

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

PTUTAS15

2018

Riikka Mäkäraänen

TUOTEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET

–HKScan Finland Oy



Riikka Mäkäräinen

TUOTEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET

- HKScan Finland Oy

Tämän opinnäytetyön aiheena on HKScan Finland Oy:n valmisruokalinjalla tehtävien tuotevaihtojen kustannukset. Työn tavoitteena oli määrittää tuotevaihtojen kustannukset sekä selvittää, miten tuotevaihtoihin kuluva aika vaikuttaa tuotantolinjan kapasiteettiin. Aihetta tutkittiin erityisesti valmistettavan tuotantoerän kannalta, sillä pieniä tuotantoeriä valmistettaessa tuotevaihtoon kuluvan ajan merkitys kasvaa. Tuotantoerän koolla on erityisesti valmisruokatuoannossa suuri merkitys tuotteiden rajallisen säilyvyyden vuoksi. Tämän vuoksi työssä tutkittiin myös, millaisia vaikutuksia tuotevaihtojen määrän vähentämisellä olisi tuotteiden hävikkiin sekä tuoreuteen.

Työn teoriaosuudessa käsitellään tuotannon suunnittelun sekä kapasiteetin hallinnan periaatteita. Lisäksi esitellään erilaisia laskentakaavoja, joita voidaan hyödyntää tuotantolinjan kapasiteetin sekä taloudellisen tuotantoerän määrittämiseen asetusajat huomioon ottaen. Teorian avulla selvitetään asetusajan pituuden merkitystä asetusajan kustannuksiin sekä taloudelliseen tuotantoeraan.

Tuotevaihtojen kustannuksista tehtiin työvoimakustannuksiin ja tuotevaihtoihin kuluvaan aikaan perustuva laskelma. Tuotevaihtojen määrää ja kustannuksia tarkasteltiin vuositasolla. Tämän perusteella laskettiin, kuinka paljon tuotevaihtojen määrän vähentäminen viidesosalla nykytasosta säästäisi kustannuksia sekä kuinka paljon tuotantolinjan käytettävissä olevaa kapasiteettia voitaisiin tällöin lisätä. Asetusajan pituuden vaikutusta kuvattiin käyttämällä laskentakaavoja kapasiteetin ja eräkoon määrittämiseksi. Hävikin vaikutuksia arvioitiin, hävikistä aiheutuvien kustannusten kannalta.

Työn lopputuloksena on selvitys tuotevaihtoihin liitettävistä työvoimakustannuksista sekä tuotevaihtoihin käytetystä ajasta. Selvitystä voidaan hyödyntää tuotevaihtojen merkityksen arvioinnissa tuotannon tehokkuuden kannalta sekä tuotevaihtoista aiheutuvien kustannusten arviointiin erityisesti pienimennekkisten tuotteiden osalta. Työssä tehdyt arviot hävikin kustannuksista sekä tuotevaihtojen vaikutuksista tuotteiden tuoreuteen antavat laajemman käsityksen tuotevaihtojen kokonaisvaikutuksista.

ASIASANAT:

Asetusaika, asetuskustannus, kapasiteetti, taloudellinen eräkkö, tuotannonohjaus

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial engineering and management

2018 | 34 pages, 12 pages in appendices

Riikka Mäkäräinen

PRODUCTION SETUP COSTS

- HKScan Finland Oy

The main objective of this thesis is to determine production setup costs of the convenience food production line at HKScan Finland. In addition, it was examined how the setup time affects the total capacity of the production line. The study was heavily driven by the interest to examine setups times when producing small batches.

The theoretical framework of this thesis includes foundations of production planning and capacity management. The framework aims to explain how production setup time affects setup costs and efficiency of industrial production in general. Furthermore, theoretical formulas are presented for economical lot sizes and defining production capacity.

The calculations made in this study were based on fixed labor costs and the time consumed for production setup. Calculations were executed on annual level. This study evaluates the production costs as well as the production capacity in a scenario where the quantity of the production setups would be reduced by twenty percent. The capacity of the production line was calculated function of the batch size. With this calculation, it was estimated how the setup time affects the capacity of the production line. In addition, the limited perishability of the products and the costs of waste were taken in to account. Also, it was considered how the batch size affects the overall freshness from the customer point of view.

The results of the study outlines that the effect of the production setup on production capacity is considerable. The study also underlines the unprofitability of the small batch sizes when production setup times are long. This study gives a perspective when evaluating profitability of the products whose consumption is low. A view on evaluating the profitability of the products having low consumption can be perceived through this study. The evaluations in the study emphasize how comprehensive the effects of the production setup are in relation to the costs and the capacity of the production line.

KEYWORDS:

Capacity, economic lot size, production planning, setup cost, setup time

SISÄLTÖ

TARKENNUS	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite	7
1.2 Yritysesittely	8
1.3 Tutkimusmenetelmä ja työn toteutus	8
2 TUOTANNONOHJAUS	10
2.1 Tuotannonohjausprosessi	10
2.2 Tuotannonohjauksen tavoitteet ja ohjattavuus	11
2.3 Varasto-ohjautuvan tuotannon ohjaus	12
3 TUOTANNON KAPASITEETTI JA ERÄKOKOJEN MÄÄRITTÄMINEN	13
3.1 Kapasiteetin hallinta	13
3.2 Asetusaika	14
3.3 Asetuskustannukset	14
3.4 Laskentamalleja tuotantoerän määrittämiseksi	14
3.4.1 EOQ-taloudellisen tilauseräköön kaava	15
3.4.2 ELS-taloudellisen valmistuseräköön kaava	17
3.4.3 Tuotantoeräköön määrittäminen asetusajakojen mukaan	18
3.4.4 Tuotantoerän optimointi ja aikataulutusta elintarviketeollisuudessa	18
4 UUNIMIKROLINJAN TUOTANNONOHJAUS HKSCAN FINLAND OY:SSA	21
4.1 Valmistusprosessi	21
4.2 Tuotevaihdot	22
4.3 Valmistuksen ohjaus	22
4.3.1 Tuotannon ohjauksen periaatteet	23
4.3.2 Tuotannon ohjauksen rajoitteet ja haasteet	23
5 TUOTEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET JA KUSTANNUSVAIKUTUKSET	25
5.1 Tuotevaihtojen kustannukset	25
5.2 Eräköön vaikutus uunimikrolinjan kapasiteettiin asetusajan muuttuessa	25
5.2.1 Asetusajan vaikutus kapasiteetin käyttöasteeseen	27
5.3 Eräköön asetusajakojen mukaan	27
5.4 Hävikin kustannukset	28

5.5 Tuoreus	29
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
7 TULOSTEN ARVIOINTI	32
LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. Laskelmien lähtöarvot	
Liite 2. Tuotevaihtojen kustannusten laskentataulukot	
Liite 3. Hävikin kustannusten laskentataulukot	
Liite 4. Uunimikrolinjan kapasiteetti eräkoon funktiona	
Liite 5. Uunimikrolinjan optimaalinen eräkoossa asetusajojen mukaan	
Liite 6. Ylitöiden kustannusten laskentataulukko	
Liite 7. Tuotteiden taulukointi tuoreuden mukaan	

KAAVAT

Kaava 1. Kapasiteetin käyttöaste prosentti	13
Kaava 2. Tuotannon kapasiteetti eräkoon funktiona	15
Kaava 3. EOQ-kaava	16
Kaava 4. ELS-kaava	17
Kaava 5. Valmistuserän koko asetusajojen mukaan	18

KUVAT

Kuva 1. Eräkoon vaikutus kapasiteettiin, kun asetus aika on 30 minuuttia.	26
Kuva 2. Eräkoon vaikutus kapasiteettiin, kun asetus aika on 60 minuuttia.	26
Kuva 3. Laskennallinen eräkoossa asetusajan mukaan	28

KUVIOT

Kuvio 1. Uunimikrolinjan valmistusprosessin vaiheet	21
---	----

TARKENNUS

Osa opinnäytetyön sisällöstä on pilotettu HKScan Finland Oy:n edun turvaamiseksi.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tuotevaihdoista aiheutuvia kustannuksia. Tuotantolinjalla tehtävät tuotevaihdot vaikuttavat merkittävästi tuotannon läpimenoaikaan sekä kapasiteetin käyttöasteeseen. Kustannus selvityksen perusteella on tarkoitus arvioida, miten tuotantolinjan kapasiteettia voitaisiin hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti sekä millaisia vaikutuksia tuotevaihdoilla on tuotantolinjalla valmistettavien tuotteiden hävikkiin ja tuoreuteen asiakkaan näkökulmasta. Aihetta haluttiin tutkia erityisesti pieni menekkisten tuotteiden kannalta, sillä tuotantolinjalla valmistetaan tällä hetkellä tuotteita, joiden valmistamiseen kuluu vähemmän aikaa kuin itse tuotevaihdon tekemiseen.

