

**Varastointisuunnitelman määrittely tuotantojärjestelmän tietojen
pohjalta**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Syksy, 2022

Jere Mikkola

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä määriteltiin varastointisuunnitelma Kumera Drives Oy:lle käyttämällä apuna tuotantojärjestelmästä saatavia tietoja. Komponentti- ja raaka-ainepulan, sekä markkinamuutoksien seurauksena tavoiteltiin parempaa varaston- ja siihen sidotun pääoman kiertoa, toimitusvarmuutta, yrityksen toimintojen välistä yhteyttä sekä muutettiin varastotasojen määräytymisen perusteita.

Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä. Työn teoreettinen osuus rajattiin käsittelemään tuotannon ja varaston toimintaa pääosin erilaisten ohjausjärjestelmien näkökulmista. Yleisen teorian lisäksi kerättiin tietoja yrityksen omista toiminnoista ja haastateltiin Kumera Drives Oy:n henkilöstöä. Toiminnallisen osuuden teko jaettiin pääpiirteittäin kolmeen vaiheeseen. Näissä vaiheissa kerättiin ja muokattiin dataa, tehtiin varastointisuunnitelman rajaus, päivitettiin tuotantojärjestelmä, muodostettiin osalista ja vertailtiin sitä nimikkeiden vanhoihin varastotasoihin.

Projektin seurauksena osien varastotasoja pystyttiin optimoimaan entistä paremmin ja varastointisuunnitelman rajauksen avulla voitiin vaihdesarjan sisäiseksi kattavuudeksi asettaa 75–80 %. Opinnäytetyön avulla arvioitiin, että jatkotutkimuksien jälkeen noin sadan tarkasteltavan vaihdesarjan nimikkeen minimivarastotasot voidaan mahdollisesti poistaa ERP-järjestelmästä. Projektista syntyneitä tuotoksia voidaan hyödyntää yrityksen eri toiminnoissa kuten myynnissä, kokoonpanossa ja hankinnassa.

Jatkokehityskohteena voidaan tilastollisesti tutkia varastonkierron ja sidotun pääoman muutoksia. Valittujen nimikkeiden uusien minimivarastotasojen ajaminen ERP-järjestelmään ja ylimääräisten nimikkeiden minimivarastotasojen poistot voidaan myös suorittaa tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä muodostunutta prosessia on mahdollista hyödyntää myös muiden Kumera Drives Oy:n vaihdesarjojen kohdalla. Projektin tuotoksena syntyi toimiva varastointisuunnitelma ja päivitetty tuotantojärjestelmä, joiden avulla asetetut tavoitteet saavutettiin.

Avainsanat Ohjausjärjestelmä, osaluettelo, konfiguraattori, varastonhallinta

Sivut 42 sivua ja liitteitä 2 sivua

ABSTRACT

In this thesis, a storage plan was defined based on production system data. The project was done for Kumera Drives Oy. As a result of the shortage of components and raw materials and changes in the marketplace, better circulation of inventory and the capital tied to it was desired and changes to the criteria for determining inventory levels were made. This thesis also pursued a better delivery reliability and connection between functions of the company.

The work was carried out as a functional thesis. The theoretical part of the work was limited to dealing with production and inventory operations mainly from the perspectives of different control systems. In addition to the general theory, information about the company's own operations was collected and personnel of Kumera Drives Oy were interviewed. The process of the functional portion was broadly divided into three phases. In these stages, data was collected and edited, the storage plan was defined, the production system was updated, a component list was formed, and it was compared with old warehouse titles.

As a result of the project, the inventory levels of parts were better optimized, and the storage plan allowed the internal coverage of the gear series to be set between 75 % and 80 %. It was also estimated that after further studies, the minimum stock levels of approximately one hundred gear series items under consideration could possibly be removed from ERP system. The output generated from the thesis can be used in various functions of the company, such as in sales, assembly, and acquisition.

As a further development subject, changes in inventory circulation and in the tied-up capital may be statistically studied. Running new minimum inventory levels for selected items into the ERP system and deleting minimum inventory levels for additional items can also be performed in the future. The process formed in this thesis can also be utilized for other gearbox series of Kumera Drives Oy. As the output of the thesis, a functioning storage plan and an updated production system were created, with which the set objectives were achieved.

Keywords Bill of materials, configurator, control system, warehouse management

Pages 42 pages and appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ohjausjärjestelmät	3
2.1	Toiminnanohjausjärjestelmä	3
2.1.1	Tuotannonohjaus	4
2.1.2	Tuotannon työnkulku	7
2.1.3	Osaluettelo	8
2.2	Varastonhallintajärjestelmä	10
2.2.1	Varastojen ohjaus.....	11
2.2.2	Varastonkierto.....	14
2.2.3	ABC-luokittelu	15
3	Toiminta Kumera Drives Oy:ssä.....	17
3.1	Kumera Drives Oy.....	17
3.2	Vaihdesarjat	19
3.3	Periodic Control System	22
3.3.1	Menetelmät ja tavoitteet	22
3.3.2	Periaatteet ja toimintatapa	22
4	Projekti	26
4.1	Projektisuunnitelma	26
4.2	Toteutus	27
4.2.1	Valmistelu.....	28
4.2.2	Vaihe 1.....	29
4.2.3	Vaihe 2.....	31
4.2.4	Vaihe 3.....	34
4.3	Tuotokset	35
5	Pohdinta	39
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1 Vaihteen nimen muodostuminen

Liite 2 Varastointisuunnitelman rajaus

Käsitteistö

ATO – Assemble to Order, suom. kokoonpano tilauksesta

BOM – Bill of Materials, suom. osaluettelo

EBOM – Engineering Bill of Materials, suom. suunnitteluosaluettelo

EOQ – Economic Order Quantity, suom. taloudellinen erä koko

ERP – Enterprise Resource Planning, suom. toiminnanohjausjärjestelmä

JIT – Just in Time, suom. juuri oikeaan aikaan

MBOM – Manufacturing Bill of Material, suom. valmistusosaluettelo

MRP – Material Requirements Planning, suom. materiaalitovelaskenta

MRP II – Manufacturing Resource Planning, suom. valmistusresurssien suunnittelu

MTO – Make to Order, suom. tehdä tilauksesta

WMS – Warehouse Management System, suom. varastonhallintajärjestelmä

1 Johdanto

Nykypäivän komponentti- ja raaka-ainepulan takia yritysten toiminnoissa epävarmuus ja osapuutteen lisääntyvät, hankinta vaikeutuu, tilaukset myöhästyvät ja tuotanto takkuu. Tämä pakottaa yritysten kehittämään ja muokkaamaan toimintojaan, kuten varastonhallintaa, hankintojen suunnittelua ja yrityksen eri toimintojen välistä yhteyttä.

Tämän opinnäytetyön aiheena on varastointisuunnitelman määrittely tuotantojärjestelmän tietojen pohjalta. Opinnäytetyöprojektin toimeksiantaja on Kumera Drives Oy, jonka toimipaikka sijaitsee Riihimäellä. Yrityksen pääasiallisena toimialana on voimansiirtotuotteiden tarjoaminen monille eri teollisuudenaloille kuten, sellu-, paperi-, kaivos- ja mineraaliteollisuuteen. Kumera Drives Oy on osa Kumera Power Transmission Group:ia ja Kumeralla on yli 70 vuoden kokemus voimansiirtotuotteiden valmistajana. Yrityksen tuotteet täyttävät esimerkiksi ISO- ja AGMA-standardeja. (Kumera Corporation, 2020-a, s. 21)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on määrittellä varastointisuunnitelma, jonka avulla voidaan parantaa varaston- ja siihen sidotun pääoman kiertoa, toimitusvarmuutta, yrityksen toimintojen välistä yhteyttä sekä muuttaa varastotasojen määräytymisen perusteita. Aihe antaa erinomaisen mahdollisuuden tutustua yrityksen toimintaan, prosesseihin ja erilaisiin käytössä oleviin ohjausjärjestelmiin. Tällä hetkellä yrityksessä varastotasot määräytyvät yksittäisten nimikkeiden kulutuksen mukaan, jonka seurauksena ennustettavuus ja varastotasojen määräytyminen ei ole parhaalla mahdollisella tasolla. Opinnäytetyön avulla varastotasojen määräytyminen on tarkoitus muuttaa tyyliin, jossa ne määräytyvät kokonaisten vaihteyksiköiden kokoonpanovalmiuden mukaan. Tällä tavalla pystytään paremmin määrittelemään valituille vaihteille esimerkiksi haluttuja minimivarastotasoja ja toimitusaikoja, joilla voidaan vastata asiakkaiden kiireellisempiin huoltotilauksiin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vastata kysymyksiin:

- Mitä hyötyjä varastointisuunnitelma antaa kohdeyritykselle?
- Mitä asioita kohdeyrityksen varastointisuunnitelma sisältää ja ottaa huomioon?

- Miten kohdeyrityksen nykyisiä varastotasoja voidaan muokata varastointisuunnitelman avulla?

Työn teoreettinen osuus käsittelee yrityksen tuotannon ja varaston toimintaa pääosin erilaisten ohjausjärjestelmien näkökulmista. Teoriaosassa avataan käsitteitä, jotka linkittyvät toiminnallisen osion eri vaiheisiin. Yleisen teorian lisäksi kerätään tietoja yrityksen omista toiminnoista ja haastatellaan Kumera Drives Oy:n henkilöstöä. Toiminnallisessa osassa käydään läpi suunnitelmat ja kuvataan projektin eri vaiheet. Näissä vaiheissa käsitellään datan keruuta ja muokkaamista, varastointisuunnitelman rajausta, tuotantojärjestelmän päivittämistä, osalistan muodostamista ja sen vertailemista nimikkeiden vanhoihin varastotasoihin. Pohdintaosuudessa käydään läpi opinnäytetyöprosessia ja sen toteutusta, pohditaan mitä kirjoittaja on itse oppinut ja miten se mahdollisesti auttaa siirtymisessä työelämään, sekä minkälaisia jatkokehityskohteita tuloksien perusteella on syntynyt.

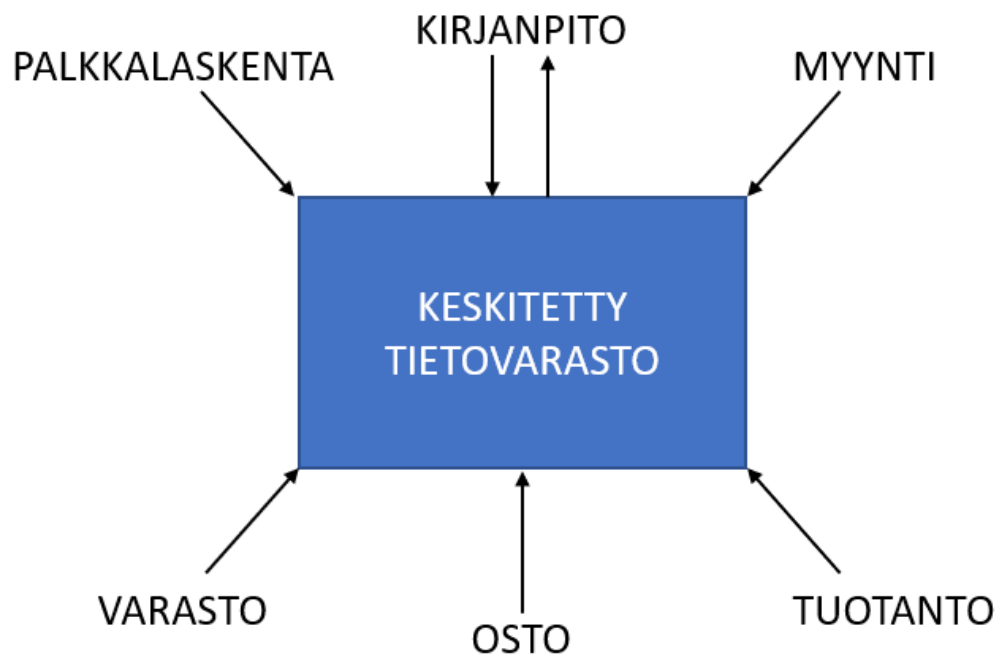
2 Ohjausjärjestelmät

Tässä luvussa kuvataan erilaisten ohjausjärjestelmien ja niiden sisältämien toimintojen käytäntöjä yleisellä tasolla. Käsiteltävinä laajempina kokonaisuuksina ovat toiminnanohjausjärjestelmät ja varastohallintajärjestelmät.

2.1 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat laajoja tietojärjestelmiä, joilla ohjataan yrityksen toimintaa. Toiminnanohjausjärjestelmät tunnetaan myös lyhyemmin nimellä ERP, eli Enterprise Resource Planning. ERP-järjestelmien toimintatapa perustuu siihen, että kaiken ytimessä on yksi yhteinen tietokanta, jota kaikki yrityksen eri toiminnot käyttävät (Kuva 1). Tällainen integroitu järjestelmä mahdollistaa sen, että organisaation kaikki eri toiminnot voivat hyödyntää samaa, ajankohtaista tietoa. ERP-järjestelmän käytössä perustietojen syöttäminen järjestelmään vaatii tarkkuutta, sillä virheelliset ja vanhentuneet kirjatukset aiheuttavat vääristymää esimerkiksi materiaalien ja tuotantoresurssien tietoihin. (Logistiikan Maailma, n.d.-a)

Kuva 1 ERP-järjestelmän karkea toimintamalli (mukaillen Tikka, 2016).



Toiminnanohjausjärjestelmän yksi tarkoitus on auttaa yritystä tuottamaan edullinen ja hyvänlaatuinen tuote. Järjestelmä sitoo yhteen yrityksen perustoiminnot, kuten varastoinnin, hankinnan, tuotannon, myynnin, laskutuksen ja jakelun.

Toiminnanohjausjärjestelmien avulla voidaan hallinnoida systemaattisesti sellaisia tietomääriä, joiden käsittely käsin olisi lähes mahdotonta tai vähintäänkin hyvin aikaa vievää. Tunnettuja ERP-järjestelmien toimittajia ovat SAP, Oracle (Lehtonen, 2004, s. 128), Microsoft, Visma ja Lemonsoft (Lätti & Päivinen, 2017). ERP-järjestelmää valitessa yrityksen tulee määrittää oman toiminnan kannalta tärkeät piirteet, joita järjestelmältä vaaditaan. (Lehtonen, 2004, s. 128)

Ptakin (2003, s. 240) mukaan ERP- järjestelmän perusvaatimuksia tuotannon näkökulmasta ovat:

- Tuotteen yksilöllinen tunniste sisältäen osanumeron, läpimenoajan, tilauskoon säännöt, varastointikäytännöt ja varmuusvarastot
- Ajankohtaiset kysyntätiedot sisältäen määrät, ajoitukset ja riskit
- Toimitettavan tuotteen valmistamiseen vaadittavat osat
- Ajankohtaiset toimitustiedot sisältäen määrät ja ajoitukset.

