantomäärä muotteina:

$$\frac{(24h * 60 * 60)}{7s} = 12342,8 \text{ muottia/vrk}$$

Huomataan, että pulpperin kapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin yhden 3D-puukuitukoneen kapasiteetti. Jotta pulpperi sekä koneet toimisivat teoreettisesti täydellä teholla vuorokauden ympäri, selvitetään pulpperin ja koneen kapasiteetin suhde:

$$\frac{240000}{12342,8} = 19,4$$

Voidaan todeta, että konelinjoja olisi optimaalisinta olla 18 silloin kun käytetään tuhannen kilogramman pulpperia ja kerroksen massa on 200 g. Tässä tapauksessa valitaan 18 konetta, koska 3D-puukuitukoneet tulevat pareittain ja jos olisi 20 konetta, ne eivät kävisi silloin täydellä teholla. Lisäksi on helpompaa ja kustannustehokkaampaa hidastaa raaka-aineen eli paperimassan tuotantoa, kuin pysäyttää kokonaista konelinjaa. Ideaalitulanteessa siis koneet tekevät tiettyä tuotetta, jolloin voidaan tarkasti määrittää materiaalivirrat. Tällöin voidaan mitoittaa koneiden lukumäärä oikein.

Optimaalinen koneiden lukumäärä siis riippuu suuresti mitä tuotetta niillä aiotaan valmistaa. Tästä syystä asiakkaille on tärkeää, että tilattavien koneiden moduulikoko olisi mahdollisimman joustava ja pieni. Pienin mahdollinen moduulikoko koneille on yksi konepari. Konepareja voi ideaalitulanteessa lisätä tehtaaseen tarvittavan määrän niin, että kokonaisuus silti toimii.

## 11 Johtopäätökset

Pisteytetyistä koneiden layout-versioista valikoitui parhaaksi konerivistö, jossa koneen käyttöpuolet ovat vastakkain. Tällöin koneiden käyttö ja materiaalivirrat ovat toteutettavissa suoraviivaisesti sekä valvomosta on näköyhteys koneiden valoindikaattoreihin. Tämä layout-versio mahdollistaa koneiden tilausvaiheessa helpon laajennuksen riveittäin. Konemoduuli voidaan järjestää tässä

layoutvaihtoehdossa niin, että yksi konepari on yksi moduuli. Moduuleita voidaan järjestää vierekkäin ja vastakkain riviin riippuen tilausmäärästä. Kahdeksan koneen on arvioitu olevan maksimi määrä sillä perusteella, että rivin pituus on tällöin noin 75 metriä ja jos se menee paljon tämän yli, on muotin vaihtoon tehtävä matka jo melko pitkä. Konerivin matka kasvaa lineaarisesti sen mukaan, montako konetta siinä on. Onkin järkevämpää kahdeksan koneen ylittyessä laajentaa rinnalle toinen rivistö koneita peilikuvana, sillä laajennus rinnalle ei pidennä muotinvaihtomatkaa lainkaan. Layoutin ollessa mahdollista valmistaa kahdella erilaisella konfiguraatiolla niin, että pilari- ja kattorakenteet valmistetaan joko yhdelle tai kahdelle riville, on tämä layout-vaihtoehto kaikkein joustavin. Lisäksi kyseisellä pilari- ja kattorakenteella rivien suuntainen laajentaminen koneiden tilauksen mukaan on joustavaa, sillä riittää, että lisää pilareita tarvittavan määrän, riippuen kuinka pitkä konerivi on. Jos koneet ovat erimittaisia, aiheutuu silloin käyttämätöntä tilaa koneen loppupäähän, ja sitä on hankala käyttää. Koneen loppupään tila on tarkoitettu jatkumaan suoraan kuljetuslaitteistoon. Lisäksi, jos asiakas tilaa yhden rivin, olisi tehokkaampaa sijoittaa koneet niin, että koneen käyttöpuoli olisi lähempänä muottivarastoa. Tällöin rivin peilaaminen ei kuitenkaan onnistu, jos halutaan jatkossa rakentaa toinen rivi vierelle, sillä koneiden rivit olisivat tällöin väärin päin valitun layoutin perusteella. Lisäksi käytetyimmät koneet on hyvä sijoittaa mahdollisimman kauas muottivarastosta. Koneet, jotka tekevät vakiotuotetta, eivät tarvitse muotinvaihtoa niin usein.

