

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2024

Aleksi Kaipainen

Asiakkaan ennustetyökalun hyödyntäminen tehtaan toimintojen siirrossa

– Bufferointi ja aikataulutus



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2024 | 33 sivua

Alexi Kaipainen

Asiakkaan ennustetyökalun hyödyntäminen tehtaan toimintojen siirrossa

- Bufferointi ja aikataulut

Stera Technologies on varsinaissuomalainen teknologiateollisuuden sopimusvalmistukseen erikoistunut konserni, jonka Turun tehtaan toiminnot on määrä siirtää uusiin toimitiloihin Kaarinaan. Tämän opinnäytetyön aiheena on Turun tehtaan tuotannon siirtoon liittyvän bufferointituotannon suunnittelu, toteutus ja aikataulut. Bufferointisuunnitelman tavoitteena on turvata tehtaan toiminnot ja varmuusvarastojen riittävyys siirron aikana.

Suunnitelman luominen aloitetaan tarkastelemalla asiakkaan myyntiennustetta asiakkaan ennustetyökalusta. Ennustetyökalun pohjalta on tavoitteena luoda erillinen, Excel-pohjainen bufferointityökalu, jonka avulla voidaan seurata sekä arvioida tuotannon kuormaa bufferoinnin aikana. Bufferointityökalu saa tarvittavat tiedot ennustetyökalusta ja laskee niiden pohjalta bufferointituotantoon vaadittavia resursseja.

Bufferointituotanto aloitetaan kolme kuukautta ennen siirron alkamista, mikä jättää tarpeeksi aikaa bufferointituotannon toteuttamiseen sekä mahdollisiin viivästyksiin varautumiseen. Tavoitteena on, että siirron alkaessa varastossa on valmiina siirron aikaisen ennusteen mukainen määrä valmist tuotteita tai riittävä määrä valmistettavien tuotteiden aihioita sellaisissa työvaiheissa, että niiden lopputuotanto voidaan toteuttaa siirron ollessa käynnissä.

Asiasanat:

Tuotanto, varmuusvarastointi, teknologiateollisuus, tuotannosuunnittelu.

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2024 | 33 pages

Aleksi Kaipainen

Utilizing client's forecast tool in relocating manufacturing site

- Safety stock and scheduling

Stera Technologies is a Southwest Finland based technology company specialized in offering manufacturing services. Stera's manufacturing site located in Turku is planned to be relocated into new manufacturing facilities in Kaarina. Subjects covered in this paper focus on planning and scheduling production while building safety stock as preparation for the relocation process. Producing additional Safety stock is necessary part of getting ready for relocation.

Safety stock production planning is begun by exploring Stera's client's sales forecast in forecast tool. Objective is to create separate Excel spreadsheet which works as a buffering tool based on the forecast tool. Buffering tool is used to keep track on safety stock supply and production load while safety stock production is undergoing. Buffering tool uses the forecast tool as a base for calculating recourses and time needed for building up planned amount of supply.

Safety stock production will be started about three months before the relocating process kicks off. Three months is estimated to be enough time to carry out planned safety stock manufacturing. Priority is to have client's forecasted sales covered in safety stock during production stoppages.

Keywords:

Production, safety stock, technology industry, production planning.

Sisältö

Käytetty sanasto	6
1 Johdanto	8
2 Tuotannonsuunnittelu ja LEAN	9
2.1 Tuotannonsuunnittelu	9
2.2 LEAN-ajattelu	10
2.3 Steran mekaniikkatuotanto Turun tehtaalla	12
3 Tuotannon siirtoprojekti ja sen suunnittelu	14
3.1 Projektin aloitus ja lähtökohdat	15
3.2 Suunnitelma ja siirtojärjestys	16
3.3 Riskinarviointi	17
4 Bufferointityökalu	19
4.1 Työkalun pohja ja asiakkaan bufferityökalu	20
4.2 Bufferointityökalun luominen	22
4.3 Käyttö ja toiminta	23
5 Bufferointisuunnitelma ja toteutus	25
5.1 Bufferointisuunnitelma	26
5.2 Bufferoinnin aikatauluttaminen	27
5.3 Bufferointityökalun hyödyntäminen	27
6 Yhteenveto	31
Lähteet	32

Kuvat

Kuva 1. Esimerkki ennustetyökalusta. Eräs kokoonpano ja sen osat.	20
Kuva 2. Pysäytys päivät ja pysäytys bufferi ennustetyökalussa.	21
Kuva 3. Tiivistetty versio bufferointityökalusta.	22
Kuva 4. Esimerkki tuotannonsuunnittelun apuna olleesta Excel-taulukosta.	24
Kuva 5. Kuvassa esimerkki tuotteen ennuste maaliskuu-toukokuun ajalle.	28
Kuva 6. Kuvassa 5 esitetty esimerkki tuote bufferointityökalussa.	29
Kuva 7. Esimerkki pienemmän ennusteen tuotteesta	29
Kuva 8. Kuvassa 7. esitelty tuote bufferointityökalussa.	30

Käytetty sanasto

Ajoaika	Aika, joka yhden kappaleen tai valmistuserän valmistamiseen kuluu tietyssä työvaiheessa.
Bufferi tai Varmuusvarasto	Varasto-ohjautuvassa tuotannossa varastoitu määrä tuotteita.
Bufferointityökalu	Excel pohjainen työkalu, joka luotiin projektin tarpeisiin.
Ennustetyökalu	Asiakkaan Steralle luoma työkalu, josta selviää esimerkiksi asiakkaan myyntiennuste.
Eräkkö	Määrä, jota tuotetta valmistetaan yhdessä valmistuserässä.
Erätuotanto	Tuotantomuoto, jossa tuotteita valmistetaan tietyin väliajoin tietyn suuruisina erinä.
Levytyökeskus	Valmistusvaihe, jossa ohutlevyistä lävistetään lyömällä tai leikkaamalla tuotteiden aihiot.
Läpimenoaika	Aika, joka yksittäisen tuotteen valmistamiseen kuluu.
Minimivarasto	Vähimmäisvarastomäärä varmuusvarastoon perustuen.
Tilaukanta	Tiedossa olevat varmistetut asiakkaan tilaukset.
Tuotannonhallintajärjestelmä	Järjestelmä, jolla hallitaan tuotantoa.

Varastoarvo	Varastossa olevien tuotteiden rahallinen arvo.
Varastokanta	Varastossa olevien tuotteiden määrä.
Varasto-ohjautuva tuotanto	Tuotantomuoto, jossa valmistus ohjataan varaston eikä tilauskannan pohjalta.

1 Johdanto

Stera Technologies Oy on teknologiateollisuuden alalla toimiva kansainvälinen mekaniikan ja elektroniikan sopimusvalmistukseen erikoistunut konserni. Steralla on usea toimipiste Suomessa ja ulkomailla, jotka palvelevat monia teollisuuden yrityksiä. Tämä opinnäytetyöprojekti on osa Steran Turussa sijaitsevan tehtaan toimintojen siirtoon liittyvää projektia ja käsittelee siirtoon liittyvää bufferoinnin suunnittelua ja toteuttamista. Suurikokoisen tuotantolaitoksen siirtäminen uusiin tiloihin on haasteellinen ja aikaa vievä projekti, johon sisältyy useita riskejä niin Steran, kuin asiakkaiden osalta. Näistä syistä on tärkeää varmistaa tehtaan varmuusvarastojen riittävyys, sekä suunnitella siirtoa edeltävän bufferointituotannon järkevä toteuttamistapa.

Stera valmistaa tuotteita useille eri asiakkaille, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään vain yhden merkittävimmän asiakkaan tuotteiden bufferointiin ja siirtoa edeltävän tuotannon suunnitteluun. Kohteena olevaa asiakasta käsitellään tässä työssä salassapitosyistä nimellä ”asiakas”, eikä sillä viitata Steran muihin asiakkaisiin. Myös työssä esiintyvät asiakkaan tuotteisiin liittyvät tuotenimikkeet sekä tuotekuvaukset on muutettu.

