



# Varastoinnin luominen ennusteana- lyysin pohjalta

Niikko Rissanen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

**Niikko Rissanen**

## **Varastoinnin luominen ennusteanalyysin pohjalta**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2022**, 50 sivua.

Tekniikan ala. Logistiikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyö tehtiin Thyssenkrupp Aerospace Finland Oy:n tarpeesta luoda yrityksen asiakasprojektiin liittyville ajoitetuille toimituksille varastointilaskelma Jämsänkoskella sijaitsevalle toimipisteelle. Varastoinnin tarpeen perustana toimii asiakkaan haluamien osien tuotannon ja halutun toimitusajankohdan ero, jolloin valmisosia kertyy varastoon. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda keino arvioida valmisosien varastokertymää ja sen pohjalta varastointisuunnitelman luominen. Tavoitteena oli myös tuoda esille muita kehityskohteita yrityksen varastoon ja tuotantoon liittyen.

Varaston nykytilasta kerättiin tietoa havainnoimalla ja yritykseltä saatujen materiaalien avulla. Rakennuksesta saatiin tietoa Jämsän kaupungilta, sekä yritykseltä. Yrityksen asiakkaan toimittama ennuste analysoidiin ensin tietokoneohjelmalla, jonka jälkeen se voitiin yhdistää muuhun toimeksiantajalta saatuun tietoon. Kirjallisuuskatsauksen aiheet käsittelivät varastointia, ennustamista ja muita sisälogistiikan aiheita.

Tutkimuksen tuloksena saatiin asiakasprojektiä koskevien osien varastoinnin vaatiman tilan laskuri. Laskuria voidaan hyödyntää varastopaikkojen laskemiseen projektin edetessä, asiakasprojektiin liittyvän metallijätteen syntymisen ennustamiseen, sekä asiakasprojektiin käytettävien metallilevyjen kuukausikohtaiseen käyttömäärän arviointiin. Tulokseksi saatiin myös kehitysehdotuksia toimeksiantajan varaston toimintamalleihin, sekä yleisiä kehittämisideoita varaston rakenteeseen.

Toimeksiantajalle on tuotettu keino laskea asiakasprojektiinsa liittyvän varastoinnin vaatima tilankäyttö ja varastopaikat. Lisäksi työn päätavoitteen ohessa on saatu tulokseksi kehitysehdotuksia toimeksiantajan varaston tulevaisuutta varten. Opinnäytetyön tulosten käytäntöönpano on kiinni varastopaikkalaskennan tulosten paikkansapitävyydestä pitkällä aikatahtimella, sekä kehitysehdotuksiin investoitava aika ja raha.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Sisälogistiikka, varastointi, ennusteanalyysi.

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

Liite 1.

**Rissanen, Niikko**

### **Creating a storage based on a forecast analysis**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2022, 50 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Logistics Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was made based on the need of Thyssenkrupp Aerospace Finland Oy to create warehousing calculations for timed deliveries based on a customer project at the company's manufacturing plant at Jämsänkoski. The basis for the warehousing is the difference of dates between the production of parts and their shipping date, which means that manufactured parts start to accumulate to the inventory. The purpose of the thesis was to create a way to calculate the stockpiling of the finished parts, and to create a storage plan for them. The aim was to also highlight other areas of development related to the manufacturing sites warehousing and production.

Information on the current state of the warehouse was collected by observing its processes and using materials and files obtained from the company. Information about the building was obtained from the city of Jämsä and the company. The customer provided a forecast, which was analysed with a computer program, after which it could be combined with other information received from the commissioner. The literature review covered warehousing, forecasting and other related logistical topics.

The main result was a calculator, which can be used to calculate the need of space required to store the accumulating parts as the customer project moves forward. It can also be used to predict the generation of scrap from the manufacturing process and the monthly usage of metal sheets related to the customer project. As a side result there are development proposals for the operations for the warehouse, as well as general development ideas for the warehouse structure.

The client has been provided with means to calculate the space and the storage places required related to their customer project. In addition to the primary goal there are development suggestions for future use on the development of the commissioner's warehouse. The implementation of the results depends on the accuracy of the results of the calculations on a long-term scale, as well as the time and money invested in the development proposals.

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

Intralogistics, warehousing, forecast analysis

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

Appendix 1

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>5</b>
1.1	Tutkimuskysymykset .....	6
<b>2</b>	<b>Varastointi</b> .....	<b>6</b>
2.1	Varaston ja tuotannon layoutin kehittäminen.....	6
2.2	Varastohyllyt ja varastointitavat .....	7
2.3	Varastopaikat .....	8
2.4	ABC- ja XYZ-analyysi .....	9
<b>3</b>	<b>Ennustaminen</b> .....	<b>10</b>
3.1	Ennustaminen prosessina .....	10
3.2	Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin ennusteet.....	11
<b>4</b>	<b>Sisälogistiikka</b> .....	<b>12</b>
4.1	Sisälogistiikan prosessit.....	12
4.2	Lastauslaiturit.....	13
4.3	Just-in-time ja just-in-case -toimintamallit .....	14
<b>5</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>15</b>
5.1	Toteutus .....	15
5.2	Aineiston kerääminen ja analysointi toimeksiantajaa koskien.....	16
5.3	Aineiston kerääminen tietoperustaa koskien .....	16
<b>6</b>	<b>Kehitysongelman tutkiminen</b> .....	<b>16</b>
6.1	Asiakasprojekti .....	16
6.2	Varastointi.....	18
6.3	Varastokapasiteetin laskemisen perusteet.....	19
6.4	Varasto .....	22
6.5	Ennuste.....	24
6.6	Haastattelut.....	24

6.7	Tiedostojenkäsittely .....	25
<b>7</b>	<b>Tulokset.....</b>	<b>25</b>
7.1	Ennuste.....	25
7.2	Varastoitavien tuotteiden analysointi.....	26
7.3	Varastoitavien tuotteiden kertymän laskenta .....	28
7.4	Nestauksen muuttaminen tilanteeseen sopivaksi .....	29
7.5	Asiakasprojektiin liittyvän varastoinnin luominen.....	30
7.5.1	EUR-lavatavara.....	30
7.5.2	Pitkät osat .....	32
7.5.3	Suurikokoinen lavatavara .....	32
7.6	Kuormalavahyllyjen määrän laskenta .....	32
7.7	Varaston kehittäminen tulevaisuudessa haastattelujen ja havainnoinnin pohjalta .....	34
7.8	Layoutin muutokset .....	37
7.9	Tiedostojen käsittelyn kehittäminen .....	38
<b>8</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>40</b>
8.1	Ajoitettujen toimitusten varastointi .....	40
8.2	Asiakkaan ennusteen hyödyntäminen.....	40
8.3	Asiakasprojektin varastopaikat .....	40
8.4	Varaston kehittäminen.....	41
<b>9</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>42</b>
9.1	Tavoitteet .....	42
9.2	Tulokset .....	42
9.3	Rajoitukset ja luotettavuus .....	42
9.4	Eettisyys.....	43

<b>Lähteet .....</b>	<b>44</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>1</b>
Liite 1. Ennusteanalyysi + lavatarvelaskenta.xlsx.....	1
Liite 2. Toimeksiantajan varaston nykytilanne.....	2
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1: Pitkälle tavaralle tarkoitettu ulokehylly toimeksiantajan varastossa.....	8
Kuvio 2: Sisälogistiikan vaiheet (Logistiikan Maailma).....	12
Kuvio 3: Havainnollistava kuva suorakulmaisten kappaleiden nestauksesta.....	18
Kuvio 4: Suuremmat laatikot (600*400) .....	21
Kuvio 5: Vain yhden lastausrampin olemassaolo hankaloittaa materiaalivirtaa.....	22
Kuvio 6: Pakkaamon käytössä oleva nosturi.....	23
Kuvio 7: Varastoinnille suunniteltu paikka toimeksiantajan varastossa .....	34
Kuvio 8: Lattiapaikat vievät runsaasti tilaa varastosta .....	35
Kuvio 9: Off-cut kappaleita säilytyksessä seinän vieressä .....	36
Kuvio 10: Off-cut kappaleita kuvan etualalla olevassa hyllyssä.....	36
Kuvio 11: Seinän ja tien välissä on tilaa uusille lastauslaitureille .....	37
Kuvio 12: Asemapiirros, vanhan lastausrampin sijainti (punainen) ja uusien lastausramppien (sininen) sijoitteluehdotukset merkittynä .....	38
Kuvio 13: vuokaavio toiminnoista uuden osaluettelon saapuessa.....	39
<b>Taulukot</b>	
Taulukko 1: esimerkki ennustetaulukosta 20mm paksuudelle .....	26
Taulukko 2: tuotteiden %-osuudet osaluettelon pohjalta.....	27
Taulukko 3: Tuotteiden %-osuudet vesileikkaus huomioonotettuna ja EUR-lava tuotteet yhdistettynä .....	28

Taulukko 4: Esimerkki osakertymästä 20 mm paksun levyn kohdalla.....	29
Taulukko 5: Laskennallinen korkeus vaihtoehdoille oletetuilla minimiarvoilla.....	31
Taulukko 6: Laskennallinen korkeus vaihtoehdoille oletetuilla maksimiarvoilla .....	31
Taulukko 7: Lavahyllyjen tarve vaihtoehdossa kaksi 20 mm-86 mm osille minimiarvoilla laskettuna .....	33
Taulukko 8: Paksuimpien kappaleiden päällekkäisyydet eri vaihtoehdoissa .....	33

# 1 Johdanto

Varastointi nähdään usein vain lisäkustannuksia aiheuttavana toimintona. Se on kuitenkin useimmiten välttämätöntä ja voi jopa tuottaa lisäarvoa yritykselle hyvin suunniteltuna. Etenkin viime vuosina koronapandemian ja Venäjän aggression aiheuttamana raaka-aineiden ja tuotteiden toimitusketjut ovat häiriintyneet ja toimitusvarmuus on laskenut. Pelkästään näiden syiden takia riittävän varastotason ylläpitäminen on elintärkeää etenkin teollisuuden yrityksille.

Tämän työn toimeksiantaja oli metallialan yritys Thyssenkrupp Aerospace Finland Oy, joka asiakasprojektinsa myötä tarvitsee varastointisuunnitelmaa projektiin liittyvien osien varastointiin. Yritys on nimensä mukaisesti osa saksalaista ThyssenKrupp AG teollisuuskonsernia. Lähtökohtana opinnäytetyölle on edellä mainittu asiakasprojekti, sekä toimeksiantajan varaston yleinen kehittäminen. Aihe valikoitui sen tarpeellisuudesta toimeksiantajalle, sekä sen mahdollisesta soveltamisesta logistiikan alan yleiseen käyttöön.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tutkia ja suunnitella toimeksiantajan asiakasprojektiin liittyvien tuotteiden varastointia ja siihen vaadittavat toimenpiteitä. Työn lähtökohtana on yrityksen asiakkaalle valmistamat osat levyistä, joista leikataan kaikki levyille asetellut osat irti yhdellä leikkauskerralla. Kaikki osat leikataan samalla leikkauskerralla levyistä tehokkuus- ja kustannussyistä. Näiden osien tilaaminen saattaa tapahtua osa kerrallaan, jolloin loput levyistä leikattavat osat jäävät varastoon odottamaan toimitusta. Kyseisten toimitettavien osien varastointi lasketaan asiakkaan toimitettaman ennusteen perusteella.

Opinnäytetyön tavoitteeseen päästiin saamalla tulokseksi lukuja ja laskentakaavoja, joiden pohjalta toimeksiantaja kykenee näkemään ja laskemaan vaaditun varastokapasiteetin asiakasprojektiin liittyen. Varaston kehittämisen tavoitteisiin päästiin hankkimalla kehitysideoita havainnoimalla ja haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä toimeksiantajan sisälogistiikkaa koskien. Asiakasprojektin ollessa kokonaisuudessaan keskeneräinen, opinnäytetyön päätavoitteeksi muodostui pääasiassa laskentapohjan luominen edellä mainittujen kohtien ratkaisuksi suorien vastausten sijasta. Laskelmat auttavat lisäksi materiaalikulutuksen ennustamisessa. Tuloksiin ja suunnitelmiin pohjau-

tuvien johtopäätösten käyttöönotto jää toimeksiantajan päätettäväksi. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain toimeksiantajan varastoa ja asiakasprojektia, mutta tuloksia voidaan hyödyntää mahdollisesti muissakin vastaavissa tilanteissa. Rajausta perustuu toimeksiantajan projektin tarkkuuteen, jotta toimeksiantaja saisi siitä mahdollisimman käytännönläheisen lopputuloksen, sekä yleisesti varastojen toimintatapojen, rakenteiden ja prosessien vaihteluihin toimialojen välillä.

