



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

**JUHANI VANHAKYLÄ**

**VARASTOVALVONNAN TEHOSTAMINEN TUOTANNON JATKUVUUDEN  
TAKAAMISEKSI KOKOONPANOLINJALLA**

Diplomityö

Tarkastajat: professori Matti Vilkko ja  
yliopistolehtori Terho Jussila  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty  
Automaatio- kone- ja materiaalitekniikan  
tiedekuntaneuvoston  
kokouksessa 2. kesäkuuta 2010

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

**VANHAKYLÄ, JUHANI:** Varastovalvonnan tehostaminen tuotannon jatkuvuuden takaamiseksi kokoonpanolinjalla

Diplomityö, 55 sivua, 4 liitesivua

Lokakuu 2011

Pääaine: Prosessiautomaatio

Tarkastaja: professori Matti Vilkkö

Avainsanat: Varastojärjestelmä, materiaalivirta, C-osat, viivakoodilukija, kaksilaatikkójärjestelmä, simulointi

Tässä työssä ratkaistiin erään metalliyrityksen ongelmatilanne tuotannon jatkuvuuden takaamiseksi kokoonpanolinjalla keskittyen varastovalvonnan parantamiseen. Yrityksen jo entuudestaan olevaa vanhaa varastovalvontajärjestelmää parannetaan siinä määrin, että se selkeyttää varaston kappaleiden kirjaustoimenpiteitä, jotta saldojen todenmukaisuus ja reaaliaikaisuus palvelisivat kokoonpanoa parhaalla mahdollisella tavalla. Vanhan varastojärjestelmän mukaan kirjaustapahtumat suoritettiin manuaalisesti tai valvottiin visuaalisesti muilta osin. Parannuksen ansiosta pystyttäisiin helpommin tarkkailemaan materiaalivirran muutoksia varastojärjestelmässä. Samalla voitiin tarkastaa myös tilauskantojen tarvitsemien nimikkeiden toimitusajankohdat.

Varastojärjestelmän parantamiseksi valittiin viivakoodilukija nykyiseen varastoon helpottamaan erikoisosien ja sähkötarvikkeiden seuranta sekä myös valvontaa. Viivakoodilukijan valinnassa kartoitettiin eri laitevaihtoehtoja, joista valittiin sopivin laite kyseiseen tilanteeseen. Viivakoodilukijan ansiosta virheiden määrä varastossa saatiin puolitettua ja samalla korvattiin manuaalinen kirjaustapahtuma. Varastossa sijaitsevien C-osien visuaalinen valvonta lopetettiin ja samalla se korvattiin ulkopuolisella toimittajalla sekä kaksilaatikkójärjestelmän käytöllä. Näin ollen vastuu siirrettiin työntekijöiltä ulkopuoliselle palveluntarjoajalle. Toimitusaikojen pituudesta huolimatta varaston palveluaste riitti palvelemaan uuden parannuksen avulla myös myynnin ja oston tarkoituksia.

Varastoon kirjattuja nimikkeitä verrattiin simulointiesimerkkien avulla, jossa käytettiin esimerkkinä B- ja C-luokan nimikkeitä. Simuloinnilla selvitettiin manuaalisen tavan ja viivakoodilaitteen eroja B-luokan nimikkeillä sekä visuaalisen valvonnan ja ulkopuolisen toimittajan eroja C-luokan nimikkeillä. Viivakoodilukijan ja kaksilaatikkójärjestelmän myötä kokoonpanolinjan työnkuva selkeytyi ja ajankäyttö tehostui asennustöissä. Varastovalvonnan parantuminen muutti erien toimitustiheyttä säännöllisempään suuntaan. Varaston materiaalivirran kulku oli paljon luotettavampaa, ja osapuutteita esiintyi nykyään mahdollisimman vähän. Lopputuloksena saatiin sopivin ratkaisu aikaiseksi tähän tilanteeseen, joka palveli kokoonpanoa sen vaatimalla tavalla.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

**VANHAKYLÄ, JUHANI:** Inventory supervisory intensification to production of continuity ensuring to assembly line

Master of Science Thesis, 55 pages, 4 Appendix pages

October 2011

Major: Process automation

Examiner: Professor Matti Vilkkö

Keywords: Inventory system, material flow, C-parts, barcode reader, two box system, simulation

In this work, the metal company solved the problem situation in order to ensure continuity of production assembly line, focusing on improving inventory control. The company's old inventory system can be improved to clarify the accounting measures of inventory items, so that balance between the reality and real-time assembly of service the best possible one. The old inventory system, recording events performed manually or visually controlled the remainder. Due to improvements it is to more easily monitor the flow of material changes in the inventory system. At the same time one could also check the order books for required items of delivery dates.

The barcode reader was selected to improve inventory system for the current inventory to facilitate the production of specific parts and electrical equipment for monitoring, as well as the control. The selection of barcode reader surveyed various device options, which were chosen the most appropriate device to this situation. Thanks to the barcode reader number of errors in stock was halved and at the same time it was replaced by a manual recording event. C-components of the visual control was discontinued and at the same time it was replaced by an external supplier and as well as two box system. Consequently responsibility was transferred to the employees outside the service provider. Delivery times, despite the length of the inventory level of service were enough to serve a new enhancement to the sale and purchase purposes.

Inventory titles recorded compared with the simulation examples, which used the example of B- and C-class titles. The differences between the manual way and barcode device are clarified by simulation for B-class titles. Similarly, the differences are clarified for visual surveillance and external supplier for C-class titles by simulation. Barcode reader and two box system with assembly line job descriptions were clarified and intensified use of installation time takes place. Improved inventory control changed the intervals of the batches more regular. Inventory material flow passage was much more reliable and part loses appeared today as little as possible. The end result was got the most appropriate solution for this situation who served as the composition by requiring way.

## ALKUSANAT

Tämän työn toteutuksesta haluan erityisesti kiittää erästä nimeltä mainitsematonta yritystä, joka antoi tämän ainutlaatuisen tilaisuuden. Talouden epävakaasta kasvusta johtuen kyseinen yritys ei halunnut toteuttaa tätä työtä missään muodossa, koska halukkaita valvojia ei löytynyt. Lukuisista yrityksistä huolimatta päätin kuitenkin ratkaista kyseisen yrityksen ongelmatilanteen ja toteuttaa diplomityön yrityksen nimeä mainitsematta.

Kannatusta tämän diplomityön toteuttamiseen sain Tampereen teknilliseltä yliopistolta. Tämän kaiken mahdollisuuden toteuttamiseen kirjallisessa muodossa kiitän erityisesti professori Matti Vilkkoa ja yliopistolehtoria Terho Jussilaa, joiden ansiosta ei tarvinnut odottaa tätä kyseistä talouden kasvun. Tämän jälkeen kehitin asiasta oman näkemykseni ja lähestyin asiaa tietyllä vakavuudella. Lopputulos olikin sitten tahdosta ja hyvästä tuurista kiinni, joten oikealla motivaatiolla se onnistui myös työn ohella.

Todellisuus ei ollut aivan näin yksiselitteinen, mutta mahdollisuutta punnitessani varsinkin diplomityön tekemisen kannalta voisin kiittää omaa päättäväisyyttä kasvaa haasteen edetessä vaihe vaiheelta eteenpäin. Alkuhan se pahin on, sanoi insinööri, joka halusi diplomi-insinööriksi. Lopputulosta ajatellen käytäntöön ja teoriaan perustuvat näkökulmat kohtaavat harvoin tosi tilanteissa, joten työssä käytettyjä simulointimalleja voisi hioa paremmaksi, jotta ne vastaisivat enemmän teoreettista lähestymistapaa. Tämän diplomityön tekstiä ei saa kopioida suoraan muihin tarkoituksiin.

## SISÄLLYS

Tiivistelmä .....	II
Abstract .....	III
Alkusanat .....	IV
Termit ja niiden määritelmät .....	VII
1. Johdanto .....	1
2. Varastoinnin teoria .....	3
2.1. Rakennetyypit .....	4
2.1.1. Alkuvarastot .....	4
2.1.2. Välivarastot .....	5
2.1.3. Puolivalmiste- ja osavarastot .....	5
2.1.4. Loppuvarastot .....	6
2.2. Varasto-ohjaus .....	6
2.2.1. Tunnusluvut .....	7
2.2.2. Kiertonopeus .....	7
2.3. Kustannukset .....	8
2.4. Materiaalivirran tarkoitus .....	10
2.4.1. Tavoitteet .....	11
2.4.2. Logistiikka .....	12
2.5. Varastovalvonta .....	13
2.5.1. Valvontajärjestelmät .....	14
2.5.2. Menetelmät .....	15
2.5.3. Varastokirjanpito .....	16
2.5.4. Hyödyt ja haitat .....	17
2.6. Teknologiat .....	18
2.6.1. Viivakoodi .....	19
2.6.2. Tiedonkeruupäätte .....	20
2.6.3. Saattomuisti (RF-ID) .....	20
2.7. ABC-analyysi .....	21
3. Nykyinen varasto .....	24
3.1. Rakenne .....	24
3.1.1. Valvontaperiaate .....	26
3.1.2. Varaston ongelmia .....	27
3.1.3. Varastomalli .....	29
3.2. Kokoonpanolinjaston toimenkuva .....	31
4. Viivakoodilukijat .....	33
4.1. CPS-hyllyt .....	34
4.1.1. Kaksilaatikkojärjestelmä .....	35
4.2. Ostos ja myynnin vaikutus .....	35
4.3. Toimitusaikojen vaikutus .....	36
5. Viivakoodilukijan valinta .....	37

5.1. Valinnan perusteet.....	37
5.2. Manuaalisen tavan virhetarkastelu.....	38
5.2.1. Manuaalisen tavan varastoseurannan simulointi .....	40
5.3. Viivakoodilukijan käytön virhetarkastelu .....	41
5.3.1. Viivakoodilukijakäytön varastoseurannan simulointi .....	42
5.4. C-osien valvonnan parantaminen.....	43
5.5. Visuaalisen valvonnan virhetarkastelu.....	44
5.5.1. Visuaalisen valvonnan varastoseurannan simulointi .....	45
5.6. Ulkopuolisen toimittajan käytön virhetarkastelu .....	46
5.6.1. Ulkopuolisen tavarantoimittajan seurannan simulointi .....	48
5.7. Kokoonpanolinjan aikataulutus.....	49
5.8. Lopputulos .....	50
6. Yhteenveto .....	53
Lähteet.....	54

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

$A(k)$	Tilauuskanta hetkellä $k$ .
$A_2$	Vakio, joka jakaa varastotoiminnan yhteiskuluja.
$B_2$	Yhden tilausrivin kirjaamisesta aiheutuva kustannus.
$C$	Nimikkeen yksikköhinta.
$C_2$	Asiakkaan palvelutasoluokituksesta johtuva kerroin.
$K$	Varastointikustannukset % varaston arvosta desimaalilukuna.
$K_v$	Kustannusfunktion riippuvuus toimialasta ja tekniikasta.
$M$	Myynti.
$O$	Osto.
$Q$	Optimitiluserä tai täydennyserä.
$R$	Menekki.
$S$	Tilauuskustannukset tai varmuustaso.
$S$	Tilauspiste.
$T$	Tuotanto.
$T_a$	Asiakkaan tilausten lukumäärä tarkasteluajanjaksona.
$T_{ar}$	Asiakkaan tilausrivien lukumäärä kyseenäisen ajanjaksona.
$V$	Alkuvarasto.
$E_m$	Eräkokojen määrä.
$E_s$	Eräkoon suuruus.

$V_t$	Virheen todennäköisyys.
$O_{kk}$	Oikein kirjatut kappaleet.



# 1. JOHDANTO

Tämän diplomityön tavoite on kehittää erään metallifirman valmista varastojärjestelmää siten, että se auttaa parantamaan kokoonpanolinjalla tarvittavien osien ja komponenttien saamista ajallaan asennusvaiheisiin. Lähtökohdan tälle antavat teollisuusyritykset, joiden tilauskannat muuttuvat jatkuvasti, joten tilattujen osien toimitusaikojen pituus vaikuttaa oleellisesti niiden saantiin. Varsinkin kiireellisissä tapauksissa osien saaminen kokoonpanoon asti on hidasta, jos toimitusajat ovat pitkiä. Tästä johtuen toimitusten viivästyminen lisää keskeneräisen työn määrää kokoonpanossa, ja tämän takia valmistettavien tuotteiden toimitus asiakkaille viivästyy. Diplomityössä selvitetään eri vaihtoehtoja riittävän tarkan varastovalvontamenetelmän luomiseen siten, että saapuvien tilauserien vaikutus olisi mahdollisimman vähäinen tilauskantoihin.

Toimitusaikojen huomioiminen kiireellisissä tilanteissa vaikuttaa varastoinnin ja tilauskantojen yhteensopivuuteen. Tämän takia pyritään huomioimaan varastoitavien nimikkeiden toimitusaikojen merkitys ja saatavilla olevat varastomäärät. Lisäksi kehitetään jo olemassa olevaa varastojärjestelmää tuotannollisia tarpeita ennakoimalla ja huomioimalla erityisesti tarvittavien osien tärkeyttä. Samalla kartoitetaan myös uusia mahdollisia järjestelmävaihtoehtoja ja mittareita osien riittävyyden takaamiseksi ajallaan kokoonpanon käyttöön.

Diplomityö sisältää myös varastoinnin teoriaa ja siihen liittyvää tekniikkaa. Tässä varastoinnin tekniikka käsittelee varaston toimintaperiaatteita niiden ominaisuuksia kuvaillen. Varastoinnin teoria kuvaa sen tarkoitusta materiaalien säilyttämiseen eri tavoin. Lisäksi etsitään osatyypin ABC-yhteys tilauskantojen mukaan, vaihtoehtoisten valvontajärjestelmien ja -menetelmien soveltuvuus tiettyyn varastointitilanteen mukaan. Jokaiseen osatyyppiin etsitään soveltuva valvontajärjestelmä tai -tapa, jolla voidaan varmistaa osien saatavuus kokoonpanoasteen parantamiseksi ilman keskeytyksiä. Varastovalvontaa kehitetään paremmaksi, jotta tilauskantojen määrä ja tavarantoimituksen keskinäinen yhteys selkeytyy ja tehostuu.

Toisena tavoitteena on kehittää varastojärjestelmän ja kokoonpanon yhteyttä, jotta kokoonpanotyöt saadaan valmistettua aikataulun mukaisesti, jotta osapuutteiden vaikutus poistuu tilauskantojen tarvitsemasta nimikemäärästä. Tämän jälkeen on helpompi parantaa varastovalvonnan tehokkuuteen ja huomioida tuotannollisen tilanteen tarpeellisuus sen vaatimalla tavalla. Jokaisen osatyypin ABC-yhteys huomioidaan myös lopullisessa määritysvaiheessa nimikkeiden tärkeyttä arvioitaessa.

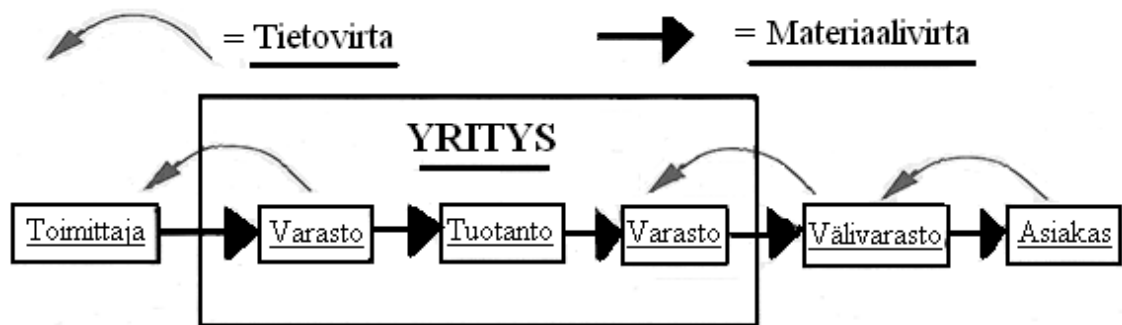
Lopputuloksena kehitetään luotettavampi varastointijärjestelmä, joka takaa osien saatavuuden paremmin kiireellisissä tapauksissa nimikkeiden ominaispiirteistä riippumatta. Uuden kehityksen ansiosta tuotannon vaatavuuden mukaan keskeneräisen

työn määrä vähenee, ja osapuutteen saadaan minimoitua lähes kokonaan. Kiireelliset toimitukset asiakkaille ovat paremmin hallittavissa varastovalvonnan tehostamisella ja toimitusaikojen huomioon ottamisella uusia tilauksia laadittaessa. Toimitusaikojen muutokset eivät enää vaikuta varastoinnin tarpeisiin, joten niiden muutokset ovat entistä paremmin hallittavissa järjestelmän kautta. Tällöin varastoiduilla nimikkeillä pyritään huomioimaan mahdollisten toimitusten viivästymiset.

Tämän työn tekeminen perustuu erään teollisuusyrityksen todelliseen ongelmaan edellä ilmenevien asioiden osalta. Kaikkia ongelmatapauksia ei ole huomioitu muiden osa-alueiden tahoilta, mutta varastointijärjestelmän osalta ne ovat ratkaistu riittävän tarkasti esitettyinä. Nämä ongelmat ovat myös hyvin yleisiä tapauksia muissakin metalliteollisuuden yrityksissä, siksi tässä ei esitetä yleispäteviä ratkaisuja muiden tapauksien osalta, vaan paneudutaan erityisesti tähän yhden yrityksen ongelmaan. Tapauskohtaisissa asioissa löydetään myös paljon yhtäläisyyksiä, joiden soveltuvuus sopisi ratkaisuksi myös muiden yritysten ongelmiin näissä samoissa asioissa.

## 2. VARASTOINNIN TEORIA

Varasto tarkoittaa tässä tilaa, jossa voidaan säilyttää hyvinkin erilaisia aineita ja tarvikkeita. Varastoinnin tarve syntyy siitä, että tavaraa saapuu johonkin materiaali pisteeseen eri tahdissa kuin sitä lähtee sieltä pois. Varastoinnin todellinen tarkoitus on ylläpitää tarjonnan ja kysynnän vuorovaikutusta siten, että varastoivat tuotteet vastaavat kysyntää mahdollisimman hyvin. Kausiluonteisesta kysynnästä riippuen pitää huomioida myös varastoinnin kapasiteetin tarve sekä mahdollisten lisätilausten tekeminen. Huomioitavaa tässä on se, että varastojen vaihtuva materiaali virta pitää olla myös taloudellisesti kannattavaa. Tämän takia asiakastarpeiden ja yrityksen toiminnan turvaaminen vaatii varastoja. Kuvassa 1 on selvennys varastoon kohdistuvista virtojen vaikutuksista [1; 2; 6].



*Kuva 1. Varaston aiheuttamat virrat yrityksessä.*

Varastoon voidaan sisällyttää kolme selkeätä tehtävätyyppiä, jotka ovat vastaanotto-, varastointi- ja luovutustehtävät [6]. Vastaanottotehtävät ovat ensisijaisesti tavaroiden laadun, kunnon, määrän, tavaran oikeellisuuden tarkastusta ja niiden varastoon sijoittamista. Varastointitehtävät ovat varaston toimivuuteen liittyviä tehtäviä, kuten varasto-olosuhteiden toimivuus, tavaramäärien tarkkailu ja varaston toimivuudesta huolehtiminen. Luovutustehtävät sisältävät tavaroiden pakkaamisen, lähetyksen ja keräilyn [6].

Varastointi pitää sisällään toimintoja kuten tilauksia vastaavat tuotenimikkeet, nimikkeiden lähetyksuntoon saattaminen sekä uuden tuotteen vastaanotto ja sijoitus kyseiseen varastoon. Näiden edellä mainittujen tilanteiden saaminen tehokkaiksi toiminnoiksi edellyttää joustavaa toimintaa huolimatta materiaali virtan vaihteluista. Tähän tilanteeseen päästään kun varastoinnin resurssit kohdistetaan oikein ajallisesti ja paikallisesti. Varaston kenttätasolle mentäessä se edellyttää käytettävän henkilöstön

tehtävän jaon ja työvuorojen jakamista mahdollisimman hyvin tilanteiden mukaan sekä työpisteiden tehokkuuden kohdistamista käytettyihin koneisiin.

Erilaisia ongelmia varaston toimintaan aiheuttavat myynnin suuret muutokset ja seisokkitilanteet. Tuotteiden sijoittelu on tehty siten, että se ei aiheuta ylimääräistä työtä nimikkeiden varastoinnissa tai lähetyksissä. Varaston tehokkuuteen vaikuttaa tuotteiden keräily tilausjärjestyksessä, nykytilanne ja käytettävät resurssit. Tähän ratkaisuun käytetään yleisesti FIFO (First In-First Out)-periaatetta, [5, s. 80.] joka sopii nopeasti kerättäville tuotteille [5].

## **2.1. Rakennetyypit**

Varastoja on monenlaisia, koska varastoitavat osat ja tuotteet vaativat erilaiset säilytysmahdollisuudet. Varaston mallin ja koon määräävät varastoitavan tavaran muoto, koko ja lukumäärä. Samalla myös varastojen rakenne muuttuu oleellisesti, koska niiden materiaalivirran käytettävyys pitää olla vaivatonta. Toimitusajoista johtuen tavaroiden varastoiminen riittävän lukumäärän takaamiseksi parantaa kilpailukykyä. Ristiriitoja aiheuttaa kuitenkin harvinaisten ja kiireellisessä toimituksessa olevien tavaroiden saannin turvaaminen [1; 2].

Tuotannon käyttöasteen ja tuotantovauhdin on oltava korkea, jotta yritys voi toimia kannattavasti. Täten joissakin tapauksissa varastointikapasiteetilta vaaditaan paljon, jos tuotteen sesonki on vain tiettyyn aikaan vuodesta. Lisäksi vaikuttavat varaston rakenne ja tuotteen sen hetkinen jalostusaste ja sen läpivientiaika tuotannossa. Jalostusasteen laadun määrää sen hetkinen tuotteen valmistusaste raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Tällöin puhutaan alku-, väli-, ja loppuvarastoiden käytöstä. Nämä edellä mainitut rakennetyypit käsitellään seuraavaksi [1].

### **2.1.1. Alkuvarastot**

Alkuvarastoina toimivat yleensä tukkuliikkeet ja tavarantoimittajat. Alkuvaraston tuotteet koostuvat pääsääntöisesti raaka-aineista, varaosista ja erilaisista tarvikkeista. Tavarantoimittajat varastoivat lähinnä asiakkaittensa tärkeimmät tuotteet ostosopimusta vastaan, joten näiden välillä vallitsee siis tiivis yhteistyö toimitettavan tavaran tarpeista ja toimitusajankohdista määränpäähän. Toinen käytetty vaihtoehto alkuvarastona tavarantoimittajien ohella on tukkuliike.

Tukkuliikkeiden tarkoitus on palvella useamman asiakkaan alkuvarastona, koska pitkien asiakassuhteiden ylläpitäminen tulee edullisemmaksi kuin asiakkaitten pitämät omat varastot. Tukkuuliikkeillä on myös parempi mahdollisuus päästä eroon varastoon jääneistä ylimääräisistä komponenteista, joilla ei ole syystä tai toisesta ole löytynyt riittävää kysyntää. Tällöin voidaan myös tukkuliikkeitä hyödyntää varastoina erilaisille komponenteille, joiden toimitusaika on pitkä tai saatavuus hankalaa [1].

### **2.1.2. Välivarastot**

Välivarastot eli tuotannolliset varastot auttavat ja ylläpitävät tuotannon jatkuvuutta seisokkien tai materiaalipulan sattuessa. Vaikka tuotantoketjun jossain työvaiheessa materiaalin jalostus olisikin poikki tietyistä kohtaa tai muuten vastaavasti hidas työvaihe, niin se ei tarkoita koko tuotantoketjun täydellistä pysähtymistä kokonaan. Näitä edellä mainittuja tilanteita pyritään ehkäisemään varastoimalla tuotteita eri tuotantovaiheiden väliin siten, että koko prosessin läpäisy aika pysyisi muuttumattomana.

Esimerkiksi tuotannon eri vaiheiden aikana keskinäiset valmistusnopeudet saattavat olla erisuuruiset. Täten ennen hidasta vaihetta joudutaan varastoimaan tuotteita, jotta tuotantokapasiteetti olisi mahdollisimman hyvä myös linjan alkupäässä. Varastot puretaan sitä mukaa kun tarve vaatii seuraavan työvaiheen osalta. Välivarastojen tehtävä on täten erilaisten valmistusvaiheiden liittäminen toisiinsa mahdollisimman tiiviisti tuotannon luonteen takia. Usein yrityksen pohjapiirrosta tuotannollisen tilankäytön takia ei voida muuttaa niin, että eri valmistusvaiheet olisivat tiiviisti toisiinsa yhteydessä. Täten eri valmistusvaiheiden välille tulee pakollisia välivarastoja [2].

Välivarastot pitää sijoittaa välittömään sitä vastaavan jalostuspisteen läheisyyteen, jotta niistä on riittävästi hyötyä. Näiden varastojen käyttö pitää muutenkin olla tehokasta materiaalivirran osalta ja materiaalin siirtomatkat lyhyitä, jotta ylimääräistä työtä vältettäisiin mahdollisimman paljon. Välivarastot pidetään mahdollisimman pienenä tai poistetaan vallan kokonaan, koska varastoituneet tuotteet sitovat pääomaa, hidastavat läpäisyä ja kasvattavat mahdollisia laatuvirheiden määriä [1; 4].

Tuotantotilojen yhteydessä voidaan puhuta varastoista, jotka luokitellaan varaosa-raaka-aine-, puolivalmiste- ja osavarastoiksi. Raaka-aine- ja varaosavarastot ovat lähinnä vaikeasti saatavien materiaalien, osien takaamiseksi ja ennalta arvaamattomien tilanteiden eliminoimiseksi käytettyjä varastoja. Näiden kaikkien varastotyyppien tarkoitus on ylläpitää ja tukea tuotannon jatkuvuutta ja tavarantoimitusten mahdollisimman korkeaa toimitusvalmiutta [2].