2.1.1 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjausperiaatteet kuvaavat sitä tapaa, jolla yrityksen tuotannonohjaus toteutetaan. Miettisen (1993, s. 49) mukaan esimerkkejä näistä periaatteista ovat:

- MRP – Material Requirements Planning
- MRP II – Manufacturing Resource Planning
- JIT – Just in Time
- Lean.

MRP, eli Material Requirement Planning (suom. Materiaalitarvelaskenta) on yksi tuotannonohjausperiaatteista ja osa ERP-järjestelmää. MRP on saanut alkunsa USA:ssa 1960-luvulla ja sen tarkoituksena on laskea materiaaltarpeet tuoterakenteiden avulla.

MRP:n toiminnan kannalta tärkeää on, että tuoterakenteen avulla pystytään laskemaan ostettavien osien ja raaka-aineiden tarpeet. 1970-luvulla kuormituslaskenta ja tarvelaskenta yhdistettiin, jonka seurauksena syntyi materiaalienohjaustapa MRP II eli Manufacturing Resource Planning (suom. Valmistusresurssien suunnittelu). Tässä ohjaustavassa lähtökohtina ovat myyntiennusteet, joiden avulla määritellään karkeasti materiaalien tarpeet. Tämän lisäksi MRP II laskee eri töiden, kuten työ- ja asiakastilauksien vaatimat kapasiteetit ja tekee kuormitukset eri prosesseille työvaihe- ja kuormitusryhmätietojen avulla. MRP II menetelmää on kritisoitu esimerkiksi läpimenoaikojen kiinteiksi määrittämisen takia, sillä tämä on voinut johtaa liian suuriin varastoihin ja läpimenoaikoihin. (Miettinen, 1993, s. 50)

Japanilaisten kehittämän JIT eli Just in Time (suom. Juuri oikeaan aikaan) periaatteen mukaan tuotannonohjauksen tehokkuuden saavuttamisen kannalta tärkein asia on yksinkertaisuus eli kaiken turhan poistaminen. JIT:n mukaan tätä tehokkuutta vähentää liikkumattomat varastot ja niiden vaatima turha tila, sekä virheelliset osat, kokoonpanot ja lopputuotteet. Ihannetilanteessa kaikki tarvittavat tuotteet toimitettaisiin juuri oikeaan aikaan ja juuri oikean kokoisissa erissä. Miettisen (1993, s. 51) mukaan JIT:n käyttöön liittyviä periaatteita ovat:

- Tasainen valmistuksen kuormittaminen
- Tuotantoon sitoutuneen pääoman minimointi
- Varastoon sitoutuneen pääoman minimointi
- Lyhyiden läpäisyaikojen varmistaminen.

Miettisen (1993, s. 52) mukaan syitä, minkä takia turhaa varastointia syntyy ovat:

- Liian suuret hankinta- ja valmistuserät
- Ostettavien tuotteiden pitkät toimitusajat
- Epävarmat toimittajat
- Tuotannon joustamattomuus
- Pitkät läpäisyajat
- Yhteistyön puute.

Lean on joustavaa toimintatapojen järjestelyä, joka on lähtöisin japanilaisesta autoteollisuudesta. Tavoitteena on luoda asiakkaan haluama tuote tai palvelu mahdollisimman vähillä resursseilla. Tuotannon yksinkertaistaminen ja lisäarvoa tuottamattoman työn eli hukan poistaminen on yksi osa Lean ajattelua (Miettinen, 1993, s. 61). Wangin (2011, s. 1) mukaan on olemassa seitsemän erilaista hukkaa:

- Ylituotanto
- Varastointi
- Odotus
- Kuljetus
- Ylimääräinen siirtyminen
- Yliprosessointi
- Virheet.

Kestävään kehityksen peruselementtejä ovat ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. Kestävän kehityksen tavoitteena on turvata tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet (Ympäristöministeriö, n.d.). Kestävän kehityksen tarkastelukohteita voivat olla esimerkiksi hukan ja hävikin vähentäminen, sekä vastuullisuuden lisääminen.

Varastointisuunnitelman avulla pystytään pienentämään syntyvää hukkaa ja hävikkiä. Varastotasojen huonon optimoinnin ja markkinoiden muutoksien seurauksena varastoon kertyy osia, joille ei välttämättä ole menekkiä enää ikinä. Tämän turhan varastoinnin ja heikon varastonkierron seurauksena syntyy pääomakustannuksia, kuin myös materiaalikustannuksia tuotteiden valmistamisesta. Varastointisuunnitelman avulla syntyvää hukkaa ja hävikkiä voidaan vähentää, kun turhia osia voidaan poistaa varastosta, sekä lopettaa näiden osien tilaaminen tulevaisuudessa. Hukan ja hävikin vähentämisen seurauksena pääoma- ja materiaalikustannukset, ylituotanto ja ylivarastointi pienenevät.

Yritysvastuulla tarkoitetaan organisaation vaikutusta yhteiskuntaan, ympäristöön ja talouteen. Hyvä vastuullisuusstrategia tuo yritykselle lisäarvoa ja varmistaa kestävän

kehityksen mukaisen toiminnan. Yritysvastuun ja sen tuomien kilpailuettujen kannalta yksi tärkeä asia on sitoutuminen tehtyyn suunnitelmaan (Ataa agency, 2020).

2.1.2 Tuotannon työnkulku

ATO, eli Assemble to Order (suom. Kokoonpano tilauksesta) kuvastaa yrityksen toimintatapaa, jolla se toteuttaa liikekysynnän hallintaa. ATO tyyliässä toimintatavassa on tunnusomaista monien erilaisten rakenteiden määrittäminen asiakkaiden vaatimusten mukaan, tätä kutsutaan konfiguraation hallinnaksi. Yritysten erilaisten konfiguraatioiden hallitsemiseksi monilla yrityksillä voi olla käytössä oma konfiguraattori, jonka avulla tuotteiden erilaiset rakenteet voidaan järjestellä ja vertailla vastaamaan asiakkaiden vaatimuksia. Konfiguraattorin käytöllä myös vähennetään riskiä törmätä tilanteeseen, jossa olisi luotu tuote, jonka kokoonpano olisi mahdotonta. Tuotteiden ja osien suunnittelulla on tärkeä rooli ATO:n toimimisen kannalta, sillä osien tulee olla mahdollisimman mukautuvia erilaisten komponenttien, vaihtoehtojen ja moduulien yhdistelemiseksi (Jacobs ym., 2005, ss. 36–37). Konfiguraatio tarkoittaa tässä tapauksessa kokoonpantavan tuotteen eli vaihteen osien järjestelyä ja osaluettelon muodostumista.

ATO toimintatapa kuvastaa hyvin kaksisuuntaista kommunikaatiota asiakkaan ja liikekysynnän hallinnan välillä. Asiakkaille täytyy ilmoittaa saatavilla olevat konfiguraatiot, jotka täyttävät heidän vaatimuksensa ja valmiin tuotteen toimituspäivä. ATO toimintatavassa varasto, joka määrittelee asiakaspalvelun ei ole valmiiden tuotteiden varasto, vaan erilaisten komponenttien eli osien varasto. (Jacobs ym., 2005, ss. 36–37)

ATO toimintatavassa saavutetaan huomattavia hyötyjä yrityksissä, joilla on useita erilaisia konfiguraatioita. ATO:ssa voidaan keskittyä oikeiden komponenttien hallintaan sen sijaan, että hallittaisiin lopullisia tuotteita. Vaihtoehtoisten konfiguraatioiden määrä kasvaa eksponentiaalisesti erilaisten osayhdistelmien kasvaessa (Kaava 1). Esimerkiksi tilanne, jossa yritys kasaa lopputuotteita 17 erilaisesta komponentista, vaihtoehtoisia lopputuoteyhdistelmiä on 384. On siis paljon helpompaa ennustaa ja hallita 17 komponentin kysyntää, verrattuna 384 valmiin tuotteen kysynnän hallitsemiseen. (Jacobs ym., 2005, s. 37)

Suunnittelupäällikkö Severi Mäkistä haastateltaessa hän arvioi, että Kumera Drives Oy:n kaikkien erilaisten vaihekombinaatioiden lukumäärä on useita miljoonia.

Kaava 1 kombinaatioiden lukumäärä (Jacobs ym., 2005, s. 37).

$$\text{Erialaisten kombinaatioiden lukumäärä} = N_1 * N_2 \dots * N_n$$

Make to Order eli MTO on tuotantostrategia, jossa tuote valmistetaan aivan alusta lähtien vasta, kun tilaus on vastaanotettu. Tällä tavalla tuotanto aloitetaan aina lopullisen tuotteen kysynnän mukaan. MTO toimintatavassa voidaan valmistaa tuotteita juuri asiakkaiden haluamien vaatimusten mukaan johtaen siihen, että varastot pienenevät ja kysynnän suunnittelu helpottuu. MTO:lle on tyypillistä, että tilausmäärät ovat yleensä maksimissaan muutamia kappaleita. Tällaisen tilaustyötyyppisen-tavan seurauksena syntyvät kustannukset ovat yleensä suuremmat yksikköä kohden. (Karl, 2022)

ATO:n ja MTO:n käyttö mahdollistaa tuotteiden valmistamisen paremmin asiakkaiden vaatimusten mukaan, parantaen yrityksen tehokkuutta ja vähentämällä syntyvää hukkaa. Kääntöpuolena näiden toimintatapojen seurauksena kustannukset usein nousevat, toimitusketjuissa esiintyy useammin monimutkaisuutta ja yrityksen myynti saattaa olla epäsäännöllistä. ATO:ta ja MTO:ta käyttäviä yrityksiä löytyy yleisesti eniten kokoonpanoteollisuudesta, sillä tuotteiden räätälöiminen on näille yrityksille tärkeää. (Karl, 2022)

2.1.3 Osaluettelo

Jokaista valmistettavaa lopputuotetta varten tarvitaan luettelo valmistukseen käytettävistä materiaaleista. Tämä lista on BOM, eli Bill of Materials (suom. osaluettelo). Listassa lueteltavia materiaaleja kutsutaan komponenteiksi ja näistä muodostuvaa lopputuotetta kutsutaan päänimikkeeksi. Osaluetteloita käytetään muun muassa kustannuslaskentaan, aikataulutukseen, tuotteen seurantaan läpi eri tuotantovaiheiden ja eri varianssien analysointiin. Osaluetteloiden jäsentely voidaan tehdä lukuisilla eri tavoilla ja oikean työkalun valinta BOM työhön parantaa yrityksen kokonaishyödyntämistä, tarkkuutta, ja

järjestelmän tuloksia. Yrityksen tehokkaan toiminnan kannalta on järkevää, että käytetään vain yhdenlaisia osaluetteloita läpi koko organisaation. Jokainen osasto saattaa käyttää näitä luetteloita eri tarkoituksiin ja eri tavalla, mutta päämääritelmä on kaikkien osastojen kesken sama. (Ptak, 2003, ss. 251–252)

Erilaisia osaluettelotyyppisiä ovat eBOM, eli engineering Bill of Materials (suom. suunnitteluosaluettelo) ja mBOM, eli manufacturing Bill of Materials (suom. valmistusosaluettelo). EBOM on tuoterakenne, joka edustaa suunnitellun tuotteen rakennetta ja se pohjautuu 3D-mallin kokoonpanorakenteeseen. EBOM sisältää yleensä piirustukset, CAD-mallit, materiaalit, joita ei mallinneta (esim. öljy) ja muut merkinnät, joiden pitäisi antaa tuotteelle selkeä määritelmä. MBOM määrittelee, miten tuote esimerkiksi kokoonpannaan, valmistetaan ja huolletaan. Se koostuu tyypillisesti pääkokoonpanoista ja alikokoonpanoista, jotka kuluttavat eBOM:iin määriteltyjä osia. MBOM kuvastaa tuotteen valmistusprosessia ja se sisältää osien valmistamiseen tarvittavat laitteet ja työkalut, sekä tiedot pakkausmateriaaleista ja käyttöohjeista, jotka tekevät tuotteesta lähetyskelpoisen. Kaikki nämä yksityiskohdat auttavat tuotantoa ymmärtämään paremmin kokoonpano- ja pakkausmenettelyjä. (Stekolschik, 2017, ss. 1–2)

Tyypillisesti ERP-järjestelmät käyttävät yhtä tai kahta erilaista lähestymistapaa osaluettelon määrittämisessä. Näitä tapoja kutsutaan materiaalikeskeiseksi ja toimintakeskeiseksi. Materiaalikeskeisessä lähestymistavassa yksitasoinen luettelo koostuu päänimikkeestä ja sen komponenteista. Toiminnon järjestysnumero tarjoaa löysän kytköksen komponentin ja sen reititysten eri vaiheiden välille. Reitityskeskeisessä lähestymistavassa yksitasoinen osaluettelo koostuu lopputuotteesta, sekä sen toiminnoista, joihin komponentit ovat suoraan sidottuina. Tällä tavalla toiminnon järjestysnumero tarjoaa vahvan kytköksen komponentin ja sen reitityksen eri vaiheiden välille. Ääripäässä tällaisessa lähestymistavassa lopputuotteen reititysoperaatiot täytyy määritellä ennen kuin komponentteja voidaan määritellä reitityksen eri toimintoihin. (Hamilton, 2002, s. 74)

Monilla valmistajilla on käytössä dynaaminen tuotesuunnittelu, jonka ansiosta osaluetteloihin voidaan ajaa muutoksia johtuen esimerkiksi tuotekehityksestä, markkinapaikkavaatimuksista tai toimitusvaikeuksista. Suunniteltujen

osaluettelomuutoksien yksilöiminen ERP-järjestelmään mahdollistaa kommunikoinnin tulevista vaikutuksista yrityksen eri toiminnoille, jonka ansiosta eri toiminnot pystyvät reagoimaan näihin ajoissa tarvittavalla tavalla. Muutoksista johtuvat vaikutukset koskevat usein kustannuksia, hinnoittelua, tuotantokapasiteettia ja -suunnittelua. (Hamilton, 2002, s. 80)

2.2 Varastohallintajärjestelmä

Varastohallinnan yksi tavoite on varastotasojen hallitseminen. Näiden tasojen hallitseminen voi olla manuaalisesti hankalaa ja aikaa vievää, joten näitä tehtäviä avustamaan on luotu erilaisia WMS-järjestelmiä, eli Warehouse Management Systems (suom. varastohallintajärjestelmä). WMS-järjestelmien avulla hallitaan varaston toimintoja, kuten tuotteiden siirtelyä, hyllytystä, vastaanottoa, keräilyä, pakkausta ja toimitusta. Näiden järjestelmien avulla pyritään parantamaan varaston henkilöstön tehokkuutta, sillä varaston kustannuksista jopa yli puolet muodostuu henkilöstökustannuksista. Toimiva varastohallintajärjestelmä rekisteröi kaikki kyseiseen toimintoon liittyvät tapahtumat, tämän avulla tilauksien ja tuotteiden jäljittäminen on mahdollista ja virheitä pystytään vähentämään, sekä selvittämään niiden juurisyitä. (Logistiikan Maailma, n.d.-b)

Varastohallintajärjestelmä voi esimerkiksi sisältyä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään tai toimia erillisenä järjestelmänä, joka kommunikoi ERP-järjestelmän kanssa.