Aihe on rajattu yhteen asiakkaaseen kyseisen asiakkaan tuotannollisen sekä taloudellisen merkittävyyden takia. Käsiteltävän asiakkaan tuotteiden valmistaminen kuormittaa Turun tehtaan mekaniikan osastoa tuotemäärällisesti sekä liikevaihdollisesti eniten, joten muuttoa edeltävän ja sen aikaisen myynnin varmistaminen on Steralle ensiarvoisen tärkeää.

Bufferointisuunnitelman luominen siirron ajaksi valikoitui opinnäytetyön aiheeksi aiemman tuotannonsuunnittelu kokemuksen sekä aiheen laajuuden ja kiinnostavuuden takia. Vaativassa ja laajassa projektissa mukana oleminen tarjoaa hyvän mahdollisuuden uusien näkökulmien ja toimintatapojen omaksumiseen ja kehittämiseen. Aiempi kokemus tuotannonsuunnittelusta antaa lisäksi hyvät lähtökohdat onnistua projektissa ja kehittää omaa osaamistaan teknologiateollisuuden työskentely-ympäristössä.

2 Tuotannonsuunnittelu ja LEAN

Projektia ja sen etenemistä tarkastellaan pitkälti tuotannonsuunnittelun näkökulmasta. Tuotannonsuunnittelun tehtävänä on suunnitella ja ohjata tuotannon kulkua ja varmistaa tuotannon oikea-aikainen kuormittaminen varmuusvaraston ja tilauskannan pohjalta. Projektin onnistumisen kannalta on tärkeää turvata siirron aikaisen tuotannon, sekä siirtoa edeltävän bufferointituotannon toteuttaminen sekä riittävän varmuusvaraston valmistaminen. Tuotannonsuunnittelun apuna Steralla hyödynnetään käytössä olevaa tuotannonohjausjärjestelmää, sen avuksi luotuja työkaluja, kuten Excel pohjaisia taulukoita sekä LEAN-menetelmiä. Tässä projektissa on tarkoitus käyttää näitä työkaluja ja menetelmiä, jotta varmistetaan tuotannon tehokkuus erilaisissa, ja mahdollisesti ennakoimattomissa, olosuhteissa muuttoa edeltävänä aikana.

2.1 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelun tärkein tehtävä on varmistaa, että yrityksen tuotannolliset tavoitteet saavutetaan tehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Suuri osa tuotannonsuunnittelua on myös tuotannonohjaaminen, jonka tavoitteena on varmistaa, että suunnitellut toimenpiteet tapahtuvat ajallaan. Kun yritys saa tilauksen asiakkaalta, tieto kulkeutuu myynnin kautta tuotannonsuunnitteluun, jonka tehtävänä on käynnistää ja ajoittaa tuotanto tuotannon resurssien sallimissa puitteissa. (Boncamper 1995, 88, 98)

Tuotannonsuunnittelu vastaa tuotannon kapasiteetin maksimaalisesta hyödyntämisestä sekä tehokkaasta ja järkevästi ajoitetusta kuormittamisesta. Kapasiteetti tarkoittaa tuotannon käytettävissä olevia resursseja, jotka koostuvat pääasiassa henkilöstöstä sekä käytettävissä olevista työpisteistä ja laitteistosta. Tuotannon kuormittaminen puolestaan kuvaa sitä, kuinka suuri osa tuotannon kapasiteetista on käytössä kutakin työvaihetta varten (Boncamper 1995, 88). Tämän projektin onnistumisen kannalta tuotannon resurssien kuormittaminen

tehokkaasti ja oikea-aikaisesti on hyvin tärkeä osa-alue. Tuotannon kuorman kasvamisen vaikutus käytettävissä olevaan kapasiteettiin on tärkeä huomioida, jotta siirron aikaisen, sekä siirtoa edeltävän tuotannon tavoitteet saavutetaan.

2.2 LEAN-ajattelu

LEAN-ajattelu on tunnettu toimintafilosofia, jonka avulla pyritään luomaan optimaalinen toimintatapa tehtaan tuotannon tehokkuuden maksimoimiseksi. LEAN-ajattelun tärkein tavoite on pienentää materiaali- ja aikahukkaa, joka vähentää tuotannon tehokkuutta. Suurimmat hukkan lähteet ovat yleensä ylituotanto, odottaminen, tarpeettomat tai tarpeettoman suuret varastot sekä huono laatuiset tuotteet. Vaikka optimaalisen tuotannon saavuttaminen on LEAN-ajattelun tavoite, se ei kuitenkaan ole ainoastaan päämäärä, vaan toimintatapa, jota seuraamalla ja ylläpitämällä voidaan saavuttaa parempi tuotantotehokkuus. (Petersson ym. 2018, 17–18.)

Ylituotannon minimoiminen tai kokonaan sen välttäminen tulee olemaan yksi tämän projektin tavoitteista. Ylituotannon on arvioitu olevan yksi suurimpia hukkan aiheuttajia tehtaan tuotannossa. On helppo valmistaa tuotteita liikaa varmuuden vuoksi, mutta ylisuurien varastojen pienentäminen jälkikäteen on hyvin hankalaa. (Petersson ym. 2018, 160–161.) Vaikka tarkoituksena on nostaa varmuusvarastotasoa ja tuottaa ylimääräisiä tuotteita varastoon, halutaan kuitenkin varmistaa, että varasto vastaa asiakkaan ennustetta siirron aikana ja sen jälkeen. Ylituotantoa halutaan tehdä ainoastaan muuton aikaisia tuotantokatkoksia varten ja pitää huoli siitä, että muuton jälkeinen tuotanto voidaan käynnistää tavanomaisella kapasiteetilla. Mikäli muuttoa varten bufferoidaan liikaa tuotteita, muuton jälkeen voidaan olla tilanteessa, jossa ei ole tarvetta valmistaa uusia tuotteita, mikä voi johtaa liian suureen kapasiteettiin ja työntekijät saattavat pahimmillaan jäädä toimeettomiksi.

Toinen LEAN-ajattelun tärkeä osa-alue projektin kannalta on materiaalivirran ja virtaustehokkuuden ylläpitäminen. Erityisesti muuton aikaisen tuotannon haasteena tulee olemaan tuotannonohjaaminen ja -suunnittelu kahden eri

tehtaan välillä. Virtaustehokkuus kuvaa sitä aikaa, jonka yksittäinen tuote kuluttaa valmistuksessa, kuljetuksessa sekä varastossa suhteessa tuotteen arvoon. Yksinkertaistetusti, mitä nopeammin tuote päätyy asiakkaalle, sitä tehokkaampaa on virtaus. Virtaustehokkuuden kasvattaminen ja huomioonottaminen on erityisen tärkeää välituotannossa, johon saapuu useita eri tuotenimikkeitä samanaikaisesti. Tuotenimikkeet liittyvät usein eri asiakkaiden tai saman asiakkaan eri tuoteperheisiin ja projekteihin, joten on pidettävä huoli, että oikeat tuotteet valmistetaan oikea-aikaisesti tilaus- sekä varastokantaan perustuen. Materiaalin oikea-aikainen ja tehokas virtaaminen tehtaassa, sekä erityisesti tehtaan siirron aikana kahden eri tehtaan välillä, mahdollistaa tuotteiden oikea-aikaisen valmistuksen sekä asiakkaalle lähetettäväksi, että varastoon. (Petersson ym. 2018, 198).

Steralla LEAN-ajattelua pyritään toteuttamaan esimerkiksi varmuusvarastojen minimoimisella sekä materiaalivirran tehostamisella. Myös työntekijöiden hyvinvoinnin varmistaminen ja liiallisen työnaikaisen liikkeen vähentäminen ovat tavoitteita, joihin pyritään aktiivisesti. Tuotannon siirto uusiin tiloihin, joiden suunnittelu on aloitettu puhtaalta pöydältä antaa hyvän mahdollisuuden keskittyä LEAN-toiminnan ja sen pohjalta luotujen toimintamallien lisäämiseen tuotantoon. Esimerkiksi materiaalivirran tehostaminen on ollut tärkeässä roolissa uuden tehtaan työpisteiden sijoittelun suunnittelussa. Varmuus- ja välivarastot on haluttu sijoitella siten, että ne ovat helposti saavutettavissa kaikilta työpisteiltä, joka vähentää valmistettavien aihoiden ja varastoon vietävien tuotteiden kuljettamiseen kuluvaan aikaa. Lisäksi on kiinnitetty huomiota siihen, miten puolivalmisteet sekä valmistuneet tuotteet sijoitellaan varastohyllyihin. Tavoitteena on, että materiaali virtaisi alkutuotannon suoraviivaisesti kohti lopputuotantoa ja edestakaista kuljetusta ei olisi juuri ollenkaan.

