

# **Rainaleikkauslinjan materiaalivirtauksen kehittäminen**

Jere Rantala

Rainaleikkauslinjan materiaalivirtauksen parantaminen  
Heinäkuu 2019  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Rantala, Jere	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä heinäkuu 2019
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Rainaleikkauslinjan materiaalivirran kehittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) SSAB Europe Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja SSAB Europe Oy Raahen terästehdas on erikoistunut erikoislujisiin nauha- ja levytuotteisiin. Tavoitteena oli kartoittaa rainaleikkauslinjan materiaalivirtauksen nykytila leikatut kelatuotteet osastolla ja keskittyä vielä tarkemmin rainaleikkauslinja 2:n suurimman yksittäisen asiakkaan, Pulkkilan putkitehtaan rainatuotteisiin. Heikentyneen materiaalivirtauksen juurisyitä tutkittiin kvalitatiivisilla sekä kvantitatiivisilla tutkimusmenetelmillä.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin nykytilan selvityksellä, mihin kului huomattavan paljon aikaa. Tarkastelussa otettiin yhdeksän kuukauden tarkastelujakso vuodelta 2018. Pulkkilan putkitehtaan rainatuotteiden läpimenoajat selvitettiin aikaleimojen perusteella aihion valusta kelan toimitukseen saakka. Kerättyä dataa analysoitiin tilastollisten testien avulla Minitab-ohjelmistolla, jotta saatiin luotettavuutta tuloksille. Ensin tarkasteltiin, oliko kerätty aineisto normaalijakautunut ja sen jälkeen epäparametrisellä, Mood's Median testillä tuoteryhmien läpimenoaikojen mediaanien samankaltaisuutta toisiinsa nähden. Heikentyneen materiaalivirtauksen juurisyiden selvittelyssä päädyttiin tarkastelemaan myös muita osastoja, joten skaalaus aiheelle laajeni huomattavasti. Tämä kuitenkin laajensi näkemystä, missä suurimmat ongelmat sijaitsevat tilaus-toimitusprosessissa.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi Pulkkilan putkitehtaalle menevien rainakelojen materiaalivirtauksen nykytila faktaan perustuvien argumenttien. Heikentyneeseen materiaalivirtaukseen ehdotuksena oli, että tuoteryhmät voitaisiin jaotella jo Pulkkilan putkitehtaan tilausmallissa eri kategorioihin, jolloin todelliset läpimenoajat vastaisivat paremmin todellisuutta. Leikatut kelatuotteen-osaston käyttämässä KEVO-järjestelmässä voisi lisätä seurannan rainakelojen varastointiajoille.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Arvovirtakuvaus, Lean, materiaalivirtaus, Mood's Median test, tilaus-toimitusprosessi		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Rantala, Jere	Type of publication Bachelor's thesis	Date July 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 49	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Improving the material flow of the slitting line</b> Possible subtitle		
Degree programme Degree programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Kivistö Hannu, Siistonen Matti		
Assigned by SSAB Europe Oy		
Abstract <p>SSAB Europe Oy Raahе Steel Works is a contractor of this thesis and specializes in high strength strip and sheet products. The goal was to map the current state of the material flow of the slitting line in the slitted coil products department and more specifically to slit products of Pulkmila's tube factory, the largest single customer of the slitting line. The root causes of the weakened material flow were investigated by qualitative as well as quantitative research methods.</p> <p>The thesis began with a study of the current state, which took a considerable amount of time. The review included a nine-month reference period from 2018. The lead times for slit coil products of the Pulkmila's tube factory were determined on the basis of time stamps from pre-cast roll to delivery. The collected data were analyzed by statistical tests with Minitab software to obtain reliability for the results. First, it was examined whether the collected data were normal distributed. After that, the data was analyzed by nonparametric Mood's Median test. In order to address the root causes of the weakened material flow, it was decided to look at other departments as well, so the scale of the topic expanded significantly. However, this broadened our view of where the biggest problems lie in the order-delivery process.</p> <p>The result of the thesis was the current state of material flow of slit coils going to Pulkmila tube factory with factual arguments. For the weakened material flow, it was proposed that product groups would be already grouped into different categories in the order model at Pulkmila, so that actual throughput times would better reflect reality. Also, the KEVO system used by the Coil Finishing Lines department should keep track of the storing times of the coils.</p>		
Keywords/tags (subjects) Lean, material flow, Mood's Median test, order-to-delivery process, Value stream map		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1 SSAB lyhyesti .....	4
1.2 SSAB Europe .....	5
1.3 Raahen tuotantotehdas.....	6
1.4 Leikatut kelatuotteet – LKT .....	8
<b>2 Tutkimusasetelma</b> .....	<b>9</b>
2.1 Tutkimusongelman kuvaus.....	9
2.2 Tutkimuskysymykset .....	11
2.3 Työn tavoitteet sekä rajaukset .....	12
2.4 Tutkimusote.....	12
2.5 Tutkimusotteen valinta .....	15
<b>3 Kehittämistutkimuksen aineisto</b> .....	<b>16</b>
3.1 Aineiston rakentaminen .....	16
3.2 Aineiston analysointi .....	17
<b>4 Lean filosofia</b> .....	<b>18</b>
4.1 PDCA – tavoitetilan saavuttaminen sekä jatkuva parantaminen.....	20
4.2 Arvovirtakuvaus.....	21
4.3 Leanin juurisyyanalyysit .....	25
4.3.1 5 x miksi .....	25
4.3.2 5W2H – menetelmä.....	25
4.4 Varaston kiertonopeus .....	26
<b>5 Tutkimuksen toteutus</b> .....	<b>27</b>
5.1 Nykytilan selvitys .....	27
5.2 Tilastollinen aineiston analysointi .....	31
5.3 5W2H menetelmä .....	36
<b>6 Tutkimuksen tulokset</b> .....	<b>38</b>
<b>7 Pohdinta</b> .....	<b>39</b>
7.1 Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen .....	39

