

Opinnäytetyö (YAMK)

Teknologiaosaamisen johtaminen

2023

Mikka Rosten

**TUOTANNON VIIVEIDEN  
VÄHENTÄMINEN JA  
KOKONAISTEHOKKUUDEN  
PARANTAMINEN**

**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Teknologiaosaamisen johtaminen

2023 | 44 sivua

Miikka Rosten

## Tuotannon viiveiden vähentäminen ja kokonaistehokkuuden parantaminen

Valmistavan teollisuuden tuotannossa esiintyy poikkeuksetta erilaisia viiveitä, jotka vaikuttavat tuotannon sujuvuuteen. Viiveet vaikuttavat myös tuotannon aikataulussa pysymiseen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää toimeksiantaja yrityksen tuotannossa esiintyvien viiveiden merkittävimmät aiheuttajat. Tarkoituksena oli löytää keinoja viiveiden vähentämiseksi ja sitä kautta parantaa tuotannon kokonaistehokkuutta.

Tutkimuksessa perehdyttiin toimeksiantajan keräämään aineistoon tuotannon viiveistä eri prosesseissa. Nykytilan kartoituksessa ja kehitysehdotusten laatimisessa hyödynnettiin lean six sigma menetelmiä sekä kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä.

Merkittävimmäksi viivetyypiksi tutkimuksessa osoittautui raaka-aineista aiheutuvat viiveet. Näissä viiveissä etenkin raaka-aineiden valmistelu ja tilaustarpeen ennakointi synnyttävät viivettä tuotantoon. Näiden vähentämiseksi etsitään parannuskohteita niin varastonhallintaan, tuotannosuunnitteluun kuin viiveiden seurantaankin. Lopulliset tulokset viiveiden vähenemisessä ja kokonaistehokkuudessa eivät ole havaittavissa tutkimuksen päättyessä.

Asiasanat:

Kokonaistehokkuus, viive, lean, six sigma, raaka-aineet

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Technological Competence Management

2023 | 44 pages

Miikka Rosten

## Reducing delays in production and improving the overall efficiency

In the manufacturing industry, there occur various delays that affect the smoothness of production. These delays also affect to staying in planned schedule. The aim of this thesis was to find out the most significant causes of delays in the case company's production. The purpose was to find ways to reduce these delays and thereby to improve the overall efficiency of the production.

In this research, there was studied the data about the delays in different processes gathered by the case company. For mapping the current situation and preparing improvement proposals, it was used lean six sigma methods, quantitative research methods and qualitative research methods.

Delays caused by raw material handling turned out to be the most significant type of the delay in case company. Especially the preparation of the raw materials and anticipation of the need for orders causes the delays in production. In order to reduce these delays, it was looked for improvement proposals in warehouse management, production planning and delay monitoring. The final results in the reduction of delays or increase in overall efficiency were not available at the end of the research.

Keywords:

Overall equipment efficiency, delay, lean, six sigma, raw materials

# Sisältö

<b>Käytetyt symbolit ja lyhenteet</b>	<b>6</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Tutkimuksen tausta	9
1.2 Tavoitteet	10
1.3 Tutkimusmenetelmät	11
1.4 Tutkimuksen rakenne	11
<b>2 Kokonaistehokkuus</b>	<b>13</b>
2.1 Käytettävyys	14
2.2 Suorituskyky	15
2.3 Laatu	16
<b>3 Viiveiden seuranta</b>	<b>18</b>
3.1 Kokonaistehokkuuden laskenta	18
3.2 Viiveiden jaottelu	19
<b>4 Tutkimuksen rajaus</b>	<b>22</b>
<b>5 Viiveiden syyt</b>	<b>25</b>
5.1 Viiveiden kappalemäärä	25
5.2 Viiveiden kesto	26
5.3 Suurimmat viiveiden syyt	26
5.4 Raaka-aine viiveet	28
5.5 Laadunvalvonnan viiveet	34
<b>6 Pohdinta</b>	<b>36</b>
6.1 Seurannan kehittäminen	36
6.2 Raaka-aine viiveiden vähentäminen	37
6.3 Jatkoseuranta	43
<b>7 Yhteenveto</b>	<b>44</b>
<b>Lähteet</b>	<b>46</b>

## Kuvat

Kuva 1. Kokonaistehokkuuden havainnekuva	14
Kuva 2. Viiveiden seurantajakso	18
Kuva 3. Tuotannon <i>OEE</i> vuosilta 2019–2022	19
Kuva 4. Viivetyyppien osuus toteutuneesta läpimenoajasta	20
Kuva 5. Identifioimattomat viiveet	21
Kuva 6. Eri viivetyyppien kappalemäärä vuosina 2019–2022	22
Kuva 7. Viivetyyppien määrän kehitys 2019–2022	23
Kuva 8. Viivetyyppien jakauma 2021–2022	24
Kuva 9. Käytettävyy sviiveiden määrä vuosina 2021–2022	24
Kuva 10. Pareto: viiveiden määrä aiheuttajan mukaan vuosina 2021–2022	25
Kuva 11. Viiveiden pituus aiheuttajan mukaan vuosina 2021–2022	26
Kuva 12. Suurimpien aiheuttajien viiveiden keskimääräinen pituus	27
Kuva 13. Raaka-aineviiveiden määrä ja kesto vuosina 2021–2022	29
Kuva 14. Raaka-aineista johtuvat viiveet vuosina 2021–2022	30
Kuva 15. Raaka-aineiden virtauskaavio	30
Kuva 16. Raaka-aine viiveiden kesto	31
Kuva 17. Laadunvalvonnan viiveet	34
Kuva 18. Laadunvalvontaviiveiden keskimääräinen kesto	35
Kuva 19. ABC-analyysi (Beheshti ym. 2012)	39

## Taulukot

Taulukko 1. Suurimmat viiveiden aiheuttajat 2021–2022	28
Taulukko 2. Raaka-aine viiveiden kategoriat	29

## Käytetyt symbolit ja lyhenteet

$DU_{AVG}$	Keskimääräinen päivittäinen tarve
$DU_{MAX}$	Päivittäinen enimmäiskäyttö
$K$	Käytettävyysaste
$L$	Laatukerros
$LT_{AVG}$	Keskimääräinen toimitusaika
$LT_{MAX}$	Enimmäistoimitusaika
$N$	Suorituskyky
$OEE$	Overall Equipment Efficiency eli kokonaistehokkuus
$ROP$	Reorder Point eli tilausraja
$S_S$	Varmuusvarasto
$T_D$	Suunnittelemattomat viiveet
$T_I$	Ihanteellinen käyttöaika
$T_P$	Suunniteltu käyntiaika
$T_R$	Toteutunut käyttöaika
$V_C$	Tuotantokyky
$V_{PQ}$	Hylätty tuotanto
$V_R$	Toteutunut tuotantomäärä
5S	Organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä lean-menetelmä, jonka tavoitteena on kasvattaa työn tuottavuutta
DMAIC	Lean-projektinhallintatyökalu, jota käytetään prosessien parantamiseen

FMEA	Failure mode and effects analysis eli vika- ja vaikutusanalyysi
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
JIT	Just-in-time eli JIT-periaate tarkoittaa sitä, että materiaaleja valmistetaan, siirretään ja kuljetetaan vain todellisen tarpeen mukaan.
PDCA	Plan-Do-Check-Act eli Demingin laatuympyrä on jatkuvan parantamisen toimintamalli, joka koostuu neljästä vaiheesta: suunnittele-toteuta-arvioi-kehitä
TPM	Total Productive Maintenance eli tuottava kunnossapito on ideologia, jonka tavoitteena on lisätä olemassa olevien laitteiden käytettävyyttä ja vähentää investointitarvetta

# 1 Johdanto

Laitteiden tehokkuuden mittaaminen on ollut pitkään perinteinen tuotannon tuottavuuden mittari. Kokonaistehokkuus *OEE* on yksi tärkeimmistä laitteiden tehokkuuden mittareista. Tämä kokonaistehokkuutta kuvaava käsite otettiin käyttöön jo 1960-luvulla ja se on yksi monista suorituskyvyn seurantaan käytettävissä olevista mittareista. Kokonaistehokkuus voidaan maksimoida vähentämällä laitevikoja, parantamalla suorituskykyä ja laatua, vähentämällä varastoa sekä lyhentämällä läpimenoaikoja ja samalla säästää käyttökustannuksissa. Täydellinen 100 % kokonaistehokkuus tarkoittaisi täydellistä tuotantoa, jossa valmistetaan ainoastaan laatuksiteerit täyttäviä eriä mahdollisimman nopeasti ilman viiveitä. (Munro ym. 2015, 37–38, 426, 429.)

Salvendyn (2001, 1602) mukaan keskimääräinen *OEE* on 40–50 % ennen kuin kehitystoimenpiteet aloitetaan. Maailmanluokan *OEE* on noin 85 %, joka tarkoittaa, että kaikkien kolmen osatekijän tulee olla noin 95 %.

Kokonaistehokkuutta on onnistuttu parantamaan jopa yli 10 prosenttiyksikköä implementoimalla TPM-ideologia osaksi yrityksen toimintaa. Intialainen autotehdas onnistui nostamaan *OEE*:n 58,7 %:sta jopa 70 %:iin. Suurin vaikutus tähän oli suorituskyvyn nousu 76,9 %:sta 83,1 %:iin. (Gupta & Garg 2012.) Indonesialaisessa komponenttitehtaassa *OEE* on saatu nostettua 60,7 %:sta 65,3 %:iin parantamalla käytettävyyttä 63,3 %:sta 67,8 %:iin (Jaqin ym. 2020, 2245). Ja eräässä autoklaaviprosessissa *OEE* nousi 73,5 %:sta 84 %:iin parantamalla niin ikään saatavuutta 87 %:sta 97,8 %:iin (Puvanasvaran ym. 2012).

Yhteistä näille kolmelle tapaustutkimukselle on, että tulokset saatiin noudattamalla TPM ideologiaa ja erilaisia lean menetelmiä, kuten PDCA, arvovirtakartoitus, syy-seurauskaavio, FMEA tai Pareto. Tulokset on saavutettu ratkaisemalla prosessiongelmiä askel askeleelta erilaisilla menetelmillä. (Gupta & Garg 2012; Jaqin ym. 2020 & Puvanasvaran ym. 2012.)



Erään tapaustutkimuksen mukaan TPM voi olla joillekin yrityksille ainoa onnistumisen ja epäonnistumisen välinen asia. TPM on osoittautunut toimivaksi ohjelmaksi ja näitä tuloksia voitaisiin parantaa huomattavasti jatkamalla kehittämistä. (Gupta & Garg 2012.)

Monissa muissakin tutkimuksissa on onnistuttu löytämään kehityskohteita näillä vastaavilla menetelmillä, mutta useimmissa tapauksissa lopullisia tuloksia ei ole raportoitu.

### 1.1 Tutkimuksen tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on kansainvälisillä markkinoilla toimiva lääkealan yritys. Yritys kuuluu maailmanlaajuiseen konserniin ja on konsernin ainut toimipiste Suomessa. Konserni on johtava farmaseuttisten ja muiden erikoisainesosien valmistaja. Konsernilla on 24 tuotantolaitosta 10 eri maassa ja työllistää noin 3200 henkeä maailmanlaajuisesti. Turussa sijaitseva tuotantolaitos on aloittanut toiminansa jo vuonna 1960 ja oli Suomen ensimmäinen lääkeainetehdas. Toimeksiantajayritys on erikoistunut farmaseuttisesti aktiivisten aineiden kehitykseen ja valmistukseen lääketieteellisyydelle. Valmiit tuotteet toimitetaan asiakasyrityksille jatkojalostusta varten.

Tämä tutkimus kohdistuu toimeksiantajan tuotantolaitokseen, jossa valmistetaan yli 30 erilaista lääkeainetta sekä näiden erilaisia välivaiheita. Kokonaistuotantomäärä, välivaiheet mukaan lukien, on vuosittain yli 100 tonnia. Tuotantolaitos toimii keskeytymättömässä kolmivuorossa ja työllistää Turussa kaikkiaan yli 100 henkeä. Tuotantotilat koostuvat noin kolmestakymmenestä panosreaktorista, kymmenestä lingosta, tisluslaitteistoista ja erillisistä jälkikäsitelytiloista. Tuotantolaitoksen yhtenä vahvuutena on, että tuotantolinjat ovat muokattavissa eri tuotteiden valmistukseen. Tämä luo joustavuutta tuotantoon ja sen suunnitteluun, mutta tuo samalla myös haasteita laitesuunnitteluun.

Kuten kaikissa tuotantolaitoksissa, myös toimeksiantajan tuotannossa esiintyy erilaisia viiveitä, jotka aiheuttavat osaltaan rikkonaisuutta ja haasteita. Tuote-eriä

ei aina päästä aloittamaan suunnitellussa aikataulussa, jolloin erät saattavat valmistua myöhässä. Tuote-erä saattaa myös valmistua myöhässä, vaikka se olisi aloitettu suunnitellussa aikataulussa. Viiveet tuotannossa aiheuttavat tulevien erien lykkäämistä ja lisää viiveitä. Kun erien valmistusta siirretään eteenpäin saattaa tuotanto ruuhkautua, jolloin syntyy kiirettä. Kiireen keskellä tapahtuu todennäköisemmin virheitä, joiden käsittely aiheuttaa jälleen viivettä tuotantoon ja kierre jatkuu.