2.3 Steran mekaniikkatuotanto Turun tehtaalla

Stera Technologiesin Turun tehtaan mekaniikan tuotantolinja voidaan jakaa karkeasti kolmeen päävaiheeseen: alkutuotanto, välituotanto sekä lopputuotanto.

Alkutuotannossa levytyökeskuksissa tuotetaan ohutlevystä valmistettavien tuotteiden aihiot. Aihiot leikataan tai lyödään läpi ohutlevyistä, jonka jälkeen ne siirretään varastohyllyihin odottamaan jatkotuotantoa. Levytyökeskukset ovat tuotannon merkittävin osa-alue, jonka takia siihen kiinnitetään erityishuomiota tämän projektin aikana. Levytyökeskuksissa ilmenevät ongelmat ja tuotannonseisaukset aiheuttavat välittömästi viivästyksiä ja materiaalipuutteita jatkotuotannossa.

Välituotannossa aihioista valmistetaan tuotteita sellaisenaan myytäviksi tai puolivalmisteita, jotka liittyvät esimerkiksi johonkin kokoonpanoon.

Välituotannossa pääasiallisia työvaiheita ovat särmäys, pemmaus, pistehitsaus sekä toksaus. Näistä työvaiheista tuotantoa kuormittavat eniten särmäys ja pemmaus. Muutamaa tuotenimikettä lukuun ottamatta kaikki tuotteet särmätään ja suurin osa tuotteista myös pemmataa. Särmäyksessä tuotteet taivutetaan haluttuun muotoon ja pemmauksessa kappaleisiin kiinnitetään tarvittavat kiinnityskomponentit kiinnityspuristimilla.

Lopputuotannon merkityksellisin työvaihe on kokoonpano, jossa kootaan valmiit tuotekokoonpanot puolivalmisteista. Lopputuotannon tehokkuus riippuu vahvasti alku- ja välituotannon oikea-aikaisesta kuormittamisesta sekä kokoonpanoon puolivalmisteveraston täydentämisestä. Kokoonpanovaiheen jälkeen valmistuotteet varastoidaan varmuusvarastoon, josta ne toimitetaan asiakkaalle tilausten perusteella.

Steran Turun tehtaan mekaniikan osastolla valmistus tehdään pääasiassa varasto-ohjautuvasti erätuotantona, jolloin tuotteita valmistetaan varastoitavaksi. Asiakas tilaa tuotteet suoraan varastosta, eikä tuotantoa tarvitse käynnistää aina tulevien tilausten mukaan. Varasto-ohjautuva tuotanto perustuu asiakkaan

luomaan ennusteeseen ja sen pohjalta laskettuun minimivarastoarvoon. Minivarasto määrittää, kuinka paljon kutakin tuotetta tulee olla varastossa valmiina toimitettavaksi. Erätuotannossa tuotteita valmistetaan valmistuserissä tietyn tuotantosyklin välein. Samoja tuotteita valmistetaan toistuvasti, mutta ei jatkuvasti. Yksittäisen tuotteen valmistussykli voi vaihdella valmistuseräkoon tai tuotteen myynnin perusteella. (Logistiikan maailma: Tuotantotyypit.)

3 Tuotannon siirtoprojekti ja sen suunnittelu

Yritysten päätös muuttaa tehdas tai toimisto uusiin tiloihin perustuu lähes aina tavalla tai toisella taloudellisiin päämääriin ja olosuhteisiin. Yleisimpiä syitä, uusiin tiloihin muuttamiselle ovat esimerkiksi yrityksen taloudellinen kasvu, investoinnit, kulujen pienentäminen tai vanhojen toimitilojen kunnan heikentyminen. Taloudelliseen kasvuun tähtääviä toimintoja voi olla esimerkiksi uuden tuoteperheen valmistuksen aloittaminen tai uuden laitteiston hankkiminen. Kun vanha laitteisto tai toimitilojen sopimattomuus tuotannon vaatimukseen ei enää riitä pitämään tuotannon toimintaa tehokkaana tai estää kehityksen, on monesti edessä investointi uusiin toimitiloihin. (Help Moving Office: Most common reasons why a company relocates, 2024.)

Tehtaan tilojen kunto ja viihtyvyys on ensisijaisessa asemassa tuotannon tehokkaan toiminnan sekä hyvän työympäristön ja -hyvinvoinnin takaamisessa. Viihtyisä ja rauhallinen tuotantoympäristö mahdollistaa tehokkaan ja hyvinvoivan työyhteisön. Maailmalla tehdyissä tutkimuksissa on arvioitu, että työssä hyvin viihtyvät ja hyvin kohdellut työntekijät ovat noin 20 % tehokkaampia, kuin huonosti viihtyvät työntekijät (SgROI, 2015).

Steran tapauksessa Turun tehtaan siirtoon on vaikuttanut pitkälti samat tekijät, kuin yleisesti yritysmuutoissa. Nykyisten toimitilojen vuokrasopimuksen päättymisen sekä sopimattomuus kehittyvän tuotannon vaatimukseen ovat olleet merkittävimpiä syitä etsiä uudet toimitilat. Pääkriteerejä uusille toimitiloille olivat hyvät liikenneyhteydet rahtiliikenteelle sekä henkilöstölle, yhtenäinen tehdashalli kaikille tuotantolinjoille sekä kasvuvara tulevaisuuden investoinneille. Uusien tilojen etsinnässä huomioitiin myös tilojen kunto sekä mahdollisuus suunnitella tehtaan tuotantolaitteiston sijoittelu mahdollisimman vapaasti puhtaalta pöydältä. (Grundström, S., haastattelu 20.5.2024.)

Turun tehdas on vuosien saatossa laajentunut useampaan päätehtaan ympärillä sijaitsevaan erilliseen rakennukseen, jonka takia yhtenäisen tehdashallin löytäminen oli yksi päävaatimuksia uusien tilojen kartoittaessa. Yhtenäinen tuotantohalli mahdollistaa merkittävästi paremman

kustannusrakenteen sekä helpottaa tuotannon ohjaamista ja esimerkiksi laadunvalvontaa (Grundström, S., haastattelu 20.5.2024). Yhtenä vanhan tehtaan ongelmista on ollut se, että komponentteja joudutaan kuljettamaan tehdashallista toiseen, mikä lisää odottelua sekä pidentää läpimenoaika. Myös laatuvirheiden huomaaminen pitkittyy ja on mahdollista, että jotkin huonoista komponenteista ehtivät olla varastoituna pitkään ennen, kuin ne huomataan.

Uusi tehdashalli jättää myös varaa tulevaisuuden laajenemiselle sekä tuotantolaitteiston investoinneille. Vaikka uusia tiloja etsiessä lähtökohtana oli nykyisten toimintojen tarpeiden täyttäminen, otettiin huomioon myös tulevaisuuden investoinnit sekä liikevaihdon kasvattaminen. Jo muutto projektia edeltänyt investointi uuteen levytyökeskus laitteistoon sekä uuden puristinnauhalinjan investointisuunnitelmat ovat hyviä esimerkkejä kasvuun tähtäävistä tilatarpeista. (Grundström, S., haastattelu 20.5.2024.)

3.1 Projektin aloitus ja lähtökohdat

Opinnäytetyöhön liittyvä osuus muuttoprojektista aloitettiin käymällä läpi projektin oleelliset osa-alueet ja niihin liittyvät seikat. Työn aihealue rajattiin yhden asiakkaan tuotteiden muuton aikaisen varmuusvaraston luomiseen sekä ennustetyökalun hyödyntämiseen projektia varten. Lähtökohdaksi projektille asetettiin asiakkaan ennustetyökalun muokkaaminen projektin kannalta parempaan muotoon, sekä dynaamisten varmuusvarastoparametrien luominen tuotannonohjausjärjestelmään. Ennustetyökalun muokkaamisen tarkoituksena oli tehostaa sen hyödyntämistä tuotannonsuunnittelun apuvälineenä sekä tuotannonohjausjärjestelmän automatisoimisen tukemisessa. Ennustetyökaluun tulisi lisätä valmisnimikkeiden lisäksi myös niihin kuuluvat puolivalmisteet sekä päivittää Excel-taulukon parametrejä vastaamaan paremmin tuotannon tarpeita minimivarastomäärän laskemisessa.