On tärkeää asiakkaan tilauksen, joustavuuden ja riittävän tuotannon tehokkuuden laskemisessa, että koneiden muodostama moduuli on tarpeeksi pieni yksikkö. Pienin mahdollinen konemoduuli koostuu koneparista, joten valitaan konemoduuliksi tämä. Tehtaan pilarirakenne suunniteltiin palvelemaan mahdollisimman hyvin tätä konemoduulin kokoa.

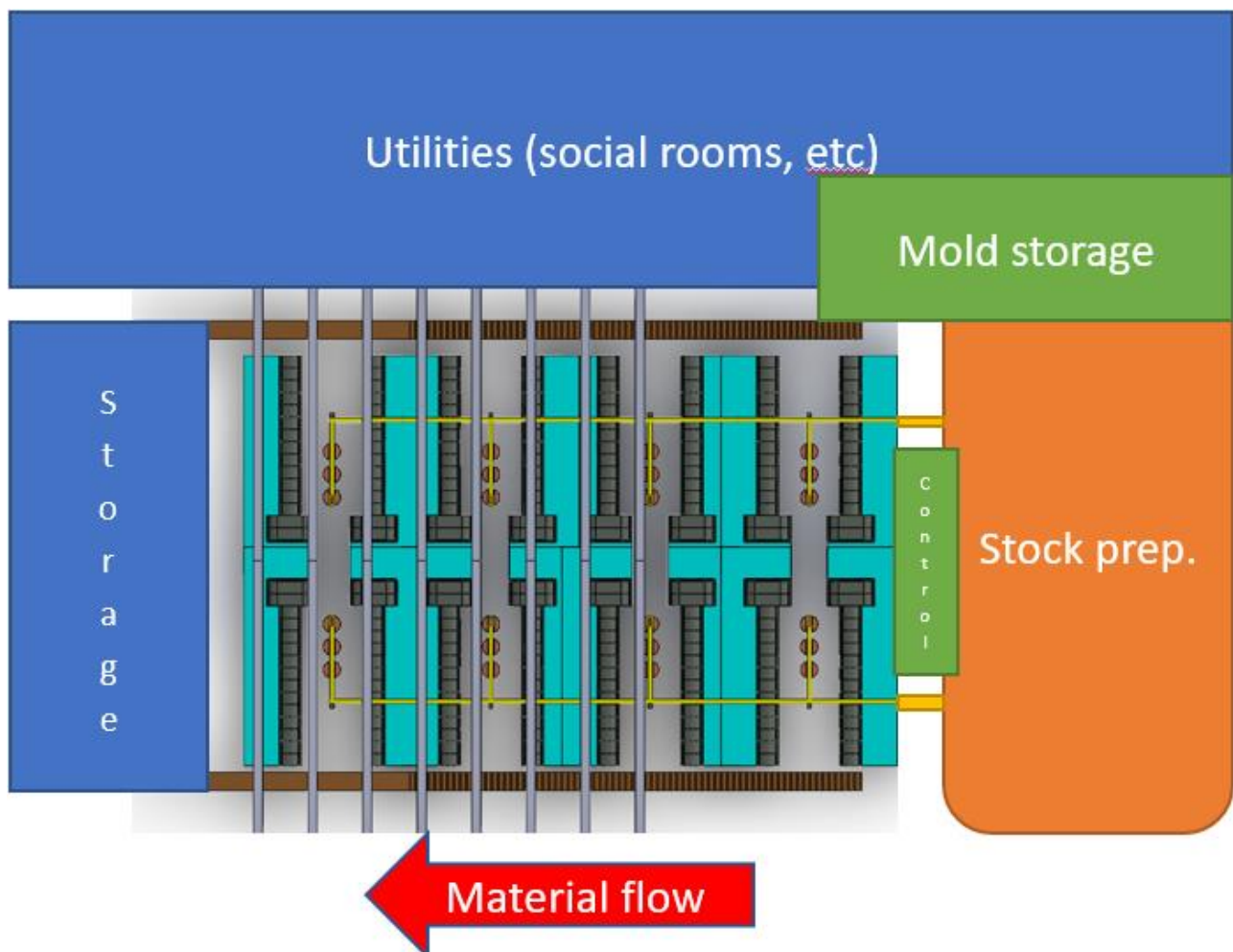
### **11.1 Optimaalinen layout-versio koneiden näkökulmasta**