	2
7.2 Opinnäytetyön haasteet.....	40
<b>Lähteet .....</b>	<b>41</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>44</b>
Liite 1. Varastojen kiertonopeus prosessipisteittäin. ....	44
Liite 2. Mood's Median testi kaikkien asiakaslaatu- jen läpimenoajoille. ....	45
Liite 3. Mood's Median testin tulokset läpimenoajoille (eri asiakaslaatu- jen volyymit huomioituna). ....	47
Liite 4. Nykytilan arvovirtakuvaus (VSM) kaikille asiakaslaatu- jen rainoille. ....	48
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1. Liikevaihdon jakautuminen diviisioittain vuonna 2018.....	5
Kuvio 2. Raahen tehdas kokonaisuudessaan.....	7
Kuvio 3. Raahen tehtaan prosessikartta.....	8
Kuvio 4. Leikatut kelatuotteet-osaston materiaalivirtaus. ....	9
Kuvio 5. Prosessikuvaus rainaleikkauslinjoista. ....	10
Kuvio 6. IMRAD-mallin mukaisen tutkimuksen ja kehittämistutkimuksen rakenteet .....	13
Kuvio 7. Kehittämistutkimuksen vaiheet.....	14
Kuvio 8. Toimintatutkimuksen rakenne .....	15
Kuvio 9. Esimerkki Mood's Median testistä ja sen tuloksista.....	18
Kuvio 10. Lean filosofian historian merkittävimmät taitekohdat.....	19
Kuvio 11. PDCA toimintamalli.....	21
Kuvio 12. Esimerkkikuva arvovirtakuvauksesta.....	22
Kuvio 13. A- ja V-prosessimuotojen periaatekuva .....	24
Kuvio 14. 5W2H – menetelmän periaate .....	26
Kuvio 15. Varastokustannuksien ja palveluastetavoitteen välinen suhde.....	27
Kuvio 16. "Varasto täynnä"-häiriön ja tuotantomäärät kuvattu vuosina 2014- 2019. ....	29
Kuvio 17. "Varasto täynnä"-häiriön jakautuminen rainaleikkauslinja 2:lla vuoden 2018 otannassa.....	30

Kuvio 18. "Varasto täynnä"-häiriön jakaantuminen viikonpäivien kesken otannassa vuonna 2018.....	31
Kuvio 19. Anderson-Darling ja Kolmogorov-Smirnov normaalitestit aineiston läpimenoajoille. ....	32
Kuvio 21. Boxplot rainan paksuudelle ja läpimenoajalle.....	34
Kuvio 22. Boxplot kelan rainalukumäärälle ja läpimenoajalle. ....	35
Kuvio 23. Rainakohtainen varastointiaika LKT:n valmistuotevarastossa. ....	36
Kuvio 24. 5W2H – menetelmän läpikäynti "varasto täynnä"-häiriölle. ....	37
Kuvio 25. Asiakaslaatuja ryhmittäminen läpimenoaikojen mediaanien perusteella. ....	38

## Johdanto

Nykyaikana yhä lisääntyvässä määrin Lean-tuotannon, eli hukkaa tuottamattoman tuotannon merkitys kasvaa. Tuotannon jatkuva kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää, kun halutaan pysyä kilpailukykyisinä nykyajan globaaleilla markkinoilla. Vakioitujen toimintatapojen määrittäminen jokapäiväisessä toiminnassa ja keskittyminen virtaustehokkaaseen, resurssitehokkaan tuotannon sijaan, johtaa huomattavasti kokonaisvaltaisesti tehokkaampaan toimintaan. (Modig & Åhlström 2016, 6-8.)

Toyotan työkalukulttuuriin perehtynyt Mike Rother on kirjoittanut teoksen *Toyota Kata*, missä hän tutustuttaa lukijan Leanin syntyjuurille. Tämä kirja on erinomainen johdatus Lean filosofiaan, koska se ei keskity Lean työkalujen kaupallistamiseen, vaan saattaa lukijan ymmärtämään, mikä on työkalukulttuurin merkitys tuotannossa. Lean on hyvin paljon esillä tänä päivänä ja sen laajasta työkalupakista puhutaan paljon. Ensiarvoisen tärkeää Lean ajattelumaailmassa on kuitenkin pohjimmiltaan työkalukulttuuri. Täsmällisillä parannusiskuilla tuotannon eri pisteisiin saadaan kyllä paikallisesti virtausta parannettua, mutta jotta yrityksen toiminta muuttuisi kokonaisvaltaisesti tehokkaammaksi, on keskityttävä työkalukulttuurin muuttamiseen. (Rother, 216-7,224-225, 2011.)

### 1.1 SSAB lyhyesti

Ruotsissa vuonna 1978 perustettu SSAB (Svenskt Stål AB) on maailmanlaajuinen teräsyhtiö, joka on keskittynyt erikoisluihin teräksiin (Tervola 2014). SSAB kehittää jatkuvasti uusia erikoislujia teräslaatuja, joiden avulla saadaan tuotteisiin suorituskykyä ja kestävyyttä. Yhtiö työllistää kaiken kaikkiaan noin 15 000 työntekijää yli 50 eri maassa. Vuonna 2018 liikevaihto ylsi 75 miljardiin kruunuun, joista liikevoittoa oli 5,2 miljardia kruunua. Toimitusjohtajana toimii tällä hetkellä Martin Lindqvist ja konsernin pääkonttori sijaitsee Tukholmassa Ruotsissa. (SSAB:n vuosikertomus 2018 on julkaistu 2019.) Maailmanmarkkinoilla yhtiö erottuu selkeästi usealla eri osa-alueella: pitkälle jalostetuissa erikoislujissa teräksissä eli AHSS-teräksissä (Advanced High-Strength Steels), karkaistuissa ja päästetyissä teräksissä, lopputuotteissa (nauha-,

levy ja putkituotteet) sekä myös rakennusratkaisuissa. SSAB:n tavoitteena on tulla maailman turvallisimmaksi teräsyhtiöksi, minkä huomaa konkreettisesti yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa, kaikilla toimipisteillä. (SSAB Lyhyesti. N.d)

SSAB pitää sisällään kolme eri divisioonaa SSAB Special Steels, SSAB Europe ja SSAB Americas. Tytäryhtiöitä on kaksi Tibnor ja Ruukki Construction. SSAB Special Steels toimii globaalisti teräs- ja palvelukumppanina erityisesti nuorrutusteräksissä sekä erikoislujissa teräksissä (AHSS). SSAB Europe käsitellään tarkemmin kappaleessa 1.2. SSAB Americas on Pohjois-Amerikassa toimiva kvarttolevyjien sekä kelojen valmistaja. Tibnor on Pohjoismaissa metallien jakelun hoitava elin. Ruukki Construction on erikoistunut Euroopassa erilaisten energiatehokkaiden ratkaisujen rakentamiseen. (Seppänen n.d)

## 1.2 SSAB Europe

SSAB Europe on pohjoismaiden johtava nauha-, kvarttolevy- sekä putkituotteiden valmistaja. Työntekijöitä on yhteensä noin 6800 ja terästoimitukset olivat vuonna 2018 noin 3,6 miljoonaa tonnia. SSAB European osuus koko konsernin liikevaihdosta oli 36 % (kuvio yksi).