### **2.1.3. Puolivalmiste- ja osavarastot**

Puolivalmiste- ja osavarastot palvelevat tuotannon kokoonpanoja sen takia, että tietyn osavaiheen valmistamien on kannattavampaa suuremmalla kappalemäärällä kuin mitä todellisen loppukokoonpanon määrä vaatisi. Helpoimmat valmistusvaiheet ovat siis kustannuksiltaan mitoitettu siten, että niitä kannattaa tehdä ylimäärin ja varastoida seuraavaa työvaihetta varten. Työhön käytetty aika pitää olla pienempi kuin valmistuneet kappalemäärät tai eri työstövaiheet [2].

Puskurivarastot toimivat tietynlaisena puskurina materiaaleille, joiden valmistusaika on pidempi kuin niiden toimitusaika. Näitä varastoja käytetään lähinnä kulutuksen ja myynnin vaihteluiden hallintaan. Tällöin on helpompi taata tavarantoimitus tilauskantoja vastaavan määrän perusteella. Puskuroitavaa materiaalia on järkevää säilyttää puolivalmiste-, tuote- tai materiaalivarastoissa, joiden tarkoituksena on myös puskuroitavan materiaalin hallinnan tasoittaminen menekivaihtelujen ohella.

Puskurivarastot ovat siis materiaalivirtauksesta aiheutuvia varastoja, joiden tarve johtuu tuotannon ohjauksesta ja markkinoinnista [4; 6].

Puskurivarastoista käytetään myös nimitystä käyttövarasto, mihin liitetään usein varmuusvarasto. Nämä saattavat keskenään muodostaa varastonkierrossa yhteisen kokonaisuuden. Varmuusvaraston tarkoituksena on varmistaa tavaran saanti, vaikka täydennyserä ei saapuisikaan ajallaan määrättyinä aikana. Puskurivarastojen mielekäs käyttö käsitetään niistä saatavien tuotteiden määrinä. Mitä lyhyemmän aikaa tuotteet pysyvät paikallaan varastoissa, sitä vähemmän tarvitaan puskurivarastoja ohjaamaan tuotannon toimintaa. Puskurivarastoissa varastoitavat hyödykkeet voivat olla esimerkiksi raaka-aineita, poltto- ja voiteluaineita sekä toimisto- ja pakkaustarvikkeita [4; 6; 7].

#### **2.1.4. Loppuvarastot**

Loppuvarastoja käyttävät niin tuotteiden valmistajat kuin tukkuliikkeetkin. Varastojen huono kiertonopeus vaikeuttaa materiaalivirtojen liikkumista. Tuotteiden valmistajat vastaavat itse yleensä tuotteensa varastoinnista mahdollisimman pitkälti, jos heillä on siihen tarvetta ja hyvät edellytykset. Tukkuliikkeet ottavat myös varastoitavaksi asiakkaiden tuotteita loppuvarastoon, jos niiden kiertonopeus todetaan hyväksi. Lisäksi voidaan mainita erilaiset varastointiin erikoistuneet yritykset, jotka vastaavat tavarantoimituksesta asiakkaille. Tämä saattaa heikentää tavaran toimitusvarmuutta asiakkaille, koska tavarantoimitukseen erikoistuneet yritykset eivät useinkaan tunne toimitettavia tavaroita riittävästi.

Teollisuudessa loppuvarastot tarkoittavat tuotannon jälkeisiä varastoja, jossa tuote on jalostettu valmiiksi lopputuotteeksi, joka odottaa asiakkaalle lähtöä toimitusten mukaisessa järjestyksessä. Loppuvarastoja pidetään lähinnä siksi, että tuotteiden tarjonta varmistetaan asiakkaille, vaikka tilauskanta olisikin muuttumaton. Tällä pyritään takaamaan mahdolliset kysynnän vaihtelut sesongin tai kesäloma-aikojen ajaksi. Varastojen koko määräytyy hyvin pitkälti kysynnän mukaan ja halutun määrän takaamiseksi, vaikka olosuhteet muuttuisivatkin. Loppuvarastoja voivat ylläpitää esimerkiksi tuotetun tuotteen alihankkijat kuin itse tilatun tavaran myyjät [1].

## **2.2. Varasto-ohjaus**

Varasto-ohjaus pyrkii minimoimaan toteutuvaa tai odotettua kokonaiskustannusta kuitenkin siten, että pyritään maksimaaliseen voittoon ja palvelutason parantamiseen. Hallittavia muuttujia varasto-ohjauksen kannalta ovat varastoitavien nimikkeiden valmiusaste, hankintatiheys ja hankintamäärä. Näistä määräytyy itse varasto-ohjauksen toiminta, joka toteutetaan kyseisillä muuttujilla joko yhdellä, kahdella tai kaikilla yhtä aikaa. Riskitekijöinä varasto-ohjauksessa ovat kysynnän vaihtelu ja epävarmuus tuotteiden saannista. Toisaalta varasto-ohjaus koostuu myös ei-hallittavista tekijöistä, joita ovat esimerkiksi varastointi ja tuotantokustannukset. Kustannusten lisääntyessä

varastoitavien tuotteiden määrä pienenee, joka edellyttää materiaalivirran tehokasta vaihtuvuutta taloudellisen toiminnan saamiseksi. [10].

Varasto-ohjauksen hyvän toimivuuden kannalta oleellisia tekijöitä ovat hankinta-, tuotanto- ja toimitustiheys. Ohjauksen tavoitteisiin lukeutuu ensisijaisesti se, että kuinka paljon ja minkä suuruisina eräkokoina tavaraa pitäisi hankkia, jotta varaston käyttö olisi mahdollisimman taloudellista. Toisena tekijänä voidaan mainita tuotenimikkeiden määrät, jonka pohjalta varasto-ohjauksen tulee huomioida niiden suuruus joustavasti. Lisäksi pitää keskittyä toiminnalliseen ja taloudelliseen saatavuuteen käyttäen sopivia arvoja, jotka ilmenevät varastoraportoinnin yhteydessä.

Varasto-ohjauksen yhteydessä on syytä käyttää automatiikkaa tarpeellisessa määrässä. Automatiikan käyttö edellyttää rutiinien hoitoa luotettavasti ilman tarkistuksia. Informaation kulku ei muuta alkuperäistä muotoaan, jos muutos on pakollinen, niin jalostus tapahtuu sääntöjen mukaisesti. Kehittämällä syötteisiin mahdollisia korjauksia saadaan saavutettavien arvojen tavoitteet muuttumattomina. Virheellisen tiedon havaitsemiseen auttaa primääritiedon säilytys ja sen tarkistus. Järjestelmän ohjaus olisi hyvä olla automaattista siinä määrin, että se kertoisi tavoitteen täyttymisestä tai sen lähestymisestä [9].

### **2.2.1. Tunnusluvut**

Varastoa ohjattaessa pyritään saavuttamaan tasapaino varastoon sidotun pääoman ja palvelutason välille. Palvelutaso tarkoittaa sitä, että kuinka nopeasti asiakkaan tilaama tavara toimitetaan varastosta asiakkaalle asti. Palvelutasoa määritettäessä pyritään tuotannon ja myynnin hyötyjen sekä kustannusten väliseen toimivuuteen. Tuotannon ja myynnin ollessa korkeita turhia lisäkustannuksia tulee, jos varaston tuotteiden vaihtuvuus on hidasta. Kustannuksia vähentää oleellisesti tuotannon toimivuus ja nopeat toimitusajat asiakkaille. Hyvän palvelutason ylläpitäminen aiheuttaa myös kustannuksia mutta parantaa samalla yrityksen toimitusvarmuutta asiakkaihin.

Hyvän palvelutason mittaamiseen käytetään seuraavia tekijöitä, kuten toimituskykyä, toimitusaikaa, toimitusluotettavuutta, toimitusvarmuutta ja erilaisia palveluelementtejä [3]. Toimituskyky määritellään saatavan tuotteen todennäköisyydellä sille, että sitä on varastosta saatavilla. Toimitusaika kuvaa tuotteen saapumista asiakkaalle tietyn ajan kuluessa. Toimitusluotettavuus on toimitusajan paikkansapitävyys. Toimitusvarmuus on taas oikean tuotteen lähettämistä ehjänä asiakkaalle. Erilaiset palveluelementit ovat edellä mainittujen seikkojen toteuttamista käytännön keinoin, esimerkiksi tuotteen kuljetus- tai pakkaustapa [3].

### **2.2.2. Kiertonopeus**

Kiertonopeus tarkoittaa varastossa olevien tuotteiden keskimääräistä vaihtuvuutta uusiin tuotteisiin [6]. Täten varastoitavan tavaran määrä ja sen ominaispiirteet vaikuttavat varastojen kiertonopeuteen. Varaston eri tuotteisiin sitoutunutta pääomaa tutkitaan niiden kiertonopeuden tehokkuuden avulla. Kiertonopeuden säilyessä korkeana voidaan

varastoja keskittää samaan toimipisteeseen. Tällöin kuljetusmatkojen kasvu ei vaikuta oleellisesti varastoitavan tuotteen pääoman kustannukseen.

Varastojen kiertonopeuksien vaihteluihin vaikuttavat erilaiset asiat, joita ovat monimutkaisuus, epävarmuus, aika- ja tilatekijät, varastointipitokustannukset ja tehokkuus [3, s. 23.]. Monimutkaisuus kuvaa eri tuotteiden paljoutta varastossa sekä niiden valmistustapojen vaativuutta. Mitä hankalammin tuote on valmistettava, sitä pienempi on materiaalien kiertonopeus. Epävarmuus kuvaa kysynnän, toimituksen ja tuotannon vaihtelua. Epävarmuuden lisääntyessä pienentyy myös kiertonopeus. Aika- ja tilatekijät koostuvat kuljetusmatkojen pituudesta, niin tuotannon eri vaiheissa kuin tuotteen toimittajienkin kesken. Näiden tekijöiden kasvu pienentää oleellisesti kiertonopeutta. Lisäksi muun muassa suhdannevaihtelut vaikuttavat varastojen kiertonopeuksien tilanteeseen. Tämän vaikutus näkyy noususuhdanteen aikana varastojen hitaalla kasvulla kun taas myynnin lisääminen puolestaan tasaa varastojen kiertonopeutta pitkällä ajalla [3].

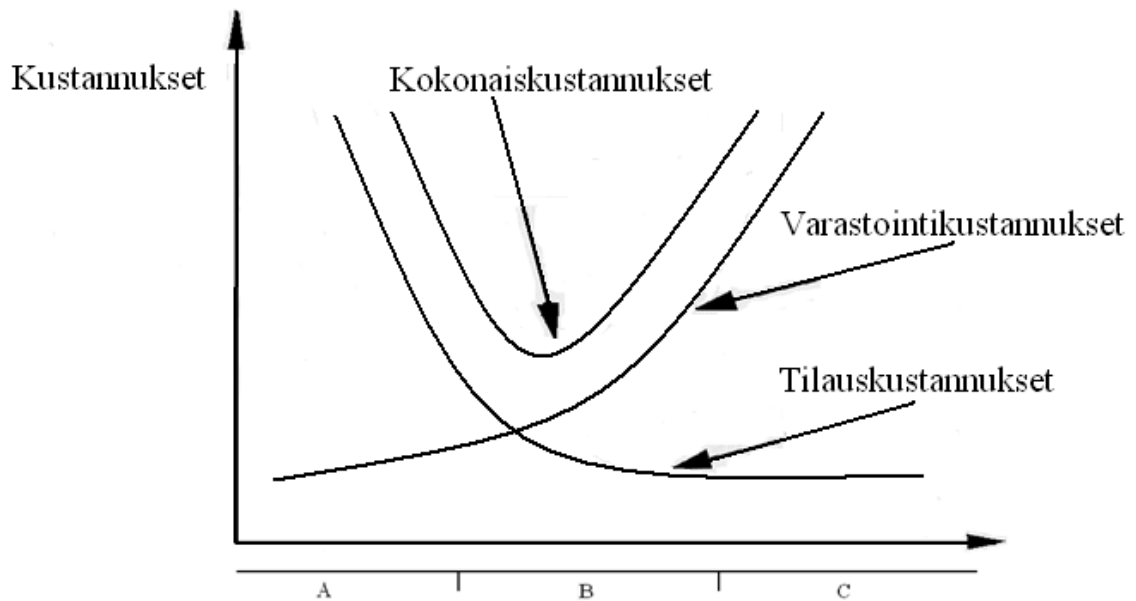
### **2.3. Kustannukset**

Varastointipitokustannuksia aiheuttaa yrityksen itse laatima toimintapolitiikka. Varastojen ylläpitoon vaikuttaa myös varastoitavan materiaalin määrä sekä varastotilavuuden käyttö ja siihen liittyvät fyysiset kustannukset, kuten esimerkiksi lämmitys ja varastojärjestelmän laitteisto. Täten varastotasojen lisääminen nostaa oleellisesti varastokustannuksia, mutta pienentää puute- ja hankintakustannuksia. Tästä johtuen suurin oleellinen kustannusten aiheuttaja on varastoitavaan materiaaliin sidottu yrityksen pääoma sekä varastointi- ja tilauskustannukset. Näitä saadaan pienennettyä tehostamalla varaston kiertonopeutta tai tekemällä uusia investointeja tehokkaamman tuotannon aikaan saamiseksi [3; 4].

Tuotteiden varastoiminen ei useinkaan lisää tuotteiden arvoa, vaan sitä vastoin varastoinnista aiheutuu lisäkustannuksia. Täten siitä saatava hyöty ei useinkaan riitä peittämään varastointikustannuksia. Varastojen pakollisuudesta johtuen tavoitteena on pienentää varastojen kokoja ja karsia kaikki turhat elementit pois. Tämän toiminnan takaamiseksi käytetään JOT (Just On Time)-periaatetta [6], jonka ansiosta varastojen koot pienenevät, tilausten määrä vastaa asiakkaan määriä ja tuotannon läpäisy aika nopeutuu. JOT-periaate edellyttää kaikkien turhien asioiden poiskitkemistä ja keskittymistä akuutteihin asioihin [6].

Varastomallilla voidaan laskea kannattavin ja edullisin erä koko. Laskenta huomioi varastointi- ja tilauskustannusten keskinäisen vaikutuksen, jossa varastointikustannukset näyttävät sidotun pääoman, laitteiston ja varastotilan kustannuksia. Tilauskustannukset määräytyvät laskun käsittelystä, vastaanotosta ja tarkastuksesta, kuljetuksesta ja tilatusta erästä. Tilatun eräkoon kasvaessa, tilauskustannusten määrä pienenee, kuva 2, mutta varastointikustannusten määrä kasvaa kappaleiden lisääntyessä [4].





**Kuva 2.** Yhdestä tilauserästä aiheutuvien kustannusten vaikutus.

Varastointi takaa toiminnallisen varmuuden tavaran saapumisen ja kysynnän välillä, mutta niiden ajallinen ja määrällinen suhde ei useinkaan aina vastaa toisiaan. Täten näiden edellä mainittujen tapauksien välillä on löydettävä optimitilanteet, mikä määrää sopivan varastoitavan tuotekoon. Sopivan nimikemäärän varastoimisessa selvitetään materiaalin tarvelaskelmia materiaalivirran eri kohdissa. Materiaalin kysyntä määrää ennusteet, joiden mukaan tehdään tarvittavat lisätilaukset täydennyserien saamiseksi. Raaka-aineet ja muut tarvikkeet ovat yleisin ja huomattavin pääoman sitoja varastossa [7].

Taloudellisen eräkoon ratkaisussa käytetään Wilsonin kaavaa (1). [4, s. 429.] Tämä kaava edellyttää, että tuotteen kysyntä säilyy tasaisena, varastoa täytetään kertamäärän mukaan eikä tilauserän koko ole tuotteen hinnasta riippuvainen. Jos kaavalla haetaan optimitilauserän kokoa, niin tulos on usein liian suuri, koska tilaukuskustannukset pienenevät eräkoon kasvaessa. Lisäksi varastojen liiallinen kasvu vaikuttaa läpäisy aikaan ja laatuun, jota kaava (1) ei huomioi. Kaava antaa siis puskurivaraston täydennyserän suuruuden ja sekä varmuusvaraston osuuden.

$$Q = \sqrt{\frac{(2 \times R \times S)}{(K \times C)}} \quad (1)$$

Kaavassa (1)  $Q$  kuvaa optimitilauserää,  $R$  on menekki,  $S$  kuvaa tilaukuskustannuksia,  $K$  on varastointikustannukset desimaalilukuna, ja  $C$  on yksikköhinta nimikkeelle [4; 7].

Wilsonin kaavalla (1) laskiessa tulosten arvot ovat vain noin 2-4 kertaa niin suuret kun, mitä todellinen tilanne olisi. Tällöin kyseisen menetelmän käyttö soveltuu parhaiten vain tilauserän kokoluokan arviointiin. Tästäkin huolimatta tilaukuskustannusten

vähentäminen onnistuu parhaiten pidempiaikaisilla yhteistyösopimuksilla tavarantoimittajien ja alihankkijoiden kanssa. Tällöin jokaisella osapuolella on yhteiset pelisäännöt, joita noudattaa [4].

Varastotyöstä aiheutuu myös kustannuksia ylläpidettäessä haluttua palvelutasoa. Suurimmat varastotyön aiheuttamat kustannukset tulevat tuotteiden vastaanotosta, pakkaamisesta ja keräilystä. Palvelutason lievä muutos itsessään ei muuta varastotyön kustannuksia, jos kyseessä on yksi asiakas. Useampien asiakkaiden palvelutason muutos aiheuttaa pidemmällä aikavälillä yllättävän suuriakin muutoksia, jos tarvittava työaika jakautuu useille tunneilla ja viikoille. Tätä kuvaa kaava (2), jolla voidaan laskea asiakaskohtaisen kustannusfunktion riippuvuus varastosta, toimialasta ja tekniikasta  $K_v$ ,

$$K_v = (A_2 \times T_a + B_2 \times T_{ar}) \times C_2 \quad (2)$$

Kaavassa (2) vakio  $A_2$  kuvaa varastotoiminnan yhteiskuluja,  $T_a$  kuvaa asiakkaan tilausten lukumäärää tarkasteluajanjaksona,  $B_2$  kuvaa yhden tilatun nimikkeen kirjaamisesta aiheutuvaa kustannusta,  $T_{ar}$  on asiakkaan tilausrivien lukumäärä kyseenomaisena ajanjaksona, ja  $C_2$  on asiakkaan palvelutasoluokitukselta johtuva kerroin [5, s. 147].

## 2.4. Materiaalivirran tarkoitus

Yrityksen materiaalivirtoja ohjataan materiaalihallinnan avulla. Tällä tarkoitetaan erilaisten osa-alueiden kuten komponenttien, raaka-aineiden, lopputuotteiden varastoinnin, varastojen täydentämisen ja hankinnan muodostamaa kokonaisuutta. Nykyaikaisessa yrityksessä materiaalien hallinnalla on kasvava merkitys, jolla materiaalivirtoja ohjataan tuotteen toimittajilta lopputuotevarastoon tai asiakkaalle asti. Yritysten verkostoituminen edellyttää materiaalivirtojen hallintaa yritysten välillä. Toiminnan yleistyessä painopiste siirtyy yrityskohtaiseksi, mikä edellyttää varastojen pienentämistä ja logistiikan tehokasta toimimista [4].

Materiaalivirtojen kannalta varastointi katkaisee ne hetkellisesti, joten varastointitarpeiden selvitys auttaa varsinaisten materiaalivirtausten selvittämiseen. Materiaalivirran selvittämiseen käytetään materiaalikaaviota. Materiaalikaavion käyttö edellyttää koko tuotantoprosessin hyvää tuntemusta. Tämä auttaa havainnollistamaan materiaalivirtojen kulkua tuotannossa ja tehtaan pohjapiirustusta apuna asetelman käytössä. Materiaalikaavion luomiseksi täytyy tuntea ainakin tuotantovaiheet ja jalostuspisteet, materiaalimäärät ja niiden vaihtelut, käsiteltävä materiaali ja varastointitarve.

Tuotantovaiheet ja jalostuspisteet määräävät prosessin keskeisen koostumuksen niiden sijoittelun tuloksena tuotantoympäristössä. Täten on tärkeää huomata edullisin sijoitusvaihtoehto materiaalivirtauksien suunnittelussa. Jalostuspisteet vaikuttavat materiaalikaavioon, jolloin mahdollisten välivarastojen muodostumisen yhteys huomioitaisiin eri jalostuspisteiden kapasiteettimäärissä. Lisäksi eri jalostuspisteiden ja

materiaalin välinen vaikutus on myös huomioitava jalostuspisteistä lähtevien ja tulevien toimintojen liikkeinä.

Pitkälle viedyssä materiaalikaavion suunnittelussa materiaalitiedot käsiteltävästä materiaalista on selvitettävä yksityiskohtia myöden. Näitä ovat esimerkiksi materiaalin esiintymismuoto sitä käsiteltäessä, fyysinen muoto ja materiaalin mitat, materiaalin paino ja sekä mahdollisen käsittely-yksikön paino ja erilaisten käsittelyyn vaikuttavien ominaisuuksien huomioiminen ympäristöstä johtuen. Materiaalin kokonaismäärä ja sen vaihtelut vaikuttavat vuotuiseseen materiaalivirtaan, jotka määräävät virran voimakkuuden lyhyissä aikaväleissä. Täten lopulliseksi materiaalivirran arvoksi valitaan lähellä maksimimäärää oleva ajankohta, josta lasketaan paino-, tilavuus- tai kappalemäärä aikayksikössä.

Materiaalivirtakaavion laatiminen voidaan tehdä monellakin eri ryhmittelytason vaatimilla kaavioilla. Alussa kaaviota laadittaessa käytetään pelkkiä tasokuvioita siten, että varsinaista tuotantotilojen mitoitusta ei käytetä. Tämän jälkeen, kun varsinainen suunnittelu on edennyt siihen pisteeseen, että materiaalivirtakaavio voidaan sijoittaa oikeassa asemassa tuotannon mukaisesti, saadaan vasta todellinen käsitys tilanteesta. Materiaalikaaviossa voidaan käyttää kahdenlaisia merkkejä: symbolikuvioita, janoja tai vyöhykkeitä. Symbolikuviot kertovat jalostuksen tai varastoinnin pysähdyksissä olevista materiaalivirroista. Janat ja vyöhykkeet kuvaavat puolestaan materiaalin eri vaiheita tuotantoympäristössä.

Materiaalivirtauksen alkupäässä tuotantoympäristössä sijaitsee alkuaine- ja raaka-ainevarastot. Tuotannon välillä on yleisesti puolivalmiste- ja alihankintatuotteiden varastoja. Loppupäässä tuotantoa sijaitsevat tuotevarastot. Varastoitavan materiaalin määrä voi vaihdella myös paljon tuotannon kuormituksen ja sarjavalmistuksen eroina, koska varastointimahdollisuuden on varattava joustavan tuotannon takaamiseksi eri jalostuspisteiden yhteyteen. Monesti välivarastointia pyritään välttämään jalostuspisteiden välillä, käyttämällä jalostuspisteitä yhdistäviä automatisoituja kuljetinlaitteita. Tällöin materiaalit muodostavat vain hetkellisen puskurivaraston [7].

#### **2.4.1. Tavoitteet**

Materiaalihallinnan tavoitteina ovat halutun palvelutason ylläpito ja materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi [4]. Haluttua palvelutasoa on pidettävä yllä, joten siihen vaikuttavat tuotteiden saatavuus ja toimitusaikojen pituus. Varastojen on palveltava yrityksen omaa tuotantoa ja omia asiakkaita niiden haluamalla tavalla. Täten materiaalihallinnon toimintoja on kehitettävä siten, että edellä mainitut asiat tulevat toteen.

Seuraavassa on esitelty materiaalihallinnan kokonaiskustannusten muodostuminen, jotka kattavat materiaalihallinnalle aiheutuvat kustannukset ilman laajempialaisten toimenpiteiden huomioimista [4]:

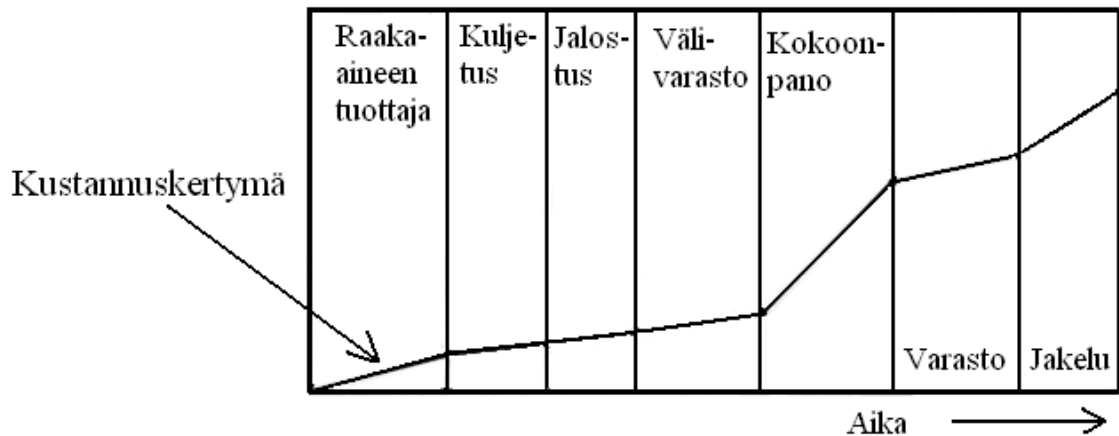
- kuljetus, vastaanotto ja tarkastuskustannukset
- puutekustannukset
- varastointikustannukset
- materiaalivirheiden aiheuttamat kustannukset tuotannossa
- jakelukustannukset
- ostettavien materiaalien hinta
- oston kustannukset.

Toisaalta varastotasoa lisäämällä nostetaan varastointikustannuksia, vaikka tämä pienentää hankinta- ja puutekustannuksien määrää. Kustannuksia aiheuttavien tekijöiden arviointi on paikallaan varastotasoa suunniteltaessa. Lopputuloksena pyritään palvelutason hyvään ylläpitoon, pienin mahdollisin kustannuksin. Tuotannon materiaalivirtojen sijainti määrää todellisten varastojen lukumäärän ja koon, vaikka pyrkimys olisikin aina minimoida varastojen tarve [4; 7].