Kuvio 32 esittää modulaarisen tehtaan ja koneen yhdistämisen toisiinsa ja on tämän opinnäytetyön tulos. Rakennuksen tarkemmat tiedot löytyvät rakennustekniikan opiskelijan opinnäytetyöstä, mutta tässä on karkeasti esitettyä tehtaaseen kuuluvat moduulit. Harmaalla esitetyt kattorakenteet on jätetty oikealta puolelta pois näkyvistä havainnollisuuden parantamiseksi.

Punainen nuoli kuvaa materiaalivirran suuntaa konelayoutin läpi.

Konetekniikan puolen näkökulmasta valmistunut koneiden tehdaslayout on esitettyä kuvion 32 keskellä tarkemmin. Kuviossa materiaalivirta alkaa oikealta, jossa on raaka-aineen valmistusmoduuli ja sen sisältämä raaka-ainevarasto. Moduuli on sijoitettu tehtaaseen oikeaan reunaan, jotta sen mahdollinen laajennus on mahdollista toteuttaa helposti ulospäin. Seuraavaksi käsitelty raaka-aine siirretään koneille ja sen reitti on osoitettu kuviossa keltaisella.

Koneet tuottavat tuotteita, jotka kuljetetaan seuraavaksi ruskealla näkyvälle kuljetuslaitteistolle, josta valmiit ja pakatut tuotteet siirtyvät valmisvarastoon. Kyseisestä kuvioista voidaan nähdä materiaalivirran suoraviivainen kulkeminen. Lisäksi on huomioitu alueet, jossa 3D-puukuitukoneen käyttö tapahtuu turkoosilla esitettyinä koneiden ympärillä.



Kuvio 32 Valmis tehdaslayout



## 12 Pohdinta

### 12.1 Jatkotoimenpiteet

Jotta projektia voidaan jatkaa, tarvitsee tietää tarkkaan, miten ja missä määrin materiaali liikkuu tehtaassa. Materiaalivirtojen tarkka määrittely mahdollistaa koneen optimoidumman käytön ja suunnittelun, eikä silloin tarvitse ylimitoittaa koneen osia.

Koneen optimointi ja pienentäminen mahdollistaa paremman modulaarisen kokonaisuuden. Lisäksi kun tiedetään, mitkä ovat koneen dimensiot, voidaan optimoida niiden tilantarve. Tämän opinnäytetyön tuloksena on karkea arvio tämänhetkiseen tietoon perustuen, paljonko koneet tarvitsevat tilaa ympäriltään, mutta niiden tiivistäminen on mahdollista, kun tiedetään vaatimukset.

Koneiden tarvitseman tilan optimointia varten tulee tietää, miten toteutetaan huoltokäytävät koneparien välissä ja jätteenpoistolaitteiston viemä tila. Lisäksi koneen alla löytyy viemäröintejä, joiden kokoa tarvitsee suunnitella tarkoin, jotta säästytään esimerkiksi tukkeumilta.