## 1.1 Tutkimuskysymykset

Toimeksiannon perusteella opinnäytetyön pääkysymyksenä toimii:

- Miten asiakasprojektiin liittyviä ajoitettuja toimituksia varastoidaan?

Pääkysymystä tarkennetaan lisäkysymyksillä:

- Miten asiakkaan toimittamaa ennustetta hyödynnetään varastoinnissa?
- Kuinka monta varastopaikkaa projekti vaatii?
- Miten toimeksiantajan varastoa voidaan kehittää?

## 2 Varastointi

Syitä varaston pitämiseksi on useita, vaikka yleisesti sitä pyritään välttämään siihen sitoutuvan pääoman vuoksi. Kuitenkin varastointi on usein välttämätöntä ja kykenee jopa tuottamaan lisäarvoa yritykselle sen ollessa hyvin suunniteltua. (Varastointi, 2022.)

### 2.1 Varaston ja tuotannon layoutin kehittäminen

Varaston lay-out tarkoittaa sen pohjapiirustusta eli miten käytävät, hyllyt sekä muut varaston toiminnon sijoittuvat varastoon. Tuotannon lay-out vastaavasti tarkoittaa laitteiden, työpisteiden ja muiden tarvittavien asioiden sijoittamista tehdasrakennukseen. Usein tuotannon lay-out pitää sisällään varaston lay-outin. Tärkeää varaston ja tuotannon lay-outin suunnittelemisessa ja kehittämisessä on ottaa huomioon toimintojen tehokkuus, materiaalivirrat, tavaroiden siirtomatkat sekä erityisesti turvallisuus. Varaston lay-outia suunniteltaessa tai kehitettäessä on tärkeää myös käytävissä olevan tilan tehokas hyödyntäminen. (Varastotilojen suunnittelu 2022.)

Varaston kehittämiseen ja suunnitteluun on kaksi lähtötilannetta: täysin alusta alkaen suunniteltava varasto tai olemassa oleviin tiloihin varaston rakentaminen. Alusta asti suunniteltava varasto antaa vapaammat kädet parhaiten sopivan varastotyypin ja varastotekniikan valintaan sekä ratkaisuvaihtoehtoja on enemmän. Olemassa olevien tilojen käyttäminen tuo rajoitteita, kuten rakennuksen mitat, muoto, kulkemiseen käytettävien ovien sijainti ja koko sekä rakennuksessa mahdollisesti olevat väliseinät on otettava huomioon suunnittelussa. (Varastotilojen suunnittelu 2022.)

## 2.2 Varastohyllyt ja varastointitavat

Hyllyjärjestelmälle asetettavat vaatimukset ovat riippuvaisia ympäröivistä olosuhteista sekä erityisesti hyllyihin varastoitavista tavaroista. Järjestelmää suunniteltaessa on tärkeää tietää sen sijoituspaikka, päälle kuormattavien tavaroiden paino ja mitat, käytettävien kuormalavojen malli sekä laitteet, joilla niitä käsitellään (trukit, pumppukärryt, yms.). Lisäksi huomioon on otettava lattian rakenne. Ennen hyllyjärjestelmän asennusta on laadittava varaston lay-out, josta voidaan varmistaa kokonaisuuden turvallisuus ja toimivuus. Lay-outista voidaan nähdä myös käytäväleveydet, jonka perusteella voidaan määrittellä käytettävät trukkityytit. (Kuormahyllyt ja varastoturvallisuus 2015.)

Halvin varastointiratkaisu on hyllytön varastointi. Tämän mahdollistaa varastointiyksiköiden päällekkäin asettelu, mikäli yksikkö ja sillä säilöttävä tavara kestää sen. Useissa varastoissa yleinen ratkaisu on kuormalavahylly, jolle nimensä mukaisesti säilötään tavaroita lavoilla. Kuormalavahyllyt mitoitetaan yleisesti siten, että lavan pitkä sivu on syvyysuunnassa. Tämä mahdollistaa niin EUR- ja FIN-lavojen säilyttämisen samalla hyllyllä. Muita kuormalavojen säilömiseen tarkoitettuja hyllyjä ovat muun muassa syväkuormaushyllyt, läpivirtaushyllyt ja siirtohyllyt. (Varastohyllyt 2022.)

Tavarat, jotka ovat joko liian pieniä tai suuria standardikokoisille lavoille, vaativat erilaisen varastointiratkaisun. Pienelle tavaralle, jota ei varastoida suuria määriä, sopii pientavarahyllyt. Yleensä pientavarahyllyt rakennetaan tasoista ja tangoista, joten niistä voidaan rakentaa tarpeeseen sopivia ratkaisuja, jotka ovat helposti muunneltavissa tarkoituksen muuttuessa. Pientavaralle sopivat myös siirtohyllyt, joissa hyllyt ovat toisissaan kiinni ja niitä liikutetaan kiskoja pitkin joko sähköisesti tai kammella. Pientavaran säilytysvaihtoehtona on myös säilöminen laatikoissa, jotka puolestaan säilötään kuormalavoille. Pitkälle tavaralle, kuten tangot ja putket, yleisin varastointitapa on

ulokehylly. Ulokehyllyt voidaan mitoittaa tarpeen mukaan, etenkin pituuden ja painon osalta. (Varastohyllyt 2022.)



Kuvio 1: Pitkälle tavaralle tarkoitettu ulokehylly toimeksiantajan varastossa

### 2.3 Varastopaikat

Hyvin toimivassa toiminnanohjausjärjestelmässä voidaan käyttää dynaamisia varastopaikkoja, eli tuotteille ei määritellä pysyviä varastopaikkoja, vaan järjestelmä määrittelee saapuvalla tavaralla optimaalisen tyhjän varastopaikan. Dynaamisessa varastoinnissa tuotteet ovat optimaalisella keräilypaikalla ja tilankäyttö on joustavaa, mutta tämän toimiakseen yrityksen ns. master datan täytyy olla kunnossa. Yleensä dynaamisissa varastopaikoissa varasto jaotellaan alueisiin ja järjestelmä sijoittaa tuotteet pohjautuen niille määriteltyihin ominaisuuksiin. Tuotteet sijoitetaan keräilypaikoille kiertonopeuden mukaan, missä nopeimmin kiertävät sijoitetaan parhaimmille paikoille, kun taas hitaammin kiertävät sijoitetaan varaston epäoptimaalisimmille paikoille. (Sisälogistiikka n.d.) Tämä onkin lean-ajattelun tärkeimpiä ohjeistuksia.

Useimmiten käytössä on kiinteät varastopaikat, jossa tuotteille on määritelty paikat, jossa ne sijaitsevat aina. Tässä tilanteessa tuotteiden sijoittelun optimointi täytyisi tehdä käsin vähintään kerran vuodessa. Tällä varmistetaan samat hyödyt kuin dynaamisessa järjestelmässä, eli nopeasti kiertävät tuotteet olisivat parhaimmilla paikoilla ja hitaimmat tuotteet olisivat huonoimmilla paikoilla tai ne poistettaisiin kokonaan valikoimasta. Tämän lisäksi tuotteet olisivat määräänsä nähden oikean kokoisella varastopaikalla. Tuotteiden keräily on tarkempaa ja helpompaa, kun jokaiselle tuotteelle on määritelty oma varastopaikkansa. (Sisälogistiikka n.d.)

Hyvässä järjestelmässä tuotteiden saldot näkyvät paikkakohtaisesti, jopa kolli- tai eräkohtaisesti. Tällöin järjestelmä näyttää tuotteen kaikki sijainnit ja määrät. Pahimmillaan tuotteiden saldot ja paikat eivät näy järjestelmästä vaan niitä seurataan visuaalisesti. Tämänkaltaisessa tilanteessa toiminta on työntekijöiden muistista riippuvainen, mikä aiheuttaa turhaa etsintää ja mahdollisia virhepoimintoja. (Sisälogistiikka n.d.)

## **2.4 ABC- ja XYZ-analyysi**

Varastoinnin kehittämiseen voidaan käyttää varastoanalyysia, erityisesti ABC- ja XYZ-analyysia. ABC-analyysissa tuotteet varastoidaan perustuen Pareton periaatteeseen, jossa 20 prosenttia nimikkeistä koostaa 80 prosenttia myyntivolyymista. Käytännössä jakauma ei kuitenkaan seuraa tarkkaa 80/20 jaottelua, vaan jaotteluun voidaan tehdä useampia ryhmiä ja niiden prosenttiosuudet voivat vaihdella tarpeen tai halutun tarkkuuden mukaan. (Varastonohjaus 2022.) ABC-analyysissä tuotteiden luokitteluun voi käyttää useita mittareita. Yleisimpiä mittareita ovat myynti, tuotteen osuus voitoista, tuotteen sitoma arvo ja tavaran luonne. Analyysin onnistunut toteutus vaatii tuotteiden luokittelun mukailevan yritysstrategiaa ja palvelutason tavoitteita. (Bowersox, ym. 2002.)

XYZ-analyysi tarkastelee muun muassa eri nimikkeiden logistiikkakustannuksia. Periaatteellisesti XYZ-analyysi toimii ABC-analyysin tavoin, mutta tuotteiden arvon ja kysynnän sijasta nimikkeet ryhmitellään niiden aiheuttamien varastointikustannusten mukaisesti. XYZ-analyysillä voidaan myös tarkastella logististen tapahtumien määrää, esimerkiksi myynti- tai vastaanottotapahtumat, käsittelyyn kuluva aika, tai keräilytaajuus. Näissä tapauksissa kustannustiedot eivät ole merkityksellisiä analyysia tehtäessä. (Varastonohjaus 2022.)

### 3 Ennustaminen

Kun logistiikkaan liittyy tuotteiden valmistaminen varastoon, vaaditaan ennuste ohjaamaan prosessia. Ennustamisen lopputulemana on vastaus kysymyksiin mitä myydään, milloin ja missä. Se määrittelee vaatimukset toimitusketjulta etenkin JIT –ajatusmallissa. Ennen myyntitapahtumaa toimitusketjussa on monta muuta logistista tapahtumaa, jotka vaaditaan myynnin onnistumiseksi, joten ennustaminen on kriittinen osa tuotannon ja toimitusten suunnittelua. (Bowersox, ym. 2002.) Ennustamisen tarkoitus on saada tietoon todennäköisin lopputulos epävarmalle muuttujalle. Logistiikan suunnittelemiseen ja hallintaan tarvitaan ennusteita tulevaisuuden taloudellisten toimien suunnittelemiseen, sillä tarjonnan vastaamisessa kysyntään on viivettä. Logistiikan ennustamisen piiriin kuuluvat pääasiassa valmistettavien tuotteiden kysyntä, raaka-aineiden hinnat, työvoimakustannukset ja tuotannon läpimenoajat. (Ghiani, Laporte & Musmanno 2013, 44–45.)

Suurin osa ennustamistavoista kuuluvat kahteen laajaan kategoriaan; kvalitatiiviset menetöt, jotka ovat riippuvaisia ihmisestä sekä ihmisjoukoista saataviin tietoihin tai kvantitatiivisiin metodeihin, jotka ovat riippuvaisia joko pelkästään myyntihistoriasta tai myyntihistoriasta ja muista muuttujista. Yleensä kysyntää ennustaessa molempiin kategorioihin kuuluu subjektiivista näkökulmaa. Yleisimmin subjektiivisesti johdetut ennusteet käyttävät hyödyksi joko alan tietämystä tai vaistomaisia tunteita pohjautuen markkinatietoisten henkilöiden ammattitaitoon. (Chase, 2013.)

#### 3.1 Ennustaminen prosessina

Ennustamisprosessi jaetaan yleensä kolmeen päätoimintoon; datan esikäsittely, ennustusmetodin valinta ja ennustamisen tarkkuuden arviointi. Data on harvoin sellaisenaan valmista käytettäväksi ennusteen tekemiseen. Ongelmia voi olla useita; osa vaadittavasta tiedosta puuttuu, tiedoissa on virheitä tai poikkeamia ja tieto voi olla epäjohdonmukaista tai epäselvää. Nämä ongelmat ratkotaan siistimällä ja lisäämällä puuttuvaa dataa, yhdistämällä tietoa useista lähteistä, muuntamalla tietoa haluttuun muotoon, poikkeamien etsiminen ja poistaminen sekä muut datan muokkaamiseen liittyvät toimenpiteet. (Ghiani, ym. 2013, 55–56.)