#### **2.4.2. Logistiikka**

Materiaalivirrat ja niiden ohjaustietojen hallinta yhdessä ovat logistiikka [4]. Logistiikka käsittää myös yrityksen muitakin toimintoja esimerkiksi oston ja markkinoinnin. Lisäksi logistiikkaan vaikuttavat tavarantoimittajat ja asiakkaat. Logistiikalla pyritään pienimmin mahdollisin kustannuksin saamaan oikeat tuotteet oikeaan paikkaan ja määrittelyssä ajassa palvelutasoa noudattaen. Täten materiaalivirta muodostuu aina tavaran alkutoimittajalta loppuasiakkaalle asti. Logistiikan keskeinen idea liittyy varastoinnin, kuljetusten organisointiin ja materiaalien käsittelyyn.

Logistiikka on käsite, jota voidaan hyödyntää yrityksen koko arvoketjussa. Tällöin arvoketjun toiminta tehostuu ja tuotteet saavuttavat niitä tarvitsevat asiakkaat. Arvoketju rakentuu kustannuksista, jotka ilmenevät eri toimintoina tuotteen alkuvaiheesta aina varaston kautta asiakkaalle mentäessä, kuten kuvassa 3 näin ilmaistaan. Kuvasta 3 selviää kuinka suuressa osassa kustannuksista ovat erityisesti materiaalin kuljetus, varastointi ja tuotteen jakelu. Tämän takia logistiikan jatkuva kehittäminen auttaa yrityksiä kustannussäästöissä ja sekä luomaan uusia kilpailuetuuksia muihin yrityksiin. Tärkeätä on siis panostaa yhteistyön merkitystä asiakkaiden ja tavarantoimittajien kesken. [4; 9].



*Kuva 3. Arvoketjuesimerkki tuotteen kustannuskertymistä.*

Logistiikka koostuu seuraavista palveluun liittyvistä osatekijöistä, jotka tuovat lisäarvoa yritykselle tavaran toimittajana asiakkaille ja sekä niiden laaduista [4]:

- tuotteen saatavuus
- toimitusajan pituus
- tilauserän koko
- toimitusten jaksotus
- tilaus- ja laskutusrutiinit
- joustavuus
- asiakaskohtaisesti räätälöidyt tilaukset ja palvelut
- huolto- ja tukipalvelut.

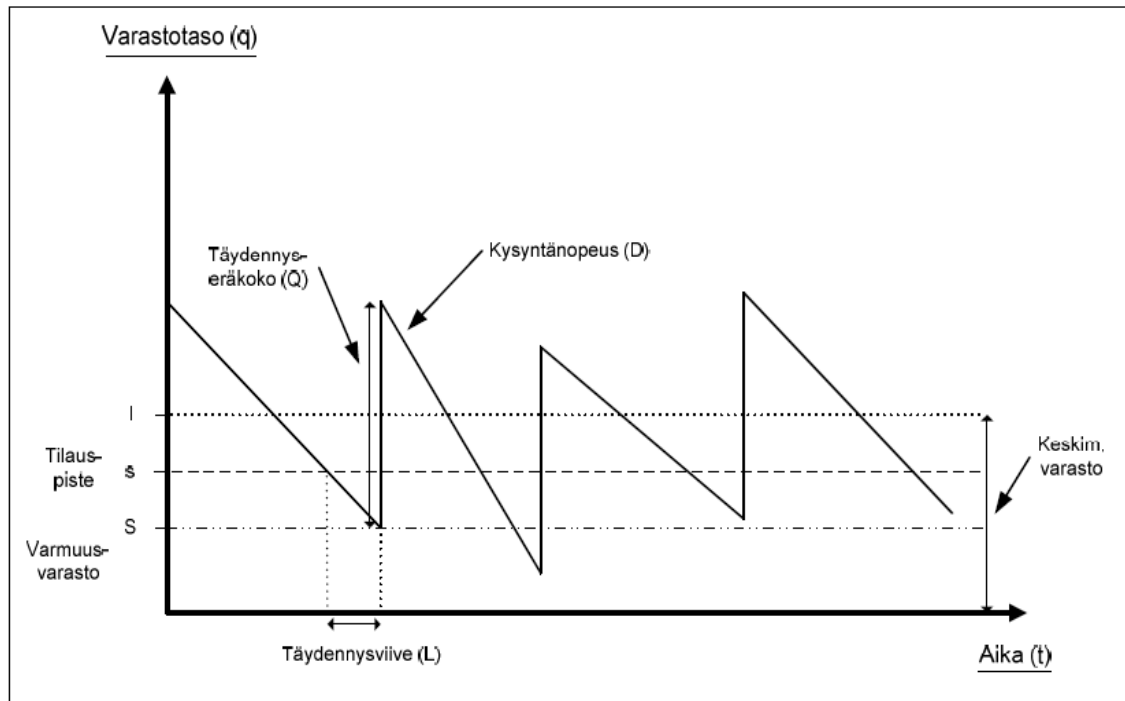
Jokainen yritys laatii omat näkemyksensä ja tavoitteensa halutun kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi tarjoamallaan palvelutasolla. Edellä mainittu lista auttaa logistiikkaa toimimaan halutun palvelutason ylläpitämisessä, mutta toisaalta mitä enemmän vaatimuksia palvelutaso vaatii, sitä kalliimmaksi logistiikkakustannukset tulevat. Lähtökohtana on kuitenkin se, että pyritään lopputulokseltaan mahdollisimman pieniin logistiikkakustannuksiin halutun palvelutason ylläpitämiseksi [4].

## 2.5. Varastovalvonta

Varastovalvonnan tehtävänä on pitää varastot muuttuvan materiaalivirran mukaisella tasolla. Tätä tilaa seurataan jaksottaisesti tai jatkuvasti. Varaston koko määräytyy siihen sidotun pääoman ja palveluasteen kokonaisuutena. Liian suuret varastot aiheuttavat suuret ylläpitokustannukset ja kohtuuttoman pääoman sijoituksen. Liian pienet taas heikentävät yrityksen kilpailukykyä ja myynnin edistämistä. Varastovalvonnan pääkohta on täten materiaalin hankintaan liittyvät toimenpiteet [3].

Materiaalin hankinta tehdään tilauskannan perusteella ja siihen liittyvien raaka-ainemäärien mukaan. Varastoa ohjattaessa sillä on kaksi oleellista tehtävää, jotta materiaalivirta vastaisi varaston sen hetkistä tilaa. Nämä tehtävät ovat tilaushetki ja

toimitettavan erän koko. Tilaushetkestä käytetään nimitystä tilauspiste, joka aiheuttaa impulssin tilaustapahtumalle kun varastossa oleva saldomäärä alittaa kyseisen tilauspisteen, katso kuva 4. Tilauspistemallit antavat varastonimikkeiden määriä koskevat ensisijaiset tilaushetket ja siitä syntyvät täydennyshetket.



*Kuva 4. Varastomalli tilauspistejärjestelmänä.*

Uuden tilauksen aikana saldomäärä laskee edelleen varastossa, mutta varmuusvarasto takaa tuotteen saannin toimitusajan aikana. Varaston hallintaan vaikuttavat myös toimituskyvyn määrittely, materiaalien hankinta ja tuotantoerien suunnittelu [3; 4; 9].

### 2.5.1. Valvontajärjestelmät

Seuraavaksi käsitellään varstovalvonnan apuna käytettyjä valvontajärjestelmiä, joihin liitetään myös usein niissä käytetyt erilaiset menetelmät. Menetelmät luovat yhden kokonaisuuden, josta määräytyy tietty valvontajärjestelmä sopivaa tilannetta varten. Yleisesti käytössä oleva varstojärjestelmä on **tilauspistejärjestelmä**, jota on käsitelty jo aiemmassa luvussa yleistasolla. Tässä kerrotaan lisäksi menetelmän perusteet. Tilauspistejärjestelmä on hyvin toimiva kun kysynnän taso voidaan ennustaa. Varaston arvo pysyy hallittavalla tasolla siinä määrin, kun tilausten määrä on vakio. Ainoastaan tilausten välinen aika vaihtelee, johtuen kyseisten tuotteiden varastosaldoista. Tilausten suuruus haluttuina erinä asiakkaalle toimitettuna takaa tällöin sadan prosentin palvelutason.

Toinen varsin yleinen varstojärjestelmä on **periodijärjestelmä**, jota kutsutaan myös P-järjestelmäksi. Tässä varstolle annetaan tietty suuruus eli tavoitetaso ja tilausajankohdat määräytyvät ainoastaan ajan mukaan. Näiden kahden eri

varastojärjestelmän erot ilmenevät toimintaperiaatteen mukaan. Tilauspistejärjestelmä on kustannustehokas ja vaatii pienemmän varmuusvaraston, mutta kuljetusten kapasiteettiongelmia ilmenevät tilausten toimituksessa. Periodijärjestelmä on helpompi toteuttaa aikataulujen ja tilausten yhdistelyllä, mutta varaston jatkuva seuranta vaatii resursseja.

Lisäksi on olemassa sekajärjestelmiä tai yhdistettyjä järjestelmiä eli **hybridijärjestelmiä**. Näihin ei voida soveltaa tavanomaisia yksittäisiä järjestelmiä, vaan ne optimoidaan tarkoituksen mukaisesti halutulla tavalla. Esimerkiksi hybridijärjestelmistä koostuvat seuraavien järjestelmien kombinaatioista: optimoidut järjestelmät, visuaaliset järjestelmät ja perusvarastojärjestelmät. **Optimoidut järjestelmät** toimivat vasta kun sallittu varastotaso laskee alle sen. Tilausmäärä ei tarvitse olla sidottu mitenkään vakioituun eräkoko. Tämä järjestelmä soveltuu parhaiten varastoihin, joissa on suuret tarkkailu- ja tilauskustannukset.

**Visuaaliset järjestelmät** ovat silmämääräisesti tapahtuvia havainnointiin perustuvia järjestelmiä. Käytettyjä järjestelmiä havainnoinnin todentamiseksi ovat esimerkiksi erilaiset seurantakortit, pylväsledinäytöt ja kahden laatikon systeemit. Visuaaliset järjestelmät ovat usein alihankkijoista riippuvaisia tavaroiden saannin varmistamisessa. On myös olemassa ihan perinteisiä **perusvarastojärjestelmiä**, jotka eivät sisällä sähköistä tekniikkaa lainkaan. Tällöin varastosta otetun tavaran tilalle täydennetään heti sitä vastaava tavara vapaaseen paikkaan [10].

### 2.5.2. Menetelmät

Tässä esitellään eri varaston valvontajärjestelmiin liittyviä menetelmiä. Ensimmäisenä on **Tilausten perusteella tehty hankinta**, joka tarkoittaa sitä, että materiaalia hankitaan sitä mukaan kun asiakkaat sitä tilaavat [4]. Tämä menetelmä sopii tilanteisiin, jolloin materiaalia ei voida varastoida tai materiaalin saaminen kaupaksi on epävarmaa. Tämä menetelmä soveltuu tuotteille, jotka ovat hintavia ja joiden toimitusaika on lyhyt. Tätä käytetään myös asiakasohjautuvien materiaalien hankinnoissa.

**Varastokirjanpidolla** seurataan mahdollisimman reaaliaikaisesti varastotasojen tietoja. Kirjanpitoa hoidetaan yrityksen tietojärjestelmän avulla, jonne kirjataan kaikki varaston materiaaliavirran aiheuttamat muutokset [4]. Todellisten materiaalilajikkeiden lukumäärä ilmenee täten varastosaldoina sitä vastaavissa paikkatiedoissa. Lisäksi varastosaldojen ohella ylläpidetään tietoa tulevaisuudessa tapahtuvien materiaaliavirtojen vapaista saldoista.

Myyntitilausten vaatimat materiaalmäärät ja tuotannosta valmistuvien materiaalien tulevat saldomäärät näkyvät myös varastokirjanpidossa. Lähinnä kaikki tulevat osto- ja tilauskantojen muutokset näkyvät varastokirjanpidossa joko varattuina tai vapaina saldoina päivämäärien mukaan varastopaikkojen tilaseurannan määrittämisessä. Täten taataan materiaaliavirtojen paikkansapitävyys ja reaaliaikainen saldomäärä varastoitujen tuotteiden osalta.

**Visuaalista valvontaa** käytetään halpojen ja lyhyiden toimitusaikojen nimikkeiden tai osien valvontaan [4]. Usein tähän tarkoitukseen käytetään apuna kahden laatikon

järjestelmää. Tällä pyritään siihen, että jokaiselle osalle taataan sen saatavuus, kun tietty määrä niistä on käytetty varastosta. Tämä tarkoittaa kahden laatikon systeemissä sitä, että ensimmäisen laatikon tyhjennyttyä jäljellä olevasta laatikosta saadaan osan tilauskortti. Tämä tilauskortti ilmaisee osatyypin ja lukumäärän, joka toimitetaan tilauspisteeseen.

Tavarantoimittaja kerää säännöllisin väliajoin tilauskortit talteen ja toimittaa kyseiset osat ajallaan varastoon. Jäljelle jäävän laatikon tarkoituksena on taata saatavien osien kysyntä, kunnes uusi tilaus taas täyttää molemmat laatikot. Tätä systeemiä käytetään osille, joiden laskeminen määrällisesti on vaikeaa, esimerkiksi aluslevyt ja mutterit. Kahden laatikon järjestelmästä käytetään myös nimitystä kaksilaatikkojärjestelmä.

**Varastoinventaario** on varastossa olevien tuotteiden määrällistä tarkistamista tietyn väliajoin [4]. Menetelmää käytetään tuotteille joiden kysyntä vaihtelee suuresti tai jäljellä olevien lukumääriä on vaikea todentaa. Tämän takia varastokirjanpito ei pelkästään riitä todellisen lukumäärän selvittämiseen, vaan se vaatii varastosaldojen korjaamisen inventaarion avulla.

Lisäksi voidaan käyttää menetelmää, missä **tavarantoimittaja vastaa materiaalitilanteen valvonnasta** [4]. Menetelmän toimivuus edellyttää pieniä varastokustannuksia verrattuna tilaus- ja varastovalvontakustannuksiin. Tällöin tuotteiden kysyntä on melko tasaista ja toimitettavat tuotteet saapuvat säännöllisesti niille varatuille varastopaikoille. Usein kysymyksessä on vain tietty alue tai tila johon tavarantoimittaja voi halutessaan jättää kyseisen tilatun erän, jos tilaajan taholta ei ehditä opastamaan niiden purkua oikeille paikoille [4].

### 2.5.3. Varastokirjanpito

Varastokirjanpidossa käytettäviä menetelmiä ovat manuaalisesti päivitetty tapahtumat, jotka toimivat jälkipoistolla muutaman päivän välein sekä tietokoneella päivitetyt tapahtumat, jotka tehdään jälkipoistolla yksi tai kaksi kertaa viikossa eräajoin sekä tietokoneella päivitetty tapahtumat, jotka tehdään ennakkopoistona päivittäisin eräajoin ja viimeisenä on tietokoneella suoritettu ajantasainen päivitys [9]. Jälkipoisto on tavaran lähetystä tai hakua varastosta ennen varsinaista nimikkeen varastokirjanpidossa tehtävää merkintää. Ennakkopoisto nimikkeelle suoritetaan varastosta vasta nimikkeen kirjanpitoon liittyvän toiminnon jälkeen.

Manuaalinen kirjanpito toimii parhaiten nimikekohtaisen kortiston avulla. Tarvittavia seikkoja tähän ovat nimikkeen saapumis- ja ottotiedot, nimiketiedot ja saldomäärät. Saldomäärien ajan tasalla pito tilausten ja toimitusten välillä vaatii enemmän tiedonkeruuta ohjauksen hoidossa. Erityisesti nimikkeillä pelattaessa kortista pitää ilmetä myös menekin mukaiset ohjearvot tilauspistettä ja hankintaerää käytettäessä sekä varatut ja tulossa olevat määrät ja päivämäärät. Kortin ikä tulisi olla pitkä, jotta tilaustietojen ylläpito olisi mahdollisimman helppoa ja ennalta ohjattavissa. Muiden tietojen ilmeneminen kuten tapahtuma- ja saldotiedot ilmenevät tarvittaessa apukortilta.



Tietokoneella suoritettu jälkipoisto eräajoin oli atk-järjestelmien kehityksessä ainoa oikea vaihtoehto alkuaikoina varastokirjanpidossa. Täten tietokoneen käyttöä tehostettiin integroimalla mahdollisimman monta tehtävää samaan järjestelmään. Tämä kuitenkin aiheutti virheiden kasvua eli viivettä verrattuna perinteisen kortiston käyttöön. Eräajan tiheyden kasvaessa saatiin luotua tyydyttävä toimintotaso atk-järjestelmälle. Tästä johtuen tietokoneen käyttö varaston jälkipoistona eräajoin oli alkuvaiheessa varsin hitaasti kehittyntä.

Tietokoneella suoritettu ennakkopoisto tapahtuu riittävän suurella tiheydellä päivittäin, ja kiireellisten toimitusten tai noutojen hoito tapahtuu joustavasti. Toiminto edellyttää ennakkosuunnittelun ja loogisen järjestyksen toimiakseen hyvin kiireellisissä ja ennalta odotettavissa tapahtumissa. Järjestelmä ilmoittaa mahdolliset tilausten vahvistamatta jäämisen tai toimitetun ja vastaan otettavan tavaran reaaliaikaiset tilannekatsaukset. Tavaran lähetyksessä tarkkaavaisuutta lisäsi se, että lähetettävät nimikkeet olivat halutussa lähetyksessä määrällisesti oikein. Täten toimitusasiakirjojen oikeanlaisuus ja asiakkaan luottokelpoisuus antavat laskutusmahdollisuuden.

Tietokoneella suoritettu ajantasainen päivitys tapahtuu reaaliaikaisesti. Todellisuudessa kuitenkin aina toinen tapahtumista on joko ennakkopoistoa tai jälkipoistoa, koska yhtäaikainen toiminta järjestelmässä ei ole sidottu tavaran liikehdintään. Välitön kirjanpito tietokonetta hyväksi käyttäen auttaa tässä tapauksessa nimikkeiden todellisen määrän paikantamiseen ja tulevien tilausten luomiseen lähes reaaliaikaisen saldomäärän mukaisesti. Varaston lisäys ja nimikkeiden pakkaaminen voidaan päivittää ja varattujen kiintiöiden seuranta on helppoa. Reaaliaikaisuuteen pyrittäessä palvelutaso joutuu samaan aikaan kuormitetuksi usean käyttäjän toimesta ja virheiden sekä peruttujen tilausten selvitys tai kirjaus ajan tasalle vaikeutuvat määrän kasvaessa [8].

#### **2.5.4. Hyödyt ja haitat**

Tietokone antaa tehokkaan varastonohjauksen ja ajan tasalla olevan varastoliikenteen seurannan. Se antaa myös kattavan raportin sitä haluaville henkilöille: varastoennusteet ja historiatietojen käsittelyä sekä varastoimpulssien seuranta ovat myös mahdollisia. Lisäksi toimitusten ja tilausten seuranta auttavat tilanteiden suunnittelua ja optimilaskelmien raportoimista tilastoihin. Tarkkuuden ja saldomäärien tehokkuus näkyy viiveiden lyhentymisissä. Varaston tilannetietojen todenmukaisuus mahdollistaa apuna erilaisten automaatiikkojen käytön, jotta palvelutason ylläpito helpottuu.

Varastovalvontaan käyttöön otetun jo valmiiksi räätälöidyn valvontajärjestelmän luomisessa ja sen toiminnassa esiintyy aina hyviä ja huonoja seikkoja. Valmis ratkaisu takaa hyvän asennettavuuden käyttöönsä, koska varsinainen koodaus ja dokumentointi ovat pääosin valmiita. Tämä säästää kustannuksia, koska valmiin järjestelmän kehittäminen maksaa vähemmän. Parempi kapasiteetti ja nopeus antavat varmuuden todellisuudesta. Ohjelmistojen kehitys ja dokumentointi on näin ollen helpompaa, koska yhteinen kieli on kaikille sama.

Varastojärjestelmän luominen kiinteäksi pakettiratkaisuksi vähentää ylimääräistä työtä henkilökunnalta, selkeyttää toimintaa, ja pitää käyttö- ja ylläpitokustannukset alhaisina, kun tarpeetonta työtä voidaan välttää selkeillä toimintolinjauksilla. Pakettiratkaisu helpottaa järjestelmän nopeampaa oppimista henkilökunnalta, ja tuotetuki on varmasti saatavilla sitä tarvittaessa. Yksityiskohtaisemmin tehty järjestelmä vain kyseistä varastointijärjestelmää varten unohtuu helposti henkilöstön vaihtuessa uuteen. Muutenkin järjestelmään saatava tuki on vain muutaman ihmisen vastuulla.

Valmis pakettiratkaisu ei aina tue yrityksen tarpeita halutulla tavalla. Kilpailu on kovaa markkinoilla mikä näkyy varastojärjestelmien kehitystyössä. Valmis järjestelmä on usein suppea kokonaisuus kattamaan yrityksen haluamat tarpeet täysin moitteettomasti. Kilpailun koventuessa varastojärjestelmän vaihto voi tulla kyseeseen, jos haluttu ominaisuus puuttuu omasta valvontajärjestelmästä. Valmiin ja tiettyyn tarkoitukseen tehdyn paketin löytyminen ja siihen perehtyminen on hankalaa, koska valmistajat eivät aina halua paljastaa kaikkia ominaisuuksia ulkopuolisille.

Yrityksen henkilöstö pitää monella eri tapaa omaa varasto- ja valvontajärjestelmää parempana vaihtoehtona kuin valmista pakettia, koska oma järjestelmä takaa ne ominaisuudet, mitä järjestelmältä vaaditaan ja sen käyttö sekä mahdolliset muutokset ovat helpommin muutettavissa ilman ulkopuolista apua. Uuden järjestelmän hankinta vaatii aina henkilöstön kouluttamista sitä varten ja uusien asioiden otaksuntaa, mitä moni vastustaa. Uusi järjestelmä parantaa usein oleellisia asioita järjestelmässä, mutta sen tuoma hyöty ja vaiva eivät ole verrattavissa sen käyttäjiin [8].

## 2.6. Teknologiat

Varastohallinnassa käytettäviä teknologioita ovat esimerkiksi viivakoodit, tiedonkeruupäätteet, trukkipäätteet ja saattomuistit eli RF-ID [11]. Teknologian valinta tai sen kehittäminen vaatii toimivan varastojärjestelmän tai hyvän suunnitelman, jota voidaan hyödyntää tehokkaasti. Laitteiden ja komponenttien toiminta ja sekä nopea ohjattavuus ovat kustannustehokkaasti ensisijaisia tekijöitä varastoteknologiaa valittaessa. Oikean varastoteknologian valinnalla saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi lyhentynyt läpimenoaika, tehokas tilausten käsittelyn hallinta, parempi ohjattavuus ja toimitusvarmuus ja parantunut varastohallinta.

Varastoteknologian tärkeyttä kuvaa erityisesti suurten yritysten resurssien käyttö varastohallintaan verrattuna pieniin yrityksiin. Tämä selittyy suurten yritysten ja niiden suurempien varastojen hallinnassa tarvittaviin teknologioihin. Usein pienten yritysten varastotilat ja niiden kustannukset ovat pienempiä, koska varastoteknologian kehittäminen verrattuna tuotannon määrään tulisi tarpeettoman kalliiksi. Muutenkaan varastointitilaa ei ole ylimääräistä, vaikka sesonkien aikana varastotila pitää hyödyntää tehokkaasti. Materiaalivirran nopeus ja varastoinnin kannattavuus kysynnän mukaan ovat oleellisessa asemassa varaston optimikokoa haettaessa [13].

### 2.6.1. Viivakoodi

Viivakoodi on tietynlainen koodi, joka tunnustetaan siihen tarkoitukseen suunnitellulla viivakoodilukijalla. Lukijoita on erilaisia käyttötarkoituksesta riippuen, joihin vaikuttavat esimerkiksi kohteen käyttötarkoitus, automaatioaste, liitäntätapa ja varastojärjestelmän sallima sovellusmahdollisuus. Nykyaikana viivakoodeja käytetään monissa eri paikoissa, koska sen käyttö vähentää virheiden määrää ja nopeuttaa oleellisesti tiedon syöttöä ja sen hallintaa. Viivakoodien käyttökohteita ovat esimerkiksi henkilön tunnistamiseen käytetyt henkilökortit, passit, kauppojen elintarvikkeet ja varastojen paikkatietojen tuotenimikkeet. Viivakoodien käyttö on helppo ja luotettava tapa nopeuttaa tiedon siirtämistä ja tunnistusta paikasta toiseen.

Viivakoodi koostuu itsessään optisesti luettavasta merkkijonosta, jossa jokainen numero tai merkki on koodattu siihen käyttäen erivahvuisia viivoja ja niiden välejä. Viivakoodilukija dekodaa eli tulkitsee halutun koodin ymmärrettävään muotoon, jotta sitä olisi helpompi tulkitä tietojärjestelmässä. Viivakoodin lukeminen perustuu automatiikkaan. Koodi voidaan lukea vaivattomasti pitkienkin matkojen päästä kohteesta. Tavallisesti käytettyjä viivakoodeja ovat EAN, code 39 ja 2/5 interleaved. EAN on lähinnä kaupanalan koodi, joka koostuu joko 13 tai 8 numerosta. Lähinnä teollisuudessa käytettyjä koodeja ovat code 39 ja 2/5 interleaved. Nämä sisältävät numeerista tietoa ja code 39:ään saadaan kirjaimetkin koodatuksi [12; 16; 18].

Teollinen viivakoodi code 39 koostuu leveistä ja kapeista viivoista. Jokainen merkki ilmaistaan viidellä viivalla ja neljällä välillä, kuten kuvassa 5 näkyy, joista kolme on aina leveätä ja kuusi kapeata. Viivakoodi loppuu ja alkaa aina tiettyyn ennalta määrättyihin aloitus- ja lopetusmerkkeihin.