Muotinvaihdon automatisointi kasvattaisi entisestään tehtaan automaatioastetta. Se säästäisi aikaa huomattavasti, jos muotteja ei tarvitsisi vaihtaa aina manuaalisesti, sillä esimerkiksi kaksiriviseen tehtaan jokaisen koneen muotinvaihdon toteuttamiseen yksitellen täytyy kulkea hieman alle kahden kilometrin matka. Tätä prosessia voisi nopeuttaa huomattavasti tai ainakin vähentää muotinvaihtoja.

Myös koneen valmistuotteita varten tehty kuljetuslaitteisto täytyy suunnitella niin että, se toimisi tarpeeksi tehokkaaksi välttääkseen tuotannon pullonkauloja. Lisäksi pitää huomioida miten esimerkiksi tyhjä kuljetuslavat siirtyvät koneelle ja sieltä täyteen pakattuna valmisvarastoon.

Liukuhihna on tällä hetkellä suunniteltu olevan suora ilman välivarastoja. Tämä voi vikaantuessaan aiheuttaa pullonkulaefektin tuotannossa, joten on jatkokehityksessä hyvä ottaa huomioon skenaarioita, miten toimitaan, jos liukuhihna menee tukkoon tai jumittuu. Tuotantoa ei kuitenkaan saisi pysäyttää liukuhihnan vuoksi. Lisäksi jos liukuhihna ei ole toiminnassa jostain kohtaa, koko tuotantolinja kärsii.

Jätteenpoiston ja kierrätyksen kannalta täytyy tehdä tutkimus voiko päällystettyä valmistuotetta johtaa takaisin kiertoon. Erilaiset pinnoitteet mahdollisesti vaikuttavat massan ominaisuuksiin kuten erilaiset muovit. Jätteen määrä myös vaihtelee suuresti riippuen muotin muodosta.

Koneparien tilausmäärien variaation vuoksi täytyy tehdä kustannuslaskelma, millaisilla konerivin määrillä kahden rivin laajennus olisi kannattavaa. Esimerkiksi jos asiakas tilaa 14 kpl koneita tehtaaseen, niin onko silloin kustannustehokkaampaa asentaa ne kahteen riviin niin että ensimmäisessä on 8 kpl ja toisessa 6 kpl vai onko järkevämpää tehdä tasamittaiset rivit. Laskelmaan tulee huomioida myös kattorakenteista aiheutuvat kulut, sillä pitkä jänneväli voi olla vähemmän kustannustehokas kuin kaksi pienemmällä jännevälillä toteutettua vierekkäistä konehallia. Kustannuslaskelmissa kuitenkin pitää ottaa huomioon koneiden käytettävyys ja muut kulut jotka aiheutuvat, jos kaksirivinen konelayout tehdään kahdesta hallirakenteesta. Käytettävyys huononee, jos tiellä olevien pilarien määrä konehallissa kasvaa.

Raaka-aineen ominaisuuksiin pitää kiinnittää huomiota, koska lopputuotteen ominaisuuksiin vaikuttaa useita tekijöitä ja parametreja on lukuisia. Paperin ominaisuudet ovat karkeasti analysoitu kappaleessa 8. Ominaisuudet vaikuttavat lopputuotteen laatuun ja ominaisuuksiin. Lisäksi voi mahdollisesti vaikuttaa koneen toimintaan raaka-aine massan käyttäytymisen perusteella.