Ennustusmetodi valitaan useiden ennustustekniikoiden joukosta perustuen siihen, miten tarkkoja tuloksia ne olisivat tuottaneet, jos niitä olisi käytetty aikaisemmin. Ennustustekniikoita on monia,

esimerkiksi kausaalinen metodi, jossa ennuste pohjautuu oletukseen, että tulevaisuus on riippuvainen menneistä tai nykyisistä muuttujien arvoista. Tämä metodi on hyödyllinen keskipitkien ja pitkien aikavälien ennusteissa, mutta se ei kuitenkaan ole suosittu logistiikan alalla sen muuttujien korrelaatioiden tunnistamisen haastavuuden takia. Toisena esimerkkimetodina on ns. ”decomposition method”, jota käytetään jatkuville ja säännöllisille aikasarjoille, jotka voidaan hajottaa trendiksi, sykliseksi variaatioksi, kausivaihteluksi ja jäännösvaihteluksi. (Ghiani, ym. 2013, 55–60)

Ennustamisen tarkkuuden arviointi tehdään sen jälkeen, kun ennustettu muuttuja saadaan tietoon. Tätä kautta voidaan ottaa huomioon prosessissa tulleet virheet. Kaikki virheet yhdistetään, jotta voidaan arvioida käytössä olevan ennustusmetodin tarkkuutta. Tätä keinoa voidaan käyttää ennustustekniikan hienosäätämiseen tai jopa toisen ennustusmetodin valintaan. Virheiden käsittelemistä varten ennustusmetodeja on arvioitu sopivilla tarkkuustoimenpiteillä menneiden virhetapausten perusteella. (Ghiani, ym. 2013, 55–60)

### **3.2 Lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin ennusteet**

Ennusteet ovat luokiteltavissa lyhytaikaisiin, keskipitkän aikavälin ja pitkäaikaisiin ennusteisiin. Pitkäaikaisten ennusteiden aikaikkuna on yhden ja viiden vuoden välillä. Haittana on ennusteiden epäluotettavuus, sillä taloudelliset, poliittiset ja teknologiset ongelmat voivat horjuttaa ennustetta huomattavasti. Keskipitkän aikavälin ennusteet kattavat muutaman kuukauden ja vuoden aikavälin. Sen perusteella tehdään pääasiassa strategisia logistisia päätöksiä, kuten tuotannon vuositaso, kuljetussuunnitelmat ja varastonhallintaan liittyviä ratkaisuja. Lyhytaikaiset ennusteet antavat suuntaa muutamasta päivästä useiden viikkojen aikavälille sijoittuvalle toiminnalle. Sitä käytetään resurssienkäytön aikatauluttamiseen, jotta lähitulevaisuuden tuotanto- ja jakelutavoitteisiin voidaan vastata. Lyhytaikaisten ennusteiden tarpeellisuus ja merkityksellisyys kuitenkin vähenee myyntitilausten saapuessa. (Ghiani, ym. 2013, 55.)

## 4 Sisälogistiikka

### 4.1 Sisälogistiikan prosessit

Sisälogistiikka on materiaalivirtojen hallintaa ja erittäin tärkeä osa logistista kokonaisuutta. Käytännössä se kattaa kaiken tuotannon ulkopuolisen materiaalin käsittelyn sisätiloissa. Tähän kuuluu esimerkiksi materiaalin vastaanotto, hyllytys, siirrot, yms. Näissä prosesseissa apuna toimivat usein trukit ja muut kuormankantajat sekä tietojärjestelmät. Joissain tapauksissa tehtävissä käytetään automaattioratkaisuja, kuten varastoautomaatteja ja mobiilirobotteja. Sisälogistiikkaan liittyviä tuotannossa tapahtuvia siirtoja tehdään paljon, mutta ne eivät useimmiten tuota mitään lisäarvoa prosessiin. Myös tuotantoon mahdollisesti kertyvät välivarastot eivät kerrytä lisäarvoa, joten materiaalin siirtelyn ja välivarastojen määrä tulisi minimoida. Lay-outiin liittyen materiaalin siirtelyssä tulisi tavoitella lyhyitä välimatkoja ja materiaalivirtauksen yksisuuntaisuutta. (Sisälogistiikka N.d.)



Kuvio 2: Sisälogistiikan vaiheet (Logistiikan Maailma)

## 4.2 Lastauslaiturit

Jos kuormatila halutaan yhdistää varastotilaan saumattomasti, lastauslaituri toimii varastointi- ja tuotantoprosessin alku- ja loppupisteenä. Lastauslaiturit sijoitetaan usein tuotantolaitoksien kulmiin siten, että kuljetuskalustolla on tilaa tehdä tarpeelliset kääntymiset ja muut vaadittavat liikedinnät. Laituri tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle tuotannon ja varaston alkua ja loppua, jolloin materiaalivirtaus paranee. Lastauslaiturin sijoittamista ei voi suunnitella erillään muusta prosessista, vaan siinä tulee ottaa huomioon paras mahdollinen liikennevirtaus ajoneuvoille, tuotannon ja varaston materiaalivirtauksen suunta sekä sen mahdolliset muutokset ja lisäksi käsiteltävien materiaalien ominaisuudet, kuten tulipalon tai korroosion riskit. Lastauslaiturien määrän laskemisessa tulee ottaa huomioon käsiteltävä tuote ja käsittelyn nopeus, lastattavan ajoneuvon ja sen kuormatilan ominaisuudet, ennakoitu liikennevirtaus, tavaravirran ja liikenteen kasvu tulevaisuudessa sekä lastauslaitureita hankkivan yrityksen taloudelliset käytänteet. (Drury, Falconer & Heery 2003, 13–14).

Lastauslaitureiden suunnittelussa tulisi tavoitella mahdollisimman pientä korkeuseroa kuormatilan lattian ja rakennuksen lattian välillä. Tämä voidaan mahdollistaa joko nostamalla tai laskemalla lastauslaiturin korkeutta rakennukseen nähden, tai alentamalla lastauspihan korkeutta lastauslaiturin läheisyydestä. Kuormatilan lattian korkeus vaihtelee usein, etenkin erityistarkoituksia varten suunnitellut kuormatilat, kuten kylmäkuljetuksia varten tehdyt tilat, voivat poiketa yleisestä lattiakorkeudesta eristetyn pohjansa vuoksi. (How to design a loading bay 2017.) Metalliteollisuudessa lämpötilahallittuja kuljetuksia ei useimmiten tehdä, joten lattiapaksuus ei vaikuta lattioiden korkeuseroihin.

Lastauslaitureita on erityyppisiä, joista valitaan rakenteellisiin tekijöihin ja omiin käyttötarpeisiin sopivin vaihtoehto. Yksi vaihtoehtoista on rakennuksen sisällä oleva lastauslaituri, joka luo lastaamiselle ja kuorman purkamiselle suojaisan paikan niin henkilöstölle kuin materiaaleille. Haittana tässä vaihtoehdossa on korkeat rakennuskustannukset ja rajoitettu tila. Sisäänrakennettu lastauslaituri vaatii pakokaasupäästöistä johtuen myös koneellisen ilmanvaihdon. Toinen vaihtoehto on rakennukseen nähden kohtisuorassa oleva laituri, missä kuormatilan pääty tuodaan lastauslaiturin ovea vasten. Lastauslaituri luo suljetun tilan kuormatilan ja rakennuksen välille. (How to design a

loading bay. 2017.). Kolmantena vaihtoehtona on ns. sahanterälaituri, jossa lastauslaiturin ajoneuvopaikat ovat viistossa. Tämä vaihtoehto on tilankäytöltään suoraa laituripaikkaa tehokkaampi, sillä ajoneuvot voivat poistua kulman suuntaisesti. Vaihtoehtona on myös kampalaituri, jossa ajoneuvopaikat ovat syvät ja laiturin ulottuu kuormatilan sivuille, joka mahdollistaa kuorman purkamisen takaa sekä sivuilta. (Lastauslaiturit, n.d.)

### **4.3 Just-in-time ja just-in-case -toimintamallit**

Just-in-time (JIT) ja just-in-case (JIC) -toimintamallit ovat varastointistrategioiden ääripäitä. Molemmilla toimintamalleilla keskitytään tuotannossa tarvittavien raaka-aineiden varastotasoihin, mutta lähestymistavat ovat täysin erilaiset. Siinä missä JIT tavoittelee toimitusketjussaan lean-mallin mukaista toimintaa, JIC sen sijaan asettaa painoarvoa riittävän korkeille varastotasolle. JIT vaatii toimiakseen reaktiivista strategiaa, jossa materiaalien ostopäätökset perustuvat senhetkiseen tilanteeseen. JIC ei puolestaan vaadi nopeaa reagoitua, sillä materiaalien ostot tehdään varastotasojen ylläpitämiseksi ja tuotantopysähdysten välttämiseksi. (Jenkins 2021.)

Just-in-time -ajatusmallin perustana on laatuongelmien huomaaminen ennen kuin valmistetaan suuria määriä viallisia osia ja osien vanhentumisen estäminen etenkin nopeasti etenevillä aloilla, sekä tavaran varastoinnin ja hallinnan vaatiman tilan minimointi ja tavaraan sitoutuneen pääoman vähentäminen (Shih 2022.). Myös Jenkins (2021) sekä Bowersox, Closs ja Cooper (2003) ovat todenneet JIT-ajatusmallin painottavan varastomäärien pitämistä mahdollisimman matalina, tuotannon nopeaa läpäisyä ja virheettömyyttä. Ajatusmallissa painotetaan myös lyhytaikaisten ja joustavien sopimusten käyttöä, joita voidaan hienosäätää vastaamaan kysynnän muutoksia. Ajatusmallissa tavoitteena on ostettujen materiaalien ja komponenttien saapuminen tuotantoon haluttuun pisteeseen juuri sinä hetkenä, kun niitä tarvitaan. (Jenkins 2021; Bowersox, Closs & Cooper 2002). Tämä minimoi varastotasoa ja sitä kautta vapauttaa varastoon sitoutunutta pääomaa muuhun hyötykäyttöön. JIT-periaatteen mukainen virheetön toiminta ja puskurin ja varmuusvarastojen minimointi vaatii kuitenkin laadultaan korkeatasoisten ja johdonmukaisten toimittajien lisäksi toimitusketjun, jonka logistiseen toimintakykyyn voi luottaa. (Bowersox, ym. 2002.)

Etenkin viime aikoina Covid-19 –taudin aiheuttamat toimitusketjun viivästymiset ja muut hankintaan liittyvät ongelmat lisäävät raaka-aineiden varastoinnin painoarvoa yrityksille. Tämä on siirtänyt ajattelutapaa just-in-time mallista just-in-case ajatusmalliin. 2020 alkaneen pandemian sulkiessa tuotantolaitoksia ja muut sen mukana tulleet ongelmat toimitusketjuihin sekä taudin hiipumisen myötä tulleet kysyntäpiikit tarkoittivat just-in-time ajattelutavan osoittautumista jopa haitalliseksi liiketoiminnalle. Tämä johti just-in-case ajattelutavan nousuun, jossa varastotasoa pidetään yllä materiaalin saatavuuden varmistamiseksi. (Masters, Edgecliffe-Johnson, 2021.) Tämä muutos voi myös johtaa varomattomia päätöksiä tehtäessä turhaan varastotasojen nousuun ja pääoman tarpeettomaan sitoutumiseen. Ajatusmalleja verratessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon tarkasteltavan yrityksen ala, esimerkiksi teollisessa tuotannossa varastotasojen korkea taso on järkevää mahdollisten saatavuusongelmien takia. (Shih 2022.)

## 5 Tutkimusasetelma

### 5.1 Toteutus

Tutkimus tehtiin sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia menetelmiä käyttäen. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus vastaa kysymyksiin; miksi, miten ja millainen, sekä hakee vastausta näihin kysymyksiin yleisimmin suppealla näytteellä. Laadullisessa tutkimuksessa tavoitteena on yleensä ongelman tai tutkimuskohteen ymmärtäminen. Yleensä laadullisessa tutkimuksessa tietoa kerätään haastattelujen ja keskustelujen kautta. Laadullinen tutkimus sopii toiminnan kehittämiseen, vaihtoehtojen hakemiseen ja sosiaalisten ongelmien tutkimiseen tai ratkaisemiseen. Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus vastaa kysymyksiin; mikä, missä, paljonko ja kuinka usein. Määrällisessä tutkimuksessa haetaan tietoa numeerisesti suurella, edustavalla otoksella. Asiat kuvataan numeeristen suureiden avulla ja siinä keskitytään useimmiten kartoittamaan olemassa olevaa tilannetta. (Kvantitatiivinen tutkimus 2014.)