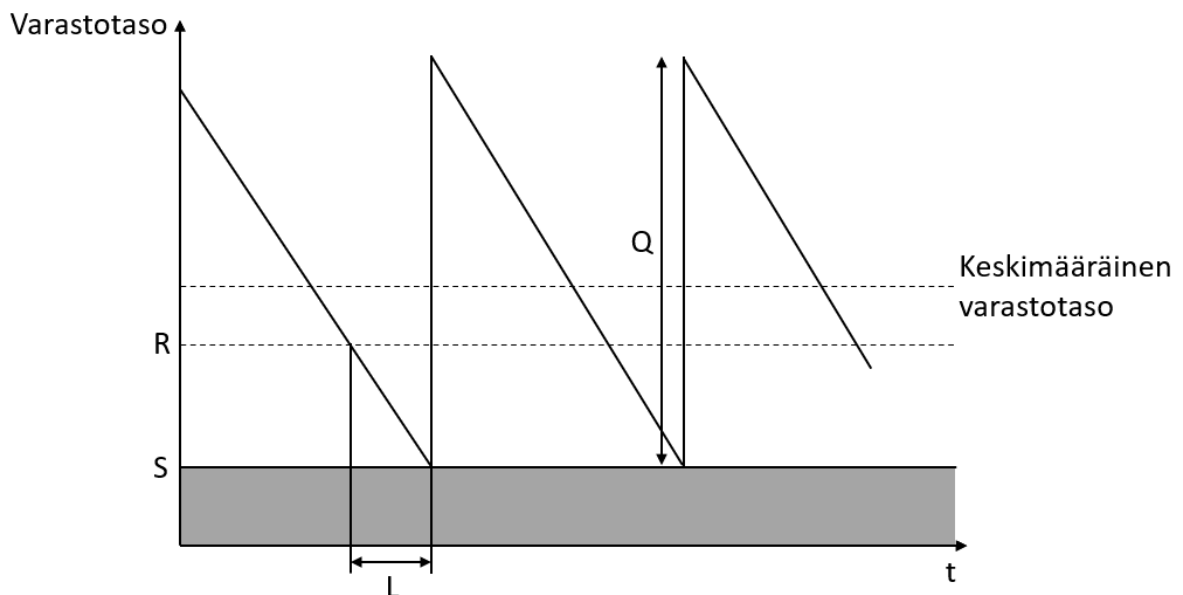
Varastohallintajärjestelmät mahdollistavat reaaliaikaisen tiedonsaannin läpi yrityksen eri toimintojen. Richardsin (2018, s.235) mukaan mahdollisia hyötyjä hallintajärjestelmien käytöstä yritykselle ovat:

- Reaaliaikainen varastotasojen jäljitettävyyys ja näkyvyys
- Tuottavuuden parantuminen
- Automaattiset täydennykset
- Paperityön minimointi.

2.2.1 Varastojen ohjaus

Tuotteiden menekki koostuu asiakkaiden tilauksista syntyvästä riippumattomasta kysynnästä ja johdetusta tarpeesta. Johdettua tarvetta on lopputuotteen osien tarve, joka voidaan laskea MRP:n avulla tuoterakennetta käyttäen. Yksikään yritys ei voi laskea tai tietää varmaksi riippumattoman kysynnän määrää, tämän takia sen arvioimiseen täytyy käyttää ennustamista. Yksi näistä ennustamistavoista on varastoitavan nimikkeen tilauspisteohjaus, jossa nimikkeelle tehdään täydennystilaus tai tuotantokehoitus, kun nimikkeen varastotasot laskee tilauspisteen eli ns. hälytysrajan alapuolelle (Kuva 2). (Lehtonen, 2004, ss. 121–123)

Kuva 2 Tilauspisteohjauksen toimintatapa (mukaillen Lehtonen, 2004, s. 122).



R = tilauspiste

S = varmuusvarasto

L = täydennystilauksen toimitusaika

Q = täydennyserä

Kuvassa 2 kysyntä seuraa tasaisen kysyntäennusteen mallia ja varmuusvarastot saavutetaan juuri täydennyserän saapessa. Ennustusmallit eivät kuitenkaan aina pidä paikkaansa, joten varmuusvarastotasot on määritelty estämään varaston tyhjeneminen, mikäli kysyntä onkin ennustettua suurempaa tai täydennystilauksen toimitus viivästyy. Keskimääräinen

varastotaso tilauspisteohjauksessa määräytyy kaavan 2 mukaan. (Lehtonen, 2004, ss. 121–123)

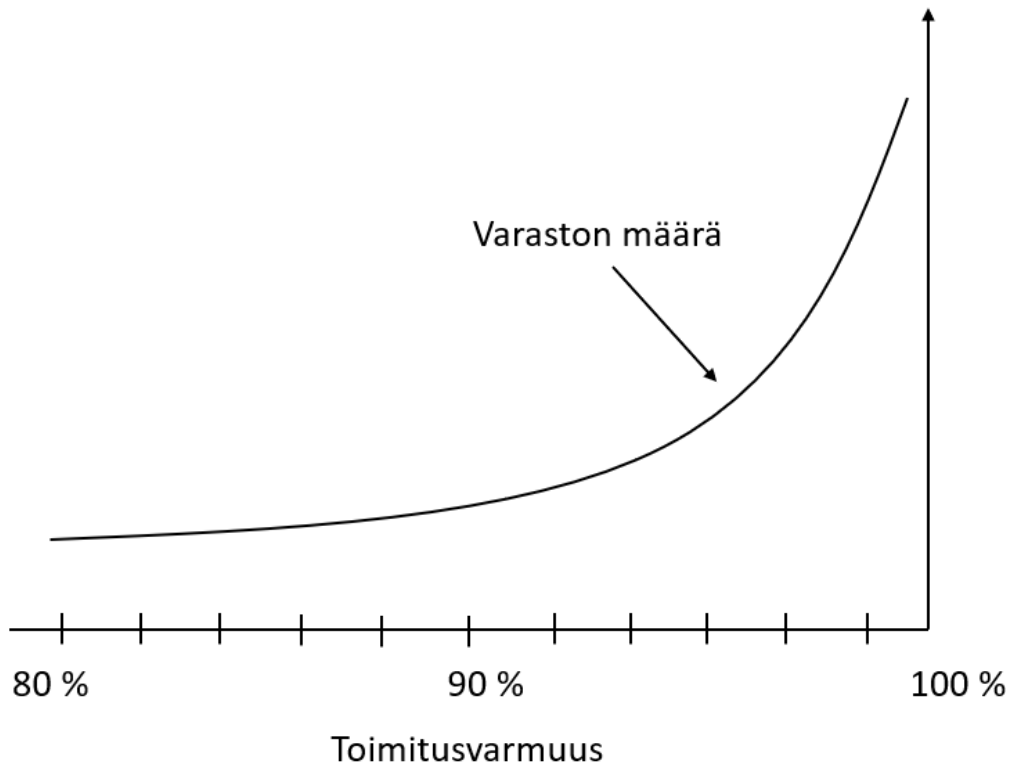
Kaava 2 Keskimääräinen varastotaso (Lehtonen, 2004, s. 122).

$$\textit{Keskimääräinen varastotaso} = \frac{1}{2} Q + S$$

Tilauspisteohjauksessa on mahdollista myös ottaa huomioon vaihteleva kysyntä. Tässä tapauksessa varastotasoa seurataan tulevaisuuteen samalla vähentäen sen saldosta tulevia ennustettuja tai toteutuneita tilauksia. Tilauspisteohjaus yhdistettynä ennusteeseen on nykyään laajasti käytössä nimikkeiden ohjauksessa ja ERP-järjestelmistä löytyy siihen tarvittavat peruspiirteet. (Lehtonen, 2004, ss. 121–123)

Varmuusvarastot ovat välttämättömiä, mikäli tulevaisuuden ennustaminen ei ole yritykselle erityisen helppoa. Näillä varmuusvarastoilla estetään osien ennenaikainen loppuminen, jonka seurauksena tuotanto voi seisahtua. Varaston loppumisen todennäköisyys täydennyssyklin aikana voidaan laskea, jos tiedetään kysynnän tilastollinen jakauma, täydennyseräkokoko, sekä toimitusaika ja sen jakauma. Kuvasta 3 nähdään kuinka varaston määrä kasvaa voimakkaasti, kun 100 %:n toimitusvarmuus lähestyy. Yleensä yrityksen toiminnan kannalta ei ole kannattavaa asettaa toimitusvarmuustavoitteita näin korkealle, sillä liian suurien varastojen ylläpitämisestä aiheutuu suurempien varastointikustannuksien lisäksi muiden tuotteiden myynnille aiheutuvia haittoja. Riippumattoman kysynnän nimikkeisiin liittyy aina jonkun verran ennustamatonta satunnaisvaihtelua, jonka takia varmuusvarastot ovat näille nimikkeille yleensä tarpeen. (Lehtonen, 2004, s. 124)

Kuva 3 Toimitusvarmuuden ja kokonaisvaraston määrän yhteys (mukaiillen Lehtonen, 2004, s. 123).



Varastojen ohjauksessa tilausimpulssin ja varmuusvaraston lisäksi täytyy määrittää täydennyseräkoko. Eräkoko on mahdollista johtaa suoraan tilauksesta, mutta usein on erän tilaamisen tai valmistamiseen liittyvien kustannusten vuoksi edullisempaa hankkia tai valmistaa enemmän kuin tarve vaatii. Taloudellisen eräkoon laskeminen yksinkertaisissa tapauksissa ei ole monimutkaista vaan se saadaan selville yhdellä kaavalla (Kaava 3). Taloudellisen eräkoon kaava perustuu vakiokysyntään, minkä takia se on yksinkertaistava, eikä välttämättä sovi kaikkien yritysten toimintaan. Kaava 3 ei myöskään huomioi, paljousalennuksia, hinnan muutoksia, puuteriskiä tai -kustannuksia. (Lehtonen, 2004, s. 124)

Kaava 3 Taloudellinen eräkoko (Miettinen, 1993, s. 82).

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * T * TK}{H * VK}}$$

- T = tarve (myynti) varastoon
- TK = yhden toimituserän kustannukset
- H = tavaran yksikköhinta
- VK = Varastointikustannukset vuodessa (%:a varaston arvosta).

Two Bin System eli suomeksi kaksilaatikkojärjestelmä on osa Lean ajattelua ja sitä käytetään tyypillisesti alhaisen arvon osien täydentämiseen, esimerkiksi valmistus- ja kokoonpanoyrityksissä. Täydennyksen kohteita ovat yleensä erilaiset mutterit, pultit, hitsaus- ja siivoustarvikkeet. Kaksilaatikkojärjestelmän toimintatapa perustuu saman nimikkeen pitämiseen kahdessa eri laatikossa, kun ensimmäinen laatikko tyhjenee, täydennystilaus tehdään ja toisessa laatikossa oleva varasto toimii siten varmuusvarastona, jota kulutetaan täydennystilauksen saapumiseen asti. (Emmett & Granville, 2007, s. 144)

2.2.2 Varastonkierto

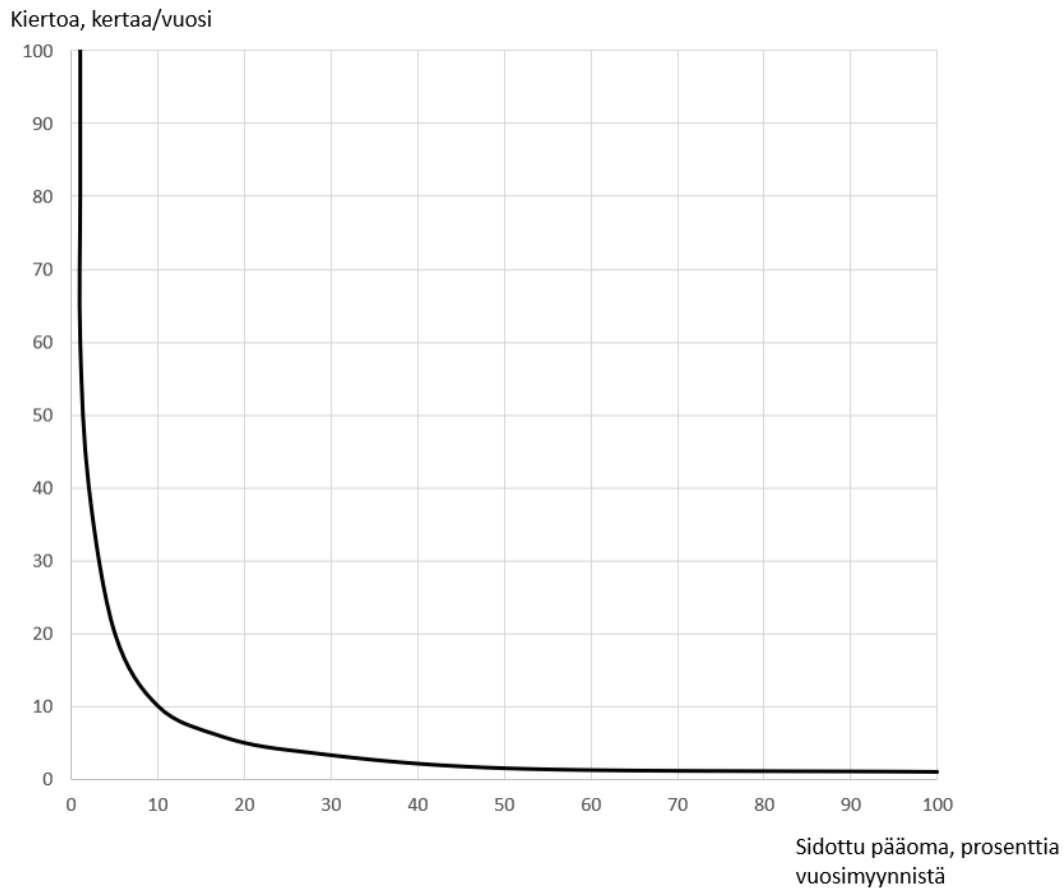
Varastonkiertonopeus kertoo, kuinka monta kertaa aikayksikössä varasto vaihtuu eli kiertää. Varastonvalvontajärjestelmien avulla on mahdollista seurata varastoa jatkuvasti ja kiertonopeus lasketaan vertaamalla kunkin hetken varastomäärää kahdentoista edellisen kuukauden kulutukseen (Kaava 4). (Miettinen, 1993, s. 77)

Kaava 4 Varaston kiertonopeuden laskukaava (Miettinen, 1993, s. 77).