## 1.2 Tavoitteet

Tuotannon haasteena on toistuvat viiveet, jotka aiheuttavat haasteita myös toimitusketjun muilla osa-alueilla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa syyt tuotannossa syntyville viiveille. Mikäli tuotanto ei pysy tuotantosuunnitelman mukaisessa aikataulussa, on sillä suora vaikutus kokonaistehokkuuteen. Tavoitteena on löytää ratkaisuja kokonaistehokkuuden parantamiseksi kehittämällä tuotannon ja sen tukitoimien prosesseja, jotta tuote-erien aloitukset ja valmistuminen saadaan pidettyä tehokkaammin suunnitellussa aikataulussa. Tätä varten selvitetään tuotantoon vaikuttavien viiveiden määrä, kesto ja pääasialliset aiheuttajat. Erilaisia viiveiden aiheuttajia voivat olla muun muassa raaka-aine toimitukset, henkilöstön resurssivajeet eri osastoilla, rikkonainen tuotantosuunnitelma, heikko dokumenttienhallinta, laiterikot tai poikkeamat tuotantoprosessissa. Vaikuttavia tekijöitä on useita ja ne voivat myös vaikuttaa toisiinsa. On siis oleellista selvittää mitkä ovat todelliset juurisyyt viiveiden synnyttäjänä.

Tutkimuksessa selvitetään merkittävimmät viiveiden aiheuttajat ja laaditaan kehitysehdotukset niiden minimoimiseksi. Viiveitä vähentämällä saadaan ehkäistyä ylimääräisiä päällekkäisyyksiä ja kiireitä sekä parannettua tuotantolaitteiden käyttöastetta. Sujuva ja ajantasainen tuotanto takaa asiakastyytyväisyyden, kun tuote saadaan valmistettua luvatussa aikataulussa. Parhaimmillaan tulokset voivat hyödyttää koko toimeksiantajayritystä. Vähintäänkin tuloksista hyöttyy tuotanto-osasto, jossa turhia odotuksia ja siitä aiheutuvaa kiirettä saadaan vähennettyä.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa lähestytään ongelmaa sekä määrällisestä eli kvantitatiivisesta, että laadullisesta eli kvalitatiivisesta näkökulmasta.

Kvantitatiivisessa tutkimusosiossa perehdytään tuotantoprosessien viiveistä kerättyyn dataan. Tämän aineiston perusteella pystytään määrittämään tuotantolaitteiden kokonaistehokkuus. Tätä aineistoa on kerätty muutaman vuoden ajan, mutta ei ole juurikaan analysoitu tai hyödynnetty. Aineisto sisältää tietoa erilaisista tekijöistä, jotka aiheuttavat viiveitä prosessien aloituksessa tai sen aikana.

Kvalitatiivisessa tutkimusosiossa tutustutaan yrityksen eri osaprosesseja koskeviin ohjeistuksiin ja työtapoihin. Tutkimuksessa hyödynnetään yrityksen omaa dokumentaatiota sekä haastatteluja eri prosesseissa työskentelevien työntekijöiden kanssa. Toiminnan kehittämiseksi perehdytään erilaisiin tuotannonhallintaa ja -suunnittelua käsitteleviin kirjallisuuslähteisiin sekä lean six sigma menetelmiin.

### 1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen rakenne mukaillee DMAIC-prosessia. DMAIC koostuu sanoista *define, measure, analyze, improve* ja *control* eli suomennettuna määritä, mittaa, analysoi, kehitä ja valvo. Määrittelyvaiheessa tunnistetaan ongelma, mittausvaiheessa kerätään tietoa tutkittavasta prosessista ja analyysivaiheessa tutkitaan prosessia ja kerättyä tietoa, jotta ymmärretään ongelman syyt. Kehittämisyvaiheessa muutetaan prosessia, jotta edellisessä vaiheessa tunnistetut ongelmien syyt saadaan korjattua. Lopuksi valvontavaiheessa pyritään ylläpitämään prosessin muutokset. (Munro ym. 2015, 21.)

Tutkimus on jaettu seitsemään eri lukuun. Määrittelyvaihe on jaettu näistä kahteen ensimmäiseen lukuun. Ensimmäisessä luvussa tutustutaan toimeksiantajaan, tutkimuksen taustaan ja tavoitteisiin sekä käytettäviin

tutkimusmenetelmiin. Toisessa luvussa perehdytään kokonaistehokkuuden käsitteeseen ja sen määrittämiseen.

Mittausvaihe on jaettu kolmanteen ja neljänteen lukuun. Kolmannessa luvussa luodaan kokonaiskuva toimeksiantajan tuotannossa esiintyvistä viivetyypeistä ja kokonaistehokkuudesta tutustumalla olemassa olevaan aineistoon. Tässä vaiheessa luodaan kuva siitä, miten toimeksiantaja seuraa viiveitä ja kokonaistehokkuutta. Neljännessä luvussa kootaan tiedot viiveiden kokonaismäärästä, joiden pohjalta tutkimuskohde rajataan sopivaan laajuuteen ja määritetään sopiva seurantajakso.

Analyysivaihe on koottu lukuun viisi. Tässä luvussa kartoitetaan rajatun laajuuden puitteissa esiintyvien viiveiden määrä, kesto ja pääasialliset aiheuttajat. Tässä vaiheessa selvitetään eniten viivettä aiheuttavat osatekijät.

Kehitysvaihe on koottu lukuun kuusi. Tässä luvussa pohditaan mahdollisia ratkaisuja selvitettyjen viiveiden aiheuttajien vähentämiseksi ja viiveiden seurannan kehittämiseksi. Valvontavaihe on yhdistetty luvun kuusi alle käsitellen ehdotukset viiveiden jatkoseuranta varten.

Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset kootaan yhteen viimeisessä luvussa.

## 2 Kokonaistehokkuus

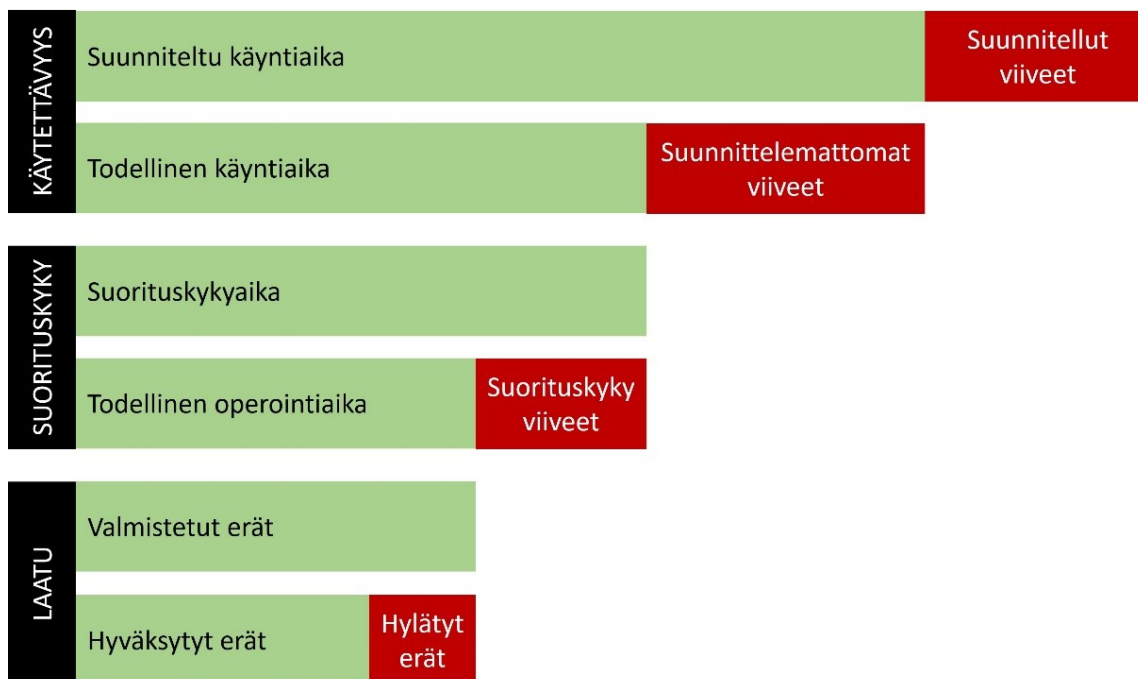
Kokonaistehokkuutta kuvataan *OEE*-arvolla, josta käytetään myös suomenkielistä vastinetta *KNL*-arvo. Kokonaistehokkuutta voidaan parantaa vähentämällä laitevikoja, parantamalla suorituskykyä ja laatua, vähentämällä varastoa sekä lyhentämällä läpimenoaikoja ja samalla käyttökustannuksia. Kokonaistehokkuus muodostuu kolmesta päätekijästä: käytettävyys, suorituskyky ja laatu. (Munro ym. 2015, 426, 429.) Prosessiteollisuuden standardissa (PSK 7501, 7) määritellään kokonaistehokkuus *OEE* käytettävyysasteen *K*, suorituskyvyn *N* ja laatu kertoimen *L* tulona (Kaava 1).

$$OEE = K \times N \times L \quad (1)$$

Laitteen mahdollinen käyntiaika on teoreettinen kokonaisaika, jossa laite, prosessi tai tehdas kykenee tuottamaan hyväksytyin tuotteen. Suunnitellut viiveet, kuten ennakkohuollot tai kun laitetta ei tarvita, jätetään kuitenkin huomioimatta. Näin ollen suunniteltu käyntiaika saadaan vähentämällä mahdollisesta käyntiajasta suunnitellut viiveet. (Munro ym. 2015, 429.)

Seuraavaksi tulee tunnistaa suunniteltuna käyntiaikana esiintyvät tehottomuudet ja tuottavuuden menetykset. Nämä voidaan jakaa kolmeen ryhmään: odottamattomat viiveet, suorituskyvyn viiveet ja laatuviiveet. (Munro ym. 2015, 429.)

Kokonaistehokkuuden eri osatekijät voidaan esittää havainnekuvana (Kuva 1), josta arvon muodostuminen on helpompi hahmottaa.



Kuva 1. Kokonaistehokkuuden havainnekuva

Kokonaistehokkuutta pyritään parantamaan vähentämällä turhaa tekemistä ja parantamalla prosessin virtausta. Tämä mittari perustuu oletukseen, että kaikki laitteiden viiveet voidaan laskea. Täyttä 100 % tehokkuutta ei käytännössä ole mahdollista saavuttaa, sillä kaikki mahdolliset viiveet, kuten asennusaika, lasketaan. (Lane 2009, 233; Villanen 2013.)

Vaikka yksittäiset päätekijät vaikuttaisivat itsessään hyviltä, saattaa kokonaistehokkuutta kuvaava *OEE* osoittaa kehittämistarpeita. Jos kukin kolmesta päätekijästä on 90 % on *OEE* silloin  $90\% \times 90\% \times 90\% = 73\%$ . (Lane 2009, 233.) Jokainen osa-alue vaikuttaa kahteen muuhun. Jokainen viive on erilainen ongelma, joten tunnistamalla ensisijaiset viiveet voidaan tunnistaa myös keinot vähentää niitä. (McCarthy & Rich 2004.)

## 2.1 Käytettävyys

Käytettävyys (eng. *availability*), seuraa laitteen suunnittelemattomia viiveitä, kuten erilaiset asetukset ja säädöt, materiaalin loppuminen tai laiteviat. Todellinen operointiaika saadaan vähentämällä suunnittelemattomat viiveet suunnitellusta

käyntiajasta. Tällaisia viiveitä ovat esimerkiksi materiaalien loppuminen tai laiteviat. Käytettävyys on siis prosenttiosuus ajasta, jonka laite, prosessi tai tuotantolinja on toiminnassa verrattuna suunniteltuun käyntiaikaan (Kaava 2). (Munro ym. 2015, 429–430.)

$$K = \frac{T_P - T_D}{T_P} \quad (2)$$

, jossa  $K$  = käytettävyysaste [%]  
 $T_P$  = suunniteltu käyntiaika [h]  
 $T_D$  = suunnittelemattomat viiveet [h]

Jos suunniteltu käyntiaika on 1500 h ja odottamattomia viiveitä on 250 h, niin käytettävyys on  $(1500 \text{ h} - 250 \text{ h}) / 1500 \text{ h} = 83,33 \%$ . (Munro ym. 2015, 430.)

Prosessiteollisuuden standardin (PSK 7501, 7) mukaan käytettävyysaste voidaan myös laskea jakamalla suunniteltu käyntiaika toteutuneella kokonaisajalla (Kaava 3).

$$K = \frac{T_P}{T_P + T_D} \quad (3)$$

, jossa  $K$  = käytettävyysaste [%]  
 $T_P$  = suunniteltu käyntiaika [h]  
 $T_D$  = suunnittelemattomat viiveet [h]

Tällä laskutavalla edellä mainitussa esimerkissä käytettävyys on  $1500 \text{ h} / (1500 \text{ h} + 250 \text{ h}) = 85,71 \%$ .

## 2.2 Suorituskyky

Suorituskyky (eng. *performance*), seuraa sitä, toimivatko laitteet täydellä kapasiteetilla. Suorituskyvyllä seurataan siis laitteiden nopeushäviöitä. Suorituskyvyn viiveet ovat käytön aikana esiintyviä häviöitä, kun laite ei toimi

maksimihyötysuhteella. Tähän vaikuttavat esimerkiksi kuluminen, käyttäjän tehottomuus, materiaalivaihtelut ja tukokset. Suorituskyky saadaan jakamalla ihanteellinen aika toteutuneella ajalla (Kaava 4). (Munro ym. 2015, 426.)

$$N = \frac{T_I}{T_R} \quad (4)$$

, jossa  $N$  = suorituskyky [%]  
 $T_I$  = ihanteellinen aika [h]  
 $T_R$  = toteutunut aika [h]

Jos osia valmistetaan 2000 kappaletta, joiden ihanne valmistusaika on 0,5 h kappaleelta, on tuotannon ihanteellinen aika 1000 h. Jos toteutunut aika 1250 tuntia niin suorituskyky on  $1000 \text{ h} / 1250 \text{ h} = 80 \%$ .