### Liikevaihto

■	SSAB Special Steels 23 %
■	SSAB Europe 36 %
■	SSAB Americas 22 %
■	Tibnor 11 %
■	Ruukki Construction 8 %



Kuvio 1. Liikevaihdon jakautuminen divisiioittain vuonna 2018 (SSAB:n vuosikertomus 2018 on julkaistu 2019.)



Tuotevalikoima on hyvin laaja, jonka eri brändit tunnetaan maailmanlaajuisesti. Kuumavalssatuissa tuotteissa on myötölujuutta aina 690 MPa:n asti, tämän rajan ylittävät tuotteet kuuluvat SSAB Special Steels -divisioonan tuotteisiin. Kylmävalssattujen ja sinkitettyjen tuotteiden murtolujuudet ovat 200 MPa:sta aina 1700 MPa:n asti. Premium tuotteet eroavat perustuotteistaan muun muassa tiukemmilla toleransseilla, paremmilla materiaaliominaisuuksilla ja puhtaammilla koostumuksilla. Asiakaslähtöinen toiminta mahdollistaa räätälöidyt tuotteet sekä palvelut, joten tämä antaa erityisen kilpailuedun muihin alalla toimijoihin nähden. Divisioonan vahvuuksiin kuuluu muun muassa markkinajohtajuus Pohjoismaissa, ensiluokkaisen asiakaskokemuksen luominen, kasvava asiakaskunta Euroopassa, joustavat tuotantomuodot ja laaja kumppanuus- sekä jakeluverkosto. SSAB Europe -divisioonalla on varsinaista teräksentuotantoa Suomessa ja Ruotsissa. Suomen puolella tuotantolaitokset sijaitsevat Raahessa ja Hämeenlinnassa ja Ruotsissa ne ovat Luulajassa ja Borlängessä. Maalipinnoituslinjat sijaitsevat Kankaanpäässä ja Finspångissa. Putki- ja profiilituotantolaitoksia on Hämeenlinnassa, Lappohjassa, Oulaisissa, Pulkkilassa ja Toijalassa. Teräspalvelukeskuksia on Euroopassa useissa eri maissa esim. Alankomaissa, Norjassa, Italiassa ja Iso-Britanniassa. (SSAB Europe. n.d)

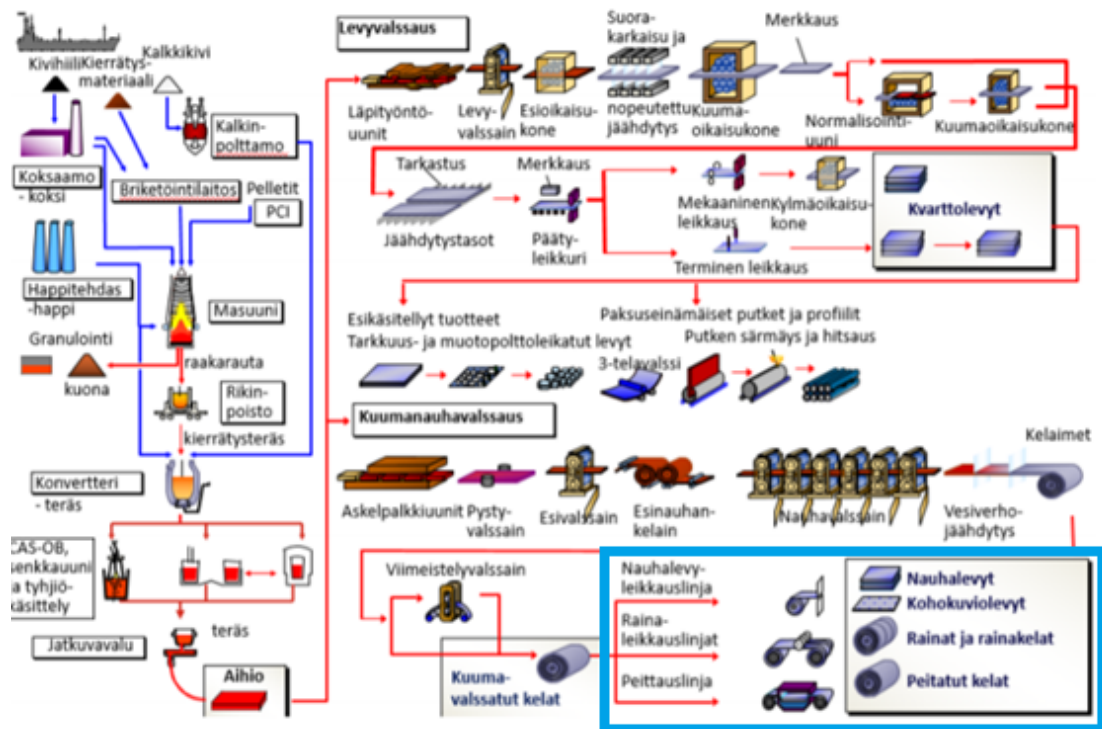
### 1.3 Raahen tuotantotehdas

SSAB:n Raahen tehdas, entinen Rautaruukki on koko yhtiön tasolla merkittävä tuotantolaitos, siellä työskentelee vakituisesti 2400 henkilöä. Vuonna 2014 SSAB osti Rautaruukin. Kuviossa kaksi on Raahen tehtaan ilmakuva, tehdasalue on kokonaisuudessaan noin 500 ha. Kaksi kilpailevaa yritystä fuusioitui siis yhdeksi, ja tämän ansiosta saatiin synergiaetuja huomattavasti molempiin suuntiin.