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{12 \text{ kuukauden käyttö tai myynti}}{\text{Tämänhetkinen varaston määrä tai arvo}}$$

Yleisesti ottaen korkea kierto tarkoittaa parempaa varastonhallintaa ja tehokkaampaa sidotun pääoman tuottoa yritykselle, edellyttäen ettei samaan aikaan aiheuteta liian korkeita kustannuksia varaston täydennyksistä. Varastoon sidotun pääoman ja kierron välinen riippuvuus tarkoittaa sitä, että kiertonopeus on keskeinen varastoitavien tuotteiden mittari. Kuvasta 4 nähdään, kuinka varastonkierron muutos vaikuttaa sitoutuneen pääoman tarpeeseen. (Karrus, 2001, ss. 177–179)

Kuva 4 Varaston kiertonopeuden vaikutus sidottuun pääomaan (mukaillen Karrus, 2001, s. 178).



Varastonkierron nostamisen haittapuolena on lähes aina täydennyskustannusten nousu. Varmuusvarastot ovat joillekin yrityksille pakollisia, mutta niillä on kiertonopeutta heikentävä vaikutus. Yrityksen varastonimikkeiden välillä voi olla suuriakin eroja niiden kiertonopeuksissa ja näitä eroja selkeyttämään voidaan käyttää niin sanottua ABC-luokittelua. (Karrus, 2001, ss. 177–179)

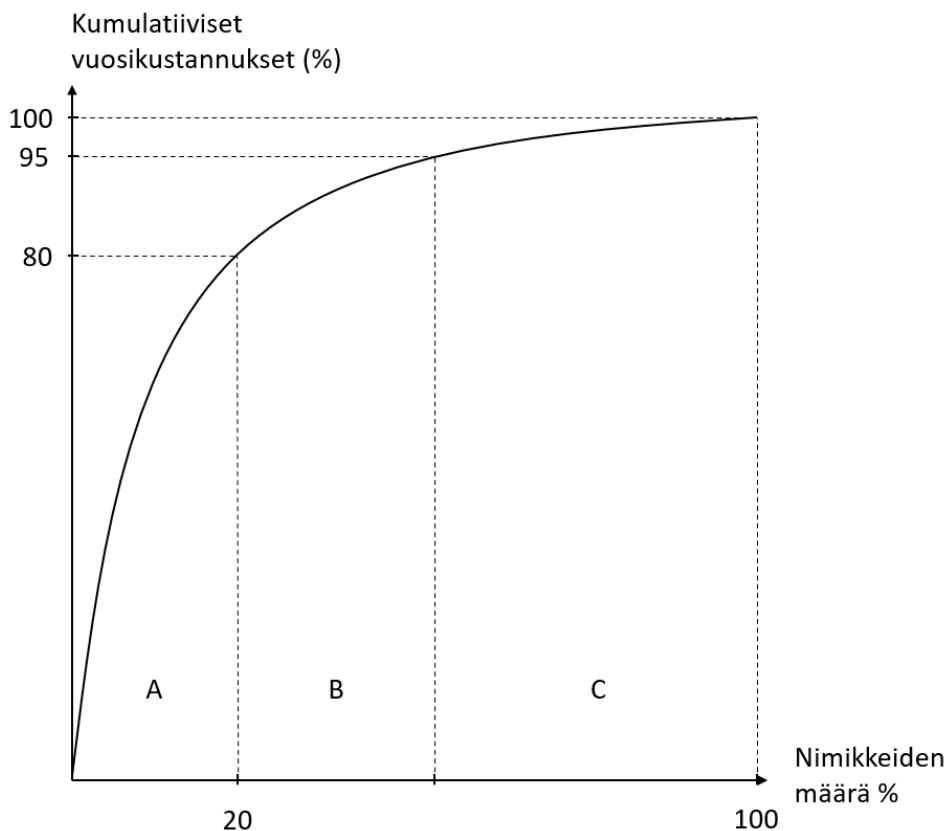
2.2.3 ABC-luokittelu

ABC-luokittelun avulla on mahdollista hienosäätää varastonohjausta luokittelemalla varastonimikkeet tietyn tekijän, kuten vuosimyynnin tai -käytön perusteella. Tämän luokittelun avulla pystytään rajaamaan suuret nimikemäärät rajattuihin ohjausjoukkoihin, samalla ylläpitäen nimikkeiden yksilökohtaiset tilauspisteet, eräkoot ja maksimisaldot. ABC-luokittelun avulla päästään entistä paremmin käsiksi kierron ja pääomakustannusten

yhteyteen ja luokittelun lähtökohtana on hyvin usein 20–80 sääntö (Kuva 5). ABC-luokittelun lisäksi on mahdollista käyttää hienojakoisempaa ABCD- tai ABCDE-luokittelua, joissa kirjainten lukumäärä ilmaisee luokkien määrän. Karruksen (2001, s. 179) mukaan ABC-luokitteluun liittyy yleistuloksia, kuten:

- 20 % nimikkeistä tuo 80 % myynnistä
- 20 % asiakkaista tuo 80 % liikevaihdosta
- 20 % nimikkeistä sitoo 80 % varaston arvosta
- 20 % tilauksista vie 80 % ostobudjetista.

Kuva 5 ABC-luokittelun havainnollistaminen (mukaillen Miettinen, 1993, s. 80).



ABC-luokittelun avulla pyritään selvittämään yritykselle taloudellisesti tärkeät A-luokan nimikkeet, joihin tulisi keskittyä muita tarkemmin. Samalla voidaan selvittää ne nimikkeet, jotka liikkuvat hyvin satunnaisesti tai eivät ollenkaan, näiden nimikkeiden poistamista varastosta tulisi harkita, sillä ne aiheuttavat yritykselle lisäkustannuksia. (Karrus, 2001, s. 180)

3 Toiminta Kumera Drives Oy:ssä

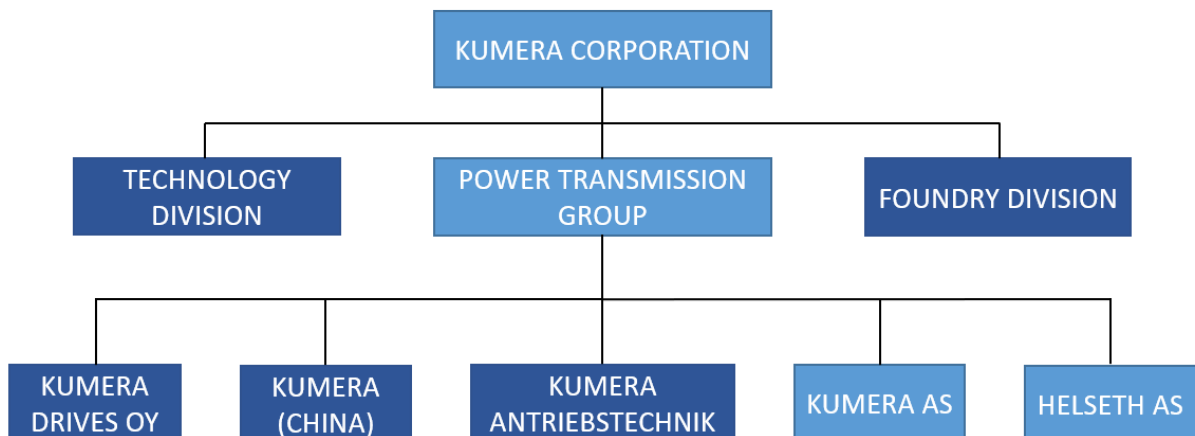
Tässä luvussa kuvataan toimintaa Kumera Drives Oy:ssä. Käsiteltävinä laajempina kokonaisuuksina ovat yrityksen tarjoamat palvelut, vaihteet ja ohjausjärjestelmä Periodic Control System.

3.1 Kumera Drives Oy

Kumera Power Transmission Group on Kumera Drives Oy:n emoyhtiö (Kuva 6). Power Transmission Group tarjoaa kattavan valikoiman tuotteita kaikille merkittävillä prosessiteollisuuden aloille. Kumeralla on yli 70 vuoden kokemus mekaanisten voimansiirtotuotteiden valmistajana teollisuusmarkkinoille ja yli 200 000 vaihdeyksikköä on toiminnassa ympäri maailmaa noin 40 maassa. (Kumera Corporation, n.d.)

Kuva 6 Kumera Corporation yritys rakenne (mukaillen Kumera Corporation, n.d.).

Kumera Corporation



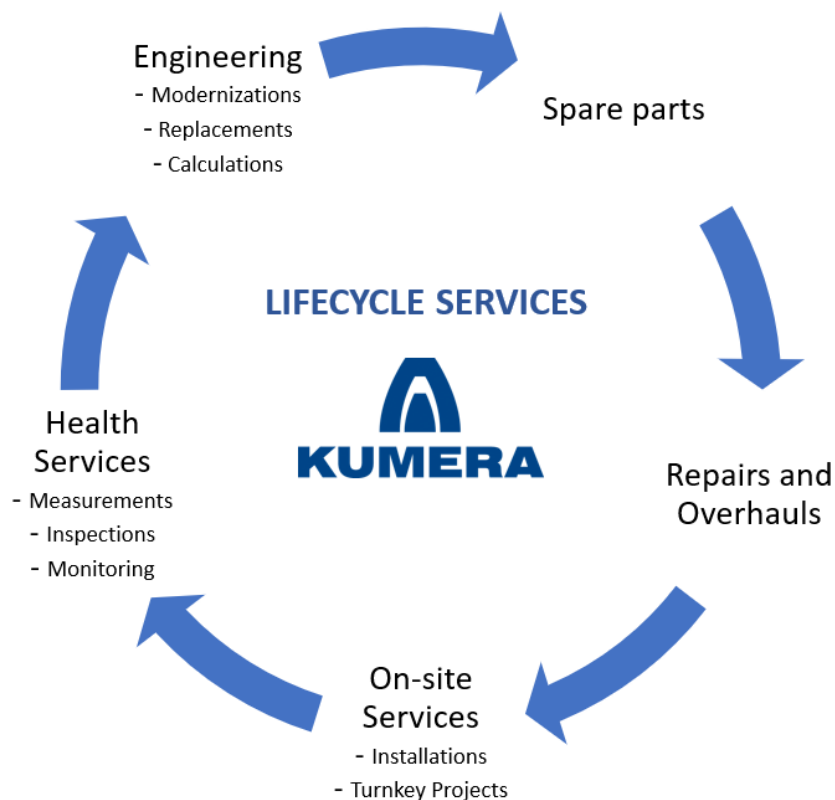
Kumera Drives Oy:n toimipaikka sijaitsee Riihimäellä ja sen pääasiallisena toimialana on voimansiirron tarjoaminen moniin erilaisiin teollisuuden aloihin kuten, sellu-, paperi-, kaivos- ja mineraaliteollisuuteen. Yksi Drivesin tavoitteista on parantaa asiakkaiden prosessien tehokkuutta käyttämällä apuna innovatiivisia voimankäyttöratkaisuja. Prosessiteollisuuden voimansiirron vaatimusten ymmärtäminen ja innovatiivisen T&K-toiminnan käyttö on pitänyt

Kumeran yhtenä suurimpana toimijana maailman voimansiirtomarkkinoilla läpi vuosien.
(Kumera Corporation, 2019)

Kumera tunnistaa vastuun läpi tuotteidensa koko elinkaaren. Tuotteiden mahdollisimman pitkä elinikä varmistetaan niin sanotuilla elinkaaripalveluilla (lifecycle services) (Kuva 7). Tuotteiden elinkaarenhallinta perustuu ympäristön ja sosiaalisiin näkökohtiin, jotka ovat keskeinen asia Kumeran toiminnassa. Kumera Corporationin (2020.-a) mukaan, palvelukonseptiin sisältyy seuraavia asioita:

- ISO 9001:2000 sertifioitu laatujärjestelmä
- Huoltosopimukset paikan päällä tai korjaamolla
- Guard Gear 4.0 jatkuva vaihteiston valvontajärjestelmä
- Huoltokonsultointi
- Power-Plaza.com monitoimityökalu vaihteiden valintaan, suunnitteluun, ostoon ja huoltoon.

Kuva 7 Tuotteiden elinkaaripalvelut (mukailien Kumera Corporation, 2020.-a).

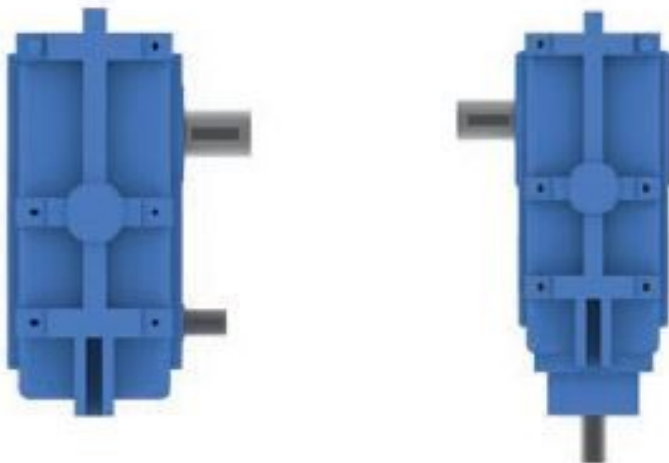


Haastateltaessa Kumera Drives Oy:n Service myynnissä työskentelevää Markus Linséniä, saatiin lisätietoja koskien elinkaaripalveluiden varaosa- ja varavaihdetoimituksia. Linsénin mukaan huoltotilauksien myynti eroaa tavanomaisista myynnin toimenpiteistä siten, että pääasiassa asiakkaille myydään heidän käytössään olevia varavaihteita ja -osia. Myynti koostuu osin myös kilpailijoita korvaavasta vaihde- tai osamyynistä. Pääasiallisena syynä asiakkaiden huoltotilauksille on toiminnan mahdollisimman nopea jatkaminen tapahtuneen rikkoutumisen tai muun vastaavan seurauksena. Varaosatilaukset voidaan parhaimmillaan toimittaa asiakkaille muutamassa päivässä, mikäli osaa löytyy varastosta, mutta normaalisti toimitusaika on varastosta löytyvälle osalle yksi viikko ja valmistettavalle osalle kahdeksan viikkoa.