Prosessiteollisuuden standardin mukaan (PSK 7501, 7) suorituskykyä voidaan seurata myös tuotantomäärien perusteella, jolloin tulos saadaan jakamalla toteutunut tuotantomäärä tavoitemäärällä (Kaava 5).

$$N = \frac{V_R}{V_C \times T_R} \quad (5)$$

, jossa  $N$  = suorituskyky [%]  
 $V_R$  = toteutunut tuotantomäärä [kpl]  
 $V_C$  = tuotantokyky [kpl/h]  
 $T_R$  = toteutunut aika [h]

Edellisen esimerkin arvoilla (tuotantokyky on 2 kpl/h) suorituskyvyksi saadaan  $2000 \text{ kpl} / (2 \text{ kpl/h} \times 1250 \text{ h}) = 80 \%$ .

### 2.3 Laatu

Laatukerroin (eng. *quality rate*) huomioi virheet sekä hylätyt tuotteet. Laatuviiveet johtuvat käytönaikana esiintyvistä vioista ja uudelleen käsittelystä. Tällä kuvataan



hyvän tuoton prosenttiosuutta tai ensikierron tuottoa. Yksinkertaisimmillaan laatuviive on ensikierron tuoton suhde suunniteltuun käyntiaikaan. Laatukerroin saadaan jakamalla hyväksytty tuotanto kokonaistuotannolla (Kaava 6). (PSK 7501, 7; Munro ym. 2015, 430.)

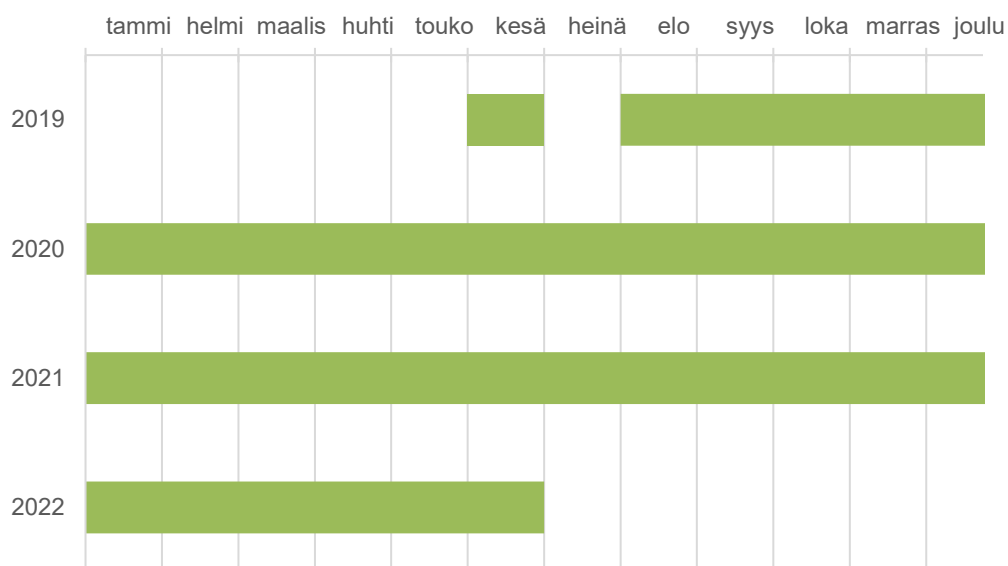
$$L = \frac{V_R - V_{PQ}}{V_R} \quad (6)$$

, jossa  $L$  = laatukerroin [%]  
 $V_R$  = toteutunut tuotantomäärä [kpl]  
 $V_{PQ}$  = hylätty tuotanto [kpl]

Jos valmistettujen osien määrä on 2000 kappaletta, joista 1960 kappaletta täyttää laatuksiteerit niin laatuksertoimeksi saadaan 1960 kpl / 2000 kpl = 98,0 %. (Munro ym. 2015, 430.)

### 3 Viiveiden seuranta

Toimeksiantajayrityksen tuotannossa esiintyviä viiveitä on seurattu kesästä 2019 lähtien. Kaikkiaan tietoja viiveistä on kerätty neljältä vuodelta yhteensä 36 kuukauden ajalta. Tässä tutkimuksessa seurantajakso päättyy kesäkuuhun 2022, mutta seuranta jatkuu myös sen jälkeen. Tutkimuksessa huomioitu seuranta jakso on esitetty alla (Kuva 2).



Kuva 2. Viiveiden seurantajakso

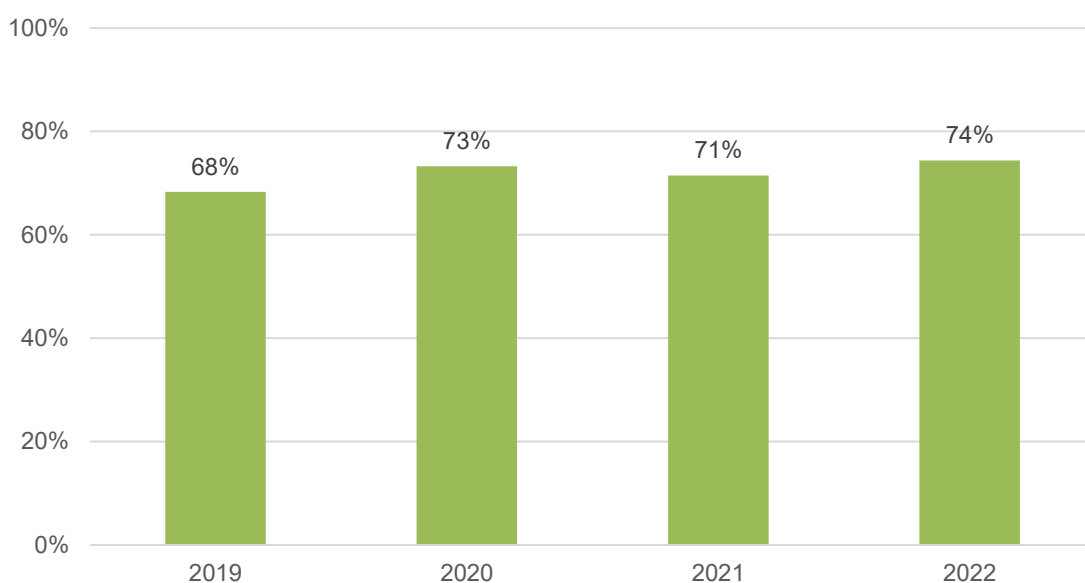
#### 3.1 Kokonaistehokkuuden laskenta

Toimeksiantajayrityksen tuotannossa jokaiselle prosessille on määritelty standardi läpimenoaika, eli suunniteltu käyntiaika, käyttäen historiatietoa. Standardiajan ylittävä aika luokitellaan viiveeksi. Jos toteutunut läpimenoaika on sama kuin määritetty standardiaika, on kyseisen prosessin *OEE* 100 %.

Tuotannon aikana havaitut viiveet kirjataan reaaliaikaisesti erilliseen *OEE*-seurantalomakkeeseen. Lomakkeelle kirjataan viiveen syy ja kesto. Viive pyritään luokittelemaan mahdollisimman tarkasti heti havaintovaiheessa. Kun prosessi on valmis, lasketaan toteutunut läpimenoaika. Tästä ajasta

vähennetään standardiaika, jolloin saadaan toteutunut viive. Syntyneitä viivettä verrataan tuotannossa kirjattuihin havaintoihin. Havaintojen avulla pystytään määrittelemään mistä viive on johtunut. Aina koko standardiajan ylittävälle ajalle ei löydy kirjattuja havaintoja, jolloin loput jäävät identifioimattomiksi viiveiksi.

Seurantajaksolla *OEE* on ollut keskimäärin 72 %. Arvo on kuitenkin ollut pienimuotoisessa nousussa ja ollut parhaimmillaan vuoden 2022 aikana (Kuva 3).



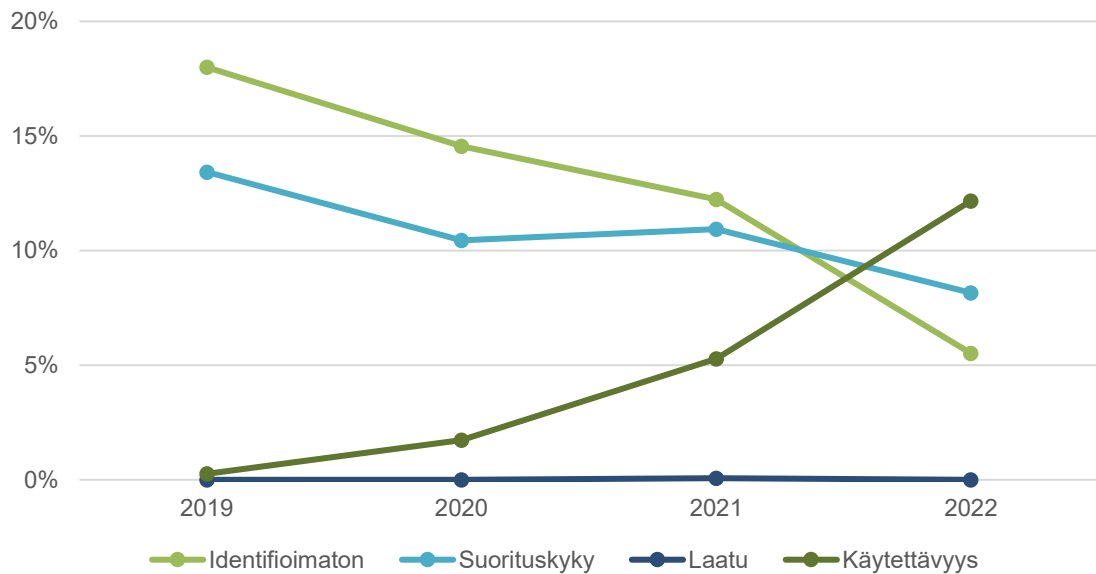
Kuva 3. Tuotannon *OEE* vuosilta 2019–2022

### 3.2 Viiveiden jaottelu

Viiveet on luokiteltu kolmelle eri tasolle. Ensimmäisellä tasolla jako tehdään identifioimattomiin, käytettävyyteen, suorituskykyyn sekä laatuun. Näiden osuus eri vuosilta on muuttunut seurannan ja tuotannon kehityksen myötä. Toisella tasolla viiveet on jaoteltu tarkemmin viiveen lähteen mukaan, kuten pesut, toimitusketju tai resurssien puute. Kolmannella tasolla viiveet on jaoteltu vielä yksityiskohtaisemmin viiveen syyn mukaan, kuten laatuanalyysit tai raaka-aineet.

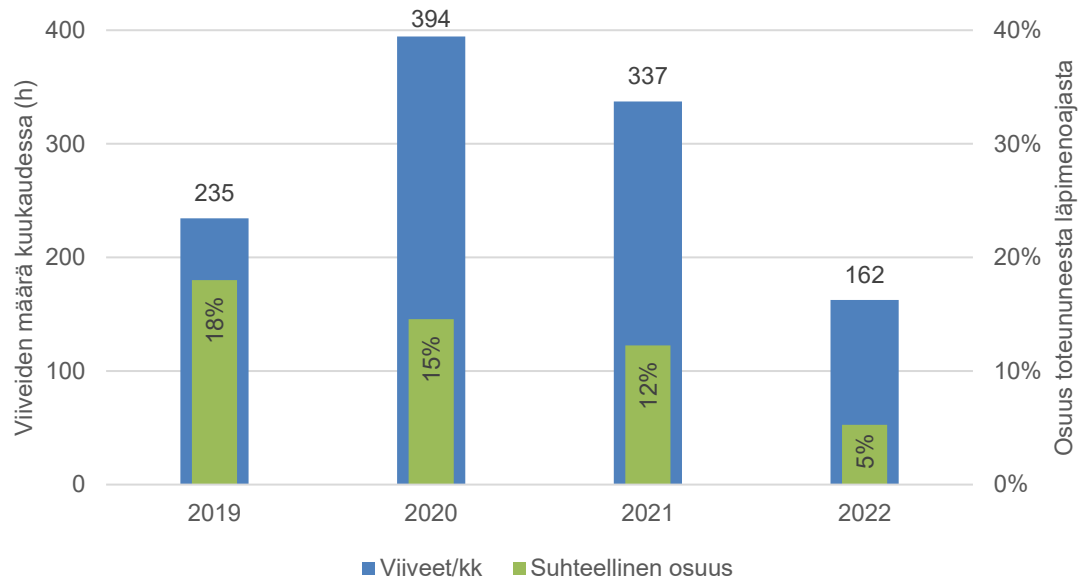
Identifioimattomien viiveiden osuus on laskenut tasaisesti vuodesta toiseen (Kuva 4). Tämä kertoo siitä, että seuranta on kehittynyt ja eri viiveet on pystytty

luokittelemaan tehokkaammin. Samalla myös suorituskyvystä johtuvien viiveiden kehityssuunta on ollut laskeva. Käytettävyydestä johtuvien viiveiden osuus taas on kasvanut selkeästi. Osasyynä tähän on sama kuin identifioimattomien lasku, eli tarkentunut luokittelu. Suurempi vaikutus kuitenkin lienee se, että käytettävyyteen luokiteltavaa tuotantolaitteiden ja -linjojen pesujen aiheuttamaa viivettä on alettu seuraamaan vuoden 2020 lopulla. Laadusta aiheutuneet viiveet ovat olleet jokaisena vuonna minimaalisen pieniä.