Työn toimeksiantaja on HKScan Finland Oy, joka valmistaa erilaisia liha- ja ruokavalmisteita. Työssä tutkitaan yrityksen Vantaalla sijaitsevan tuotantolaitoksen valmisruokalinjalla tehtävien tuotevaihtojen kustannuksia. Tuotevaihdolla tarkoitetaan tuotantolinjalla eri tuotteiden valmistusten välissä tehtävää tuotantolaitteiden valmistelua. Tuotteiden ominaisuuksista riippuen tuotantolinjan valmisteluun kuuluu väli- tai allergeenipesu, joiden suorittamiseen kuluu merkittävästi tuotantolinjan kapasiteettia. Tuotantolinjalle olisi tarve lisätä kapasiteettia, joten tavoitteena on myös selvittää, kuinka paljon kapasiteettia kuluu tällä hetkellä tuotevaihtojen tekemiseen ja voitaisiinko tuotevaihtojen määrää vähentämällä lisätä tuotantolinjan kapasiteettia.

Työn teoriaosuus käsittelee yrityksen tuotannonohjauksen sekä kapasiteetin hallinnan periaatteita. Teorian avulla pyritään selventämään tuotannonohjauksen merkitystä koko yrityksen toiminnanohjauksen kannalta sekä asetusajan vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Optimaalisen tuotantoerän laskentamalleilla havainnollistetaan, kuinka eri muuttujien avulla voidaan määritellä taloudellisia valmistuseräkokoja.

Työn empiirinen osuus toteutetaan yrityksessä aiheesta kerätyn tiedon sekä tehdasvierailulla tehtyjen havainnointien ja haastatteluiden perusteella. Laskelmat kustannusten sekä asetusajojen vaikutuksista tuotantolinjan kapasiteettiin ja optimaaliseen eräkoon esitetään Excel-taulukkoina. Lisäksi tuloksia arvioidaan kirjallisesti.

1.2 Yritysesittely

HKScan Finland Oy kuuluu HKScan -konserniin, jolla on pitkä yli 100 vuotinen historia liha- ja ruokayhtiönä. HKScan Finland Oy toimii Suomessa, joka on yksi yhtiön kotimarkkinoista Ruotsin, Tanskan ja Baltian ohella. Konsernilla on tuotantolaitoksia kotimarkkina-alueella ja vientiä yritys tekee noin 50 eri maahan. Suomessa yhtiön liikevaihto oli vuonna 2017 742 miljoonaa euroa ja henkilöstöä 2 674. (HKScan 2018a.) Yhtiön pääkonttorin lisäksi Suomessa yhtiöllä on 6 tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Vantaalla, Rauhalla, Mikkelissä, Paimiossa, Outokummussa sekä Forssassa (HKScan 2018b). Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluu laajasti erilaisia liha- ja siipikarjatuotteita, valmisruokia sekä lihavalmisteita. (HKScanpro 2018.) HKScanin tunnetuimpia tuotemerkkejä ovat Suomessa HK, Kariniemen sekä Via -tuotemerkit. Yhtiön tavoitteena on tarjota maistuvia tuotteita asiakkaille vastuullisesti, kehittäen eläinten hyvinvointia sekä vähentää koko tuotantoketjussa aiheutuvia ympäristövaikutuksia. (HKScan 2018c.)

1.3 Tutkimusmenetelmä ja työn toteutus

Tämän opinnäytetyön aihetta tutkitaan tapaustutkimuksena, joka on yksi kvalitatiivisen tutkimuksen lajeista. Kvalitatiivisilla eli laadullisilla tutkimuksilla pyritään kuvailemaan elämää mahdollisimman totuudenmukaisesti ja kokonaisvaltaisesti. Tapaustutkimuksessa tarkoituksena on selvittää yksittäistä tapausta tai tapauksia ja niiden suhdetta ympäristöön. Usein tutkittava kohde on prosessi ja aineisto kerätään esimerkiksi havainnointien, haastatteluiden sekä dokumenttien tutkimisen avulla. Tapaustutkimuksessa tavoitellaan yleisimmin ilmiöiden kuvailua. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 134-135, 160-162.)

Tutkimuksen lähtökohtana on määritellä, mitä tutkimuksen avulla pyritään selvittämään. Usein tapaustutkimuksessa käytetään termiä tutkimustehtävä, joka määrittää tutkimuksen tavoitteen. Tutkimustehtävän lisäksi voidaan määrittää alatutkimustehtävät, joiden avulla tutkittavaa aihetta pyritään täsmentämään. Tärkeimpänä vaiheena voidaan pitää johtopäätösten ja analyysien tekoa, joiden avulla pyritään saamaan vastauksia tutkimusongelmaan.

Tutkimustulosten luotettavuutta ja pätevyyttä tulee arvioida. Hirsjärvi ym. mukaan tutkimuksen pätevyys eli validius tarkoittaa, ”mittarin tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata

juuri sitä, mitä on tarkoituskin mitatta” (2009, 231.) Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta on mahdollista selventää lukijalle, kuvailemalla ja selostamalla mahdollisimman tarkasti, miten tutkimus on tehty sekä mitä mahdollisia virheitä tulkinta voi sisältää esimerkiksi olosuhteista johtuen. (Hirsjärvi ym. 2009, 125-126, 221, 231-233.)

Opinnäytetyön tekeminen käynnistyi aloituspalaverilla toimeksiantajan edustajan kanssa. Tapaamisen tarkoituksena oli tarkentaa työn aihe sekä tavoite. Työn aiheeksi tarkennettiin tuotevaihtojen kustannukset sekä tuotevaihtojen vaikutukset hävikin syntymiseen sekä tuotteiden tuoreuteen. Tuotevaihtojen kustannuksia tarkastellaan erityisesti tuotevaihtojen määrän näkökulmasta sekä millaisia vaikutuksia tuotevaihtojen määrän vähentämisellä on kustannussäästöjen lisäksi. Tuotevaihtojen kustannuksiin usein liitetään asetusajat ja niiden lyhentäminen, sillä kustannukset riippuvat pitkälti asetusajan pituudesta. Työssä tarkasteltavalle tuotantolinjalle on tehty asetusajojen lyhentämiprojekti, joten asetusajojen lyhentämisen vaikutukset rajataan tästä työstä pois.

Tutkimusta varten kerättävä aineisto kootaan toimeksiantajalta saaduista henkilökohtaisista tiedonannoista. Saatujen tietojen perusteella tehdään laskelmia ja arvioidaan tutkittavalla tuotantolinjalla tehtävien tuotevaihtojen vaikutuksia. Lisäksi tehdään tehdasvierailu, jonka tarkoituksena on perehtyä tarkemmin tutkimuksessa tarkasteltavan tuotantolinjan valmistusprosessiin sekä miten valmistusta ohjataan tällä hetkellä. Tutkimuksen tiedonkeruumenetelmät perustuvat datan analysointiin, henkilökohtaisiin tiedonantoihin sekä omiin havaintoihin. Näin ollen koko tuotannonohjaus- sekä tuotantoprosessista saadaan mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva, jonka perusteella tutkimuksesta saatavia tuloksia voidaan arvioida mahdollisimman luotettavasti ja totuudenmukaisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa kirjallinen selvitys tuotevaihtojen kustannuksista sekä tuotantoeräköön vaikutuksesta kapasiteetin käyttöasteeseen. Selvitykseen liitetään kustannus- sekä tuotannon kapasiteettiin liittyvät laskelmat, joiden perusteella tehdään selvitys nykytilanteesta. Selvityksen pohjalta esitetään, minkälaisia toimenpiteitä on mahdollista tehdä nykytilan parantamiseksi sekä millaisia vaikutuksia toimenpiteillä olisi.

2 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjaus on osa yrityksen toiminnanohjauksesta, jolla tarkoitetaan laajemmin koko tilaus-toimitusketjun hallintaa. Yrityksen tuotannonohjauksella tarkoitetaan toimintoja, jotka liittyvät yrityksen omien tuotteiden tai palveluiden tuottamiseen. Toiminnanohjauksen tavoitteena on organisoida tilaus-toimitusketjun toimintoja siten, että tuotannolle asetetut tavoitteet toteutuvat. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2016, 139.) Erityisesti tuotantojärjestelmän ominaisuudet vaikuttavat tavoitteiden toteutumiseen ja tuotannonohjauksessa käytettäviin menetelmiin sekä ohjausperiaatteisiin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 405.)

2.1 Tuotannonohjausprosessi

Tuotannonohjausprosessi on vaiheittain etenevä prosessi, joka yleisesti voidaan jakaa kolmelle eri suunnittelun tasolle: kokonais-, karkea-, ja hienosuunnitteluun. Erityisesti suurissa tuotantolaitoksissa suunnittelu on usein jaettu useammalle tasolle, kun pienemmissä tuotantolaitoksissa suunnittelutasoja voi olla vähemmän. Eri tasoille kohdistettavat tehtävät ja sisältö vaihtelevat usein eri yritysten ja eri toimialojen välillä. Prosessin lähtökohtana on kysynnästä saatavilla oleva tieto sekä ennusteet, joita sovelletaan ja tarkennetaan suunnitteluprosessin edetessä. Erityisesti kysynnästä tehtävät ennusteet, jotka perustuvat muun muassa aiemmin toteutuneeseen myyntiin, markkinoilta saatavilla olevaan trendi- tai muuhun tietoon sekä kausivaihteluihin ovat tärkeitä suunnittelun kannalta. Tietojen perusteella kysynnän vaihteluihin on mahdollista reagoida sekä kapasiteettia ja varastotasoa voidaan mukauttaa muuttuviin tarpeisiin. (Martinsuo ym. 2016, 139, 142-143.)