**Kuva 5.** Viivakoodi Code 39.

Toinen teollinen viivakoodi on Interleaved 2/5, joka on pelkästään numeroihin nollasta yhdeksään (0-9) perustuva koodi. Koodi koostuu viidestä elementistä, joista aina kolme on kapeita ja kaksi leveitä. Kuvassa 6 on ensimmäisen merkin kohdalla viivoja ja seuraavan merkin kohdalla viivojen väli. Koodin alku ja loppu koostuvat numeroimattomasta alku- ja loppumerkistä, jotka ovat aina tummia elementtejä [16; 18].



**Kuva 6.** Viivakoodi Interleaved 2/5.

### 2.6.2. Tiedonkeruupääte

Tiedonkeruupääte on käsikäyttöinen kannettava tietojärjestelmä, jonka avulla saadaan jäsenettyä tietoa tapahtumien kulusta. Tiedonkeruupäätettä käytetään esimerkiksi varaston tuotenimikkeiden selvittämiseen ja saldomäärien kirjaamiseen. Nämä toimenpiteet tapahtuvat aina työn ääressä ja reaaliaikaisesti. Täten se nopeuttaa tiedonsaantia. Myös virheiden määrä pienenee tapahtumakohtaisesti. Varastotasot on helppo pitää ajan tasalla ja samalla voidaan olla varmoja nimikkeiden todenmukaisuudesta, mikä auttaa ylläpitämään haluttua palvelutasoa.

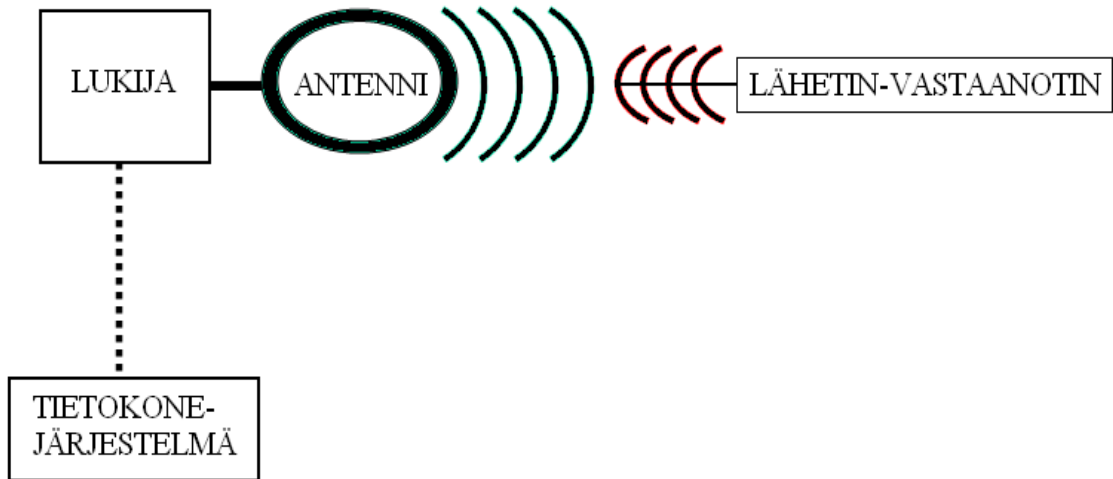
Tavarain tilaus ja inventointi on tehokasta, koska toimistossa ei voida tarkastaa järjestelmän oikeellisuutta. Langaton tiedonkäsittely antaa mahdollisuuden kerätä asiakkaan ostamien tavaroiden myyntitiedot sitä mukaa kun ne vähennetään varastosaldoista. Tämä takaa välittömän toiminnan ilman viiveitä tai erillisiä siirtoaikoja tavarain liikkeessä reaaliaikaisesti paikasta toiseen. Langaton tiedonkeruu perustuu usein WLAN-verkkotekniikkaan tai käsipäätteitä käyttäessä erillisiin laiteratkaisuihin [14].

Toinen ratkaisu varaston tietojärjestelmän hallintaan ja valvontaan on käyttää trukkipäätettä. Tämä ei eroa suuresti tiedonkeruupäätteestä, vaan varaston suuruus ja sen rakenne edellyttävät tuotteiden siirtelyn ja kuljetuksen vain trukin avulla. On järkevää käyttää trukkipäätettä varastotietojen käsittelyssä, koska reaaliaikainen materiaalivirta saadaan aikaan trukilla. Trukkipääte edellyttää tietojen keräämiseen usein viivakoodilukijan käyttöä [14].

### 2.6.3. Saattomuisti (RF-ID)

Saattomuisti on eräänlainen tunnistusmenetelmä, jossa tuotannon aikana kappaleeseen liitetyn muistin sisältöä voidaan muuttaa. Kappaleen automaattinen tunnistaminen mahdollistaa ajan tasalla olevan tietokannan päivittämisen ja ongelmien välttämisen. Saattomuistin avulla valitaan esimerkiksi kahden eri toiminnon väliltä seuraava oikea toimenpide halutulle kappaleelle sen edellyttämällä tavalla. Saattomuisti voidaan toteuttaa esimerkiksi sähkömekaanisin, magneettisin ja optisin tunnistein tai RF-tekniikalla.

RF-ID tunnisteen ovat radiotaajuuksilla toimivia etätunnistusteknologioita. RF-ID-järjestelmiin kuuluu RF-ID-lukija, -tunniste ja taustajärjestelmä. RF-ID-lukijan sisältöä voidaan lukea ja kirjoittaa ilman, että kohteen ja kontaktin välillä olisi näköyhteyttä. RF-ID-kohteeseen kiinnitetään jokin tunnistamiseen soveltuva osa esimerkiksi tarra tai implantti, jossa tieto ilmenee. Lukuetäisyydet riippuvat standardista ja taajuusalueesta. Täten lukija ja tunniste keskustelevat keskenään radioteitse tietyllä taajuudella, katso kuva 7 [14].

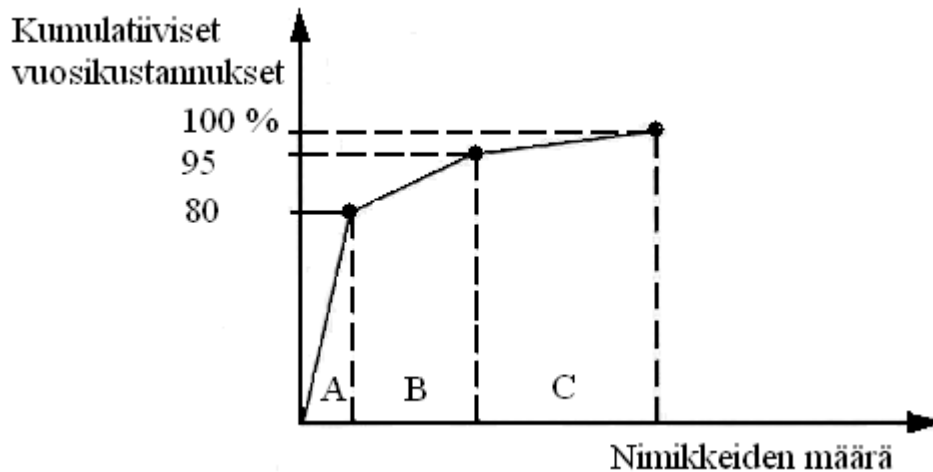


*Kuva 7. RF-ID:n periaatteellinen toiminta.*

## 2.7. ABC-analyysi

ABC-analyysillä erotellaan merkittävät asiat vähemmän merkityksellisistä. Tätä analyysiä käytetään varastojen ohjaukseen siten, että keskitytään tuloksellisesti vain olennaisiin tuotteisiin. Tässä tapauksessa sitä käytetään materiaalivarastojen analysointiin, joka perustuu nimikkeiden luokitteluun niiden arvon perusteella raaka-ainevaraston vuosikulutuksessa. Materiaalivarastoista analyysillä selvitetään materiaalihankinnan kehityskohtien etsintä ja sen ohjausperiaatteiden suunnittelu, jota hyödynnetään varastonimikkeiden valvontaperiaatteisiin. Jokaisella nimikkeellä on kuitenkin edelleen mahdolliset tilauspisteensä, eräkokonsa tai maksimisaldonsa.

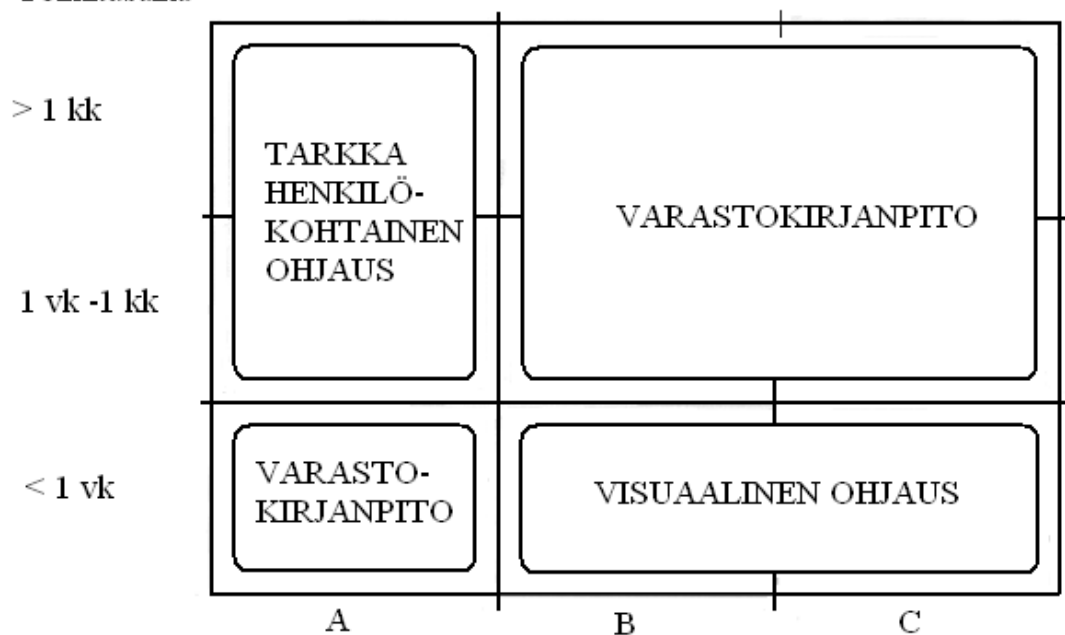
ABC-analyysi on uudempi käyttösovellus vanhasta 20/80-säännöstä, jossa yhden esimerkin mukaan 20 % nimikkeistä aiheuttaa 80 % vuosikulutuksesta. [4, s. 431.; 6] Pääomakustannusten erottuminen on selkeämpää ABC-luokittelua käytettäessä. Siksi taloudellisesti tärkeiden nimikkeiden ohjaus on muita tärkeämpää. Yleensä luokittelu tapahtuu vain A- ja C-luokkiin. Tarkka valvonta ja ohjaus perustuvat ainoastaan A-luokan nimikkeisiin, jotka ovat merkittävimpiä arvoltaan kuin muut. B-luokan nimikkeitä valvotaan normaalilla tasolla. Pieniin ja vähäarvoisiin C-luokan nimikkeisiin käytetään paljon karkeampia menetelmiä. Vuosikulutusarvoltaan suurimmat nimikkeet kuuluvat A-luokkaan, ja vuosikulutukseltaan vähäiset nimikkeet C-luokkaan, kuten kuvassa 8 on asia esitetty [4; 9].



*Kuva 8. ABC-analyysi.*

A-luokan nimikkeiden lukumäärä pidetään pienenä varastossa ja C-luokan nimikkeiden määrä on käyttönsä ohella suurin, vaikka näiden kiertonopeus varastossa olisikin alhainen. Kuvassa 8 on sovellettu luokkien kokoa seuraavalla tavalla. A-luokan koko on 15 %, B-luokan koko on 30 % ja C-luokan koko on 55 % varaston nimikemäärästä [4, s. 431.]. Pelkästään ABC-analyysi ei yksistään riitä varastonimikkeiden varastovalvontaperiaatteiden suunnittelussa, koska se perustuu vain vuosikulutuksen huomioon ottamiseen. Täten selvittämättä jää varastonimikkeiden toimitusajat, jotka vaihtelevat alle viikosta yli kuukauteen. Vuosikulutuksen ja toimitusajan yhteyden perusteella määritetään varastovalvonnan periaatteet ja valvonnan tarkkuus. Kuvassa 9 on selvitetty ABC-luokituksen ja toimitusajan mukaisesti materiaalien hallinnan vuorovaikutusta toisiinsa [4; 6].

#### Toimitusaika



*Kuva 9. Esimerkki materiaalinhallintamenetelmästä.*

Luokituksen tavoitteena on saada tasainen virta ja varastotasojen hallinta A- ja B-nimikkeille. Vastaavasti C-nimikkeiden kustannukset minimoidaan ilman, että se uhkaa niiden saatavuutta. A- ja B-luokan nimikkeet ovat oleellisia tuotteita, joiden toimituserät mitoitetaan pieniksi ja täydennys suoritetaan muuttuvilla eräkoilla. Näille on ominaista säännöllisen tiheä täydennysrytmi sekä nimikkeiden tehokas liikkuminen. C-nimikkeiden menekit ovat vaikeasti ennustettavissa ja ne ovat määrällisesti suuria ja paljon ohjaustyötä vaativia, joten täydennystilausten eräkoot ovat useamman kuukauden suuruiset. Näiden nimikkeiden määriin voidaan vaikuttaa standardoinnilla, ulkoistamisella ja käyttövarastoinnilla [9].

### **3. NYKYINEN VARASTO**

Nykyinen varastoalue sijoittuu kokoonpanolinjaston yhteyteen ja koostuu muun muassa seuraavista osatekijöistä kuten, kuormalavahyllyistä, osakokoonpanotarvikehyllyistä, kaapelihyllyistä ja sähkö- ja huoltotarvikkeista. Lisäksi alueella on valmiiden laitteiden koekäyttötila ja sen valvomo. Atk-järjestelmällä hallitaan kaikkia kulutettavia materiaaleja kuten nesteitä, huolto- ja varastotarvikkeita. Pääasiassa kaikki mahdollinen materiaalin liike kohdistuu varastojärjestelmään, joten saldo- sekä tilatietojen seuranta ovat mahdollisia vain sen avulla. Ainoastaan kokoonpanon välittömässä läheisyydessä olevat osakokoonpanohyllyihin sijoitetut erikois- ja C-osat ovat vain visuaalisen valvonnan vastuulla.

Varastossa on jokaista komponenttia tai osaa vastaava tuotekoodi, jolloin samaan ryhmään kuuluvat tuotteet jakautuvat tuoteperheisiin tuotekoodin avulla. Tuotekoodi koostuu kahdeksasta numerosta, joka on ryhmitelty tuoteryhmien mukaan siten, että samaan ryhmään kuuluvat tuotteet ovat tietyn ryhmäkohtaisen tunnuksen alla, ja vain koodin loppuosa erottaa samassa ryhmässä olevat tuotteet toisistaan. Tämän tuotekoodin avulla kirjataan kaikki muutokset varastojärjestelmään joko varastosta oton tai varastoon laiton yhteydessä. Valvontajärjestelmä ilmoittaa kappaleetavarat lukumäärinä ja nesteet tilavuusmittoina.

Saldomäärä kertoo varastossa olevan sen hetkisen kappalemäärän nimikekohtaisesti. Liian alhaalle laskenut saldomäärä aiheuttaa hälytyksen. Hälytyksien perusteella tilataan uusi erä varastoon saatavuuden takaamiseksi. Suuret tilauskannat näyttävät ennakoarvion tarvittavista kappalemääristä. Täten suuri tilauskanta nostattaa kappalemäärät perustilauksia suuremmaksi. Perustarpeen ja sesonkitilauksen valmiiksi saaminen ajoissa lähetyskuuntoon vaatii varastojärjestelmän huolellista seuranta, koska toimitusaikoja ei useinkaan voida lyhentää.

#### **3.1. Rakenne**

Varaston saldomäärät niiden tarvitsemaan tilankäyttöön on jakautunut seuraavalla tavalla. Sähkötarvikkeet, joihin luetaan kaikki niihin liitettävät komponentit ja erillinen kaapelikelahylly ovat määrällisesti suurin tuoteryhmä. Toisena ovat C-luokan osat eli esimerkiksi ruuvit, mutterit ja aluslevyt. Näiden määrä on huomattavan suuri eri asennustöissä käytetyistä osakoista johtuen. Tavarantoimittajilta tilatut valmiit moottorit, generaattorit, kontit ja sekä niiden tarvikkeet ovat määrällisesti vain kohtuu suuria, mutta niiden tilan tarve on suuri. Huoltotarvikkeiden määrä ja varaston kapasiteetti on joukon pienin.



Kaikki sähkötarvikkeet paitsi kaapeleita lukuun ottamatta ovat sijoitettu tilan säästämisen takia koekäytön valvomon katolle, katso kuva 10. Nämä tarvikkeet sijaitsevat pääsääntöisesti laatikoissa, joten siellä on sen mukaiset hyllyt niitä varten. Näin ollen tästä ei aiheudu suuria varaston pinta-alan menetyksiä. Kaapelikelat ovat puolestaan tavaran vastaanoton suuntaisella seinustalla oviaukon läheisyydessä. Tilan säästämiseksi pienemmät kaapelikelat on ripustettu metallitankojen varaan toistensa päälle.

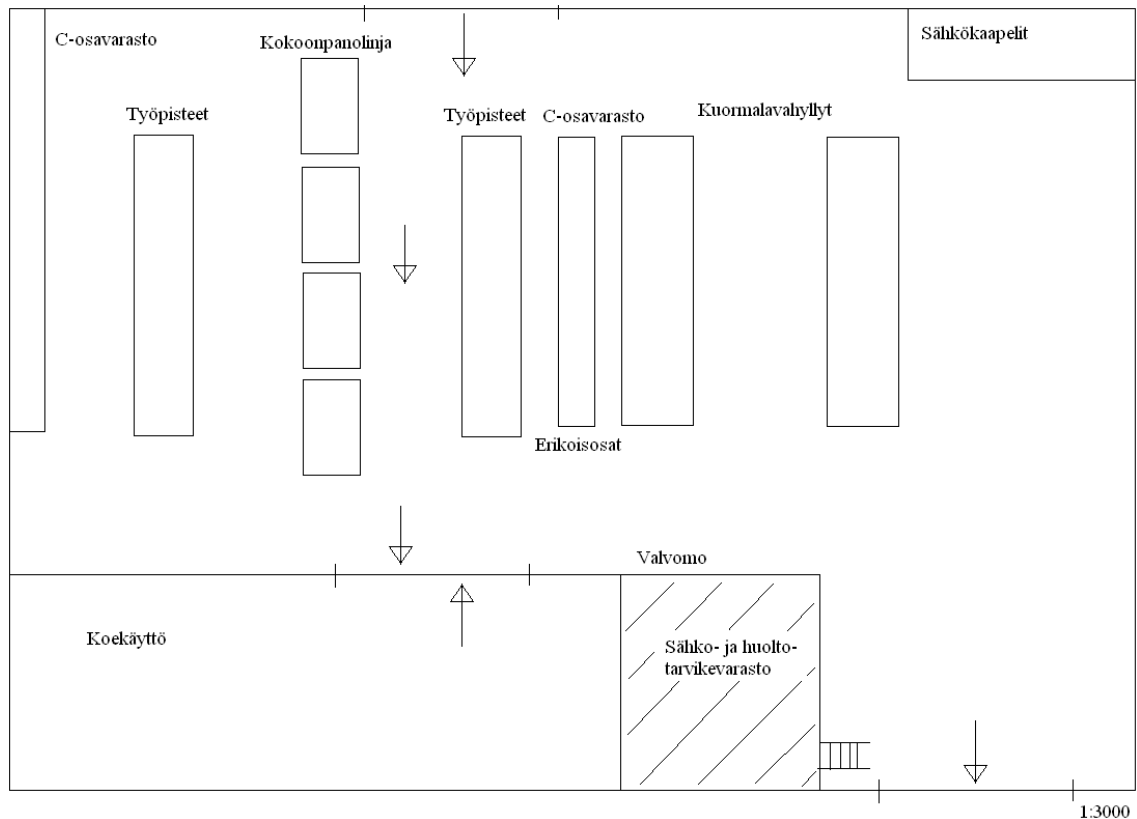
Moottorit ja generaattorit ovat pääsääntöisesti varastoituina pressuhallissa kesäaikaan pihalla tai katoksessa. Talvella ja muutenkin huonolla säällä niitä voidaan säilyttää myös kuormalavahyllyissä. Kokoonpanovaiheessa osa moottoreista ja generaattoreista saatetaan sijoittaa kokoonpanotilaan toisiinsa liittämistä varten. Tämä nopeuttaa asennustyötä kun moottori-generaattoripaketti on valmiina ennen varsinaista asennusvaihetta. Tällä tavalla saadaan puskurivarastoa kokoonpanolle.

Kontit varastoidaan yleensä taivasalle. Kiireellisissä projekteissa osa konteista voi olla myös pressuhallissa. Tilan käytön takia niitä ei voida useinkaan sijoittaa montaa suojaan samanaikaisesti, vaikka sääolojen vaikutus heikentäisikin maalipintoja. Talvella ja kylmissä olosuhteissa ennen kokoonpanon ja asennusten aloittamista kontin annetaan saavuttaa kokoonpanohallin lämpötila ennen minkäänlaisia toimenpiteitä. Sisälle kontit otetaan muutenkin vain juuri ennen asennustyön aloitusta.

C-osat varastoidaan kokoonpanohalliin työpisteiden välittömään läheisyyteen, katso kuva 10. Osat ja muut kokoonpanoon tarvittavat komponentit ovat lajiteltu asennusjärjestyksen mukaan oikeihin paikkoihin odottamaan vuoroansa. C-osat koostuvat pääsääntöisesti mutterista ja ruuveista. Ne sijaitsevat niille tarkoitetuissa hyllyissä. Muita kokoonpanolle välttämättömiä osia voidaan säilyttää myös kuormalavahyllyjen alemmilla tasoilla, jotta niiden saanti olisi helppoa kokoonpanotöiden nopeuttamiseksi.

Huoltotarvikkeet on varastoitu sähkötarvikkeiden kanssa samaan varastotilaan koekäytön valvomon päälle niin, että ne sijaitsevat eri hyllyissä ja omalla hyllyrivillään, kuva 10. Esimerkiksi suodattimien ja logiikkaohjainten säilytys ei vaadi erillistiloja tai -menettelyjä, vaan ne voidaan varastoida vaikka sekatarvikevarastoon. Kaikki tarpeeton lattiapinta-ala on supistettu mahdollisimman pieneksi, jotta kustannuksia on saatu pienennettyä. Täten kontit, moottorit ja generaattorit pyritään varastoimaan ulos tilanpuutteen takia.

Kuormalavahyllyjen alimmilla tasoilla säilytetään kokoonpanossa ja asennuksessa tarvittavia erikoisosia. Niiden rakenne koostuu mekaanisista liitososista, joita tarvitaan asennuksen yhteydessä aina tietty lukumäärä yhtä konttia kohden. Nämä ovat kooltaan suurehkoja ja niiden havaitseminen on helppoa lukumääriä arvioitaessa. Kyseisten osien tärkeys näkyy erityisesti tulevissa puutteissa, koska moottorin toimintakuntoon asentaminen on tällöin mahdotonta.



**Kuva 10.** Kokoonpanohallin layout tarvikevarastotiloineen.

Materiaalinen erilaisuus varaston rakenteen mukaan ABC-analyysiä ilmenee seuraavanlaisesti. Sähkötarvikkeiden ja niiden komponenttien osuus on noin 50 %. Moottorit, generaattorit ja kontit ovat 20 % ja C-osat 30 % koko varaston nimikkeistä. Tämä ei kuitenkaan vastaa perinteistä ABC-analyysiä aivan tarkasti, koska kokoonpanon tärkeys on eri asia kuin varastossa olevat nimikkeet. Nimikkeistä tärkeimmät ovat ehdottomasti moottorit ja generaattorit, joten ilman niitä ei voida sähkötöitä aloittaa. C-osat taas takaavat moottoreiden ja generaattoreiden asennuksen ja liittämisen paikalleen, joten ilman C-osiakaan ei tule valmista kokonaisuutta aikaiseksi. Täten C-osien tärkeys on myös huomattava tekijä, vaikka niihin sidottu arvo on varaston pienin.

### 3.1.1. Valvontaperiaate

Varstovalvonta suoritetaan perinteisen atk-järjestelmän avulla, johon ei ole liitetty kehittyntä automatiikkaa. Kaikki varastotapahtumat tehdään järjestelmään manuaalisesti. Jokainen nimike löytyy tuotekoodin avulla järjestelmästä, ja halutun toiminnon aikaansaamien tapahtuu kyseisen tuoterivin kohdalla hiirellä valittaessa. Saldomäärät ilmenevät mustina, vihreinä tai punaisina väreinä kappalemäärien kohdalla. Vihreä väri ilmaisee, että kyseistä tuotetta on tietty määrä varastosta saatavissa. Punainen väri kertoo alitetun saldon, jos jostain syystä on tehty virheellinen vähennys. Musta väri ilmaisee tuotteen olevan loppu tai varattu johonkin muuhun tilaukseen.

Moottorit ja generaattorit aiheuttavat suurimmat varastointikustannukset, joten niiden tilauskannan pitää olla tilauskantojen mukaisella ajan tasalla. Moottoreiden ja generaattorien lukumäärä on aina 1:1 yhtä konttia kohden, joten niiden tilausmäärä on yhtä suuri. Nämä laitteet yhdistetään toisiinsa ja sijoitetaan kontin sisälle kokoonpanon alkuvaiheessa. Näiden varastovalvonta suoritetaan aina tilauskantojen mukaisesti, joten varastoon ei jää muuta kuin ennakkotilauksen vaatima lukumäärä, joten varsinaista valvontaa ei ole syytä suorittaa. ABC-analyysiin viitaten edellä mainitut tuotteet ovat varaston tärkein ja oleellisin kustannusten aiheuttaja eli A-luokan nimikkeet. Keskinäisessä kustannusvertailussa moottorit ovat generaattoreita kalliimpia.