## 12.2 Eettisyys

Työssä on käytetty jonkin verran materiaalia prosessitekniikan laitevalmistajalta ja sen tekemistä tutkimuksista. Koska tutkittava tuote on vasta kehitysvaiheessa, yritys ei halua julkistaa nimeään eikä yksityiskohtia koneesta tässä opinnäytetyössä. Näin ollen lähteissä ei voida julkaista yrityksen nimeä, vaikka sen yksityiskohtaisempiin tietoihin on osin tukeuduttu tässä työssä. Samasta syystä ei voida julkaista joitain kuvioita tai työhön liittyvää haastattelua ja ne ovat piilotettuna liitteissä. Työssä käytetyt yrityksen materiaalit on tallennettu opinnäytetyön tekemisen ajaksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun palvelimille, jotka on suojattu salasanalla. Tällöin tiedostoihin eivät pääse muut kuin tekijä käsiksi. Salassapitovaatimuksen vuoksi työssä on käytetty ilmaisemaan yritystä prosessitekniikan laitevalmistajalla sekä toimeksiantajalla. Tällöin ei voida yhdistää esimerkiksi internetin hakukoneilla yrityksen oikeaa nimeä opinnäytetyöhön julkaisun jälkeen.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan kanssa, mutta kuitenkin niin että molemmilla on omat työt eri näkökulmista. Tästä johtuu, että töissä on samankaltaisuuksia, jotka voivat näkyä plagiointitarkastuksessa.

Opinnäytetyössä käsiteltiin laitekokonaisuutta, joka valmistaa paperimassasta erilaisia pakkauksia. Laitteen valmistavat tuotteet ovat kohdennettu vaihtamaan muoviset pakkausmateriaalit paperisiin ja näin ollen ympäristöystävällisempään materiaaliin. Tämän koneen ja prosessin kehitys luo kestäväää kehitystä sillä eri teollisuuden aloilla käytetään paljon ympäristölle haitallista muovia. Koneen valmistamalla tuotteilla voidaan korvata monipuolisesti erilaisia muovista tehtyjä tuotteita, sillä koneella voidaan valmistaa laadukkaita ja kestäviä. Tuotteet pystyvät kilpailemaan muovin kanssa hyvin.

### **12.3 Luotettavuus**

Tutkimusta voidaan pitää luotettavana, sillä se perustuu yrityksen x antamiin aikaisempiin tutkimuksiin ja referensseihin, sekä aikaisempiin yrityksen tekemiin tutkimuksiin ja niiden alkuperäisiin lähteisiin. Lisäksi haastattelun perusteella saadut tiedot ovat arvokkaita, sillä haastateltava on ollut 3D-puukuitukoneen kehitystyössä tiiviisti mukana. Näin ollen haastattelusta saatuja tietoja, esimerkiksi kehityskohteita, voidaan luotettavasti soveltaa tässä työssä paremman lopputuleman saavuttamiseksi.

Luotettavuutta lisää myös tutkimuksen toteutustapa, joka on monialainen opinnäytetyö. Tästä syystä tutkimuksessa pystyttiin analysoimaan useammasta näkökulmasta tutkimustuloksia sekä esimerkiksi ideoimaan konetekniikan ja rakennustekniikan näkökulmasta erilaisia layoutversioita. Monet kehitystyö toteutetaan nykyään monialaisena, koska tutkimuksesta saadaan näin paljon laajempi kokonaisuus.

Lisäksi opinnäytetyössä on etsitty ulkopuolisia lähteitä, jotka ovat osa kansainvälisiä lähteitä. Lähteitä on käytetty ja etsitty työhön liittyvistä asiasanoista ja aiheista. Lähdekriittisyyttä käytettiin ottamalla lähteiksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjastosta saatavia teoksia ja internet-tietokantoja, sekä virallisista opinnäytetöitä tarjoavista internet palveluista.