Kokonaissuunnittelu on ylimmän tason suunnittelua, jossa tehdään pidemmän aikajän-teen tuotannon kokonaisvolyymia ja -kapasiteettia sekä eri resurssien tarvetta koskevia päätöksiä. Kokonaissuunnittelusta saatavaa tietoa tarkennetaan karkeasuunnittelussa, jossa suunnittelua tehdään kuukausitasolla. (Haverila ym. 2009, 411-412.)

Karkeasuunnittelussa määritetään kapasiteetin kuormitus sekä miten tuotannon vaatimia resursseja käytetään. Karkeasuunnittelun yksi tärkeimmistä tehtävistä on kapasiteetin ja toimituskyvyn hallinta kysyntää vastaavaksi. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa, jossa tuotteita valmistetaan ennakkoon lopputuotevarastoon, karkeasuunnittelua

tehdään varastosaldojen sekä tilauskannan kehittymisen perusteella. (Haverila ym. 2009, 415-416.)

Hienosuunnittelussa tehdään tarkat tuotantosuunnitelmat, joiden perusteella tuotteet valmistetaan. Suunnittelua tehdään lyhyellä aikajänteellä päivä- ja viikkotasolla. Näin ollen käytettävissä on mahdollisimman ajantasaista tietoa, jotta voitaisiin välttyä muutoksien tekemiseltä tuotantosuunnitelmiin. Tuotantosuunnitelma sisältää valmistettavat tuotantoerät ja niiden valmistumisajankohdan sekä tuotantoresurssien käytön. (Haverila ym. 2009, 417-418.)

Hienosuunnittelussa pyritään suunnittelemaan tuotantojärjestys siten, että tuotannolle asetetut tavoitteet toteutuvat. Usein tavoitteena on korkea tuottavuus sekä toimituskyvyn varmistaminen. Korkeaa tuottavuutta tavoitellaan yhdistämällä tuotantoeriä pidemmiksi sarjoiksi, jolloin erien välillä tehtävää tuotantolinjan asetusten määrää saadaan pienemmäksi. Asetusaikojen sekä asetusten määrän vähentäminen on hienosuunnittelun keskeisenä tavoitteena erityisesti tuotannossa, jossa asetuskustannukset ovat korkeat. (Haverila ym. 2009, 417-418; Martinsuo ym. 2016, 149.)

2.2 Tuotannonohjauksen tavoitteet ja ohjattavuus

Tuotantotoiminnalle tyypillisesti asetettavia tavoitteita ovat kustannustehokkuus, toimituskyky, laatu ja joustavuus (Martinsuo ym. 2016, 139). Tuotantojärjestelmän ominaisuuksien kehittäminen on usein tehokkain keino saavuttaa tuotannolle asetettuja tavoitteita, sillä niillä on merkittävä vaikutus tuotannon tehokkuuteen sekä menetelmiin, joita ohjauksessa käytetään. Tuotannon ohjattavuudella tarkoitetaan tuotantojärjestelmän kykyä reagoida ohjausmuuttujiin. (Haverila ym. 2009, 405.)

Esimerkkejä ohjattavuusominaisuuksista Haverila ym. mukaan: (2009, 405)

- Tuotannon läpäisy aika
- Valmistuserien suuruus
- Kapasiteetin joustavuus tuotantomäärän muutoksille
- Kapasiteetin joustavuus tuotemixin ja tuotetyyppien muutoksille
- Tuotteiden ja tuotevariaatioiden määrä

Ohjattavuusominaisuuksien kehittämisellä on saatu hyviä tuloksia, sillä ohjattavuuden parantuaessa käytettävissä olevia resursseja voidaan hyödyntää tehokkaammin.

Ohjattavuuden parantamiseksi hyödynnettäviä keinoja ovat muun muassa läpäisyaikojen lyhentäminen, tuotannon häiriöiden ja virheiden poistaminen sekä toiminnan itseohjautuvuuden kehittäminen. (Haverila ym. 2009, 405.)

2.3 Varasto-ohjautuvan tuotannon ohjaus

Varasto-ohjautuvalla tuotannolla tarkoitetaan, että tuotteita valmistetaan valmiiksi varastoon. Yleisesti yritykset valmistavat tuotteita varasto-ohjautuvasti, mikäli kysyntä on tasaista ja helposti ennustettavissa, tuotevalikoima ei ole kovin laaja, asiakkaiden vaatima toimitusaika on lyhyempi kuin tuotteiden valmistamiseen kuluva aika tai tuotteilla on pitkä säilyvyys. Varasto-ohjautuvaa tuotantoa ohjataan varastotasojen mukaan, joiden tavoiteltu taso määritetään aikajänteelle, jolla suunnittelua tehdään. Tavoitteena on tehdä tuotantosuunnitelma siten, että varaston kustannukset ovat mahdollisimman pienet sekä toisaalta välttää tuotteiden loppumisen varastosta, jotta vältytään toimituspuutteilta ja toimitusten viivästyksiltä. (Stephen, Chapman, Arnold, Gatewood & Clive 2017, 44.)

Elintarviketeollisuudessa tuotantoa ohjataan usein varasto-ohjautuvasti, jotta pystytään vastaamaan asiakkaiden vaatimiin toimitusaikoihin. Tuottomarginaalit ovat alalla pienet, joten elintarviketuottajat usein keskittyvät isojen erien tuottamiseen, jotta tuotekohtaiset valmistuskustannukset pysyvät mahdollisimman alhaisina. Laajan tuotevalikoiman ja kysynnän epävarmuudesta johtuen usein ylläpidetään suuria varastoja, jotta hyvä toimituskyky voidaan varmistaa. Suurien varastojen ylläpitäminen on haastavaa, sillä merkittävänä riskinä on hävikin syntyminen tuotteiden rajallisen säilyvyyden vuoksi. (Romsdal, Strandhagen & Dreyer 2014, 34.)

3 TUOTANNON KAPASITEETTI JA ERÄKOKOJEN MÄÄRITTÄMINEN

3.1 Kapasiteetin hallinta

Kapasiteetti kuvaa yrityksen kykyä tuottaa palveluita tai tuotteita tietyn ajan kuluessa. Käytettävissä oleva kapasiteetti riippuu yrityksen resursseista kuten koneista, työvoimasta sekä taloudellisista resursseista. Käytettävissä olevaan kapasiteettiin vaikuttaa tuotteiden ominaisuudet, tuotevalikoima, koneet ja laitteet. Kapasiteetin hallinnan tehtävänä on yrityksen tarvitsemien resurssien määrittäminen ja käytettävissä olevien resurssien ohjaaminen sekä seuranta, jotta asetetut tavoitteet toteutuvat. (Stephen ym. 2017, 124-125, 128.)

Usein tuotantoprosessin eri työvaiheiden kapasiteetti vaihtelee. Työvaihetta, jonka kapasiteetti on pienempi kuin muiden työvaiheiden, kutsutaan prosessin pullonkaulaksi. Pullonkaula tarkoittaa, että työvaiheeseen virtaava tuotantopanosa on suurempi kuin työvaiheen lopputulos. Pullonkaulan kapasiteetti määrittää siis koko prosessin kapasiteetin. (Stephen ym. 2017, 156-157.)

Kapasiteetin kuormitusta ja tuotannon tehokkuutta voidaan tarkastella esimerkiksi määrittämällä nettokapasiteetti, valmistuksen läpimenoaika ja käyttöaste. Nettokapasiteetilla tarkoitetaan todellista käytettävissä olevaa kapasiteettia, joka voi vaihdella 50-90 prosentin välillä teoreettisesta maksimikapasiteetista. Valmistuksen läpimenoajalla tarkoitetaan tuotteen valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen kuluvaan aikaan. Käyttöaste kuvaa toteutuneen tuotannon määrää suhteessa kapasiteettiin. (Haverila ym. 2009, 399-401.)

Kapasiteetin käyttöaste (Cachon & Terwiesch 2013, 41):

$$\frac{\text{tuotantomäärä aikayksikössä}}{\text{kapasiteetti aikayksikössä}} \times 100$$

Kaava 1. Kapasiteetin käyttöaste prosentti

3.2 Asetusaika

Asetusajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tuotantolaitteiden valmisteluun eri tuotantoerien valmistamisen välillä. Tuotantoprosessi voi keskeytyä useista syistä, mutta tuotantoerien välillä tehtävät asetukset ovat yksi merkittävimmistä syistä tuotantoprosessin keskeytymiselle. (Cachon & Terwiesch 2013, 114.) Tuotantoprosessin keskeytyminen tarkoittaa tuotannon kuormitusasteen alenemista, sillä tuotannon kapasiteettia kuluu asetusten tekemiseen. Pienien tuotantoerien valmistaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa, mikäli asetusaajat ovat pitkät, koska sitä enemmän kapasiteettia jää käyttämättä. Jos valmistettavia tuotantoeria halutaan pienentää, on lyhennettävä asetusaikoja. (Haverila ym. 2009, 406.)