Kuva 4. Viivetyyppien osuus toteutuneesta läpimenoajasta

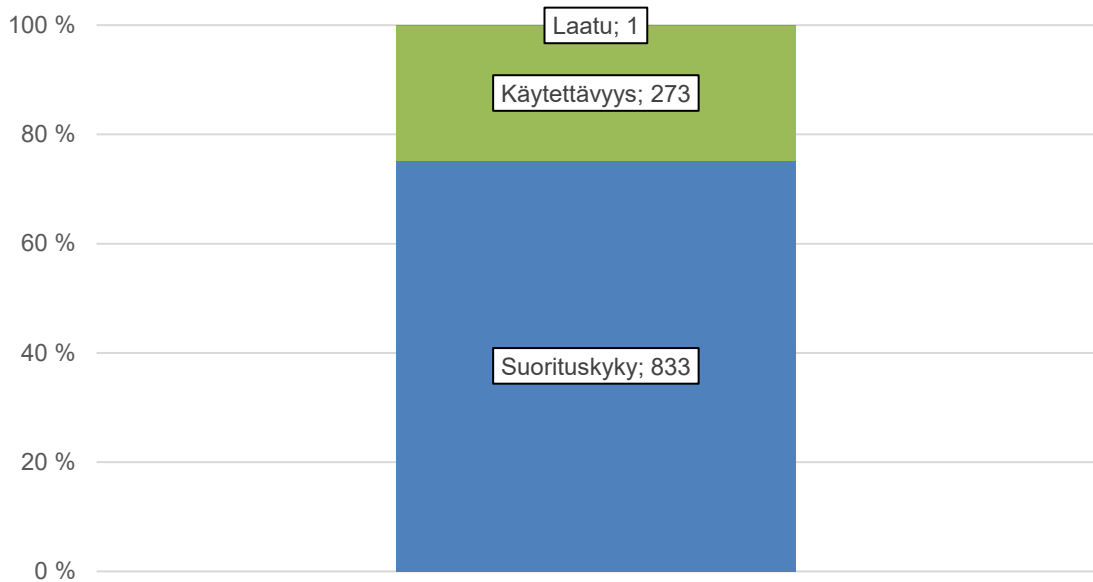
Identifioimattomien viiveiden osuus toteutuneesta läpimenoajasta on laskenut 18 %:sta 5 %:iin. Suunta on erinomainen, mutta edelleen vuoden 2022 alkupuoliskolla identifioimattomia viiveitä oli keskimäärin 162 tuntia kuukautta kohden (Kuva 5).



Kuva 5. Identifioimattomat viiveet

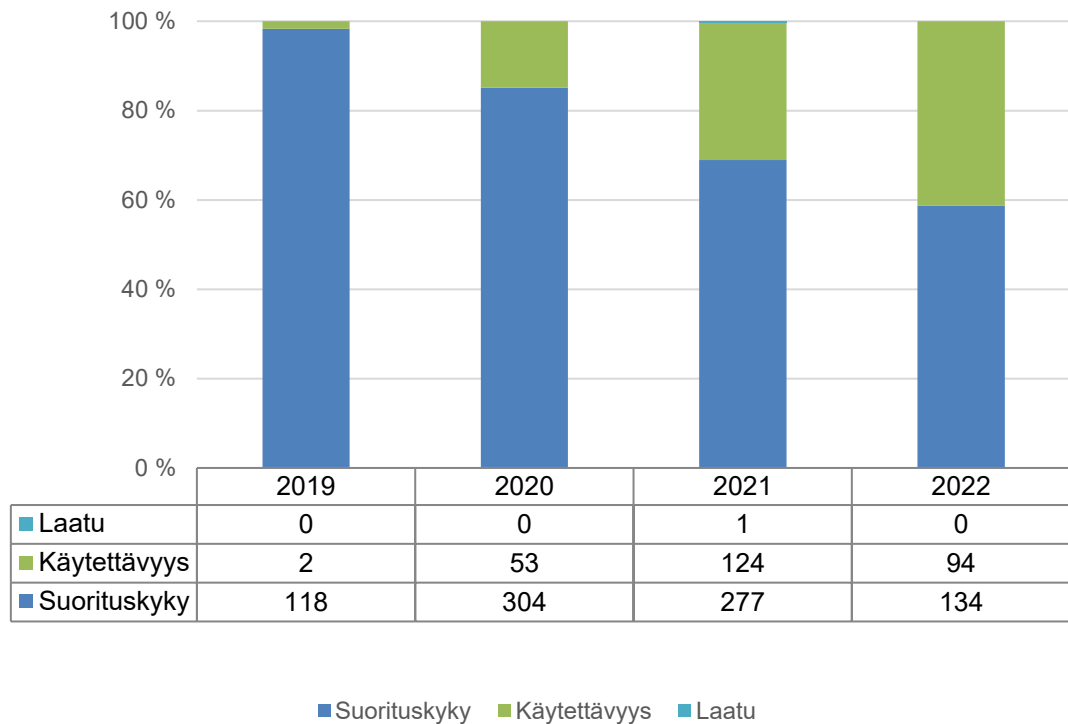
## 4 Tutkimuksen rajaus

Vuosina 2019–2022 viiveitä on havaittu ja luokiteltu kaikkiaan 1107 kappaletta. Näistä noin 3/4 on suorituskyvyn viiveitä (Kuva 6).



Kuva 6. Eri viivetyyppien kappalemäärä vuosina 2019–2022

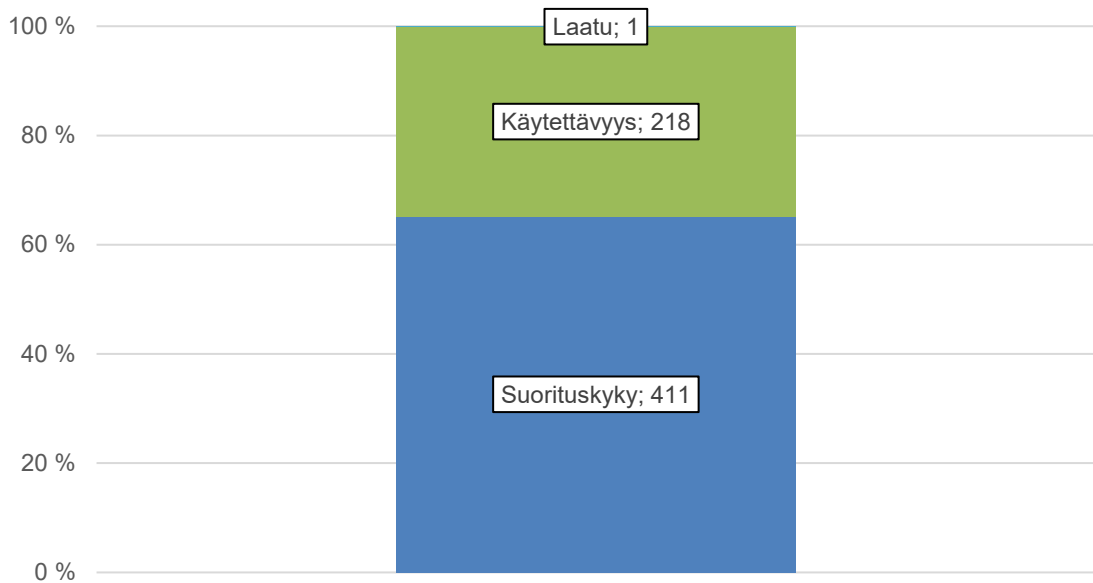
Suorituskykyviiveiden osuus on kuitenkin laskenut vuosien aikana tasaisesti ja käytettävyysviiveet ovat nousseet vuositason 2 kappaleesta 94 kappaleeseen (Kuva 7).



Kuva 7. Viivetyyppien määrän kehitys 2019–2022

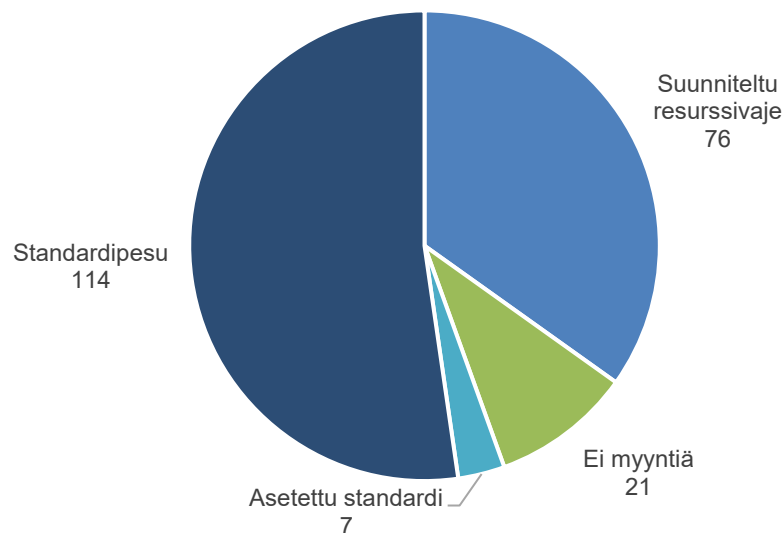
Koska viiveiden seuranta on kehittynyt ja tarkentunut merkittävästi vuodesta 2019, rajataan seuranta tässä tutkimuksessa vuosien 2021 ja 2022 tietoihin. Näin saadaan tarkempaa ja ajankohtaisempaa tietoa tulevia toimenpiteitä varten.

Kun huomioidaan vain vuodet 2021 ja 2022, niin suorituskyvynviiveiden kappalemäärä on noin 2/3 kaikista tänä aikana esiintyneiden viiveiden kappalemäärästä (Kuva 8). Tämän tutkimuksen huomio keskitetään näin ollen suorituskyvynviiveisiin, jotka ovat esiintyneet tammikuun 2021 ja kesäkuun 2022 välisenä aikana.



Kuva 8. Viivetyyppien jakauma 2021–2022

Käytettävyysviiveet ovat pääosin pesuista aiheutuvia viiveitä (Kuva 9). Muita pääasiallisia käytettävyysviiveitä aiheuttavat sairast- ja talvilomat sekä töiden priorisointi. Mukana on myös raaka-aine puutteita ja laadunvalvontalaboratorion resurssipuutteita, jotka tulisi luokitella tosiasiallisesti suorituskyvyn viiveiksi.



Kuva 9. Käytettävyysviiveiden määrä vuosina 2021–2022

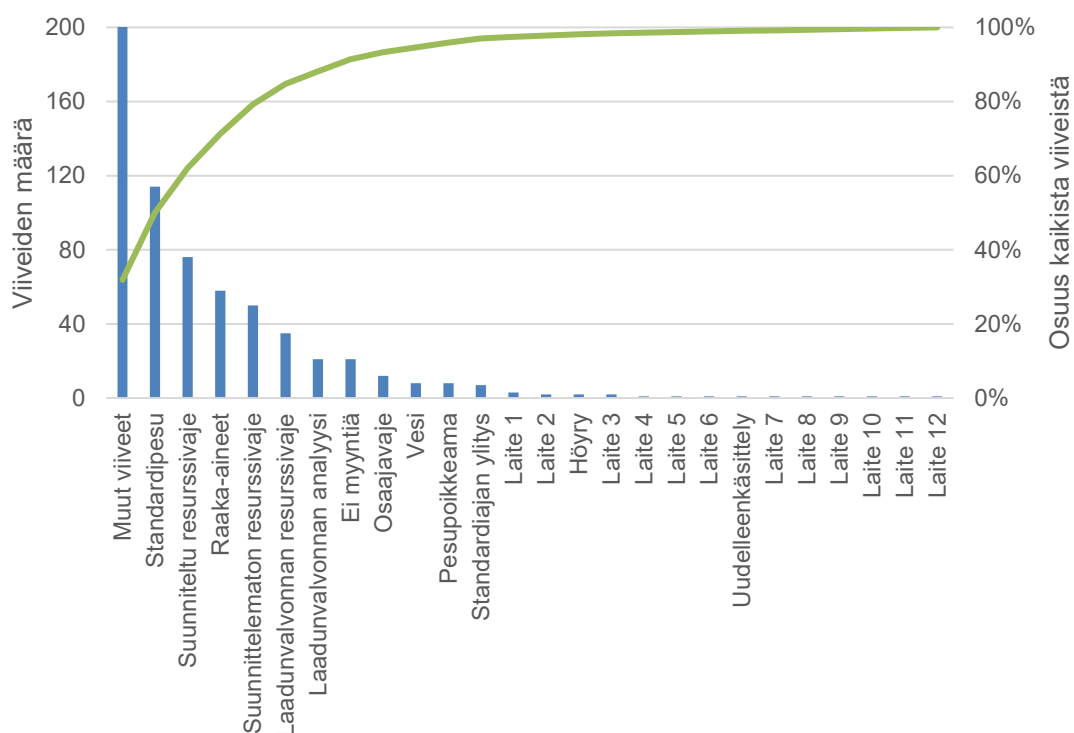


## 5 Viiveiden syyt

Tarkastelujaksolla esiintyneitä viiveitä tarkastellaan sekä kappalemäärien, että viiveiden keston mukaan.