B-luokan nimikkeet ovat sähkötarvikkeet ja niiden komponentit. Näitä valvotaan perinteisen varastojärjestelmän mukaisesti. Niiden määrä varastossa on niin laaja, että tilaus joudutaan suorittamaan aina tietynsuuruusina eräkokoina. Tästä johtuen varastosaldot eivät useinkaan pidä paikkaansa, koska yksittäisvähennysten määrä on varastosta tarpeetonta. Tämän takia tapahtuma merkitäänkin usein suurempana vähennyksenä kuin mitä todellinen tarve oli. Jos esimerkiksi tarvitaan tiettyä nimikettä kolme kappaletta, ja saldo on viisi tuhatta, niin vähennys tapahtuu tilatun eräkoon mukaan. Avattua pakettia tai pussia ei siis jätetä varastoon lojumaan, vaan se kirjataan kokonaan otetuksi.

Sähkötarvikkeiden ylimitoitetusta määrästä johtuen niiden tarve on kohtuullinen kokoonpanon kannalta. Nimikkeiden paljoudesta kertoo myös se, että ongelmien sattuessa voidaan turvautua oman varaston tarjontaan tietyn aikaa ilman tavarantoimittajien apua. Monissa ennalta odottamattomissa tapauksissa voidaan myös improvisoida tarpeen mukaan, koska erikoisimmat komponentit vaativat aina enemmän kuluja ja odottelua tavaran saavuttua varastoon. Toisaalta hintaluokka vaihtelee laidasta laitaan, mutta pääsääntöisesti tarpeen ja kustannusten pienuudesta johtuen sähkötarvikkeita voidaan pitää vähemmän tärkeinä kun C-luokan osia.

C-luokan osia valvotaan visuaalisesti ja aina tietyn nimikkeen vähetessä tehdään ilmoitus lisätilauksen tarpeesta tilausvastaavalle. Näiden tilauksien määrät tehdään aina tietyn eräkoon suuruusina ja satunnaisesti. Yleensä hyllyt tarkastetaan säännöllisin väliajoin, mutta on myös mahdollista saada ylimääräinen tilaus ennen varsinaista tilausta. Hyllyt täytetään yleensä kerran viikossa. Kustannuksiltaan C-luokan osat ovat halpoja, ja niiden käyttöaste on kohtuullisen hyvä. Tärkeudessa ne ajavat sähkötarvikkeiden ohitse, koska tiettyjä liitoksia ja kiinnityksiä ei voida toteuttaa muullakaan tapaa.

### **3.1.2. Varaston ongelmia**

Jokaisen yrityksen varastovalvonnassa ja varastossa ilmenee joskus ongelmia. Tyypillisiä ongelmia ovat tässäkin tapauksessa esimerkiksi sähköisen tiedonkulun ongelmat kuten sähkökatkot ja ohjelmistoviat tietojärjestelmässä. Toinen ja varsin yleinen ongelma on huolimattomat otto- tai kirjaustapahtumat varastossa. Virheellisten saldomäärien pohjalta tehdyt tilaukset tai varaukset aiheuttavat sekaannusta todellisten määrien selvittämisessä. Huolimaton lisäys varastoon väärälle varastopaikalle aiheuttaa

virheellisen tuotenimikkeen paikoituksen. Varaston täytyttyä tilan puute ja ahtaus vaikeuttavat lähtevien ja tulevien tuotteiden liikennöintiä lattiatasolla.

Seuraavaksi käsitellään erityisesti tämän yrityksen varaston ongelmia eikä keskitytä muiden yritysten varastoihin. Lähtökohtana on se, että kokoonpanolinjalla kaikki sujuisi joustavasti ja ilman osapuutteista aiheutuvia tuotantokatkoja. Tämän asian saattamisessa kuntoon pääpaino on varaston kapasiteetin tehokkaalla hyödyntämisellä. Tarve määrittelee, mitä varastoon hankitaan. Täten alihankinnasta ja tavarantoimittajilta tulevien tuotteiden toimitusaikojen pituuteen ei juurikaan voida vaikuttaa, koska tuotteen valmistaminen tai toimittaminen vaatii aina tietyn minimiajan. Tämän ajan minimoimiseen pyritään aina, mutta joskus jostain syystä toimitukset venyvät pitkiksi.

Normaalin toimitusajan pituus on muutamasta viikosta yli kuukauteen. Tämä johtuu toimitettavan tavaran valmistusmenetelmistä ja materiaalin hankinnasta. Kaikki nämä asettavat tietyt tavoitteet jokaiselle osa-alueelle, jotka rakentuvat tuotteen valmistuksesta aina tuomitukseen asti. Toimitusajan aikana varaston kapasiteetin pitää palvella yrityksen hankintoja ja kysyntää tuotannollisen valmistuksen osalta. Kun kokoonpano on jatkuvaa, niin varaston mitoitus toimitusaikojen mukaan on hyvin tärkeä tekijä tuotannollisen jatkuvuuden kannalta. Täten varastorajat on asetettava riittävän suuriksi, että tavaran tilauksen ollessa ajankohtainen sitä riittää toimitusajan yli.

Atk-järjestelmällä varustettu varastoalvonta näyttää sen hetkisen tilanteen, joten tilausten uusiminen liian alhaisten saldorajojen ilmetessä pitäisi olla varsin helppoa. Aina näin ei tietenkään ole, jos täydennystilaus ei kata kysyntää tai toimittaja ei pysty toimitusaikana toimittamaan kuin vain ennalta sovitun erän. Yrityksen tilauskantojen äkillinen kasvu aiheuttaa materiaalivirtojen lisääntymistä huomattavasti. Tällöin valvontajärjestelmä joutuu tehokkaan kuormituksen alaiseksi tuotenimikkeiden jatkuvan saannin takaamiseksi kokoonpanon käyttöön. Varaston päivitys nimikkeiden määrän takia saattaa aiheuttaa ruuhkaa ja mahdollisia virheitä varaston saldoissa.

Varastotapahtumien todenmukaisuus on epäilyttävää manuaalista tapaa käytettäessä, koska tuotekoodit ovat kahdeksan numeroa pitkiä. Tämä aiheuttaa monesti turhan suurta vaivaa ja ruuhkauttaa päätettä niitä järjestelmään kirjattaessa. Jos sattuu olemaan useampi tuote kyseessä, manuaalinen tapa on todella hidasta. Lisäksi nimikekohtainen tuotekoodi on aina kirjattava ensin erilliselle lapulle, kun se voidaan vähentää järjestelmästä loppuksi. Tuotenimikkeiden kirjaaminen järjestelmään ei ole kovin yksinkertaista, koska näppäilyvirheiden riski lisääntyy koko ajan, ja joskus tuotekoodittomia nimikkeitä on vaikea löytää järjestelmästä.

Varastosta otto voi aiheuttaa myös saldomäärissä virheitä, jos ei vähennetä tuotetta heti tai unohdetaan sen vähennys kokonaan. Poikkeavia vähennyksiä näkee aina jonkin nimikkeen kohdalla kun pussi tai laatikko on avattu ja kyseistä tuotemäärää ei ole vähennetty saldosta. Asia on tietenkin helppo korjata, mutta lisätilauksen määrä ei aina riitä takaamaan tuotteita riittäväksi aikaa tulevien tarpeiden osalta. Saldomäärien virheellisyys on yleisempiä vikoja varastossa, kun tietty nimike lähenee tilausrajaa ja niiden väärä lukumäärä aiheuttaa turhia odotuksia kokoonpanon osalta.

Kokoonpanolinjaston lähellä olevien C-osahyllyjen visuaalinen valvonta ei ole erehtymätön, koska kiireessä valvonta jää työntekijöiltä vähemmälle ja osapuutteiden sattuessa tilauksen saaminen työnjohdolta toimittajalle asti kestää usein pidempään kuin normaalitilanteissa. Tiedonkulun ongelmat ovat usein yleisiä, kun ne eivät saavuta määränpäättä, koska siitä ei ole mitään todellista muistutusta olemassa. Täten kaikki lisätilaukset ovat yrityksen kokoonpano-osaston organisaation varassa. Perusnimikkeiden kohdalla, joita ei voi itse valmistaa, valvonta tapahtuu itse tavarantoimittajan taholta, vaikka tilauspyyntö tulee itse tilaajalta. Näitä nimikkeitä ovat esimerkiksi mutterit ja aluslevyt, joiden tilauskatsaus on noin kerran viikossa.

Erikoiskomponentteja ei voida toimittaa äkkiä. Jos ne jostain syystä pääsevät loppumaan kesken kokoonpanon, on niiden saanti nopeasti hankalaa. Näitä komponentteja ei voida toimittaa äkkiä sen takia, koska niiden toimitus tapahtuu usein erätilauksina ja alihankkijat sijaitsevat ympäri maailmaa. Toimitusaikojen pitkästä kestosta johtuen niitä ei saa päästää loppumaan kesken.

Pahimpien puutteiden sattuessa ajankohtaiseksi saatetaan käyttää jo koekäytettyjen laitteiden komponentteja vaihtamalla niitä ristiin valmistumassa oleviin. Tällöin nämäkin voidaan todentaa asiakkaalle tietyn normin mukaiseksi. Tämä lisää jonkin verran keskeneräisen työn määrää, mutta lisää huomattomasti ylimääräistä työtä, kun organisaatio ei toimi oikealla tavalla oletettujen sääntöjen osalta. Suurin syy tähän on hierarkiarakenne ja välinpitämättömyys isossa yrityksessä.

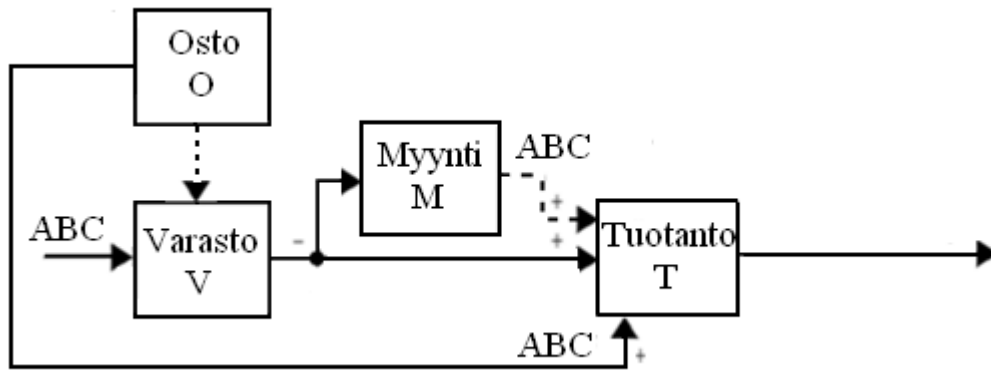
### 3.1.3. Varastomalli

Varaston suuruuteen ja materiaalivirtaan vaikuttavia muuttujia ovat tuotanto aikayksikössä, myynti- ja ostotapahtumat. Kuvassa 11 on laadittu nykyisestä varastosta pelkistetty hallintamalli. Siinä  $V$  on alkuvarasto, jossa kaikki eri tuotteiden kappalemäärät sijaitsevat. Mallin muut muuttujat ovat ostotapahtuma  $O$ , myyntitapahtuma  $M$  ja tuotanto  $T$ . Kuvassa 11 materiaalivirran kulkua kuvaavat musta yhtenäinen sekä katkonainen viiva eri muuttujien välillä. Yhtenäinen viiva kuvaa heti tapahtuvaa toimintoa eri muuttujien välillä kun toiminnon aiheuttajan täytyy heti. Katkonainen viiva kuvaa taas tilannetta, jossa materiaalivirran kulku on myös mahdollisesti viiveellistä sen siirtymäkohdassa kahden eri toiminnon välillä. Tämä kuvastaa hyvin sitä, että kuinka hidaskäyttö voi olla, jos tarvittavien osien ja komponenttien saaminen viivästyttää tuotantoa.

Tuotannon läpimenoajan kasvu lisää ongelmia ja valmiiden tuotteiden määrä hidastuu normaalista tuotantovauhdista. Tuotannon hidastuessa varastossa olevat kappalemäärät varataan tällöin tilauskannan käyttöön, mikäli se nopeuttaa tuotantoa. Samalla varaston materiaalivirta ABC-nimikkeiden osalta kasvaa varastotoimintojen lisääntyessä. Tämä edellyttää joustavaa ja tehokasta tuotannonohjausta. Varaston pitää pystyä siis palvelemaan tuotannon tarpeita tärkeysjärjestyksessä, vaikka muutokset tapahtuisivat varastosta lisäämällä tai vähentämällä kappaleita.

Suunnitteluosasto suunnittelee uusia tai hyödyntää vanhoja tuotteita uudestaan tuotannon tarpeisiin. Suunnittelun kehittäessä vällan uusia nimikkeitä, niitä voidaan

hankkia varastoon kokoonpanoa varten. Suunnittelu ei varsinaisesti lisää varaston nimikkeiden kappalemääriä, mutta sen vaikutus uusien nimikkeiden syntyyn on mahdollista, jos niistä katsotaan olevan apua tuotannossa. Kun uudet nimikkeet ovat todettu hyväksi kokoonpanossa, niitä voitiin hankkia varastoon palvelemaan tuotannon tarpeita. Kuvan 11 mallia on yksinkertaistettu siinä määrin, että siinä on vain huomioitu päätekijöiden vaikutus materiaalivirtaan.



*Kuva 11. Varastomalli muuttujineen.*

Tässä ostotapahtuma täydentää varaston tuotteiden kappalemääriä, mikäli siihen on tarvetta tuotantoon varattavien osien osalta. Lähinnä osto tukee myyntiä ja tuotannosuunnittelua, joten varaston ja oston yhteysvaikutus on karkeasti  $V + O \geq T$ . Tuotannon suuruus pitkässä ajanjaksossa vastaa myynnin ja suunnittelun suuruutta.

Varaston eri nimikkeet tässä tapauksessa indeksoidaan indeksillä  $i$  ja työpäivästä käytetään indeksiä  $k$ . Yhden työpäivän tilauskantaa hetkellä  $k$  kuvataan muuttujalla  $A(k)$ . Muuttujalla  $M(k)$  kuvataan työpäivän myyntiä ja päiväkohtaisesti valmistuneita ja sekä toimitettuja tuotteita kuvataan muuttujalla  $T(k)$ . Myynti kasvattaa tilauskantaa ja sekä ja tuotantoa lisäämällä tilauskantaa saadaan pienennettyä. Tilaukskannan muutos voidaan halutessa ilmaista differenssiyhtälöllä (3). Tilaukskannan uudeksi arvoksi  $A(k + 1)$  saadaan kun työpäivän  $k$  tilaukskannan arvoon  $A(k)$  on lisätty myynnin vaikutus ja vähennetty toimitusten määrän vaikutukset työpäivän  $k$  aikana.

$$A(k + 1) = A(k) + M(k) - T(k) \quad (3)$$

Saman työpäivän  $k$  aikana varastosta vähennettyjen kappaleiden lukumäärä kuvataan nimikekohtaisella muuttujalla  $L_i(k)$ . Varastoon ostettujen kappaleiden lukumäärät  $O_i(k)$  työpäivän  $k$  aikana kirjataan saman päivän päätteeksi varastoon. Tällöin ne saadaan käyttöön varastosta seuraavan päivän aamuna. Varaston materiaalivirran kehitystä kuvataan differenssiyhtälöllä (4). Tällä tapaa saadaan varaston arvo yhden työpäivän  $V_i(k - 1)$  alussa, joka on yhtä kuin edellisen työpäivän alussa vähennettynä sitä edellisen työpäivän aikana varastosta otetut kappalemäärät ja lisättyinä saman työpäivän lopussa varastoon tuodut kappalemäärät.

$$V_i(k + 1) = V_i(k) - L_i(k) + O_i(k) \quad (4)$$

Tilaukkan ja varaston alkutilan haluttua tarkastelujaksoa merkitään alussa  $k = 0$ , jos oletetaan varaston kaikki materiaalivirrat olevan pysähdyksessä. Ensimmäistä työpäivää kuvaa  $k = 1$ , toista työpäivää kuvaa  $k = 2$  ja niin edelleen. Varastomalli jakautuu tilaukkan ja tuotannon malleihin, jotka määrittelevät tarvittavien kappaleiden lukumäärät kutakin nimikettä kohden valmiin tuotteen valmistamiseksi. Aivan uuden tuotteen kehitys tuotannon käyttöön laajentaa varaston toimintaa, jos uusi tuote vaatii täysin erilaisen rakenteen kuin varastosta saatavilla kappaleilla on.

### 3.2. Kokoonpanolinjaston toimenkuva

Kokoonpanolinjastolla kootut diesel-generaattori-konttipaketit ovat asiakkaan tilaamia toimituksia yritykseltä, jotka kokoonpannaan alihankintana tilauksien perusteella. Jokaisen tilauksen yhteydessä tarvitaan kutakin konttia ja moottoria kohden tietty määrä komponentteja ja muita tarvittavia kokonaisuuksia kuten sähkökaappi, moottorin erikoisosat, generaattori ja sähkötarvikkeet. Osien ja tavaroiden saapuessa aloitetaan välittömästi kokoonpano kiireellisimpien toimitusten osalta. Muuten ennakkoon saapuvat toimitukset odottavat vuoroaan niille määrätyissä varastopaikoissa.

Työnjohto valvoo koko kokoonpano-osaston toimintaa ja puuttuu epäkohtiin niiden sattuessa. Kaikki ongelmat ja huomautettavat asiat ilmoitetaan työnjohdolle, mikäli asioita ei pystytä ratkaisemaan ilman työnjohtoa. Sähkö- ja konesuunnittelijat huomioivat ja päivittävät tilauskohtaiset kuvat jokaista konttia kohden, koska usein niissä esiintyy asiakkaan toiveesta optimimahdollisuuksia. Myynti ja osaston johto tukevat toisiaan ja ilmoittavat tulevista laitehankinnoista aina kenttätasolle asti. Osaston johdon tehtävä on tehdä yritystä tunnetuksi ja saada mahdollisimman monta kauppaa aikaiseksi. Tämän yhteydessä myyntimiehet esittävät tarvittavat laitehankinnat ja niiden kustannukset kauppojen yhteydessä ja senkin jälkeen.

Mekaniikka- ja sähköasentajat tekevät työnsä siinä järjestyksessä kuin se suinkin on pakollista tai mahdollista toistensa työvaiheiden vaikutuksesta. Hyvän kokoonpanotahdin ylläpitämiseksi konteilla on aina tietty asennusvaihe päällä koko ajan. Kontteja on useampia jonossa eri työvaiheissa kokoonpanohallin lattialla. Kaikki mahdolliset ongelmatapaukset korjataan joko kokoonpanossa liitos- ja asennusvaiheissa tai siihen soveltuvassa metallipajassa. Toisaalta muutostöiden vaikutus hankaloittaa aina perinteistä kokoonpanoasetelmaa siinä määrin, että työvaiheet muuttuvat tärkeysjärjestyksessä asennuspisteestä toiseen. Ylimääräisen työn vaikutukset näkyvät erityisesti siinä, että viimeistelyprosessi viivästyy, koska kokoonpanotavat osat eivät sovi ilman muutoksia yhteen.

Kokoonpanovaiheen ollessa loppusuoralla kaikki valmiit kontit koekäytetään ja testataan sähköisen testauksen osalta. Asiakkaalle annetaan todistus siitä, että kaikki on testattu todellista työympäristöä vastaavassa tilanteessa ja vikatilanteiden sattuessa

järjestelmä kykenee toimimaan halutulla tavalla vahinkojen välttämiseksi. Valmiit koekäytetyt kontit siirretään pihalle tai toimitetaan suoraan asiakkaalle. Kaikki ongelmatapaukset alkukokoonpanosta valmiiksi tuotteeksi raportoidaan työnjohdolle. Ilmaantuvat ongelmat pyritään ratkaisemaan ennen kuin kontit saadaan lähetyskuntoon asiakkaalle.

Työnjohtona toimii valmistuspäällikkö, joka vastaa koko kokoonpanohallin toiminnasta yksin. Hänen vastuualueina ovat mekaaniset asennukset, sähköasennukset, koekäyttö ja konttien kunnon todentaminen ennen asiakkaalla toimitusta. Valmistuspäällikkö raportoi osaston johdolle ja ottaa vastaan uusia tilauksia myynti- ja suunnitteluosastoilta. Jokaisen tilauksen aikana valmistuspäällikkö organisoii kenttätasolla työntekijät kutakin konttia kohden päättämällä tavalla.



## 4. VIIVAKOODILUKIJAT

Viivakoodilukija lukee ja tallentaa viivakoodeja elektroniseen muotoon erilaisista painetuista pinnoista kuten paperista. Toiminta perustuu valonsäteen muuttamiseen signaaleiksi. Viivakoodilukijoita on olemassa kolme erilaista mallityyppiä, kynä-, käsi- ja automaattista mallia. Kynälukija pitää vetää viivakoodin yli tasaisella nopeudella, jotta laitteessa oleva fotodiodi mittaa takaisin heijastuvan valon määrän. Siitä saadun aaltomuodon avulla voidaan mitata viivakoodista vaaleiden ja mustien palkkien leveys.

Seuraavaksi esitellään muutamia erityisesti teolliseen käyttöön ja vaativiin olosuhteisiin soveltuvia viivakoodilukijoita ja niiden ominaisuuksia. Ensimmäisenä esitellään viivakoodilukija **Datalog Gryphon M130**. Se on langaton malli ja sekä helppo kytkeä **Bluetooth**-standardin kanssa maailmanlaajuiseen tietoliikenneverkkoon. Täten kommunikaatio pelaa muiden vastaavien laitteiden kanssa sujuvasti radiomoduulin avulla. Langaton yhteys on myös mahdollinen esimerkiksi kaikkiin tietokoneisiin, kannettaviin yksilöihin, matkapuhelimiin ja tulostimiin. Paremmat liitännämahdollisuudet ja variaatiot muuntavat laitteen sisäisiä ominaisuuksia, kuten Bluetooth-tekniikkaa käyttävä skanneri.

Toisena esitellään **Datalogic Quickcan Mobile** viivakoodilukija. Tämä laite soveltuu parhaiten erityisesti hintatietojen ja sitä vastaavien varastopaikkojen tarkkailuun sekä niiden toiminnan analysoimiseen. Laitteen ominaisuuksista mainittakoon langaton STAR-systeemi ja myyntimiesten mukaan markkinoiden luotettavin ja turvallisin järjestelmä. Se sisältää muun muassa nopean, helppokäyttöisen ja häiriöttömän radiotaajuuden käytömahdollisuuden 433/910 MHz kapeakaistaisella viestinnällä. Lisäksi Solid-state elektroniikan avulla saadaan luotua korkeatasoinen luotettavuus ja kestävyys verrattuna laser-käyttöisiin viivakoodilukijoihin.

Laite antaa valmiudet useampien ohjelmistosovelluksien käyttöön USB:n tai RS-232:n liitännämahdollisuuksien avulla. Helppokäyttöisyys ja laitteen lataus on mahdollista akun kautta ilman erillistä verkkoliitintä. Nämä antavat joustavan työskentelyn kenttäolosuhteissa. Datalogic Quickscan Mobile on patentoitu malli, joka pystyy keräämään tietoa käyttäen ulkopuolista tukiasemaa hyväkseen vaihtelevissa olosuhteissa. Kolmen vuoden takuu ja erinomainen viivakoodin lukunopeus säästävät kustannuksia luoden sille optimaalisen langattoman skannauksen. Tämä laite on ehdottomasti kaupanalan toimintoihin soveltuva viivakoodilaitetyyppi.

**Datalogic Dragon M** on teollisuuteen soveltuva langaton viivakoodilukija, jossa on kestävä ja luotettava mekaniikka. Se soveltuu meluisiin työympäristöihin summerinsa ja varmentavan kentän ansiosta, mitkä ilmoittavat tilatietojen onnistumisesta käyttäjälle. Paranneltu lukutekniikka parantaa huonojen ja epäselvien koodien lukua. Laitteen

kapasiteetti antaa paremman tuottavuuden ja joustavuuden työtehtävien hoidossa. Viestintä tapahtuu laitteen virtaa säästään radion taajuudella 433 MHz. Laitteelle on ominaista käyttää kaksisuuntaista viestintää tukiaseman välillä, joten aktiivinen vuorovaikutus mahdollistaa viivakoodin visuaaliseen lukemiseen [19].

Langaton Bluetooth-viivakoodilukija **Zebex Z-3051 BT** soveltuu kaupan, teollisuuden, logistiikan ja mobiilitiedonkeruun soveltuviin ympäristöihin. Laite ei tarvitse erillistä ajuria työasemassaan asennettaessa sitä tietojärjestelmään. Kapasiteettinsa ansiosta soveltuu suurten tuotantotilojen ja varastojen käyttöolosuhteisiin. EBEX Z-3051BT on huippuluokan langaton Bluetooth laser-skanneri RS-232 sarjaporttiliitännällä kaikkiin kaupan, teollisuuden, logistiikan sekä mobiilisti tapahtuviin sovellusympäristöihin. Viivakoodilukija toimii tietokoneen sarjaportin kautta kaikissa käyttöjärjestelmissä ilman erillisiä ajureita [18; 19].

#### 4.1. CPS-hyllyt

CPS-hylly on tarkoitettu erityisesti lukumäärältään pienille osille, joita on paljon tai raskaille osille, joilla on vaativa geometria. Näitä osia voivat olla esimerkiksi ruuvit, mutterit, aluslevyt, naulat ja kaikki pienet osakokonaisuudet, suuret kierretapit, venttiililohkot, joita ei yrityksen kannata itse ruveta valmistamaan erikseen. Helpommalla ja pienemmällä kustannuksilla nämä voidaan tilata tavarantoimittajilta erikseen. Yrityksen tarve näille erikoisosille on usein kohtuullinen, joten niihin käytetyt investoinnit ovat pieniä verrattuna siihen, jos ne tehtäisiin alusta loppuun omissa tuotantotiloissa. CPS-hylly takaa laatikoineen siistin järjestyksen eri osille sekoittamatta niitä keskenään toisiinsa, kuva 12.



*Kuva 12. CPS-hylly laatikoineen.*

CPS-hylly koostuu rungosta, jonka materiaalina on käytetty peltiä. Pelti on taivutettu haluttuun muotoon ja pinnoitettu muovilla. Näiden ansiosta se on helppo puhdistaa liasta ja kestää hyvin vaativia olosuhteita. Hyllyn laatikot on valmistettu polypropeenista ja niiden etureunaan voi tarvittaessa laittaa nimikelapun laatikoissa olevien tuotteiden tunnistamiseksi. Nimikkeiden lajittelu on syytä laittaa esimerkiksi mutterien ja ruuvien osalta siten, että ne ovat suuruusjärjestyksessä pienimmästä suurimpaan. Samaan hyllyyn kannattaa laittaa nimikkeitä, joiden vastinosat voidaan liittää keskenään yhteen [20].

#### **4.1.1. Kaksilaatikkojärjestelmä**

Kaksilaatikkojärjestelmä on eräs visuaalinen varastonohjaussysteemi. Tässä tapauksessa nimikkeiden toimituserä ja hälytysraja ovat yhtä suuria. Laatikoita säilytetään siihen suunnitellussa CPS-hyllyssä. Hyllyssä on jokaisen nimikkeen kohdalla peräkkäin kaksi laatikkoa, joissa kussakin on tavallisesti yksi eräkö. Ensimmäisen laatikon tyhjennettyä se sijoitetaan täyden laatikon taakse, jolloin aiemmin takana ollut laatikko tulee nyt ensimmäiseksi. Ensimmäisen laatikon tyhjennettyä tehdään samalla lisätilaus nimikkeelle erillisellä tilauskortilla. Tällä varmistetaan nimikkeiden saanti ja tarjonta.

Kaksilaatikkojärjestelmän tilaus tehdään käytännössä siten, että tilauskortti sijoitetaan sille kuuluvaan erilliseen paikkaan, josta tavarantoimittaja kerää ne säännöllisin väliajoin hyllyjä täyttäessä. Tyhjä laatikko on impulssi tilauksen tekemiseen nimikkeelle. Eräkoon täydennystilaus tapahtuu tilauskortin toimittamisella sovittuun paikkaan. Täten kahden laatikon käyttö oikein on ensisijaisen tärkeitä uuden eräkoon saatavuudessa ajoissa käyttöön, koska tavarantoimittaja tilaa nimikkeet nimenomaan tilauskorttien perusteella. Tarvittava eräkö määräytyy usein käyttötarpeestaan, joka palvelee tuotannossa tarvittavaa määrää aina lisätilaukseen asti [21; 22].

## **4.2. Ostos ja myynnin vaikutus**

Osto- ja myyntitapahtumat käsitetään usein vastakkaisina tapahtumina. Osto on eri tuotteiden ostamista yrityksen käyttöön joko varastoon, tuotantoon tai suoraan asiakkaalle lähetettynä. Myynnin tarkoitus oli kasvattaa yrityksen tilauskantaa siltä osin kun uusia tilauksia saatiin. Osto varmistui tuotantoon menevien osien saatavuuden ostamalla niitä lisää joko varastoon tai suoraan tuotantoon, mikäli näihin oli tarvetta. Myynti aiheutti ostotilanteen ja ostotoimenpide takasi sen, että voitiin täydentää myytäviä tuotteita ja kokonaisuuksia sitä mukaa kun niitä saatiin kaupaksi. Myynti oli etusijalla näistä kahdesta toimenpiteestä, koska sillä kasvatettiin tuotantoa ja yrityksen tilauskantaa.

Osto- ja myyntitapahtumien vaikutus tilauskantoihin oli seuraavanlainen, että myynnillä lisättiin tilauskantojen määrää ja ostolla täydennettiin tilauskantojen vaatimat tuotemäärät kohdalleen. Tällöin seuranta pysyi todellisessa kiintiöissä ja virheellisten

tilausten määrä väheni uuden varastoseurannan avulla. Osto- ja myyntitapahtumia seurattaessa päti karkeasti se, että osto ei saanut ylittää myyntiä missään vaiheessa. Tämä tarkoitti sitä, että ei pyritty varastoimaan ylimääräisiä kappaleita varastoon. Toimitusaikojen keston vaatima tarve oli erityisesti se oleellinen tekijä, mihin pyrittiin varautumaan.

Tilauuskantojen ollessa suuret ostoja oli hetkellisesti paljon. Vasta varmistuneiden kauppojen jälkeen ostettiin myynnin myymät tuotteet tuotannon tilauksoihin. Varastonkierron mukaan myynti oli erityisen tärkeä tekijä tuotteiden vaihtuessa uusiin ja varaston arvon pysyessä minimissään. Tilauuskantojen kasvaessa yhä kiireellisissä tapauksissa tarvittavia tuotteita täydennettiin varaston kautta tuotantoon. Myynnin ollessa korkea se vaikutti automaattisesti tuotannon kasvuun ja ostoon, vaikka sen vaikutus näkyi tietyn viiveen päästä yrityksen pääomassa.

Oston ollessa hyvä tuotanto sai riittävästi eri tuotteita käyttöönsä ja näin ollen kokoonpanoa voitiin tehostaa kuormituksen ollessa korkea. Ostettujen kappaleiden paljoudesta johtuen osa sijoitettiin niille tarkoitettuihin varastoihin, joista ne oli helppo ottaa tarvittaessa käyttöön. Tällöin varastot toimivat niin sanottuina välivarastoina sen aikaa kuin siihen oli tarvetta.

### **4.3. Toimitusaikojen vaikutus**

Toimitusaika kuvaa aikaa, joka kuluu tuotteen saapumisesta asiakkaalle tilauksen tekemisestä kyseiselle tuotteelle. Toimitusajat vaihtelivat toimitettavan materiaalin ja määrän mukaan. Määrällisesti suuremmat tuotetilaukset olivat arvokkaampia ja niiden toimitukset pyrittiin tekemään sovitun mukaisesti. Tällöin pieniä toimituseriä tilaavat yritykset joutuvat kilpailemaan suurempia eriä tilaavien yrityksiä vastaan. Lisäksi toimitusaikoihin ei kannattanut muutenkaan luottaa liikaa, koska aina oli mahdollista joutua tyytymään pidempiin toimitusaikoihin. Tällaisia tilanteita olivat esimerkiksi rahdin myöhästyminen, tuotteen valmistukselliset pakotteet, raaka-aineen saanti ja kysynnän ja tarjonnan laki.

Tässäkin yrityksessä toimitusaika pyrittiin pitämään normaalissa olosuhteissa sovitussa ajanjaksossa, mikäli alihankkijoilla oli siihen mahdollisuus. Muutoin olisi hyvä soveltaa sakkorangaistusta tai muuta sanktiokäytäntöä, jos toimitusaika oleellisesti kasvaisi. Muuten liiallinen luottaminen toimitusaikoihin aiheutti epävarmuutta ja odottelua kokoonpanolinjalla ja toimituksissa asiakkaille. Pitkien toimitusaikojen takia yrityksellä oli pyrkimys varastoida noin kahden viikon ajalle tuotteita tai varautua tilaamaan tarvittavat tuotteet riittävän ajoissa, jotta vältettäisiin liiallista riippuvuutta toimittajiin.

## 5. VIIVAKOODILUKIJAN VALINTA

Viivakoodilaitteen valinnan pääkriteereitä olivat sen nopeus ja helppokäyttöisyys. Ainoa oikea ratkaisu tähän tarkoitukseen tässä varastossa oli käyttää viivakoodilukijaa tai langatonta lukijaa, koska nimikkeiden määrä oli huomattava. Varastosaldojen tarkistus ja muokkaaminen piti olla aina ajan tasalla, eikä siihen käytetty aika saanut ylittää kiinteän järjestelmän käyttöön menetettyä aikaa. Viivakoodilukija auttoi muutenkin selkeyttämään käytetyn varastojärjestelmän toimenpiteitä sen käyttäjilleen.

Aiemmin esitellyistä viivakoodilukijoista valittiin Zebex Z-3051 BT-merkkinen lukija, koska tämä oli juuri teollisuuden käyttöön soveltuva laite ja sen mahdollisuus toimia langattomana oli erityisen tärkeätä ja johdonmukaista. Lisäksi se voitiin kytkeä tietokoneeseen varaston tietoja analysoitaessa. Myös jokin toinenkin viivakoodilukija olisi käynyt tähän tarkoitukseen teknisten ominaisuuksien osalta, mutta niiden käyttöönotto ja liittäminen yleensä eri varastojärjestelmään vaatisi enemmän ponnisteluja ja tuotekohtaiset ajurit kuin mitä Zebex Z-3051 BT ei tarvinnut.

### 5.1. Valinnan perusteet

Langattoman viivakoodilukijan käyttö teki erityisen helpoksi sen, että ei tarvinnut olla kiinteän järjestelmän armoilla, vaan varaston tietoja voitiin tarkastella nimikekohtaisesti reaaliaikaisesti. Täten kiinteää järjestelmää käyttävät voivat rauhassa tehdä työnsä, vaikka varaston saldoja samalla tarkkailtaisiin. Ennen kaikkea langaton viivakoodilukija ei sitonut käyttäjänsä järjestelmän osalta, koska tietojen jälkikäsitteily oli mahdollista myös varastoalueen ulkopuolellakin.

Viivakoodilukija syrjäytti siis perinteisen paperi-kynä-asetelman ja sen jälkeen tapahtuvan manuaalisen kirjaamisen järjestelmään. Lisäksi nimikkeiden numerosarjoja ei tarvinnut enää erikseen kirjata varastosta oton tai varastoon lisäyksen yhteydessä, koska jokaisen nimikkeen tuotenumero laitettiin viivakoodilla varustettuun niitä vastaaviin laatikoihin hyllyissä. Kiinteä pääte varustettiin myös kansiolla, jossa oli jokaista tuotenimikettä vastaava viivakoodi, jos haluttiin tarkastelun tapahtuvan tietokoneen avulla.

Viivakoodilukija yksinkertaisti varaston materiaalivirran päivittymistä ja samalla muistamisen tarve väheni. Näin ollen ei tarvinnut enää ilmoittaa valmistuspäällikölle, että tietty osa oli loppumassa tai lopussa, koska järjestelmä kykeni itse hoitamaan sen. Nimikkeen tilauskantojen, tilausajankohtien seurannan ja saldojen muuttaminen olivat täten helpompia valvoa nykyään viivakoodilukijan avulla kuin käyttäen vanhaa järjestelmää. Jonotuksen ja joustavan tilanteen luomiseksi viivakoodilukijoita

suositeltiin erityisesti otettavan käyttöön useampi kappale, koska vain yhden käytöllä olisi ilmaantunut liikaa jonotusta varastotilassa.

Viivakoodijärjestelmää sovellettiin myös kokoonpanossa tarvittavien erikoisosien valvomiseen. Täten sitä varten tarvittiin uusi kiinteä pääte valvontajärjestelmälle kokoonpanolinjan välittömään läheisyyteen ja myös samanlainen viivakoodinlukija kuin perusvarastossakin oli. Enää ei tarvinnut luottaa visuaaliseen valvontaan ja muistamisen tarve väheni samalla olemattomiin kun uusi järjestelmä hoiti kaiken uuden lukijansa avulla. Samalla nimikkeiden seuranta parani ja tilauskanta pysyi hallittavissa. Virheiden määrä pieneni ja nimikkeiden lopullinen tilaus keskittyi ainoastaan yhdelle henkilölle, joka valvoi järjestelmän tilannetta ulkoapäin.

## 5.2. Manuaalisen tavan virhetarkastelu

Tässä osiossa selvitettiin manuaalisen kirjaustavan eron vaikutusta kolmeen satunnaisesti valittuihin toisistaan erilaisiin nimikkeisiin. Näille kolmelle nimikkeelle suoritettiin keskinäinen virhetarkastelu, jossa vertailtiin kirjaustavasta johtuvia eroja. Lähtöarvoina oli käytetty toimituserien lukumäärää, eräkoon suuruutta ja sen suuruudesta aiheutuvia virhemahdollisuuksia. Jokaisessa kohdassa lähtötietona olevan eräkoon suuruudesta aiheuttaman virheiden määrän todennäköisyys oli arvioitu nimikekohtaisesti. Näissä tilanteissa virheiden määrään vaikuttivat edellisten lisäksi nimikkeen koko ja muoto. Varastokirjauksen aiheuttamia virheitä olivat kirjaamatta jättäminen, virheellinen saldomäärä, väärä varastopaikka ja virheellinen tieto järjestelmässä. Näistä kaikista edellä mainituista mahdollisista virheistä muodostui yhteinen todennäköisyys virheen esiintymiselle nimikekohtaisesti manuaalista kirjaustapaa käyttäen.

Todennäköisyys virheen esiintymiselle tulee myös esiin eri henkilöiden välillä, mutta tässä ne olivat jätetty huomioimatta. Arvioitu todennäköisyys muodostui siitä, että kuinka usein jokin virhe esiintyy valituille nimikkeille. Ensimmäisessä esimerkissä käytettiin yhtä erikoisosaa ja kahta erilaista sähkötarviketta. Varastoon kirjattaessa nämä nimikkeet olivat eräkoon mukaisesti toimitettuja, joten esimerkiksi jäähdytysputkella oli 10 kappaleen toimituserä. Kirjaus varastoon tapahtui siis saapuneen eräkoon mukaisesti. Varastosta oton yhteydessä virhetarkastelu oli tehty samalla tapaa kuin kirjaustapahtumakin, mutta nyt oli käytetty vain yhden kappaleen kuvaavaa ottotilannetta. Näissä oli myös käytetty samaa virhemahdollisuutta kun varastoon laitossakin. Tässä yhteydessä sähkötarvikkeiden tilannetarkastelu oli täysin saman periaatteen mukainen kuin erikoisosienkin.

Laskettaessa todennäköisyyttä virheille käytettiin kaavaa (5). Toimituserien määrää kuvaa  $E_m$ , eräkoon suuruutta kuvaa  $E_s$ , eräkoon suuruudesta johtuvaa virheen todennäköisyyttä kuvaa  $V_t$  ja oikein kirjattujen kappaleiden määrää kuvaa  $O_{kk}$ .

$$E_m \times E_s \times \left(1 - \frac{V_t}{100}\right) = O_{kk} \quad (5)$$

Kaavalla (5) laskiessa, kun oletetaan erä koko kymmeneksi, erien lukumäärä viideksi ja eräkoon suuruudesta johtuva virheen todennäköisyys 2 %, saadaan jäähdytysputkelle varastoon kirjatessa oikein menneitä kappaleita 49,

$$5 \times 10 \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 49.$$

Tällöin siis viiden erän toimitus varastoon antoi yhden kappaleen todennäköisyyden mennä väärin. Sama nimike varastosta oton yhteydessä yhtä kappaletta kohden oletetaan olevan 1 % virheen todennäköisyys, joten varastoon laitto ja otto yhdessä antoivat viittä toimituserää kohti,

$$5 \times 10 \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \approx 48.$$

Tässä kohtaa pyöritys tapahtui aina alaspäin, koska muuten se ei olisi todenmukaista, koska vain oikein menneiden kappaleiden lukumäärän piti olla myös kokonaisluku.

Vastaavasti kaavaa (5) käyttäen sähköliittimen tapauksessa lähtöarvoina käytettiin sadan kappaleen eräkoko, yhtä toimituserää ja arvioitua 5 % virheen todennäköisyyttä johtuen eräkoon suuruudesta. Joten sadan kappaleen toimituserästä saattoi siis viisi kappaletta mennä väärin niitä varastoon kirjatessa. Tämän jälkeen suoritettu varastosta otto antoi arvioituna 7 % virheen todennäköisyyden. Tämä antoi noin 12 kappaleen virhemahdollisuuden yhtä toimituserää kohden. Kaapelikengälle 50 kappaleen erä koko, yksi toimituserä ja arvioitu 10 % virheen todennäköisyys eräkoon suuruudesta johtuen, antoivat kaavalla (5) viiden kappaleen virhemahdollisuudelle. Varastosta oton yhteydessä yhden kappaleen otolla virheen todennäköisyyden ollessa arviolta 13 % virheellisten kappaleiden määrä nousi 13 kappaleeseen.

Näiden lisäksi voitiin halutessa laskea kullekin valitulle nimikkeelle prosentuaalinen kokonaisvirhe haluttua toimituserää kohti, katso kaava (6). Tähän kyseiseen kaavaan tarvittiin nimikkeen virheetön kappalemäärä toimituserän varastoon laiton ja yhden kappaleen oton jälkeen.

$$\left(1 - \frac{\text{Virheettömät kpl}}{\text{Toimituserän koko kpl}}\right) \times 100 \quad (6)$$

Virheellisten kappalemäärien todennäköisyyksien jälkeen lopulliseen taulukkoon 1 merkittiin kokonaisvirheiden suuruus prosenteissa kaikille kolmelle esimerkkinimikkeelle käyttäen kaavaa (6).

**Taulukko 1.** Manuaalisen tavan kokonaisvirheen osuus prosenteissa.

Osa:	Toimituserä kpl	Arvioitu virheprosent- ti % varastoon laitettaessa	Arvioitu virheprosent- ti % varastosta otettaessa	Virheettö- mät kpl	Kokonais- virhehepro- sentti %
Jäähdytysput- ki	5 erää x 10= 50	2	1	240	<b>4</b>
Sähköliitin	100	5	7	88	<b>12</b>
Kaapelikenkä	50	10	13	39	<b>22</b>

Virheprosenttien koostumukseen oli vaikea sisällyttää eri käyttäjistä aiheutuvia eroavaisuuksia, koska näiden henkilöiden käyttötaidon ja osaamisen eroja oli vaikea arvioida tai näyttää toteen erilaisten mittauksien osalta. Täten henkilöiden välisiä virhemahdollisuuksien eroja ei ole huomioitu nimikkeiden lopullisessa virhetarkastelussa. Taulukossa 3 jäähdytysputken kohdalla oli haluttu näyttää eritoten kappalemäärän ja toimituserien virheprosentin suuruus. Täten yhdellä erällä virheen suuruus olisi muuten ollut vaikeasti havaittavissa manuaalisella tavalla. Muuten näitä nimikkeitä arvioitaessa eräkoon suuruus vaikutti virheiden määrään alentavasti.

### 5.2.1. Manuaalisen tavan varastoseurannan simulointi

Manuaalisen tavan varastokirjauksesta rakennettiin simulaatio, jossa valittu esimerkinimike todennettiin todenmukaisessa tilanteessa sitä varastoon kirjatessa toimituserän mukaisessa kappalemäärässä. Tällä simuloinnilla näytettiin teoriassa kuinka paljon virheistä johtuvia tuotannon seisokkeja oli mahdollista sattua manuaalista tapaa käyttäessä. Simuloinnin esimerkinimikkeeksi valittiin jäähdytysputki, koska sillä oli pienin virheprosenttiosuus satunnaisesti valittujen nimikkeiden joukosta. Lähtöarvoina simuloinnissa käytettiin taulukon 2 arvoja. Nämä arvot oli saatu todellisen varastojärjestelmän tietokannasta.

**Taulukko 2.** Manuaalisen tavan simuloinnin lähtöarvot jäähdytysputkelle.

Tilausraja	6	kpl
Tilausmäärä	20	kpl
Virheellinen kirjaus	1	kpl
Virheen todennäköisyys	2	%
Keskimääräinen kulutus viikossa	7	kpl
Alkutila	20	kpl

Taulukon 2 mukaan jäähdytysputken tilausrajaksi oli asetettu kuusi kappaletta, joten sen alituttua tai tasan se määrä, tilattiin aina 20 kappaletta lisää. Viikoittainen tarve oli keskimäärin yksi kappaletta päivässä. Joka kirjauksen yhteydessä oli mahdollista tehdä



kahden prosentin kirjausvirhe eli todellisuudessa oli myös mahdollista kirjata varastoon väärä kappalemäärä. Simuloitaessa manuaalista kirjaustapaa käytön mukaisesti kymmenen vuoden aikana keskimääräisten virheiden määrä simuloituna näillä lähtöarvoilla antoi 5,2 virhettä yhtä vuotta kohti, katso liite 1. Tämä simulointi oli suoritettu kymmenen kertaa ja haettu keskimääräisten virheiden lukumäärä yhtä vuotta kohden.

### 5.3. Viivakoodilukijan käytön virhetarkastelu

Vertailukohtana viivakoodilukijan käytölle tehtiin myös virhetarkastelu. Mahdollisten virheiden todennäköisyyksien ilmenemisestä laadittiin myös samalla tapaa käyttäen selvitys kuin manuaalisen tavan käytöstä. Tässä kohtaa viivakoodilukijan tehtävänä olisi pienentää varastokirjauksesta aiheutuvien virheiden määrää kuin mitä manuaalinen tapa osoitti. Virhetarkastelu tapana oli täysin samanlainen kuin manuaalisen tavan käyttökin, mutta tässä virheen todennäköisyys pitäisi olla paljon pienempi. Ratkaisevana tekijänä eivät olleet niinkään eri ihmisten mieltymykset sen käytön tai opetteluun ohella, vaan valintaan vaikuttivat sen helppokäyttöisyys ja havaitsemiskyky eri toimintoja käytettäessä tai niitä valittaessa.

Viivakoodilukijalla oli käytössä samat nimikkeet kun manuaalisen tavan virhetarkasteluissakin. Tässä esimerkkilaskelmassa käytettiin myös toimituserien lukumäärää, eräkoon suuruutta ja sen suuruudesta aiheutuvia virhemahdollisuuksia kaavan (5) mukaisesti. Lähtöarvoina käytettiin jäähdytysputken kohdalla viittä toimituserää, 50 kappaleen eräkoko ja eräkoon suuruudesta johtuvaa 1 % virheen todennäköisyyttä,

$$5 \times 10 \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \approx 49.$$

Täten viiden erän toimituksessa se vastasi yhden kappaleen todennäköisyyttä mennä väärin varastoon kirjatessa. Tässä virheelliset kappalemäärät pyöristettiin aina kokonaisiksi kappaleiksi, joten pyöristyssääntö oli alaspäin. Kymmenen toimituserän mukaan saatiin 49 virheetöntä kappaletta. Sama nimike varastosta otton yhteydessä antoi eräkoon suuruudesta johtuvaksi virheen todennäköisyydeksi 0,5 %. Täten varastoon laitto näiden toimituserien osalta ja yhden kappaleen otto yhdessä antoivat edelleen yhden kappaleen virhemahdollisuuden,

$$5 \times 10 \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \times \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 49.$$

Vastaavasti sähköliittimelle sadan kappaleen toimituserä, yksi eräkoko ja arvioitu eräkoon suuruudesta johtuva virheen todennäköisyyden 2,5 %, antoivat varastoon kirjatessa kaavalla (5) laskettaessa kolmen kappaleen virheen. Tämän jälkeen suoritettu yhden kappaleen varastosta otto antoi arviolta 4 % virheen todennäköisyyden sille. Tästä saatiin siis yhteensä seitsemän kappaleen kokonaisvirhe. Kaapelikengän vastaavat lähtöarvot olivat 50 kappaleen toimituserä, yksi eräkoko ja arvioitu eräkoon suuruudesta johtuva 5 % virheen todennäköisyys. Tällöin kaava (5) antoi kolmen kappaleen virhemahdollisuuden niitä varastoon kirjattaessa. Vastaavasti tämän jälkeen suoritettu

yhden kappaleen varastosta otto antoi arviolta 8 % virheen todennäköisyyden, joten kokonaisvirheeksi tuli yhteensä seitsemän kappaletta varastosta oton jälkeen. Lopuksi laskettiin kaavalla (6) kullekin valitulle nimikkeelle prosentuaalinen kokonaisvirhe haluttua toimituserää kohti, katso taulukko 3.

Tästä kaikesta oli pääteltävissä, että nimikkeiden virhemahdollisuudet olivat samaa laatua manuaalisen tavan ja viivakoodilukijan välillä. Ainoana erona tuli virheiden esiintymistodennäköisyys kahden eri käyttötavan välillä, katso taulukot 1 ja 3. Tätäkin käyttötapaa arvioitaessa käyttäjien tavat ja tottumus vaikuttivat tietenkin jossain määrin virheiden määrään ja laatuun, mutta se oli enemmän henkilökohtainen asia osaamisen sisäistämiseksi viivakoodilaitteen käytön avulla, joten niiden näyttäminen toteen olisi ollut mahdotonta.

**Taulukko 3.** Viivakoodilukijan käytön kokonaisvirheen osuus prosenteissa.

Osa:	Toimituserä Kpl	Arvioitu virheprosent- ti % varastoon laitettaessa	Arvioitu virheprosent- ti % varastosta otettaessa	Virheettö- mät kpl	Kokonais- virhehepro- sentti %
Jäähdytysput- ki	5 erää x 10= 50	1	0,5	246	<b>1,6</b>
Sähköliitin	100	2,5	4	93	<b>7</b>
Kaapelikenkä	50	5	8	43	<b>14</b>

Lopputuloksena nimikkeistä riippumatta viivakoodilukija antoi noin 50 % pienemmän todennäköisyyden virheen esiintymiselle näissä tilanteissa kun sitä käytettiin oikein. Tässä vertailussa oli pyritty nimenomaan vain huomioimaan tapauskohtaiset käyttöolosuhteet, jotka aiheutuvat kahden käyttömenetelmän ominaisuuksien eroista. Saatujen tulosten perusteella viivakoodilukijan valinta tätä tapaa käyttäen olisi oikea. Huomioi taulukon 3 jäähdytysputken eräkokojen määrä, koska tässä tilanteessa oli haluttu näyttää erityisesti muutaman toimituserän vaikutus virheprosentin suuruuteen. Yhdellä erällä se olisi ollut todella pieni, joten nimikkeen tutkiminen oli näin ollen helpompaa.

### 5.3.1. Viivakoodilukijakäytön varastoseurannan simulointi

Viivakoodilukijalla voitiin seurata varaston nimikkeiden tilaa reaaliaikaisesti ja helposti. Täten seuraavassa taulukossa 4 on näytetty kuinka paljon vähemmän virheistä aiheutuvia tuotannon seisokkeja voi teoriassa tulla simuloimalla esimerkkinimikettä jäähdytysputkea verrattuna manuaaliseen tapaan, katso taulukko 2. Tässä haettiin nimikkeelle riittävä täydennysväli, jotta keskimääräinen päivittäinen tarve ja sopiva erä koko toimitukselle olisivat ensisijaisesti palvelleet nimikkeen saantia hyvin. Huomiota kiinnitettiin erityisesti täydennystilausten jaksottamisessa säännöllisin

väliajoin tapahtuviksi toimenpiteiksi. Tämän perusteella voitiin päätellä, että viivakoodilukijan käyttötapanä olisi parempi varastoseurannan kannalta.