3.3 Asetuskustannukset

Asetuksiin liitettävät kustannukset liittyvät tuotantoprosessin tuottamattomuuteen. Tuotantolaitteiden ollessa pysähdyksissä niihin sijoitetun pääoman tuotto alenee, sillä laitteiden ollessa pysähdyksissä ne eivät tuota mitään. Myös työntekijöiden työaikaa kuluu asetuksiin, joten mitä enemmän aikaa asetuksiin kuuluu, sitä enemmän työtunteja kuluu tuottamattomaan työhön. Kustannuksia aiheutuu myös hukkaan kuluvasta materiaalista sinä aikana, kun asetuksia testataan tuotevaihdon jälkeen. Lisäksi varaston tarve kasvaa tuotannossa, jossa valmistetaan suuria tuotantoeria pitkistä asetusaajoista johtuen. Näin ollen myös varastoon sitoutuneen pääoma kasvaa. (Bradley 2015, 143-144.)

3.4 Laskentamalleja tuotantoerän määrittämiseksi

Tuotantoerän määrittämisessä voidaan hyödyntää erilaisia laskentakaavoja, joiden avulla eräkkö voidaan laskea käyttäen erilaisia muuttujia. Laskentakaavaa valittaessa on oleellista ottaa huomioon tuotannolle asetetut tavoitteet, jotta laskentamallin soveltuvuutta voidaan arvioida. Tässä kappaleessa esitetään eri laskentakaavoja eräkoon määrittämiseksi, joilla voidaan laskea eräkkö kokonaiskustannusten kannalta, asetusaikojen ja tuotevalikoiman perusteella. Lisäksi esitetään valmistettavan eräkoon vaikutusta kapasiteettiin.

Eräkoon vaikutusta kapasiteettiin voidaan havainnollistaa laskemalla kapasiteetti eräkoon funktiona (Cachon & Terwiesch, 117.):

$$\text{kapasiteetti} = \frac{\text{eräkoko}}{\text{asetusaika} + \text{eräkoko} \times \text{läpimenoaika}}$$

Kaava 2. Tuotannon kapasiteetti eräkoon funktiona

Jossa,

Eräkoko on nimikkeiden määrä, joka valmistetaan yhden tuotantokierroksen aikana

Asetusaika on tuotantolaitteiden valmisteluun kuluva aika ennen seuraavan tuotteen valmistuksen aloittamista

Läpimenoaika on yhden nimikkeen valmistamiseen kuluva aika

(Cachon & Terwiesch, 117.)

Laskentakaavalla asetusaika eli tuottamaton aika jakautuu erässä valmistettävien nimikkeiden kesken. Tuotantokierroksen kokoa kasvattamalla tuotevaihtoon kuluva aika jakautuu useammalle yksikölle, jolloin kapasiteettia voidaan hyödyntää tehokkaammin ja laitteen maksimikapasiteetti on mahdollista saavuttaa. (Cachon & Terwiesch, 117-118.)

3.4.1 EOQ-taloudellisen tilauseräkoon kaava

Tunnetuimpia taloudellisen eräkoon laskentakaavoja on EOQ- kaava, jonka on kehittänyt Ford W. Harris vuonna 1913 (Erlenkotter 2013, 12) Kaavan avulla tilauserän kokoa voidaan optimoida tilaus- ja varastointikustannusten suhteen. Jotta laskentamallia voidaan hyödyntää käytännössä, on tehtävä seuraavia oletuksia:

1. Nimikkeen kysyntä on tasaista
2. Nimikettä valmistetaan tai tilataan erissä
3. Nimikkeen tilaus- ja varastointikustannukset ovat jatkuvia ja määriteltäviä
4. Täydennyserä toimitetaan kerralla

(Stephen ym. 2017, 258)

EOQ -kaava (Stephen ym. 2017, 260-262):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{ic}}$$

Kaava 3. EOQ-kaava

Jossa,

EOQ on taloudellinen eräkoko

A on tuotteen vuotuinen kysyntä

S on tuotteen tilauskustannukset tai asetuskustannukset

i on tuotteen varastointikustannukset

c on tuotteen yksikkökustannukset

EOQ-kaavaa voidaan käyttää myös valmistuserän määrittämiseen, jolloin tilauskustannukset korvataan asetuskustannuksilla ja yksikkökustannuksen määrittää tuotteen valmistuskustannus. (Stephen ym. 2017, 262)

EOQ-kaavalle tehdyn herkkyyksianalyysin avulla voidaan tarkastella miten kysynnän, tilaus- tai asetuskustannusten ja varastointikustannusten muuttuminen vaikuttaa EOQ – kaavasta saatavaan arvoon. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 339)

	Muutos	EOQ
Kysyntä (D)	↑	↑
Tilaus- tai asetuskustannukset (S)	↓	↓
Varastointikustannukset (i)	↓	↑

Taulukko 1. EOQ-kaavan herkkyyksianalyysi mukailen Krajewski ym. 2013, 339.

Analyysi osoittaa, että kysynnän lisääntyessä myös EOQ kasvaa. EOQ kasvaa myös varastointikustannusten laskiessa, sillä pienempien varastointikustannuksien vuoksi voidaan perustella suurempia eräkokoja. Tilaus- tai asetuskustannusten laskiessa myös EOQ pienenee. Tämä selittää, miksi usein tavoitteena on pienentää tilaus- ja asetuskustannuksia. (Krajewski ym. 2013, 339.)

3.4.2 ELS-taloudellisen valmistuseräkoon kaava

Monissa tilanteissa EOQ-kaava ei sovellu käytettäväksi olettamuksien vuoksi, joita tarvitsee tehdä kaavaa käytettäessä. EOQ-kaavasta johdetun taloudellisen eräkoon kaavaa ELS (economic lot size) voidaan hyödyntää tilanteessa, jossa erää ei vastaanoteta yhdellä kertaa. Käytännössä tämä tarkoittaa tilannetta, jossa valmiita tuotteita voidaan käyttää ennen kuin koko erä on valmistettu. Kaavassa käytettävää aikayksikköä voidaan muuttaa edellyttäen, että kysyntä ja kapasiteetti ilmaistaan samassa aikayksikössä. (Stephen ym. 2017, 263; Krajewski ym. 2013, 365-366)

ELS-taloudellinen valmistuseräkkö (Krajewski ym. 2013, 366):

$$ELS = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}}$$

Kaava 4. ELS-kaava

Jossa,

ELS on taloudellinen valmistuseräkkö

D on tuotteen vuotuinen kysyntä

S on asetuskustannus

H on varastointikustannus vuodessa per yksikkö

p on tuotannon kapasiteetti/päivä

d on tuotteen kysyntä yksikköä/päivä

EOQ – laskentamalleja on aina arvosteltu, vaikka laskentamallit ovat tunnetuimpia ja yleisesti käytettyjä varaston hallinnan työkaluja. Laskentamalliin on suhtauduttu kriittisesti muuan muassa sen takia, että mallia varten tehtävä olettamukset ovat yksinkertaistettuja. Todelliset varastointikustannukset eivät ilmene laskentakaavassa eikä varastointikustannusten minimointi ole aina tarkoituksenmukaista varaston hallinnan näkökulmasta. Lisäksi malli ei ota huomioon tilauskustannusten pienentymistä, mikä usein tapahtuu eräkköiden kasvaessa. Olennaista laskentamallia sovellettaessa on huomioida,

onko siitä saatavat tulokset soveltuvia yrityksen tavoitteita ja tuotteen luonnetta ajatellen. Teollisuuden aloilla, joilla asiakkaat vaativat nopean toimituksen, yritysten on varastoitava tuotteita voidakseen vastata asiakkaiden vaatimuksiin. Tällöin varastointikustannusten vähentäminen ei ole yrityksen kannalta olennaisin tavoite. Jos yritys keskittyy varastointikustannusten minimointiin, on yrityksen kannalta olennaisinta keskittyä pienempiin eräkokoihin ja säännöllisempään tilausrytmiin. (Slack, Brandon-Jones & Johnston 2016, 449.)

3.4.3 Tuotantoeräkoon määrittäminen asetusaikojen mukaan

Olennaista eräkoon määrittämisessä on huomioida eräkoon vaikutus kapasiteettiin ja varastotasoon, kun eräko määritetään asetusaikojen perusteella. Jos asetus tehdään pullonkaulassa, asetus vaikuttaa koko prosessin läpimenoon, joten on kannattavampaa valmistaa isompia eriä. Jos asetus tehdään pullonkaulan jälkeen, se ei vaikuta prosessin läpimenoon. Tällöin on kannattavampaa pienentää eräkoja, jolloin varastaso pienenee ja läpimenoaika lyhenee. (Cachon & Terwiesch, 121.)