Tutkimuksen aineisto kerättiin suurimmaksi osaksi opinnäytetyön toimeksiantajan tietokannoista ja analysointiin käyttämällä Excel-laskentataulukkoja, eli pääpainona tutkimukselle on kvantitatiivinen menetelmä. Kvalitatiivisia menetelmiä käytettiin kuitenkin haastattelujen tärkeyden takia. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä tavoitteena on ratkaista toimeksiantajan ongelma ja siinä yhdistyy tutkimusmenetelmien soveltaminen, saadun datan analysointi ja kehittämistoiminta.

## 5.2 Aineiston kerääminen ja analysointi toimeksiantajaa koskien

Aineiston ja opinnäytetyön keskiössä oli toimeksiantajan asiakkaan BOM:n (Bill of materials), eli osaluettelon sekä asiakkaan laatiman ennusteen analysointi. Näitä tietoja yhdistämällä voidaan luoda työkalu arvioimaan valmiiden osien kertymää ja niiden vaatimaa varastointitilaa. Tietoja hyödyntämällä voidaan myös arvioida valmistusprosessissa syntyvän romun määrää.

Rakennuksen tämänhetkinen lay-out saatiin toimeksiantajan tietokannasta, lisäksi siihen mahdollisesti vuosien aikana tulleet muutokset saadaan selvitettyä joko itse havainnoimalla tai haastatteleamalla varaston toiminnasta vastaavia henkilöitä. Koska toimeksiantajan tilat sijaitsevat kunnan kiinteistöyhtiön omistamassa kiinteistössä, kysyttiin kiinteistön omistajan edustajalta rakennuksen piirustuksia, sekä muita tietoja. Tätä kautta saadaan yleisesti hahmotettua materiaalivirtoja, sekä esitettyä kehitysehdotuksia ja niiden toimintaa.

## 5.3 Aineiston kerääminen tietoperustaa koskien

Tiedonhaku rajoittui lähestulkoon kokonaan internetistä löytyvään tietoon, sekä Jamkin tarjoaman verkkokirjaston kirjoihin. Lähteet valikoituivat pääosin niiden opinnäytetyöhön soveltuvuuden ja yleistason tiedon takia. Tietoa haetaan lähtökohtaisesti suomen ja englanninkielisistä lähteistä, suosien ajankohtaista tietoa, mutta ottaen samalla huomioon logistiikan perusteiden muuttumattomuuden. Osa lähteistä on kaupallisia, mutta luotettavuustarkastelua tehtiin vertaamalla usean alan toimijan tietoa toisiinsa, jolloin voidaan muodostaa lähtökohtaisesti luotettava tietoperusta.

# 6 Kehitysongelman tutkiminen

## 6.1 Asiakasprojekti

Pääosana opinnäytetyötä on toimeksiantajan asiakasprojektiin liittyvien ajastettujen toimitusten varastointi. Asiakasprojektissa tavoitteena on leikata ns. emolevyistä osia, joista yksi tai useampi lähetetään asiakkaalle suoraan, mutta loput levystä leikattavat osat saattavat jäädä kuukausiksi varastoon odottamaan ostotilausta. Kaikkien osien leikkaaminen kerralla ja siitä aiheutuva varas-

tointitarve johtuu kustannustehokkuudesta, tilankäytöstä sekä materiaalin kierrätyksestä, sillä levyjä ei ole järkevää varastoida osittain leikattuina. Suurten varastokertymien kustannuksia helpottaa asiakkaan kanssa tehty sopimus, jonka mukaan asiakas maksaa määritellyn painorajan ylimenevästä varastopainosta hyvityksiä. Osittain leikattujen levyjen käsittely luo turhaa logistista painetta ja kuluttaa työaikaa. Etenkin vesileikkauksessa kaikkien osien leikkaaminen kerralla on kustannustehokkain tapa toimia varsinkin, jos vesileikkaukskoneessa on useampi kuin yksi suutin, jolloin voidaan leikata kaksi levyä samanaikaisesti.

Metallilevyjen tuottaja hoitaa lisäksi materiaalin kierrätyskäytön, joten kaikkien osien kerralla leikkaaminen vapauttaa kaiken levystä tulevan ylimääräisen materiaalin, joka taas selkeyttää kierrätysprosessia ja vapauttaa materiaaliin sitoutunutta pääomaa. Kierrätettävästä materiaalista myös maksetaan, joten on hyvä, ettei materiaalia jää varastoon pitkäksi aikaa. Materiaalin kierrätys parantaa sen saatavuutta tulevaisuudessa, mikä on oleellisen tärkeää tuotannon jatkumiselle.

Asiakasprojektissa yksi tavoitteista on sijoittaa asiakkaan haluamat osat levyille siten, että materiaalinkäyttöprosentti saadaan mahdollisimman korkeaksi, mikä tuo säästöjä raaka-ainekustannuksista. Tätä prosessia kutsutaan nestaukseksi. Tällä hetkellä toimeksiantajan varastossa on jo valmiiksi projektiin sopivia levyjä, jotka eivät kuitenkaan ole optimikoossa. Nämä edellä mainitut levyt käytetään loppuun ennen optimikokoon siirtymistä. Esimerkiksi tällä hetkellä osat leikataan irti levyistä usein yksitellen tilauskohtaisesti, mutta optimikoossa olevasta n. 40 mm paksusta levystä tullaan leikkaamaan irti kerralla 13 osaa, perustuen 11 osapiirustukseen. Loput osista, jotka tilataan vasta myöhemmin, jäävät varastoon odottamaan. Varsinkin osien kysynnän ollessa epätaisaista, kertyy joitakin osia varastoon väistämättä.



Kuvio 3: Havainnollistava kuva suorakulmaisten kappaleiden nestauksesta

## 6.2 Varastointi

Toimeksiantajan projektin ollessa vielä keskeneräinen, ei ajastetuille toimituksille ole varastointisuunnitelmaa. Tämä on samanaikaisesti sekä hyvä että huono asia, sillä varastointisuunnitelman tekeminen on helpompaa aloitettaessa tyhjältä pöydältä, mutta samalla työläämpää, koska suunnittelemiselle ei ole mitään pohjaa. Ensimmäisenä on otettava selvää toimeksiantajan valmiista toimintatavoista, esimerkiksi onko kuormalavoina käytössä standardimallinen EUR-lava, vai tehdäänkö lavat kappaleen mittojen perusteella. Toinen selvítettävä toimintatapa on käytettävät kuormahyllyt, joka asettaa kuormalavoille minimi- ja maksimikoot. Varastointia suunniteltaessa on myös tärkeää tietää mahdolliset rajoittavat tekijät, kuten rakennuksen korkeus, varastointia varten vapaana oleva tila, sekä kaluston tuomat rajoitukset kuten trukkien nostokorkeudet ja painorajoitukset.

Keskisuurten kappaleiden varastointi kuormalavoille on lähes itsestään selvää. Suurien ja pienien kappaleiden varastointi vaatii taas tarkempaa tarkastelua. Suuremmille kappaleille tulee todennäköisemmin rakentaa erityispitkä kuormalava, jotta niiden varastointi, käsittely ja lähettäminen onnistuu helposti ja turvallisesti työntekijöiden ja kappaleen näkökulmasta. Pienempien kappaleiden kohdalla täytyy tarkastella muita mahdollisia varastointitapoja, kuten laatikoita tai muita mahdollisia säilytystapoja. Kun kyseessä on metalliteollisuuden yritys, pienetkin kappaleet voivat suurissa määrissä nostaa käsiteltävää painoa korkeaksi, jos ne varastoitaisiin samaan laatikkoon.

On myös mietittävä sisäistä materiaalivirtaa varastoinnin kannalta. Onko esimerkiksi järkevää varastoida kahta keskikokoista osaa samalla lavalla, jos toinen niistä valmistetaan kuukautta myöhemmin, jolloin kuormalava täytyy noutaa varastosta, jotta molemmat osat saataisiin samalle lavalle. Osaa ei voida viedä tuotannosta varastoon ilman lavaa, sillä kappaleiden naarmuuntumisriski on liian suuri ja kappaleiden käsittelytyökalut (imukuppinosturit) sijaitsevat tuotantolaitteiden ja pakkaamon läheisyydessä. Tämä tarkoittaisi myös haasteita lähetyksen kanssa, sillä jos kappaleita tilattaisiin vain yksi, on kuormalava vietävä käsittelylaitteiden luokse, siirrettävä toinen kappaleista lavalta ja vietävä toinen kappaleista takaisin säilytykseen. Tämä operaatio aiheuttaisi kappaleille turhaa siirtelyä, mutta varastokapasiteetin vähäisyys voi kuitenkin pakottaa säilömään kahta osaa samalla lavalla tilankäytön tehokkuuden vuoksi.

### 6.3 Varastokapasiteetin laskemisen perusteet

Ennen vaadittavan varastokapasiteetin laskentaa tarvitaan vastaukset seuraaviin kysymyksiin;

- I. Kuinka ylisuuret osat varastoidaan?
- II. Onko keskisuuria osia järkevää laittaa kahta kappaletta lavaa kohden?
- III. Voidaanko osista pienimmät siirtää käsin?
- IV. Varastoidaanko pienimmät osat laatikoissa, lavoilla vai jollain muulla tavalla?
- V. Kuormalavojen koot, käytetäänkö aina EUR-lavaa sitä pienemmille kappaleille?
- VI. Onko isoimpien pitkien suorakulmaisten kappaleiden säilyttäminen lavalla pakollista?
- VII. Voidaanko valmiita osia säilöä päällekkäin?
- VIII. Paljonko varastossa on lattiatilaa käytettävänä?

Vastaukset näihin kysymyksiin saadaan haastattelemalla varaston ja tuotannon toiminnasta vastaavia henkilöitä, sekä tekemällä havaintoja varaston toiminnasta. Vastauksena kysymyksiin saatiin tieto, että suurin osa osista varastoidaan EUR-lavoilla, sillä ne lähtevät asiakkaalle siinä muodossa. Kuormalavoille laitetaan myös kauluksia, jotka ovat n. 17 cm/kerros korkeita. Näin ohuempia kappaleita voidaan laittaa useampi päällekkäin. Pienimmät osat varastoidaan projektia varten hankituissa muovilaatikoissa. Osa määritellään pieneksi, jos se painaa alle 20 kiloa, eli se voidaan siirtää

käsin, ja jos se mahtuu edellä mainittuun laatikkoon. Laatikot tullaan varastoimaan kuormalavoilla. Ylipitkät osat varastoidaan ulokehyllyillä.

Valtaosa osista voidaan varastoida siten, että yhdelle lavalle voidaan laittaa kaksi tai useamman yksittäistä nimikettä, vaikka se toisi lisätyötä lavojen käsittelyyn. Vapaasta varaston lattiatilasta ei ole suoraa vastausta, mutta tilaa on yhteensä n. 7200 neliömetriä. Varastokapasiteetti suositeltiin arvioimaan prosenttimääränä edellä mainituista neliöistä, sillä asiakkaan tarjoama ennuste saattaa muuttua, jolloin hieman yläkanttiin menevä karkeampi arvio voi olla muutoksia paremmin kestävä vaihtoehto. Lähes kaikki suurimmista osista lähtevät projektiasiakkaan alihankkijalle ja niille valmistetaan tapauskohtaisesti erityismittaiset lavat, joten niiden vaatiman tilan laskentaan käytetään kappaleen ulkomitoista ylöspäin pyöristettyä summaa.

Saaduista vastauksista nousi esiin muutamia jatkokysymyksiä. Esimerkiksi kuinka suuret ovat laatikot, joita pienille osille käytetään ja kuinka korkealle lavoja voidaan asettaa kuormahyllyissä, sekä kuormalavojen korkeusmitat. Vastauksista selvisi, että laatikoiden mitat milleissä ovat 600\*400\*170 ja 400\*300\*170, yksittäisen kuormalavan vaatima kokonaiskorkeus voidaan laskea, ja maksimikorkeus säilönnälle rakennuksen rajoittamana on 5 metriä.