3.2 Vaihdesarjat

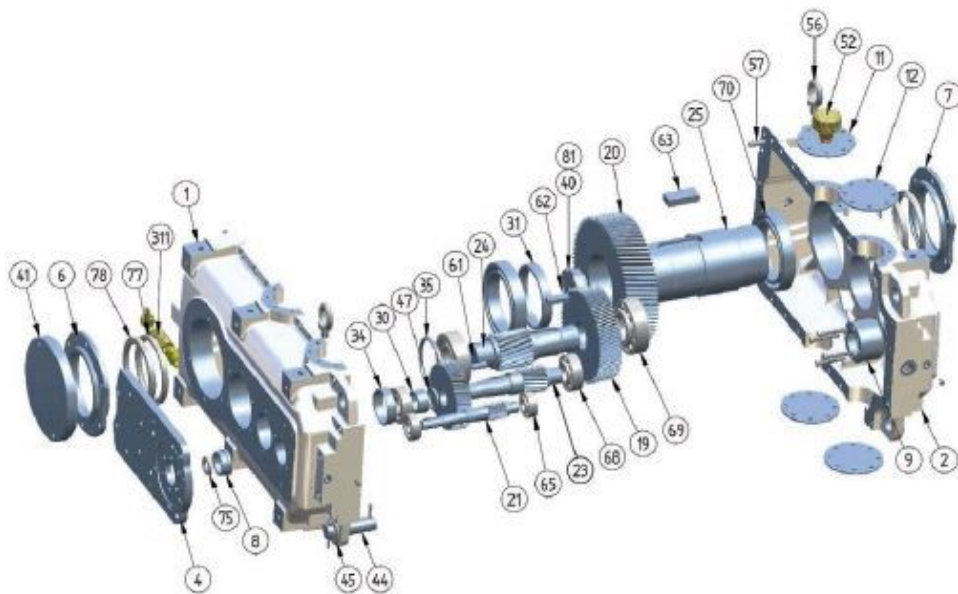
Kumera Drives Oy tarjoaa monia erilaisia vaihdesarjoja eri käyttökohteisiin, kuten B-, D-, E-, F-, ja G-sarja. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa G-sarjan vaihteita, jotka voidaan vielä jakaa lieriö- ja kartiohammasvaihteisiin. Lieriöhammasvaihteissa ensiöakseli tulee vaihteeseen kotelon sivusta, kun taas kartiohammasvaihteisiin kotelon päädystä (Kuva 8). Vaihteen nimi, josta selviää kaikki vaihteeseen liittyvät tiedot, kuten malli, sarja, akseliasento, pyörimissuunta ja portaiden määrä, muodostuu liitteen 1 mukaisesti. (Kumera Corporation, 2020.-b, ss. 6–7)

Kuva 8 Lieriö- ja kartiohammasvaihte (Kumera Corporation, 2020.-b).



Vaihteiden koteloiden raaka-aineena käytetään yleensä harmaata valurautaa, mutta tarvittaessa voidaan käyttää myös hitsattua teräsrakennetta tai pallografiittivalurautaa. Kartiohammaspyörät ovat AGMA 2003-B97 standardin mukaan mitoitettuja, sekä hiiletyskarkaistuja. Lieriöhammastusosat ovat myös hiiletyskarkaistuja ja hiottuja, sekä täyttävät ISO 6336 standardin. Kumeran valmistamissa vaihteissa käytetään joko paine-, kesto-, tai roiskevoideltuja laakereita ja vaihteen kaikki akselit ovat laakeroitu (Kuva 9) Erialaisten laakereiden käytössä on huomioitava tarvittavat roiskevoitelut, sekä laakereiden kunnonvalvonnat. (Kumera Drives Oy, 2021, s. 25)

Kuva 9 Lieriöhammasvaihteen räjäytyskuva (Kumera Drives Oy, 2021).



KUVA 15. Lieriöhammasvaihteen periaatekuva

1 Kotelon puolikas I	12 Tarkastusaukon kansi	31 Väliirengas	52 Ilmanvaihtotulppa	69 Laakeri
2 Kotelon puolikas II	19 Hammaspyörä	34 Väliirengas	56 Nostosilmä	70 Laakeri
4 Laakeripesän kansi	20 Hammaspyörä	35 Väliirengas	57 Lieriösokka	75 Akselitiiviste
6 Laakeripesän kansi	21 Ensiöakseli	40 Vastinlevy	61 Tasakiila	77 Akselitiiviste
7 Laakeripesän kansi	23 Väliakseli	41 Suojus	62 Tasakiila	78 Akselitiiviste
8 Tiivistepesä	24 Väliakseli	44 Tappi	63 Tasakiila	81 Reikävarmistin
9 Laakeripesä	25 Toisioakseli	45 Aluslaatta	65 Laakeri	311 Palloventtiili
11 Tark.aukon kansi	30 Väliirengas	47 Väliirengas	68 Laakeri	

Haastateltaessa Kumera Drives Oy:n suunnittelupäällikkö Severi Mäkistä saatiin lisätietoja koskien konfiguraattoria ja osaluetteloiden muodostumista. Mäkisen mukaan Kumera Drives

Oy:n käytössä oleva konfiguraattori on luotu 1990-luvulla. Konfiguraattori on kehittynyt vuosien aikana ja nykyään se on yhteydessä yrityksen ERP-järjestelmään. Konfiguraation valmistuessa, ERP-järjestelmä aloittaa suoraan tuotannosuunnittelun ja -toteutuksen, luodun osaluettelon mukaan.

Mäkisen mukaan konfiguraattorin toiminta alkaa teknisten tietojen valinnalla, näitä tietoja ovat esimerkiksi vaihdesarjan, porraskokoukseen ja vaihteen koon valinta. Näiden tietojen valinnan kautta konfiguraattori muodostaa vaihteen osaluettelon, jonka avulla tuotanto voidaan aloittaa. Osaluettelot muodostuvat konfiguraattorissa olevista paketeista, joille on spesifioitu kohteet, milloin niitä käytetään. Yksi paketti voi koostua esimerkiksi kolmiportaisen G-sarjalaisen, välityssuhdealueen $i=1$ osista. Nämä paketit muodostavat osaluettelon, joka sisältää kaikki tarvittavat osat vaihteen kokoonpanoon.

Mäkisen mukaan toinen tapa osaluetteloiden muodostumiseen on niin sanotun G-nimikkeen kautta. G-nimike on suunnittelussa luotu yksittäinen vaihteen kokoonpano tietyillä teknisillä ominaisuuksilla. Vaihde luodaan suunnitteluohjelmistolla kasaamalla osat 3D-malliin ja nappia painamalla osaluettelo saadaan luotua ERP-järjestelmään tämän 3D-mallin mukaisesti.

Osaluetteloiden muodostumistapoja on siis kaksi erilaista. Mäkisen mukaan näiden tapojen välillä on eroja ja kummankin käyttöön kuuluu hyötyjä ja haittoja. Konfiguraattorin hyötyihin kuuluu siihen spesifioidut säännöt ja paketit, joiden kautta osaluettelot muodostuvat. Konfiguraattorin käytön nopeus ja yksinkertaisuus on myös yksi sen käytön hyödyistä. Haittapuolena on muutosten ja päivitysten hankala tekeminen näihin sääntöihin ja paketteihin, sekä 3D-datan puuttuminen. Muutoksia tehtäessä virheiden seuraukset voivat olla hyvin laajoja, mikäli niitä tehtäessä ei olla huolellisia ja tiedetä tarkalleen mihin kaikkiin asioihin muutos vaikuttaa. G-nimikkeen tapauksessa hyötyinä ovat 3D-datan käytön mahdollisuus ja muutosten helppo tekeminen yksittäisiin vaihteisiin tarpeen vaatiessa.

3.3 Periodic Control System

Periodic Control System on suomalaisen yrityksen Kumera Oy:n kehittämä moderni menetelmä ohjata yrityksen toimintaa. Tämän menetelmän ensisijainen ominaisuus on sidotun pääoman minimoiminen optimoimalla materiaalinhankintaa ja nopeuttamalla työkulkua. Periodic Control System on mahdollista mukauttaa toimimaan monilla eri toimialoilla ja se sopii parhaiten yrityksille, joiden toiminta perustuu toistuvaan tuotantoon. Yrityksissä, joissa Periodic Control System on käytössä, eri operatiiviset osastot, kuten markkinointi, tuotesuunnittelu ja tuotannon eri osastot, tekevät samanaikaisesti töitä kohti yrityksen johdon asettamia yhteisiä tavoitteita. (Kumera Oy, n.d.)

3.3.1 Menetelmät ja tavoitteet

Modernin ohjausjärjestelmän tavoitteena on varaston arvoon ja keskeneräiseen työhön sidotun pääoman kierron nopeuttaminen. Tämän toiminnan ansiosta pääomaa vapautuu enemmän käyttöön muihin tarkoituksiin, kuten investointien lisäämiseen, mikä vaikuttaa yrityksen voittoihin. (Kumera Oy, n.d.)

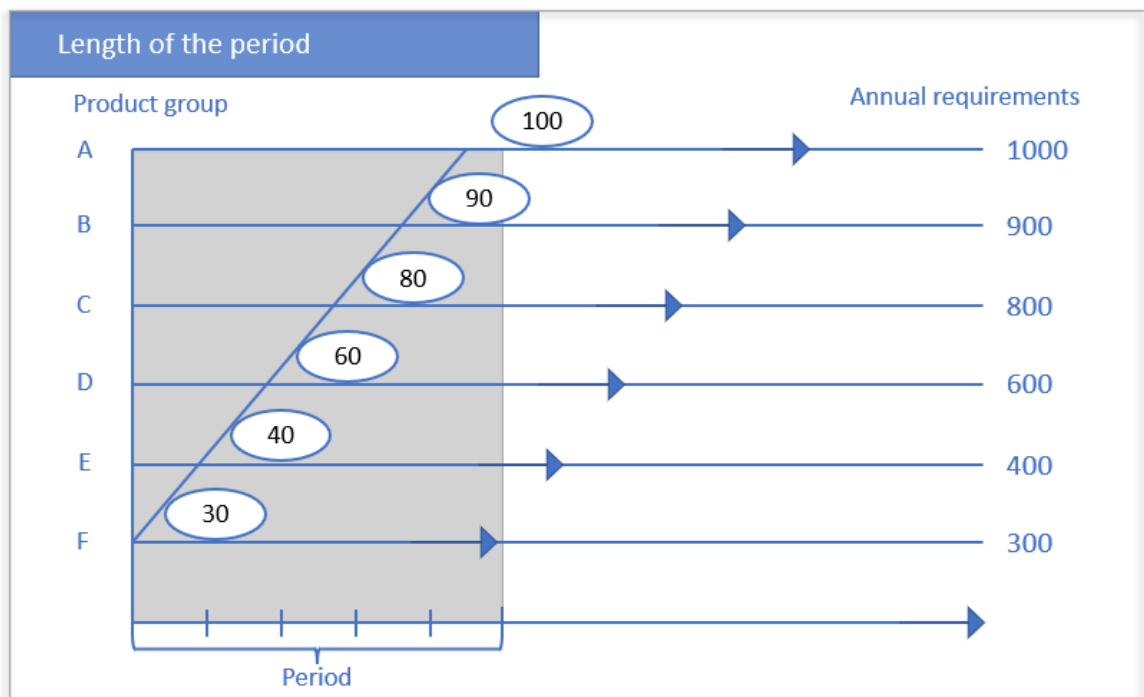
Yksi tapa, jolla pääoman kiertonopeutta voidaan lisätä, on tuotteiden käsittelyajan lyhentäminen, sillä tämä vähentää tuotannon keskeneräiseen työhön ja materiaaleihin sidotun pääoman määrää. Käsittelyajan lyhentämisen ansiosta suurien varastojen pitämisen merkitys nopeiden toimitusten varmistamiseksi vähenee. Toinen tapa, jolla sidottua pääomaa voidaan vähentää, on hankinnan toimien tehostaminen. Raaka-aineiden tarve tulee ajankohtaiseksi vasta sillä hetkellä, kun tuotanto alkaa ja ostettujen osien vasta, kun niiden kokoonpano alkaa. Erilaiset tekijät, kuten tilauksen koko, toimitusaika ja -varmuus hankaloittavat hankinnan tehostamista. (Kumera Oy, n.d.)

3.3.2 Periaatteet ja toimintatapa

Kumera Oy:n kehittämä Periodic Control täyttää modernin ohjausjärjestelmän asettamat vaatimukset. Periodic Control käyttää aikataulutussmallia, jossa aika-akseli on jaettu yhtä pitkiksi osiksi eli periodeiksi. Näiden periodien pituudet asetetaan vastaamaan markkinoiden

vaatimia tasoja. Kuva 10 näyttää kuinka periodin määrittäminen tapahtuu. Tämä prosessi uusitaan aina, kun perustietoa muutetaan enemmän, kuin herkkyysoanalyysi sallii. Periodin pituus ei ikinä saa olla lyhyempi, kuin tuotantojärjestelmään kuuluvan tuotteen prosessointiaika, sillä tuotanto ajoitetaan periodin alkuun, kun taas toimitus ajoitetaan periodin loppuun. Periodin sisällä tapahtuvat toimitukset muodostavat kokonaisuuden, jota käytetään tuotannon ja hankinnan hallitsemiseksi. (Kumera Oy, n.d.)

Kuva 10 Periodin pituuden määrittäminen (mukaan Kumera Oy, n.d.).



$$\frac{48 \text{ weeks/year}}{5 \text{ weeks/period}} = 9,6 \frac{\text{periods}}{\text{Year}} \approx 9,6 \frac{\text{periods}}{\text{Year}}$$

○ = during a series of front adjustable maximum quantity = $\frac{\text{Annual requirements}}{10}$

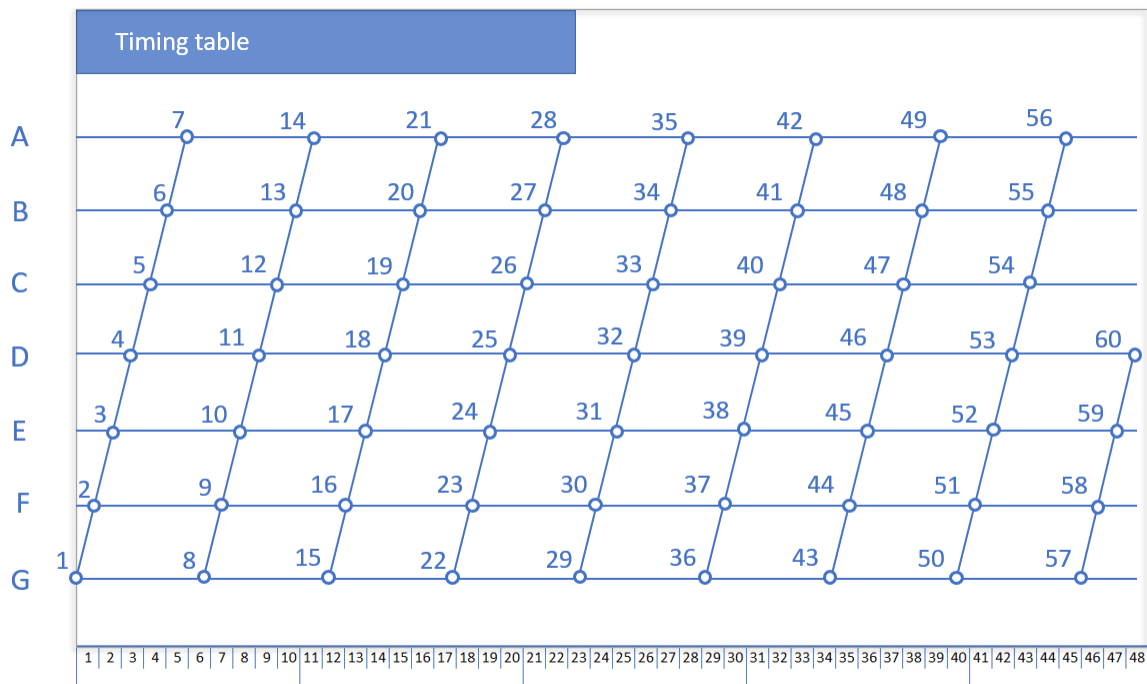
Periodien pituuden oikea asettaminen on tärkeää, sillä mikäli periodi on kohtalaisen pitkä ja erilaisten tuotteiden myynti on tasaista, saman periodin sisälle muodostuu useita tilauksia, jotka koskevat samoja tuotteita. Tämä vähentää yksittäisten osien valmistusta ja mahdollistaa suurempien materiaalmäärien hankinnan kerralla, joiden avulla kustannuksia saadaan vähennettyä entisestään. Toisaalta liian pitkien periodien asettamista tulisi välttää, sillä tämän seurauksena tuotteiden, joiden prosessointiaika on lyhyempi kuin asetettu

periodi, rahatuloja joudutaan odottamaan sovittuun toimituspäivään asti. Muutaman viikon mittainen ajanjakso on usein optimaalisin pituus periodille. (Kumera Oy, n.d.)