Dynaamista varmuusvarastoa kokeiltiin ajaa järjestelmään suoraan asiakkaan ennustetyökalun pohjalta. Ennustetyökalusta löytyvä asiakkaan ennuste ajettiin suoraan nimikkeiden varmuusvarastoarvoihin, joka näkyi heti suurena kuorman

lisäyksenä entisen erikseen lasketun minimivarastoarvon sijaan. Todettiin, että tämä tapa ajaa arvot järjestelmään ei ole tuotannosuunnittelun kannalta järkevää, sillä se ei ottanut huomioon nykyistä varastomäärää eikä asiakkaan kanssa laadittuja minimivarastoarvoja. Koska näiden ongelmien korjaaminen olisi vaatinut huomattavan määrän ylimääräistä työtä asiakkaalta ennustetyökalun muokkaamiseen sekä IT-tuelta järjestelmän toiminnan kehittämiseen, päätettiin heti projektin alussa, että varmuusvarastoarvot syötettäisiin tämän projektin aikana järjestelmään manuaalisesti.

Projektin edetessä päätettiin, että dynaamista varmuusvarastoarvoa tärkeämpi osa-alue on itse varmuusvarastojen ylläpitäminen ja ylimääräisen varmuusvaraston luominen muuton ajaksi. Tämän pohjalta päätettiin, että projektissa keskitytään asiakkaan ennustetyökalun ja muiden, mahdollisesti sen rinnalle luotavien, seurantatyökalujen hyödyntämiseen ja siirron aikaisen bufferin valmistamiseen.

3.2 Suunnitelma ja siirtojärjestys

Tuotannon siirto on päätetty toteuttaa tiiviissä aikataulussa kevään ja kesän aikana, alkaen toukokuussa ja päättyen heinäkuussa mekaniikan osaston osalta. Lähtökohtana on, että tuotannon eri osa-alueet siirretään erillisinä kokonaisuuksina materiaalivirta sekä työntekijöiden liikkuvuus huomioon ottaen. On ollut tärkeää taata, että muuton aikaiset toiminnot eivät vaikuta olennaisesti työntekijöiden mahdollisuuksiin tehdä työtään. Erityisesti on haluttu välttää tilanteita, joissa työntekijä joutuisi vaihtamaan sijaintiaan kesken työpäivän tai työviikon aikana. Joustavuus ja selkeys helpottaa niin tuotannon työntekijöiden, kuin siirtoon osallistuvien urakoitsijoiden sekä projekti ryhmiin kuuluvien työtä.

Siirtojärjestys Steran mekaniikan osaston toiminnoille on valittu pitkälti tuotanto-osien valmistusprosessin järjestyksen perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ensimmäisenä siirretään alkutuotantoon kuuluvat levytyökeskukset, seuraavana yksittäiset tuotannon tuotantosolut esim. särmäys ja viimeisenä lopputuotanto eli kokoonpano ja lähettämöt. Siirtojärjestyksellä on haluttu

varmistaa se, että yhteen vaiheeseen kuuluvat työntekijät työskentelevät pääasiassa yhdessä sijainnissa kerrallaan. Myös materiaalivirran järkevöittäminen on vaikuttanut siirtojärjestyksen laatimiseen. Alkutuotannon siirryttyä uusiin tiloihin, voidaan aihiot kuljettaa vanhoihin tiloihin välituotantoa ja lopputuotantoa varten sen sijaan, että ne kuljetettaisiin esimerkiksi alkutuotannon jälkeen uusiin tiloihin ja sen jälkeen takaisin lopputuotantoon vanhoihin tiloihin.

Toinen merkittävä tekijä siirron järjestyksen suunnittelussa oli ulkopuolisten urakoitsijoiden aikataulut sekä uusien toimitilojen valmistelu siirrolle. Levytyökeskusten asentamista varten uusien tuotantotilojen lattia täytyi valaa uudelleen betonista ja tämän kuivumisaika oli useita viikkoja. Lattian valaminen on tarkoitus aloittaa heti tammikuun alussa ja uuden levytyökeskuksen asentaminen päästäisiin aloittamaan maaliskuun alussa. Koska levytyökeskusten siirtäminen uusiin toimitiloihin ja niiden asentaminen vaativat huomattavan määrän tilaa ja raskasta siirtokalustoa, ne päätettiin siirtää ensimmäisenä ennen muuta tuotantoa yllä mainittujen syiden lisäksi.

3.3 Riskinarviointi

Projektin edessä arvioitiin, että suurimmat riskit tulevat liittymään työpisteiden ja työkoneiden siirtoihin sekä uuden tehtaan valmisteluihin liittyviin viivästyksiin ja laiterikkoihin. Laiterikkojen lisäksi myös varastossa olevien tuotteiden laadun varmistaminen on tärkeä osa riskinarviointia. Niin laiterikkojen, kuin tuotteiden vahingoittaminen siirtojen aikana on merkittävä riskitekijä, johon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Laiterikot tai ylimääräisen tuotannon käynnistäminen tuotteiden vahingoittumisen takia viivästyttäisi tuotannon aloittamista uusissa toimitiloissa merkittävästi ja toisi huomattavia lisäkustannuksia. (Gross & Rutman, n.d.)

Toinen projektin kannalta huomioon otettava riskitekijä on asiakkaan ennusteen muutokset siirtoa edeltävän bufferoinnin tai siirron aikana. Asiakkaan ennustus ei aina pidä paikkaansa ja asiakkaan oman tilauskannan merkittävä kasvu tai

pieneneminen voi vaikuttaa myös merkittävästi Steran toteutuvaan myyntiin. Ennuste on pohjimmiltaan apuväline, jonka avulla varaudutaan tulevaan myyntiin valmistamalla tuotteita varmuusvarastoon asiakkaan tilauksia varten. Mikäli toteutunut myynti jää huomattavasti ennusteen alle, on bufferoinnin aikana saatettu valmistaa huomattava ylituotantoa, joka voi pahimmillaan vaikuttaa merkittävästi työkuormaan. Päinvastoin, mikäli asiakkaan ennuste on liian matala, voidaan tuotannossa jäädä tilauskannasta jälkeen, mikä lisää huomattavasti tuotannon kapasiteetin tarvetta.

4 Bufferointityökalu

Steralle on asiakkaan toimesta luotu Microsoft Excel-pohjainen työkalu, jota käytetään apuna varmuusvarastojen ylläpitämisessä ja raportoinnissa. Excel-tilukoon on listattu kaikki tuotenimikkeet, jotka Stera valmistaa asiakkaalle. Näiden nimikkeiden tietoihin on merkitty esimerkiksi, kuukausittainen myyntiennuste, arvioidut valmistuseräkoot minimivaraston ylläpitämiseen, minimivarastomäärä sekä myyntieräkoot. Excel-tilukko laskee siihen syötetyn kaavan pohjalta vaaditun minimimäärän, joka Steralla tulee olla valmistus tuotteita varastossa. Tämä varastomäärä on laskettu kuluvaan tai seuraavaan kuukauteen ennusteen, myyntieräköön sekä varaston elpymisaajan perusteella. Elpymisaika on aika, joka Steralla kuluu valmistaa minimimäärän vaatima määrä tuotteita varastoon.

Ennustetyökalu on käytännöllinen työkalu tuotannonhallintajärjestelmän ohella varastojen ylläpitoon, mutta sitä ei sellaisenaan pysty hyödyntämään tämän projektin vaatimalla tavalla. Tämän takia ennustetyökalun rinnalle halutaan luoda erillinen työkalu bufferoinnin ja siirronaikaisen tuotannon seurannan helpottamiseksi. Tavoitteena on, että bufferointitilanteen pystyisi näkemään mahdollisimman monipuolisesti nopealla tarkastelulla ja, että bufferityökalu päivittyisi mahdollisimman automaattisesti tuotannonhallintajärjestelmästä sekä ennustetyökalusta saatavilla tiedoilla. Bufferointityökalua voitaisiin myös hyödyntää tuotannosuunnittelussa ja -seurannassa myös siirtoprojektin jälkeen, mikäli se täyttää vaaditut tavoitteet.