**Taulukko 4.** Viivakoodikäytön simuloinnin lähtöarvot jäähdytysputkelle.

Tilausraja	6	kpl
Tilausmäärä	20	kpl
Virheellinen kirjaus	1	kpl
Virheen todennäköisyys	1	%
Keskimääräinen kulutus viikossa	7	kpl
Alkutila	20	kpl

Viivakoodikäytön simulointi oli periaatteiltaan ja lähtöarvoiltaan aivan sama kuin manuaalisen tavan käyttö. Virheen todennäköisyys oli vain tässä tapauksessa pienempi lähtöarvojen osalta. Simuloinnilla kymmenen vuoden aikana keskimääräisten virheiden määräksi tuli 2,5 virheellistä tapahtumaa yhtä vuotta kohti. Näiden arvojen oletettiin olevan todenmukaisia ja yhtenäisiä manuaalisen tavan kanssa. Virheen todennäköisyyden osalta viivakoodilukijan käyttö antoi siitä huolimatta selvästi pienemmän virheen mahdollisuuden. Tämän perusteella ja kymmenen vuoden seurannan mukaan viivakoodilukija oli selvästi kannattavampi hankinta uudeksi varaston hallintajärjestelmäksi, katso liite 2. Täten voidaan ehdottomasta suositella viivakoodilukijan käyttöä varastojärjestelmässä manuaalisen tavan sijasta.

#### 5.4. C-osien valvonnan parantaminen

C-osien valvonnat suoritettiin alun perin visuaalisen valvonnan alla ja niiden saldomääriä täydennettiin säännöllisesti tavarantoimittajan avulla. Hyllyistä puuttui kuitenkin kahden laatikon systeemiin perustuva valvonta, vaikka hyllyt olivatkin jo CPS-rakenteen mukaiset ja omasivat tuplalaatikat jokaista nimikettä kohden. Kokoonpanon helpottamiseksi tässä tilanteessa laatikkojen toiminta muutettiin oikeaksi kaksilaatikkojärjestelmäksi, jotta nimikkeiden valvonta helpottui ja työnteko keskittyi pelkästään kokoonpanoon. Muutos saavutettiin uudella tilausperiaatteella eli jokaista C-osaa vastasi oma tilauskortti, joka vietiin erilliseen tilauspisteeseen kun ensimmäinen laatikko tyhjeni. Täten kaksilaatikkojärjestelmällä saavutettiin lähes aukoton C-osien esiintymistodennäköisyys hyllyissä.

Kahden laatikon järjestelmällä saavutettu hyöty vapautti työntekijät nimikkeiden tilausvastuusta. Samalla tiedonkulun ongelmat loppuivat työntekijöiden ja valmistuspäällikön väliltä. Muistinvarainen toiminta loppui täysin, kun tilaustapahtumalle saatiin aikaiseksi uusi ratkaisu ja vastuullinen taho. Täten C-osien valvonta selkeytyi entisestään ja vastuu siirtyi ainoastaan tavarantoimittajalle. C-osiin kohdistunut huoli ja saannin ongelmat poistettiin täysin, joten keskittyminen siirrettiin ennen kaikkea kokoonpanon tärkeyteen.

## 5.5. Visuaalisen valvonnan virhetarkastelu

Visuaalisesta valvonnasta vastasivat työntekijät, jotka ilmoittivat loppuvista tai jo loppuneista nimikkeistä valmistuspäällikölle. Tässä virhetarkastelussa keskityttiin visuaalisen valvonnan virhemahdollisuuksiin, jotka ilmenivät kolmen C-osan esimerkkeinä. Näissä tapauksissa mahdollisia virheitä aiheuttivat nimikkeiden koko, eräkoon suuruus ja eräkoon suuruudesta aiheutuva visuaalinen virhe. Eräkoon suuruudesta aiheutuvan visuaalisen virheen suuruus oli myös tässäkin tapauksessa arvioitu, joka ilmeni erilaisina havainnointivirheinä kuten, valvonnan huomioimatta jättäminen, tilausten tekeminen myöhässä, muistamattomuus. Eri henkilöiden välisiä toimintatapoja ei voitu arvioida, kuinka he muistivat ilmoittaa nimikkeiden puutteista. Joka tapauksessa kaikki visuaaliseen tapaan tehdyt havainnot olivat edelleen tärkeitä. Täten pyrittiin kirjaamaan, kuinka usein jokin nimike oli myöhässä tilauksesta huolimatta. Keskimäärin kahden viikon aikana ainakin yksi nimike loppui liian aikaisin.

C-osat oli valittu virhetarkasteluun satunnaisesti, joten niiden tarpeellisuudesta saatiin tämän esimerkin pohjalta huomattavaa näyttöä myöhempää tilanteita varten. Esimerkin mukaan C-osat olivat hyllyyn laitettaessa tilauserän mukaisessa koossa ja hyllystä otto tapahtui yhden kappaleen ottona. Käytetty kaava (6) oli tähänkin tarkoitukseen sama kuin manuaalisen ja viivakoodilaitteen käytössä. Esimerkinimikkeen kuusioruuvien kohdalla lähtöarvoina käytettiin eräkoon suuruudesta aiheutuvan visuaalisen virheen todennäköisyyttä 20 %, 75 kappaleen eräkoko ja yhtä toimituserää. Näillä arvoilla saatiin 15 kappaleen virhemahdollisuus varastoon kirjauksessa. Sama nimike yhden kappaleen ottona laatikosta antoi arviolta 15 % todennäköisyyden visuaaliselle virheelle, joten yhteensä 24 kappaleen virhemahdollisuuden.

Aluslevyn kohdalla käytettiin lähtöarvoina 150 kappaleen eräkoko, yhtä toimituserää ja arvioitua 5 % visuaalisen virheen todennäköisyyttä. Tästä saatiin kahdeksan kappaleen virhe varastoon kirjauksessa. Todennäköisyys yhden kappaleen visuaaliselle virheelle laatikosta otton yhteydessä oli 2 %, joten yhteensä tuli kymmenen kappaleen virhemahdollisuus. Akkukengän kohdalla vastaavat lähtöarvot olivat 20 kappaleen erä, yksi eräkoko ja arvioitu 10 % visuaalisen virheen todennäköisyys varastoon kirjatessa. Tästä saatiin kahden kappaleen virheen mahdollisuus. Tämän jälkeen yhden kappaleen otolle hyllystä oli arvioitu 4 % visuaalisen virheen todennäköisyys. Tämä antoi yhteensä kolmen kappaleen virheen mahdollisuuden.

Näiden kolmen C-osan kohdalla vaikutti myös todennäköisyys sen saamiseksi ajallaan käyttöön seuraavalla kertaa. Tämän takia osa nimikkeistä tuli alihankkijoilta, joilla ei välttämättä ollut resursseja toimittaa niitä nopeasti, koska materiaalit saattoivat tulla ulkomailta asti. C-osien kohdalla oli myös mahdollista erityisesti pudottaa tai hukata niitä henkilöiden välinpitämättömyyden takia. Hyllytavarain kappaleiden paljouden tarjonnassa ei ollut useinkaan merkitystä, koska niiden oletettiin riittävän aina tarpeensa mukaan. Sekaannuksia sattui kuitenkin aina muutaman kerran viikossa, vaikka C-osien riittävyys oli aika hyvin taattu.

Aikaa kului useasti siihen, että vääriä nimikkeitä löytyi toisten nimikkeiden joukosta. Niiden palauttaminen vei aikaa oleellisesti kokoonpanon asennukseen käytetystä ajasta. Virheiden suuresta prosentiosuudesta kertoi myös taulukko 5 ja oletus muiden valvontavastuusta sekä C-osien halvoista hankintahinnoista, vaikka todelliset tarpeet havaittiin siitäkin huolimatta aina liian myöhään. Esimerkiksi kuusioruuvien tarve oli suuri määrällisesti, mutta pienen kokonsa vuoksi sitä oli vaikea arvioida määrällisesti visuaalista tapaa käyttäen. Täten liian vähäinen kappalemäärä vaikeutti oleellisesti kokoonpanoa. Taulukon 5 tulokset oli laskettu samalla periaatteella kuin manuaalisen ja viivakoodikäytönkin taulukoissa.

**Taulukko 5.** Visuaalisen käytön kokonaisvirheen osuus prosenteissa.

Osa:	Toimituserä kpl	Arvioitu virheprosent- ti % varastoon laitettaessa	Arvioitu virheprosent- ti % varastosta otettaessa	Virheettö- mät kpl	Kokonais- virhehepro- sentti %
Kuusioruuvi	75	20	15	51	<b>32</b>
Aluslevy	150	5	2	139	<b>7,3</b>
Akkukenkä	20	10	4	17	<b>15</b>

Huomioitavaa taulukossa 5 olivat virheprosenttien eroavaisuudet. Näitä eivät selittäneet niinkään valvontatapa, vaan niiden tarpeellisuus ja eräkokojen suuruus. Nimikkeen kappalemäärän suuruus verrattuna tarvittavaan eräkokoon oli oleellinen tekijä näiden virheiden ilmenemiselle. Mitä suurempi erä koko ja mitä pienempi niiden tarve oli, sitä pienempi oli myös prosentuaalisen virheen suuruus. Toisaalta nimikkeiden rakenteellinen koko ja muoto saattoivat hankaloittaa visuaalista valvontaa. Lisäksi akkukengän kohdalla erä koko ja määrä eivät ole vertailukelpoisia muihin vertailunimikkeisiin. Tässä tapauksessa akkukenkä oli erityisen tärkeä kokoonpanolle, joten siksi sen virheprosentti oli kappalemäärän takia suurempi.

### 5.5.1. Visuaalisen valvonnan varastoseurannan simulointi

Visuaalisen valvonnan simulointiesimerkissä käytettiin nimikettä aluslevy, koska sillä oli pienin kokonaisvirheprosentti. Tämän avulla saataisiin varmasti selville kuinka paljon varastojärjestelmää olisi parannettava, jotta sen muutos kannattaisi toteuttaa toisella valvontatavalla. Tälle simuloinnille käytettiin taulukon 6 lähtöarvoja. Aluslevyn virheen ilmenemisen todennäköisyyttä tutkittiin simuloimalla sitä kymmenen vuoden periodilla tehtyyn valvontaan, joka antoi kuusi virheen mahdollisuutta, katso liite 3. Tämän perusteella virhemäärä oli minimaalinen, mutta sitäkin tärkeämpi, koska tämän avulla voitiin vertailla lähtöarvojen vaikutuksia vastaaviin nimikkeisiin. Päivittäisen tarpeen kasvu lisäsi virheiden määrää, vaikka kappalemäärä olisi pieni. Näin ollen

tilausraja piti olla aina suurempi kuin viikoittainen tarve keskimäärin, koska vain näin tilattu kappalemäärä riitti täyttämään sen tarpeet.

**Taulukko 6.** Visuaalisen valvonnan simuloinnin lähtöarvot aluslevylle.

Tilausraja	50	kpl
Tilausmäärä	150	kpl
Virheellinen kirjaus	1	kpl
Virheen todennäköisyys	5	%
Keskimääräinen kulutus viikossa	40	kpl
Alkutila	150	kpl

Aluslevyn eräkoon suuruudella oli suuri merkitys virheiden määrään, koska päivittäisen kulutuksen ohella virheen kasvua ei voita selittää tällä. Virheen suuruus selittyi osin sillä, että otetut kappalemäärät oli helppo laskea tai palauttaa käyttämättömänä takaisin samaan paikkaan. Kulutuksen ollessa suuri sen tarpeellisuus on oltava myös hyvin oleellinen sen käyttökohteissa. Tärkeät nimikkeet olivat selvästi paremmin valvottuja kuin muut. Virheen suuruus selittyi ennemminkin tilatun eräkoon kirjaamisessa varastojärjestelmään kuin sen tarpeen vähentämisessä varastosta kokoonpanon käyttöön.

## 5.6. Ulkopuolisen toimittajan käytön virhetarkastelu

Tässä virhetarkastelussa keskityttiin ulkopuolisen toimittajan virhemahdollisuuksiin, jos C-osia valvottaisiin sen avulla. Tässä tilanteessa käytettiin myös samoja C-osia arvioitaessa virhemahdollisuuksia kuin visuaalisen valvonnan kohdalla. Tämän perusteella pystyttäisiin päättelemään kokoonpanon toiminnan kannalta parempi tapa. Ulkopuolisen toimittajan myötä myös perushyllyt muuttuisivat CPS-hyllyiksi, jotka toimisivat samalla C-osien varastona. Tulosten todentamisessa käytetty laskentakaava (5) oli sama kuin edellisissäkin esimerkeissä. Lähtöarvoina käytettiin toimituserien määrää, eräkoon suuruutta ja eräkoon suuruudesta johtuvaa arvioitua virheen todennäköisyyttä. Tämä virheen todennäköisyyden ilmeneminen koostui samoista tekijöistä kuin oli myös visuaalisen valvonnan kohdalla.

Kaavalla (5) laskiessa kuusioruuvien lähtöarvoina oli käytetty yhtä toimituserää, 75 kappaleen toimituserää ja arvioitua 1 % virheen todennäköisyyttä toimittajan taholta, joka teki yhden kappaleen virheen mahdollisuuden varastoon kirjatessa,

$$1 \times 75 \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \approx 74.$$

CPS-hyllystä ottotilannetta kuvasi tilauskortin toimitus sille kuuluvaan paikkaan. Tähän vaikutti oleellisesti viimeisen kappalemäärän ottajan huomio toimittaa kyseinen kortti tilauspisteeseen. Tämän virheen todennäköisyys oli aina 1 %, koska sen joko huomasi tai sitten ei. Täten tätä 1 % virheen todennäköisyyttä, yhtä toimituserää ja 75 kappaleen eräkokoä käyttäen muodostui yhteensä kahden kappaleen virhemahdollisuus kuusioruuville kortin toimituksen yhteydessä sille kuuluvaan paikkaan,

$$1 \times 75 \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) \approx 73.$$

Aluslevyyen lähtöarvoina oli yksi toimituserä, 150 kappaleen eräkokoa ja 1 % virheen todennäköisyys varastoon kirjatessa. Tästä saatiin kahden kappaleen virheen mahdollisuus kaavaa (5) käytettäessä. Ottotilanteen virheen todennäköisyys oli myös 1 %, kuten kuusioruuvien kohdalla, joten molemmat tilanteet yhdessä antoivat kolmen kappaleen virheen mahdollisuuden korttia toimitettaessa tilauspisteeseen. Akkukengän vastaavat lähtöarvot olivat kaavalla (5) laskettaessa yksi toimituserä, 20 kappaleen toimituserässä ja 1 % virheen todennäköisyys. Tämä antoi sille yhden kappaleen virheen mahdollisuuden varastoon kirjatessa. Kortin ottotilanteelle oli myös sama 1 % virheen todennäköisyyden kuin edellisissäkin tapauksissa, joten kortin toimitustilanne samalla toimituserälle antoi edelleen yhden kappaleen virhemahdollisuuden.

Näistä kaikista oli pääteltävissä se, että toimitusvastuun siirto ulkopuoliselle toimittajalle vähensi huomattavasti virheitä. Virheiden ilmeneminen ei tällä kertaa antanut viitteitä toistosta nimikkeiden välillä, vaan virheet ilmenivät jokaisen kohdalla yksilöitynä ominaisuutena. Esimerkiksi visuaalista valvontaa käytettäessä kuusioruuvien virheen suuruus 32 % oli todella suuri verrattuna aluslevyyen virheen suuruuteen 7,3 %, vaikka niiden tarve yleensä meni aika tasan. Tämä selittyi osittain aluslevyjen toimituserän suuruutena, koska niitä tuli reilusti enemmän samalla kertaa. Täten kuusioruuvien toimituserä ei vastannut kokoonpanon tarpeita. Vasta ulkopuolisen toimittajan avulla virheiden määrä saatiin samalle tasolle aluslevyjen kanssa.

C-osien tarpeellisuuteen vaikutti myös eräkoon suuruus: mitä suurempi eräkokoa oli sitä enemmän osia riitti kokoonpanolle. Eräkoon suuruus aiheutti myös sen, että tärkeät osat olivat aina lähes lopussa tai loppumassa, koska niiden tärkeys näkyi kokoonpanossa. Poikkeuksen teki esimerkiksi akkukenä, jonka eräkokoa oli vain 20 kappaletta, mutta sen toimitustiheys oli suurempi kuin muiden. Tähän vaikutti erityisesti kyseisen nimikkeen helppo saatavuus. Kaikkien C-osien toimintaan liittyvien vastuun ja tilauksien ulkoistaminen toivat huomattavat mahdollisuudet saada ne ajallaan toimitetuiksi.

Taulukossa 7 on esitelty ulkopuolisen toimittajan aiheuttaman kokonaisvirheiden vaikutus kyseisille C-osille käyttäen kaavaa (6). Kahden prosentin virheen suuruus tuli ennen kaikkea siitä, että kortin toimittaminen tilauspisteeseen ei ehtinyt ajoissa työntekijöiden toimesta. Muuten kaikki muu vastuu oli ulkopuolisella toimittajalla, vaikka ohimennen saatettiin tarkistella yleisesti muidenkin nimikkeiden määrät tapauskohtaisesti. Virheiden pienentyminen selittyi sillä, että ulkopuolinen toimittaja oli valmis tarjoamaan palveluaan ja sitoutui noudattamaan yrityksen haluamia ehtoja.

**Taulukko 7.** Ulkopuolisen toimittajan käytön kokonaisvirheen osuus prosenteissa.

Osa:	Toimituserä kpl	Arvioitu virheprosent- ti % varastoon laitettaessa	Arvioitu virheprosent- ti % varastosta otettaessa	Virheettö- mät kpl	Kokonais- virheepro- senti %
Kuusioruuvi	75	1	1	73	2
Aluslevy	150	1	1	147	2
Akkukenkä	20	1	1	19	2

Taulukon 7 virheprosenttien määrien samansuuruisuus ei liity mitenkään toimitettaviin eriin tai nimikkeiden muotoihin. Ainoastaan toimituserien laittaminen hyllyihin aiheutti nämä virheprosenttien suuruudet satunnaisten kappaleiden putoamisesta. Tilattujen nimikkeiden toimitus ei varmasti aiheuttanut mitään ylimääräisiä puutteita, jos työntekijät vain muistivat toimittaa loppumassa olevien nimikkeiden tilauskortit ajoissa sovittuun paikkaan. Täten ainoat virheet olivat satunnaisia tai ennalta odottamattomia.

### 5.6.1. Ulkopuolisen tavarantoimittajan seurannan simulointi

Ulkopuolisen toimittajan käytön yhteydessä sitä simulointiin samalla tapaa kuin visuaalisen valvonnan yhteydessä. Tässä tapauksessa esimerkkinä käytettiin myös samaa C-osanimikettä aluslevyä, koska sillä oli pienin virheen mahdollisuus alun perinkin satunnaisesti valituilla nimikkeillä. Taulukon 8 lähtöarvojen avulla suoritettu simulointi antoi vähäisen virheen, jonka todennäköisyys oli yhden prosentin luokkaa. Näillä arvoilla se antoi vain kolme virheellistä tapahtumaa keskimäärin kymmenen vuoden aikana, katso liite 4. Tästä nähtiin se, että ulkopuolisen toimittajan käyttö vähensi virheiden määrää ainakin simuloimalla pitkällä aikajaksolla kuin visuaalisen valvonnan simulointi.

**Taulukko 8.** Ulkopuolisen tavarantoimittajan simuloinnin lähtöarvot aluslevylle.

Tilausraja	50	kpl
Tilausmäärä	150	kpl
Virheellinen kirjaus	1	kpl
Virheen todennäköisyys	2	%
Keskimääräinen kulutus viikossa	40	kpl
Alkutila	150	kpl

Virheiden määrä vähenisi noin puoleen kun ulkopuolinen tavarantoimittaja toimittaisi nimikekohtaiset eräkoot CPS-hyllyihin. Tämä selittyi ennen kaikkea sillä, että ulkopuolinen toimittaja ei ollut riippuvainen kokoonpanohallin toimintatavoista, vaan se pystyi itse pitämään kiinni työntekijöiden vaatimuksista ja säännöllisistä toimitusajoista. Selkeiden sääntöjen luominen auttoi niin työntekijöitä kuin ulkopuolista toimittajaa,



koska kumpikin sai sen mitä halusi. Työntekijät saivat varmemman nimikkeiden saannin kokoonpanollensa ja ulkopuolinen toimittaja sai palvelulleen rahallista vastinetta.

## 5.7. Kokoonpanolinjan aikataulutus

Tässä ratkaistiin kokoonpanolinjan ajankäyttöön liittyvien toimenpiteiden merkitys linjaston tehokkaampaa toimintaa ajatellen. Voimavarojen keskittäminen ainoastaan kokoonpanotehtäviin nopeutti ja selkeytti ennen kaikkea työtehtävien tehokasta loppuun vientiä. Jokainen työntekijä sai enemmän vastuuta työstään kun heidän ei enää tarvinnut huolehtia C- tai erikoisosien visuaalisesta valvonnasta. Ajankäytön tehostaminen selkeytti työvaiheiden vaiheistusta. Jokainen työtehtävä ja -piste saatiin organisoitua eri vaiheiden jälkeen kukin omassa järjestyksessä sen vaatimalla tavalla. Ylimääräistä odottelua saatiin paljon vähennettyä työvaiheiden välillä, koska organisointi pakotti jokaisen huolehtimaan työstään ajallaan. Muuten eri työvaiheiden toimivuus pitkittyisi ja ajankäyttö olisi hidasta.

Keskitettyt työtehtävät paransivat työn jatkuvuutta kokoonpanossa, koska C-osien ja erikoisosien sisäisestä valvonnasta luovuttiin kokoonpanolinjalla. Muutoksen myötä nimikkeitä ei enää tarvinnut valvoa työntekijöiden taholta, vaan valvonta suoritettiin säännöllisesti ja ulkoisin voimavaroin. C- ja erikoisosien täyttö tapahtui aina perjantaisin. Samalla kerättiin aina uudet tilaukseen menevät nimikkeet seuraavaa viikkoa varten. Tämä takasi tulevan viikon tarpeellisten nimikkeiden saannin ja käytön. Perjantapäivänä täytettiin tarvittavat vajaukset, jotta yhtäjaksoinen työnteko jatkuisi tulevan viikon ilman puuttuvia nimikkeitä. Tämä sykli antoi mahdollisuuden huomata ajoissa tulevia puutekohtia C- ja erikoisosien osalta riittävän ajoissa.

C-osien puutteiden täyttäminen niille varattuun CPS-hyllyihin oli hyvä tehdä esimerkiksi kahvitauon aikana, koska se voitiin suorittaa rauhassa ilman kokoonpanon tuomia rasitteita. Ylimääräinen liikkuminen hallissa ja C-osien odottelu niitä täydennettäessä hankaloitti turhaan itse täydennystä. Täten täydennyksen annettiin tapahtua rauhassa, jota valvoi yrityksen puolesta tilausvastaava, joka toimi samalla yhteyshenkilönä muillekin tavarantoimittajille. Tällöin mahdollisten ongelmatapausten kuten nimikkeen puuttuminen edelleen tilauksesta huolimatta tai mahdolliset esteet hyllyille pääsystä saatiin äkkiä selvitettyä, ja myös tietoja päivitettyä tavarantoimittajien taholta kokoonpanoa varten.

Erikoisosien osalta sovellettiin samaa tilannetta kuin C-osien taholta, mutta nyt nimikkeiden täydennyksestä vastasi varastovastaava. Tilauksista vastasi tilausvastaava. Erikoisosien täyttö ei ollut niin ongelmallista kuin C-osien, koska niitä ei täydennetty tavarantoimittajien toimesta. Erikoisosien täyttö tapahtui sitä mukaa kun oli mahdollista kapasiteettitilanteen salliessa työpisteissä. Näiden osien täyttö tapahtui yleensä tyhjien kuormalavojen korvaamisella täysillä kokoonpanolinjaston viereen tarkoitettuun varastoon. Tämä toimenpide oli helppo tehdä hyllyjen takapuolelta käytävältä, koska

hyllyt olivat avokuormahyllyjä, minkä johdosta ei tarvinnut mennä kokoonpanohallin puoleiseen tilaan, jossa suoritettiin itse kokoonpanotehtäviä.

Erikoisosien kohdalla tilaukset asetettiin vähintään kahden viikon puskurille, jotta toimitusaikojen mahdolliset viiveet voitiin huomioda. Saldorajat voitiin valita siten, että ne asetettiin viivakoodilaitteelle sen hetkisten tilauskantojen mukaan puskuroituina, jotta varmistuttaisiin nimikkeiden saannista toimitusaikojen mukaan. Erikoisosien vajuus täytettiin erityisesti tilauskannan perusteella, joten kahden viikon puskurilla haluttiin ensisijaisesti taata osien saanti, vaikka kokoonpanossa ei välttämättä olisikaan heti tarvetta niille. Tilauskannan laskenta tapahtui siten, että kokoonpanolinjalta saataisiin valmiiksi yksi kontti koekäyttöä varten viikon jokaisena arkipäivänä.

Todelliset olosuhteet ja mahdolliset ongelmatapaukset huomioituna valmiita kontteja saatiin lähetyskuntoon keskimäärin alle kymmenen kahdessa viikossa. Tilauskantojen muuttuessa puskurivaraston saldomäärää muutettaisiin aina järjestelmälle sopivaksi, jotta saataisiin sopiva kiintiö viikossa. Järjestelmää ylläpidettiin tilausvastaavan toimesta, joka teki myös tarvittavat tilaukset tavarantoimittajille. Tilausten tekeminen erikoisosia varten perustui nimenomaan saldomääriin, ja niiden tarkkailu tehtiin muutaman kerran viikossa, jotta välttyttiin viivästyksiltä. Työntekijät päivittivät ainoastaan erikoisosien saldonimikemääriä varastojärjestelmään ottotapahtumien yhteydessä.