Tutkimuksen aikana pidettiin yhteydenpitoa prosessitekniikan laitevalmistajaan, ja heidän yhteys-henkilöihinsä. Näin voitiin taata, että laaja opinnäytetyöprojekti etenee oikeaan suuntaan halutulla tavalla. Toimeksiantaja antoi myös erilaisia vinkkejä ja tietoa aiheeseen liittyen, jolloin pystyttiin etenemään tutkimuksessa luotettavasti näihin tukeutuen. Prosessitekniikan laitevalmistajan tarjoamiin tietolähteisiin kuului myös mahdollisuus havainnoida koneen prototyyppiä itsenäisesti sekä keskustella työntekijöiden kanssa, miten he toimivat koneen kanssa ja mitä parannettavaa konseptissa olisi. Tällä tavoin oli mahdollista saada kattavasti tietoa myös käytännössä, miten koneen käyttäminen ja ympäristö toteutuvat. Lisäksi hahmotuskyky koneen tarvitsemasta tilantarpeesta tuli paremmin esiin havainnoimalla henkilökohtaisesti.

## **12.4 SWOT- analyysi**

Kuviossa 33 esitetään SWOT-analyysi, jossa käsitellään koneen layoutin vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja haasteet tämän opinnäytetyön tutkimuksen perusteella. Tässä kappaleessa set- vitetään tarkemmin SWOT-analyysin argumentit.

### **12.4.1 Vahvuudet**

Konerivin joustava kasvatus on mahdollista, sillä koneet ovat rivissä ja niitä voidaan teoriassa lisätä vierekkäin niin monta kuin halutaan. Toisaalta rivin kasvattamisessa tulee muita rajoitteita, mutta jos tarkastellaan vain koneiden rivin puolesta, sen kasvattaminen on mahdollista. Materiaalivirta layoutissa on suoraviivainen johtuen konerivin muodosta. Koneiden ollessa rivissä, voidaan materiaali kuljettaa suoraan koneille, sekä valmiit tuotteet voidaan viedä suoralla liukuhihnalla lopputuo- tevarastoon. Konerivi voidaan myös peilata vastakkaiselle puolelle, jolloin se on yhteensopiva en- simmäisen rivin kanssa. Tällöin molempien rivien käyttöpuoli on vastakkain ja esimerkiksi muotinvaihdot voidaan tehdä samalta käyttöalueelta. Lisäksi konerivin ollessa suora, koneisiin asennetut tilaa indikoivat valot ovat näkyvissä valvomoon.

#### **12.4.2 Heikkoudet:**

Koneiden pituuden vaihtelu tässä layoutissa aiheuttaa käyttämättömän tilan koneen päähän, jos kone on lyhyempi kuin rivin jokin muu kone. Tämä johtuu tehdaslayoutin vakiolevydestä. Tehdshalli, jossa koneet ovat, on suunniteltu olevan tarpeeksi pitkäksi, jotta pisin mahdollinen konekonfiguraatio mahtuu sen sisään. Lisäksi muottien vaihto tehdään manuaalisesti esimerkiksi haarukanostimella ja sillä pitää kulkea matka muottivarastosta koneriville toimittamaan muotinvaihtoprosessi.

#### **12.4.3 Mahdollisuudet**

Koneiden koon optimointi ja pienentäminen mahdollistaa paremman kustannustehokkuuden, sekä tuotantolinjan tehokkaamman käytön. Koneita voidaan tiivistää, jolloin välimatkat pienenevät niin muotinvaihdosta kuin materiaalivirroista. Lisäksi tiiviimmät tuotantolinjat säästävät rakennuskuluissa. Tuotantoa voidaan myös automatisoida lisää, kuten automaattisella muotinvaihdolla.

#### **12.4.4 Uhat/ haastet**

Haasteena tiiviissä konerivissä, sekä koneessa itsessään on sen huoltokohteiden luoksepäästävyys. Koneet ovat ahtaassa tilassa ja huolto voi vaatia pitkiäkin koneen sammutusjaksoja, jotta huolto voidaan toteuttaa. Huolto pitää mahdollisesti tehdä purkamalla konetta. Ratkaisuna huoltoa tarvitsevat osat täytyisi sijoittaa strategisiin paikkoihin, jonne on mahdollisimman helppo pääsy. Lisäksi voidaan rakentaa erilaisia huoltoramppeja ja käytäviä. Valmiita tuotteita varten rakennettu kuljetusjärjestelmä voi vikaantua ja vikaskenaariolle täytyy suunnitella toimintatavat.