Alla näkyvässä kuvassa (Kuva 1.) on esimerkki eräästä valmistettavasta kokoonpanosta ja siihen kuuluvista osista ennustetyökalussa. Tuotenimikkeet sekä tuotekuvaukset on muutettu kuvassa 1, sekä kaikissa muissa kuvissa salassapitosyistä. Kuvassa näkyy vasemmalta lueteltuna: Nimike, valmistettavan osan kuvaus, nykyisen ja kolmen seuraavan kuukauden myyntiennuste, nykyinen varastomäärä, WIP (Work in Progress), MIN (minimivarastomäärä), viikoittainen valmistusmäärä arvio, turvakerroin,

elpymisaika sekä myyntierä koko. Kokoonpanoon kuuluvien osien myyntiennuste on merkitty kokoonpanon ennusteen mukaan.

Work in Progress kertoo, kuinka monta kappaletta valmistettavia tuotteita on valmistustilauksella joko käynnissä tai suunniteltuna. Vaikka tämä luku kertoo, kuinka monta tuotetta on valmistuksessa, se ei kuitenkaan kerro, missä vaiheessa tuotteet ovat tai onko niitä vielä aloitettu.

Parts per week on arvio siitä, kuinka monta osaa pitää viikottain valmistaa, jotta varmuusvarasto (MIN) ja kuukausittainen myyntiennusteen määrä tulee täyteen. Erätuotanto ei kuitenkaan ole viikkokohtaista, joten tämä arvo ei itsessään auta tuotannosuunnittelussa. Turvakerroin on elpymisajan lisäksi arvo, joka asetetaan korottamaan jonkin kappaleen minimivarastomäärää esimerkiksi hitaan työvaiheen takia. Tällöin osia, joiden valmistus kestää pidempään, on enemmän varastossa.

Nimike	Kuvaus	Tammikuu Helmikuu Maaliskuu Huhtikuu				Varasto- määrä	WIP	MIN	PARTS PER WEE	Turva kerroin	Elpymis- aika	Myyntierä koko
		Nykyinen kuukausi	Ennuste kuukausi +1	Ennuste kuukausi +2	Ennuste kuukausi +3							
1234561	Kokoonpano 1	40	40	35	45	20	30	20	10	1,0	1	20
1234562	Osa 1	40	40	35	45	125	0	20	0	1,0	2	
1234563	Osa 2	40	40	35	45	51	96	20	2	1,0	2	
1234564	Osa 3	40	40	35	45	53	120	30	6	1,5	2	
1234565	Osa 4	40	40	35	45	113	0	20	0	1,0	2	
1234566	Osa 4	40	40	35	45	118	0	24	0	1,2	2	
1234567	Osa 5	40	40	35	45	123	0	20	0	1,0	2	
1234568	Osa 6	40	40	35	45	261	0	24	0	1,2	2	

Kuva 1. Esimerkki ennustetyökalusta. Eräs kokoonpano ja sen osat.

4.1 Työkalun pohja ja asiakkaan bufferityökalu

Ennustetyökalua yritettiin aluksi muokata suoraan sellaiseen muotoon, että sitä voitaisiin käyttää bufferoinnin aikana laskemaan eräkokoja ja näyttämään tarvittavia työtunteja ja muuta projektin kannalta hyödyllistä. Taulukkoon lisättiin niin sanotut ”pysäytys päivät” sekä pysäytyspäivien mukaisen bufferivaraston määrä. Pysäytys päivät kuvaisivat kuinka kauan tuotanto olisi pysäytettynä siirron tai jonkin muun syyn takia.

Lopulta päädyttiin kuitenkin siihen, että ei ole järkevää käyttää asiakkaan kanssa samaa taulukkoa siirron aikaisen bufferoinnin seurantaan sekä yleisen varmuusvaraston seurantaan. Joitain taulukkoon sijoitettuja laskukaavoja joutuisi muokkaamaan siten, että taulukosta tulisi epäkäytännöllinen asiakkaan kannalta ja sen muokkaamiseen kuluisi turhaan aikaa. Tämän takia tehtiin päätös luoda erillinen Excel-taulukko muuton aikaista bufferointia varten.

Tammikuu Helmikuu Maaliskuu Huhtikuu														5
Nykyinen kuukausi	Ennuste kuukausi +1	Ennuste kuukausi +2	Ennuste kuukausi +3	Varastomäärä	WIP	MIN	PARTS PER WEE	Turva kerroin	Elpymisaika	Pysäytys päivät	Pysäytys bufferi	Myyntierä koko		
168	260	322	284	35354	0	200	0	3,0	0,6	5	92	200		
268	240	284	250	585	0	150	0	3,0	0,6	5	104	50		
807	722	855	753	5554	13506	600	0	1,0	3	5	352	150		
262	240	284	250	2399	0	100	0	1,0	1	5	91	50		
304	258	321	284	250	1130	100	27	1,0	1	5	101	50		
297	258	321	284	772	1300	100	0	1,0	1	5	99	50		
358	356	426	429	1372	0	100	0	1,0	1	5	115	50		
264	240	284	250	64	563	150	82	1,0	2	5	103	50		

Kuva 2. Pysäytys päivät ja pysäytys bufferi ennustetyökalussa.

Ennustetyökalua käytettäisiin pohjana bufferointityökalussa, joten osa siitä kopioitiin erilliseen Exceliin. Ennustetyökalusta hyödynnettäisiin erityisesti asiakkaan myyntiennustetta sekä Steran varastoarvoja ja minimivarastomäärää. Tällöin ennustetyökalusta kopioitaisiin ennusteen arvot bufferointityökaluun ja työkalu laskisi sen pohjalta tarvittavan minimivaraston sekä varaston valmistukseen kuluvan ajan. Minimivarastot syötettäisiin aiempaan tapaan manuaalisesti tuotannonhallintajärjestelmään.

Tiedot ennustetyökaluun haetaan tuotannonhallintajärjestelmästä erillisen aputaulukon avulla, josta ne kopioidaan työkaluun. Aputaulukko on ohjelmoitu hakemaan tuotteiden varastomäärät sekä WIP tiedot järjestelmästä, jonka jälkeen ne liitetään varsinaiseen ennustetyökaluun ja jatkossa bufferointityökaluun. Aputaulukkoa hyödynnetään ennustetyökalun täyttämässä ja sitä tulitaisiin käyttämään myös bufferointityökalun täyttämiseen.

4.2 Bufferointityökalun luominen

Bufferityökalu tehtiin ennustetyökalun tapaan Excel-taulukkoon ja se ohjelmoitiin laskemaan tarvittava bufferointimäärä sekä bufferointiin kuluvat työtunnit. Bufferointityökalusta on mahdollista valita, minkä kuukauden ennusteen mukaan haluaa varastoida tuotteita. Ennusteet saattavat vaihdella kuukausittain välillä merkittävästi, joten on hyödyllistä nähdä, miten varmuusvarastoarvot elävät ennusteen muuttuessa. Lisäksi, jos ennuste muuttuu radikaalisti, on helpompi varautua etukäteen tulevaan ja kasvattaa eräkokoja ja varmuusvarastomäärää ajoissa.

Bufferointityökalu saa lähtöarvot asiakkaan ennustetyökaluun pohjautuvasta taulukosta, johon myyntiennuste on kopioitu samaan Excel tiedostoon toiselle välilehdelle. Bufferointityökalu laskee ennusteen ja nykyisten varastoarvojen pohjalta kuinka paljon tuotteita puuttuu tarvittavasta bufferimäärästä. Tarvittavien työvuorojen määrä on arvioitu syöttämällä taulukkoon tuotannonhallintajärjestelmään kirjatut tuotteiden valmistusajat. Asetusajat on yksinkertaistettu ja asetuksiin kuluva aika-arvion voi kirjata taulukon vasemmalla puolella tunteina. Bufferointitaulukko laskee yksittäisten tuotteiden ajoaikojen perusteella koko levytyökeskusvaiheella ajettavien bufferituotteiden valmistusajan sekä ajoihin kuluvat työvuorot.