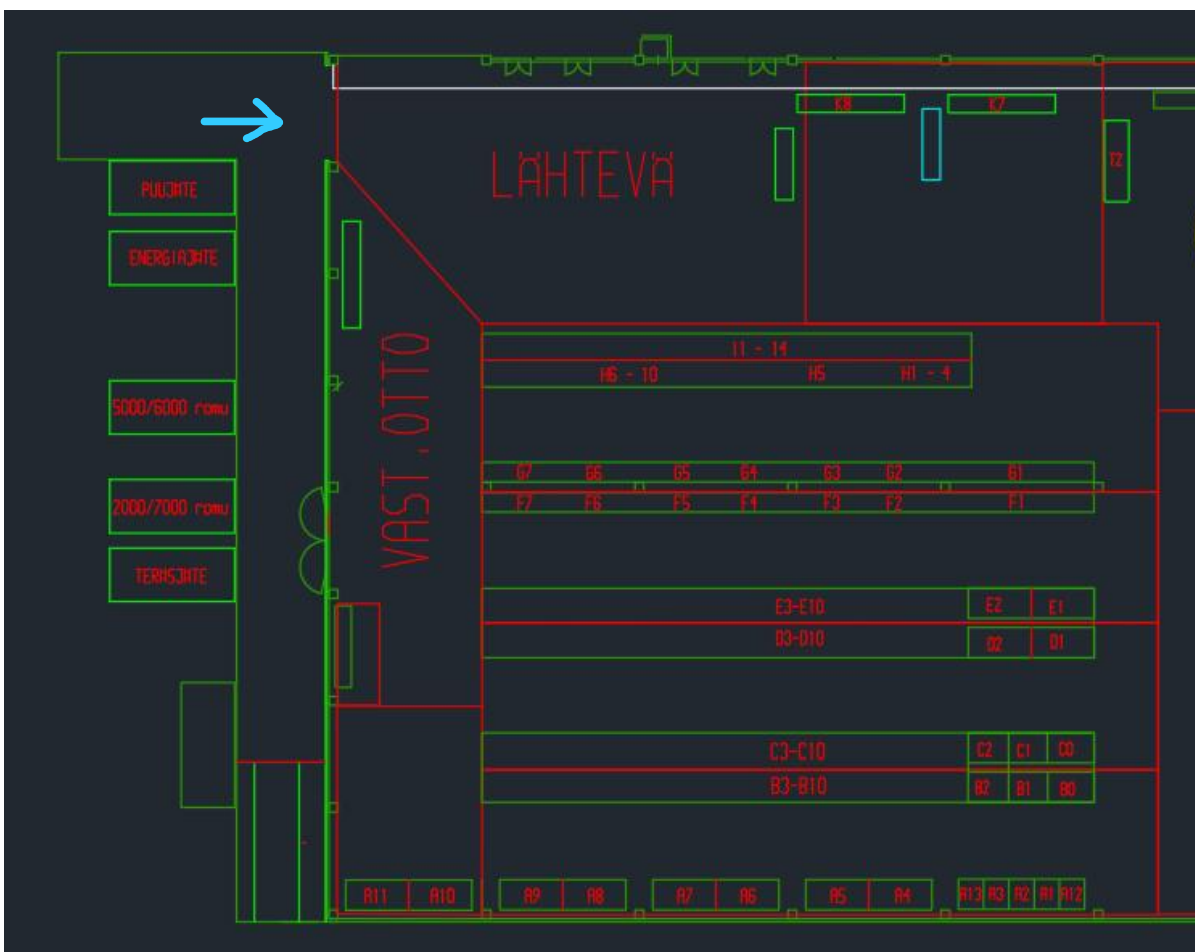


Kuvio 4: Suuremmat laatikot (600\*400)

Kuormalavahyllyjen korkeutta laskiessa otetaan huomioon kuormahyllyn poikkipalkin paksuus, joka on noin 10–15 cm, EUR-lavan korkeus, joka on n. 10–20 cm, johon lisätään vähintään 17 cm kappaleen tai lavakauluksen korkeutta riippuen niiden määrästä, sekä n. 15 cm käsittelyvaraa. Yksittäisen lavan korkeudeksi yhdellä kauluksella saadaan n. 50–65 cm. Kaulusten määrän eli yhden lavan korkeus lasketaan optimaaliseksi. Pienempien kappaleiden säilöntään käytetyt laatikot ovat myös 17 cm korkeita, joten niiden määrä voidaan arvioida suoraan kaulusten korkeuden perusteella. Laskennassa kannattaa käyttää suurinta arvoa, sillä projektin osien määrät vaihtelevat suuresti varastossa, joten käyttöön kannattaa ottaa joko dynaamiset varastopaikat tai manuaalinen sijoittelun optimointi, jolloin laskenta kannattaa tehdä suurimman vaaditun tilan mukaan. Tämän jälkeen voidaan yhdistää osaluettelossa mainitut mitat ja asiakkaan tuoma ennuste, josta saadaan suurpiirteinen neliömäärä, jonka projektin osat vaativat.

## 6.4 Varasto

Pohjapiirustuksen perusteella varastoinnissa on havaittavissa suuri ongelma materiaalivirtauksen suhteen. Ongelmana on, että kiinteistössä on ainoastaan yksi lastausovi, jonka kautta kulkee lähtevä ja saapuva tavara. Tämä tekee varaston sisäisestä materiaalivirrasta sekavan ja epäoptimaalisen. Joidenkin tuotantokoneiden sijaitessa rakennuksen toisessa päässä, tulee käsiteltäville materiaaleille turhaa kulkumatkaa niiden kulkiessa edestakaisen matkan koko rakennuksen lävitse (ks. Liite 2).



Kuvio 5: Vain yhden lastausrampin olemassaolo hankaloittaa materiaalivirtaa

Varastoa suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon rajoittavia tekijöitä. Oleellisena esimerkkinä rakennuksen korkeus ja muut mitat. Kaksi muuta merkittävää tekijää, jotka on otettava huomioon varaston ja tuotannon lay-outia suunniteltaessa ovat aika ja raha. Yhden lastausrampin ongelman

ratkaisemiseen tehtävät uudet lastauslaiturit vaativat huomattavaa investointia, jonka edistäminen voi olla haastavaa monikansallisessa yrityksessä. Lisäksi toiminta sijaitsee vuokrakiinteistössä, jolloin rakenteiden muuttamisesta on neuvoteltava kiinteistön omistavan tahon kanssa. Ajankäytökkin koituu ongelmaksi uutta lay-outin suunnitelmaa toteuttaessa. Tuotannon ja varaston uudelleenjärjestely vaatii aikaa ja rahaa, lisäksi se voi aiheuttaa tuotantoon pitkiäkin taukoja huonosti toteutettuna.

Lay-outia muuttaessa on kustannustehokkuuden vuoksi tärkeää ottaa selvää jo olemassa olevista välineistä, joita voi käyttää hyödyksi. Toimeksiantajan varaston katossa on useissa paikoissa nostureita, jotka auttavat materiaalinkäsittelyssä. Esimerkiksi uuden lastausrampin sijaintia suunniteltaessa on järkevää ottaa huomioon nostureiden sijainnit, sillä niitä voitaisiin käyttää kuorman pakkaamiseen tai purkamiseen.



Kuvio 6: Pakkaamon käytössä oleva nosturi

## 6.5 Ennuste

Kysynnän ennustaminen ei ole toimeksiantajan vastuulla, vaan ennusteen toimittaa asiakas. Ajamalla tämä optimointiohjelmiston lävitse, saadaan aikaan Exceliin pivot –taulukko, joka kertoo osien kysynnän tason kuukausittain. Tästä taulukosta on kuitenkin vaikea saada käyttökelpoista dataa ulos, esimerkiksi se ei erittele osia paksuuden mukaan, mikä helpottaa arvioimaan emolevyjen tarvetta ja osien kertymän määrää. Tätä kautta voidaan arvioida ennakkoon osien varastoinnin vaatimaa tilaa.

Ennusteen luotettavuuden arvioimiseksi ennustetta verrataan edellisiin asiakkaan toimittamiin ennusteisiin. Jos uuden ja vanhan ennusteen välillä on suuria eroja, voidaan kyseenalaistaa ennusteen luotettavuus ja voidaan pyytää asiakasta tarkistamaan annetut luvut. Ennusteen luotettavuus on myös tarkistettava vertaamalla sitä tehtyihin tilauksiin. Tämän pohjalta voidaan arvioida tarvittavaa varastokapasiteettia, sillä varastoon tulee jättää tilaa yllättävien kysyntäpiikkien varalta. Etenkin pidemmällä aikavälillä mahdollisuus ennusteen muuttumiselle on korkea, varsinkin koronapandemian laantumisesta aiheutuvat muutokset kysyntään, sekä epävarmuus tulevaisuudesta Venäjän aloittaman sodan ja siihen liittyvien pakotteiden vaikutuksesta. Näihin kuitenkin reagoidaan aktiivisesti asiakkaan puolelta, joka toimittaa uuden ennusteen kuukausittain.

## 6.6 Haastattelut

Haastattelut ovat tärkeitä kehitystyötä tehdessä. Parhaiten varaston sekä tuotannon toiminnan tuntevat tietenkin työntekijät, jotka ovat tekemisissä niiden lay-outin ja toimintojen kanssa päivittäin. Heiltä voi saada hyviä näkökulmia kehitystä varten, sekä palautetta omiin kehitysehdotuksiin. Haastattelukysymyksissä täytyy ottaa huomioon työntekijän työpiste varastossa tai tuotannossa, esimerkiksi tavaran vastaanotossa oleva työntekijä ei välttämättä voi kommentoida levysahan sijaintia ja prosesseja. Haastatteluissa keskitytään enemmän varastopuolen työntekijöihin, sillä opinnäytetyön pääpainona on ajoitettujen tuotteiden varastointi ja varaston yleinen kehittäminen. Haastattelua lähestytään kahdella yksinkertaisella kysymyksellä; “mitä varaston (tai tuotannon) toiminnassa voisi parantaa” ja “miten parantaisit varaston (tai tuotannon) toimintaa”. Näillä kysymyksillä tuodaan esille varaston toiminnan epäkohtia ja saadaan käytännönläheistä näkökulmaa mahdollisiin ongelmiin ja parannettaviin kohteisiin.

## 6.7 Tiedostojenkäsittely

Asiakas, jota projekti koskee, on toimittanut toimeksiantajalle osaluettelonsa sekä haluttujen osien piirustustiedostot. Tiedostonimessä lukee haluttu osanumero ja sen versionumero, osaluettelon mukaisesti. Tiedostot ovat hajanaisesti verkkolevyillä, joka tekee niiden käsittelystä ja tarkastamisesta epäselvää ja työlästä.

Tiedostojen käsittelyn helpottamiseksi on luotava yhtenäinen kansio, josta voi nähdä kaikki projektiin liittyvät piirustukset, mieluiten osan paksuuden mukaan, mikä helpottaisi suunnittelijoiden työtä. Erilaisia osapiirustuksia on n. 130 kappaletta, joten lajittelu helpottaa niiden ajantasaisuuden tarkistamista ja vanhojen piirustuksien korvaamista uuden osaluettelon ja piirustusten saapuesssa. Osapiirustusten versiot ovat myös tarkastettava, jotta voidaan varmistaa asiakkaalle lähtevien tuotteiden vastaavaan asiakkaan vaatimuksia.

## 7 Tulokset

### 7.1 Ennuste

Ennusteen analysoinnin helpottamiseksi luotiin Excel –laskentataulukko. Taulukkoon järjesteltiin osaluettelon mukaiset osat paksuuden perusteella. Tämä helpottaa kysynnän seuraamista, tarvittavien emolevyjen määrän laskentaa sekä varastointitarpeen laskemista. Kuukausittain syntyvän kierrätysmateriaalin määrän voi nähdä taulukosta ”romun määrä” (ks. Liite 1.). Taulukossa kerrotaan selkeästi jokaisesta levyepäisyydestä syntyvän kierrätysmateriaalin määrä kuukausittaisella levykäytöllä. Kuukausittaiset kertymät lasketaan yhteen, jolloin nähdään niiden kokonaiskertymä. Tämä auttaa kierrätysmateriaalin kuljetusten suunnittelussa, kun nähdään minä kuukautena 20000 kg raja ylittyy, jolloin materiaalin kierrättäjälle saadaan lähtemään täysiä kuormia. Laskentataulukon kaavat ovat määritelty siten, että ennusteen kysyntätasojen muokkaaminen ja uusien kuukausien lisääminen taulukkoon on mahdollisimman helppoa.

Taulukko 1: esimerkki ennustetaulukosta 20mm paksuudelle

	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä
Osa1	6		3	4	
Osa2	15			5	
Osa3	11		2	8	

Ennustetaulukon osat ovat asiakkaalta tulleessa numerojärjestyksessä, mutta niille lisätään värit pohjautuen paksuuteen ja nestaukseen, jotta niiden poimiminen ennusteesta varastointilaskelmaan on mahdollisimman helppoa (ks. Liite 1.)