Kuvio 2. Raahen tehdas kokonaisuudessaan. (Raahen tehtaan esittelymateriaalit 2016.)

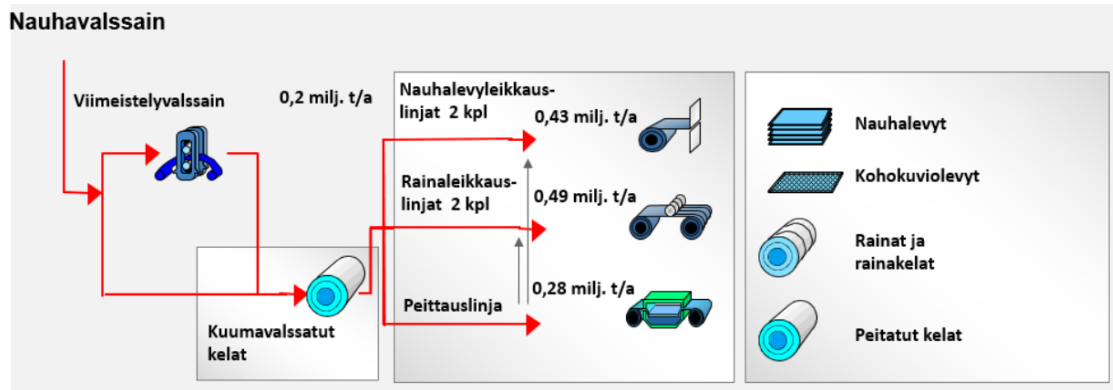
Tehdas valmistaa kaikkia kolmea standardi-, premium- ja erikoisteräksiä (Ramor, Raex, Optim ja Laser jne.), keskittyen kuitenkin kuumavalssattuihin kela- ja levytuotteisiin. Teräksen valmistus perustuu Raahessa masuunien käyttöön. Tehtaalla on oma koksamo, kaksi masuunia, terässulatto, voimalaitos ja kuumavalssaamo. (SSAB Raahen n.d) Kuviossa kolme on esitetty Raahen tehtaan prosessikaavio ja sinisellä korostettu leikatut kelatuotteet osaston sijainti.



Kuvio 3. Raahen tehtaan prosessikartta. (Raahen tehtaan esittelymateriaalit 2016.)

#### 1.4 Leikatut kelatuotteet – LKT

Kuumanauhavalssauksen pohjoispäädyssä sijaitsee osasto LKT (leikatut kelatuotteet), jossa leikataan erilaisia kelatuotteita. Kelat toimitetaan asiakkaan tilauksen mukaan. Osasto koostuu viidestä eri tuotantolinjasta: kahdesta arkki- ja rainaleikkauslinjasta sekä peittauslinjasta. Osa keloista menee peittauslinjan läpi, missä teräsnauha puhdistetaan suolahapon avulla muun muassa valssihilseestä. Peittauksen jälkeen kelat lähtevät jatkokäsittelyyn joko leikkauslinjoille tai käsipakettiin. Rainaleikkauslinjalla kela leikataan pitkittäissuunnassa kapeiksi nauhoiksi toisin sanoen rainakelaksi. Nauhalevyleikkauslinjoilla kelat leikataan arkeiksi, niputetaan ja lopuksi paketoidaan. Valmiita tuotteita ei varastoida juurikaan, vaan ne pääsääntöisesti suoralastataan eteenpäin. Valmiit tuotteet toimitetaan asiakkaalle kuorma-autoilla, laivoilla tai junilla. Kuviossa neljä on esitetty visuaalisesti, miten LKT:ssä materiaalivirta kulkee, sekä myös vuosittaiset tuotantokapasiteetit eri linjoilla. (Raahen tehtaan esittelymateriaalit 2016.)

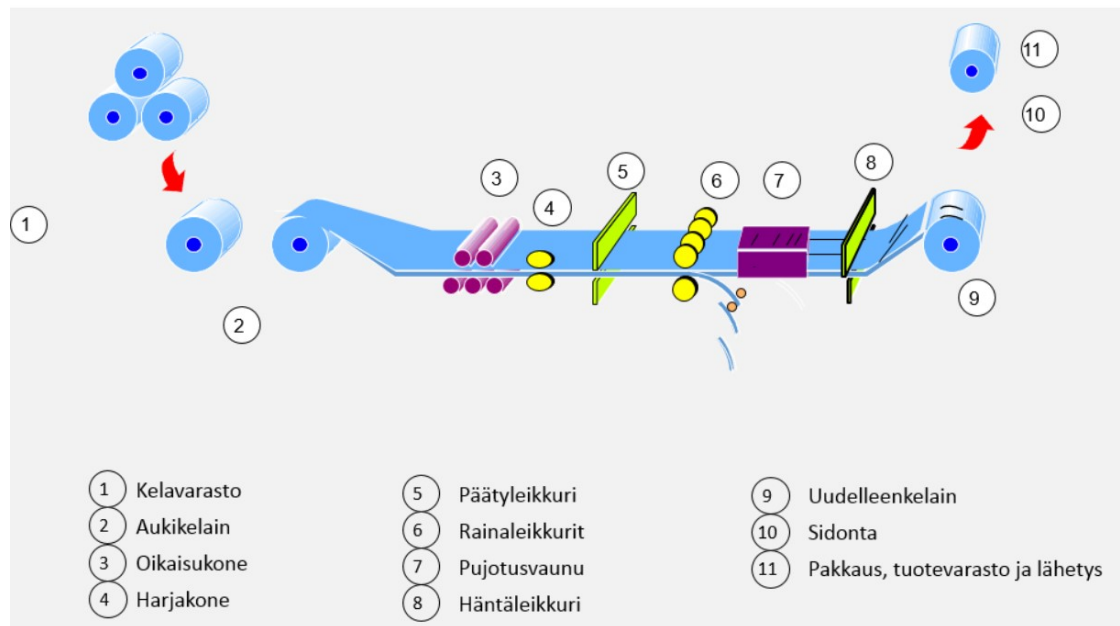


Kuvio 4. Leikatut kelatuotteet-osaston materiaalivirtaus. (Raahen tehtaani esittelymateriaalit 2016.)