### 5.1 Viiveiden kappalemäärä

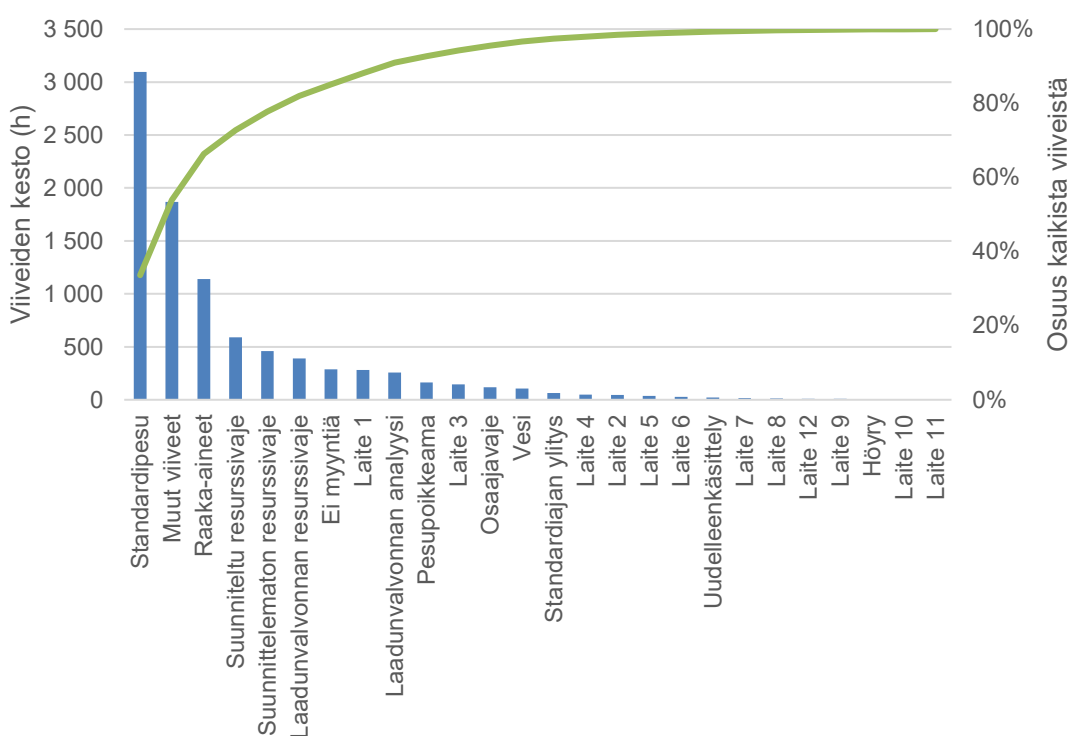
Kappalemäärällisesti eniten viiveitä on luokiteltu ”muihin viiveisiin”, joita on keskimäärin 11 kappaletta kuukaudessa. Kuusi määrällisesti eniten viiveitä aiheuttaneet syyt ovat muut viiveet, standardipesut, suunnitellut resurssivajeet, raaka-aineet, suunnittelemattomat resurssivajeet sekä laadunvalvonnan resurssivajeet. Näiden kuuden osuus määrällisesti kaikista tarkastelujaksolla esiintyneistä viiveistä on 85 % (Kuva 10).



Kuva 10. Pareto: viiveiden määrä aiheuttajan mukaan vuosina 2021–2022

## 5.2 Viiveiden kesto

Ajallisesti eniten viiveitä tarkastelujaksolla on aiheuttanut standardipesut, jossa viiveitä on esiintynyt keskimäärin noin 170 tuntia kuukaudessa. Kuusi ajallisesti eniten viiveitä aiheuttaneet syyt ovat standardipesut, raaka-aineet, suunnitellut resurssivajeet, suunnittelemattomat resurssivajeet ja laadunvalvonnan resurssivajeet. Näiden kuuden osuus ajallisesti kaikista tarkastelujaksolla esiintyneistä viiveistä on 82 % (Kuva 11).

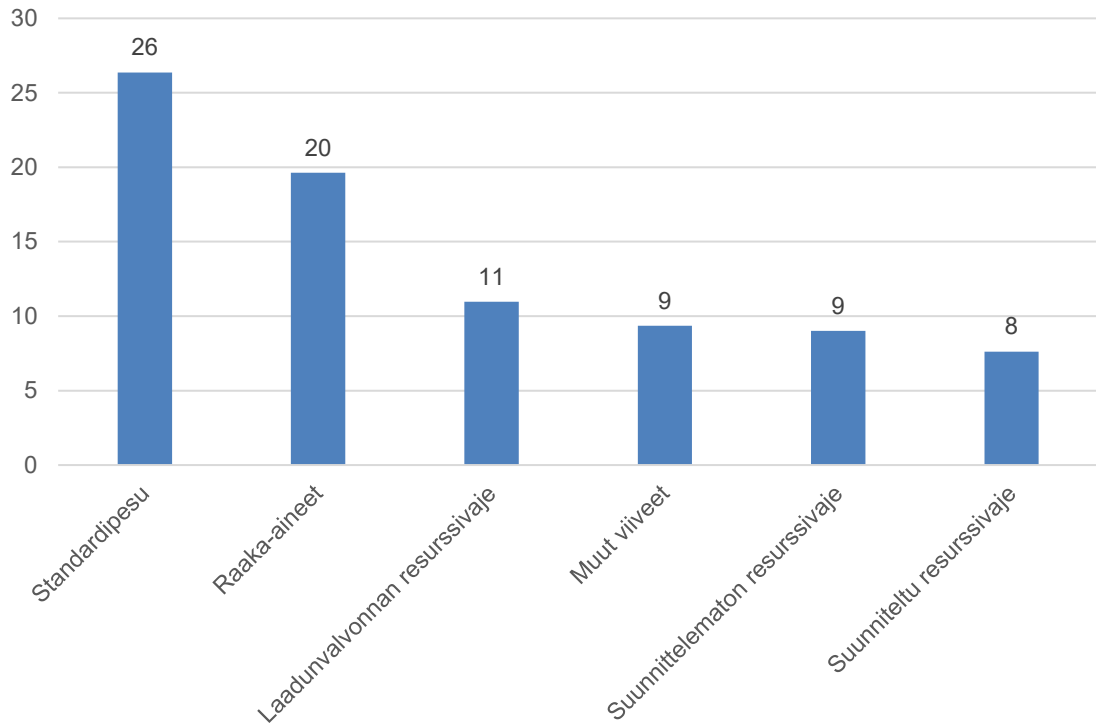


Kuva 11. Viiveiden pituus aiheuttajan mukaan vuosina 2021–2022

## 5.3 Suurimmat viiveiden syyt

Sekä määrältään, että ajaltaan kuusi suurinta viiveiden aiheuttajaa ovat samat. Järjestys on hieman eri, mutta näiden kuuden luokan voidaan todeta olevan suurimmat ongelmat. Kun huomioidaan näiden viiveiden keskimääräinen pituus, nousee standardipesut selkeäksi ykköseksi. Tässä yhden viiveen pituus on

keskimäärin noin 26 tuntia (Kuva 12). Seuraavaksi suurimmat ovat raaka-aineet ja laadunvalvonnan resurssivajeet.



Kuva 12. Suurimpien aiheuttajien viiveiden keskimääräinen pituus

Vaikka ”muut viiveet” on määrällisesti ja yhteispituudeltaan kahden suurimman joukossa, on yksittäisen viiveen pituus kuitenkin vasta neljänneksi korkein. Toisaalta taas laadunvalvonnan resurssivajeet ovat sekä määrällisesti että yhteispituudeltaan vasta kuudenneksi suurin, mutta yksittäisen viiveen pituudelta kuitenkin kolmanneksi suurin. Viiveiden määrä ja yhteispituus vuosilta 2021–2022 sekä keskimääräinen yhden viiveen pituus esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suurimmat viiveiden aiheuttajat 2021–2022

Viiveen aiheuttaja	Viiveiden määrä [kpl]	Viiveiden yhteispituus [h]	Keskimääräinen viiveen pituus [h]
Standardipesut	114	3095	26,4
Raaka-aineet	58	1140	19,9
Laadunvalvonnan resurssivajeet	35	391	11,0
Muut viiveet	201	1869	9,4
Suunnittelemattomat resurssivajeet	50	460	9,0
Suunnitellut resurssivajeet	76	591	7,6

Näistä kuudesta luokasta standardipesut ja suunnitellut resurssivajeet luokitellaan käytettävyy sviiveiksi ja muut suorituskyvyn viiveiksi. Koska ensisijainen huomio tässä tutkimuksessa on suorituskyvyssä ja esimerkiksi standardipesuja käsitellään toimeksiantajan toisessa projektissa, huomio kiinnitetään muihin kategorioihin.

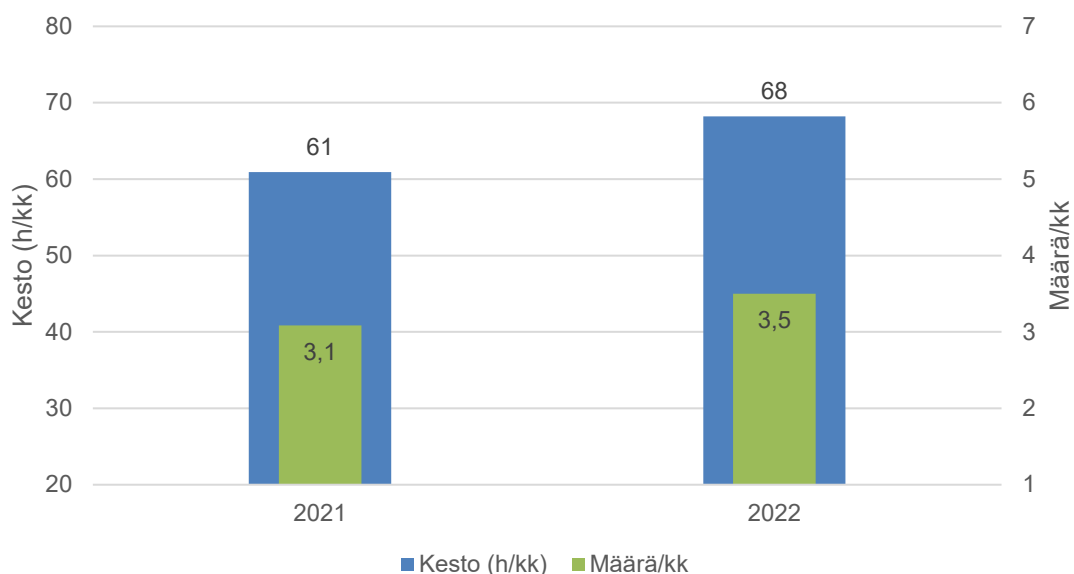
Eniten viiveitä suorituskyvyn osalta ovat aiheuttaneet raaka-aineet, laadunvalvonnan resurssivajeet, muut viiveet sekä suunnittelemattomat resurssivajeet.

Tässä tutkimuksessa keskitytään ensisijaisesti raaka-aineista johtuviin viiveisiin, joka on näistä suurin viiveiden aiheuttaja. Aiheen osalta syvennyttiin erityyppisiin raaka-aine viiveisiin ja haastateltiin toimeksiantaja yrityksen varastopäällikköä, hankintavastaavaa ja tuotannonsuunnittelijaa. Lisäksi perehdytään myös pintapuolisesti laadunvalvonnan resurssivajeisiin, koska myös näihin asioihin tullaan syventymään tarkemmin toisessa toimeksiantajan projektissa.

#### 5.4 Raaka-aine viiveet

Määrällisesti raaka-aineista johtuvia viiveitä esiintyi noin 3–4 kappaletta kuukaudessa aiheuttaen noin 60–70 tuntia viiveitä kuukaudessa (Kuva 13).

Viiveiden kesto nousi vuodesta 2021 vuoteen 2022 keskimäärin 7 tuntia kuukautta kohden.



Kuva 13. Raaka-aineviiveiden määrä ja kesto vuosina 2021–2022

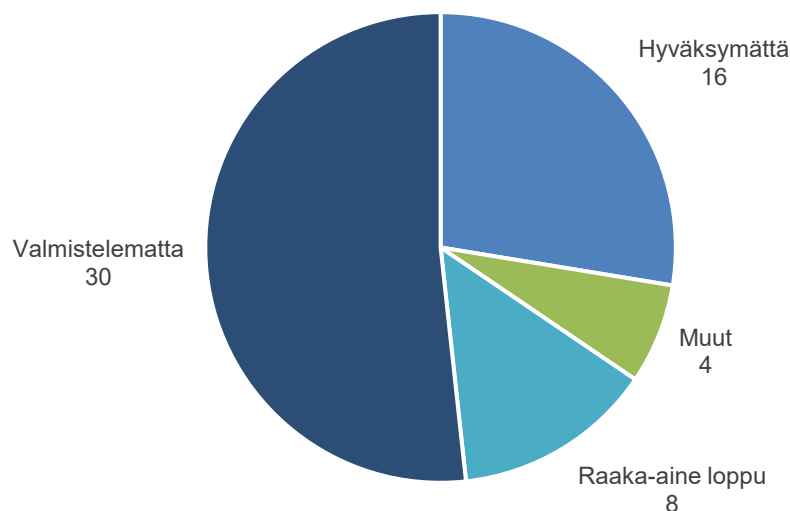
Raaka-aineista johtuvat viiveet on jaettu tuotannossa tehtyjen havaintojen yhteydessä kerättyjen kommenttien pohjalta neljään eri kategoriaan. Kategoriat ja niihin luokiteltujen viiveiden määrä vuosilta 2021 ja 2022 on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Raaka-aine viiveiden kategoriat

Syy	2021	2022	Yhteensä
Valmistelematta	21	9	30
Hyväksymättä	10	6	16
Raaka-aine loppu	4	4	8
Muut	2	2	4
<b>Yhteensä</b>	<b>37</b>	<b>21</b>	<b>58</b>

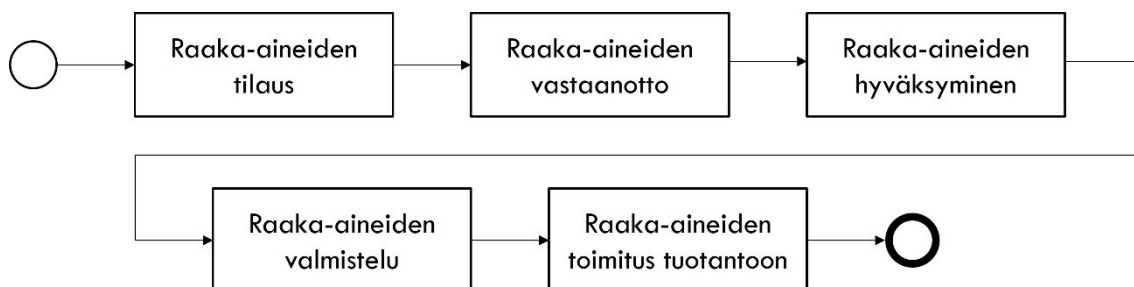
Kappalemäärältään eniten viiveitä on aiheutunut, kun raaka-aine ei ole ollut valmisteltuna tuotantoa varten (Kuva 14). Toiseksi eniten viivettä on aiheutunut,

kun raaka-ainetta ei ole ehditty hyväksyä käyttöön ennen tuotannon suunniteltua aloitusta.