Eräko asetusaikojen mukaan (Cachon & Terwiesch 2013, 122):

$$\frac{\textit{kapasiteetti} * \textit{asetusaika}}{1 - \textit{kapasiteetti} * \textit{löpimenoaika}}$$

Kaava 5. Valmistuserän koko asetusaikojen mukaan

Jossa,

Kapasiteetti on tuotantoyksikköä per aikayksikkö

Asetusaika on tuotevaihtoon kuluva aika

Löpimenoaika on yhden tuotantoyksikön valmistamiseen kuluva aika

3.4.4 Tuotantoerän optimointi ja aikataulutus elintarviketeollisuudessa

Tehokas tuotannosuunnittelu ja tuotannon aikatauluttaminen on yksi haastavimmista tehtävistä yrityksille. Elintarviketeollisuudessa tuotannosuunnitteluun haasteita tuo lisäksi elintarvikemarkkinoiden luonne, tuotteille asetetut erilaiset laatu- ja

turvallisuusvaatimukset sekä tuotteiden rajallinen säilyvyys. (Claassen, Gerdessen, Hendrix & Van der Vorst 2016, 148.) ELSP (economic lot sizing problem) laskentamallin avulla voidaan määrittää optimaalisen eräkoon lisäksi tuotantoerien järjestys minimoiden asetusajoja ja kustannuksia (Guerfi 2009). Perinteinen ELSP-malli ei kuitenkaan ota huomioon tuotteiden rajallista säilyvyyttä. Aiheesta on tehty tutkimuksia, jotka pyrkivät soveltamaan ELSP-mallia pilaantuville tuotteille. Esimerkiksi M. Yao ja J. X. Huang pyrkivät huomioimaan rajallisen säilyvyyden tutkimuksessaan, jossa mallinnettiin ELSP pilaantuville tuotteille käyttäen matemaattisia algoritmeja. Vaikka aiheesta on tehty useita tutkimuksia, on todistettu, että ELSP on NP-kova, joka tarkoittaa, että aikataulutuskongelma on erittäin vaativaa ratkaista jopa tietokoneohjelmistojen avulla. Yao ja Huang esittävät tutkimuksessaan, että ELSP -mallin käyttö perustuu käytettävyyden arviointiin tavoitellen kohtuullisen hyviä tuloksia. (Yao & Huang 2004, 309-310.)

Lean -toiminnanohjausfilosofia ja asetusajojen lyhentäminen

Lean -toiminnanohjausfilosofian ydinajatuksena on tuotannon virtaviivaistaminen. Tällä tarkoitetaan sitä, että tuotantoprosessin tulisi edetä häiriöttä ja tuottaa laadukkaita tuotteita juuri oikea määrä oikeaan aikaan, käyttäen mahdollisimman tehokkaasti resursseja. Tavoite on, että hukkaa syntyy mahdollisimman vähän tuotantoprosessin aikana. Yksi filosofiaan kuuluvista metodeista on asetusajojen lyhentäminen, joka on tehokas keino prosessin joustavuuden lisäämisessä. (Slack ym. 2016, 499, 515.) Metodista käytetään lyhennettä SMED (single minute exchange of die). Menetelmän lähtökohtana on, että vaihto aika ei saisi ylittää kymmentä minuuttia, mutta oleellisinta on löytää tehokkaita keinoja, joilla asetusajoja voidaan lyhentää. Tarkoituksena on tarkastella kaikki vaiheet, joita asetusajan aikana tehdään. Tarkastelun perusteella vaiheet jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin tehtäviin. Sisäisillä tehtävillä tarkoitetaan tehtäviä, joita ei voida tehdä muulloin kuin tuotantokoneen ollessa pysähdyksissä. Ulkoisiin tehtäviin kuuluu tehtävät, jotka voidaan tehdä jo tuotantokoneen ollessa vielä käynnissä. Asetusajan tehtävien työvaiheiden tarkastelun tarkoituksena on löytää ne työvaiheet, joita voidaan kehittää asetusajan lyhentämiseksi. (Cachon & Terwiesch 2013, 126.)

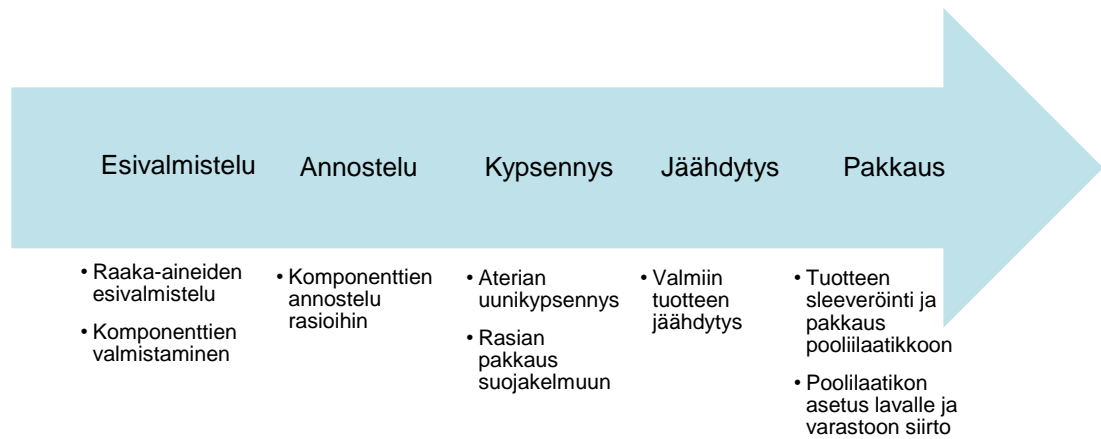
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia tuotevaihtojen kustannuksia nykyisten vaihtoaikojen puitteissa, sillä vaihtoaikojen lyhentämisen mahdollisuus on rajattu tästä työstä pois. Kuitenkaan tuotevaihtoihin käytettävää aikaa ei voida täysin jättää huomioimatta, koska tuotevaihtojen kustannukset riippuvat tuotevaihtoihin käytettävästä ajasta. Työssä

tarkastellaan tuotevaihtoihin kuluvaan aikaan tuotevaihtojen määrän kannalta. Tuotevaihtojen määrää vähentämällä voidaan vaikuttaa kokonaisuudessa tuotevaihtoihin kuluvaan aikaan, joka tutkimuksessa tehtävien laskelmien lähtökohtana.

4 UUNIMIKROLINJAN TUOTANNONOHJAUS HKSCAN FINLAND OY:SSA

4.1 Valmistusprosessi

Opinnäytetyössä tarkasteltavan tuotantolinjan valmistettavien tuotteiden valmistusprosessi koostuu viidestä eri vaiheesta:



Kuvio 1. Valmistusprosessin vaiheet

Tuotantoprosessi alkaa raaka-aineiden ja mausteiden punnitsemisella sekä mittaamisella. Tämän jälkeen valmistettavan tuotteen raaka-aineet esivalmistellaan ja komponentit, kuten muusit ja kastikkeet, valmistetaan. Esivalmistelun jälkeen tuotteiden valmistus jatkuu tuotantolinjalla, jossa tuotteet siirtyvät kuljettimilla valmistusprosessin vaiheesta toiseen. Linjan alkupäässä komponentit annostellaan rasioihin valmiiksi aterioksi. Annostelun jälkeen ateriat kypsennetään uunissa, jonka jälkeen ne jäähdytetään. Jäähdytyksen jälkeen valmiit tuotteet sleeveröidään, joka tarkoittaa tuoteselosteen sisältävän pahvikotelon lisäämistä rasian ympärille. Tämän jälkeen tuotteet pakataan myyntipakkauksissaan poolilaatikoihin, jotka kuljetetaan kuormalavoilla varastoon keräiltäviksi.

4.2 Tuotevaihdot

Uunimikrolinjalla tehtävillä tuotevaihoilla tarkoitetaan annosteluvaiheessa tehtäviä allergeeni- ja välipesuja. Tuotantolinjalla olevat annostelijat säätelevät tuotteisiin tarvittavan määrän komponentteja. Tuotevaihtoon kuluvan ajan määrittää annostelijoiden pesuun kuluva aika. Annostelijat tulee pestä ennen uuden tuotantoerän valmistuksen aloittamista.

Allergeeneja kuten maitoproteiinia, gluteenia, kalaa, soijaproteiinia tai sinappia sisältävien tuotteiden valmistuksen jälkeen annostelijoihin täytyy tehdä erillinen allergeenipesu. Pesulla varmistetaan, ettei allergeeneja joudu muihin tuotteisiin tuoteturvallisuuden takaamiseksi. Allergeenipesuun sisältyy vasteaika, joka koostuu pesijän kutsumisesta pesijän saapumiseen tuotantolinjalle. Vasteaika voi vaihdella ja sen vaikutus on merkittävä pesuun kuluvaan kokonaisaikaan.

Välipesu tehdään samoja allergeeneja tai allergeenittomien tuotteiden valmistuksen välissä. Välipesu on huomattavasti nopeampi tehdä kuin allergeenipesu, koska välipesuun ei tarvita erillistä pesijää eikä erityisiä pesuaineita. Muissa työvaiheissa tuotevaihtoihin liittyvät tehtävät eivät vaikuta tuotevaihtoon kuluvaan aikaan eikä näin ollen myöskään tuotantolinjan kapasiteettiin. Nämä tehtävät ennakoidaan siten, että seuraavan tuotteen komponentit ovat valmiita annosteltavaksi, kun edellisen erän valmistus on päättynyt.

4.3 Valmistuksen ohjaus

Tuotantolinjan yksityiskohtainen valmistusohjelma tehdään viikoittain yhdeksi viikoksi eteenpäin. Valmistusohjelma sisältää päiväkohtaisesti valmistettavat tuotteet ja valmistusmäärät. Tuotannonsuunnittelu tehdään toiminnanohjausjärjestelmässä, johon päivitetty kysynnän suunnittelijoiden tekemät ennusteet tuotteiden kysynnästä. Tuotannonsuunnittelu pohjautuu saatuun ennustetietoon sekä tilauskantaan.