## 7.2 Varastoitavien tuotteiden analysointi

Analyysin tekemisessä täytyy valita oikea pohja tuotteiden jaottelulle. Asiakasprojektia koskien kannattavinta on tehdä XYZ-tyyppinen-analyysi pohjautuen tuotteiden kokoon. Koska lähes kaikki osaluettelossa olevat osat tilataan 1:1 suhteessa toisiinsa, kysyntään, keräilyyn tai taloudellisiin näkökulmiin perustuva ABC –analyysi ei tunnu järkevältä vaihtoehdolta. Painoon pohjautuva analyysi on mahdollisesti kannattavaa tehdä, kun tarkastellaan tuotteiden sijoitusta kuormahyllyille sekä niiden sitomaa pääomaa niiden odottaessa tilausta. Toisaalta valmiiden osien ollessa suhteellisen kevyitä metalliteollisuuden mittakaavassa, painoon perustuva jaottelu ei ole tarpeellinen. Lisäksi kappaleen paino ja sen koko ovat tietenkin yhteydessä, joten tuotteiden mittoihin pohjautuva jaottelu tuottaa selkeämpiä ja käyttökelpoisempia tuloksia. Jaottelu tehdään viiteen kategoriaan koon perusteella:

1. Ylisuuret kappaleet, jotka eivät mahdu EUR-lavalle missään suunnassa
2. Ylipitkät kappaleet, jotka ylittävät EUR-lavan pituusmitan
3. Kappaleet, joita mahtuu 1/lavakerros
4. Kappaleet, joita mahtuu  $\geq 2$ /lavakerros
5. Pienet, laatikossa säilytettävät kappaleet

Tällä jaottelulla saamme seuraavan taulukon:

Taulukko 2: tuotteiden %-osuudet osaluettelon pohjalta

130	Osa, joista	%-osuus
19 kpl	ylisuurta	15 %
32 kpl	ylipitkää	25 %
2 kpl	mahtuu 1 lavalle	2 %
55 kpl	mahtuu $\geq 2$ lavalle	42 %
22 kpl	mahtuu laatikkoon	17 %

Taulukosta voidaan nähdä, millaisella jaottelulla varastopaikkoja aletaan valmistaa. Koska EUR-lavalle yksittäin mahtuvia osia on vain kaksi, voidaan ne yhdistää muihin EUR-lavoille meneviin osiin, jolloin kategorioita saadaan siistittyä. Ylisuurille osille täytyy valmistaa omat erityismitoissa olevat lavansa, mutta suuri osa niistä on tilauksesta valmistettavia osia, joten ne eivät vaadi kuin lyhytaikaista varastointia. Ylipitkiä osia, esimerkiksi mitoissa 2000\*300, on noin neljännes kaikista osista, niille paras varastointiratkaisu on ulokehylly. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että osa ylipitkistä osista on vesileikattuja kappaleita, joiden varastointiin paras ratkaisu on joko erityismitoihin valmistettu kuormalava tai tavallinen EUR-lava, jonka varastopaikka on leveämpi. Täten lopullinen summa ulokehyllyissä säilöittäviä nimikkeitä on 18 kpl. Näin todelliseksi jaotteluksi muodostuu:

Taulukko 3: Tuotteiden %-osuudet vesileikkaus huomioonotettuna ja EUR-lava tuotteet yhdistettynä

130	Osa, joista	%-osuus
33	ylisuurta	25 %
18	ylipitkää	14 %
55	mahtuu EUR-lavalle	44 %
22	mahtuu laatikkoon	17 %

Tämän taulukon pohjalta voidaan nähdä kappaleiden jakauma käytännössä. Erityislavoja vaativien osien määrä kasvoi, mutta ulokehyllyjä vaativien kappaleiden määrä lähestyi todellista määrää. Seuraavana jaotellaan laatikoihin menevät tuotteet laatikoiden koon perusteella, sillä laatikoita on kahta kokoa. Suurempia laatikoita vaativia osia on 7 kappaletta, kun taas pienemään laatikkoon meneviä osia on 15 kappaletta. Kuormalavalle yhteen kerrokseen mahtuu 4 isoa tai 8 pientä laatikkoa, tämän lisäksi laatikoille määritellyille kuormalavoille kannattaa varata oma paikkansa, josta laatikot olisivat helposti käsiteltävissä, sillä yksittäisiä laatikoita voidaan käsitellä ilman nostolaitteistoa, eikä niiden varastoinnissa tarvitsisi ottaa huomioon kuormalavahyllyjen korkeusrajoituksia.

### 7.3 Varastoitavien tuotteiden kertymän laskenta

Osien kertyminen voidaan nähdä vain vertaamalla yhdistämällä nestautieto ennusteeseen. Tätä varten luodaan taulukko, josta nähdään yhdestä metallilevystä leikattavien osien määrä ja osien kysyntä ennusteessa, jonka kautta voidaan laskea tarvittavien metallilevyjen määrä ja varastokertymä. Kuten taulukosta 4 nähdään, yhdestä levystä irtoaa jokaista siinä olevaa osaa viisi kappaletta

ja helmikuussa vaadittavien levyjen määrä (3). Taulukosta voidaan päätellä, että helmikuun tilausmäärät ovat; osa1 – 6 kpl, osa2 – 15 kpl ja osa3 – 11 kpl. Taulukko näyttää varastoon jäävien kappaleiden määrät, sekä milloin niitä on valmistettava lisää. Esim. huhtikuussa 20 mm paksuja osia 1 ja 3 tilataan kolme ja kaksi kappaletta, mutta koska niitä on jo varastossa helmikuun jälkeen, ei niitä tarvitse valmistaa lisää. Kuitenkin toukokuun kohdalla Osa2 ja Osa3 menevät negatiiviseksi, jolloin levyjä tulisi leikata kaksi kappaletta, jotta kysyntään voitaisiin vastata.

Taulukko 4: Esimerkki osakertymästä 20 mm paksun levyn kohdalla

		Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä
Osanro	Osa levystä / Levyjen määrä	3	0	0	0	0
Osa1	5	9	9	6	2	2
Osa2	5	0	0	0	-5	-5
Osa3	5	4	4	2	-6	-6

## 7.4 Nestauksen muuttaminen tilanteeseen sopivaksi

Jotkin suurimmista osista ovat ainoa osa, joka leikataan ns. "emolevyttä", joten pitkäaikaista varastointia niille ei tarvitse miettiä, sillä ne leikataan levystä vasta tilauksen tullessa kyseiselle kappaleelle. Osalle suurten kappaleiden levystä on aseteltu pienempiä osia, jolloin poikkeuksen tekeminen nestauksiin voisi olla järkevää. Tämä tarkoittaisi sitä, että vaihtoehtona voisi olla nestauksen muuttaminen tapauskohtaisesti, jolloin pienemmät osat siirtyisivät nestauksien välillä, jolloin kaikki osat leikattaisiin kerralla, mutta suurimmaksi osaksi valittaisiin se, joka olisi seuraavana tilattavana. Tämä vaihtoehto ei toisi suunnittelijoille paljoakaan työtä, sillä suurten osien levyillä on paljon ylimääräistä tilaa, johon kappaleen voisi asettaa ilman suurta suunnittelutyötä. Tämä voi kuitenkin tuoda sekaannuksia tuotantoon, joten tämän käytäntöönpano voi olla ongelmallista. Toisaalta yhdessä n. 125 mm paksuisen levyn nestauksessa sen suurikokoisin osa vaihtuu pienten osien pysyessä paikoillaan, joten osien vaihtaminen yksittäisen nestauksen sisällä tulee kuitenkin tapahtumaan.

Toisena vaihtoehtona suurten kappaleiden varastoon valmistamisen välttämiseksi olisi tilata metallilevyt niiden tuottajalta lähempänä suuremman kappaleen muotoa, ja tehdä pienemmille kappaleille oma nestauksensa, jolloin suuri kappale ei jäisi varastoon odottamaan lähetystä. Koska metallin tuottajan tarjoama hinta leikkauksesta syntyvälle kierrätysmateriaalille on pienempi kuin sen ostohinta, voidaan tätä kautta saavuttaa säästöjä, kun huomioidaan materiaalin hinta sekä kappaleen leikkaamisen ja logistiikan tuomat kustannukset.

## **7.5 Asiakasprojektiin liittyvän varastoinnin luominen**

Asiakasprojektin varastoinnin luominen vaatii asiakkaan luoman ennusteen analyysin ja osalistan yhdistämistä toimeksiantajan varaston tietoihin ja käytäntöihin. Varastopaikkojen laskemiseen käytettävät Excel-taulukot toimivat pohjana projektin tulevaisuudessa, sillä osia aletaan leikata vasta myöhemmin projektin edetessä. Tästä syystä asiakkaan ennuste, jonka pohjalta varastopaikkojen arviointi tehdään voi muuttua, joten varastohyllyjen hankkiminen sekä asentaminen kannattaa tehdä projektin edetessä kohti optimaalisten levykokojen käyttöönottoa. Lisäksi opinnäytetyön tekohetkellä arviolta 40 % osista on nestamatta, joten varastopaikkojen ja osien varastokertymästä voidaan antaa vain alustava arvio.

Huomioon täytyy ottaa myös tuotannonohjauksen näkökanta. Toiminnanohjausjärjestelmään tulee rakentaa osille rakenne, joka käynnistää ensimmäisen osan tilauksesta leikkaustarpeen koko metallilevyille. Täten varastoon tuotettavien osien aikataulutus tulisi myös varastohallinnan ohjelmasta, eli toimeksiantajan ERP:stä. Kun varastotasot osille alkavat laskemaan, laitetaan osan tilaus tuotantoon ja kaikki yhdellä levyllä olevat osat syntyvät kerralla. Tämän lisäksi varastohallinnassa täytyy ottaa huomioon, onko joitain osia kulunut varastosta liikaa esimerkiksi, jos asiakkaan tuotanto on tuhonnut kappaleita ilmoittamatta toimeksiantajalle.

### **7.5.1 EUR-lavatavara**

Edellä mainitut asiat huomioon ottaen voidaan arvioida tähän mennessä ennustetuille osille EUR-lavojen tarve riippuen osien halutusta korkeudesta kuormalavoilla. EUR-lavoille sijoitettavien osien varastoinnille vaadittavan tilan laskennassa voidaan vertailla kolmea eri vaihtoehtoa. Vaihtoehdot pohjautuvat lavakaulusten määrään, joissa vaihtoehtoina on yksi, kaksi tai kolme kaulusta. Jotta

tämä valinta voidaan tehdä, täytyy laskea osien vaatima lavatarve jokaisen korkeuden kohdalla (ks. Liite 1) ja ottaa huomioon varaston korkeus.

Vaihtoehtoista ensimmäinen (A) voidaan hylätä suoraan, sillä ennusteen pohjalta EUR-lavoja tarvittaisiin 214 kpl, kun taas kahden (B) ja kolmen (C) kauluksen kohdalla luvut ovat huomattavasti pienempiä; 125 ja 102 kuormalavaa. Tämä johtuu nimikkeiden varastointimääristä ja kuormahyllyyn tulevien vaakapalkkien määrästä, joka ensimmäisen vaihtoehdon kohdalla vie huomattavasti enemmän tilaa verrattuna kahteen muuhun vaihtoehtoon. Näistä kahdesta jälkimmäisestä vaihtoehdosta valinnan kannattavuus riippuu varaston vapaasta korkeudesta, kuormalavahyllyjen palkin paksuudesta, sekä EUR-lavan pohjan paksuudesta, joka vaihtelee 10–20 cm välillä (ks. Taulukot 5 ja 6).

Taulukko 5: Laskennallinen korkeus vaihtoehdoille oletetuilla minimiarvoilla

vaihtoehto	A	B	C
Vaakapalkki	0,1		
Eur-lava	0,1		
Lavakaulus	0,17	0,34	0,51
Käsittelyvara	0,15		
<b>kok. Korkeus</b>	<b>0,52</b>	<b>0,69</b>	<b>0,86</b>

Taulukko 6: Laskennallinen korkeus vaihtoehdoille oletetuilla maksimiarvoilla

vaihtoehto	A	B	C
Vaakapalkki	0,15		
Eur-lava	0,2		
Lavakaulus	0,17	0,34	0,51
Käsittelyvara	0,15		
<b>kok. Korkeus</b>	<b>0,67</b>	<b>0,84</b>	<b>1,01</b>

Kun jaamme varaston vapaan korkeuden näillä lopputuloksilla, saamme selville tilankäytöltä optimaalisimman lavakaulusmäärän tähän mennessä nestatuille tuotteille. Otettakoon huomioon, koska lähes 40 % EUR-lavoille varastoitavista tuotteista on vielä nestaamatta ja ennustamatta, laskennalliset tulokset tulevat muuttumaan projektin edetessä.