Periodit voidaan jakaa niin sanottuihin eriin (batches). Jos sama tuotantoresurssi on jaettava eri tuotteille ja koneiden asetusajat ovat suuri kustannustekijä on suotavaa, että periodin sisältämät tilaukset laitetaan tuotantoon ryhmissä. Ryhmät muodostetaan siten, että ryhmä koostuu mahdollisimman paljon täysin tai lähes identtisistä osavaatimuksista. Tällaista ryhmää kutsutaan eräksi (batch). Erät otetaan yksitellen tuotantoon siten, että erän siirtyessä seuraavaan työvaiheeseen uusi erä tulee sen tilalle. Viimeisen erän läpäistessä ensimmäisen työvaiheen, kulunutta aikaa kutsutaan periodiksi. Uusi periodi alkaa, kun seuraavan periodin ensimmäisen erän vuoro on tulla työvaiheeseen. Tämä päällekkäisyys takaa jatkuvan työvirran jokaisessa työvaiheessa. Tällaisen ryhmittelyn ansiosta organisaation eri tehtävistä tulee tehokkaampia, sillä prosessoitavan informaation määrä vähenee, minkä seurauksena turhia kuluja saadaan minimoitua. (Kumera Oy, n.d.)

Erien suunnittelu ja aikataulutus tehdään etukäteen jokaiselle vuodelle. Asettamalla vuoden ensimmäisen periodin ensimmäinen erä vuoden alkuun, muiden erien aloituskohdat voidaan määrittää päällekkäisyyksien mukaan (Kuva 11). Toistamalla tätä prosessia vuoden loppuun asti, ajoitustaulukko on muodostettu. Tämä taulukko kertoo toimituskapasiteetit, aikojen ja määrien kannalta. Ajoitustaulukolla on tärkein osa koko systeemissä. Kuvan 11 mukaisessa taulukossa ohjattava yksikkö on erä ja sillä on vakio toimitusaika, joka on periodin pituus. Tämän ansiosta yrityksen ei tarvitse huolehtia toimitusajoista, poissulkien myynnin ja lähettämön toimet. (Kumera Oy, n.d.)

Kuva 11 Ajoitustaulukko (mukaillen Kumera Oy, n.d.).

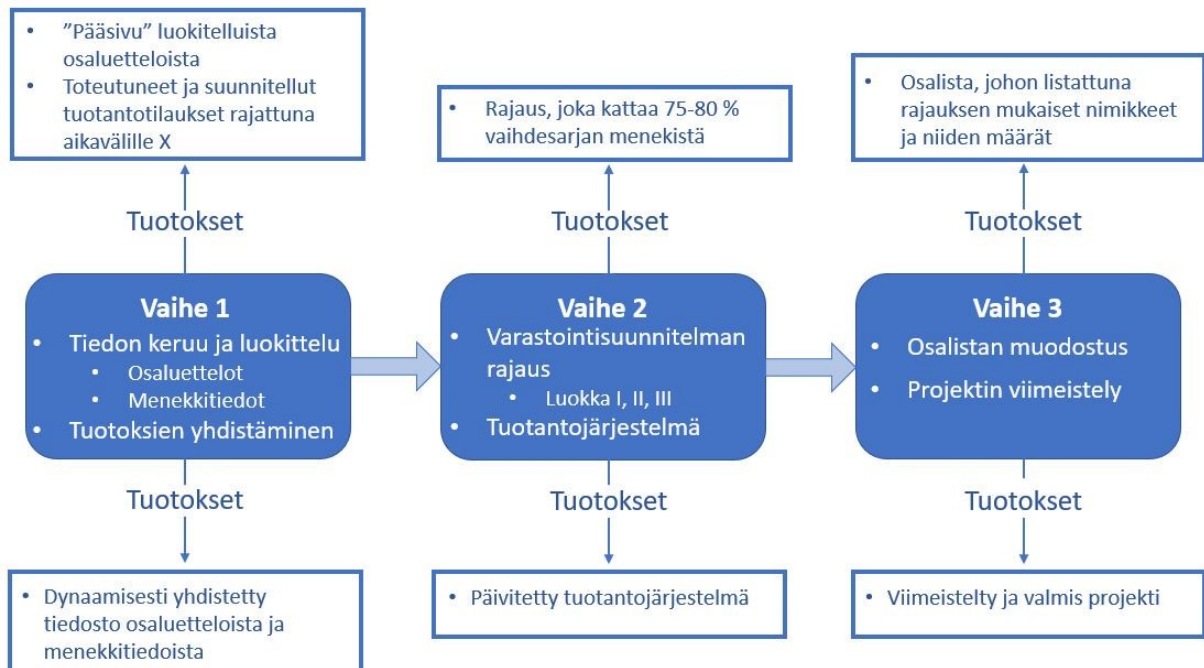


Periodic Control System mahdollistaa myös huoltotilaukset, eli ns. Service tilaukset, joissa toimitusaika on lyhyempi kuin yksi periodi. Näiden suunnittelemattomien tilausten tullessa, eriin ei ole huomioitu niiden vaatimia komponentteja. Tässä tilanteessa varasto tulee paikkaamaan osapuutteita. Varastotasot on määritelty sen mukaan, kuinka paljon tuotteita ennustetaan myytävän markkinoiden täydennyserien toimitusaikojen sisällä. Varastotasoa ylläpidetään vakaalla tasolla, korvaten kuluneiden tuotteiden menekit hankinnoilla ja/tai tuotannolla. (Kumera Oy, n.d.)

4 Projekti

Tämän projektin aiheena on varastointisuunnitelman määrittely tuotantojärjestelmän tietojen pohjalta. Kuvasta 12 nähdään eriteltynä projektin kolme eri vaihetta ja niiden aikana syntyvät tuotokset.

Kuva 12 Projektin vaiheet ja niiden tuotokset.



4.1 Projektisuunnitelma

Projekti aloitetaan tekemällä aikataulusuunnitelma, joka ohjaa toimintaa ja auttaa kirjoittajaa pysymään suunnitellussa aikataulussa (Kuva 13) Projekti jaetaan pääpiirteittäin suunnittelu-, toteutus-, ja viimeistelyvaiheeseen. Suunnitteluvaiheessa aloitetaan raportin rakenteen suunnittelu ja toiminnallisen osuuden ensimmäinen vaihe eli tietojen keruu, luokittelu ja yhdistäminen.

Kuva 13 Projektin aikataulusuunnitelma.

Projektin aikataulusuunnitelma		VK32	VK33	VK34	VK35	VK36	VK37	VK38	VK39	VK40	VK41	VK42	VK43	VK44
Suunnittelu	Raportin rakenteen suunnittelu													
	Vaihe 1 (Tietojen keruu ja luokittelu)													
	Vaihe 1 (Tietojen yhdistäminen)													
Toteutus	Teoriapohjan kirjoittaminen													
	Haastatteluiden suorittaminen													
	Raportin kirjoittaminen													
	Vaihe 2 (Varastointisuunnitelman rajausta)													
	Vaihe 2 (Tuotanto-ohjelman päivitys)													
Viimeistely	Vaihe 3 (Osalistan muodostus)													
	Vaihe 3 (Projektin viimeistely)													

Toteutusvaihe on projektin työläin ja siihen varataan aikaa eniten. Tässä vaiheessa aloitetaan teoriapohjan ja raportin kirjoittaminen sekä toiminnallisen osuuden toinen vaihe eli varastointisuunnitelman rajausta ja tuotantojärjestelmän päivitys. Viimeistelyvaiheessa aloitetaan kolmas vaihe eli osalistan muodostus ja projektin viimeistely. Projektia toteutetaan työelämälähtöisesti ja tavalla, jossa syntyneet tuotokset vastaavat johdannossa määriteltyihin tutkimuskysymyksiin ja tavoitteisiin.

4.2 Toteutus

Varastointisuunnitelman määrittely aloitetaan suunnittelemalla ja keskustelemalla siitä toimeksiantajan ohjaajan kanssa. Suunnittelun aikana pohditaan, mitä kaikkea varastointisuunnitelmalla tulee saavuttaa ja mitä se pitää sisällään. Toimeksiantajan toimittaman vaihdesarjan tuotantojärjestelmän avulla projekti voidaan aloittaa. Tuotantojärjestelmästä selviää siihen kuuluvat vaihdetyypit, niiden välityssuhdealueet sekä vakiootioakselit.

Tässä opinnäytetyössä kestävä kehitys otetaan huomioon varastointisuunnitelman muodostuksessa pääosin hukan ja hävikin vähentämisellä ja vastuullisuuden lisäämisellä. Esimerkiksi projektissa päivitetty kirjallinen tuotantojärjestelmä edistää ja auttaa organisaatiota sitoutumaan tehtyyn suunnitelmaan.

4.2.1 Valmistelu

Ennen ensimmäiseen vaiheeseen siirtymistä (Kuva 12) on tärkeää rajata kerättävien osaluetteloiden määrää, jotta ei kuluteta turhaa aikaa keräämällä osaluettelotietoja vaihteista, joita ei varastointisuunnitelman tekoon tarvita. Tällaisia ovat vaihteet, joilla on ollut tarkasteluvälillä hyvin vähän menekkiä tai ne ovat olleet projektiluontoisia. Projektiluontoisuudella tarkoitetaan esimerkiksi vaihdetta, jonka kaikki tilaukset on toimitettu lyhyen ajanjakson sisällä. Tämä rajaaminen suoritetaan käyttämällä apuna kuvan 14 tarkistus pohjaa, johon Excel ohjelmistolla lasketaan vaihteiden menekkimääriä käyttämällä yrityksen ERP-järjestelmästä kerättyjä toteutuneita - ja suunniteltuja tuotantotilauksia. Laskennan valmistuttua rajataan kerättävät osaluettelot koskemaan niitä vaihdetyyppejä ja -kokoja, joiden menekkimäärät kuvan 14 taulukossa ylittävät sovitun määrän X. Tämän rajauksen tuloksena on listaus niistä vaihteista, joiden osaluetteloita aloitetaan keräämään projektin ensimmäisessä vaiheessa.

Kuva 14 Rajauksen tarkistus pohja.

Valmistelu		TG	LG	KG	RG	SGL	SGT
Stages	Size						
2	225						
2	250						
2	280						
2	315						
2	355						
2	400						
3	225						
3	250						
3	280						
3	315						
3	355						
3	400						
4	225						
4	250						
4	280						
4	315						
4	355						
4	400						
5	225						
5	250						
5	280						
5	315						
5	355						
5	400						

4.2.2 Vaihe 1

Projekti aloitetaan tietojen keräämisellä. Tämän vaiheen aikana on tarkoituksena kerätä luvussa 4.2 rajattujen vaihteiden osaluettelot ja menekkitiedot eli toteutuneet – ja suunnitellut tuotantotilaukset yrityksen ERP-järjestelmästä. Tietojen keräämisen ja luokittelun jälkeen nämä tuotokset yhdistetään.

Vaihteiden osaluetteloiden kerääminen on tämän projektin kannalta tärkeää, sillä niiden kautta päästään käsiksi vaihteiden kokoonpanon vaatimiin osiin ja raaka-aineisiin. G-sarjan tapauksessa erilaisia vaihdetyyppejä ovat TG, LG, RG, KG, SGL ja SGT vaihteet ja näissä käsiteltävät porrasmäärät vaihtelevat välillä 2–5 ja vaihteen koko välillä 225–400. Luvussa 4.2 rajattujen vaihteiden eri vaihdekokojen ja välitysten perusteella aloitetaan osaluettelotietojen kerääminen yrityksen ERP-järjestelmästä. Haetaan esimerkiksi ERP-järjestelmästä vaihteen RG-3225H1-40 osaluettelo. Kaikki eri osaluettelot kerätään Exceliin järjestelmällisesti, jotta niitä on helppo käsitellä prosessin tulevissa vaiheissa. Kuvassa 15 esimerkkinä G-sarjan kolmiportaisten kartiovaihteiden vaihdekoot ja välitykset.

Kuva 15 G-sarjan kolmiportaisten kartiovaihteiden koot ja välitykset (Kumera Corporation, 2020-b).

Exact Ratios for Bevel Gearboxes

Cumcompact KG series Cumcompact RG series

i	3225	3250	3280	3315	3355	3400
20:1	20,299	20,109	20,056	20,824	20,518	20,268
22.4:1	22,816	22,363	23,012	23,158	22,110	22,770
25:1	25,836	25,466	26,205	26,371	25,047	25,773
28:1	29,175	28,463	28,555	28,737	28,314	28,677
31.5:1	33,023	32,416	32,135	32,749	32,267	32,670
35.5:1	35,491	34,984	35,184	35,471	33,690	34,873
40:1	40,079	39,100	38,340	38,653	38,084	38,802
45:1	45,365	44,531	43,146	44,049	43,401	44,205
50:1	50,702	50,418	50,246	50,105	48,826	47,961
56:1	55,250	56,995	55,908	54,667	54,692	53,043
63:1	63,199	63,818	63,161	62,299	63,020	63,020
71:1	71,534	72,682	71,078	70,996	71,818	71,795
80:1	78,784	78,000	78,737	77,835	78,737	78,737
90:1	89,175	88,833	88,607	88,701	89,728	89,700
100:1	99,667	100,58	103,19	100,90	100,94	97,322

Kaikkien tarvittavien osaluetteloiden keräämisen jälkeen luettelot luokitellaan, jotta kuvassa 12 esitelty ”pääsivu” saadaan muodostettua. Osaluettelot luokitellaan vaihdetyypin ja koon

mukaan. Luokittelun tavoitteena on karsia Exceliin kertynyttä datan määrää poistamalla vaihteiden välillä olevia duplikaattiosia, joita on paljon. Esimerkiksi RG-225 vaihteissa ainoat vaihtuvat osat ovat välitysosat, kuten akselit ja hammaspyörät, sekä toisioakselin laakeroimiseen liittyvät osat, kuten laakerit ja tiivisteet. Toisioakselin laakerointiin liittyvät osat vaihtuvat välityssuhdealueen muuttuessa (Kuva 16). Duplikaattien poistamisen avulla voidaan esimerkiksi RG-225 vaihteiden kaikki osaluettelot kasata yhdeksi tiiviiksi kokonaisuudeksi, johon on eritelty vakio-osat eli osat, jotka toistuvat kaikissa osaluetteloissa ja vaihtuvat osat kuten välitysosat ja toisioakselin mukana vaihtuvat osat. Tämän prosessin seurauksena muodostuu ensimmäisen vaiheen ensimmäinen tuotos eli ”pääsivu” (kuva 12).