Toimitusaika asiakkaille on pääsääntöisesti kaksi työpäivää tilauksesta, joten tuotantoa suunnitellaan varasto-ohjautuvasti lyhyen toimitusajan takaamiseksi. Raaka-aine tilaukset tehdään valmistusohjelman pohjalta. Raaka-aineita esivalmistellaan 1-2 päivää ennen tuotteiden valmistusta, joten valmistusohjelmaan ei voi tehdä muutoksia valmistusta edeltävinä päivinä.

4.3.1 Tuotannon ohjauksen periaatteet

Tuotannon ohjauksen tavoitteena on varmistaa tuotteiden saatavuus sekä välttää hävikin syntyminen. Tuotanto-ohjelman päiväkohtaista suunnittelua määrittävät eri tuotteiden raaka-aineiden sisältämät allergeenit. Allergeenipesu vaikuttaa tuotevaihtoon kuluvaan aikaan merkittävästi, joten samoja allergeeneja sisältävien tuotteiden valmistus on järkevintä suunnitella samalle päivälle. Suunnittelun lähtökohtana on minimoida tuotevaihtojen määrä, mikäli tuotteiden riitot eli varastotasot suhteessa tilauskantaan sekä ennusteisiin ovat hyvällä tasolla. Jos riitot ovat alhaiset, suunnittelun ensisijaisena tavoitteena on varmistaa tuotteiden saatavuus. Tämän johdosta tuotevaihtoja tehdään enemmän kaikkien tarvittavien tuotteiden saatavuuden varmistamiseksi.

Käsiannostelua vaativat tuotteet suunnitellaan valmistettavaksi samana tuotantopäivänä. Käsin annosteltavien tuotteiden valmistuksessa tarvitaan lisätyövoimaa. Tällöin tehokkainta työohjauksen kannalta on, että työntekijä tekee annostelua koko työvuoronsa ajan.

4.3.2 Tuotannon ohjauksen rajoitteet ja haasteet

Valmistuksen ohjauksen rajoittavin tekijä on tuotteiden säilyvyys. Tuotteiden säilyvyys vaihtelee hieman tuotteesta riippuen. Rajallisesta säilyvyydestä johtuen tuotteet ovat herkkiä kysynnän vaihteluille. Mikäli päiväkohtaiset ennusteet eivät toteudu tuotteiden valmistuksen ajankohtaa sekä tuotantomäärää voidaan joutua muuttamaan.

Suurimmalla osalla tuotteista on pääosin tasainen menekki eikä hävikkiä käytännössä synny. Hävikki aiheutuu suurimmaksi osaksi niistä tuotteista, joilla on lyhyempi säilyvyys. Näitä tuotteita tarvitsee valmistaa useammin, jotta tuotteiden varaston kierto voidaan varmistaa.

Tuotannonohjauksen haasteita aiheuttavat myös koneiden häiriöt. Tämän vuoksi suunnitellut tuotantomäärät eivät aina toteudu. Tästä aiheutuu tuotanto-ohjelmien uudelleen suunnittelua. Tuotantoon jo varattujen raaka-aineiden kannalta uudelleen suunnittelu ei ole aina yksinkertaista hävikin kannalta.

Tuotannon joustavuutta lisää tuotteet, joiden valmistusta voidaan siirtää, vaikka esivalmistelut olisivat jo tehty. Joustavuutta tuo myös tilanteet, joissa seuraavan päivän

tuotantoa voidaan valmistaa jo kuluvana päivänä. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi se, että kuluvan päivän tuotanto saadaan valmiiksi etuajassa. Tuotannonsuunnittelija vahvistaa tuotteet, joita voidaan valmistaa etukäteen.

5 TUOTEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET JA KUSTANNUSVAIKUTUKSET

5.1 Tuotevaihtojen kustannukset

Tutkittavan tuotantolinjan tuotevaihtojen kustannukset määritettiin tuotevaihdon aikana kertyvien työvoimakustannusten perusteella. Laskennan lähtökohtana oli tuotevaihtoihin kulunut aika, joka perusteella laskettiin työvoiman hinta tuotevaihtoihin kuluvana aikana. Kustannuslaskennan tarkastelujakso oli 1.1-22.10.2018. Laskenta tehtiin tänä aikana tehtyjen tuotevaihtojen määrän sekä kyseisenä ajanjaksona yhteen tuotevaihtoon keskimäärin kuluneen ajan perusteella. Kustannuksia arvioitiin vuositasolla.

Tarkastelujaksolla tehtyjen tuotevaihtojen määrän perusteella laskettiin keskimääräinen tuotevaihtojen määrä kuukausitasolla. Tämän pohjalta arvioitiin laskennallinen tuotevaihtojen määrä vuositasolla.

Tuotevaihtojen määrän vaikutusta tuotantolinjan käytettävissä olevaan kapasiteettiin havainnollistettiin laskemalla, kuinka paljon kapasiteettia vapautuisi, mikäli tuotevaihtoja saataisiin vuositasolla vähennettyä kaksikymmentä prosenttia nykyisestä tasosta. Laskennassa käytettiin laskennallista tuotevaihtojen määrää vuositasolla ja tuotevaihtoon keskimääräisesti kuluva aika.

Vapautuneen kapasiteetin myötä voitaisiin ajatella, että tuotantolinjalla teetettävien ylitöiden määrää voitaisiin vähentää. Tuotantolinjalla tehtyjen ylitöiden kustannuksista tehtiin laskelma, jotta voitaisiin arvioida, kuinka paljon ylitöiden vähentymisen myötä saataisiin säästöjä työvoimakustannuksissa. Laskelma tehtiin tehtyjen ylitöiden perusteella ajanjaksolla 1.1-31.11.2018. Ylitöiden kustannukset laskettiin keskituntiansion ja tehtyjen ylityötuntien perusteella.

5.2 Eräkoon vaikutus uunimikrolinjan kapasiteettiin asetustajan muuttuessa

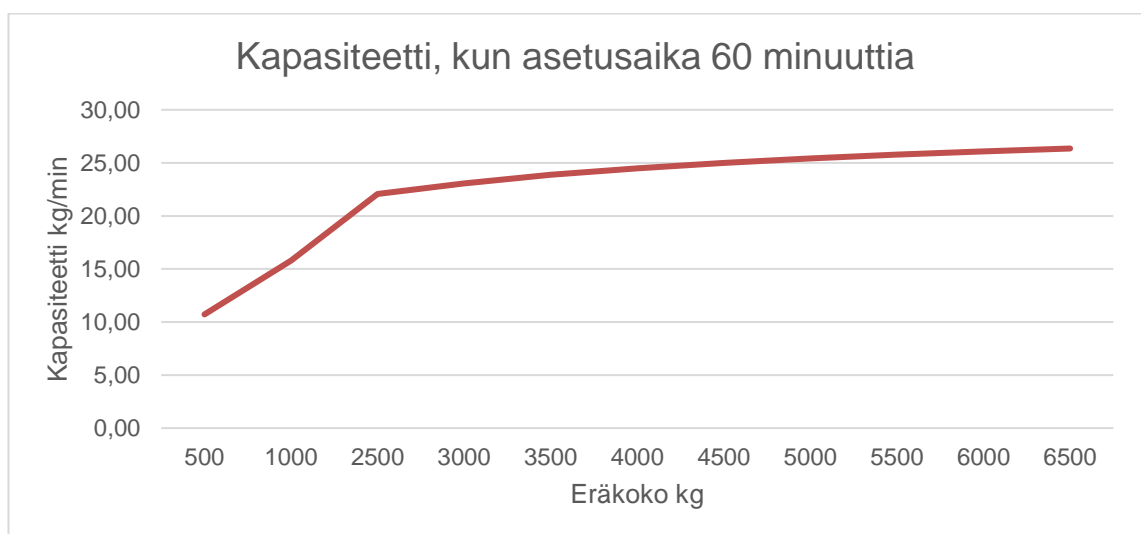
Uunimikrolinjan tuotevaihtojen vaikutuksia havainnollistettiin laskemalla kapasiteetti eräkoon funktiona. Luvussa 3 esitettyjä taloudellisen valmistuseräkoon kaavoja EOQ-

kaavaa sekä ELS-kaavaa olisi ollut haasteellista soveltaa työssä tutkittavalle tuotantolinjalle, koska tuotteiden säilyvyys on rajallinen, jota laskentamallit eivät ota huomioon. Esimerkiksi Haverila ym. esittävät, että EOQ-kaava antaa 2-4 kertaa liian suuret arvot toiminnan tehokkuuden kannalta (2009, 456.) Tuotantolinjalla valmistettavien tuotteiden lyhyen myyntiajan vuoksi, eräkoon kaavoja ei sovellettu tässä työssä.

Tutkimalla tuotantolinjan kapasiteettia eräkoon funktiona selvitettiin, kuinka paljon asetusajalla voidaan vaikuttaa käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Kuvissa 1 ja 2 näkyvät arvot eivät ole todellisia.



Kuva 1. Eräkoon vaikutus kapasiteettiin, kun asetus aika on 30 minuuttia.



Kuva 2. Eräkoon vaikutus kapasiteettiin, kun asetus aika on 60 minuuttia.