		Levytyö	Tehti	Ennu	Varast	Tarv	Ajoai	Buffe	Varmuu		
		987659	<input type="checkbox"/>	450	139	KYLLÄ	0,03	13,1	420		
Ennuste kuukaudet		987650	<input type="checkbox"/>	450	150	KYLLÄ	0,065	22,9	345		
1 = Maaliskuu		4567845	<input type="checkbox"/>	34	25	KYLLÄ	0,0084	0,7	28		
2 = Huhtikuu		4567846	<input type="checkbox"/>	34	22	KYLLÄ	0,009	0,8	28		
3 = Toukokuu		6543766	<input type="checkbox"/>	16	125	EI	0,0094	0,7	20		
4 = Kesäkuu		6543767	<input type="checkbox"/>	16	51	EI	0,01	0,7	20		
		6543768	<input checked="" type="checkbox"/>	16	53	TEHTY	0,003	0,6	20		
KUUKAUSI	Toukokuu	6543769	<input checked="" type="checkbox"/>	16	113	TEHTY	0,003	0,6	20		
		6543770	<input type="checkbox"/>	16	118	EI	0,003	0,6	20		
3		6543771	<input type="checkbox"/>	16	123	EI	0,00143	0,5	20		
		2342341	<input type="checkbox"/>	455	147	KYLLÄ	0,0017	1,1	350		
		45363452	<input type="checkbox"/>	18	102	EI	0,0026	0,5	10		
		45363453	<input checked="" type="checkbox"/>	215	276	TEHTY	0,003	0,7	60		
Asennus aika	Ennusteen lisäkerroin	45363454	<input type="checkbox"/>	21	84	EI	0,008	0,6	10		
		45363455	<input type="checkbox"/>	465	225	KYLLÄ	0,00118	1,0	420		
0,5	1,00	45363456	<input type="checkbox"/>	13	36	EI	0,0016	0,5	10		
		45363457	<input type="checkbox"/>	13	39	EI	0,025	1,0	18		

Tarvittavat työtunnit ja vuorot:	111,63 Tuntia 13,95 Vuoroa
----------------------------------	-------------------------------

Kuva 3. Tiivistetty versio bufferointityökalusta.

Kuvassa 3. esitellään bufferointityökalun pääkohdat. Keskellä näkyvän taulukon tiedot vasemmalta oikealle luettuna: Tuotenimike, tehty painike, myyntiennuste, nykyinen varastomäärä, tarve bufferoinnille, ajoaika levytyökeskuksella per kappale, bufferiajoon kuluva aika, haluttu varmuusvarastomäärä. Taulukosta on poistettu esittelyä varten suurin osa nimikkeistä, mutta työtunti sekä -vuoro arviot vastaavat kuvassa näkyvää osuutta.

Työkalun taulukon vasemmalta puolelta voi valita, minkä kuukauden ennusteen mukaan taulukon arvot esitetään. Esimerkissä on valittu vaihtoehto 3, eli toukokuu, joka on bufferoinnin kannalta merkittävin kuukausi. Taulukko laskee ennusteen pohjalta halutun varmuusvarastomäärän sekä sen ajamiseen kuluvan ajan ja työvuorot. Kun haluttu varmuusvarastomäärä on täynnä, voidaan taulukon "Tehty" osion ruutu rastittaa, jolloin työvuoro laskuri poistaa sen laskuista ja päivittää jäljellä olevan ajan. Mikäli jotain osaa ei tarvitse bufferoida, vaan nykyinen varastosaldo kattaa varmuusvaraston, "Tarve" kohdassa lukee "EI".

4.3 Käyttö ja toiminta

Bufferointityökalu oli varsinaisten bufferiajojen alettua käytössä ja sen käyttö on helpottanut tuotannosuunnittelun työtä bufferoinnin edetessä.

Bufferointityökalun avulla selvitettiin helposti, mitä tuotteita oli jo bufferoitu tarpeeksi varastoon sekä määrittää kuinka paljon bufferoimattomia tuotteita oli jäljellä. Asiakkaan ennusteen päivittyessä oli myös nopea tarkistaa, kuinka paljon tuotteita tarvitsee varastoida ennusteen muuttuessa. Bufferityökalun hyödyt ovat tulleet esiin myös työvuorojen ja bufferointiin tarvittavien työtuntien havainnollistamisessa. Työkalun avulla pystyttiin arvioimaan ja laskemaan, kuinka paljon ylimääräisiä työtunteja bufferoinnista aiheutuisi. Työtuntien laskeminen on auttanut hahmottamaan sekä bufferoinnin, että normaalin tuotannon kuormaan muuttoa edeltävänä aikana.

Bufferointityökalun käytön tukena on ollut käytössä myös muita tuotannosuunnittelua helpottavia työkaluja. Jo ennen projektin alkua käytössä

on ollut Excel pohjainen taulukko tuotannon seurantaan varten, jossa tuotteiden todellinen varastomäärä ja vaadittu varmuusvarastomäärä ovat värikoodattuja. Värikoodit ovat punainen, oranssi, keltainen ja vihreä. Värit kuvaavat varastossa olevien tuotteiden määrää suhteessa ennusteeseen sekä ennustetyökalun ilmoittamaan minimivarastomäärään. Vihreä tarkoittaa, että varastossa on riittävästi tuotteita koko kuukauden ennusteen tarpeisiin ja punainen, että tuotteet eivät riitä viikkoa pidemmäksi aikaa. Varmuusvarastomäärän värikoodit kertovat, onko tuotteita varastossa täyttämään minimivaraston määrä. "Saldo" sarakkeen värikoodi kertoo, kuinka paljon tuotteita on varastossa suhteessa koko ennusteeseen ja varmuusvarasto sarakkeen (Taulukossa: "Varm.varasto") värikoodi kertoo saldon suhteen taulukon ilmoittamaan varmuusvarastoarvoon. Tavoitteena on ollut pitää varastomäärän tuotteiden värikoodi vähintään keltaisella, mikä vastaa suunnilleen vaadittua varmuusvarastomäärää.

Nimike:	Määrä:	Komponentit:	Saldo:	Valmistuksessa:	TarvPvm:	Varm.varasto:	Huomio:
987656			30	225		120	
Kokoonpano 1	Osa 1	987657	3546	0		450	
	Osa 2	987658	871	3000		450	
	Osa 3	987659	139	530		420	
	Osa 4	987650	150	240		345	

Kuva 4. Esimerkki tuotannonsuunnittelun apuna olleesta Excel-taulukosta.

5 Bufferointisuunnitelma ja toteutus

Kun projektin karkea aikataulutus ja toteutustapa oli hahmoteltu, alettiin pohtia parasta ratkaisua muuton aikaisen varmuusvaraston tuottamiseen. Siirron aikaisen bufferin valmistaminen tulisi lisäämään tuotannon työkuormaa merkittävästi, joten olisi tärkeä varmistaa tuotanto kapasiteetin riittävyys sekä normaaliin tuotantoon, että ylimääräisen tuotantoon.

Steran tuotanto toimii tavallisesti kolmessa vuorossa, mutta meneillään olevien sopeutustoimien takia tuotantoa on jouduttu pitämään vain kahdessa tai ajoittain yhdessä vuorossa. Teknologiateollisuuden yritysten tilauskantojen pieneminen ja taloudelliset vaikeudet ovat heijastuneet myös Steran toimintaan. Teknologiateollisuus ry:n raportin mukaan alkuvuonna 2024 teknologiateollisuuden yritysten saamien uusien tilausten arvo laski jopa 15 % verrattuna loppuvuoteen 2023. (Teknologiateollisuus ry, 2024)

Bufferivaraston valmistamiseen kuluva aika lisää tuotannon työkuormaa merkittävästi, joten arvioitiin, että on tarve siirtyä bufferiajojen ajaksi takaisin kolmeen työvuoroon. Tämä oli koko bufferoinnin kannalta tärkeä päätös, sillä kolmivuoron mahdollistaminen tarkoittaisi, että tuotantoa voitaisiin pitää yllä vuorokauden ympäri. Muutamien tärkeiden bufferoitavien osien aihoiden valmistaminen levytyökeskuksessa kestää jopa vuorokauden, joten oli tärkeää, että ne eivät viivästyttäisi liikaa tuotantoa.