### 7.5.2 Pitkät osat

Pitkiä osia on osalistan mukaan yhteensä 18, joiden leveys on maksimissaan 0,245 metriä ja osien pituus vaihtelee n. 1,3 ja 2,3 metrin välillä. Pitkät osat varastoidaan ulokehyllyissä, joissa niiden varastointi on tehokasta. Koska jokaiselle kappaleelle määritellään omat varastopaikkansa, tarvitaan vähintäänkin 18 paikkaa. Lisäpaikkojen määrää voidaan arvioida asiakasprojektin edetessä. Ulokehyllysten viemä lattiapinta-ala on n.  $2,4 \text{ m} * 1,2 \text{ m}$ , jolloin yksittäinen hylly veisi  $2,88 \text{ m}^2$  lattiapinta-alaa.

### 7.5.3 Suurikokoinen lavatavara

Jotkin valmistettavista osista ylittävät EUR-lavan mitat ja niiden laskeminen on kannattavaa tehdä erikseen. Koska suurinta osaa ylisuurista kappaleista ei olla nestattu, ei niiden vaatimien varastopaikkojen määrää kannata vielä arvioida virheellisten lopputulosten riskin takia. Tämän lisäksi kooltaan suurimmat osista tehdään suoraan tilaukseen, joten niiden varastointia ei tarvitse ottaa laskelmiin mukaan. Suuntaa antavana lukuna voi toimia kaikkien osien vaatima tila yhteenlaskettuna n.  $82 \text{ m}^2$ , sekä ennusteessa jo olevien ylisuurten kappaleiden arvioitu tilankäyttö  $184 \text{ m}^2$ , sillä suurin osa kappaleista ylittää EUR-lavan vain lievästi tai vain yhdessä suunnassa, jolloin niiden varastointi voidaan hoitaa erillisissä kuormalavahyllyissä ja niitä voidaan säilyttää lavoilla päällekkäin tai vierekkäin. Suurin osa ylisuurien kappaleiden lavoista voidaan kuitenkin säilöä päällekkäin lattiavarastoinnissa ja lisäksi suurimmat näistä kappaleista ovat osia, jotka valmistetaan tilauksesta, joten niiden viemä tila ei näyttäisi olevan tällä hetkellä suuri ongelma, mutta projektin edetessä ja ennusteiden tasaantuessa laskelma kannattaa tehdä uudestaan. Toimeksiantajan alun perin suunnittelema sijoittelu kappaleille varastossa (ks. kuvio 7) ei tule laskelmien perusteella todennäköisesti riittämään. Tämä kuitenkin selviää vasta projektin edetessä, kun osien todellinen varastokertymä selviää.

## 7.6 Kuormalavahyllyjen määrän laskenta

Kuormalavahyllyjen määriä laskiessa yhdistetään rakennuksen, kuormalavahyllyn ja kuormalavojen tiedot. Yleisesti leveän kuormalavahyllyn poikkipalkin pituus on 3,6 metriä, jolle mahtuu neljä

standardinmukaista EUR-lavaa vierekkäin. Varaston korkeus on 5,5 metriä ja jotta huipulle jää tarpeeksi käsittelyvaraa, asetetaan laskennalliseksi korkeudeksi 5 metriä. Kun nämä tiedot yhdistetään taulukoissa 5 ja 6 laskettuihin lavakorkeuksiin, saadaan taulukko, josta nähdään tarvittavien kuormalavahyllyjen määrät. Taulukosta 7 nähdään, kuinka monta hyllyä vaaditaan vaihtoehdossa B tähän asti nestattujen ja ennustettujen osien lavoille lavakorkeuden ollessa avainmuuttuja.

Taulukko 7: Lavahyllyjen tarve vaihtoehdossa B 20 mm-86 mm osille minimiarvoilla laskettuna

kuormahylly		EUR-lavat			
5	Korkeus (m)	7,246	->	7	päällekkäin
3,6	Leveys (m)			28	lavaa per hylly
	lavat			125	Kok. lavamäärä
0,69	Korkeus (m)			4,46	Hyllyä (20 mm-86 mm)
4	lavaa/kerros				

Pienemmillä muuttujilla (vaakapalkki, lavapaksuus) laskettu kahden kauluksen vaihtoehto B antaa tulokseksi 4,46 hyllyä, joka pyöristyy ylöspäin viiteen hyllyyn, kun taas kolmen kauluksen vaihtoehto näyttää 5,10 hyllyä, joka tarkoittaisi kuuden hyllyn tarvetta. Oletetuilla maksimiarvoilla vaakapalkille ja EUR-lavalle hyllytarpeet olisivat 6,25 ja 6,38 hyllyä, jolloin vaihtoehtojen B ja C välillä ei olisi suurta merkittävää eroa. Tarkastelun perusteella vaihtoehto B näyttäisi paremmalta, mutta huomioon tulee ottaa, ettei suurempia paksuuksia voida ottaa vielä vertailuun mukaan. Tätä kautta vaihtoehto C voi olla tilankäytöltään tehokkaampi, koska sille mahtuu enemmän osia päällekkäin (ks. taulukko 8). Vaihtoehtojen vertailu voidaan kuitenkin tehdä vasta näiden paksuuksien tullessa käyttöön.

Taulukko 8: Paksuimpien kappaleiden päällekkäisyydet eri vaihtoehdoissa

		A	B	C
Paksuus	Korkeus	170	340	510
100 mm		1	3	5
113 mm		1	3	4
125 mm		1	2	4
152 mm		1	2	3
170 mm		1	2	3



Kuvio 7: Varastoinnille suunniteltu paikka toimeksiantajan varastossa

## 7.7 Varaston kehittäminen tulevaisuudessa haastattelujen ja havainnoinnin pohjalta

Haastatteluissa esille nousi sama ongelma, joka havaittiin jo aiemmin; vain yhden lastausrampin olemassaolo. Tämä tekee materiaalivirrasta erittäin epäoptimaalisen ja tuo tarpeetonta painetta sisälogistiikan näkökulmasta. Sen sijainti sisälogistisesti on myös epäoptimaalinen, sillä se on rakennuksen ääripäässä, mikä tarkoittaa materiaalille turhaa liikehdintää. Hyvänä puolena on sen

sijainti rakennuksen pihaan suhteutettuna, sillä sen ulkopuolella on paljon tilaa, joka helpottaa rekkojen ja trukkien liikehdintää.

Haastatteluissa nousi esille myös varaston tilankäyttö. Hyllyjen käytäväväli on tarpeettoman suuri, mikä tietenkin vie tilaa varsinaiselta käytettävältä tilalta (ks. kuviot 9 ja 10). Myös lattiavarastointi nousi esille kehityskohteeksi, vaikka se on yksi helpoimmista varastointitavoista, vie se kuitenkin runsaasti lattiatilaa, jonka voisi käyttää hyödyksi muihin tarkoituksiin.



Kuvio 8: Lattiapaikat vievät runsaasti tilaa varastosta

Yhtenä kehitysehdotuksena tuli automaattiosäilytys ns. "off-cut" kappaleille, eli kappaleet, joista on jo leikattu osia irti, mutta niiden koon vuoksi niistä voi jatkossa leikata muitakin osia. Automaattinen varasto olisi kappaleiden varastoinnille tehokas sekä tilaa säästävä ratkaisu, mutta se on kuitenkin kallis investointikohde, jonka hankkimista varten kannattavuuslaskelma on tärkeää tehdä.



Kuvio 9: Off-cut kappaleita säilytyksessä seinän vieressä



Kuvio 10: Off-cut kappaleita kuvan etualalla olevassa hyllyssä

## 7.8 Layoutin muutokset

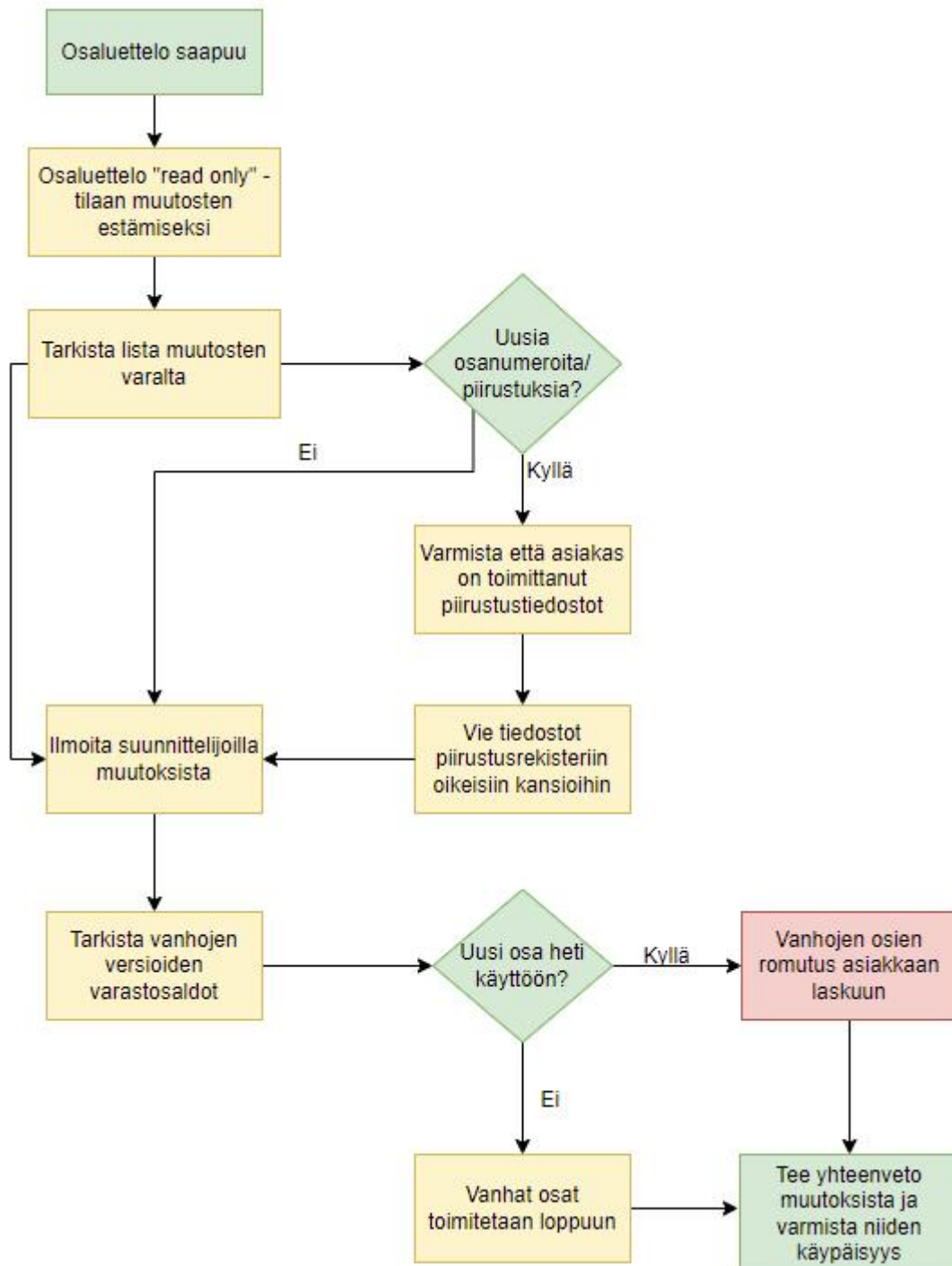
Haastatteluissa ja havainnoissa esille noussut materiaalivirran epäselvyys on ratkaistavissa lisäämällä lastausramppeja ja muuttamalla varaston ja tuotannon lay-outia. Uudet lastausrampit olisivat yksinkertaisimmillaan katoksella varustettuja kahdeksan (8) metriä leveitä alustoja, jonka kautta kuorma-autot voidaan lastata ja purkaa kylkien kautta. Tätä kautta rakennuksen materiaalivirta paranee ja saadaan aikaiseksi säältä suojatut olosuhteet, mikä parantaisi työturvallisuutta talviaikaan. Lisäksi uudet lastauslaiturit toisivat trukit rekkojen kuormatilojen tasalle, mikä laskisi trukeilta vaadittavaa nostokorkeutta, joka pienentäisi syntyvää kiertomomenttia trugin nostessa suuria sekä raskaita metallilevyjä. Toisena vaihtoehtona on myös rakentaa lastausramppi laskemaan tien tasolle, jolloin tietä pitäisi leventää tontin rajaa päin.



Kuvio 11: Seinän ja tien välissä on tilaa uusille lastauslaitureille



muutos tai osapiirustukseen tehtävät muutokset. Tähän liittyen asiakas toimittaa myös uudet päivitetty osapiirustukset, jotka päivitetään niille tarkoitettuihin kansioihin. Tätä varten voidaan luoda prosessikaavio tai listaus toiminnoista, jotka täytyy tehdä päivitetyn osaluettelon saapuessa.