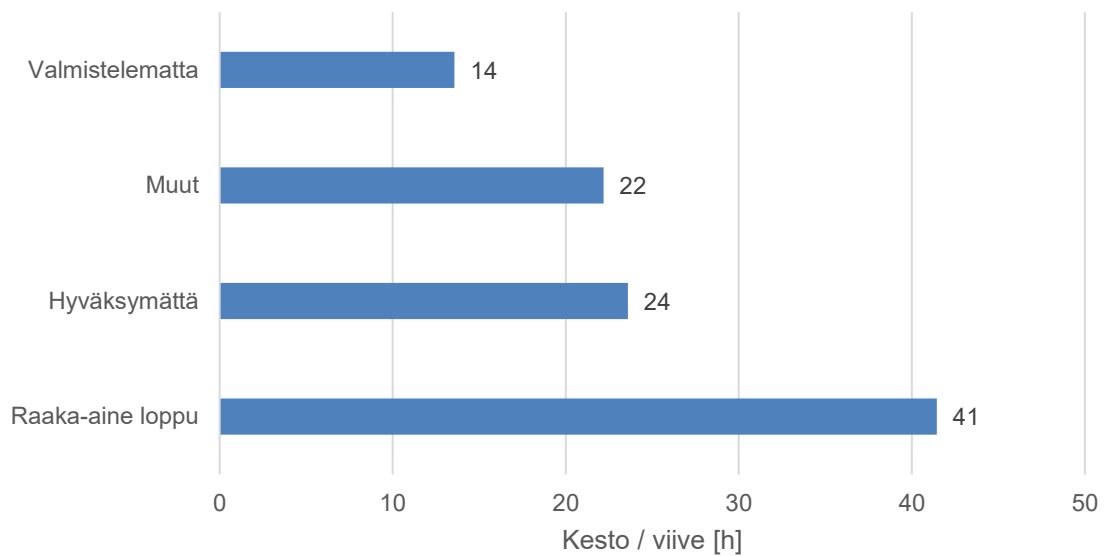


Kuva 14. Raaka-aineista johtuvat viiveet vuosina 2021–2022

Pisimmät yksittäiset viiveet aiheutuvat, kun raaka-aine on loppu tehtaalta. Tällöin viiveet ovat keskimäärin 41 tuntia. Lyhimmät yksittäiset viiveet syntyvät raaka-aineiden valmistelusta. Raaka-aineiden virtauskaaviosta (Kuva 15) voidaan nähdä, kuinka raaka-aineiden tehtaalle saapumisen jälkeen ne tulee ensin hyväksyä ja lopuksi valmistella tuotantoa varten. Näin ollen on täysin loogista, että yksittäiset viiveet ovat pisimpiä, kun raaka-aine ei ole vielä saapunut tehtaalle (Kuva 16).



Kuva 15. Raaka-aineiden virtauskaavio



Kuva 16. Raaka-aine viiveiden kesto

#### 5.4.1 Valmistelemattomat raaka-aineet

Tuotantosuunnitelma saattaa ajoittain olla tiukka, jolloin myös raaka-aineiden valmistelu tuottaa vaikeuksia varastohenkilökunnalle. Varastolla työskentelee kaksi varastotyöntekijää ja varastopäällikkö. Jos yksi varastotyöntekijä on esimerkiksi sairaana, on resursseissa 50 %:in vajaus, joka tuottaa välittömästi hankaluuksia. Tähän tuli vuoden 2023 alussa hieman helpotusta, kun rekrytoitiin yksi uusi varasto-/lähettämötyöntekijä lisää.

Usein on myös tilanteita, että tuotantoprosessin aloitusta siirretään myöhemmäksi syystä tai toisesta, jolloin voidaan siirtää jonkin toisen tuotantoprosessin aloitusta aikaisemmaksi. Tällöin tarkistetaan, että tarvittavat raaka-aineet löytyvät tehtaalta, mutta varasto ei välttämättä muuttuneessa aikataulussa ehdi enää valmistelemaan tarvittavia raaka-aineita tuotantoa varten. Näin ollen syntynyt viive näkyy seurannassa raaka-aineiden valmistelusta aiheutuvana, vaikka todellisuudessa tuotantoprosessi on suunniteltua aikaisemmin.

Välillä on myös tilanteita, että tuotantoprosessi suunnitellaan aloitettavaksi iltavuorossa ja laadunvalvontalaboratorio ilmoittaa raaka-aineen tulevan

hyväksytyksi ennen sitä. Hyväksyminen saattaa kuitenkin tulla vasta pitkällä iltapäivän puolella, jolloin ainoastaan aamuvuoroa tekevä varastohenkilökunta ei enää ehdi valmistelemaan raaka-ainetta. Tässäkin tapauksessa viive merkitään todennäköisimmin valmistelusta johtuvaksi viiveeksi.

Yhdeksi konkreettisimmaksi syyksi varastopäällikön haastattelussa nousi sulatusta vaativat raaka-aineet. Lähes puolet raaka-aineiden valmistelusta johtuvista viiveistä liittyi sulatukseen. Varaston tehtävänä on tuoda sulatusta vaativat raaka-aineet hyvissä ajoin sulamaan, jotta ne ovat käyttövalmiina, kun niitä tarvitaan tuotannossa. Varastolla on tieto tulevista tuotantoprosesseista ja niiden materiaaliluettelot. Materiaaliluettelot sisältävät tarvittavat raaka-aineet ja määrät. Luettelo ei kuitenkaan sisällä tietoa, mikäli raaka-aine tarvitsee erityiskäsittelyä ennen tuotantoa, kuten sulatusta. Tieto tällaisista tarpeista on tällä hetkellä vain varastohenkilökunnan oman muistin varassa, jolloin erehdyksiä ja unohduksia voi helposti tapahtua. Materiaaliluettelon sijaan käytännöllisempi olisi keräyslista, josta selviäisi tarkemmat tiedot tarvittavista raaka-aineista.

Tehtaan varastotilat aiheuttavat myös ajoittain ongelmia. Varastopäällikön mukaan optimaalinen varaston täyttöaste olisi noin 75–80 %. AJ Tuotteet (n.a) suosittelee 80–85 % täyttöastetta. Tällä hetkellä toimeksiantajalla täyttöaste on usein jopa yli 100 %. Näin ollen pienenkin raaka-aine määrän noutamiseen varastosta saattaa kulua reilusti turhaa aikaa, kun ensin pitää tyhjentää muuta tavaraa pois edestä ennen kuin pääsee käsiksi tarvittavaan raaka-aineeseen. Tämän jälkeen pitää myös palauttaa pois siirretyt tavarat takaisin varastoon.

#### 5.4.2 Ei hyväksytyt raaka-aineet

Hyväksyntää odottavien raaka-aineiden aiheuttamien viiveiden syyt jäävät epäselväksi, sillä ei ole varmaa tietoa onko raaka-aine saapunut tehtaalle myöhässä, onko näyte toimitettu myöhässä, onko analyysi myöhässä vai onko lopullinen hyväksyntäprosessi viivästynyt. Näin ollen tarkempaa tarkastelua on olemassa olevilla tiedoilla mahdotonta tehdä. Tarkempaa tarkastelua varten



pitäisi vähintään tietää mistä prosessista kulloinkin on kyse ja mistä raaka-aineesta.

#### 5.4.3 Raaka-aine loppu

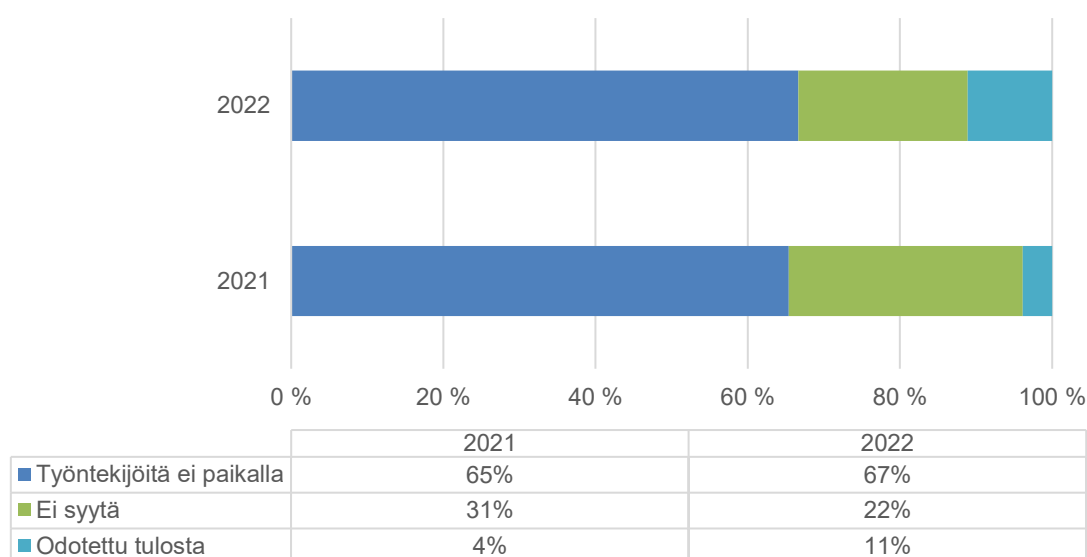
Raaka-aineiden toimituksissa on ajoittain vaikeuksia, joihin on mahdotonta vaikuttaa. Raaka-aineiden tarpeen ja tilausaikojen ennustettavuus on todella haastavaa. Tarkempaa tarkastelua varten olisi hyvä kirjata seurantalomakkeisiin kyseessä olevan raaka-aineen tuotekoodi. Tällä hetkellä ei välttämättä kirjata lainkaan tietoa mistä raaka-aineesta on kyse tai sitten kirjataan raaka-aineen nimellä, jonka voi kirjoittaa monella eri tavalla.

Joskus raaka-aine saatetaan syystä tai toisesta tilata liian myöhään. Tällaisia raaka-aineita ovat esimerkiksi isoissa säiliöissä varastoitavat liuottimet. Näiden liuotinsäiliöiden tyhjentymisen ennakointi on haastavaa. Vaikka tarvittavat määrät ovat suurin piirtein tiedossa, on ajankohta usein epäselvä, milloin määrä tarvitaan ja on vaikea ennakoida koska säiliö tarvitsee täydennystä. Liuotinsäiliöiden täyttöön saattaa tilaushetkestä mennä yli viikko, joten tulisi tietää lähes kaksi viikkoa aikaisemmin, milloin säilö tulee tyhjäksi.

Toinen usein loppuva raaka-aine on kierrätettävissä konteissa tai pulloissa varastoitavat nesteet ja kaasut. Raaka-ainetta tilataan lisää sen mukaan, kuinka paljon on tyhjentyneitä kontteja. Ongelmana on usein, että tuotannossa ei käytetä kontteja kokonaan tyhjäksi vaan helpotetaan omaa työtä ottamalla mieluummin täydestä kontista. Näin syntyy tilanne, että tehtaalla on vain vajaita kontteja, eikä yhtään ole lähetetty täytettäväksi. Joidenkin raaka-aineiden osalta tulisi myös lisätä konttien määrää, jotta niitä riittää jatkossa nousevan tuotantomäärän takia. Ajoittain myös konttien tuotannossa tehtävät merkinnät ovat epäselviä, joka aiheuttaa sekaannuksia varastolla sekä virheitä inventaarioissa.