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Tutkimusongelman kuvaus

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelma kohdistuu leikatut kelatuotteen-osaston rainaleikkauslinja 2:n materiaalivirtaukseen. Kuviossa viisi on kuvattu rainaleikkauslinjan laitteisto sekä lyhyesti tuotantolinjan toimintaperiaate. Tarkemmin kuvattuna ongelma kiteytyy ”varasto täynnä”-häiriöön ja sen juurisyihin. Vuodesta 2017 lähtien top 10-häiriöihin on noussut ”varasto täynnä”-häiriö, joka aiheuttaa rainaleikkauslinja 2:lla tuotantoseisokin. Tämä luonnollisesti aiheuttaa tuotantokapasiteetin menettämisen kyseiseltä tuotantolinjalta. Tässä opinnäytetyössä paneudutaan syvällisemmin rainatuotteiden tilaus-toimitusprosessiin hyödyntäen Lean-työkaluja. Näin ollen päästään tunnistamaan hukkaa eli japanilaisittain ”mudan” sijaintia tilaus-toimitusprosessissa rainatuotteiden osalta.



Kuvio 5. Prosessikuvaus rainaleikkauslinjasta. (Raahen tehtaan esittelymateriaalit 2016.)

Rainaleikkauslinjalla kela nostetaan siltanosturilla kelavarastosta kelakehtoihin odottamaan siirtoa aukikelaimelle. Kela aukaistaan aukaisuasemalla, jonka jälkeen se pujotetaan linjalle ja ensimmäisenä se menee oikaisukoneen lävitse. Seuraavaksi linjalla on harjakone, joka puhdistaa teräsnauhan päältä epäpuhtauksia. Mikäli tarve on kelasta leikata näytteitä, voidaan ne leikata päätleikkurilla. Tämän jälkeen linjalla on rainoitusvaihe, eli kela leikataan pituussuunnassa. Pujotusvaunun avulla rainat ajetaan uudelleenkelaimelle, jonka jälkeen kela rainoitetaan kokonaan. Viimeiseksi kela siirretään siirtovaunulla sitomakoneelle, jossa siihen sidotaan teräsvanteita. Mikäli kela on jousimainen, siihen kiinnitetään myös kuormaliinoja, jotta sen kuljetus sekä käsittely ovat turvallista.

### Pulkkilan putkitehdas

Tässä opinnäytetyössä keskeisessä asemassa on myös SSAB:n yksi putkitehtaista, joka sijaitsee Pulkkilassa. Molemmilta rainaleikkauslinjoilta toimitetaan Raahen tehtaalta rainakeloja Pulkkilaan, joista valmistetaan putkipaaluja ( $\varnothing$  114,3 - 323,9 mm) sekä rakenneputkia ( $\varnothing$  114,3 – 323,9 mm, 200 x 400 mm) HFI-hitsausmenetelmällä (High frequency induction). Putken valmistus aloitetaan rainan aukikelaamisella nauhavaaraajaan, niin sanottuun raina-akkuun. Se mahdollistaa jatkuvan putken valmis-

tuksen. Tämän jälkeen aloitetaan rainan valmistus pyöreään muotoon taivutusrullastolla ja viimein putken haluttu koko sekä profiili suoritetaan kalibrointirullastolla (SSAB n.d). Rainaleikkauslinja 2:n suurin yksittäinen asiakas on nimenomaan Pulkkilan putkitehdas, joten opinnäytetyön aikana suoritettiin yhteistyötä myös heidän kanssaan. Rainakelojen välivarastoja on nykyhetkellä Raahessa sekä Pulkkilassa. Välivarastoja joudutaan pitämään, koska linjojen ajo-ohjelmat laaditaan eri parametrien mukaan. Pulkkilan tuotannossa asetusajat voidaan karkeasti jakaa kahteen erilaiseen tapahtumaan. Niin sanottu ”iso vaihto” tarkoittaa emäputken koon vaihtoa, jolloin tuotantolinjalla vaihdetaan taivutusrullasto. Tämän kesto on noin 8 tuntia. Toinen suuri asetusaika on ”pieni vaihto”, milloin osa muovausrullista vaihdetaan ja tällöin kesto on noin 2-3 tuntia. Putken ja paalun valmistamisessa vaikuttava tekijä on rainan leveys ensisijaisesti, minkä mukaan ajo-ohjelma Pulkkilassa laaditaan. Raahessa rainaleikkauslinjalla ajojärjestys laaditaan tyypillisesti niin, että viikoittaisen huoltopäivän jälkeen aloitetaan vaativimman leikkausjäljen vaativat asiakkaat ja aina ohuesta nauhakelan paksuudesta paksumpaan päin. Näin ollen optimoidaan rainaleikkurin terien käyttöaika huoltokertojen välillä. Tälle opinnäytetyölle olennaista on myös, että Pulkkilan tilausmallissa oletettu Raahen terästehtaan läpimenoaika on 14 vuorokautta.

## 2.2 Tutkimuskysymykset

Kanasen (2014) mukaan toimintatutkimuksessa on tyypillistä, että tutkimuskysymykset elävät tutkimuksen aikana, tämä on tyypillistä laadulliselle tutkimukselle. Myös tässä opinnäytetyössä alussa määritetyt tutkimuskysymykset eivät olleet lopullisia, vaan ne tarkentuivat opinnäytetyön aikana.

Tutkimuskysymykset muotoutuivat tässä opinnäytetyössä seuraavanlaisiksi:

- Mitkä rainatuotteet virtaavat hitaasti tilaus-toimitus prosessissa?
- ”Varasto täynnä” – häiriön juurisyyyn sijainti tilaus-toimitus prosessissa?
- Vastaako Raahen terästehtaan todellinen läpimenoaika Pulkkilan tilausmallissa olevaa 14 vuorokautta?

- Mitkä tekijät vaikuttavat läpimenoaikaan (rainojen lukumäärä, paksuus, asiakaslaatu)?

## 2.3 Työn tavoitteet sekä rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin rainaleikkauslinja 2 materiaalivirran nykytilan selvitys, hitaasti virtaavien tuoteryhmien selvitys sekä tilaus-toimitusprosessin kuvaus edellä mainituille tuoteryhmille. Muita tavoitteita opinnäytetyössä oli vähentää täysistä tuotevarastoista johtuvia tuotantoseisokkeja, visualisoida hitaasti virtaavat tuotteet näkymään jokapäiväisessä toiminnassa ja kehittää toimenpiteitä, miten ne saataisiin virtaamaan tehokkaammin tuotannon läpi (erityisesti leikkausvaiheessa).