Kuva 16 Lieriö- ja kartiohammasvaihteiden välityssuhdealueet.

	1	2
2000	i=5.6...14	i=16...20
3000	i=22.4...63	i=71...100
4000	i=112...280	i=315...630

	1	2	3
3000	i=20...56	i=63...100	
4000	i=112...180	i=200...355	i=400...560
5000	i=630...1000	i=1120...1600	i=1800...3550

Osaluetteloiden keräämisen lisäksi, työhön pitää saada mukaan tietoa vaihteiden menekistä, keräämällä toteutuneita – ja suunniteltuja tuotantotilauksia (Kuva 12). Näistä ERP-järjestelmästä kerätyistä tuotantotilauksista saadaan selville monia asioita, kuten vaihteiden nimikkeet, menekkimäärät ja toimituspäivämäärät. Kerätyt menekkitiedot rajataan käsittelemään tiettyä aikaväliä. Tämän prosessin tuotoksena syntyy tiedosto, jossa aikaväli on rajattu toimituspäivämäärien mukaan käsittelemään aikaväliä X (kuva 12).

Seuraavaksi ensimmäisen vaiheen tuotokset yhdistetään mahdollisimman helppolukuiseen muotoon. Luokitellut osaluettelolistat eli ”pääsivut” ja menekkitiedot yhdistetään dynaamiseksi tiedostoksi (Kuva 12). Sana dynaaminen tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että Excel ohjelmiston avulla menekkitiedoista saadut kappalemäärät lasketaan kuvan 17 mukaiselle pohjalle ja tämän pohjan kautta tiedot päivittyvät automaattisesti ”pääsivuille”. Esimerkiksi, jos vaihteella TG-3225H2 välityssuhdealueella $i=1$ on ollut aikavälillä X menekkiä 10 kappaletta, laskee Excel pohja ”pääsivulle” TG-3225H2 $i=1$ tämän menekin mukaiset kokoonpanoon vaadittavat osat ja niiden määrät. Kuvan 17 mukainen kokonaisuus on isossa osassa projektin seuraavaa vaihetta, kun varastointisuunnitelman rajaus aloitetaan.

Ensimmäisen vaiheen lopussa on syntynyt koko projektin kannalta tärkeitä tuotoksia kuten ”pääsivut”, rajatut menekkitiedot ja näistä yhdistetty dynaaminen tiedosto (Kuva 12).

Kuva 17 G-sarjan vaihdekoon 225 menekki vaihdetyyppien välillä.

ESIMERKKIKUVA			TOISIO JA ENSIO	TG	RG	TG	RG	TG	RG	LG	KG	SGL	SGT
				H1	H1	H2	H2	H3	H3				
G225	Koko ja välitysalue												
	2225	i=1		0,8 %		0,4 %		1,2 %		1,6 %	2,8 %	2,0 %	
	2225	i=2		0,4 %		0,4 %		3,9 %		1,6 %		1,6 %	
	3225	i=1		0,4 %	1,6 %	9,8 %	9,8 %	0,8 %	1,6 %	6,3 %	0,4 %	11,4 %	
	3225	i=2		1,2 %	4,3 %	12,6 %		0,4 %					
	4225	i=1		0,8 %	1,2 %		2,0 %				0,4 %		
	4225	i=2				2,0 %	0,8 %				0,4 %		
	4225	i=3											
	5225	i=1			0,4 %								
	5225	i=2											
5225	i=3			13,4 %						1,2 %			

4.2.3 Vaihe 2

Projektin toisessa vaiheessa (Kuva 12) on tarkoituksena rajata varastointisuunnitelma kattamaan 75–80 % vaihdesarjan koko menekistä käyttämällä hyödyksi ensimmäisessä vaiheessa syntyneitä tuotoksia. Tämän tiedon avulla on myös tarkoituksena päivittää G-sarjan tuotantojärjestelmä. Varastointisuunnitelman rajauksessa ja tuotantojärjestelmän päivityksessä on tarkoituksena hyödyntää ABC-luokittelun tyylistä toimintatapaa ja luokitella vaihteet eri luokkiin, joita ovat luokka I, luokka II ja luokka III (Kuva 12).

Varastointisuunnitelman rajaus aloitetaan lähtemällä ensiksi liikkeelle isoista kokonaisuuksista ja kulkemalla niiden kautta kohti pienempiä. Tämä etenemistapa valittiin, koska käsiteltävän datan määrän on kohtuullisen suuri ja tietokoneohjelmistoista huolimatta työ vaatii manuaalista tarkastelua. Isoista kokonaisuuksista liikkeelle lähtemällä käsiteltävää dataa on huomattavasti helpompi käsitellä, verrattuna rajauksen aloittamista pienistä yksittäisistä kokonaisuuksista, joita tässä työssä on paljon. Kaikki rajaukset tehdään käyttämällä tietoja, jotka nähdään ensimmäisessä vaiheessa muodostetusta dynaamisesta tiedostosta.

Ensimmäisen rajauksen tarkoituksena on selvittää, millaisella jaolla eri vaihdetyyppejä on kulunut aikavälillä X. Kerättyjen menekkitietojen avulla pystytään määrittämään

vaihdetyyppien jakautuminen (Taulukko 1). Taulukon 1 tietojen perusteella vaihdetyyppi SGT rajataan kokonaan pois varastointisuunnitelmasta. Vaihdetyypit TG ja RG erottuvat joukosta ja suunnitelman rajaus aloitetaan tutkimalla näitä vaihdetyyppejä.

Taulukko 1 Vaihdetyyppien menekin jakautuminen.

TG	LG	RG	KG	SGL	SGT
31 %	11 %	30 %	10 %	15 %	3 %

Seuraavaksi rajauksessa tutkitaan valittujen TG ja RG vaihteiden menekkiä tarkemmin.

Liikkeelle lähdetään jälleen isoista kokonaisuuksista ja valitaan rajaukseen mukaan vaihekoot ja välityssuhdealueet, joilla on suurin menekki ja muodostetaan näistä luokka I. Tämän luokan vaihteiden kaikille osille määritellään varastoon minimisaldot toimitusvarmuuden ja kokoonpanovalmiuden parantamiseksi. Liitteessä 2 luokkaan I valitut vaihteet on merkitty punaisella värillä.

Tämän jälkeen aloitetaan luokan I ulkopuolisten vaihteiden tarkastelu ja muodostetaan luokka II. Tähän luokkaan valitaan vaihteita kaikista eri vaihdetyypeistä. Kriteereinä tässä rajauksessa toimivat menekin suuruus ja se, ettei vaihde ole projektiluontoinen. Luokan II tarkoituksena on nostaa varastointisuunnitelman rajaus halutulle tasolle kattamaan 75–80 % koko vaihdesarjan menekistä. Luokka II muodostuu vaihteista, joihin yritykseltä löytyy varastosta tuotannon ja hankinnan kannalta kriittisimmät osat, kuten emovalut ja laakerit. Liitteessä 2 luokkaan II valitut vaihteet on merkitty keltaisella värillä.

Rajauksen viimeinen luokka eli luokka III koostuu jäljelle jääneistä vaihteista. Näitä vaihteita ei oteta huomioon varastointisuunnitelmassa tai tuotantojärjestelmässä ja niitä käsitellään erikoisvaihteina. Tulevaisuudessa vaihteita voidaan nostaa tai laskea luokasta toiseen, mikäli valmistusvolyymit tai asiakastarpeet muuttuvat.

Varastointisuunnitelman rajauksen tuotoksena on muodostunut selkeä jaottelu kolmeen eri luokkaan, joista luokka I ja II kattavat yhdessä valitun 75–80 % vaihdesarjan menekistä

(Taulukko 2). Tämän luokittelun avulla voidaan aloittaa kuvan 12 esittämä seuraava prosessi eli tuotantojärjestelmän päivittäminen.

Taulukko 2 Rajauksen luokkien osuudet.

Luokka I	Luokka II	Luokka III
6 %	72 %	22 %

Tuotantojärjestelmä sisältää samat taulukossa 2 eriteltyt luokat I ja II, joten suurin työ sen päivittämisessä on jo tehty varastointisuunnitelman rajausvaiheessa. Tuotantojärjestelmä tulee tarkistaa tietyin väliajoin, sillä valmistusvolyymeissa ja asiakastarpeissa voi tapahtua muutoksia. Tähän tarkistukseen voidaan käyttää tässä opinnäytetyössä määriteltyä prosessia, jossa tuotantotilauksien avulla lasketaan liitteen 2 mukaiselle pohjalle vaihteiden menekit tietyillä aikaväleillä. Vertailemalla saatuja lukuja vanhoihin lukuihin nähdään, onko tuotantojärjestelmään tarpeen tehdä muutoksia.

Tuotantojärjestelmän päivityksen yhteydessä myös tutkitaan, mikäli siihen tulisi sisällyttää erilaisia lisävarusteita, joita vaihteisiin voidaan valita konfiguraattorin kautta. Näitä ovat esimerkiksi moottoriliittimet, tuulettimet ja vaihteen jarrut. Excel laskentaohjelman avulla selvitetään, millainen jakautuminen näillä lisävarusteilla on ollut vaihdekokojen välillä (Kuva 18). Näiden tietojen pohjalta tuotantojärjestelmään sisällytetään ne tietyjen kokojen lisävarusteet, joiden menekki on suurinta. Tämän prosessin tuotoksena on päivitetty tuotantojärjestelmä (Kuva 12), jota yrityksen eri toiminnot voivat käyttää tukena omissa työtehtävissään.

Kuva 18 Kolmiportaisten kartiohammasvaihteiden moottoriliitäntöjen jakautuminen vaihdekokojen välillä.

RGM/KGM-3000	225	250	280	315	355	400
42F300						
48F300	9 %					
55F350	4 %	3 %	4 %			
60F400	11 %	3 %	1 %	5 %	2 %	
65F500	13 %	5 %	7 %		2 %	
75F500	2 %	5 %	9 %	6 %	2 %	
80F600				4 %	1 %	2 %
100F740						

4.2.4 Vaihe 3

Projektin kolmannessa vaiheessa (Kuva 12) muodostetaan rajauksen mukaisten ”pääsivujen” avulla osalistat, joiden avulla määritetään mitä osia ja raaka-aineita G-sarjan osalta varastoidaan. Nämä osalistat muodostetaan käyttämällä dynaamista tiedostoa. Luokan I osalista muodostuu kaikista osista, joita rajauksen mukaisten vaihteiden kokoonpano vaatii. Näille osille lasketaan myös asetetun kokoonpano valmiuden mukaiset kappalemäärät valitulla aikavälillä X, sillä näitä tietoja tarvitaan minimivarastotasojen määrittämisessä.

Luokan II osalista koostuu emovaluista ja laakereista. Samalla tavalla kuin luokan I osalistan muodostuksessa, kerätään dynaamisesta tiedostosta luokan II rajauksen mukaiset ”pääsivut” ja muodostetaan niistä osalista. Luokan II tapauksessa tästä listasta poistetaan kaikki muut osat siten, että jäljelle jäävät vain emovalut ja laakerit. Tämän jälkeen näille osille lasketaan kulutus valitulta aikaväliltä X.

Luokkien I ja II osalistat yhdistetään ja tämän jälkeen on muodostettu osalista, joka sisältää yhteensä noin 200 nimikettä. Osalista sisältää kaikki ne osat, mitkä tullaan G-sarjan osalta varastoimaan. Listauksen avulla saadaan käsitys siitä, miten nykyisiä varastotasoja voidaan optimoida paremmin, jotta projektille asetetut tavoitteet saavutetaan.

Alussa suunnitellun kuvan 12 mukaisten vaiheiden ja tuotoksien lisäksi tutkitaan vielä osalistan nimikkeiden minimivarastotasojen määrittystä ja mahdollisia rajauksen ulkopuolisten osien minimivarastotasojen poistamista. Yrityksen ERP-järjestelmästä kerätään osalistan noin 200 nimikkeen nykyiset minimivarastotasot ja vertaillaan niitä tässä projektissa muodostuneisiin uusiin arvioihin, jotka perustuvat asetettuihin kokoonpano valmius kappalemääriin. Tämän vertailun seurauksena nähdään, kuinka paljon nimikkeiden minimivarastotasoa tulee nostaa tai laskea.

Rajauksen ulkopuolisten G-sarjan osien minimivarastotasojen poistaminen tutkitaan myös muodostetun osalistan avulla. Ensimmäisessä vaiheessa (Kuva 12) muodostetuista ”pääsivuista” koostetaan yhteenveto kaikista osista, joita G-sarjan osalta on tässä projektissa kerätty. Tämä kaikkien osien lista suodatetaan siten, että rajauksen mukaiset noin 200 nimikettä poistetaan yhteenvetolistasta. Ennen minimivarastotasojen poistoa tulee selvittää, onko yksittäisellä nimikkeellä kulutusta muissa vaihdesarjoissa G-sarjan lisäksi. Tämän prosessin tuloksena arvioitiin, että noin sadan nimikkeen minimivarastotasot voidaan ottaa jatkotarkasteluun ja mahdollisesti poistaa yrityksen ERP-järjestelmästä.

4.3 Tuotokset

Opinnäytetyöprojektin aikana on muodostunut kuvan 12 mukaiset tuotokset, jotka linkittyvät toisiinsa projektin eri vaiheissa. Tässä kappaleessa käydään hieman tarkemmin läpi näitä tuotoksia ja millaisia hyötyjä niiden avulla on projektissa saavutettu.

Ensimmäinen projektissa syntynyt tuotos on vaihteiden osaluetteloista muodostetut ”pääsivut”, joihin on luokiteltu vaihteen kokoonpanoon tarvittavat osat, esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- Vakio-osat
- Porrasluvun mukaiset osat
- Välityssuhdealueen 1 osat
- Välityssuhdealueen 2 osat
- Välitysosat (akselit ja hammaspyörät).

Tämän vaiheen osaluetteloiden duplikaattien poiston ansiosta päästään eroon isosta osasta dataa, joka ei tuo työhön lisäarvoa, vaan hankaloittaa tiedon käsittelyä ja ymmärtämistä projektin seuraavissa vaiheissa. Ensimmäisessä vaiheessa kerätään osaluetteloiden lisäksi myös vaihteiden menekkitietoja ja rajataan ne toimituspäivämäärien mukaan käsittelemään aikaväliä X.