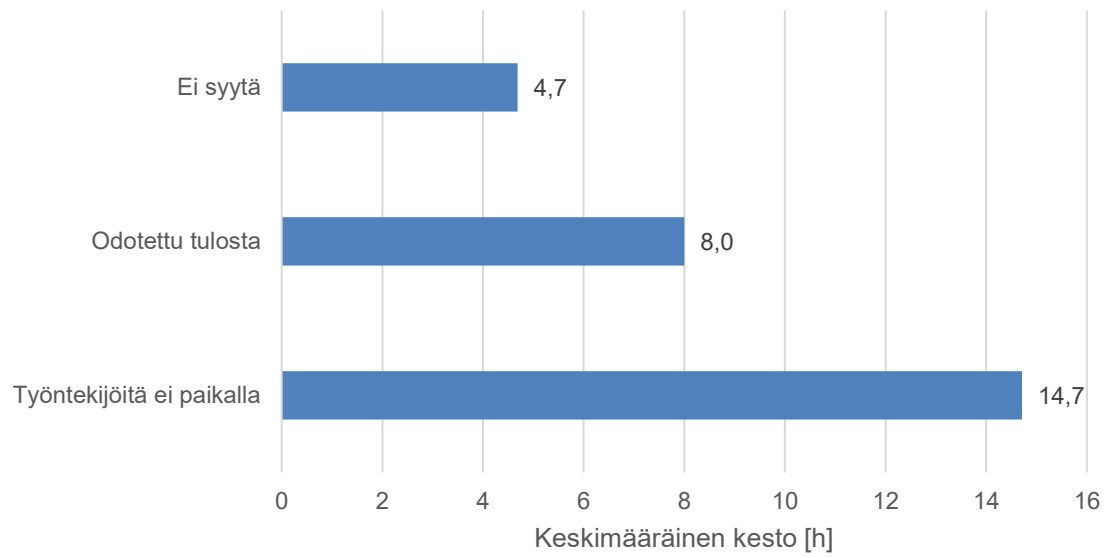
## 5.5 Laadunvalvonnan viiveet

Laadunvalvonnan resurssipuutteiden osalta eniten viiveitä syntyy, kun laadunvalvontalaboratoriossa ei ole työntekijöitä paikalla (Kuva 17). Laadunvalvontalaboratoriossa ei ole yövuoroa, joten yöaikaan tulevat näytteet odottavat analysointia aina aamuun. Noin neljänneksessä tapauksissa todellista syytä ei ole merkitty lainkaan, joten myös viiveiden merkintään ja luokitukseen tulee kiinnittää jatkossa paremmin huomioita.



Kuva 17. Laadunvalvonnan viiveet

Ajallisesti pisimmät yksittäiset viiveet syntyvät myös laadunvalvontalaboratorion työajoista. Näissä tapauksissa yksittäinen viive on keskimäärin yli 14 tuntia (Kuva 18).



Kuva 18. Laadunvalvontaviiveiden keskimääräinen kesto

## 6 Pohdinta

Viiveiden vähentämiseksi niiden todelliset syyt tulee identifioida mahdollisimman tehokkaasti, jotta korjaavia toimenpiteitä pystytään kohdistamaan oikeisiin asioihin. Tätä varten viiveiden seurannan tulee olla mahdollisimman yksiselitteinen ja selkeä, jotta viiveen aiheuttanut osatekijä pystytään löytämään heti viiveen aiheuduttua. Tätä varten seurannassa käytettävää OEE-lomaketta ja luokittelua tulee kehittää. Lisäksi tutkimuksen perusteella tulee kehittää raaka-aineiden käsittelyä ja seuranta. Jatkossa on tärkeää myös seurata säännöllisesti suurimpia viiveitä ja etsiä ratkaisut niiden vähentämiseksi.

### 6.1 Seurannan kehittäminen

Jo heti havaintovaiheessa syntynyt viive tulee identifioida mahdollisimman tarkasti, jotta siihen voidaan myös myöhemmin löytää ratkaisu. Vuoden 2022 alussa identifioimattomien ja muiden viiveiden määrä oli yhteensä vielä 127 kappaletta eli noin 21 kappaletta kuukaudessa. Nämä aiheuttavat kaikkiaan noin 270 h viivettä kuukaudessa.

OEE-seurantalomakkeelta tiedot siirretään tietojärjestelmään, josta tietoja tarkastellaan jälkeenpäin. Tietojärjestelmän osalta tulisi olla selkeämmin esitetty mihin prosessiin viive kohdistuu, jotta syitä pystytään seulomaan helpommin. Tällä hetkellä järjestelmästä näkee erikseen eri tuotteiden kokonaisviiveen sekä eri viivekategorioiden viiveet. Järjestelmää tulisi kehittää myös niin, että sieltä näkee suoraan, onko tietyt viiveet pääsääntöisesti tietyissä prosesseissa vai yleisiä.

Jatkossa on tarpeellista identifioida seurantalomakkeen kommenttikenttään myös mistä raaka-aineesta tai mistä analyysistä on kyse, jos nämä vaikuttavat viiveen syntymiseen. Hyvä tapa olisi lisätä esimerkiksi raaka-aineen tuotekoodi. Näin pystytään paremmin vielä jälkikäteenkin selvittämään viiveen todellinen syy.

Myös viiveiden kestot eri luokissa tulisi olla helposti nähtävissä järjestelmässä. Viiveiden kesto on usein oleellisempi tieto merkittävyyden kannalta kuin viiveiden kappalemäärä.

### 6.1.1 Luokittelu

Luokittelun tulee olla selkeä ja yhdenmukainen, jotta jokainen tulkitsee luokittelun samalla tavalla. Jos on epäselvää, mihin luokkaan havaittu viive luokitellaan, on luokittelua kehitettävä.

Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) on määrittänyt kuusi erilaista pääluokkaa laitehäviöille: laiteviat, asetukset ja tarpeettomat säädöt, tyhjäkäynti ja pienet pysähdykset, käyttö alhaisella nopeudella, käynnistysviiveet, uudelleen käsittely sekä saantohäviöt. Samalla on tunnistettu myös kolme pääasiallista syytä näille häviöille: laitteen kunto on heikko, inhimillinen virhe / motivaation puute tai ymmärryksen puute optimaalisten olosuhteiden saavuttamisesta. (Lane 2009, 33.)

### 6.2 Raaka-aine viiveiden vähentäminen

Raaka-aine viiveiden vähentämiseksi pyrittiin löytämään ratkaisuja ja työkaluja raaka-aineiden valmistelun helpottamiseksi ja tilaustarpeiden ennustamiseen. Pohdinnan tueksi tutustuttiin vastaavan kaltaisiin tutkimuksiin, joissa tavoitteena on ollut kokonaistehokkuuden parantaminen. Useita tämän kaltaisia tutkimuksia on tehty, mutta valtaosassa ei ole vertailukelpoisia ongelmia tai kehityskohteita tämän tutkimuksen näkökulmasta.

Alla on esitelty lyhyesti kolme aiempaa tutkimusta, joista löytyy vastaavan kaltaisia ongelmia ja ratkaisuehdotuksia, jotka tukevat myös tässä tutkimuksessa havaittujen ongelmien ratkaisussa.

Hämölä (2016) on kehittänyt pienen maahantuontiyrityksen varastointiprosesseja tukeutuen Lean-pohjaiseen ajattelutapaan.

Nurminen (2020) käsittelee varastohallinnan ongelmakohtia teollisuusyrityksissä eri puolilla Suomea. Tutkimus käsittelee 81 erilaista ja eri kokoista yritystä konepajateollisuudesta, elektroniikkateollisuudesta sekä muilta teollisuuden aloilta.

Innanen (2022) tutki valmistavan teollisuuden yrityksen varastointia. Työssä luotiin varastotoimintojen tehostamiseksi prosessikuvaus ja ylläpitomalli, joka rakentui varasto- ja lean-teorioiden ympärille.

Näissä tutkimuksissa nousi esiin muiden asioiden lisäksi kirjallisten ohjeiden puuttuminen tai puutteellisuus, joka takaa systemaattisen ja toistettavan toiminnan työntekijöiden vaihtuessa. Selkeät ohjeet myös vakiinnuttavat ja tehostavat työskentelytapoja.

#### 6.2.1 Varastotilojen täyttöaste

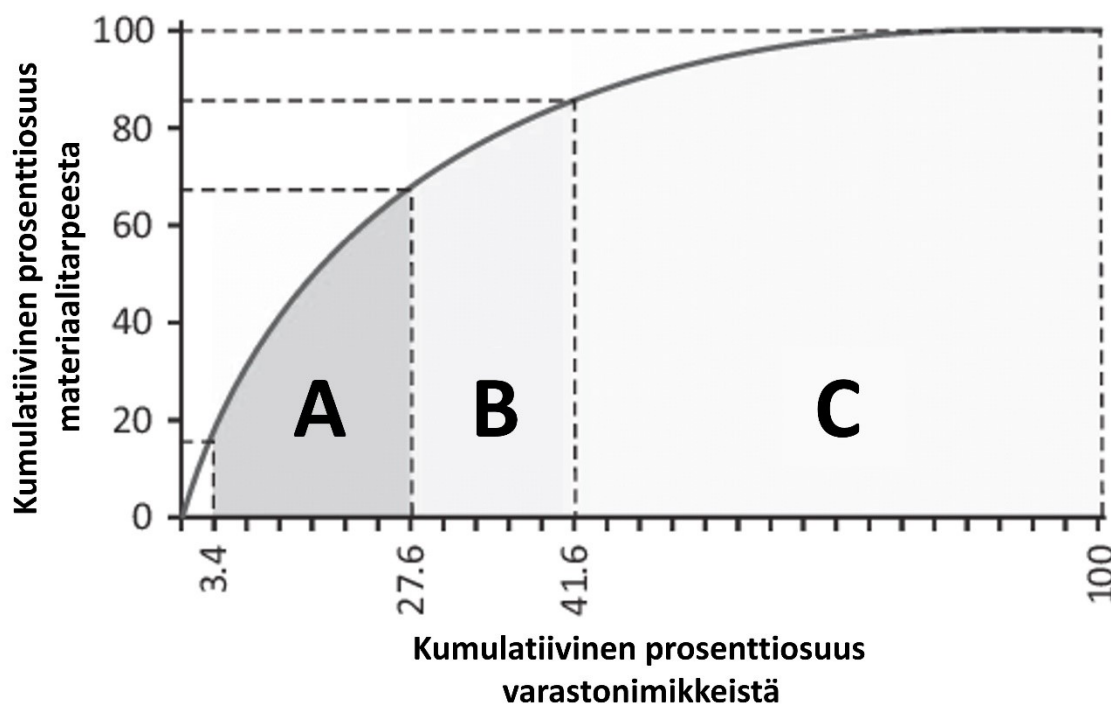
Varastotilojen liian suureen täyttöasteeseen yhtenä vaihtoehtona on laajentaa varastotiloja. EP-Logistics Oy:n (n.a) mukaan vika ei kuitenkaan välttämättä ole varaston koossa. Syynä voi olla myös toimitusketjun jokin muu vaihe tai toimintojen ja hyllyjen sijoittelu. Varaston tehokkaalla layout-suunnittelulla ja simuloinnilla on mahdollista joissain tapauksissa saavuttaa toimivammat varastotilat ilman laajennustarvetta. Lean-periaatteita mukailien olisi hyödyllistä kartoittaa aikahukkaa eli aikaa, joka kuluu esimerkiksi turhaan siirtelyyn ja kulkemiseen varastossa (Logistiikan Maailma n.a).

Luomalla yksiselitteinen varastopaikkajärjestelmä, on mahdollista vähentää keräilyyn kuluvaa aikaa, kun etsimiseen ei tarvitse käyttää ylimääräistä aikaa. Varastointipaikkajärjestelmä helpottaa myös inventointien suorittamista. (Hämälä 2016.)

Paljon käytettäville raaka-aineille on käytännöllistä kehittää niin sanottu kiinteä paikkajärjestelmä (eng. *Fixed Location System*). Järjestelmässä määritetään tietyille raaka-aineille omat pysyvät varastopaikat, jossa ei varastoida muita raaka-aineita. Tällöin näitä ei ajautuisi muiden raaka-aineiden tielle ja ne on aina

helppo löytää. Harvemmin käytettävillä raaka-aineille on suositeltavampaa käyttää niin sanottua kelluvaa paikkajärjestelmää (eng. *Floating Location System*), jossa raaka-aine varastoidaan satunnaisesti saatavilla olevan tilan mukaan. Tässä järjestelmässä fyysisen sijainnin seuranta tukeutuu tietokonejärjestelmään. (Viale 1996, 81.)

Eri raaka-aineiden käyttöastetta voidaan analysoida ABC-analyysin avulla. ABC-analyysi perustuu materiaalien kysynnän jakamiseen kolmeen luokkaan. Luokittelu perustuu Pareton-periaatteeseen olettaen, että 20 % varaston materiaaleista kattaa 80 % kysynnästä. A-tuotteilla on eniten tarvetta, joten niihin kiinnitetään suurin huomio. Varastonimikkeet voidaan koota Pareto-kuvaajaan (Kuva 19), jossa suurimman kysynnän omaavat materiaalit ovat vasemmalla ja pienimmät oikealla. (Beheshti ym. 2012.)



Kuva 19. ABC-analyysi (Beheshti ym. 2012)

Lay-out suunnitteluun kannattaa hyödyntää myös 5S-organisointimenetelmää, joka auttaa parantamaan tehokkuutta ja toiminnan johtamista. Menetelmä koostuu viidestä eri vaiheesta: lajittele, järjestä, siivoa, vakioi ja ylläpidä (eng.

*sort, set in order, shine, standardize* ja *sustain*). Aluksi siis lajitellaan eli käydään läpi tarpeettomat ja tarpeelliset tavarat. Tarpeettomat tulee poistaa kokonaan. Tämän jälkeen järjestellään tavarat niiden käyttöasteen mukaan. Usein käytettävät helposti saataville ja harvemmin käytettävät hieman kauemmas. Tarkoitus on, että kaikelle on oma paikka. Kolmanneksi työskentelyalue siivotaan, jotta tilassa on helpompi työskennellä. Neljänneksi vakioidaan laadittu järjestys hyödyntämällä tarkastuslistoja ja työohjeita, jotta alue saadaan pidettyä järjestyksessä. Viimeiseksi on 5S-menetelmän haastavin osuus eli saada ylläpidettyä luotu järjestys. Tämä vaatii sekä johdon vahvaa tukea että työntekijöiden sitoutumista. (Munro ym. 2015, 34–35.)