Tavoitteet asetettiin korkealle tässä opinnäytetyössä ja niiden rajausta vältettiin alkuvaiheessa liikaa. Tämä sen takia, että työn kokonaisuuden valjetessa pystyttäisiin huomioimaan kriittiset kehityskohteet eikä täten liian suuri rajaus rajoittaisi näiden löytämistä. Kuten tieteelliselle tutkimukselle kuten opinnäytetyölle tarpeellista on, aiheelle suoritettiin rajausta. Tutkimuksen kohteena on rainaleikkauslinja 2 materiaalivirtaus ja vielä tarkemmin sen suurimman asiakkaan, Pulkkilan putkitehtaan rainatuotteet. Rajaus tehtiin koskemaan rainaleikkauslinja 2:sta, koska sen materiaalivirtauksessa on huomattu selkeästi hitaasti virtaavia tuotteita.

## 2.4 Tutkimusote

Tutkimusmenetelmät on perinteisesti jaettu kahteen eri kategoriaan, määrälliseen eli kvantitatiiviseen ja laadulliseen eli kvalitatiiviseen tutkimukseen. Näiden kahden pääsuuntauksen lisäksi on olemassa myös niin sanottuja ”blended” eli moniotteisia tutkimusmenetelmiä, joissa yhdistyy eri tutkimusmenetelmien tekniikoita ja työkaluja. (Kananen 2015, 33 & Research Methods n.d.) Opinnäytetyöt tyypillisesti ovat kehittämistä- tai toimintatutkimuksia. Kanasen (2012) mukaan näiden kahden tutkimusotteen ero on hyvin minimaalinen ja raja on häilyvä. Suurin erottava tekijä näiden kahden tutkimusotteen välillä on, millainen tutkittava kohde on. Toimintatutkimuksen kohteena yleensä on jonkin ryhmän toiminta tai muu ihmisten toimintatapojen muuttamiseen pyrkivä parannus. Kehittämistutkimus taas soveltuu tutkimusotteena

paremmin tuotannollisiin ongelmiin, kuten prosessien, palveluiden tai tuotteiden kehittämiseen. (Kananen 2012, 41.)

### **Kehittämistutkimus**

Kehittämistutkimus alkaa tutkimusongelmasta, kuten perinteisesti kaikki tieteelliset tutkimukset. Tutkimuksen kohteeksi valitaan jokin ongelma, josta muodostetaan lähes poikkeuksetta aina tutkimuskysymykset, näin ollen ongelma konkretisoituu paremmin. Kananen (2015, 33) mukaan opinnäytetyön kaltaiset kehittämistutkimukset alkavat aina selvästä muutostarpeesta. Kehittämistutkimus pohjautuu vakiintuneeseen tieteellisen tutkimuksen IMRAD-malliin (Introduction, Methods, Research/Results ja Discussion). Tätä kyseistä mallia noudatettaessa varmistutaan, että opinnäytetyö täyttää tieteellisen tutkimuksen kriteerit. Kehittämistutkimuksen rakenne on kuvattu kuviossa kuusi. IMRAD-mallin ja kehittämistutkimuksen rakenteiden suurin ero on, milloin tutkimusasetelma esitellään raportoinnissa. Opinnäytetyön raportissa tutkimusote on oleellista esitellä heti johdanto-kappaleen jälkeen. Opinnäytetyön raportointi, lukeminen sekä arviointi pystytään suorittamaan helposti, kun peruspilarit löytyvät oikeilta paikoiltaan. (Kananen 2015, 17-18.)

#### PERINTEINEN MALLI JA MUKAUTETTU MALLI

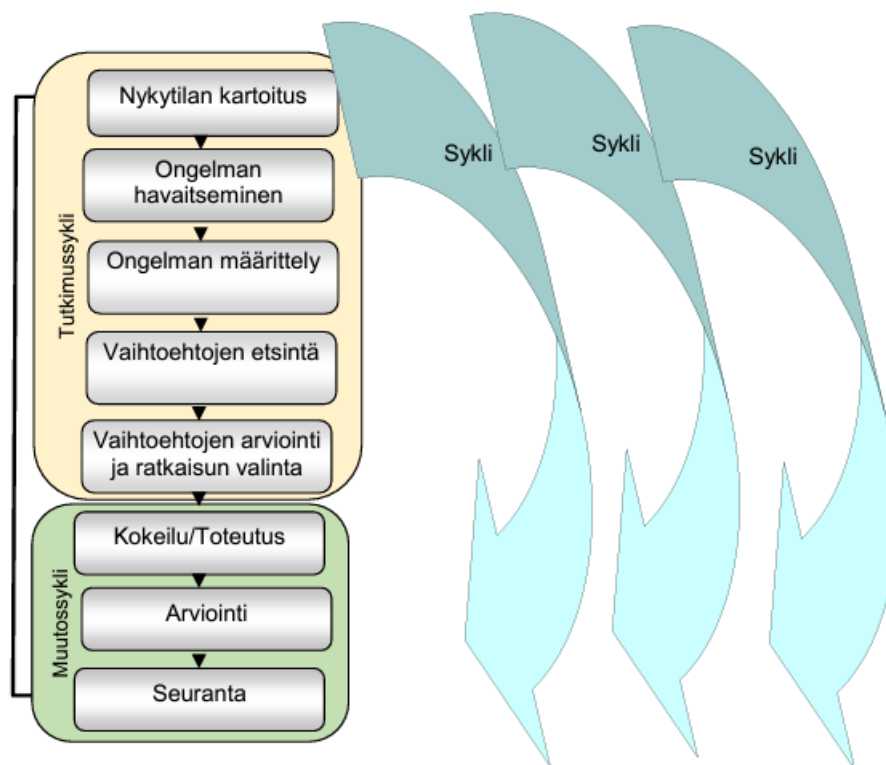
Klassinen rakenne	Mukautettu rakenne
1 Johdanto	1 Johdanto
2 Teoriaosuus	2 Tutkimusasetelma
3 Tutkimusasetelma	3 Teoriaosuus
4 Tutkimustulokset	4 Tutkimustulokset
5 Johtopäätökset	5 Johtopäätökset
6 Pohdinta	6 Pohdinta
LÄHTEET	LÄHTEET
LIITTEET	LIITTEET

Kuvio 6. IMRAD-mallin mukaisen tutkimuksen ja kehittämistutkimuksen rakenteet (Kananen 2015, 17.)

Kehittämistutkimuksen vaiheet on kuvattu kuviossa seitsemän. Tutkimuksen voi karkeasti jakaa kahteen osioon, tutkimussykliin ja varsinaiseen muutossykliin. Tutkimussykli alkaa nykytilan kartoituksella, jonka tarkoituksena on saada perinpohjainen yleiskuva sen hetkisestä tilanteesta. Tämä vaihe on tärkeää suorittaa hyvin, etenkin



jos opinnäytetyön kohdeyritys ei ole tutkijalle ennestään tuttu. Seuraavaksi tarkoitus on havaita ongelmia nojaten tieteelliseen viitekehykseen sekä valikoituihin tutkimusmenetelmiin. Ongelmien ollessa selvillä, voidaan laatia vaihtoehtoisia ratkaisutoimenpiteitä. Seuraavaksi alkaa muutossykli tutkimuksessa, eli kehittämistutkimuksen luonteelle omaava käytännön toteutus astuu esille, eli valikoidaan perustellen paras ratkaisu ja toteutetaan se. Muutostoimenpiteille on syytä asettaa mittarointi, jotta pystytään luotettavasti vertaamaan muutoksen vaikutusta lähtötilanteeseen.

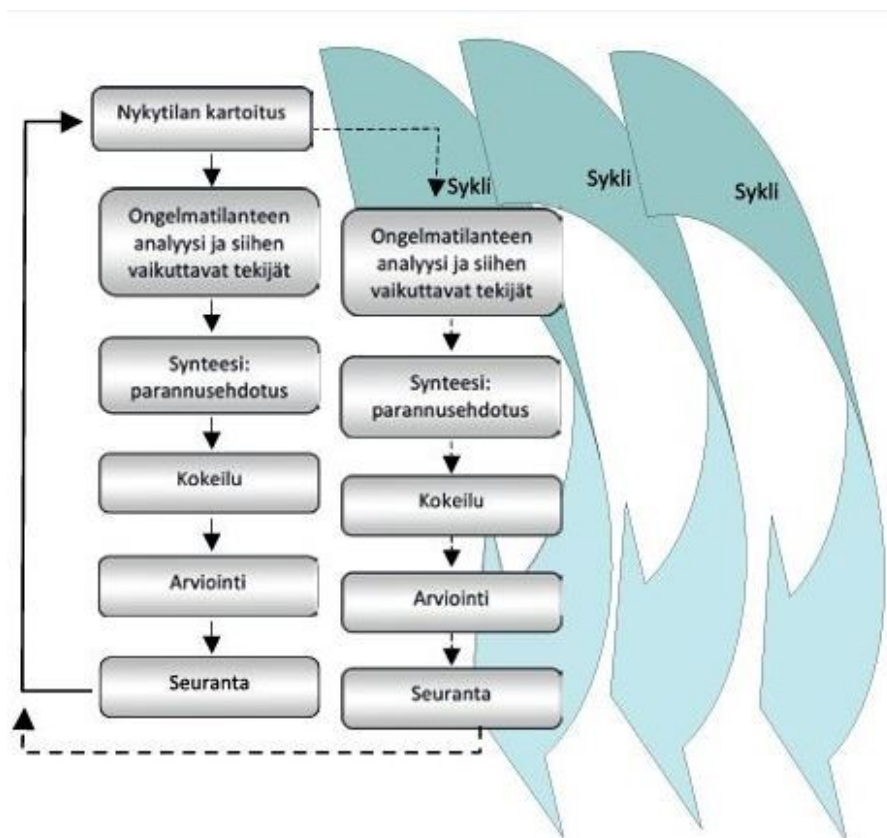


Kuvio 7. Kehittämistutkimuksen vaiheet. (Kananen 2014, 42.)

### Toimintatutkimus

Toimintatutkimusta ei voida yksiselitteisesti kategorioida yhden tutkimusmenetelmän alle. Siinä yhdistyy useita eri tutkimusotteita, joten luonteeltaan sitä voisi kuvaila moniotteiseksi. Toimintatutkimuksen perimmäinen ajatus on saada aikaa pysyvä muutos ja lähestyä tutkittavaa ongelmaa käytännön kautta. Ominaista tälle tutkimusmenetelmälle on tutkijan ja läheisesti tutkimusongelman kanssa työskentelevien ihmisten välinen yhteistyö. Toimintatutkimus voidaan selkeästi jakaa eri vaiheisiin ja sykleihin, kuten kuviosta kahdeksan voidaan todeta. Tutkimus aloitetaan nykytilan kartoituksella, jossa tehdään laaja selvitys ennalta valitusta tarkasta tutkimuskoh-

teesta. Seuraavaksi, kun ongelmatilanne on kartoitettu, selvitetään siihen liittyvät eri osa-alueet ja tekijät. Ongelmakohtien löydyttyä, voidaan aloittaa synteesi-vaihe, eli parannusehdotus. Tässä vaiheessa viimeistään olisi hyvä ottaa mukaan kehityskeskusteluihin mukaan käytännön tasolla työskentelevät henkilöt, jotta saadaan kokonaisvaltaisempi kuva ongelmatilanteesta. Toimintatutkimuksen seuraava vaihe on kokeilu, eli implementoidaan kehitetyt parannusehdotukset käytäntöön ja arvioidaan sekä mitataan miten ne toimivat. (Kananen 2014, 11–15.)



Kuvio 8. Toimintatutkimuksen rakenne. (Kananen 2014, 34.)