<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konerivin joustava kasvatus</li><li>• Suoraviivainen materiaalivirta</li><li>• Tarvittaessa lisättävä toinen konerivi yhteensopiva ensimmäisen kanssa</li><li>• Näköyhteys koneiden indikaattorivaloihin valvomosta</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Koneiden pituuden vaihtelu</li><li>• Muotin vaihtojen nopeus/tehokkuus</li></ul>
<b>Mahdollisuus</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Koneiden koon pienentäminen lisää tuotannon kustannustehokkuutta</li><li>• Suurempi automaatiotaso</li></ul>	<b>Uhkat/haasteet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Huoltokohteiden pääsy</li><li>• Liukuhinnan vikatilat vaikuttavat koko tuotantoon</li></ul>

Kuvio 33 SWOT-analyysi

## Lähteet

Didone, M 2020, Molded Pulp Products Manufacturing: Process Development, Characterization and Modeling. Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby.

Emblem, A. & Emblem, H. 2012. Packaging technology: Fundamentals, materials and processes. Cambridge: Woodhead Pub.

Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. 3. painos. Helsinki, Suomi: BoD – Books on Demand.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisija 202

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas: Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisija 212

Kempainen, W. 2022. Pääsuunnittelija. Prosessitekniikan laitevalmistaja. Haastattelu 15.4.2022

Knowpap v.23.0. N.d. Paperitekniikan, paperitehtaan automaation ja prosessinhallinnan oppimisympäristö. Viitattu 2.4.2022 <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993188454806251>

Manufacturing systems: Plastics. N.d. Prosessi layout muoviteollisuudessa. Viitattu 25.4.2022. <https://plasticsmanufacturingsystems.weebly.com/process-system-layout.html>

Martin, T. 2021. All you need to know about modularization. Blogikirjoitus. Modularmanagement 19.5.2021. Viitattu 3.5.2022 <https://www.modularmanagement.com/blog/all-you-need-to-know-about-modularization>

Miltenburg, J. 2005, Manufacturing strategy: How to formulate and implement a winning plan. 2nd edition: New York: Productivity press.

Mital, A., Desai, A., Subramanian, A., & Mital, A. 2008, Product Development: A Structured Approach to Design and Manufacture. Elsevier Science & Technology, Oxford. Viitattu 17.04.2022. <https://janet.finna.fi>, ProQuest databases and e-book collections.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K. H. 2007. Engineering Design: A Systematic Approach. 3rd edition London: Springer.

Siira, T. 2020. Development of a pilot machine for 3D fiber products. Diplomityö, Yliopisto. Aalto yliopisto, Master's Programme in Mechanical Engineering (MEC). Viitattu 5.4.2022. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202010256063>

Tuotannon layout. N.d. Logistiikan maailma verkkosivut. Viitattu 23.4.2022. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

Åkerlund, I 2022. Puukuitupakkaustehtaan modulaarisen konseptin kehittäminen. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan- ja liikenteen ala, Degree programme in civil engineering. Viitattu 23.5.2022 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022051810163>



## **Liitteet**

### **Liite 1. Teemahaastattelun runko (Salassa pidettävä)**

**Liite 2. Kyselylomake (Salassa pidettävä)**

**Liite 3 Laitteiden ja tilojen ominaisuuksia (Salassa pidettävä)**

**Liite 3 haastattelun tulokset (Salassa pidettävä)**

**Liite 5 kaksirivinen kone layout (Salassa pidettävä)**

**Liite 6 Yksirivinen tehdaslayout (Salassa pidettävä)**

**Liite 7 Kaksirivisen layoutin dimensiot (Salassa pidettävä)**

**Liite 8 Yksirivisen konelinjan sivukuva (Salassa pidettävä)**