Kuvio 13: vuokaavio toiminnoista uuden osaluettelon saapuessa

## 8 Johtopäätökset

Opinnäytetyö toimii pääasiallisesti pohjana toimeksiantajan asiakasprojektiin liittyvän varastointi-tilan varaamiselle, metallilevyjen tarpeen ja syntyvän kierrätysmateriaalin ennustamiselle. Työstä nähdään myös tulevaisuuden investointi- ja kehityskohteita. Asiakasprojektin ollessa kesken opinnäytetyön tulokset ovat vain toimeksiantajalle suuntaa antavia arvoja, mutta niihin käytetyt laskentataulukot toimivat jatkolaskennassa.

### 8.1 Ajoitettujen toimitusten varastointi

Opinnäytetyön päätutkimuskysymyksenä toimi: ”Miten asiakasprojektiin liittyviä ajoitettuja toimituksia varastoidaan?”. Tuotteille on määritelty varastointitapa (laatikko, EUR-lava, ulokehylly tai erityislava) ja ne on merkitty Excel -taulukoon (ks. Liite 1.), sekä niiden vaatimat varastopaikat ovat laskettavissa saman taulukon kautta. Tarkkoja varastoarvoja ei voida vielä laskea projektin ollessa kesken ja huomioon pitää ottaa mahdolliset asiakkaan tilauskannan muutokset. Asiakkaan toimittama ennuste on projektia varten keskiössä varastopaikkojen laskennassa, sillä valmisosavara-  
rasto ei ollut vielä perustettu, joten vaadittujen varastopaikkojen määrä täytyy arvioida ennusteen pohjalta.

### 8.2 Asiakkaan ennusteen hyödyntäminen

Koska asiakasprojektiin liittyvälle varastolle ole olemassa valmista pohjaa, se täytyy luoda asiakkaan ennusteen pohjalta. Kuten taulukko 1 ja 4 näyttävät, voimme yhdistää asiakkaan ennusteesta saadut kysyntätasot toimeksiantajan nestautiedostoihin. Tätä kautta saadaan simuloitua varastokertymää osille. Ongelmaksi muodostuu ennusteen pitkä aikaväli, jolloin sen antamat tiedot voivat muuttua ajan myötä. Luotu taulukko kuitenkin pystyy käsittelemään asiakkaalta saadun ennusteen nopeasti, jolloin oletetut varastosaldot päivittyvät.

### 8.3 Asiakasprojektin varastopaikat

Saaduilla arvoilla laskettuna saamme EUR-lavalle mahtuvalle tavaralle tavaksi kaksi säilytysvaihtoehtoa, joko kahdella tai kolmella kauluksella varustetut lavat. Koska ennuste on vielä vajavainen,

lopullista valintaa vaihtoehtojen välillä ei kannata tehdä, vaan päätöksen tekeminen jää muun projektin käyttöönottovaiheen loppupäähän. Lavapaikkojen voidaan arvioida vaativan projektin käyttöönotossa n. 150–200 lavapaikkaa. Laskenta voidaan tehdä käyttäen luotua taulukkoa päivittämällä sitä asiakkaan ennusteista saatavilla tiedoilla tulevaisuudessa. Kuitenkin varastoinnin viemää tilaa voidaan arvioida prosenttiosuutena koko rakennuksen pinta-alasta. Alustavan arvion mukaan uloke- ja lavahyllyt vaatisivat n. 35–50 neliometriä tilaa, johon lisätään erityiskokoinen lavatavara, jota ei voida varastoida normaalissa kuormalavahyllyssä, jolloin voidaan arvioida varastoinnin vievän n. 2 prosenttia varaston kokonaispinta-alasta, eli n. 141 neliometriä. Arvion tarkkuus riippuu ylisuurten kappaleiden lopullisesta varastointitavasta sekä asiakkaan tulevista ennusteista ja niiden toteutumisesta.

#### **8.4 Varaston kehittäminen**

Toimeksiantajan varastoa voidaan kehittää pääosin investoimalla uusiin lastauslaitureihin. Tämä muuttaisi varaston ja tuotannon lay-outia, sillä rakennuksen materiaalivirrat menisivät täysin uusiksi. Kehitysehdotuksiksi saatiin myös hyllyleveyksien pienentäminen, sillä liian leveät käytävät vievät tarpeettomasti lattiatilaa. Yksi ehdotus varaston kehittämiseksi oli automaattivaraston käyttöönotto off-cut –kappaleille, joka parantaisi varaston tehokkuutta. Myös lattiavaraston muuttaminen hyllyiksi parantaisi tilankäyttöä, mutta sen käyttöönottoon investoitava aika ja raha ei todennäköisesti olisi tilankäytön lievän parannuksen arvoista.

Uudet ehdotetut lastauslaiturit sijoittuisivat kuvion 12 mukaisesti. Lastauslaiturit korvaisivat käytössä olevan rampin, mikä selkeyttäisi materiaalivirtaa huomattavasti ja lyhentäisi materiaalin siirtämiseen käytettyä aikaa ja siten koko varaston tehokkuutta. Täten pääkäytäväksi muodostuisi rakennuksen eteläistä seinää vasten. Tämä kuitenkin vaatisi hyllyjen ja tuotantolaitteiden siirtämistä, joka voi aiheuttaa suuria kustannuksia menetettyjen työtuntien myötä. Riippuen lähtevän tavaran lastauslaiturin sijoittelusta ylimääräisiä seiniä joudutaan puhkomaan laitteiden siirtojen lisäksi.

## 9 Pohdinta

### 9.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön päätavoitteena oli luoda valmistuotevarasto ajoitetuille toimituksille. Tarpeen varaston suunnittelulle oli luonut toimeksiantajan kesken oleva asiakasprojekti. Päätavoitteen ohessa tavoite oli myös löytää yleisiä kehityskohteita toimeksiantajan varastossa. Opinnäytetyö aloitettiin kahden kuukauden harjoittelujaksolla, jonka aikana saatiin käsitys yrityksen yleisistä toimintatavoista ja asiakasprojektin pääpiirteistä. Haastatteluilla ja havainnoinnilla saatiin käsitys varaston ongelmakohdista, sekä rajoitteista varaston suunnitteluun.

### 9.2 Tulokset

Tuloksena saatiin aikaiseksi Excel-laskentataulukko, jota käyttämällä voidaan arvioida asiakasprojektin vaatima varastointitila. Tuloksena saatiin myös edellä mainittua taulukkoa käyttämällä alustava arvio asiakasprojektiin liittyvien osien varastointiin tarvittavasta tilasta. Kuitenkin projektin ollessa vielä opinnäytetyön palautusajankohtana kesken, voi alustava arvio erota todellisesta varastopaikkojen tarpeesta. Tämä asia kuitenkin korjaantuu päivittämällä arvot laskentataulukkaan, jolloin saadaan päivitettyt laskelmatulokset. Taulukosta saadaan myös ennusteen pohjalta arvioitua projektista syntyvän kierrätettävän materiaalin, sekä käytettävien metallilevyjen määrä, mikä auttaa arvioimaan kuljetusten tilausväliä. Taulukon lisäksi tulokseksi saatiin lay-outin kehitysehdotus, mikä ratkaisee vain yhden lastausrampin tuomat ongelmat.

### 9.3 Rajoitukset ja luotettavuus

Rajoituksena opinnäytetyön tekemiseen liittyi projektin keskeneräisyys. Koska kaikkia projektiin liittyviä levypaksumuksia ei ole nestattu, ei varastolaskelmaa voitu viedä loppuun asti. Varastopaikkojen lopullisessa laskennassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että asiakkaan ennuste voi muuttua projektin edetessä, jolloin kaikki tähänastiset laskelmat varastopaikkojen määrästä olisivat virheellisiä. Lay-out suunnitelman käyttökelpoisuus on kiinni toimeksiantajan pääkonttorin

investointihalusta, mikä voi olla haaste jo itsessään. Suunnitelman käyttöönotto voi vaatia suuria-kin toimia, kuten koneiden ja varastohyllyjen siirtämistä, joten siihen tulee varata aikaa ja rahaa, joten lay-outin muutossuunnitelma voi mahdollisesti jäädä toteutumatta.

Tuloksia, eli pääasiassa varastopaikkojen laskennan työkalua, voidaan hyödyntää asiakasprojektin varastoinnin laskentaan jatkossakin. Ainoa ongelma laskentatyökalussa on sen yksipuolisuus, sillä se on luotu vain tätä projektia varten, joten sen hyödyntäminen muuhun käyttötarkoitukseen vaatii sen muokkaamista niin merkittävästi, että helpompaa voi olla kokonaan uuden laskentataulun tekeminen. Toimeksiantaja on juuri ottanut käyttöön uuden toiminnanohjausjärjestelmän, jonka kehittymistä tutkitaan ja voi olla mahdollista, että järjestelmään saadaan samankaltainen varastonhallintaa avustava ohjelma. Jos tämä onnistuu, voidaan ohjelmaa soveltaa muihin samankaltaisiin asiakasprojekteihin. Koska lay-outin muutos, etenkin uusien lastauslaitureiden hankkiminen, on ollut varastosta vastaavien henkilöiden toiveissa, voi tämä työ mahdollisesti toimia hankintaa tukevana todisteena investointitukea haettaessa yrityksen pääkonttorin suunnalta.

## 9.4 Eettisyys

Opinnäytetyön aineistoa, pääosin toimeksiantajalta saatuja tietoja, on käsitelty niin, ettei salassapitosopimusta olla rikottu, eikä asiakasprojektiin liittyviä tietoja olla kerrottu niin tarkkaan, että asiakkaan toiminta paljastuisi tarkemmalla tasolla. Työ ei tarvitse erillistä tutkimuslupaa, eikä se vaadi eettistä ennakoarviointia. Henkilötietoja, kuten haastateltujen työntekijöiden nimiä, ei olla merkitty työhön tietosuojan varmistamiseksi. Opinnäytetyöhön ei liity sen ulkopuolisia sidonnaisuuksia. Toimeksiantaja on tietoinen opinnäytetyön julkisista piirteistä, sekä työ on annettu toimeksiantajan edustajalle tarkastettavaksi ennen sen palauttamista.

## Lähteet

Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. 2002. Supply Chain logistics management. The McGraw-Hill Companies.

Chase, C. 2013. Demand-Driven Forecasting : A Structured Approach to Forecasting. John Wiley & Sons.

Drury, J., Falconet, P., Heery, G. 2003. Buildings for industrial storage and distribution. Taylor & Francis Group.

Ghiani, G., Laporte, G. Musmanno, R. 2013. Introduction to logistics systems management. Second edition. John Wiley & Sons.

Heikkilä. T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus. PDF-opetusmateriaali. Viitattu 5.5.2022

<http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>

How to design a loading bay. 2017. Stertil superior solutions -yrityksen esite. Viitattu 10.4.2022

[https://stertil-dockproducts.com/uploads/2018/01/lr\\_95004110-how-to-design-gb\\_2017-12-11.pdf](https://stertil-dockproducts.com/uploads/2018/01/lr_95004110-how-to-design-gb_2017-12-11.pdf)

Jenkins, A. 2021. Just-in-time vs Just-in-case: Choosing the Right strategy. Netsuite 5.2021. Viitattu

5.3.2022 <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/just-in-time-vs-just-in-case.shtml>

Kuormalavahyllyt ja varastoturvallisuus. 2015. Suomen osto- ja logistiikkayhdistys LOGYn esite. Vii-

tattu 5.3.2022. [https://www.logy.fi/media/liitetiedostot/kuormalavahyllyt\\_ja\\_varastoturval-lisuus\\_2015\\_web.pdf](https://www.logy.fi/media/liitetiedostot/kuormalavahyllyt_ja_varastoturval-lisuus_2015_web.pdf)

Lastauslaiturit. N.d. Logistiikan Maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Viitattu 10.4.2022

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/las-tauslaiturit/>

Shih, W. 2022. From just-in-time to just-in-case: is excess and obsolete next? Forbes 30.1.2022.

Viitattu 5.3.2022 <https://www.forbes.com/sites/willyshih/2022/01/30/from-just-in-time-to-just-in-case-is-excess-and-obsolete-next/>

Sisälogistiikka. N.d. Logistiikan Maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Viitattu 9.4.2022.

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/sisallogistiikka/>

Tuotannon lay-out. N.d. Logistiikan Maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Viitattu 5.3.2022.

<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-lay-out/>

Varastohyllyt, 2022. Logistiikan Maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Viitattu 3.5.2022

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastohyllyt/>

## **Liitteet**

### **Liite 1. Ennusteanalyysi + lavatarvelaskenta.xlsx**

Liitettä ei julkaista salassapitosopimuksen ylläpitämiseksi

## Liite 2. Toimeksiantajan varaston nykytilanne