Opinnäytetyöprojektin kannalta yksi tärkeimmistä tuotoksista on ensimmäisessä vaiheessa luotu dynaamisesti yhdistetty tiedosto. Laskentaohjelman laskiessa tiedot dynaamisesti itse vähentyvät prosessin aikana syntyvät inhimillisten virheiden määrät. Dynaamisuuden avulla pystytään myös muokkaamaan osaluettelo- ja menekkitietoja ilman että laskentaa tarvitsisi tehdä käsin uusiksi.

Toisen vaiheen ensimmäinen tuotos on varastointisuunnitelman rajausta luokkiin I, II ja III. Tämän rajauksen (Liite 2) tuotoksena luokka I ja II kattavat toimeksiantajan kanssa valitun 75–80 % vaihdesarjan menekistä. Tähän 75–80 % kattavuuteen päädyttiin mahdollisimman hyvän toimitusvarmuuden takaamiseksi ilman, että varastointikustannukset nousevat liian korkeiksi.

Rajauksessa käytetyn luokittelun ansiosta voidaan vaihteille määritellä eri minimitoimitusaikoja ja osien varastointiperiaatteita (Taulukko 3). Luokka I koostuu vaihteista, joiden kokoonpanoon yrityksellä tulisi aina olla valmius, jolloin asiakkaiden huoltotilauksiin voidaan normaalitilanteissa luvata lyhyt toimitusaika. Hyvän kokoonpanovalmiuden, sekä lyhyiden toimitusaikojen takaamiseksi, tähän luokkaan määritellään minimivarastot kaikille kokoonpanon vaatimille osille. Luokan II vaihteiden toimituksiin voidaan normaalitilanteessa luvata keskipitkä toimitusaika. Varastoon määritellään minimivarastot hankinnan kannalta kriittisimmille osille, kuten emovaluille ja laakereille, joten mahdollisten osapuutteiden paikkaukseen saadaan hankinnan/tuotannon toimilla osat kohtuullisen nopealla aikataululla. Luokan III vaihteita käsitellään erikoisvaihteina, eli minimitoimitusajat ovat pitkiä, eikä minimivarastoja näiden vaihteiden osille määritellä.

Taulukko 3 Luokittelun tiedot.

	Minimitoimitusaika	Varastoitavat osat
Luokka I	Lyhyt	Kaikki
Luokka II	Keskipitkä	Valut ja laakerit
Luokka III	Pitkä	Ei määritelty

Projektin toisessa vaiheessa päivitettiin myös tuotantojärjestelmä, koska valmistusvolyymit ja asiakastarpeet vaihtelevat markkinoilla vuosien kuluessa. Tuotantojärjestelmä on kirjallinen versio varastointisuunnitelman rajauksesta ja luokittelusta. Se tukee yrityksen eri toimintoja kuten huoltotilausmyyntiä, jossa asiakkaille voidaan normaalitilanteissa myydä vaihteita taulukon 3 mukaisilla tiedoilla ilman, että erillistä tiedustelua ja tarkastelua tarvitsee vaihteista tehdä. Tuotantojärjestelmän avulla voidaan myös tasata kokoonpanon tuotantoa ottamalla tuotantotilauksista esimerkiksi komponentti- ja raaka-ainepulan seurauksena myöhästyneen vaihteen tilalle taulukon 3 mukainen luokan I vaihte, joka on aina mahdollista kokoonpanna varastosta.

Projektin kolmannessa vaiheessa muodostetun osalistan avulla rajatuille osille arvioidaan uudet minimivarastot. Luvun 4.2.4 kappaleessa 4 tehdyn vertailun tuotoksena muodostui taulukon 4 mukainen erittely. Osalistan nimikkeet jaettiin eri ryhmiin ja vertailtiin minimivarastotasojen muutoksia ryhmien sisällä. Nähdään, että nimikkeet 1 ryhmässä laakereiden minimivarastotasoa tulee lisätä. Nimikkeet 2 ja 3 ryhmissä varastotasot ovat pääasiallisesti liian korkealla. Ennen minimitasojen vähentämistä tulee kuitenkin tarkastella, onko osille kulutusta muissa vaihdesarjoissa. Nimikkeet 4 ryhmässä välitysosien minimitasoja tulisi nostaa huomattavasti. Tämä lähes 500 kappaleen muutos johtuu siitä, että dynaamisesti yhdistetty tiedosto laskee kaikille välityssuhdealueiden (Kuva 16) sisäisille välitysosille samat menekin mukaiset kulutukset, eikä huomioi välityssuhdealueen sisällä tapahtuvaa menekin jakautumista. Tämän seurauksena määriin muodostuu vääristymää ja ennen minimivarastotasojen lisäystä välitysosien todellista kulutusta pitää tutkia lisää ja miettiä mahdollisesti toisenlaista lähestymistapaa, etteivät varastointikustannukset nouse

välitysosien kohdalla liian suuriksi. Nimikkeet 4 ryhmässä tarkastellaan myös valmiiksi koneistettujen akseleiden ja hammaspyörien minimitasoja sen sijaan, että vertailtaisiin raaka-ainevarastojen minimitasoja. Taulukon 4 ryhmittelyn ulkopuolelle on jätetty niin sanotut bulkkivarat, kuten pultit ja mutterit sen takia, koska nämä osat tulevat pääasiassa hyllytyspalveluiden ja kaksilaatikkajärjestelmien kautta, jossa varsinaisia minimivastotasoja ei ole ERP-järjestelmään määritelty.

Taulukko 4 Minimivastotasojen muutokset.

	Nimikkeiden osuus (%)	Minimitasojen muutos (Kpl)
Nimikkeet 1 (Laakerit)	42 %	+ 122
Nimikkeet 2 (Valut)	10 %	- 141
Nimikkeet 3 (Ostettavat osat)	21 %	- 105
Nimikkeet 4 (Välitysosat)	27 %	+ 498

Taulukossa 4 tehdyn minimivastotasojen muutoksien lisäksi osalistan avulla tutkitaan rajauksen ulkopuolisten G-sarjan osien minimivastotasojen poistamista ERP-järjestelmästä. Luvun 4.2.4 kappaleessa 5 tehdyn prosessin seurauksena arvioidaan, että noin sadan nimikkeen minimivastotasot voidaan jatkotarkastelun jälkeen mahdollisesti poistaa yrityksen ERP-järjestelmästä.

5 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on parantaa yrityksen varaston ja siihen sidotun pääoman kiertoa, toimitusvarmuutta, yrityksen toimintojen välistä yhteyttä sekä muuttaa varastotasojen määräytymisen perusteita. Nämä asetetut tavoitteet saavutettiin.

Projektin toimintatavat soveltuivat tehtyihin suunnitelmiin, mutta kehityskohteita projektin aikana myös ilmeni. Projektin ensimmäisessä vaiheessa kerättävien osaluetteloiden määrä ja siihen kuluva aika aliarvioitiin ja tämä projektin työvaihe vei enemmän aikaa kuin oli alun perin suunniteltu. Tulevaisuudessa tähän prosessiin varataan enemmän aikaa aikataulusuunnitelmassa.

Opinnäytetyöprosessin aikana kirjoittaja oppi paljon uutta liittyen teoriaosuuden aiheisiin ja Kumera Drives Oy:n toimintatapoihin, vaihdesarjoihin, konfiguraattoriin ja käytettäviin ohjausjärjestelmiin. Toiminnallista osuutta tehdessä kirjoittaja oppi suorittamaan projektia työelämälähtöisesti ja miettimään, millaisilla tuotoksilla projektin tavoitteet saavutetaan.

Tulevaisuudessa projektin onnistumista olisi hyvä tutkia tilastollisesti, jotta nähdään miten tehdyt muutokset ovat vaikuttaneet kehityskohteisiin. Tutkimuskohteita ovat esimerkiksi varaston ja siihen sidotun pääoman kierron, sekä toimitusvarmuuden tilastollinen tutkiminen. Muutoksien käyttöönotto vie aikaa ja tutkimiseen tarvittava data kannattaa myös kerätä pidemmältä aikaväliltä, jotta tutkittaviin aiheisiin saadaan tarpeeksi laaja otanta.

Jatkokehityskohteita projektin aikana on muodostunut useita ja yksi niistä on ilmenneen suunnittelu konfiguraattori ongelman tutkiminen. Konfiguraattorin asetusten takia joissakin ERP-järjestelmästä löytyvistä vaihteiden osaluetteloissa on tiivisteosissa epäjohtonmukaisuuksia. Suunnittelupäällikkö Severi Mäkistä haastateltaessa ilmeni, että ongelma johtuu joidenkin konfiguraattorin pakettien virheellisyydestä. Jatkokehityskohteena voidaan haastatella työnjohtoa ja kokoonpanijoita, jotta voidaan paikantaa ja korjata konfiguraattorin paketeista löytyvät tiivisteosien epäjohtonmukaisuudet.

Lisäksi jatkokehityskohteena on minimivarastotasojen tarkistaminen ja ajaminen yrityksen ERP-järjestelmään, sen jälkeen, kun prosessi on suoritettu myös muille vaihdesarjoille. Arviolta sadan nimikkeen minimivarastotasojen poistamista ERP-järjestelmästä voidaan myös tutkia lisää tarkastamalla nimikekohtaisesti, ettei niillä ole käyttökohteita muissa vaihdesarjoissa.

Työn luotettavuutta lisää se, että saadut tulokset eivät ole sattumanvaraisia, vaan niihin on päästy käsittelemällä ja muokkaamalla yrityksen ERP-järjestelmästä kerättyä ajankohtaista dataa. Työn eri vaiheet on dokumentoitu ja syntyneet tiedostot on tallennettu, jotta prosessi on tarvittaessa jälkikäteen toistettavissa ja tarkistettavissa.

Lähteet

Ataa agency. (8.10.2020). *Mitä vastuullisuus tarkoittaa ja miksi se ei tällä hetkellä toteudu?*

Haettu 9.9.2022 osoitteesta

<https://www.ataa-agency.com/post/mit%C3%A4-vastuullisuus-tarkoittaa-ja-miksi-se-ei-t%C3%A4ll%C3%A4-hetkell%C3%A4-toteudu>

Emmett, S. & Granville, D. (2007). *Excellence in inventory management, how to minimise costs and maximise service*. Cambridge Academic.

Hamilton, S. (2002). *Maximizing your ERP system: a practical guide for managers*. McGraw-Hill.

Jacobs, R., Berry, W., Whybark, C. & Vollmann, T. (2005). *Manufacturing planning and control for supply chain management*. McGraw-Hill/Irwin.

Karl. (14.6.2022). *Make-to-Order and Assemble-to-Order Manufacturing Workflows*. Haettu 19.8.2022 osoitteesta

<https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/mto-and-ato-manufacturing-process/>

Karrus, K. (2001). *Logistiikka*. WSOY.

Kumera Corporation. (10.2019). *Kumera Power Transmission Group (English)*.

<https://kumera.com/kumera-power-transmission-group-english/>

Kumera Corporation. (3.2020.-a). *Kumera Factbook (English)*.

<https://kumera.com/kumera-factbook-english/>

Kumera Corporation. (6.2020.-b). *Kumera Helical and Bevel Gearboxes (ENG)*.

<https://kumera.com/kumera-helical-and-bevel-gearboxes-eng/>

Kumera Corporation. (n.d.). *Kumera Corporation*.

<https://kumera.com/kumera-corporation-2/>

Kumera Drives Oy. (2021). *Kumera Manual: Installation and Maintenance – Helical and Bevel Helical Gearboxes (Finnish)*.

<https://kumera.com/kumera-manual-installation-and-maintenance-helical-and-bevel-helical-gearboxes-finnish/>

Kumera Oy. (n.d.). *Periodic Control System*.

Lehtonen, J. (2004). *Tuotantotalous*. WSOY.

- Logistiikan Maailma. (n.d.-a). *TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ*. Haettu 10.8.2022 osoitteesta
<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>
- Logistiikan Maailma. (n.d.-b). *VARASTONHALLINTAJÄRJESTELMÄT*. Haettu 26.8.2022 osoitteesta
<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastohallintajarjestelmat/>
- Lätti, T. & Päivinen, T. (2017). *TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄN VALINTA PK-YRITYKSILLE*. [Opinnäytetyö, Karelia Ammattikorkeakoulu].
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017100915896>
- Miettinen, P. (1993). *Tuotannonohjaus ja logistiikka*. Painatuskeskus Oy.
- Ptak, C. (2003). *ERP : Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain*. CRC Press LLC.
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management : A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page Ltd.
- Stekolschik, A. (2017). Methods for automated semantic definition of manufacturing structures (mBOM) in mechanical engineering companies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 241.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/241/1/012032/pdf>
- Tikka, J. (2016). *Logistiikan perusteet* [kuva]. BoD.
- Wang, J. (2011). *Lean Manufacturing : Business Bottom-Line Based*. CRC Press.
<https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=589949>
- Ympäristöministeriö. (n.d.). *Mitä on kestävä kehitys?* Haettu 9.9.2022 osoitteesta
<https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>

Liite 1: Vaihteen nimen muodostuminen

Vaihteiden käyttöönotto ja kunnossapito 84 80 27G
Lieriö- ja kartiohammasvaihteet

2.2 Tyypikoodi

R F B M - 3 180 H1 J - 56 - L B S 4 - 42F300 - E1

Malli

L Jalkakiinnitys, lieriövaihde
T Holkkiakselikiinnitys, lieriövaihde
K Jalkakiinnitys, kartiovaihde
R Holkkiakselikiinnitys, kartiovaihde
S Sekoittajavaihde

Sarja

A F G D X

Jalka

A B C D / L T K R

Moottoriliitäntä**Portaiden määrä**

1 2 3 4 5

Vaihdekoko**Toisioakseli, vaihtoehdot**

H1 Holkkiakseli, vakio
H2 Holkkiakseli, porrasakseli
H3 Holkkiakseli, kiilarenqas

Lisälaitteet

J Takaisinyörrinnän estojarru
T Tuuletin
V Jäähdytysvesiputki
Z Painevoiteluyksikkö
P Voiteluainepumppu
K Keskusvoitelu

Välityssuhde**Akseliasento**

L Toisioakseli vasemmalla
R Toisioakseli oikealla
V Ensiö- ja toisioakseli vasemmalla
H Ensiö- ja toisioakseli oikealla

Asennusasento

A Vaakasuorassa
B Pystyssä, toisioakseli vaakasuorassa alhaalla
C Pystyssä, toisioakseli vaakasuorassa ylhäällä
D Toisioakseli pystysuorassa vasemmalla
E Toisioakseli pystysuorassa oikealla

Jalan sijainti

N Alapuolella
P Yläpuolella
S Samalla puolella kuin toisioakseli
O Vastakkaisella puolella kuin toisioakseli

Akseleiden pyörimissuunnat

1 Toisioakseli myötäpäivään
2 Toisioakseli vastapäivään
3 Toisioakseli myötäpäivään, ensioakseli myötäpäivään
4 Toisioakseli vastapäivään, ensioakseli myötäpäivään
5 Toisioakseli myötäpäivään, ensioakseli vastapäivään
6 Toisioakseli vastapäivään, ensioakseli vastapäivään

Sähkömoottorin laipan IEC tunnus**Erikoisrakennetunnus**