Siirtojärjestyksen perusteella päätettiin toteuttaa bufferituotanto väli- ja lopputuotannon tarpeiden perusteella. Arvioitiin, että varmistamalla väli- ja lopputuotannon tarpeet levytyökeskusten siirron ajaksi, vältettäisiin suurimmat riskit tuotannon pysähtymisestä ja varmuusvarastojen loppumisesta siirtojen aikana.

5.1 Bufferointisuunnitelma

Aluksi pohdittiin, että varastoon valmistettaisiin asiakkaan ennusteen pohjalta ylimääräinen, noin kuukauden myyntiä vastaava määrä tuotteita erillään normaalista tuotannosta. Ylimääräisen varaston valmistaminen lisäisi tuotannon työkuormaa huomattavasti, mutta bufferivaraston kehittymisen seuraaminen olisi helppoa. Kaikki tuotteet olisivat helposti nähtävissä ja varastomäärien ylläpitäminen ei vaatisi ylimääräistä tarkastamista ja inventointia jatkuvasti.

Ylimääräisen tuotantoerän valmistaminen pitäisi aloittaa hyvissä ajoin ennen muuttoa ja eräkokojen perustuessa asiakkaan ennusteeseen, olisi olemassa riski, että varastoon on valmistettu liikaa tai liian vähän tuotteita. Toisaalta bufferituotannon valmistamisen ei haluttu vaikuttavan liikaa normaaliin erätuotantoon. Siirtoprojektissa halutaan kuitenkin pitää kiinni myös Steran normaaleista toimintatavoista ja noudattaa niin kutsuttua ”first in, first out” periaatetta, jossa ensiksi valmistetut tuotteet myös myydään asiakkaalle ensimmäisenä (Lean Enterprise Institute, 2024). Tämän seurauksena myytävät tuotteet jouduttaisiin joka tapauksessa kierrättämään varmuusvarastoitujen tuotteiden kautta, joten päätettiin, että varmuusvarastoja ei tuoteta ylimääräisinä tuotantoerinä.

Toisena vaihtoehtona bufferituotannon tekemiseen tarkasteltiin mahdollisuutta ajaa ylimääräinen bufferituotanto normaalin tuotannon ohella valmistus- ja varmuusvarastoeräkojoja nostamalla. Tällöin voitaisiin varmistaa normaalin erätuotannon sujuminen ajallaan, sekä ylimääräisen varaston kerryttäminen sen ohella. Samanaikaisen tuotannon tekeminen hidastaisi hieman tuotantoa, sillä valmistettavia tuotteita olisi enemmän, mutta vähentäisi varaston hallintaan kuluvia resursseja sekä vastaisi paremmin Steran toimintatapoja.

Samanaikaisen tuotannon suunnitteleminen olisi myös yksinkertaisempaa, koska se voitaisiin toteuttaa melko helposti varmuusvarastoarvoja nostamalla. Tällöin tuotannonhallintajärjestelmä kehottaisi automaattisesti valmistamaan isompia eräkojoja, jotta haluttu varastomäärä tulee täyteen. Ainoana manuaalisena työnä täytyisi ajoittaa järjestelmän kehottamat valmistuserät

tasaisesti siten, että tarvittava bufferivarasto kertyy useamman tuotantosyklin aikana, eikä yhdellä kerralla. Tällöin valmistettavien tuotteiden varastomäärä kasvaisi suunnitellun aikajakson aikana tasaisesti haluttuun arvoon. Siirron aikaisen bufferivaraston valmistamiseksi päätettiin siis syöttää asiakkaan ennustetyökalun pohjalta määritetyt varmuusvarastoarvot tuotannonhallintajärjestelmään ja tämän jälkeen aikatauluttaa tuotanto tasaisesti bufferoinnin ja normaalituotannon tarpeiden mukaan.

5.2 Bufferoinnin aikatauluttaminen

Projektin aikataulun mukaan, vanhan levytyökeskuksen siirtourakka aloitetaan toukokuun alussa. Toukokuu on siis takaraja sille, kun siirron aikaisen bufferoinnin pitää olla valmiina. Bufferointityökalun avulla laskettiin, että siirron aikaisen bufferin valmistamiseen tulee kulumaan karkeasti noin 20 työvuorua. Tähän arvoon otettiin vielä huomioon mahdolliset viivästyksset ja töihin sisältyvät asetusajat ja arvioitiin, että bufferin valmistamiseen kuluisi noin 25 työvuorua. Tässä arvossa otettiin huomioon ainoastaan vanhan levytyökeskuksen työvuorot, koska se on muuton kannalta kriittisin sekä pääasiassa ajallisesti pisin työvaihe.

Bufferointiin kuluvan arvioidun ajan mukaan päätettiin, että bufferivarasto valmistettaisiin noin kahden kuukauden aikana. Bufferoinnin aloitusajankohdaksi päätettiin helmikuun alku, jolloin helmi- ja maaliskuu käytettäisiin suurempien eräkokojen valmistamiseen ja huhtikuu jäisi varakuukaudeksi viivästysten varalle. Kun vaadittu bufferimäärä olisi saatu kerrytettyä, keskityttäisiin sen ylläpitämiseen jälleen varmuusvarastoarvoja säätämällä.

5.3 Bufferointityökalun hyödyntäminen

Siirron aikaisen varmuusvaraston valmistaminen aloitettiin suunnitellusti helmikuun alussa. Korotetut varmuusvarastoarvot syötettiin

tuotannonhallintajärjestelmään, jolloin järjestelmä loi valmistuskehotukset bufferoitavien tuotteiden valmistamisesta. Koska bufferointivalmistus tehtäisiin normaalin tuotannon ohessa, järjestelmä kehotti valmistamaan joitain tuotteita huomattavan suurissa erissä. Tuotannonhallintajärjestelmä ei automaattisesti jaa valmistuksia pidemmälle aikavälillä, vaan niiden aikatauluttaminen täytyi tehdä manuaalisesti. Tällöin uusia kehotuksia ei tarvitsisi käydä läpi joka päivä erikseen, vaan valmistustilaukset vapautettaisiin aina uuden valmistuserän tullessa ajankohtaiseksi.

Lyhyen läpimenoajan ja pienen ennusteen tuotteiden valmistus pyrittiin jaottelemaan siten, että suurempi erä tuotteita valmistettaisiin kerralla, jolloin tuotteiden varmuusvarastoa tarvitsisi enää vain ylläpitää. Pitkän läpimenoajan ja suuremman myyntiennusteen tuotteiden valmistus sen sijaan jaettiin useampiin eriin bufferointituotannon ajalle. Tavoitteena oli, että tuotteita valmistettaisiin tasaisesti sellaisissa valmistuserissä, että haluttu varmuusvarasto tulisi täyteen normaalin tuotannon ohessa.

Nimike	Kuvaus	Maalis	Huhti	Touko
987656	Kokoonpano	375	345	450
987657	Osa 1	375	345	450
987658	Osa 2	375	345	450
987659	Osa 3	375	345	450
987650	Osa 4	375	345	450

Kuva 5. Kuvassa esimerkki tuotteen ennuste maaliskuu-toukokuun ajalle.

Yllä esitellyssä kuvakaappauksessa (Kuva 5.) nähdään erään tuotteen myyntiennuste asiakkaan ennustetyökalussa. Tätä tuotetta käytetään esimerkkinä korkean myynnin tuotteesta, sekä tuotteesta, jolla on ainakin joidenkin osien kohdalla pitkä läpimenoaika. Seuraavassa kuvakaappauksessa (Kuva 6.) esitetään sama tuote bufferityökalussa. Kokoonpanoon kuuluvista osista Osa 1 sekä Osa 2 valmistetaan suurina, tuhansien kappaleiden eräkokoina ohutlevykeloista, joten niitä ei oteta huomioon bufferoinnissa. Sen

sijaan Osien 3 ja 4 aihiot valmistetaan levytyökeskuksessa, joten ne on sijoitettu bufferointityökaluun.

Levytyö	Teht	Ennu	Varast	Tarv	Ajoai	Buffer	Varmuu
987659	<input type="checkbox"/>	450	139	KYLLÄ	0,03	13,1	420
987650	<input type="checkbox"/>	450	150	KYLLÄ	0,065	22,9	345

Kuva 6. Kuvassa 5 esitetty esimerkki tuote bufferointityökalussa.

Bufferointityökalusta nähdään tuotteiden nykyinen varastomäärä sekä haluttu varmuusvarasto määrä muuttoa varten. Varmuusvaraston arvo on saatu asiakkaan ennustetyökalun toukokuun ennusteeseen pohjautuen. Ennusteesta voidaan laskea, että kokonaismyynti muuttoa ennen ja muuton aikana on noin 1170 valmista tuotetta. Koska bufferointivalmistus halutaan tehdä tasaisesti, voidaan laskea, että kahden kuukauden aikana pitäisi valmistaa noin 585 tuotetta kuukauden aikana. Vaikka bufferituotanto aloitetaan helmikuussa, laskuissa otetaan huomioon ennuste maaliskuusta alkaen, koska helmikuun varmuusvarasto on jo olemassa.

Kyseisen tuotteen valmistusykli on ennusteesta riippuen tavanomaisesti yksi tai kaksi valmistuserää kuukaudessa noin 200–240 kappaleen erissä. Tämän pohjalta järkevin tapa on valmistaa noin 300 tuotetta kahden viikon välein. Valmistusykliä ei siis muutettaisi, vaan ainoastaan eräkokoja kasvatettaisiin. Tuotteiden valmistamisella viitataan erityisesti levytyökeskuksessa valmistettaviin aihioihin välituotantoon.

Nimike	Kuvaus	Maalis	Huhti	Touko
4567845	Osa 5	18	37	34
4567846	Osa 6	18	37	34

Kuva 7. Esimerkki pienemmän ennusteen tuotteesta

Toisena esimerkkinä bufferoitavasta tuotteesta on yllä (Kuva 7) esitelty tuote, jonka myyntiennuste on huomattavasti pienempi ja valmistuseriä vähemmän. Kyseinen tuote on myös hyvin nopea valmistaa, joten sen läpimenoaika on lyhyempi ja sitä voidaan valmistaa suuremmissa erissä varastoitavaksi. Kuvan 7. tuotetta myytäisiin ennusteen mukaan muuton ja bufferoinnin ajanjakson aikana noin 89 tuotetta. Varmuusvarasto mukaan lukien tuotetta valmistettaisiin noin 110 kappaletta varastoon koko muutto projektin aikaa varten. Tämän perusteella on järkevintä valmistaa yksi valmistuserä, joka varastoidaan varmuusvarastoon ja myydään asiakkaalle tilausten pohjalta muuttoprojektin aikana.

Levytyö	Teht	Ennu	Varast	Tarv	Ajoai	Buffer	Varmuu
4567845	<input type="checkbox"/>	34	25	KYLLÄ	0,0084	0,7	28
4567846	<input type="checkbox"/>	34	22	KYLLÄ	0,009	0,8	28

Kuva 8. Kuvassa 7. esitelty tuote bufferointityökalussa.

Yllä kuvattujen esimerkkien mukaiset toimenpiteet tehdään mahdollisuuksien mukaan kaikille tuotteille, jotta saadaan kokonaiskuva siitä, millainen kuorma tuotannossa tulee olemaan bufferoinnin aikana. Koska kaikki tuotteet eivät vastaa täysin esimerkkien tuotteita, täytyy jokaisen tuotteen kohdalla huomioida erilaiset asiat. Esimerkiksi useampia työvaiheita sisältävät tuotteet vaativat pidempää läpimenoaika, joten niiden riittävyys valmistuotteiksi asti on tärkeää pelkkien aihoiden sijaan. Nopean virtauksen tuotteen on helpompi valmistaa aihioista viivästysten ja muiden poikkeuksellisten tilanteiden sattuessa, joten suuren valmistuotebufferin kerryttäminen ei ole ensisijaista. Koska bufferoinnissa keskitytään joka tapauksessa tuotteiden aihoiden riittävyyteen, valmistuotteiden valmistaminen ohjataan ja suunnitellaan melko tavanomaisesti normaaliin käytäntöjen mukaan.

6 Yhteenveto

Stera Technologiesin Turun tehtaan toimintojen siirto on laaja ja monia kokonaisuuksia sisältävä projekti, jonka onnistuminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja toteuttamista. Tämän opinnäytetyön pääaiheena oli tehtaan muuttoon liittyvän bufferointituotannon suunnitteleminen ja toteuttaminen asiakkaan ennustetyökalua apuna käyttäen.

Projekti käynnistyi käymällä läpi erilaisia vaihtoehtoja hyödyntää ennustetyökalua tuotannosuunnittelussa ja bufferointituotannon seurannan helpottamisessa. Kun ennustetyökalun hyödyntäminen sellaisenaan todettiin hankalaksi ratkaisuksi niin tietoteknisesti, kuin asiakkaan ylläpitämisen ennustetyökalun vaatimien muutosten takia, päätettiin luoda rinnalle erillinen bufferointityökalu. Työkalun luominen oli mielenkiintoinen mahdollisuus tutustua Excel-taulukkolaskentaan ja sen mahdollisuuksiin tuotannosuunnittelun apuna.

Bufferityökalun luominen projektin vaatimuksiin onnistui hyvin ja sitä on pystytty hyödyntämään niin bufferituotannon, kuin normaalin tuotannon tarpeissa. Työkalu jäänee osaksi Steran tuotannosuunnittelua ainakin siksi aikaa, kunnes käytössä olevan tuotannonhallintajärjestelmän haasteet asiakkaan ennustetyökalun suoraan hyödyntämisessä on selvitetty. Esimerkiksi tuotannon seisauksiin tai tuotantokuorman muutoksiin pystytään vastaamaan huomattavasti jouhevammin ja vähemmällä vaivannäöllä, kun tuotannonhallintajärjestelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi päivittämään varmuusvarastoarvot tuotenimikkeiden tietoihin automaattisesti ennustetyökalun pohjalta.

Lähteet

Boncamper, I., 1995. Tuotannosuunnittelu, Toinen, korjattu painos. Hämeen ammattikorkeakoulu, Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitos. Tampere, Cityoffset Ky.

Gross, H., Turman, M., n.d. Relocating/Consolidating Facilities – Caution Ahead. [Viitattu 15.5.2024]

https://richter.my.site.com/rci/resource/1651251904000/RCI_PlantRelocation

Grundström, S. 2024. Haastattelu. Stera Technologies Oy:n Turun/Kaarinan tehtaan tuotantopäällikkö Santeri Grundströmiä haastatteli 22.5.2024 Aleksi Kaipainen

Help Moving Office: Most common reasons why a company relocates [Viitattu 19.5.2024] <https://www.helpmovingoffice.com/article/most-common-reasons-why-a-company-relocates>

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S., 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät, 1. painos. Porvoo, WSOY.

Lean Enterprise Institute. First In, First Out (FIFO) [Viitattu 24.4.2024] <https://www.lean.org/lexicon-terms/first-in-first-out-fifo/>

Logiikan Maailma. Tuotantotyytit. [Viitattu 18.5.2024] <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyytit/>

Petersson, P., Olsson, B., Lundström, T., Johansson, O., Broman, M., Blücher, D. ja Alsterman, H. & Lehtimäki, S., 2018. LEAN Muuta poikkeamat menestykseksi! 3. Uudistettu painos. Bromma, Ruotsi: Part Media.

Sgroi, D. 2015. Happiness and productivity: Understanding the happy-productive worker. Global Perspectives Series: Paper 4. Warwick, CAGE Research Center – University of Warwick & Social Market Foundation. [Viitattu 19.5.2024] <https://www.smf.co.uk/publications/happiness-and-productivity-understanding-the-happy-productive-worker/>

Teknologiateollisuus ry, 2024. Talousnäkymät-raportti 2/2024. [Viitattu 23.5.2024] <https://teknologiateollisuus.fi/fi/talous-ja-toimiala/talousnakymat>