Innanen (2022) sisällytti 5S-menetelmän varastojen järjestyksen ja siisteyden ylläpitoon. Työssä luotiin pisteytys taulukko 5S:n aiheiden mukaisesti, jonka edesauttoi työntekijöitä havaitsemaan mahdollisia epäkohtia. Myös Nurminen (2020, 62–63) toteaa, että 5S-menetelmän olevan käytössä lähes jokaisella tutkimukseen osallistuneella yrityksellä helpottaen ja nopeuttaen varastotoimintoja. Nurminen toteaa myös, että noin 101–250 hengen yrityksistä noin 2/3 merkitsee tarvikkeiden sijainnit korkeintaan osastotarkkuudella, jolloin etsimiseen kuluu enemmän aikaa. Monessa yrityksessä kuitenkin 5S:n toinen vaihe eli järjestely jää liian vähäiselle huomiolle.

Myös tilan käyttöön tulee kiinnittää huomiota. Innanen (2022) esittää, kuinka varastotilojen lavahylly oli mitoitettu 1,5–2 kertaa korkeammaksi kuin varastoitavat lavat. On siis oleellista, että myös hyllykorkeudet on optimoitu varastoitavien tarvikkeiden mukaisesta, jotta hukkatilaa jää mahdollisimman vähän.

## 6.2.2 Raaka-aineiden valmistelu

Eniten viivettä raaka-aineiden valmistelussa on aiheuttanut sulatusta vaativan raaka-aineen ottaminen sulamaan liian myöhään. Käytössä olevan materiaaliluettelon sijaan käytännöllisempi olisi keräyslista, johon on koottuna tarkemmat tiedot tarvittavista raaka-aineista. Sekä Hämölän (2016) että Innasen



(2022) tutkimusten perusteella otettiin varaston käyttöön keräilylistat, jotka helpottivat keräilyn aikana tapahtuvaa informaation käsittelyä.

### 6.2.3 Toimitusketjun muut vaiheet

Mikäli tuotantosuunnitelmaa muutetaan lyhyellä varoitusajalla, tulee varmistaa, että raaka-aineet ehditään valmistella tuotantoa varten myös muuttuneessa aikataulussa.

Myös raaka-aineiden hyväksyntäprosessissa tulee huomioida valmisteluun kuluva aika. Mikäli raaka-aineen hyväksyntä ajoittuu samalle päivälle, kun prosessiin suunniteltu aloitus, tulee varmistaa, että raaka-aineet ehditään myös valmistella käyttöä varten hyväksymisen jälkeen.

Päämääränä ei kuitenkaan tule olla yksittäisten prosessivaiheiden maksimaalinen tehokkuus. Tavoiteltavana päämääränä tulisi luoda toimintamallit, joilla saadaan aikaan mahdollisimman korkea yhteistuottavuus. (Hämölä 2016.)

### 6.2.4 Tilaustarpeen ennakointi

Ennustaminen on ratkaisevan tärkeää tulevan kysynnän arvioinnissa. Arvio voidaan laatia käyttäen matemaattisia kaavoja, tietoja epävirallisista lähteistä tai näiden yhdistelmää. (Viale 1996, 29.)

Järjestelmä toimii parhaiten, kun materiaalia virtaa sisään ja ulos prosessista sujuvasti ja järkevästi. Materiaalia ei ole järkevää hankkia ylimäärin tai liian aikaisin, jotta tarpeettomat sekaannukset, varastot ja kustannukset voidaan välttää. Oikein hallinnoidulla Kanban-järjestelmällä voidaan parantaa järjestelmän ohjausta varmistamalla materiaalien oikea-aikainen liikkuminen. Kanban toteutetaan visuaalisten ilmaisimien avulla, joita kutsutaan kanban-korteiksi. Kortti ilmoittaa täydennystarpeen, kun vähimmäistaso on saavutettu. Vähimmäistaso lasketaan matemaattisesti ja säädetään käytännön toteuman mukaan. (Munro ym. 2015, 37.)

Tilausraja  $ROP$  (eng. *reorder point*) on raaka-aineen vähimmäismäärä, joka varastossa on oltava tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Kun varastomäärä laskee tilausrajan alle, raaka-ainetta tilataan lisää. Tilausrajan laskennassa otetaan huomioon kolme tekijää: päivittäinen tarve  $DU_{AVG}$ , toimitusaika  $LT_{AVG}$  sekä varmuusvarasto  $S_S$  (Kaava 7). (Oliveri 2021).

$$ROP = (DU_{AVG} \times LT_{AVG}) + S_S \quad (7)$$

Keskimääräinen päivittäinen tarve on käytetty määrä päivää kohden tietyn ajanjakson aikana. Sopiva ajanjakso on esimerkiksi kolme kuukautta tai 90 päivää. Keskimääräinen toimitusaika on se aika, joka kuluu keskimäärin lähetyksen saapumiseen tilauksen tekemisestä. Varmuusvarasto on varastoitava määrä, joka pidetään varastossa odottamattomien vaihteluiden varalta (Kaava 8). (Oliveri 2021.)

$$S_S = (DU_{MAX} \times LT_{MAX}) - (DU_{AVG} \times LT_{AVG}) \quad (8)$$

, jossa  $S_S$  = varmuusvarasto

$DU_{MAX}$  = päivittäinen enimmäiskäyttö

$LT_{MAX}$  = enimmäistoimitusaika

$DU_{AVG}$  = keskimääräinen päivittäinen käyttö

$LT_{AVG}$  = keskimääräinen toimitusaika

On syytä kuitenkin muistaa, että tilausrajat eivät ole staattisia. Käyttömäärät ja toimitusajat vaihtelevat, joten on tarpeellista tarkistaa sopiva tilausraja tietyin väliajoin. (Oliveri 2021.)

Toimeksiantajayrityksessä isoissa varastosäiliöissä säilytettävien liuottimien käyttöä olisi tarpeellista seurata tarkemmin, jotta ennakointi helpottuisi. Kun liuottimille lasketaan tarvittava varmuusvarasto sekä sopiva tilausraja, voitaisiin liuottimien loppumista saada ehkäistyä tehokkaammin. On myös suositeltavaa kehittää liuottimien käytön seurantaa esimerkiksi tuotannon aamupalavereissa, jossa tuotannon työnjohdolla on tarkempi tieto lyhyen aikavälin tulevista tarpeista.

Joidenkin raaka-aineiden osalta tulisi myös lisätä konttien määrää, jotta niitä riittää jatkossa nousevan tuotantomäärän takia. Tyhjät ja vajaat kontit tulee merkitä selkeästi, jotta varastossa osataan toimittaa kontit oikeaan paikkaan. Epäselvien merkintöjen takia varaston tekemät inventaariot saattavat mennä pahasti pieleen, kun vajaa kontti tulkitaan virheellisesti täydeksi.

#### 6.2.5 Kierrätettävien astioiden käyttö

Kierrätettävissä astioissa säilytettävien raaka-aineiden optimaalinen astiamäärä tulee määrittää, jotta se ei olisi syy raaka-aineen loppumiseen.

Tuotannon työntekijöille tulee painottaa astioiden tyhjäksi käyttämisen tärkeyttä ennen seuraavan astian käyttöönottoa. On myös painotettava, että raaka-aine saattaa loppua tehtaalta, mikäli astioita ei tyhjennetä loppuun asti. Lisäksi on tärkeää, että vajaat ja tyhjät astiat merkitään selkeästi ja yhdenmukaisesti.

#### 6.3 Jatkoseuranta

Jotta toimenpiteitä osataan jatkossa kohdistaa oikeisiin toimintoihin, on oleellista analysoida suurimmat viiveiden aiheuttajat määräajoin. Näin pystytään seuraamaan ovatko edelliset toimenpiteet toimineet ja onko jokin uusi tekijä noussut merkittäväksi viiveen aiheuttajaksi.

## 7 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää merkittävimmät syyt tuotannossa esiintyville viiveille. Seurantajaksoksi rajattiin vuosien 2021 ja 2022 aikana kerätty aineisto, jotta saatiin mahdollisimman oikeaa ja ajantasaista tietoa viiveistä. Merkittävimmiksi viivetyypeiksi osoittautuivat raaka-aineista ja laadunvalvonnasta aiheutuvat viiveet. Tässä tutkimuksessa keskityttiin ensisijaisesti raaka-aineista syntyviin viiveisiin.

Tässä tutkimuksessa koottuja tietoja ja tuloksia hyödynnettiin jo ennen opinnäytetyön valmistumista toimeksiantajayrityksen muissa projekteissa. Esimerkiksi raaka-aine viiveistä kerättyjä tietoja hyödynnetään varastotoimintojen kehittämiseen tähtäävässä lean six sigma projektissa. Etenkin tiedot viiveiden kokonaismäärästä ja niihin kuluva hukka-ajasta hyödyttävät projektin määrittelyssä. Myös *OEE* seurannassa käytettävää luokittelua on alettu kehittämään ja tarkentamaan.

Raaka-aine viiveiden osalta suurimmaksi ongelmaksi osoittautui raaka-aineiden valmistelu. Tähän pyrittiin löytämään ratkaisuja ja kehitysehdotuksina nousi esiin varastotilojen layout-suunnittelu, varaston keräilylistat sekä tiivis yhteistyö tuotannosuunnittelun, varaston ja laadunvalvonnan välillä. Toiseksi kehityskohteeksi ehdotetaan raaka-aineiden tilaustarpeen ennakkoinnin tehostamista etenkin eniten käytettävien raaka-aineiden osalta.

Näiden viiveiden vähentämiseksi on suositeltavaa käynnistää erillinen kehitysprojekti hyödyntäen tässä tutkimuksessa löydettyjä tietoja ja kehitysehdotuksia.

Tämän lisäksi viiveiden seuranta tulee vielä kehittää, jotta viiveiden todelliset syyt on tulevaisuudessa helpompi identifioida ja löytää helpommin mahdolliset ratkaisut niiden vähentämiseksi jatkossa. Viiveiden tunnistamisessa ja seurannan kehittämisessä on suositeltavaa konsultoida niitä työntekijöitä, jotka kirjaavat havainnot viiveistä tuotannon aikana.

Toimeksiantaja yrityksessä on kokonaistehokkuuden parantamiseksi tehty töitä ja tullaan tekemään jatkossakin. Tämä tutkimus on vain yksi kokonaistehokkuuden parantamiseen tähtäävistä projekteista. Lopullisia tuloksia tämän yksittäisen tutkimuksen tuomista parannuksista kokonaistehokkuuteen on mahdotonta määrittää, eikä tuloksia ole nähtävissä vielä tutkimuksen päättyessä.

Erilaisia viiveitä on todella paljon, joten yhden yksittäisen viivetyypin ratkaisu ei välttämättä tuo vielä suuria tuloksia. Tämä vaatii merkittävimpien viiveiden aiheuttajien selvittämistä määräajoin, jotta kehitys ei pääty tähän.

## Lähteet

AJ Tuotteet n.a. Kuusi askelta parempaan materiaalivirtaan varastossa. Haettu 29.3.2023 osoitteesta <https://www.ajtuotteet.fi/blogi-etusivu/vinkit-trendit/kuusi-askelta-parempaan-varaston-virtaukseen>

Beheshti H. M.; Grgurich, D. & Gilbert, F. W. 2012. ABC Inventory Management Support System with a Clinical Laboratory Application. Journal of Promotion Management, 18(4), 414–435. <https://doi.org/10.1080/10496491.2012.715502>

EP-Logistics Oy n.a. Logistiikan haasteita. Haettu 29.3.2023 osoitteesta <https://ep.fi/fi/logistiikan-haasteita/>

Gupta, A. K. & Garg, R. K. 2012. OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research, 1(1), 115–124.

Hämölä, T. 2016. Varastoprosessien kehittäminen Ramator Oy:ssä. Opinnäytetyö (AMK), Turun ammattikorkeakoulu. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016110715839>

Innanen, J. 2022. Varastoinnin ylläpitomallin luominen valmistavassa teollisuudessa. Tuotantotalouden diplomityö, Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto. LUTPub. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164619>

Jaqin, C.; Rozak, A. & Hardi Purba, H. 2020. Case Study in Increasing Overall Equipment Effectiveness on Progressive Press Machine Using Plan-do-check-act Cycle. International Journal of Engineering, Transactions B: Applications, 33(11), 2245–2251. <https://doi.org/10.5829/ije.2020.33.11b.16>

Lane, G. 2009. Mr. Lean Buys and Transforms a Manufacturing Company: The true story of profitably growing an organization with lean principles. First edition. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b10239>

Logistiikan Maailma n.a. Varaston lay-out. Haettu 29.3.2023 osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/varaston-lay-out/>

McCarthy, D. & Rich, N. 2004. Lean TPM: A Blueprint for Change. Elsevier Butterworth Heinemann.

Munro, R. A.; Ramu, G & Zrymiak, D. J. 2015. The certified six sigma green belt handbook. Second edition. American Society for Quality, Quality Press.

Nurminen, A. 2020. Teollisuusyritysten ongelmakohtat varastohallinnassa. Tuotantotalouden diplomityö, Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto. LUTPub. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202003198556>

Oliveri, B. 2021. How the reorder point formula can reduce stockouts in your inventory. Intuit Inc. Haettu 25.3.2023. osoitteesta <https://quickbooks.intuit.com/r/midsize-business/reorder-point-formula/>

PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

Puvasvaran, P.; Kim, C. Y. & Siang, T. Y. 2012. Overall Equipment Efficiency (OEE) Improvement Through Integrating Quality Tool: Case Study. Universiti Teknikal Malaysia Melaka.

Salvendy, G. 2001. Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management. 3. painos. John Wiley & Sons.

Viale, J. D. 1996. Basics of Inventory Management: From Warehouse to Distribution Center. Crisp Publications.

Villanen, H. 2013. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency). Prosessitaito. Haettu 31.5.2022. osoitteesta [http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf)