



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Niko Pitkäkangas

Varastoautomaatit osana varaosava- raston parantamista

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.4.2020

Tekijä Otsikko	Niko Pitkäkangas Varastoautomaatit osana varaosavaraston parantamista
Sivumäärä Aika	35 sivua + 2 liitettä 6.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	esimies Juha Korpialho yliopettaja Antero Putkiranta
<p>Insinööriyön aiheena oli tutustua markkinoilla oleviin varastoautomaatteihin ja määritellä vaatimusmäärittely, jonka pohjalta etsittiin sopivaa varastoautomaattia korvaamaan nykyisen varaosavaraston siirtohyllyt Taisto-rakennuksessa. Työn tavoitteena oli löytää vastaus kysymykseen: onko kokonaisuudessaan kannattavaa automatisoida nykyistä varaosavarastoa, jotta saataisiin varaosien keräily nopeammaksi ja keräilyssä aiheutuvat virheet minimoitua. Varastoautomaatilla pyrittiin säästämään sekä tilaa että aikaa.</p> <p>Työ toteutettiin etätyöskentelynä, jossa hankittiin tietoa ja koottiin näitä tietoja varastoautomaattien vertailutaulukkoon. Näitä tietoja löydettiin toimittajien verkkosivuilta sekä sähköpostikyselyillä. Säännöllisin väliajoin järjestettiin palaverieja yhteys henkilöiden kanssa, joissa keskusteltiin, mitä on saatu aikaan ja mihin voidaan keskittyä seuraavaksi. Hakuaikojen hahmottamiseksi tehtiin testi, jossa käyttäjät ottivat aikaa, kuinka paljon aikaa heillä kului hakea varaosa nykyisellä ratkaisulla. Tämä auttoi hahmottamaan, kuinka paljon aikaa käytetään varaosien hakemiseen ja se oli keskimäärin 160 sekuntia.</p> <p>Työssä tehtiin varastoautomaattien vertailutaulukko, josta havaittiin, että nykyiseen varaosavarastoon ei ole kannattavaa hankkia varastoautomaattia, koska tilaa säästettäisiin vain muutamia neliömetrejä tai ei ollenkaan, riippuen toimittajan valinnasta. Saadut säästöt lähinnä hakuajoissa eivät ole riittävät, jotta olisi taloudellisesti kannattavaa hankkia varastoautomaattia nykyiseen tilaan. Insinööriyössä huomattiin myös ajatus, että varastoautomaatin hankkiminen varaosien varastointiin olisi kannattavaa, jos löydettäisiin tila, jossa korkeutta olisi reilusti enemmän kuin siinä tilassa, mihin suunniteltu varastoautomaatti olisi sijoitettu.</p> <p>Insinööriyön tuloksia voidaan hyödyntää, jos löydetään parempi tila varastoautomaatille tai jokin toinen käyttötarkoitus, johon varastoautomaattia voidaan käyttää.</p>	
Avainsanat	varastoautomaatti, varaosavarasto, siirtohyllä

Author Title	Niko Pitkäkangas Automated Storage and Retrieval Systems as a Part of improving Spare Part Warehousing
Number of Pages Date	35 pages + 2 appendices 6 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Technology
Instructors	Juha Korpialho, Supervisor Antero Putkiranta, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis work was to get to know what kind of automated storage and retrieval systems (AS/RS) there are in the market area and to create the requirements specification for the AS/RS. This specification was the basis concerning which AS/RS would be suitable for current spare part warehouse to replace the current solution, rolling archive shelves. The main purpose of this final year project was to figure out if there was a solution to automatize spare parts collecting process. The project aimed to save some time and space in spare part collecting process. This saved space could be used on something else instead. The commissioning company wanted to minimize possible mistakes in the process with an AS/RS.</p> <p>The project was carried out as a remote work. This consisted mostly of gathering some data from different AS/RS's. This data could be found on suppliers' websites and with email inquiries. Meetings were arranged regularly with contacts to discuss what has been done or what could be done next. During the project a test was made, in which users were asked to take time on how long it takes to collect a spare part. This test showed that collecting process takes approximately 160 seconds.</p> <p>An AS/RS comparison table was created, which showed that it is not worthwhile to provide an AS/RS because the saved time and space benefits are not enough for this project to be financially feasible. The saved space would be only a few square meters or not even that, depending on supplier. However, the saved time in collecting process would be remarkable. This idea of providing an AS/RS would be better if there was a higher room than the room planned, in which the AS/RS would have been placed.</p> <p>The results of this final year project can be utilized, if a suitable room for an AS/RS is found, or if another purpose for AR/RS in production is found.</p>	
Keywords	AS/RS, spare part warehouse, rolling archive shelves

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Varastointi	2
2.1	Yleistä varastoinnista	2
2.2	Varastonohjaus- ja hallinta	3
2.3	Varastoinnin syyt ja varastotyytit	9
2.4	Varastoinnissa käytettäviä mittareita ja käsitteitä	12
2.5	Eräkokomenetelmät	15
3	Varastoautomaatit	16
3.1	Paternosterit	17
3.2	Hissiperusteiset varastoautomaatit	18
3.3	Horizontaaliset karusellivarastot	21
4	Murata ja projektin ympäristö	22
5	Varaosavaraston automatisoinnin suunnitelma	23
5.1	Nykytilanteen kuvaus	23
5.2	Toimenpide-ehdotus	26
5.3	Projektin eteneminen	27
5.4	Varastoautomaatin valinta ja layoutin hahmottelu	28
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Liitteet

- Liite 1. Varastoautomaattien vertailutaulukko
- Liite 2. Hahmoteltu pohjapiirros varastoautomaatille suunnitellulle tilalle

Lyhenteet

ARP	<i>Automatic Replenishment Programs.</i> Automaattinen täydennys.
DRP	<i>Distributed Recourse Planning.</i> Jakeluntarvelaskenta, jossa varastonohjaus perustuu jakeluun.
EOQ	<i>Economical Order Quantity.</i> Taloudellinen eräkoko.
FIFO	<i>First-in-first-out.</i> Periaate, jonka mukaan otetaan käyttöön tuote, joka on saapunut varastoon ensimmäisenä.
JIT	<i>Just In Time.</i> Juuri oikeaan tarpeeseen. Periaate, jolla varastoinnissa pidetään varastotasot matalina ja läpäisyajat nopeina.
LIFO	<i>Last-in-last-out.</i> Periaate, jonka mukaan otetaan käyttöön tuote, joka on saapunut varastoon viimeisenä.
MEMS	<i>Micro Electro Mechanical Systems.</i> Mikroelektro mekaaninen järjestelmä.
MRP	<i>Material Resource Planning.</i> Materiaalintarvelaskenta, jossa lasketaan kysynnän määrä tietyllä ajanjaksolla.
RFID	<i>Radio Frequency Identification.</i> Radiotaajuinen etätunnistusmenetelmä.
VLM	<i>Vertical Lift Module.</i> Hissiperusteinen varastoautomaatti.
WMS	<i>Warehouse Management System.</i> Varastohallintajärjestelmä. Hallitaan tuotteita ja materiaaleja varaston sisällä.

1 Johdanto

Varastot ovat luotu helpottamaan ihmisten elämää, koska tarvitaan paikkoja, joissa säilytetään tavaroita. Näitä tavaroita säilytetään, jotta tarvittaessa ne olisivat heti saatavilla, ettei niitä tarvitse alkaa valmistaa tai muuten hankkia. Samaa periaatetta käyttävät myös yritykset, jotka tekevät esimerkiksi tuotteita. Yrityksissä aiemmin varastointi on tapahtunut käyttämällä perinteisiä hyllyjä, jotka puolestaan vievät paljon pinta-alaa ja sitovat näin ollen paljon pääomaa. Tähän on tullut vuosien kuluessa ratkaisu, jolla säästetään näitä kyseisiä resursseja. Kyseessä ovat *varastoautomaatit*, joita tässä insinööriyössä tarkastellaan tarkemmin.

Varastoautomaateilla tarkoitetaan laitetta, johon voidaan varastoida tavaraa tai tuotteita. Itse laite vie varastoitavan tuotteen laitteen sisälle varastoon tai laite tuo varastoitavan tuotteen varastosta käyttäjälle. Tämä helpottaa käyttäjän varastoimistarpeita sekä säästää aikaa ja vaivaa, kun ei tarvitse etsiä tuotetta perinteisestä varastosta.

Työn tavoite

Insinööriyö perustuu Murata Electronics Oy:n toimeksiantoon, jonka tarkoituksena on tehdä tutkielmaa siitä, onko olemassa mahdollisuutta automatisoida Muratan *Taisto-rakennuksen* varaosavarastoa. On olemassa lukuisia vaihtoehtoja, minne ja mikä varastoautomaatti tullaan sijoittamaan johonkin Muratan varaosavarastoista. Alun perin suunniteltiin, että Muratan uuteen rakennukseen, *Herttaan* tulee varaosavarasto, mutta se olisi ollut vain yksi vaihtoehto. Päädyttiin kuitenkin toiseen vaihtoehtoon, jonka pohjalta tätä opinnäytetyötä tehdään, eli siihen, että automatisoitaisiin nykyinen varaosavarasto, joka sijaitsee rakennuksessa nimeltä *Taisto*. Muratan logistiikan puolella on myös kehitteillä samankaltainen projekti, jossa suunnitellaan varastoautomaattia logistiikan puolelle. Tämä insinööriyö on kuitenkin rajattu koskemaan vain Taiston varaosavaraston automatisointia ja siihen liittyvää hahmottelua varastoautomaatin sijoittamiselle.

Insinööriyön tavoitteena on tutustua markkinoilla oleviin vaihtoehtoihin ja löytää sopiva varastoautomaatti korvaamaan Taiston varaosavarastoa. Varastoautomaatin avulla tavoitellaan tilan- ja ajan säästön lisäksi varaosien keräilyn virheettömyyttä sekä hyllytyksessä ajallista säästöä. Itse varastoautomaatin hankintaa ei tämän insinööriyön aikana toteuteta, sillä ei vielä ole tarkkaan tiedossa, minne uusi varastoautomaatti sijoitettaisiin. Jotta tavoitteeseen päästäisiin, täytyy vertailla saatavilla olevia varastoautomaatteja keskenään ja miettiä, miten ne eroavat toisistaan ja mikä olisi paras vaihtoehto näistä korvaamaan nykyisen varaosavaraston siirtohyllyt Taistossa. On mahdollista myös, ettei varastoautomaattia koeta taloudellisesti kannattavaksi, jolloin tällaista ei hankittaisi, mutta ainakin saadaan selvitys tähän kehitysehdotukseen.

Aiheen rajaus

Alustavasti on mietinnässä, pysytäänkö nykyisissä siirtohyllissä, joita käytetään Muratan varaosavarastoissa vai onko mahdollista uudistaa varaosavarastointi muilla keinoilla, kuten esimerkiksi paternoster-tekniikkaa käyttämällä. Lyhyesti, tämä tekniikka on sellainen, että tuotteet pyörivät rataa ympäri varastoautomaatin sisällä ja tuotteet ovat sijoitettu korkeussuunnassa pinta-alan säästämiseksi. Aika on myös yksi merkittävä säästötekijä pitkällä aikavälillä.

Insinööriyössä keskitytään tarkastelemaan varastointia ja varastoautomaatteja, jotka ovat oleellisia tämän työn kannalta. Ulkopuolelle jätetään varastoautomaatiossa olevat horisontaaliset kuljetukset, jotka ovat myös käytössä joissakin varastoissa.

2 Varastointi

2.1 Yleistä varastoinnista

Varastointi perustuu varastoon, joka tarkoittaa rakennusta tai tilaa, jossa voidaan säilyttää tavaroita tai tuotteita joko pidemmän aikaa tai vähemmän aikaa. Itse varastoinnilla tarkoitetaan varaston sisäistä toimintaa. (2.) Kun perustetaan yritystä tai kehitetään sen toimintaa, tarvitaan varastoja (5, s. 79). Yritykset tarvitsevat varastoja tuotteidensa säi-

lyttämiseen ja näin ollen tuotteet ovat suhteellisen nopeasti saatavilla asiakkaille toimitettavaksi, eikä niitä tarvitse välttämättä alkaa valmistaa tilauksen perille saavuttua. Tällä tavalla säästyy valtavasti aikaa ja muita resursseja yritykseltä. Varastointi koetaan usein aiheuttavan lisäkuluja, koska ajatellaan, että sillä ei varsinaisesti olisi lisäarvoa. Kuitenkin, jos varastointi suunnitellaan oikein, se voi tuottaa lisäarvoa yritykselle. (2.)

Varastointi täytyy tasapainottaa siten, että varastotilaa ei olisi liian paljon eikä liian vähän. Yleisesti tavoitteena on se, että tavaroita säilöittäisiin mahdollisimman vähän aikaa, jolloin saadaan lisää tilaa ja uutta tavaraa tilalle, näin ollen edistetään myyntiä. Varastointi perustuu myös siihen, kuinka valmiina tuotetta varastoidaan ja näin ollen tuotantoa suunnitellaan mahdollisimman tilausohjautuvaksi. (2.) Varmuusvarasto on kuitenkin hyvä pitää tuotteiden saatavuuden vuoksi, jotta asiakas ei joutuisi turhaan odottelemaan tuotetansa. Varmuusvarastolla tarkoitetaan varastoa, johon on varastoitu ennakkoon tuotteita vähän enemmän tai vähän aiemmin, kuin uskotaan tarvittavan. (4, s. 87.)

Kuvitellaan esimerkkitilanne, jossa asiakas haluaa päivittäistavaratuotetta X eräästä myymälästä. Myymälästä löytyy kyseistä tuotetta, joten tämän tuotteen saatavuus tuottaa myymälälle lisäarvoa, koska asiakas on tässä tapauksessa valmis maksamaan siitä, että saa tuotteensa heti mukaansa. Sen sijaan, että asiakas olisi ostamassa tuotetta Y, jota hän ei heti tarvitse, hän jää odottamaan tilausta. Näitä tuotteita Y, joita valmistetaan tilauksesta, ei varastoida valmiiksi, jolloin yrityksellä säästyy rahaa varastoinnissa. Näitä yrityksiä löytyy, jotka eivät halua sitoa pääomaansa varastoitaviin tuotteisiin, koska he voivat kokea sen tarpeettomaksi heidän näkökulmastansa. (2.)

2.2 Varastonohjaus- ja hallinta

Varastohallinnalla tarkoitetaan varastotasojen hallintaa. Tämä tarkoittaa varastointi- ja ohjauskustannusten sekä palvelutasovaatimusten huomioimista. Varastohallintaan käytetään varastohallintajärjestelmiä (Warehouse Management Systems, WMS), joilla ohjataan ja hallitaan tuotteita ja materiaaleja varaston sisällä. Lisäksi varastohallintajärjestelmillä hallitaan, missä tuotteet ja materiaalit sijaitsevat varastossa, minne niitä siirretään tai viedään sekä niiden keräilyä. Varastohallinnassa hyödynnetään myös RFID:tä ja viivakoodeja, joilla voidaan lukea tuotteen tiedot ja näin ollen tuotteiden keräily ja siirtely helpottuu, kun ei satu niin helposti virheitä. (5, s. 62.) RFID (Radio Frequency

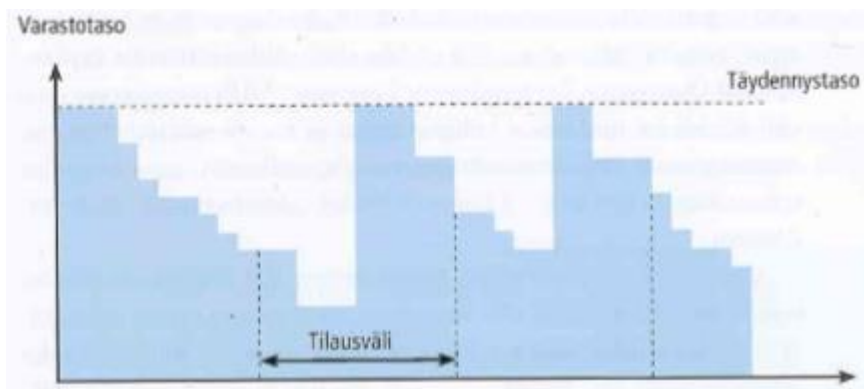
Identification) tarkoittaa radiotaajuista etätunnistusmenetelmää, jota käytetään tunnistamiseen, asioiden havainnointiin ja yksilöintiin (6).

Varastohallintajärjestelmien avulla voidaan (5, s. 62):

- vähentää virheitä varastoinnissa
- tehostaa keräilyä
- jäljittää tuotteita ja tilauksia tehokkaammin
- vähentää tavarankäsittelyä

Varastonohjauksella tarkoitetaan varastoon sidotun pääoman ja materiaalivirtojen hallintaa. Varastonohjauksessa keskitytään hallitsemaan varmuus- ja kiertovarastoja. Tässä pyritään pitämään varastotasot mahdollisimman optimaalisina, jolloin varastonohjauksessa mietitään, valmistetaanko tuote tilauksesta, vai meneekö se varastoon. Varastonohjausjärjestelmät voidaan jaotella erilaisin perustein, jotka ovat aika-, määrä-, jakelu- ja tuotantoperusteet. (5, s. 87.)

Aikaperusteinen varastonohjaus pohjautuu tilausväliin, jolla tarkoitetaan ajan jaksoa, jolloin tilauksia suoritetaan. Nämä tilaukset voivat olla esimerkiksi kuukausittain. Tuotteiden tilaukset suoritetaan aina tietynä aikana, joka on ennalta päätetty. Jos tuotteiden kulutus vaihtelee valtavasti, voidaan kokea varmuusvarastot hyödyttömäksi, ellei tuotteiden kulutus ole niin korkea, että tilausta ei ehditä suorittamaan. Hyötypuolena on puolestaan se, että tällaisessa varastonohjausjärjestelmässä voidaan yhdistellä tilauksia ja sitä kautta saada alennuksia ja hyödyntää kuljetuksia. (5, s. 89.)

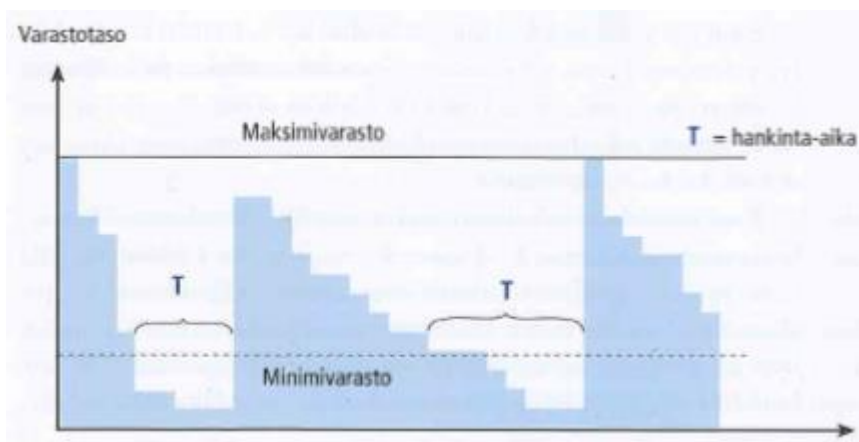


Kuva 1. Aikaperusteisen varastonohjausjärjestelmä (5, s. 89).

Kuvassa 1 esimerkkitapaus aikaperusteisen varastonohjausjärjestelmän varastotasosta. Kuvan 1 osoittamilla katkoviivoilla pystysuunnassa on esitettyä tilausväli, joka on aina sama aikaperusteisessa varastonohjausjärjestelmässä tuotteiden kulutuksesta huolimatta.

Määräperusteinen varastonohjausjärjestelmä perustuu tuotteiden määrään, joita täydennetään, kun on tarve. Määräperusteiset varastonohjausjärjestelmät voidaan luokitella vielä kolmeen eri menetelmään, jotka ovat: minimi-maksimimenetelmä, kaksilaatikkojärjestelmä ja tilauspistejärjestelmä. (5, s. 87.)

Maksimivarastoilla tarkoitetaan yleisesti minimi- ja maksimivarastotasoja. Täydentävät tilaukset suoritetaan silloin, kun tuotteiden määrä alittaa minimivarastotason, joka on määritetty ennakkoon. Maksimivarastossa tilaukset tehdään siten, että varastossa on maksimimäärä tiettyä tuotetta. Maksimivaraston määrä saadaan laskemalla yhteen varmuusvaraston tilausvälin ja tilauksen suorituksen aikainen kulutus. Tarvittava tilauserä puolestaan lasketaan vähentämällä maksimivarastosta varastomäärä tarkasteluhetkellä ja saapumatta olevat ostotilaukset. (5, s. 88.)



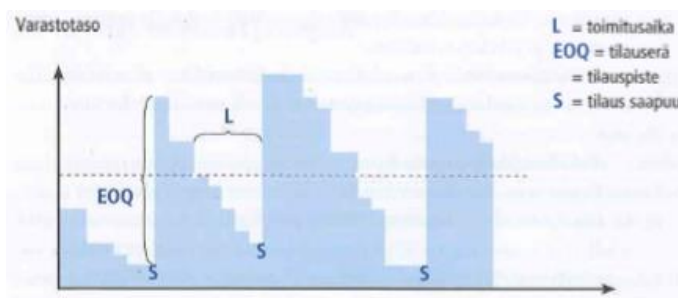
Kuva 2. Määräperusteisen varastonohjauksen maksimi- ja minimivarastotasojen diagrammi (5, s. 88).

Kuvan 2 osoittamalla tavalla varastotasot laskevat epäsäännöllisesti. Ajatuksena on, että varastotaso pysyy maksimivaraston ja minimivaraston välissä. Minimivarasto toimii tilauspisteinä, jolloin suoritetaan tuotteiden tilaus. Tällainen maksimi-minimivarasto on

harvinainen, sillä yleensä pyritään pitämään varastot yrityksen kannalta optimoituina, mikä tarkoittaa sitä, että tällaiseen varastointiin sitoutuu paljon resursseja. (5, s. 88.)

Kaksilaatikkojärjestelmässä käytetään kahta laatikkoa, jossa tuotteiden kuluttaminen tapahtuu niin, että käytetään vain toista laatikkoa kerrallaan, josta tuotteita otetaan. Kun yksi laatikko on tyhjä, tilataan uusi laatikollinen tuotteita. Näin ollen on aina varalla yksi laatikko, jossa on tuotteita. Edellytyksenä on varaston hyvä järjestys, jotta kaksilaatikkojärjestelmää kannattaa käyttää. Tässä järjestelmässä voidaan hyödyntää RFID-tekniikkaa. RFID-tekniikkaa hyödynnetään puuttuvien komponenttien tietojen siirtämiseen joko komponenttitoimittajalle tai suoraan yrityksen tietojärjestelmään. (5, s. 87.)

Tilauspistejärjestelmä tarkoittaa järjestelmää, jossa on määritelty se varaston määrä, jolloin tilaus lähetetään toimittajalle. Saatua tilauspistettä määritellään nimikkeiden menekkienusteen perusteella. Täydennystilaus tehdään silloin, kun varastossa olevien nimikkeiden määrä laskee alle tilauspisteen. (5, s. 88.)



Kuva 3. Tilauspistejärjestelmää kuvaava varastotasojen diagrammi. (5, s. 88).

Kuvassa 3 varastotason laskiessa katkoviivalla osoitetun pisteen alle, suoritetaan tilaus, jolloin menee vielä jonkun aikaa, ennen kuin tilaus saapuu. Katkoviivalla merkitty linja EOQ (Economical Order Quantity) eli optimi eräkokonaisuus on saatua kaavalla 4, kun tiedetään tai osataan arvioida tarvittavat parametrit. L-kirjaimella on osoitettu aika, joka kuluu tilauksen aloituksesta toimituksen saapumiseen. S-kirjaimella osoitetaan, milloin tilaus saapuu. Kuten kuvasta 3 nähdään, tilaus ei saavu aina samaan aikaan, koska tuotteiden kuluttaminen on epäsäännöllistä.

Tuotantoperusteinen varastonohjaus pohjautuu materiaalintarvelaskentaan (Material Requirements Planning, MRP) ja JIT-ohjaukseen (Just In Time, JIT). Materiaalintarvelaskennassa lasketaan kysynnän määrä ja sen ajankohta. MRP pohjautuu työntöohjaukseen, jonka avulla vältetään turhilta varastoilta. (5, s. 90.) Työntöohjaus tarkoittaa sitä, että asiakkaan tarve ei ohjaa käytännön materiaalivirtoja, vaan materiaalivirrat työnnetään liikkeelle, toisin sanoen tuotetaan lisää tuotteita ja laitetaan ne markkinoille (7). JIT perustuu puolestaan imuohjaukseen, jossa varastot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä ja läpäisyajat nopeina (5, s. 90). Imuohjaus tarkoittaa, että tasainen materiaalivirta ohjautuu asiakkaiden tarpeen, eli kysynnän mukaan (7). Tämän ohjauksen edellytyksenä on tasainen kysyntä (5, s. 90).

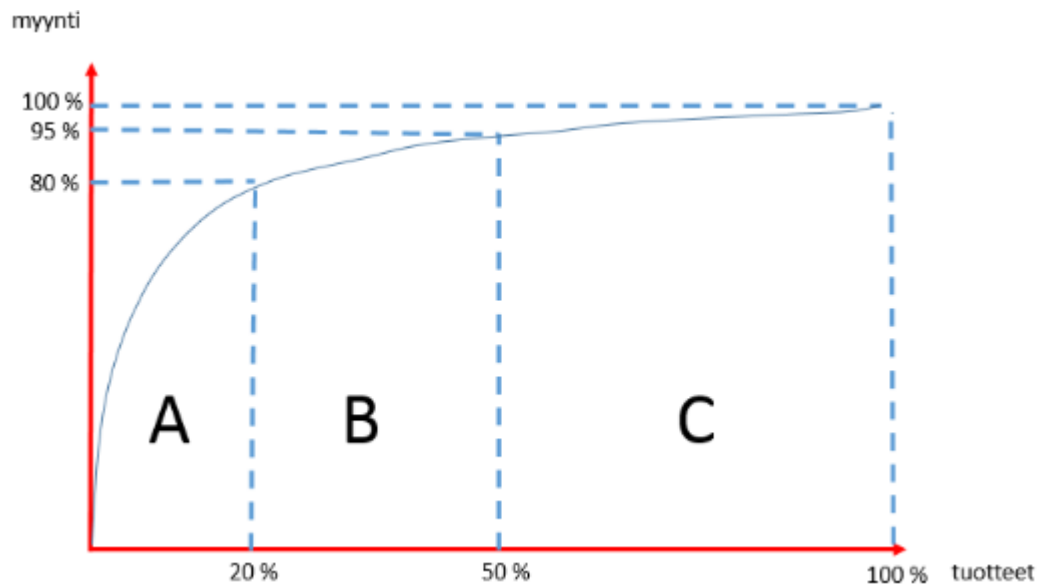
Jakelutarvelaskenta (Distribution Requirements Planning, DRP) on jakeluun perustuva varastonohjaus. Tässä varastonohjauksessa huomioidaan kysynnän vaihtelut ja jakelujärjestelmän tarpeet. Varastonohjaus voi näiden lisäksi tapahtua myös *automaattisilla täydennyksillä* (Automatic Replenishment Programs, ARP). Tässä tavarantoimittajan tietojärjestelmä hoitaa asiakkaan tuotannon kulutustarpeiden ja varastomäärien hallinnoimisen. Järjestelmä valmistelee asiakkaan toimitukset ja siirtää niitä koskevat tiedot takaisin asiakkaan käytössä olevaan järjestelmään. (5, s. 90.)

FIFO- ja LIFO-periaate sekä ABC-analyysi

Niin tuotannossa kuin varastoinnissa on tärkeää määritellä, mikä tuote käytetään ensin. Tällöin tavoitellaan sitä, että varasto kiertäisi mahdollisimman paljon ja näin ollen turhaa tuotteen seisontaa ei tapahtuisi. FIFO (first-in-first-out) tarkoittaa periaatetta, jonka mukaan tuotteet tai tavarat käytetään saapumisjärjestyksessä. Tällöin sama järjestys säilyy ja tuotteet eivät jää seisomaan turhaan. LIFO (last-in-last-out) puolestaan tarkoittaa, että viimeiseksi varastopaikalle saapunut tavara otetaan käyttöön ensimmäisenä. Tätä periaatetta voidaan käyttää vain pilaantumattomille tuotteille tai tuotteille, joiden kierto on nopea. (8.)

ABC-analyysi on varastoitavien tuotteiden luokittelua sen mukaan, miten paljon tuotetta myydään ja kuinka paljon se tuo myyntiä. ABC-analyysin avulla voidaan parantaa tuotteiden saatavuutta ja alentaa varastoon sidottua pääoman määrää. ABC-analyysin voi

muodostaa esimerkiksi yrityksen kirjanpidon avulla. Tässä analyysissä käytetään 80/20-sääntöä, jossa A-luokkaan kuuluvat tuotteet muodostavat ensimmäisen 80 % myynnistä ja siinä olevat tuotteet muodostavat 20 % tuotemäärästä. (8.)

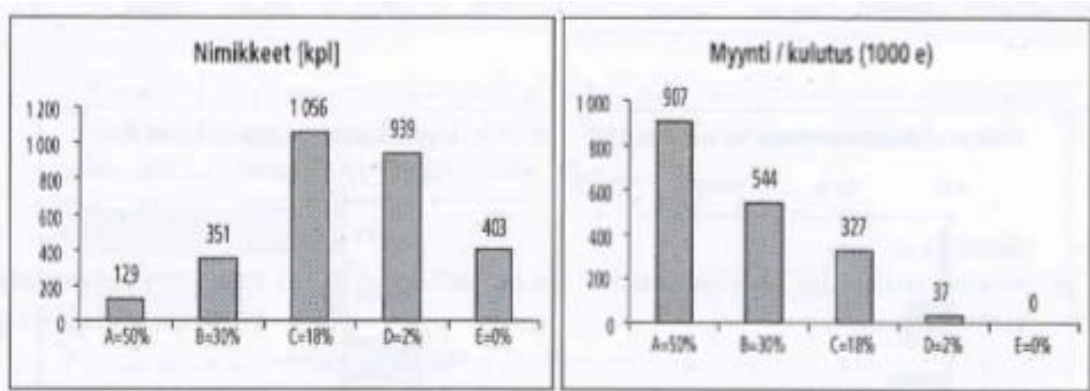


Kuva 4. ABC-analyysin myynnin ja tuotteiden välinen jakautuminen (8).

Kuvassa 4 havainnollistuu 80/20-sääntö, jossa A-luokan tuotteita on 20 prosenttia kokonaisuudessaan sekä kokonaismyynnistä muodostuu A-luokassa 80 prosenttia. B- ja C-luokkiin kuuluu 80 prosenttia tuotteista, mutta näiden kokonaismyynti on vain 20 prosenttia.

ABC-analyysissa voidaan tuotteet laajentaa vielä D- ja E-luokkiin lueteltuna seuraavallisesti (4, s. 91):

- A-tuotteet: ensimmäiset 50 % myynnistä/kulutuksesta.
- B-tuotteet: seuraavat 30 % myynnistä/kulutuksesta.
- C-tuotteet: seuraavat 18 % myynnistä/kulutuksesta.
- D-tuotteet: viimeiset 2 % myynnistä/kulutuksesta.
- E-tuotteet: tuotteet, joita ei ole myyty tai kulutettu ollenkaan.



Kuva 5. ABC-analyysin nimikkeiden ja myyntien jakautuminen, laajennettuna D ja E -nimikkeisiin (4, s. 91).

Kuvassa 5 on esimerkkutilanne, josta ilmenee, että suurimman myynnin nimikkeistä tuottaa A-luokan nimikkeet, joita on myös vähiten. B-luokan nimikkeisiin kuuluu noin kolmasosa kokonaismyynnistä, mutta näitä on myös enemmän verrattuna A-luokan nimikkeisiin. C-luokkaan kuuluu kaikkein eniten nimikkeitä, mutta myynti on vain 18 prosenttia kokonaismyynnistä. D-luokkaan kuuluu toiseksi eniten nimikkeitä, mutta myynti on vähäistä. Näihin nimikkeisiin kuuluu yleensä sellaiset tuotteet, jotka on hyvä pitää tuotevalikoimassa, koska joku voi tarvita sellaisia. E-luokan nimikkeissä täytyy miettiä, onko yrityksen kannalta järkevää enää pitää sellaisia nimikkeitä, joilla ei ole myyntiä.

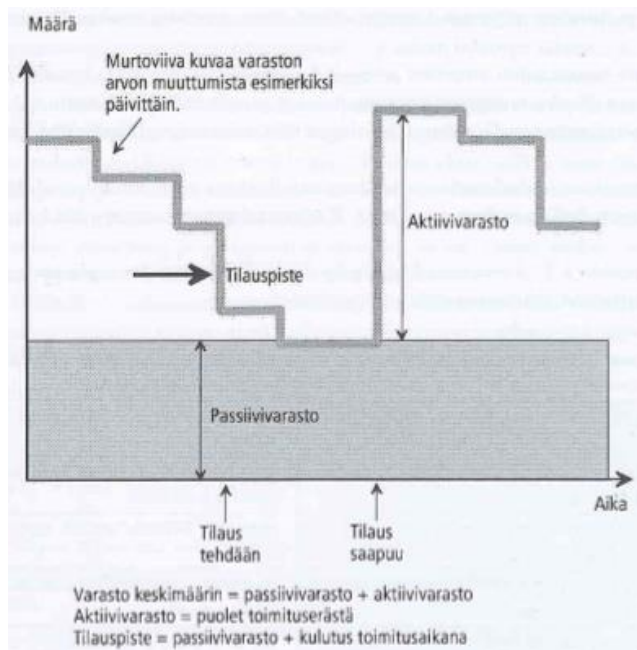
Varastoinnissa tuotteet sijoitetaan myös sen mukaan, miten paljon tuotteita on A-, B- ja C-luokissa. Sellaiset tuotteet, joita käytetään eniten, sijoitetaan keskikäytävän lähellä oleviin hyllytiloihin ja sellaiselle korkeudelle, josta tuotteet on helppo ottaa. Nämä tuotteet on myös hyvä olla pakkaamon- ja lähettämöpisteen läheisyydessä. (5, s. 87.)

2.3 Varastoinnin syyt ja varastotyypit

Varastoinnille on useita eri syitä. Näitä syitä täytyy tarkastella yrityksen tavoitteiden näkökulmasta. Jotkut haluavat pitää aina varmuuden vuoksi varastoa, jotta turvattaisiin tuotteiden saatavuus, toiset eivät halua pitää lähes ollenkaan sitä, koska varastointiin sitoutuu pääomaa tai eivät yksinkertaisesti tarvitse niin paljoa varastointia kuin toiset. Luettelossa on listattuna eri syitä varastoinnille. (5, s. 80.)

- Halutaan turvata hyvä asiakaspalvelu.
- Toimittaja on epäluotettava.
- Tuotevalikoima ja asiakaskunta ovat laajat.
- Ostetut tavarat ovat varastoitava.
- Tavaraa välivarastoidaan odottaen siirtoaan seuraavaan paikkaan.
- Raaka-aineiden hintojen epäilty kasvu.
- Raaka-aineiden saatavuus.

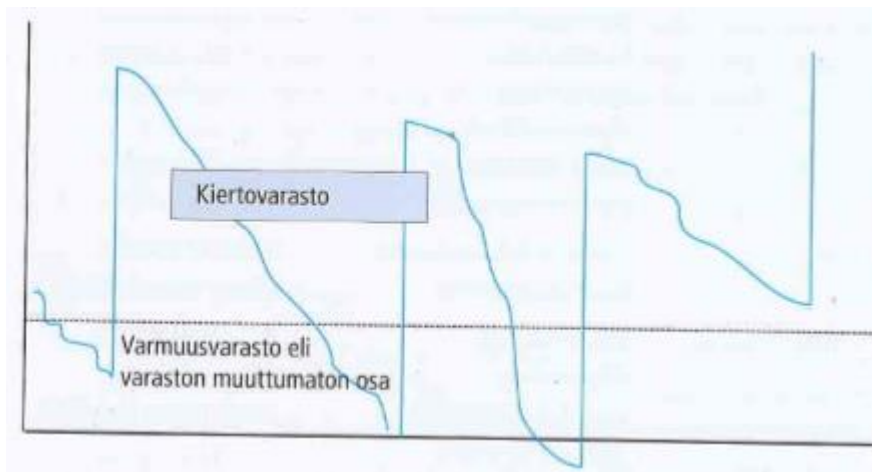
Nämä ovat pääosin syitä varastointiin. Turhaa varastointia voi välttää olemalla ajan tasalla esimerkiksi raaka-aineiden toimitusten ja markkinahintojen kanssa. Aina se ei ole mahdollista odottamattomien syiden vuoksi.



Kuva 6. Varastojen synty (4, s. 75).

Kuvassa 6 esitetään, miten varastoja syntyy. Huomataan, että varastotasot vaihtelevat epäsäännöllisesti tässä esimerkissä, jolloin on hyvä olla varmuuden varalta passiivarasto, eli varmuusvarasto. Varastotasot laskevat hieman passiivaraston tasolle, jolloin tässä tilanteessa on hyvä, että se on olemassa, vaikka se aiheuttaakin hieman lisäkustannuksia.

Kierto- eli eräkokovarasto on jokin varastonosa, joka vaihtuu kulutuksen ja sen mukaan, kuinka tiheästi varastoa täydennetään. Usein erilaiset kustannustekijät, kuten kuljetuskustannukset ja paljousalennukset johtavat kiertovaraston käyttöön. *Varmuusvarastoa* käytetään silloin, kun halutaan taata, että tuotetta on saatavilla. Tällä tavalla turvataan kulutuksen vaihtelut, laatuongelmat, toimitusaikojen- ja määrien ongelma. Yleensä varmuusvarastossa on päätetty jokin raja, jossa on otettu huomioon kysynnän vaihtelut. Varmuusvaraston kokoa voidaan pienentää ennustamalla paremmin, mutta on aina olemassa mahdollisuus, että ennusteet eivät aina pidä paikkansa. (5, s. 81.)



Kuva 7. Kiertovarasto ja varmuusvarasto sekä niiden varastotasot (5, s. 81).

Kuvassa 7 varastotasojen täydennys tapahtuu siten, että tilaus suoritetaan, kun tuotteiden määrä on alittanut tilauspisteen, eli kun aletaan ottaa tuotteita varmuusvarastosta. Tuotteita tilataan sen hetkisen keskimääräisen kysynnän mukaan. Tämän vuoksi kuvassa on paljon vaihtelua. Toisen tilauksen jälkeen kysyntä on ollut niin suuri, että varmuusvarasto on kulutettu loppuun. Viimeisessä tilauksessa on luultavasti ennakoitu suureen kysyntään, jonka vuoksi tilaus on suoritettu ennen kuin tuotteiden määrä on varmuusvaraston tasolla.

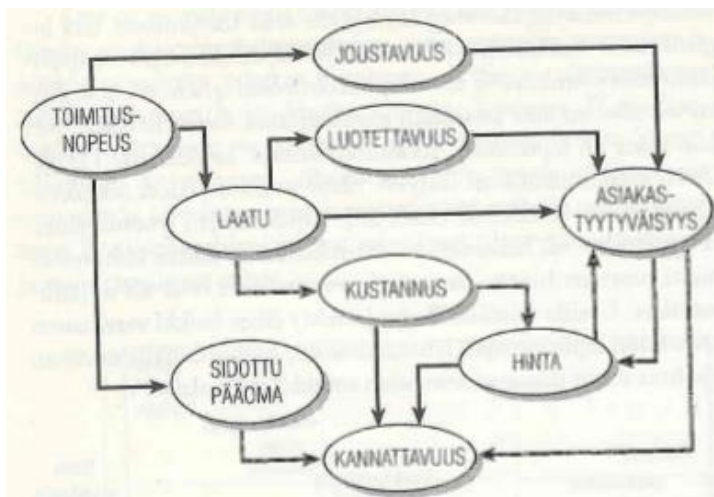
Kausivarastolla tarkoitetaan varastoa, joka vaihtelee kausittaisen kysynnän mukaan. Tuotanto saadaan pysymään mahdollisimman tasaisena kausivarastoinnin avulla. Tällöin vältetään ylimääräiseltä massatuotannolta ja siten tuotannossa työntekijöiden yli-työltä, mikä aiheuttaisi lisäkustannuksia yritykselle. (5, s. 81.)

Prosessivarasto tarkoittaa varastoa, joka on esimerkiksi kuljetuksessa, tuotannossa tai jakelussa. Prosessivaraston määrä voidaan laskea teollisuudessa kertomalla läpimenoajan kulutusnopeudella. Esimerkkinä tuotantoprosessin läpimenoaika on seitsemän vuorokautta ja sen keskimääräinen tuotantonopeus on kymmenen kappaletta vuorokaudessa, saadaan prosessivarastoksi 70 kappaletta. (5, s. 81.)

Valitulla varastotyypillä on väliä yritysten varastointitarpeiden kannalta. Varastointiin käytettävä pinta-ala vaikuttaa varaston pohjapinta-alaan. Lisää tilavuutta voidaan saada kasvattamalla käsittelykorkeutta, sekin on usein rajallinen. Varastointitavat riippuvat varaston layoutista, eli varaston sisäisestä asettelusta, esimerkiksi käytäväleveyksistä. Tämän lisäksi itse varastoitavan tuotteen koko ja varastointikorkeus vaikuttavat varastointitapoihin. (5, s. 81.)

2.4 Varastoinnissa käytettäviä mittareita ja käsitteitä

Varastoinnissa käytetään useita mittareita, jolla mitataan varastoinnin toimivuutta. Näin saadaan jonkinlainen käsitys siitä, kuinka hyvin varastointi toimii. Näillä mittareilla havaitaan myös mahdolliset puutteet, jotka voivat vaikuttaa asiakastyytyväisyyteen kuvan 8 esittämällä tavalla.



Kuva 8. Toimitusnopeuden vaikutus asiakastyytyväisyyteen ja toiminnan kannattavuuteen (22, s. 58).

Kuvan 8 osoittamalla tavalla huomataan, kuinka keskeisenä käsitteenä tavaroiden toimitusnopeutta voidaan pitää. Sillä on merkittävä vaikutus kuvassa 8 esiintyviin tekijöihin ja tätä kautta lopulta asiakastyytyvyyteen ja toiminnan kannattavuuteen.

On tärkeää, että logistiikassa käytetään asiakkaalle sopivaa *palvelutasoa*. Palvelutaso tarkoittaa lähinnä asiakaspalvelun laatua ja määrää. Hyvällä palvelutasolla saadaan asiakkaat vakuuttuneiksi ja heiltä voidaan saada lisää tilauksia, mikä puolestaan tekee rahaa yritykselle. Huonolla palvelutasolla puolestaan voidaan jopa menettää asiakkaita tai tilausten määrä voi vähentyä. Luotettavuus on siis tärkeää, jotta molemmat osapuolet hyötyvät tilauksista. Palvelutaso on organisaatio- ja asiakaskohtainen (5, s. 27).

Varaston *palveluasteella* kuvataan toimitettujen tilausten ja kaikkien tilausten välistä suhdetta. 100-prosenttista palveluastetta koskevat tuotteet ovat yleensä päivittäistavaroita, kuten elintarvikkeita. Aina ei välttämättä kuitenkaan tarvita 100 prosentin palveluastetta. Tällaiset 100-prosenttiset palveluasteet usein vaativat suurta varastointia, jota kaikki yritykset eivät halua tehdä. Esimerkiksi vähittäiskaupoissa voi olla tuotteita, joille tarvitaan 100-prosenttinen palveluaste. Sen lisäksi tällä samalla kaupalla voi olla myös tuotteita, joille riittää pienempikin palveluaste, sillä näitä tuotteita ei tarvita välttämättä yhtä paljon. (19.) Palveluaste voidaan määrittää seuraavalla laskukaavalla 1 (19):

$$\text{Palveluaste} = \frac{\text{Suoraan varastosta toimitetut tilaukset}}{\text{Kaikki tilaukset}} \times 100 \% \quad (1)$$

Varaston *kiertoa* käytetään yleensä varaston tehokkuutta kuvaavana mittarina. Varaston kierrolla tarkoitetaan sitä, kuinka usein varasto tavallaan uusiutuu, eli vanhaa tuotetta lähtee eteenpäin ja uutta tuotetta tulee tilalle. Kierto voidaan määrittää laskennallisesti jakamalla vuosikysyntä keskivarastolla. Varaston tehokkuutta voidaan myös kuvata *ajan* perustuvalla mittarilla esimerkiksi, kun määritetään, kuinka suuri osa tilauksista on ajallaan toimitettuja. Se voidaan laskea jakamalla ajallaan toimitetut tilaukset kaikilla tilauksilla. (19.)

Varaston riitto tarkoittaa sitä, että kuinka kauan varaston keskimääräinen sisältö kestää normaalilla kysynnällä. Varaston riiton yksikkönä saadaan päiviä vastaukseksi. Varaston riiton laskemiseen on olemassa kaksi eri laskutapaa, laskukaavat 2 ja 3 (19):

$$Riitto = \frac{365 d}{kierto} \quad (2)$$

$$Riitto = \frac{keskivarasto}{vuoden kokonaiskysyntä} \times 365 d \quad (3)$$

Logistiikassa noin puolet kustannuksista syntyy varastoinnissa. Näin ollen varastoiden kehittämällä voidaan taata parempaa kustannustehokkuutta. Usein varastoinnissa yli puolet kustannuksista vie henkilöstö ja loput tulevat tontista, koneista ja kalusteista. (5, s. 91.)

Varaston arvon määrittämiseksi käytetään laskennoissa kaikkia tavaroita, jotka kuuluvat yrityksen kirjanpidossa vaihto-omaisuuteen. Tällaiset ovat sellaisenaan tai jalostettuna luovutettavat tai kulutettavat hyödykkeet. (20.) Usein laskennoissa käytetään varaston keskiarvoa. Se tarkoittaa sitä rahamäärää, joka on sidottu keskivarastoon. Tämä puolestaan tarkoittaa keskivaraston rahallista arvoa. Keskivarastoa voidaan määrittää neljällä eri tavalla (19):

- Tarkasteluhetken varastotasoa tutkimalla.
- Täydennyserä / 2 + varmuusvarasto.
- Tietyllä ajanjaksolla (minimivarasto + maksimivarasto) / 2.
- Varastojärjestelmästä saatava todellisiin varastotasoihin perustuva keskiarvo.

Näistä vaihtoehtoista tarkin menetelmä on varastojärjestelmästä saatava todellisiin varastotasoihin perustuva keskiarvo. Riittävän tarkaksi määritetään myös minimi- ja maksimivarastoon perustuva menetelmä.

2.5 Eräkokomenetelmät

EOQ (Economical Order Quantity), eli suomeksi taloudellinen eräkokoko on laskennallisesti määritettävissä. Oletuksena on, että tuotteen kysyntä on tasainen ja ettei tuotteen saatavuuden ja ennakoitavuuden kanssa ole hankaluuksia. (5, s. 89.) Nämä eivät tietenkään ole aina mahdollisia, mutta laskennallinen määrittely on suuntaa antava. Jos ei haluta tilata varastoja täyteen, taloudelliseen eräkokoon perustuva eräkokomenetelmä voi olla hyvä vaihtoehto eräkokojen määrittämiseen. Wilsonin kaavalla (4) voidaan määrittää taloudellinen eräkokoko.

$$EOQ = \frac{\sqrt{2 \times D \times TK}}{\sqrt{H \times VK}} \quad (4)$$

EOQ on taloudellisin eräkokoko.

D on arvio vuosimenekistä.

TK on yhden toimituserän kustannus.

H on tuotteen yksikköhinta.

VK on varastoimisen kustannus.

Saatu eräkokoko on aina vain arvio, koska kaavassa käytettävät kustannusarviot ja menekki ovat joko keskiarvoja tai arvioita. (4, s. 84–85.)

Eräs eräkokomenetelmä on myös epäjatkuva tilauskoko (Discrete Order Quantity, DOQ), jonka ajatuksena on tilata eräkoot sen mukaan, kuinka paljon on varastotasolla tavaraa. Tilataan siis sen mukaan, kuinka paljon ajanjaksolla tarvitaan. Tämän vuoksi eräkoot vaihtelevat joka kerta. Tämä eräkokomenetelmä tunnetaan myös nimellä "Lot for lot". (23; 24.)

Toinen eräkokomenetelmä on maksimi- ja minimivarastotasoihin perustuva eräkokomenetelmä. Tässä menetelmässä on säädetty ylä- ja alarajat, joiden sisällä varastotason on pysyttävä. Kun varastotaso alittaa tämän säädetyn alarajan, tilataan tuotteita sen verran, että varastotaso on maksimissa.

Paikattu eräkokomenetelmä (Fixed Order Quantity, FOQ) perustuu ennalta määritettyihin eräkokoihin, joiden perusteella tilaukset suoritetaan. Nämä eräkoot voivat olla esimerkiksi 100 kappaletta, 200 kappaletta tai jotain muuta. Menetelmä perustuu siihen,

että automaattinen tilauspiste on määritetty ennalta määrätyn eräkoon mukaan. Yrityksen on asetettava maksimi- ja minimivarastokapasiteetti varastotilan ja myyntien perusteella. (24; 25.)

Ajanjaksoon perustuvassa (Period Order Quantity, POQ) eräkokomenetelmässä voidaan tilata jonkun aikajakson tarve yhdellä kerralla. Tässä voidaan tilata esimerkiksi usean jakson erät yhdellä kerralla. Tällaista voi esiintyä esimerkiksi tuotteiden sesonkiaikoina.

3 Varastoautomaatit

Kuten muilla teollisuuden aloilla, myös logistiikassa hyödynnetään automaatiota, jotta varastointi tehostuisi sekä tilan että työn puolesta. Useimmat automaattiset varastolaitteet markkinoivat monen kymmenen prosentin tilasäästöjä verraten tavallisiin hyllyratkaisuihin. Työn määrä vähenee myös, kun varastoautomaatti voi nostaa painavan tavarankorkealle paikalleen sen sijaan, että työntekijä joutuisi sen asettamaan korkealle hyllylle. Mahdolliset työtapaturmat myös vähenevät tällä tavoin, jos työntekijä ei putoa esimerkiksi tikkailta nostaessaan tavaraa ylähyllylle.

Varastoautomaateilla tarkoitetaan laitteita, joihin saadaan varastoitua tuotteita. Laite koostuu koneista, jotka liikuttavat yhtä tai useampaa rinnakkain sijoitettua varastolokeroa, joihin tuotteet saadaan laitettua. (9.) Itse laite toimii automaattisesti, kun käyttäjä syöttää laitteen sisäiselle tietokoneelle haluamansa tuotteen tietoja, varastoautomaatti tuo tuotteen käyttäjän luo. Varastoautomaateissa käytetään yleensä korkeutta hyväksi, jolloin saadaan enemmän pinta-alaa käytettäväksi johonkin muuhun tarkoitukseen. On myös olemassa varastoautomaatteja, jotka ovat sijoitettu leveyssuunnassa. Tämän kaltaiset varastoautomaatit ovat yleensä suunniteltu korvaamaan vanhanaikaiset leveät ja laajat perushyllyt, joista tuote joudutaan itse hakemaan. Usein varastoinnissa on se ongelma, että käytetään esimerkiksi samankokoisia, liian isoja laatikoita varastoitaville vähän tilaa vieville tavaroille. Tällöin jää ylimääräistä tilaa käyttämättä. Tätä tilaa voidaan hyödyntää muiden tuotteiden varastointiin, jolloin tarvitaan vähemmän tilaa.

3.1 Paternosterit

Paternosterit eli vertikaalikarusellit ovat sellaisia varastoautomaatteja, joissa varastoitava tila on sijoitettu pystysuuntaan. Nämä varastoautomaatit voivat olla kahdesta metristä kymmeneen metriin korkeita, ellei enemmänkin. Paternosterit ovat suunniteltu säästämään pinta-alan neliöitä, siksi varastointi tapahtuu korkeussuunnassa. Esimerkiksi Kardex Remstarin mukaan voidaan jopa 75 prosenttia säästää pinta-alassa varastoautomaattien ansiosta. (10.) Lisäksi aikaa säästyy, kun hakuajat lyhentyvät ja ei tarvitse lähteä etsimään haluamaansa tuotetta varastosta. On tehty tutkimuksia, jossa osoitetaan, että 2/3 keräilijöiden työajasta kuluu joko tavaroiden kuljettamiseen tai varastoitujen tavaroiden noutamiseen (13). Paternostereissa on vain pystysuuntainen nopeus, joka kertoo, kuinka nopeasti karuselli laitteen sisällä pyörii myötöpäivään tai vastapäivään pystysuunnassa.

Paternosterit koostuvat yhdestä tai useammasta käyttöaukosta, josta tuotteet otetaan tai tuotteita laitetaan varastoon. Paternostereissa on kone, joka pyörittää rullamaisesti varastoitavia hyllyrivejä joko myötöpäivään tai vastapäivään, riippuen tuotteen fyysisestä sijainnista. Välttämättä kaikissa paternostereissa ei ole tätä ominaisuutta, että tuotteen tuonti tapahtuu lyhintä mahdollisinta reittiä, mutta useimmissa se on mahdollista. Mittojen puolesta paternosterit ovat usein räätälöitävissä tietyn tilan mukaisiin mittoihin. Myös hyllyt ovat räätälöitävissä haluamallaan tavalla. On olemassa esimerkkijärjestely, jossa tuotteet on sijoitettu sisäisesti jaoteltuun lokerikkoon, missä tilaa säästyy runsaasti. Paternostereita on saatavilla erilaisia ja erikokoisia riippuen varastoitavan tavaran massasta. Esimerkiksi Kardex Remstarilta on saatavilla paternoster, jonka hyllyn kantokyky on 180 kiloa. Tällainen on sopiva kevyeen varastointiin, kuten varaosien varastointiin. Toisaalta jos tarvitaan paternosteria, jonka hyllyn kantokyky on suurempi, on myös saatavilla samalta toimittajalta 350 kilon ja 650 kilon paternosterit. Näille on myös olemassa erilliset tasot, joilla lastaus tai purkaus tapahtuu.



Kuva 9. Paternosterin hahmotuskuva (12).

Kuvassa 9 on paternoster, jossa keltaisella käyttäjän kohdalla on korostettu käyttöaukko. Tässä käyttöaukossa tapahtuu lastaus ja purkaus. Paternoster koostuu useista hyllyrivistöistä, jotka ovat karusellimekanismissa kiinni. Ohjausjärjestelmään syötetään, minkä tuotteen haluaa ja kuinka monta. Tällöin tietokannasta vähenee näiden tiettyjen tuotteiden lukumäärä ja näin ollen varaston sisäinen inventointi säilyy kunnossa. Kun ohjausjärjestelmään on syötetty tiedot, lähtee karuselli pyörimään sitä kautta, mistä on lyhin reitti tuotteelta tulla käyttöaukolle. Koko hyllyrivistö tulee käyttöaukolle, josta käyttäjä voi ottaa tuotteensa. Joissakin paternostereissa on olemassa vaihtoehto, jossa laserosoitin näyttää vielä, mistä kohdasta haluttu tuote löytyy.

3.2 Hissiperusteiset varastoautomaatit

Toisin kuin paternosterit, hissiperusteisissa varastoautomaateissa (VLM, Vertical Lift Module) on myös periaatteena varastoida pystysuuntaan tilan säästämiseksi. Erona paternosteriin on se, että hissiperusteisissa varastoautomaateissa on hissijärjestelmä varastoautomaatin keskellä, joka hakee tuotteen sille määritetyltä paikalta. Hissiperusteisissa varastoautomaateissa on yksi tai useampi käyttöaukko, jossa lastaus tai purkaus

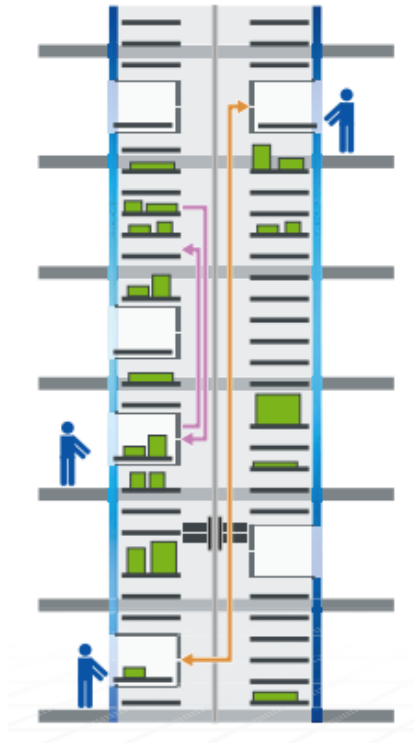
suoritetaan. Nämä käyttöaukot ovat usein jaoteltu eri kerroksiin. Näin ollen voidaan keräily suorittaa keskitetysti, eikä tarvitse kulkea kerrosten välissä tavaran viennin vuoksi. Usein tämän kaltaiset varastoautomaatit ovat hakuajoiltaan nopeampia, kuin paternosterit, koska tässä ratkaisussa ei kuljetin pyöri ympyrää. Tällaiset hissiperusteiset varastoautomaatit ovat usein paljon kantokykyisempiä paternostereihin verrattuna. Esimerkkinä Kardex Remstarin Shuttle XP 250/500 -hissiautomaatti, jossa voidaan hyllyä kohden kuormittaa 560 kilogrammaa. Tämä on tämän toimittajan pienin hissiperusteinen varastoautomaatti. Suurimmassa hissiperusteisessa automaatissa tältä toimittajalta on mahdollista kuormittaa 1 000 kilogrammaa tavaraa hyllyä kohden. (14.)

Hissiperusteiset varastoautomaatit ovat myös mahdollista sijoittaa useampiin kerroksiin. Sen vuoksi nämä varastoautomaatit voivat olla yli 20 metriä korkeita. Hissiautomaatin korkeuden kasvaessa, kasvaa myös tämän kokonaisuudessa. Silloin on tärkeää huomioida lattian kantokyky, koska nämä voivat kuormittaa liikaa lattiaa painollaan. Hissiperusteisiin varastoautomaatteihin liittyy sekä pystysuuntainen nopeus että vaakasuuntainen nopeus. Pystysuuntaisella nopeudella tarkoitetaan sitä nopeutta, jolla hissitaso kulkee joko ylös tai alas hakiessaan tuotetta tai varastoidessaan sitä. Vaakasuuntaisella nopeudella tarkoitetaan sitä nopeutta, joka tapahtuu siinä, kun käyttäjä on lastannut varastoitavan tavaran, jolloin lastaustaso lähtee sisäänpäin varastoautomaattia kohti. Vaakasuuntainen nopeus mitataan tämän lastaustason vaakasuuntaisena liikkeenä.



Kuva 10. Hissiperusteisen varastoautomaatin hahmotuskuva (12).

Hissiperusteinen varastoautomaatti muodostuu kuvan 10 mukaisesti hissikuilusta, jossa hissi kulkee ylös ja alas. Hissikuilu on varastoitavien hyllyrivistöjen välissä. Nämä hyllyrivistöt ovat pakattu melko tiiviiksi optimoidakseen tilavuuden käytön. Kuvassa 10 käyttäjä on syöttänyt ohjausjärjestelmälle tiedot, minkä tuotteen hän haluaa. Hyllyrivistö tulee alas, jonka jälkeen lastaustaso tulee lähemmäksi käyttäjää vaakasuunnassa, jotta tämän ei tarvitse kurottua saadakseen tuotteen käsiinsä.



Kuva 11. Hissiperusteisen varastoautomaatin piirretty hahmotuskuva, jossa useita käyttöaukkoja (14).

Kuvassa 11 on kyse hissiperusteisesta varastoautomaatista, jossa on useita käyttöaukkoja. Alimmalla tasolla oleva henkilö voi esimerkiksi lähettää tuotteen alhaalta ja kuvitellaan, että ylin henkilö on 20 metrin korkeudella, jolloin on saatu merkittävä työn- ja ajan säästö.

3.3 Horisontaaliset karusellivarastot

Horisontaalisilla karusellivarastoilla tarkoitetaan varastoautomaatteja, joissa varastoiminen tapahtuu vaakasuunnassa. Näissä on tarkoituksena myös korvata perinteiset hyllystöt, mutta tärkeimpänä periaatteena on se, että tuotteet tulevat käyttäjän luokse. Tällaiset horisontaaliset karusellivarastot ovat suunniteltu isompiin varastoihin, joissa on paljon varastoitavaa tavaraa. Tällaisissa karusellivarastoissa on yksi tai useampi käyttöaukko, joissa varastoitavien tuotteiden lastaus tai purkaus tapahtuu. Tuote tulee käyttäjän luokse lyhintä mahdollisinta reittiä. Näin ollen käyttäjän ei tarvitse kävellä pitkälle varastossa ja tuotteen haku-aika lyhentyy merkittävästi. Samaan asemaan kuuluvia horisontaaliyksiköitä voidaan käyttää samanaikaisesti, jolloin toisen käyttäjän ei tarvitse odottaa, että toisen käyttäjän tuotteen hakeminen on valmis. (15.)

Esimerkiksi Kardex Remstar -vaakakaruselli voi olla pituudeltaan 6–51 metriä pitkä. Ne ovat räätälöitävissä siten, että niihin voidaan liittää kahdesta neljään yksiköiden asemia. On myös mahdollista jakaa karusellivarasto useampiin kerroksiin. Laajempaa varastointia voidaan toteuttaa tällaisella ratkaisulla, sillä kerrotaan, että tällaiseen varastoautomaattiin voidaan varastoida nimikkeitä 55 tonniin asti. Tilaa säästyy myös, koska varastointi tapahtuu tiiviisti, näin ollen todellinen keräilyalue on kooltaan vain 5–10 neliometriä. (15.)



Kuva 12. Horisontaalinen karusellivarasto (16).

Kuten kuvasta 12 näkyy, varastoitavat hyllyt ovat kiinni linjastossa, jotka pyörivät joko myötöpäivään tai vastapäivään, riippuen siitä, mikä on nopein reitti tuotteen tulla käyttöaukole. Käyttöaukon vieressä on ohjauspaneeli, josta tuotteen hallinnoiminen tapahtuu. Varastoautomaatti on suojattu, jotta ulkopuoliset eivät pääsisi käsiksi varastoituihin tavaroihin.

4 Murata ja projektin ympäristö

Murata Electronics Oy on japanilaiseen Murata-konserniin kuuluva maailman johtava elektroniikkakomponenttien valmistaja Vantaalla. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Japanin Kiotossa. Murata suunnittelee, kehittää ja valmistaa 3D MEMS -antureita (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS). Tähän teknologiaan perustuvia antureita ovat muun muassa kiihtyvyy-, kulmanopeus- ja kallistusanturit. Antureita käytetään esimerkiksi autoteollisuuden ajonvakautusjärjestelmissä ja lukkiutumattomissa jarruissa. Terveysteknologiassa antureita käytetään puolestaan esimerkiksi sydämentahdistimissa. Antureita käytetään myös monissa muissa teollisuuden aloissa. (1.) Erilaiset anturit valmistetaan piikiekoista. Piikiekojen prosessointi tapahtuu puhdastilassa. Pitkän ja monipuolisen prosessin jälkeen siirrytään antureiden kokoonpanoon, jossa piikiekoista syntyy kokonaisia antureita. Tarkoin kontrolloiduilla tarkastuksilla ja testailuilla varmistetaan antureiden toimivuus, jotta asiakaspalautukset minimoitaisiin.



Kuva 13. Murata SCL3300-D01 -kaltevuusanturi (18).

Kuvassa 13 näkyvät kaltevuusanturit ovat kooltaan noin kymmenen millimetrin kokoisia. Esimerkkinä kuvassa 13 näkyy, millaisia ja minkä kokoisia antureita Murata Manufacturing -konserni valmistaa. Nämä pienet anturit osittain takaavat esimerkiksi autojen ajonvakautusjärjestelmien oikean toimivuuden.

Muratan historia alkoi 1944, kun Akira Murata perusti Murata Manufacturing -yrityksen. Silloin hänen pieni tehtaansa oli pinta-alaltaan 150 neliometriä ja se avattiin Kioton kaupungin keskukseen. Yritys tuotti titaanioksidi pohjaisia keraamisia kondensaattoreita. Nykyinen Murata Electronics Oy oli aiemmin VTI-Technologies Oy, joka aloitti toimintansa 1990-luvun alussa. Murata osti 2012 tammikuussa VTI-Technologies Oy:n Vantaalta, josta myöhemmin tuli Murata Electronics Oy. (17.)

Nykyään Muratalla työskentelee yhteensä 80 000 työntekijää, joista yli 1 000 työskentelee Suomessa. Yhtiön liikevaihto oli 13 miljardia euroa vuonna 2018. (1.) Muratan tuotannosta noin 99 prosenttia menee vientiin. Vantaalla sijaitsevaan Murataan valmistui vuonna 2019 uusi rakennus, Hertta. Hertan avulla saadaan Muratalle lisää laitteita tuotantoon ja näin ollen tehostettua tuotantoa.

5 Varaosavaraston automatisoinnin suunnitelma

5.1 Nykytilanteen kuvaus

Tällä hetkellä Taiston varaosavarastossa on käytössä siirtohyllyt, mutta parhaillaan miettään, voitaisiinko se automatisoida vai pysytäänkö vanhassa ratkaisussa. Nykyisen toimintatavan mukaan haetaan tietojärjestelmästä varaosaa vastaava koodi, jonka alta löytyy jokin tietty varaosa. Varaosat ovat laatikoissa, joissa tämä kyseinen koodi lukee. Varaosalaatikot ovat siirtohyllissä tietyn kirjaimen kohdalla. Hyllyt ovat kiinni toisissaan tilan minimoimiseksi, ja ne saadaan auki rullaamalla hyllyssä olevasta kammesta. Tämän jälkeen käyttäjä ottaa laatikosta varaosan ja merkitsee tietokoneella järjestelmään, että sieltä on varaosa otettu. Tämän järjestelmän avulla voidaan käyttää automaattista tilausta. Automaattinen tilaus toimii siten, että tilaus lähtee käyntiin automaattisesti, kun jonkun tuotteen kappalemäärä alittaa tietyn rajan.

On lukuisia variaatioita, minne varastoautomaatti tultaisiin sijoittamaan, joten opinnäytetyön helpottamiseksi oletetaan, että varastoautomaatti korvaisi nykyiset siirtohyllyt Tais-ton varaosavarastossa.

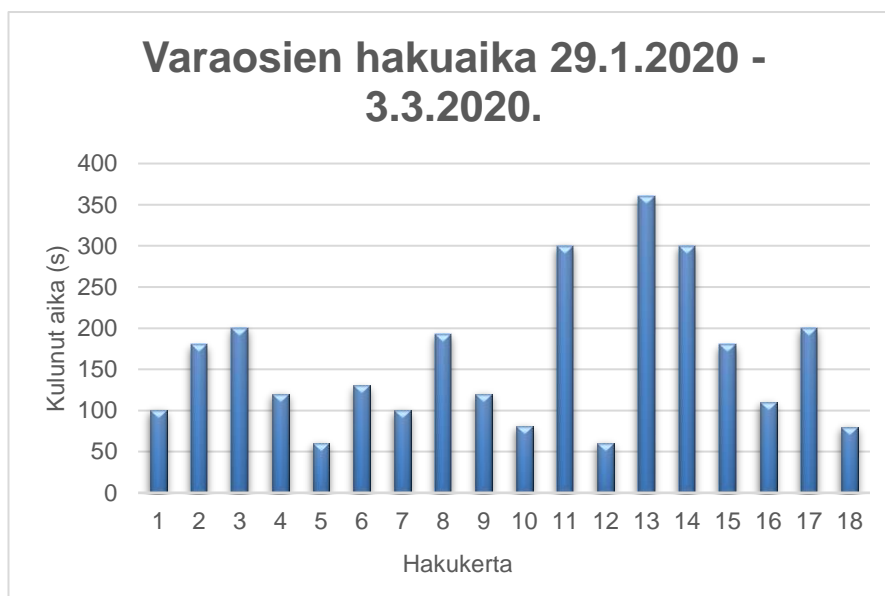


Kuva 14. Siirtohylly.

Kuvassa 14 näkyvät siirtohyllyt tultaisiin korvaamaan varastoautomaatilla, jos päädytään siihen tulokseen, että varaosavaraston automatisointi olisi kannattavaa. Nämä hyllyt ovat myös melko paljon tilaa säästäviä verrattuna perinteisiin hyllyihin, sillä siirtohyllyt saadaan rullattua toisiinsa yhteen kiinni. Lisää tilaa saadaan, kun luovuttaisiin mustista varaosalaatikoista, koska monessa varaosalaatikossa on melko paljon tyhjää tilaa.

Nykyisen ratkaisun puutteet, joita voitaisiin parantaa:

- Hyllyt vievät paljon tilaa.
- Hakuajat ovat pitkät.
- Varaosat voisivat olla siistimmin lajiteltuna.
- Säästetyn tilan sijalle voidaan laittaa jotain muuta.



Kuva 15. Varaosien haku-aika tammikuun lopusta maaliskuun alkuun.

Kuvassa 15 esiintyy pylväsdiagrammi, joka pohjautuu varaosien ajanottotaulukkoon, joka tehtiin Microsoft Excel -ohjelmalla. Tässä mitattiin, kuinka paljon kuluu aikaa siinä, että käyttäjät aloittavat varaosan etsinnän ja päättävät ajanoton siihen, kun ovat löytäneet haluamansa varaosan. Y-akseli kuvaa kulunutta aikaa sekunneissa ja X-akseli kuvaa yksittäisiä hakukertoja. Kuten diagrammista havaitaan, hajontaa on paljon. Nopein varaosan haku tapahtui noin minuutissa ja hitaimmillaan tämä kesti noin kuusi minuuttia. Keskiarvoksi osoittautui näiden 18 otosten perusteella noin 160 sekuntia. Tällä ajanotolla saatiin suuntaa antava käsitys siitä, kuinka paljon arviolta kuluu aikaa halutun varaosan etsimiseen.

5.2 Toimenpide-ehdotus

Aluksi oli tarkoituksena, että varastoautomaattia hahmoteltaisiin Hertta-rakennukseen. Päätettiin kuitenkin, että tässä projektissa keskitytään Taisto-rakennuksen nykyisen varaosavaraston mahdolliseen automatisointiin. Tarvittaessa kohdeyritys voi jatkaa tämän projektin suunnittelua, kunhan keksitään, mihin tilaan varastoautomaatti sijoitettaisiin. Tämän jälkeen voidaan yrittää etsiä sopivin varastoautomaatti tähän kyseiseen tilaan. Näin ollen varsinaista hankintaa ei toteuteta, ja viimeiseen lopputulokseen ei päästä tämän insinööriyön aikana, vaan se jää tulevaisuuteen.

Taulukko 1. Vaatimusmäärittely varastoautomaatille.

Vaativukset		
1. YLEISET VAATIVUKSET		M/W/O
V1.0VAA1.1.0	Varastoautomaatin pitää olla puhdistilaluokkaan EN-ISO 8 sopiva.	M
V1.0VAA1.2.0	Varastoautomaatin pitää olla automatisoitu.	M
V1.0VAA1.3.0	Varastoautomaatin takaisinmaksuajan pitää olla 3 vuotta.	W
V1.0VAA1.4.0	Varastoautomaatin tulee olla laajennettavissa myös Muratan muihin varastointitarkoituksiin.	M/W
V1.0VAA1.5.0	Varastoautomaatin tulee olla Lean System yhteensopiva.	M
V1.0VAA1.6.0	Varastoautomaatilla tulee olla huollettavissa ja korjattavissa	M
V1.0VAA1.7.0	Varastoautomaatin järjestelmässä oleva sisältö on täsmäittävä varsinaisen sisällön kanssa.	M
V1.0VAA1.8.0	Varastoautomaattiin tulee olla mahdollista asentaa HEPA-suodatin.	W
V1.0VAA1.9.0	Jos varaosakoodi ei ole tiedossa, varastoautomaatissa on oltava mahdollisuus selata varaosia.	M
V1.0VAA1.10.0	Varastoautomaatin tulee olla ESD-yhteensopiva.	W
2. FYYSINEN RAKENNE		
V1.0VAA2.1.0	Varastoautomaatin tulee mahtua Taiston varaosavarastoon.	M
V1.0VAA2.2.0	Hyllyt on oltava sellaisia, että niihin saadaan varastoitua Muratan varaosalaatikoita.	M
V1.0VAA2.3.0	Varastoautomaatin hyllyjen kantokyky tulee olla ainakin 150 kg.	M
V1.0VAA2.4.0	Varastoautomaatin tulee olla rakenteeltaan sellainen, että sen rakenteisiin pääsee käsiksi huollon tai korjauksen yhteydessä.	M
V1.0VAA2.5.0	Varastoautomaatin tulee olla rakenteeltaan sellainen, että Taiston lattia kantaa varastoautomaatin. Lattian kantokyky kestää 1 500 kg/m ² .	M
3. TURVALLISUUS/SUOJAUS		
V1.0VAA3.1.0	Varastoautomaatin täytyy pysähtyä hätäseis-kytkintä painettaessa.	M
V1.0VAA3.2.0	Varastoautomaatin pitää pysähtyä, kun liukuovi havaitsee esteen.	M
V1.0VAA3.3.0	Varastoautomaatin tulee olla suojattu ulkopuolisilta.	M
V1.0VAA3.4.0	Varastoautomaatin pitää pystyä palautumaan alkutilanteeseen vikatilanteessa.	M
V1.0VAA3.5.0	Varastoautomaatilla pitää olla CE-merkintä.	M
4. TOIMINNALLISUUS		
V1.0VAA4.1.0	Kun käyttäjä syöttää laitteen näytölle, minkä tavaran ja kuinka monta haluaa ottaa, varastoautomaatti tuo esiin oikean hyllyrivin ja siinä olevan laatikon koodeineen.	M
V1.0VAA4.2.0	Varastoautomaatin pitää pystyä vähentämään otettuja varaosia Lean System:stä	M
V1.0VAA4.3.0	Vikatilanteessa varaosat tulee voida saada haltuun ja merkitä niiden vähennys tietokantaan.	M
V1.0VAA4.4.0	Haluttu varaosakoodi on oltava mahdollista katsoa varastoautomaatin viereen sijoitetulta tietokoneelta.	M
V1.0VAA4.5.0	Varastoautomaattiin tulee olla mahdollista varastoida yksittäisiä kiekkokoteloita.	W

Taulukossa 1 on määritelty vaatimukset varastoautomaatille. Kirjaintunnukset määritellään seuraavasti:

- M tarkoittaa, että vaatimus on pakollinen.
- W tarkoittaa, että vaatimus on toiveena.
- O tarkoittaa, että vaatimus on vaihtoehtoinen.

Laadittu vaatimusmäärittely tehtiin yhdessä esimies Juha Korpialhon kanssa ja vahvistettiin huollon esimiesten esimiehen, Jouni Saarisen toimesta. Näiden vaatimusten pohjalta alettiin tehdä varastoautomaattien vertailutaulukkoa, josta nähdään varastoautomaattien väliset erot. Kaikkien vaatimusten kohdalla ei voida suoraa vertailua tehdä. Näistä tällainen on esimerkiksi takaisinmaksuaika, jonka pyritään olevan kolme vuotta. Ei voida arvioida, kuinka monen vuoden päästä varastoautomaatti tulisi maksamaan itsensä takaisin, sillä se ei tuota itsessään rahaa, vaan saaduilla säästöillä tämä tulnaisiin huomioimaan.

5.3 Projektin eteneminen

Projektin aikana käytiin lukuisia palavereja esimies Juha Korpialhon kanssa ja mukana oli myös huollon esimiesten esimies Jouni Saarinen. Näissä palavereissa käsiteltiin yleisesti mitä on saatu aikaan ja mitä voidaan seuraavaksi tehdä. Kardex Remstarilta tuli myyntikonsultti Janne Kuronen esittelemään heidän tuotteitansa kohdeyritykselle, kun järjestettiin tapaaminen. Projektin alkuvaiheessa etsittiin mahdollisia varastoautomaatteja ja otettiin näistä tietoja ylös ja muutamia asioita, jotka erottavat varastoautomaatit toisistaan. Tämän jälkeen määriteltiin vaatimukset ja samalla tehtiin vertailutaulukkoa, joka löytyy *liitteestä 1*. Vertailutaulukosta nähdään selvemmin erot varastoautomaattien välillä.

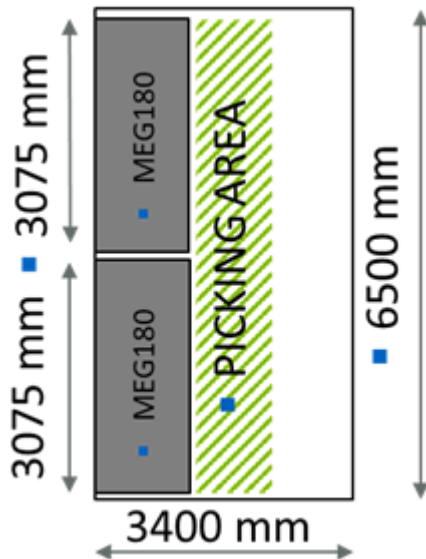
Vertailutaulukkoa sai täydennettyä katsomalla tuotteiden teknisiä tietoja toimittajan verkkosivuilta. Eräiden toimittajien verkkosivuilla kerrottiin suppeasti teknisiä tietoja, mikä hankaloitti vertailutaulukon täyttämistä. Mahdollisia puuttuvia tietoja puolestaan täydennettiin sähköpostilla lähetetyillä kyselyillä ja puhelimitse saaduilla tiedoilla suoraan toimittajalta. Kaikkia tietoja ei valitettavasti saatu, sillä sähköposteihin ei aina vastattu. Tietojen keräilyä hankaloitti myös se, että jotkut tekniset tiedot oli ilmaistu eri tavalla kuin toiset. Tällainen on esimerkiksi varastoautomaatin liikkumisnopeudet varastoautomaatin sisällä. Eräät olivat ilmaisseet sen vaaka- ja pystysuuntaisella nopeudella metriä sekunnissa, toiset ilmaisivat tämän keskimääräisellä hakuajalla, kuinka kauan varastoautomaatilla kestää keskimäärin hakea haluttu tuote. Nämä molemmat ilmaisevat varastoautomaatin liikkumisnopeutta, mutta eri muodoissa.

5.4 Varastoautomaatin valinta ja layoutin hahmottelu

Projektin viimeisessä vaiheessa jäljellä jäi kaikista vaihtoehdoista Kardex Remstarin Megamat RS 180 -varastoautomaatti sekä Hänelin Rotomat 936 -varastoautomaatti. Varaston kapasiteetin mittareiksi keksittiin nykyiset varaosalaatikot. Nykyisiin siirtohyllyihin näitä mahtuu noin 440 kappaletta. Vertailussa vertaillaan, kuinka paljon suhteessa vähemmän vie tilaa valmistajan esittämä arvio laatikoiden määristä, jonka he voivat luvata mahtumaan tulevaan varastoautomaattiin.

Tehtävän helpottamiseksi piirrettiin hahmotteleva pohjapiirros nykyisestä varaosavarastosta, jossa on ilmoitettu korkeudet. Hahmoteltu pohjapiirros löytyy *liitteestä 2*. Pohjapiirrokselta tulee ilmi, että tila on karkeasti suorakaiteen muotoinen ja varaosavarasto jakautuu kahteen erikorkuiseen vyöhykkeeseen. A- ja C-vyöhykkeet ovat 3 300 mm metriä korkeita ja näiden vyöhykkeiden väliin jää B-vyöhyke, joka on 3 000 mm korkea. Tämän hahmotellun pohjapiirroksen pohjalta suunniteltiin, minne ja kuinka monta varastoautomaattia voitaisiin tilaan sijoittaa. Layoutin suunnittelussa oli huomioitava se, että saataisiin säästettyä tilaa, jotta ylimääräinen tila saataisiin muuhun käyttöön sekä hakuajat nopeutuisivat. Näin ollen saataisiin rahallista säästöä varastointikuluissa ajan myötä.

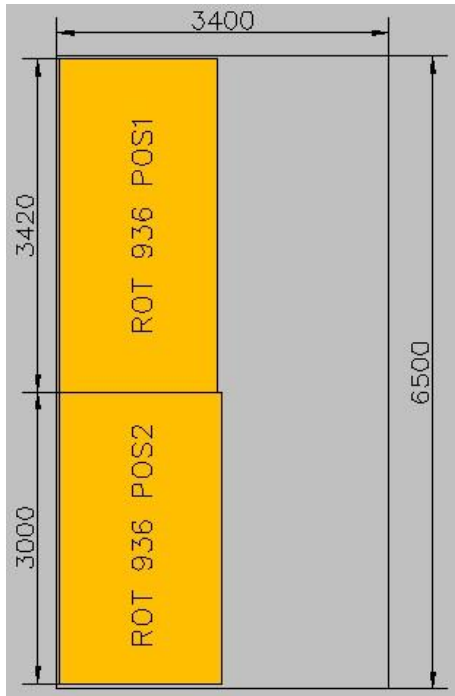
Megamatissa on ajateltu, että sijoitetaan tilaan kaksi samanlaista paternosteria, toinen vyöhykkeelle A ja toinen vyöhykkeelle C. Väliin jäisi B-vyöhykkeen kokoinen kaistale, jotta saataisiin otettua mahdollisimman paljon irti tilan korkeudesta. Nämä paternosterit olisivat 3 210 mm korkeita. Jotta saataisiin maksimoitua varastokapasiteetti, luovutettaisiin nykyisistä laatikoista ja käytettäisiin varastoautomaatin sisään integroitua lokerikkoja. Heidän ehdotuksessaan edellytyksenä on se, että nykyiset varaosalaatikot ovat täytetty 50 prosentin täyttöasteella. Näin ollen on saavutettu kahdella varastoautomaatilla 640 laatikkoa vastaava laatikkokapasiteetti. Täydellä laatikoiden täyttöasteella saatiin laatikkokapasiteetiksi yhteensä 320.



Kuva 16. Kardex Remstarin näkemys sijoitettavista varastoautomaateista (21).

Kuvan 16 mukaisesti tulitaisiin sijoittamaan Megamat-varastoautomaatit tilaan. Korkeuden puolesta molemmat ovat 3 210 mm korkeita, joten ne mahtuvat juuri A- ja C-vyöhykkeille. Näiden väliin jäisi B-vyöhyke. Todennäköisesti alimmaista laitetta joudutaan hieinan lyhentämään, sillä tuolle kohdalle mahtuu ainoastaan 3 000 mm leveä laite, jos mitataan etuseinästä B-vyöhykkeelle asti.

Hänelin ehdotuksessa on kaksi Rotomat 936 -sarjan varastoautomaattia. Heidän tarjouksessaan oli lueteltu lista erilaisia ominaisuuksia, kuten ohjausyksikön yhdistäminen asiakkaan toiminnanohjausjärjestelmään suoraan. Tällöin vältetään kalliilta integrointiprojekteilta sekä ylimääräisiltä ohjelmistojen lisenssi- ja ylläpitomaksuilta. Heidän tarjouksensa on noin 30 tuhatta euroa halvempi, kuin Kardex Remstarin, mutta haittapuolena on se, että laitteet yhdessä eivät säästä tilaa, vaan ne vievät suunnilleen yhtä paljon lattiapinta-alaa, kuin nykyinen ratkaisu. Merkittävänä erona voidaan pitää myös sitä, että Rotomatiin mahtuu enemmän laatikoita, kuin Megamatiin, koska Rotomat on noin yhden varaosalaatikon verran syvempi. Heidän tarjouksessaan kerrotaan, että näitä varaosalaatikoita tulisi mahtumaan yhteensä 416, mikä on melkein 100 laatikkoa enemmän, kuin Megamatin.



Kuva 17. Hänelin näkemys sijoiteltavista varastoautomaateista.

Kuvassa 17 nähdään, miten Rotomat-varastoautomaatit sijoitettaisiin varaosavarastoon. Kuvan mitat ovat millimetrejä. Tässä vaihtoehdossa nämä molemmat varastoautomaatit ovat 2 850 mm korkeita molemmat, toinen on noin 400 mm leveämpi ja noin 50 mm syvämpi. Molemmat varastoautomaatit mahtuvat korkeuden puolesta vierekkäin tilaan, koska nämä varastoautomaatit ovat 2 850 mm korkeita ja B-vyöhyke, joka on tilan matalin kohta, on 3 000 mm korkea.

Viimeisen palaverin aikana keskusteltiin lopputuloksesta ja vertailtiin varastoautomaatteja ja nykyistä ratkaisua toisiinsa, mistä selvisi, että ei ole riittävästi hyötyä hankkia varastoautomaattia nykyiseen varaosavarastoon. Nykyinen tila on niin matala, että varastoautomaateilla ei saada säästettyä tarpeeksi tilaa korkeuden avulla, jotta hanke olisi Muratalle kannattavaa. Varaosien hakuajoissa tulisi olemaan merkittävä parannus, mutta se ei yksinään täytä kriteerejä varastoautomaatin hankkimiseen.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tutustua markkinoilla oleviin varastoautomaatteihin ja tämän kautta etsiä mahdollisesti sopivaa varastoautomaattia korvaamaan nykyistä ratkaisua, joka on toteutettu siirtohyllillä. Insinööriyöllä pyrittiin lisäämään Muratan tietoisuutta varastoautomaateista ja miten ne sopisivat nykyiseen varaosavarastoon, joka sijaitsee rakennuksessa Taisto.

Insinööriyön avulla havaittiin, että varastoautomaatti ei sovi nykyiseen varaosavarastoon, sillä saatu tilansäästö olisi vain muutamia neliömetrejä tai toisessa toimittajan ratkaisussa ei päästäisi siihenkään, vaan lattiapinta-ala pysyisi melkein samana. Tästä todettiin, että varastoautomaatin hankinta voisi olla kannattava varaosien varastoinnin näkökulmasta, jos olisi kuusi metriä korkea tila, minne varastoautomaatti voitaisiin sijoittaa. Näin korkeaan tilaan saisi kaikki nykyiset varaosat varastoitua yhteen varastoautomaattiin ja näin ollen tilaa säästyisi merkittävästi. Toisaalta tämän insinööriyön kaltainen vastaava projekti voisi olla mahdollinen tuotantoon käytettäväksi, kun säilötään prosessoitavia piikiekkoja.

Insinööriyössä saatiin aikaiseksi vaatimusmäärittely, jonka pohjalta hahmoteltiin, millainen varastoautomaatti täyttäisi annetut kriteerit. Kun oli löydetty näitä eri vaihtoehtoja, alettiin tehdä varastoautomaattien vertailutaulukkoa, jossa on mukana myös nykyinen ratkaisu vertailukohtena. Tätä vertailutaulukkoa täydennettiin toimittajien verkkosivujen, sähköpostikyselyiden ja puhelinsoittojen avulla. Vertailutaulukon tueksi laadittiin myös Microsoft Word -tiedosto, johon koottiin ajatuksia ja faktoja eri varastoautomaateista. Lisäksi hakuajojen kestoa mitattiin ajallisesti noin kahden kuukauden ajan, mistä saatiin keskimääräiseksi hakuajaksi noin 160 sekuntia. Vaihtelua oli paljon. Tämä johtuu luultavasti siitä, että ajanottaminen aloitettiin siitä, kun käyttäjä etsii tietokoneelta, mitä tuotetta on hakemassa ja tekee vähennyksen tietokannassa. Tarkempia tuloksia olisi saatu, jos ajanottaminen olisi aloitettu siitä, kun on selvillä mitä varaosaa käyttäjä on hakemassa. Kuitenkin näillä ajanotoilla saatiin riittävästi tietoa hahmottamaan varaosien hakuprosessista.

Haasteena oli se, että aina ei saatu suoraan vastauksia etsittyihin kysymyksiin ja aina ei edes vastattu kyselyihin. Haasteena oli myös tarkan pohjapiirroksen piirtäminen, sillä

hahmoteltu pohjapiirros ei ole aivan mittasuhteissa. Tietokoneella piirrettynä varsinkin ovet olisivat olleet valtavan kokoisia, jos ne olisi piirretty mittasuhteisiin. Tämän vuoksi paremman käsityksen tilasta sai käsin piirrettynä, kun huomioidaan tilan korkeudet. Insinööriyössä jäi selvittämättä, kuinka paljon saataisiin säästettyä rahaa, jos tiedettäisiin paljonko yksi neliometri lattiapinta-alaa varaosavarastossa kustantaa päivässä Muratalle. Tästä olisi ollut apua tarkemmassa laskemisessa rahallisen säästön suhteen.

Insinööriyö oli tärkeä Muratalle, sillä heillä on ollut ajatuksena, voisiko varaosien varastointia automatisoida. Heillä ei myöskään olisi ollut aikaa tehdä tätä selvittelyä, jolloin oli hyvä, että ajatus saatiin perusteellisesti selvitettyä. Projektia voisi jatkaa hahmottelemalla varastoautomaattia johonkin muuhun tilaan Taiston nykyisen varaosavaraston sijaan. Tässä olisi huomioitava ainakin se, että siinä tilassa olisi hyvä olla korkeutta enemmän Taiston varaosavarastoon verrattuna. Tämä riippuu myös varastoitavista tavaroista tai tuotteista, mitä tuotteita ja kuinka paljon näitä varastoidaan. Jos tulevaisuudessa hankitaan varastoautomaatti esimerkiksi puhdistilaan, niin tässä insinööriyössä on selvitykset olemassa Word-tiedostossa ja varastoautomaattien vertailutaulukoissa. Näiden avulla saadaan alustavaa tietoa varastoautomaattien valinnasta ja niiden teknisistä tiedoista, jotka ovat suureksi tueksi projektin jatkamiseen.

Lähteet

- 1 Murata Yrityksenä. 2020. Verkkoaineisto. Murata Electronics. <<https://muratafinland.com/murata-electronics-yrityksena/>>. Luettu 4.2.2020.
- 2 Varastointi. 2020. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/>>. Luettu 5.2.2020.
- 3 Putkiranta, Antero. 2019. Varasto. Luentomateriaali Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 4 Sakki, Jouni. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta logistinen B-to-B -prosessi. Espoo: Hakapaino Oy.
- 5 Ritvanen, Virpi; Inkiläinen, Aimo; von Bell, Anders & Santala, Jouko. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Logistiikan maailma. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.
- 6 Mitä on RFID. 2020. Verkkoaineisto. RFIDLab Finland ry. <<https://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/>>. Luettu 10.2.2020.
- 7 JIT (just-in-time) ja imuohjaus. 2020. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>>. Luettu 10.2.2020.
- 8 Varastonohjaus. 2020. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/>>. Luettu 13.2.2020.
- 9 Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS). 2020. Verkkoaineisto. Inc. <<https://www.inc.com/encyclopedia/automated-storage-and-retrieval-systems-as-rs.html>>. Luettu 17.2.2020.
- 10 Kardex Remstar Megamat RS. 2020. Verkkoaineisto. Kardex Remstar. <<https://www.kardex-remstar.fi/fi/tuotteet/pystysuuntainen-karusellivarasto.html>> Luettu 18.2.2020.
- 11 Paternoster-varastoautomaatti. 2020. Verkkoaineisto. Kasten Machines <<https://www.kastenmachines.fi/varastoautomaatit-ohjelmistot/paternoster-varastoautomaatti/>>. Luettu 18.2.2020.
- 12 Hänel-automaatit optimoivat varastotilojen käytön. 2008. Verkkoaineisto. Intermarketing Oy. <https://www.rakennusfakta.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index_14.html>. 20.5.2008. Luettu 18.2.2020.

- 13 Varastoautomaatit & ohjelmistot. 2020. Verkkoaineisto. Kasten Machines. <<https://www.kastenmachines.fi/varastoautomaatit-ohjelmistot/>>. Luettu 18.2.2020.
- 14 Kardex Remstar Shuttle XP hissiautomaatti. 2020. Verkkoaineisto. Kardex Remstar. <<https://www.kardex-remstar.fi/fi/tuotteet/pystysuuntaiset-hissijaerjesselmaet.html>>. Luettu 18.2.2020.
- 15 Kardex Remstar -vaakakaruselli Tehokas ratkaisu nopeaan varastointiin ja keräilyyn. 2020. Verkkoaineisto. Kardex Remstar. <<https://docplayer.fi/2795241-Kardex-remstar-vaakakaruselli-tehokas-ratkaisu-nopeaan-varastointiin-ja-keraillyyn.html>>. Luettu 19.2.2020.
- 16 Horisontaalinen karusellivarasto. 2020. Verkkoaineisto. Kardex Remstar. <https://www.kardex-remstar.fi/fileadmin/_processed_/e/3/csm_Kardex-Remstar_HorizontalCaroussel_EN_low_RGB_5f7de45fa8.png>. Luettu 19.2.2020.
- 17 History. 2020. Verkkoaineisto. Murata Electronics. <<https://www.murata.com/en-eu/about/company/history>>. Luettu 24.2.2020.
- 18 Murata pakkaa anturit ja radiotekniikan pieneen kokoon. 2018. Verkkoaineisto. Uusiteknologia.fi. <<https://www.uusiteknologia.fi/2018/11/20/murata-pakkaa-anturit-ja-radiotekniikan-pieneen-kokoon/>>. 20.11.2018. Luettu 26.2.2020.
- 19 Varaston toiminnan mittaaminen. 2020. Verkkoaineisto. Logistiikanmaailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/varaston-toiminnan-mittaaminen/>>. Luettu 27.2.2020.
- 20 Varaston arvo. 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/meta/kas/varaston_arvo.html>. Luettu 2.3.2020.
- 21 Kuronen, Janne. 2020. Myyntikonsultti. Kardex Remstar Oy. Vantaa. Sähköpostikeskustelu. 6.3.2020.
- 22 Karrus, Kaij E. 2003. Logistiikka. Juva: WSOY
- 23 Lot for Lot. 2020. Verkkoaineisto. Asprova. <<https://www.asprova.jp/mrp/glossary/en/cat248/post-742.html>>. Luettu 23.3.2020.
- 24 Hukkanen, Ismo. 2018. Tuotannon suunnittelu ja materiaalarvelaskenta. Luentomateriaali. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/48663758-Materiaalarvelaskenta.html>>. Luettu 23.3.2020.

- 25 Fixed Order Quantity. 2020. Verkkoaineisto. Business Jargons. <<https://business-jargons.com/fixed-order-quantity.html>>. Luettu 23.3.2020.

Varastoautomaattien vertailutaulukko

Malli	Kasten Siirtohyly (tällä hetkellä käytössä)	Megamat RS 180	Rotomat 936 POS1	Rotomat 936 POS2
Perushinta n. 30 m ³ kokoisena	25 m ³ kokoisena ~10 000€ yht. 6 kpl	50 000 - 100 000+ €	51 600,00 €	51 600,00 €
Perushinta per laite	1 667,00 €	40 000,00 €	26 500,00 €	25 100,00 €
Yhteiskustannus perushintaisina	10 000,00 €	80 000,00 €	51 600,00 €	51 600,00 €
Tietojen lähde	Mittaamalla ja verkkosivuilta	Tarjouksesta ja verkkosivuilta	Tarjouksesta	Tarjouksesta
Laitteen tyyppi	Siirtohylyt, 6kpl	Paternoster	Paternoster	Paternoster
Korkeus	2,370 m	3,210 m	2,850 m	2,850 m
Leveys	5,120 m	3,075 m	3,420 m	3,000 m
Syvyys	2,088 m	1,251 m	1,615 m	1,670 m
Pinta-ala	10,690 m ² (6kpl)	3,846 m ²	5,523 m ²	5,010 m ²
Yhteispinta-ala	10,690 m ² (6kpl)	7,692 m ²	10,533 m ²	10,533 m ²
Hyllyjen muokattavuus	kyllä, 9 hyllyä max laatikoille/kaappi	kyllä	kyllä	kyllä
Hyllyjen kantokyky	560 kg	180 kg	250 kg	250 kg
Laitteen epätasapaino	ei ilmoitettu	600 kg	1 000 kg	1 000 kg
Kokonaiskantavuus, sisältää ku	5 000 kg/siirtohyly	5 564 kg	4 000 kg	4 000 kg
Laatikkokapasiteetti 0,4m x 0,3m	441 laatikkoa / 6 kpl siirtovaunuja	160 laatikkoa	224 laatikkoa	192 laatikkoa
Laatikkokapasiteetti kahdella la	441 laatikkoa	320 laatikkoa	416 laatikkoa	416 laatikkoa
Laatikkokapasiteetti 50% täyttö	ei tiedossa	320 laatikkoa	(448)*	(384)*
Laatikkokapasiteetti kahdella laitteella 50% täyttöasteella	ei tiedossa	640 laatikkoa	(832)*	(832)*
			*ei ole varmuutta, onko mahdollista toteuttaa 50% täyttöasteella	
Ominaisuudet				
Puhdastilasopivuusluokka	ei ilmoitettu	5, pyynnöstä	8, pyynnöstä	8, pyynnöstä
Lean System yhteensopivuus	-	kyllä	kyllä	kyllä
Ohjausjärjestelmä	-	Logicontrol 100/200	MP-12N	MP-12N
Keskimääräinen haku aika	-	10,2 s	n. 9 s	n. 9 s
ESD-yhteensopivuus	ei ilmoitettu	kyllä	kyllä	kyllä
CE-merkintä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Turvallisuus				
Suojausmekanismi	-	kyllä	kyllä	kyllä
Turvavaloerho	-	kyllä	kyllä	kyllä
Hätäkatki	-	kyllä	kyllä**	kyllä**
			** 3 m korkeisiin laitteisiin asti toimii hätäkatki	
Muita ominaisuuksia				
Automaattinen ketjukiristin	-	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Viivakoodinluku	-	kyllä	kyllä	kyllä
Jännitteen säätö	-	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Kaksoiskeräily/hyllytys mahdoli	-	kyllä	kyllä	kyllä

Malli	Kasten Siirtohyllly (Tällä hetkellä käytössä)	Megamat RS 180	Rotomat 936	Megamat RS 350
Perushinta n. 30 m ³ kokoisena	25 m ³ kokoisena ~10 000€ yht. 6 kpl	50 000 - 100 000+ € 40 000 € yksi 3,210m korkea laite	Yht. 51 600€ 26 500 € yksi 2,850m korkea laite	50 000 - 100 000+ €
Paternoster/Varastohissi	Siirtovaunuhyllyt, 6kpl	Paternoster	Paternoster	Paternoster
Korkeus vähintään	1,865 m	2,210 m	1,850 m	2,360 m
Korkeus enintään	2,739 m	7,510 m	12,000 m	10,010 m
Leveys vähintään	ei ilmoitettu	1,875 m	1,400 m	1,875 m
Leveys enintään	8,000 m	3,875 m	4,000 m	4,275 m
Syvyys vähintään	0,250 m	1,251 m	1,000 m	1,271 m
Syvyys enintään	0,400 m	1,631 m	1,615 m	1,671 m
Mittojen räätälöitävyys	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Hyllijien muokattavuus	kyllä, 9 hyllyä max laatikoille/kaappi	kyllä	kyllä	kyllä
Hyllijien kantokyky	560 kg	180 kg	250 kg tässä mallissa	350 kg
Laitteen epätasapaino	ei ilmoitettu	600 kg	1 000 kg	1 200 kg
Kokonaiskantavuus	5 000 kg/siirtovaunu	6 000 kg kuorman kanssa	4 000 kg	12 500 kg kuorman kanssa
Laatikkokapasiteetti	441 laatikkoa / 6 kpl siirtovaunuja	160 laatikkoa 3,210m korkealle	224 laatikkoa 2,850m korkealle	ei ilmoitettu
		* 320, jos 50% täyttöaste laatikoissa		
Käytössä olevien siirtohyllijien mitat	Korkeus: 2,370 m Leveys: 5,120 m Syvyys: 0,400 m			
Ominaisuudet				
Puhdastilasopivuusluokka	ei ilmoitettu	5, pyynnöstä	8, pyynnöstä	5, pyynnöstä
Lean System yhteensopivuus	-	kyllä	kyllä	kyllä
Ohjaujärjestelmä	-	Logicontrol 100/200	MP-12N	Logicontrol 100/200
Pystysuuntainen hakunopeus	-	riippuu laitteen mitoista	keskimääräinen haku aika 9 s	riippuu laitteen mitoista
Vaakasuuntainen hakunopeus	-	-	-	-
ESD-yhteensopivuus	ei ilmoitettu	kyllä	kyllä	kyllä
CE-merkintä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Turvallisuus				
Suojausmekanismi	-	kyllä	kyllä	kyllä
Turvavaloerho	-	kyllä	kyllä	kyllä
Hätäkampit	-	kyllä	kyllä	kyllä
Muita ominaisuuksia				
Automaattinen ketjukiristin	-	kyllä	ei ilmoitettu	kyllä
Viivakoodinluku	-	kyllä	kyllä	kyllä
Jännitteen säätö	-	kyllä	ei ilmoitettu	kyllä
Kaksoiskeräily/hyllitys	-	kyllä	kyllä	kyllä
Keräilyalustan korkeuden säätö	-	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Keräilyalustan kallistus	-	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu

Malli	Kasten Siirtohyllä (Tällä hetkellä käytössä)	Megamat RS 650	Shuttle XP 250/500	LogiMat	Vidir Pan Carousel
Perushinta n. 30 m ³ kokoisena	25 m ³ kokoisena ~10 000€ yht. 6 kpl	50 000 - 100 000+ €	50 000 - 100 000+ €	50 000 - 60 000+ €	ei tiedossa
Paternoster/Varastohissi	Siirtovaunuhyllä, 6kpl	Paternoster	Varastohissi	Varastohissi	Paternoster
Korkeus vähintään	1,865 m	2,360 m	2,550 m	2,450 m	ei ilmoitettu
Korkeus enintään	2,739 m	10,010 m	30,050 m	23,850 m	8,540 m
Leveys vähintään	ei ilmoitettu	1,975 m	1,580 m	2,370 m	2,348 m
Leveys enintään	8,000 m	4,275 m	4,380 m	4,570 m	3,734 m
Syvyys vähintään	0,250 m	1,311 m	2,312 m	2,712 m	1,828 m
Syvyys enintään	0,400 m	1,711 m	4,292 m	3,092 m	2,082 m
Mittojen räätälöitävyys	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Hyllöjen muokattavuus	kyllä, 9 hyllyä max laatikoille/kaappi	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Hyllöjen kantokyky	560 kg	650 kg	560 kg	700 kg	340 kg
Laitteen epätasapaino	ei ilmoitettu	2 100 kg	-	-	1 357 kg
Kokonaiskantavuus	5 000 kg/siirtovaunu	19 000 kg kuorman kanssa	67/120t kg	60t kg kuorman kanssa	5 896 kg
Laatikkokapasiteetti	441 laatikkoa / 6 kpl siirtovaunuja	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Käytössä olevien siirtohyllöjen mitat	Korkeus: 2,370 m Leveys: 5,120 m Syvyys: 0,400 m				
Ominaisuudet					
Puhdastilasopivuusluokka	ei ilmoitettu	5, pyynnöstä	5	ei tiedossa, mutta sopii	ei ilmoitettu
Lean System yhteensopivuus	-	kyllä	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu
Ohjaujärjestelmä	-	Logicontrol 100/200	Logicontrol 100/200	asiakkaan omalla järjestelmällä	ei ilmoitettu
Pystysuuntainen hakunopeus	-	riippuu laitteen mitoista	2,0 m/s	keskimääräinen haku aika n. 49 s	6,7/8,1 m/min
Vaakasuuntainen hakunopeus	-	-	0,7 m/s	ei ilmoitettu	-
ESD-yhteensopivuus	ei ilmoitettu	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
CE-merkintä	kyllä	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Turvallisuus					
Suojausmekanismi	-	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Turvavaloverho	-	kyllä	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu
Hätäkampit	-	kyllä	ei	kyllä	kyllä, lisävaruste
Muita ominaisuuksia					
Automaattinen ketjukiristin	-	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Viiivakoodinluku	-	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Jännitteen säätö	-	kyllä	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Kaksoiskeräily/hyllytys	-	kyllä	kyllä	ei ilmoitettu	ei
Keräilyalustan korkeuden säätö	-	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	kyllä	ei ilmoitettu
Keräilyalustan kallistus	-	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	kyllä	ei ilmoitettu

Hahmoteltu pohjapiirros varastoautomaatille suunnitellulle tilalle