Valmiille konteille saatettiin joutua varaamaan erillinen paikka hallissa, koska kontit menisivät vielä tämän jälkeen koekäyttöön. Tämä oli erityisen tärkeäksi asia, jos koekäytössä ilmeni ruuhkaa tai muuten kokoonpanolinjan tehokkuus ja ongelmien vähyys ruuhkautti hallia. Linjaston toimivuuden ja tehokkaan toiminnan takaamiseksi oli hyvä saada valmiit kontit pois kokoonpanolinjasta riittävän ajoissa, jotta uuden kontin aloitustyöt voitiin aloittaa ajallaan. Linjaston etenemistahti oli muutenkin yhden kontin päivätahtiluokkaa, joten mahdolliset viivästymiset heikensivät tavoiteltua valmistustahtia. Täten tilan puute piti huomioda kokoonpanolinjaston kulussa, joten sen etenemisvauhti ei saanut pysähtyä liian pitkäksi aikaa tietyn työvaiheen kohdalle.

## **5.8. Lopputulos**

Varastojärjestelmää saataisiin parannettua kokoonpanolinjan käyttöä varten. Itse varastojärjestelmän rakenteellinen muutos olisi johtanut koko järjestelmän vaihtamiseen uuteen ja muuttanut käytössä olleen järjestelmän täysin. Pyrkimyksenä oli kehittää ja parantaa jo käytössä olevaa varastojärjestelmää, joten sen korvaaminen uudella ei tullut siis kysymykseen, koska resurssit eivät olisi riittäneet henkilökunnan sisäistämiseen lyhyessä ajassa. Simuloinnilla näytettiin erityisesti toteen, että viivakoodilukijan käyttö varastossa sekä erikoisosien osalta kuten myös ulkopuolisen tavarantoimittajan käyttö C-osille osoittautuivat oikeiksi ratkaisuiksi.

Nykyistä varastojärjestelmää parannettiin nimikkeiden valvonnan osalta siten, että saldomäärät vastaisivat mahdollisimman todenmukaisia määriä. Tämän takia valvontajärjestelmää kehitettiin helpoksi, selkeäksi ja nopeasti käytön ohella opittavissa

olevaksi. Sähkökomponenttien ja huoltotavaroiden osalta varastoon tehtiin jokaista nimikettä vastaavat viivakoodit, joiden avulla vähennys voidaan suorittaa viivakoodilukijan avulla. Tämä toimenpide antoi lisää joustavuutta tarkkailla varaston liikennettä ja päivitysten reaaliaikaisuutta. Lisätilausten tekeminen oli helpompaa, koska tilattujen nimikkeiden määrälle voitiin täten valita selkeät rajat.

Kokoonpanossa tarvittavien erikoisosien osalta niiden kappalemääriä voitiin myös seurata viivakoodilukijan avulla. Muutenkin kappalemäärien varaaminen tilauskantojen mukaan antoi oikeanlaisen kuvan niiden tarpeesta. Ylimääräisten tai vajaiden eräkokojen virheellisyys väheni minimiin tietyn kiintiömäärän asettamisella kuukauden puskurilla kyseiseen varastoon. Erikoisosien tilaus tapahtui käytännössä konttikohtaisen kappalevarauksen mukaisella määrällä, mutta niiden ennakoidulla tarpeella oli tarkoitus kitkeä pois erikoisosien liian aikainen loppuminen. Viallisuuden tai väärän tilauskiintiön takia jouduttaisiin muuten kierrättämään erikoisosia koekäyttöön meneviin kontteihin.

Manuaalisen tavan ja viivakoodilukijan käytön eroissa suurin oleellinen tekijä oli varastovalvonnan muuttuminen helppokäyttöiseksi. Tämä tarkoitti sähkö- ja erikoisosien osalta tilanteen muuttumista paremmin hallittavaksi. Täten ainoaksi oikeaksi valinnaksi osoittautui viivakoodilukijan käyttö eri kirjaamistehtävissä. Viivakoodilukijaa käyttäen luovuttiin samalla kiinteän päätteen käytöstä ja nimikekohtaisten numerosarjojen kirjoituksista erilliselle lapulle. Ehdotus uuden ratkaisun käyttöön ottamisella viivakoodilukija toimisi pääsääntöisesti nimikkeiden viivakoodilappujen lukijana. Varaston saldomäärien seuranta olisi tällä tapaa paljon selkeämpää uusien tilauskantojen varauksia suunniteltaessa. Tällä tavalla päästäisiin reaaliaikaisempaan ja totuudenmukaisempaan varastoseurantaan.

Ulkopuolisen toimittajan toimesta nimikkeitä saataisiin aina kun oli tarvetta siihen. Tämä menettely ei ollut mitenkään riippuvainen kokoonpanossa riippuvista menettelyistä tai työpisteiden järjestelyistä. Ulkopuolinen toimittaja vastasi vain nimikkeiden saannista niiden käyttömääriensä mukaan ja suoritti tarvittaessa täydennyksen hyllyihin. Visuaalisen valvonnan takia ei saatu riittävän selkeätä kuvaa kappalemäärien riittävydestä kokoonpanoon, joten tilannetta selkeytettiin ja laadittiin selkeä toimintaperiaate tilanteen aikataulutuksen osalta. Niinpä tässä suositellaan ehdottomasti ulkopuolisen tavarantoimittajan tarjoaman palvelun käyttöä.

Valvontatapoja arvioitaessa niistä kaikista simuloitiin todellisuutta vastaavat käytännön tilanteet esimerkkinimikkeillä. Valvontavoista laadittiin yhtenäinen taulukko 9, josta ilmeni selkeästi kuinka monta virheellistä päivää keskimäärin oli kymmenen vuoden sisällä. Näiden nimikkeiden valvontatapojen vertailussa molempien nimikkeiden virheet pienenisivät noin puolella, jos niiden alkuperäisistä valvontatavoista luovuttaisiin ja ne muutettaisiin uusiin edellä esiteltyihin ratkaisuihin.

**Taulukko 9.** *Valvontatapojen erot virheiden määrinä eriteltyinä.*

	Eräkoot	Virheelliset päivät	Virheen todennäköisyys	Valvontatapa
<b><u>Jäähdytysputki</u></b>	10	5,2	2	Manuaalinen tapa
	10	2,5	1	Viivakoodilukija
<b><u>Aluslevy</u></b>	150	6	5	Visuaalinen valvonta
	150	3	2	Ulkopuolinen toimittaja

Viivakoodilukijan korvattua manuaalinen tapa jäähdytysputken virheiden määrä pieneni reilulla puoleen alkuperäisestä. Samoin kävi myös visuaalisen valvonnan lopettamisessa ja sen korvaaminen ulkopuolisella toimittajalla. Näiden perusteella voitiin verrata varastojärjestelmässä aiheutuneita muutoksia, joita pohdittaessa todettiin uusien seurantamenetelmien antavan toivotun ratkaisun alkuperäisiin ongelma-kohtiin.

Toimituserien kappalemäärien suuruus vaikutti oleellisesti virheiden määrään eräkokoja kasvatettaessa. Kuitenkin pyrittiin sopivaan eräkokoon, joka palveli aina tietyn aikaa tilauskantojen mukaisesti. Keskimääräinen kulutus vaikutti toimituserien suuruuteen siinä määrin, että pyrittiin helpommin valvottavaan säännöllisyyteen. Tilauskantojen rajut muutokset vaikuttivat poikkeuksellisesti tilauksiin suuntaan tai toiseen, mutta lähtökohtana oli saada toimitukset mahdollisimman säännölliseksi. Sähkötarvikkeiden ja erikoisosien kohdalla viivakoodilukijan avulla saatu varastotieto oli ratkaisevin tekijä uutta toimituserää tilattaessa.

Eräkoon suuruudesta johtuvien virheiden todennäköisyydet esimerkinimikkeiden kohdalla eivät olleet tarkkoja arvoja, koska ne perustuvat pelkkiin arvioihin tilannekohtaisesti. Valvontajärjestelmien käyttäminen tuotti eri henkilöille erilaisia ongelmia, joita oli hankala yksilöidä tai tehdä johtopäätöksiä osaamisen tasoista henkilöiden välillä. Lähtökohtana oli yleisesti miellettyjen järjestelmien helppokäyttöisyys tai toisten vaikeus. Saldomäärien seurannan ja toimitusten eräkokojen suhde vastasi todellisuudessa virheen suuruutta varastosta otossa tai sinne laitossa.

## 6. YHTEENVETO

Yrityksen puutteellisesti toiminutta varastojärjestelmää tehostettiin siten, että valvontamenetelmiä selkeytettiin ja vastuu niiden hallinnasta siirrettiin yksinomaan yhdelle henkilölle, varastovastaavalle. Kokoonpanolinjaston käyttöä varten luotiin selkeä järjestelmä tarvittavien nimikkeiden osalta, joita jouduttiin tilaamaan tietyin väliajoin varastoon. Varastovastaava vastasi nykyisestä varastosta ja erikoisosista niin, että tilausvastuu siirrettiin pois valmistuspäälliköltä ja työntekijöiltä, vaikka saldopäivitykset tehtiin edelleen tuotannon taholta. C-osien osalta niiden vastuu nimikkeiden saannista ja täydentämisestä siirrettiin tavarantoimittajille. Näiden kaikkien muutosten avulla jäi enemmän aikaa kokoonpanolle ja tuotannollisiin toimintoihin.

Varastojärjestelmän saaminen tuotannolliseen käyttöön viivakoodijärjestelmällä varustettuna auttaisi varastosaldojen todenmukaistamista ja seurannan parantamista reaaliaikaisesti. Täten virheiden määrä saataisiin minimiin. Myös tilauskantojen ja hankintojen lisääntyvät vaikutukset saisivat nimikkeiden saldovirheet poistumaan varastojärjestelmästä. Näin ollen koko kokoonpanohallin toiminta selkeytyisi ja tehostuisi, kun kokoonpanotehtäviä suorittaville jäisi enemmän aikaa keskittyä mekaanisiin ja sähköisiin asennuksiin.

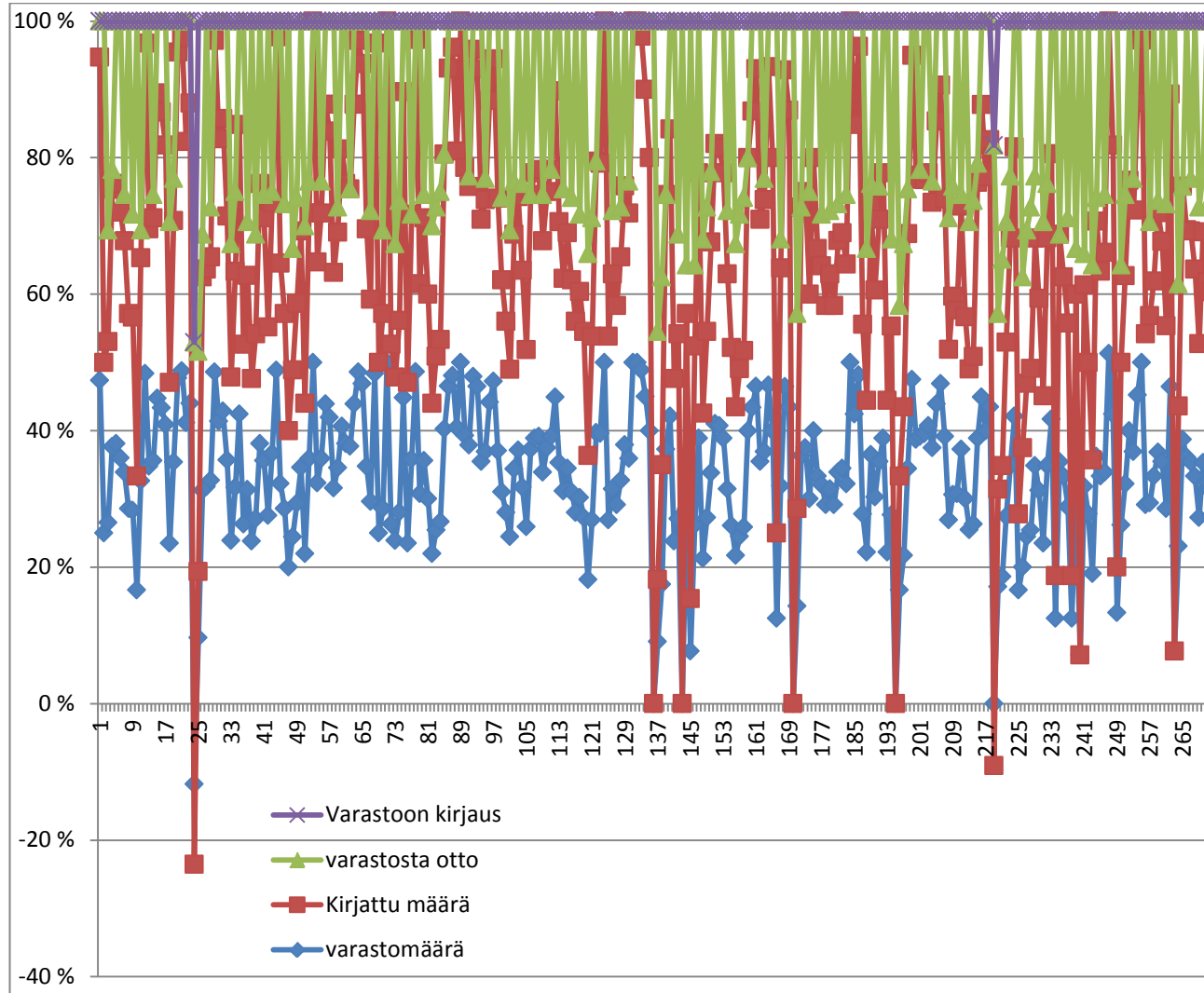
Uuden hallintamenetelmän osalta varastojärjestelmää pysyttäisiin helposti tarkkailemaan sekä päivittämään viivakoodilukijan avulla. Varastosta otto- ja laittotapahtumien selkeytyminen parantaisi nimikesaldojen todenmukaisuutta ja juostavuutta ruuhkauttamasta kiinteän päätteen käyttöä. Kokoonpanohallin toiminta ja sen rytmitys nimikkeiden tarkastus- ja täydennyspäivien osalta antaisivat selkeät toimintatavat C-osia sekä muita tarpeellisia nimikkeitä tilattaessa. Kyseisten toimenpiteiden keskittäminen vain tietyille päiville vähentäisi odottelua ja epätietoisuutta työntekijöissä.

## LÄHTEET

- [1] Pouri, R. 1983. Varastojen suunnittelu. Jyväskylä. K. J. Gummerus Oy. 7-14 s.
- [2] Pouri, R. 1983. Varastoinnin tekniikka. Jyväskylä. K. J. Gummerus Oy. 7-10 s.
- [3] Konepajan varastotoiminnot (INSKO) 152-83 I. Insinööritieto Oy. 1983. 4-6, 10-12, 21 s.
- [4] Haverila, M., Kouri, I. & Uusi-Rauva, E. 1999. Teollisuustalous. 3. Painos. Tampere. Tammer-Paino. 415-432 s.
- [5] Sartjärvi, T. 1988. Jakelutoiminta kilpailutekijänä. Mikkeli. Länsi-Savo Oy. 74-80, 147 s.
- [6] Varastointi. [http://liike.epedu.fi/liikeala/verkko\\_opetus/tuotteen\\_monet\\_kasvot/varastointi.htm](http://liike.epedu.fi/liikeala/verkko_opetus/tuotteen_monet_kasvot/varastointi.htm)
- [7] Insinööritieto Oy. 1981. Painos 22. Tuotantolaitoksen suunnittelu (INSKO) 157-81 III. s. 1-5, 157-81 V. s. 1-3.
- [8] Lehmuskoski, M. 1982. Varastoinnin talous. Jyväskylä. K. J. Gummerus Oy. 148-156, 190-194 s.
- [9] Karrus, K. 2001. Logistiikka. 3. Painos. WS Bookwell Oy. 14, 47, 179-182 s.
- [10] Kuopion yliopisto & Savonia-ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Varastojen hallinta. [http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4\\_7varastojenhallinta.htm](http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4_7varastojenhallinta.htm)
- [11] 2009. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaattinen kokoonpano. <http://www.pe.tut.fi/akp/varastohallinta.html>
- [12] Viivakoodilukijat ja viivakoodit. Ryhmätyö. <http://robo.cop.fi/kurssit/viivakoodit.html>
- [13] [http://www.valo-ohjelma.fi/Wadelma/Wadelma\\_WMS.pdf](http://www.valo-ohjelma.fi/Wadelma/Wadelma_WMS.pdf)
- [14] 2010. MK-kassamasiina. <http://www.mk-kassamasiina.fi/index.php?section=36>
- [15] 2010. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. MTS2-kokoonpanolinjan Ohjauksen modernisointi. [https://oa.doria.fi/dspace/bitstream/10024/5822/1/stadia\\_1178843279-4.pdf](https://oa.doria.fi/dspace/bitstream/10024/5822/1/stadia_1178843279-4.pdf)
- [16] 2010. Mobiilitietosanakirja. <http://wapedia.mobi/fi/>
- [17] Excellent identification. <http://www.exxi.fi>

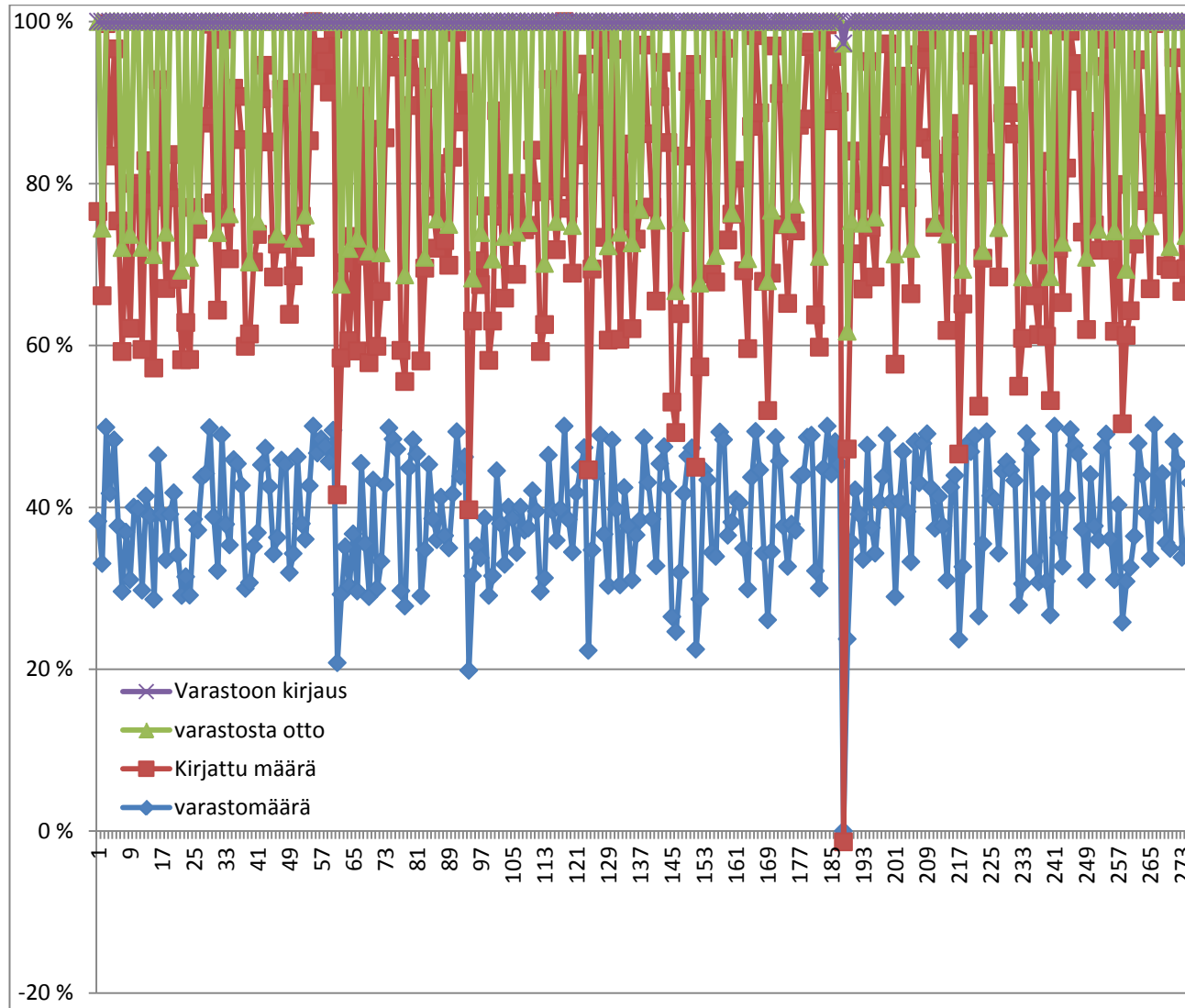
- [18] Uusitalo, J. 2007. Tiedonkeruujärjestelmän kehitys ja käyttöönotto. [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1136/Uusitalo\\_Jarkko.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1136/Uusitalo_Jarkko.pdf?sequence=1)
- [19] 2010. Laser-viivakoodinlukijat. <http://www.exxi.ee/files/file/esitteet/Zebex%20lukijat.pdf>
- [20] 2010. Wurth. Tuotesivusto. [http://www.wurth.fi/site/fi/home/tuotteet/tuoteryhmat/varastointi/varastointi\\_1.html](http://www.wurth.fi/site/fi/home/tuotteet/tuoteryhmat/varastointi/varastointi_1.html)
- [21] Hyny, L. 2001. Viivakoodin hyödyntäminen materiaalitoiminnoissa. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7837/tel7slasseh.pdf?sequence=1>
- [22] Japanin ihme ja sen tekijät. [http://www.laatuote.fi/artikkelit/japanin\\_ihme.pdf](http://www.laatuote.fi/artikkelit/japanin_ihme.pdf)

LIITE 1. Jäähdytysputken manuaalisen valvonnan simulointi.

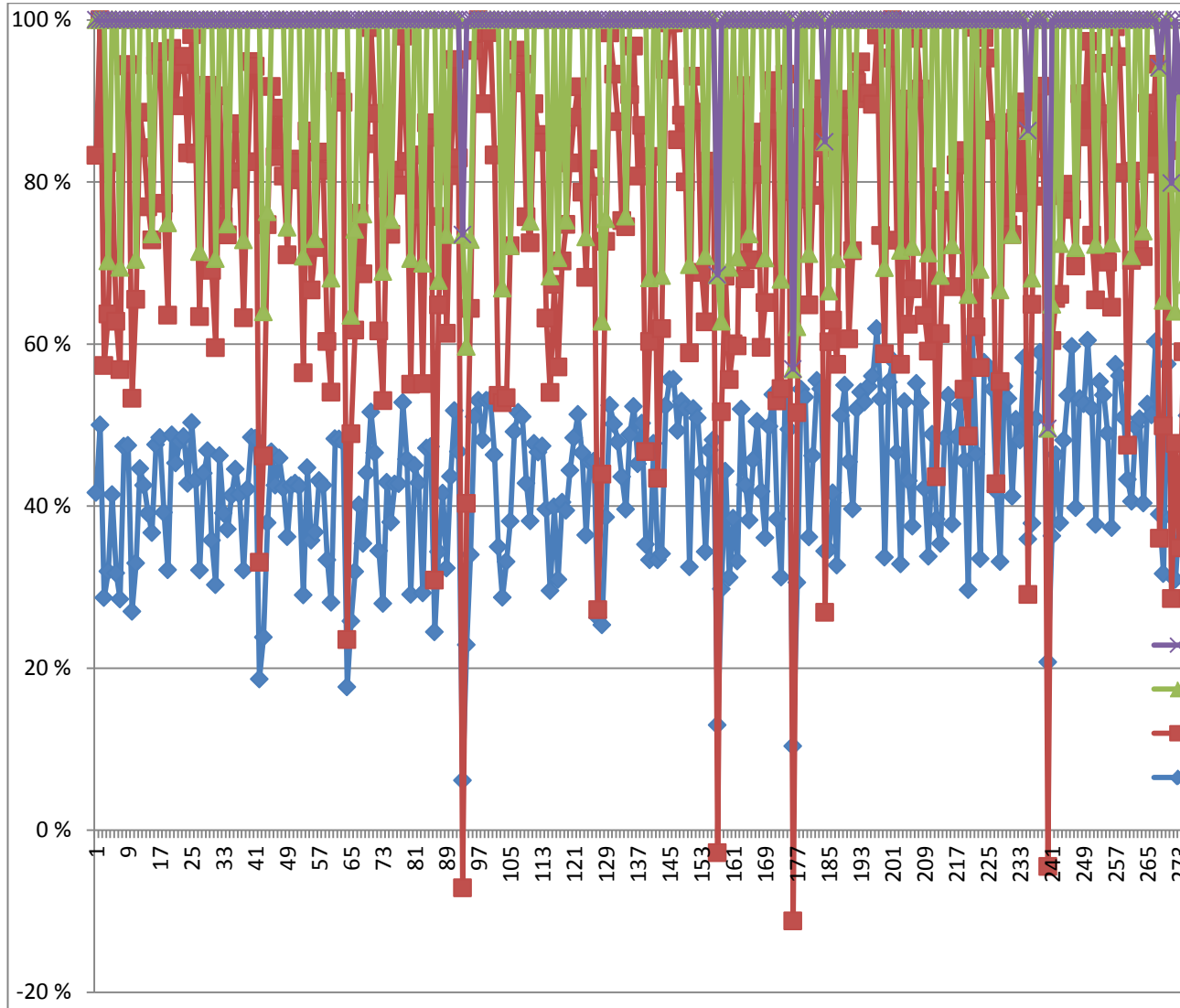




LIITE 2. Jäähdytysputken viivakoodilukijakäytön simulointi.



LIITE 3. Aluslevyn visuaalisen valvonnan simulointi.



LIITE 4. Ulkopuolisen tavarantoimittajan seurannan simulointi.