Kapasiteetin lähtöarvona käytettiin 30 kiloa minuutissa. Kuvien perusteella voidaan todeta, että pienempiä eriä valmistettaessa tuotantolinjan kapasiteetti on selkeästi alhaisempi ja asetusajan vaikutus korostuu, mitä pidempi aika tuotevaihtoihin kuluu. On kuitenkin huomioitava, että tuotantolinjan kapasiteetti ei voi nousta linjan maksimikapasiteettia korkeammaksi. Mitä suurempia eriä valmistetaan, sitä pienemmäksi asetusajan merkitys muuttuu ja vaikuttaa tuotantolinjan käytettävissä olevaan kapasiteettiin.

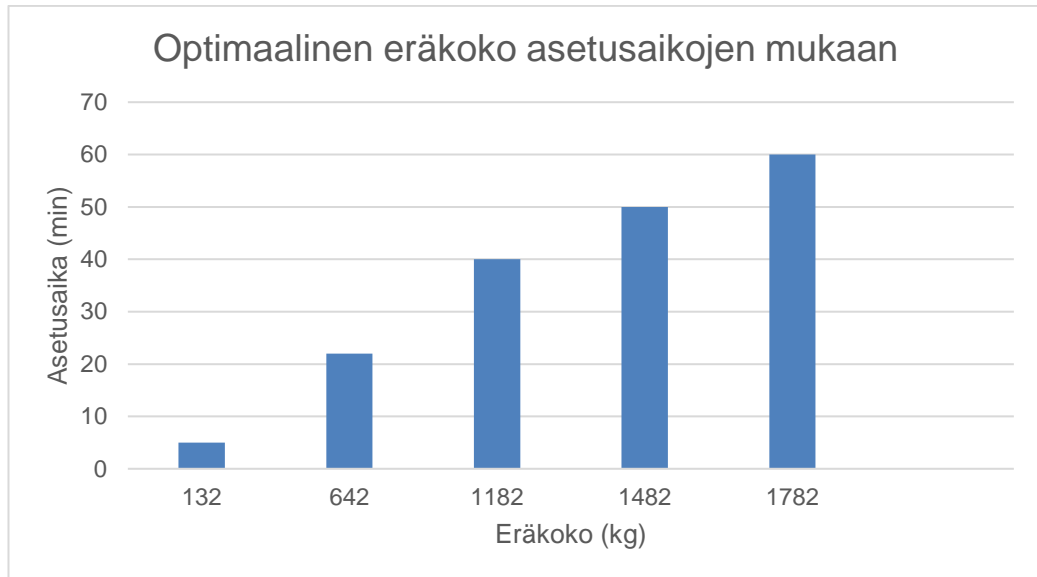
Kaavioiden perusteella voitiin laskea, että 30 minuutin asetusajalla 500 kilon suuruisen tuotantoerän valmistamiseen kuluu aikaa noin 45 minuuttia, sillä laskennallinen tuotantolinjan kapasiteetti on 500 kilon tuotantoerällä noin 10 kiloa minuutissa. Suurempia eriä valmistettaessa samalla asetusajalla saman suuruisen kilomäärän valmistamiseen kuluu 20 minuuttia, koska laskennallinen kapasiteetti nousee 25 kiloon minuutissa asetusajan jakautuessa suuremman tuotantoerän kesken.

5.2.1 Aetusajan vaikutus kapasiteetin käyttöasteeseen

Tuotevaihtoihin kuluvan ajan vaikutusta tuotantolinjan kapasiteetin käyttöasteeseen laskettiin myös käyttämällä kapasiteetti eräkoon funktiona -kaavaa. Eräkokona käytettiin tuotantolinjan keskimääräistä kapasiteettia yhtenä tuotantopäivänä. Laskentataulukko (liite 4) havainnollistaa, millainen vaikutus tuotevaihoilla kuluvalle ajalle on kapasiteetin käyttöasteeseen.

5.3 Erä koko asetusaikojen mukaan

Luvussa 3 esitetyn eräkoon laskentakaavan avulla laskettiin optimaalinen erä koko, asetusajat sekä tuotantolinjan kapasiteetti huomioiden. Laskenta havainnollistaa asetusajan vaikutusta optimaaliseen tuotantoerään, kun kapasiteetti on 30 kg minuutissa.



Kuva 3. Laskennallinen eräko koko asetusaikan mukaan

Kaavion perusteella voidaan todentaa kapasiteetin kannalta pienien erien valmistamisen kannattamattomuutta, mitä kauemmin tuotevaihtoihin kuuluu aikaa.

5.4 Hävikin kustannukset

Hävikin kertyminen on olennaista ottaa huomioon, mikäli tuotantomääriä nostettaisiin tuotevaihtojen määrän vähentämisen myötä. Hävikkiä voisi ajatella syntyvän herkemmin, mitä suurempia tuotantoeriä valmistetaan rajallisen säilyvyyden vuoksi. Kuitenkin tuotantomääriä voidaan nostaa kysynnän ennusteiden puitteissa, sillä tuotteita ei ole kannattavaa valmistaa yli ennusteiden. Tarkkaa laskelmaa hävikin syntyminen todennäköisyydestä tai sen kustannuksista on haastavaa tehdä. Yksinkertaisella laskelmalla havainnollistettiin hävikin kustannuksia, mikäli hävikin määrä pysyisi samalla tasolla tai nousisi nykyisestä tasosta tuotantomäärien noustaessa. Hävikin kustannuksien arvioimiseksi laskettiin hävikin keskimääräinen kustannus tuotantolinjalla valmistetuista tuotteista sekä tuotantolinjalla kertynyt hävikki prosentuaalisesti tuotantolinjalla valmistetuista kiloista kuukausitasolla.

Kertyneen hävikin perusteella taulukoitiin mahdollisia hävikin kustannuksia, mikäli tuotantomäärät nousisivat ja hävikin osuus tuotetuista kiloista pysyisi samalla tasolla. Laskentataulukon perusteella (liite 3) voidaan todeta, että mikäli hävikin kustannukset nousisivat xx prosenttiin tuotetuista kiloista, hävikin kustannukset muodostuvat yhtä suuriksi

kuin tuotevaihtojen määrän vähentymisen myötä saatu kustannushyöty. Voidaan kuitenkin olettaa, että tuotantomääriä pystyttäisiin nostamaan ilman huomattavaa riskiä hävikin määrän nousemisesta, koska tuotantolinjan lisäkapasiteetille on tarve.

5.5 Tuoreus

Tuotevaihtojen määrän vaikutuksia asiakaslupauksiin arvioitiin tarkastelemalla kahdella eri ajanjaksoilla toimitettujen tuotteiden päiväyksiä. Tiedot kerättiin tuoreudesta tehtyjen raporttien perusteella. Tarkasteluun valittiin vuoden 2018 helmi-maaliskuu ja syys-lokakuu. Jaksot valittiin, koska tuotantolinjan ohjausta oltiin muutettu syksyllä alkuvuoteen verrattuna niin, että tuotevaihtojen määrää pyrittiin vähentämään valmistamalla selkeästi suurempia tuotantoeriä aikaisempaan verrattuna. Tarkoituksena oli vertailla, näkyikö tämä muutos tuoreusraporteissa (liite 7).

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa arvioidaan työssä tehtyjen laskelmien tuloksia. Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää tuotevaihtoista aiheutuvia kustannuksia sekä millaisia vaikutuksia tuotevaihtojen määrän vähentämisellä olisi. Tuotevaihtojen määrän vähentäminen tarkoittaisi suurempien tuotantoerien valmistamista. Tuotantoerän suuruus voi vaikuttaa hävikin syntymiseen sekä asiakaslupausten toteutumiseen, joten siksi tavoitteena oli myös tarkastella hävikin kustannuksia sekä asiakaslupausten toteutumista.

Tutkimuksen teki haasteelliseksi tuotantolinjalla valmistettavien tuotteiden rajallinen säilyvyys. Tästä johtuen työssä oli haasteellista soveltaa aiheeseen liittyvää teoriaa ja laskentamalleja. Työssä keskityttiin tutkimaan kustannuksia useiden eri laskelmien kautta, jotta tuotevaihtojen vaikutuksia kustannusten ja tuotannon tehokkuuden kannalta voitaisiin tarkastella mahdollisimman laajasti. Tutkimustuloksia voidaan pitää asetettujen tavoitteiden mukaisina. Toimeksiantajalta saadun palautteen perusteella voidaan todeta, että tehty selvitys on hyödyllinen.

Tehtyjen laskelmien perusteella voidaan todeta, että tällä hetkellä tutkimuksen kohteena olleella tuotantolinjalla tehtävät tuotevaihdot vaikuttavat merkittävästi tuotantolinjan käytävissä olevaan kapasiteettiin. Tuotevaihtojen määrän vähentymisen myötä tuotantolinjalle saataisiin merkittävästi lisää ajoaikaa, jonka johdosta tuotantolinjalla tehtävien ylitöntuntien määrää ja ylitöistä aiheutuvia työvoimakustannuksia voitaisiin vähentää.

Tuotevaihtojen vähentäminen kahdellakymmenellä prosentilla voidaan pitää realistisena tavoitteena. Jotta tavoitteeseen päästäisiin tuotevaihtojen määrä tulisi seurata systemaattisesti ja määrittää tuotekohtaisesti tavoite valmistuskertojen lukumäärälle viikon aikana. Tehokkainta olisi, jos niiden tuotteiden valmistuskerrat saataisiin minimoitua, joiden valmistamisen jälkeen vaaditaan allergeenipesu. Allergeenipesuihin kuluva aika on huomattavasti pidempi verrattuna muihin tuotevaihtoihin sekä pesuun kuluva aika voi vaihdella huomattavasti.

Tuotevaihtojen määrään ja kustannuksiin vaikuttaa selkeästi pienimennekkisten tuotteiden valmistus sekä niiden tuotteiden valmistus, joilla on lyhyempi säilyvyys. Lyhyemmästä säilyvyydestä johtuen tuotteita joudutaan valmistamaan useammin, joka tarkoittaa tuotevaihtojen määrän kasvua. Hävikkiraportin perusteella, voidaan todeta, että kyseisiä tuotteita joudutaan myös useimmin hävittämään. Tuotevaihtojen määrän optimoinnin

sekä kustannusten säästämisen kannalta näiden tuotteiden valmistamisen lopettaminen olisi tehokas toimenpide. Toisaalta, asiakassuhteiden kannalta tuotteiden lopettamispäätöksiä ei ole aina yksinkertaista tehdä.

Tulosten perusteella voidaan todentaa, että tuotannon tehokkuuden kannalta suurien erien valmistaminen on kannattavinta. Kuitenkin elintarvikkeiden valmistuksessa tuotantoeräkoko rajoittaa tuotteiden rajallinen säilyvyys, jolloin tuotannon suunnittelua on tehtävä kysynnän ennusteiden ehdoilla. Laskelman perusteella havainnollistettiin tilanne, hävikin mahdollisista kustannuksista, mikäli tuotantomääriä nostettaisiin vapautuneen kapasiteetin myötä. Lisäksi on tärkeää ottaa huomioon, ettei tuotteita ole kannattavaa valmistaa yli ennusteiden, joten tuotevaihtojen vaikutusta hävikkiin on vaikea arvioida.

Kustannusten kannalta voidaan arvioida, kannattaisiko tuotevaihtojen määrää vähentää tiedostaen riski hävikin syntymisestä. Kustannusten kannalta mahdollisen hävikin muodostuminen on merkittävä. Mikäli pieni riski tarkoittaisi muutamien satojen kilojen suurista hävikkiä, voitaisiin ajatella, että tuotevaihtojen määrän vähentymisen tuomien hyötyjen kannalta se olisi vähäinen. On kuitenkin tärkeää ottaa huomioon riski hävikin syntymisestä myös yrityksen toimintaperiaatteiden kannalta. Eettisyyden ja ympäristön huomioon ottamisen kannalta, tietoinen riski hävikin syntymisestä ei ole yrityksen maineen kannalta suotuisin vaihtoehto.

Tuoreusraporttien vertailusta saatua tietoa, voidaan pitää asiakastyytyvyyden arvioinnin kannalta tärkeänä. On selvää, että lyhyempi myyntiaika vaikuttaa asiakastyytyvyyseen, etenkin mikäli asiakas joutuu sen vuoksi itse hävittämään tuotteita. Huonontuneen asiakastyytyvyyden seurauksena asiakassuhteen jatkuminen voi vaarantua. Tämä on olennaista ottaa huomioon tuotevaihtojen vähentämisestä aiheutuvia seurauksia ja niiden kustannuksia arvioitaessa.

7 TULOSTEN ARVIOINTI

Työn tulosten sekä johtopäätösten arvioinnissa tulee ottaa huomioon laskelmien virhemahdollisuudet. Työssä tehdyt laskelmat perustuvat keskiarvoihin eivätkä näin ollen kuvaa täysin todellisia arvoja. Työssä käytetyistä laskentakaavoista saadut tulokset ovat laskennallisia ja niiden antamat arvot ottavat huomioon vain kaavassa käytetyt muuttujat.

Todellisuudessa tuotevaihdot vaikuttavat tuotantolinjan käytettävissä olevaan kapasiteettiin huomattavasti enemmän kuin laskennallisesti. Käytännössä on testattu, että mikäli tuotantolinjalla valmistetaan yhtä tuotetta, kapasiteetti nousee huomattavasti korkeammaksi keskimääräiseen kapasiteettiin verrattuna.

On otettava huomioon, että hävikin kustannuksiin sekä tuotteiden tuoreuteen vaikuttaa esimerkiksi kysynnän ennusteiden tarkkuus. Tuotteiden rajallisen säilyvyyden vuoksi, tuotteet ovat erityisesti herkkiä päiväkohtaisten ennusteiden toteutumiselle. Näin ollen hävikin mahdollisia kustannuksia sekä tuoreusraportista tehdyn vertailun tuloksia tarkasteltaessa täytyy ottaa huomioon, että päiväkohtaisten ennusteiden toteutuminen vaikuttaa myös saatuihin tuloksiin.

Työssä otettiin huomioon tuotevaihtoihin liittyviin kustannuksiin ainoastaan työvoimakustannukset. Todellisuudessa tuotevaihtoihin liittyy muitakin kustannuksia. Kustannuksia aiheutuu materiaalihävikistä, kun tuotantolaitteita testataan vaihdon jälkeen uuden tuotantoerän valmistamista varten. Työssä tutkitun tuotantolinjan kohdalla myös allergeenipesuista tulee lisäkustannuksia, sillä ne suoritetaan alihankintana. Merkittävä kustannus, jota ei työssä määritetty, on käyttämättä jääneen kapasiteetin kustannus. Mikäli muut tuotevaihtoihin liittyvät kustannukset otettaisiin huomioon työvoimakustannusten lisäksi, voitaisiin todentaa paremmin, kuinka paljon pienien tuotantoerien valmistuskustannukset nousevat suhteessa suurempien tuotantoerien valmistuskustannuksiin.

Tutkimuksessa tehtyjen laskelmien ja niistä tehtyjen johtopäätösten perusteella voidaan arvioida tuotevaihtojen kustannusten ja vaikutusten merkitystä kokonaisuuden kannalta. Saatujen tuloksien perusteella voidaan todentaa ja havainnollistaa, miten suuri vaikutus asetusojoilla on käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Tuloksia voidaan mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa pienimennekkisten tuotteiden valmistamisen kannattavuuden arviointiin.

Tuotannosuunnittelun sekä kapasiteetin hallinnan kehittämisen kannalta on tehokainta kehittää toimintatapoja, joilla on merkittävä vaikutus asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida tuotevaihtojen merkitystä valmistuskustannuksiin ja onko tuotevaihtojen määrän vähentäminen työstä saatujen tuloksien perusteella kannattava tavoite.

LÄHTEET

- Bradley, J. 2015. Improving business performance with Lean 2th edition. New York: Business Expert Press
- Cachon, G. & Terwiesch, C. 2013. Matching Supply with Demand and Introduction to Operations Management 3th edition. New York: McGraw-Hill Education
- Claassen, G.H.D.; Gerdessen, J.C.; Hendrix, E.M.T & van der Vorst J.G.A.J. 2016. On production planning and scheduling in food processing industry: Modelling non-triangular setups and product decay. Computers & Operations Research. Vol 76. 147-154. ISSN 0305-0548
- Erlenkotter D. 2013. Ford Whitman Harris`s economical lot size model. International Journal of Economics. Vol 155.
- Guerfi, R. 2009. Taloudellisen tuotantoerän skedulointi. Optimointi opin seminaari -kalvot. Teknillinen korkeakoulu
- Haverila, M.J.; Uusi-Rauva, E.; Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs
- Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- HKScan 2018a Vuosikertomus 2017 Viitattu 15.10 Saatavilla: <http://vuosikertomus2017.HKScan.com/liiketoiminta/HKScan-lyhyesti/markkina-alueet/>
- HKScan 2018b Markkina-alueet Viitattu 15.10 Saatavilla: <https://www.HKScan.com/fi/Markkina-alueet/HKScan-suomessa/toimipaikat/>
- HKScan 2018c Strategia Viitattu 15.10 Saatavilla: <https://www.HKScan.com/fi/tietoa-meista/strategia/>
- HKScanPro 2018 Viitattu 18.10 Saatavilla: <http://www.HKScanpro.fi/tuotteet>
- Krajewski, L.J.; Ritzman, L.P. & Malhotra, M.K. 2013. Operations Management Processes and Supply Chains 10th edition. Essex: Pearson Education
- Martinsuo, M.; Mäkinen, S.; Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Helsinki: Edita Publishing
- Romsdal A, Strandhagen J.O & Dreyer H.C 2014. Can Differentiated Production Planning and Control enable both Responsiveness and Efficiency in Food Production? International journal on foodsystem dynamics. Vol 5:1. 34-35. ISSN 1869-6945
- Yao, M.J. & Huang, J.X. 2005. Solving the economic lot scheduling problem with deteriorating items using genetic algorithms. Journal of Food Engineering. Vol 70. 309-322 ISSN 0260-8774

Laskelmien lähtöarvot

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Tuotevaihtojen kustannukset

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Hävikin kustannukset

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Uunimikrolinjan kapasiteetti eräkoon funktiona

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Uunimikrolinjan optimaalinen eräkoko asetusajkojen mukaan

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Ylitöiden kustannukset

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN

Tuoreus

VAIN HKSCAN FINLAND OY:N SISÄISEEN KÄYTTÖÖN