## 2.5 Tutkimusotteen valinta

Kanasen (2014, 14) mukaan (Coghlan & Brannick 2010, 4) määrittelee toimintatutkimuksen oleellisten elementtien olevan nimenomaan toiminnan kehittämässä, joilla haetaan pysyvää muutosta, toimitaan tiiviissä yhteistyössä sidosryhmien kanssa sekä tutkijan tiivis osallistuminen ratkaisun implementoinnissa. Tämän opinnäytetyön ongelma liittyy koko tilaus-toimitus prosessiin. Kanasen (2012, 41) mukaan taas kehit-

tämistutkimuksen kohteena tyypillisesti on juurikin prosessit, palvelut ja toiminnot. Kanasen (2015, 40) mukaan kehittämistutkimus on enemmän kuin pelkkä laadullinen tai määrällinen tutkimus, eli tutkimuksen tarkoituksena on saada konkreettisia hyötyjä ja muutoksia aikaiseksi. Edellä mainittuihin lähteisiin nojaten, tämä opinnäytetyö olisi voitu toteuttaa kummankin tutkimusotteen mukaisesti. Tämän opinnäytetyön ongelmakuvaus kuitenkin voidaan katsoa sopivan paremmin kehittämistutkimukseen, koska esimerkiksi tutkimusongelman voi kiteyttää olevan kokonaisuudessaan tilaus-toimitusprosessissa. Aineiston keräämisessä myös käytettiin sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia menetelmiä.

### **3 Kehittämistutkimuksen aineisto**

#### **3.1 Aineiston rakentaminen**

Kanasen (2012, 96) mukaan kehittämistutkimuksessa voidaan käyttää sekä kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen mukaisia aineiston keruu- ja analyysimenetelmiä. Aineiston rakentaminen alkoi vapaamuotoisilla haastatteluilla rainatuotteiden tilaus-toimitus ketjun eri avainhenkilöiden kanssa, jotta saatiin yleiskuva millaista dataa tarvittaisiin nykytilan selvittämisessä ja miten sitä saadaan kerättyä. Opinnäytetyön alkuvaiheessa oli hankala muodostaa tarkkoja haastattelurunkoja, koska yleiskuvaa ongelmasta alettiin vasta rakentaa. Haastatteluja ei nauhoitettu vaan niistä laadittiin muistiinpanoja myöhempää käyttöä varten. Haastattelujen aihe-alueet etenevät alla olevan järjestyksen mukaisesti:

- Tuotannon karkeakuormitus ja ajoitus (Factory planner)
- Sulaton tuotannonohjausjärjestelmä (NEUVO/AIVO)
- Nauhavalssauksen jakonsuunnittelu
- Leikatut kelatuotteet - osasto (Eveman/KEVO)
- Pulkkilan tuotannonohjaus ja toiminta yleisesti

Primääriaineisto koostui edellä mainittujen haastattelujen pohjalta ja sekundäärinen aineisto tuotannonohjausjärjestelmistä kerätyistä historiatiedoista. Sekundääriaineiston kokoaminen alkoi tutustumalla rainatuotteiden tilaus-toimitusprosessin eri prosessivaiheiden tuotannonohjausjärjestelmiin ja tietokantoihin, joista tarvittavaa dataa kerättiin. Tietokannat olivat Oracle-tietokantoja, jotka yhdistettiin Microsoftin Excel- ja Access-ohjelmiin. Näin ollen saatiin raaka-data kerättyä tietokannoista ja päästiin suorittamaan analysointia, miten eri tuoteryhmien läpimenoajat vaihtelivat.

### 3.2 Aineiston analysointi

Jo opinnäytetyön alkuvaiheessa oli epäilyksiä, että eri asiakaslaatuojen rainojen läpimeno- sekä varastointiajoissa voi olla eroavaisuuksia. Aineiston analysoiminen suoritettiin tilastollisten testien avulla, jotta saatiin varmuutta havaintojen oikeellisuudesta. Tilastolliset testit jaetaan tyypillisesti kahteen kategoriaan: normaalijakautuneen datan ja epäparametrisiin testeihin. Tässä opinnäytetyössä kootun aineiston analysointimenetelmänä käytettiin aluksi kahta eri testiä minkä avulla voidaan todeta onko aineisto normaalijakautunut vai ei. Tämä määrittelee mitä tilastollisia testejä aineiston analyysissä voidaan käyttää. Anderson-Darling sekä Kolmogorov-Smirnov testi vertaa empiirisen kertymäfunktion avulla aineiston jakaumaa, olettaen sen olevan normaalijakautunut ja antaa tulokseksi p-vertailuarvon. P-arvo ja etukäteen määritelly alfa-taso (toisin sanoen merkitsevyytaso) määrittää voidaanko testin perusteella kumota tai hyväksyä määritelty 0-hypoteesi. Yleisesti alfa-tasona käytetään 5 prosenttia, jolloin p-arvon ollessa alle 0.05 aineistossa on tilastollisesti merkitsevä poikkeama. Luonnollisesti p-arvon pienetessä tilastollinen merkittävyys kasvaa. (Test for normality n.d & Nokelainen 2008.) Mood's Median testillä voidaan vertailla aineiston eri mediaanien riippuvuussuhdetta toisiinsa, joka perustuu Khiin neliötestiin (Chi Square). Tässä hypoteesissa vertaillaan kahden tai useamman ryhmän eroavaisuutta toisiinsa nähden. Mood's Median testi kuuluu epäparametrisiin tilastollisiin testeihin, jota käytetään kun analysoitava aineisto ei ole normaalijakautunut. Kuviossa yhdeksän on esimerkki Mood's Median testistä ja sen tuloksista. Testin analysoiminen voidaan aloittaa p-arvosta, joka määrittelee, kumpi hypoteeseista hylätään. Kuten normaalitesteissä, myös tässä alfa-tasona käytetään yleensä 5 %. Eli p-arvon ylittyessä 0.05, mediaanien voidaan todeta olevan yhtäläisiä, kuten kuvion yhdeksän esimerkki-

testissä on käynyt. Testi kertoo myös mediaanien luottamusvälin, esimerkkitapauksessa voidaan tehdä oletus, että 95 % varmuudella ryhmän mediaanit osuvat kyseiselle välille. (Buthmann n.d) Kanasen (2012, 133) mukaan kvantitatiivisessa tutkimuksessa tyypillisesti havaintoyksiöitä on jopa useita satoja. Näin suuren aineiston käsittely edellyttää tilastollista tarkastelua, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavana. Aineiston tarkempi analysointi ja tulokset on kerrottu tutkimuksen toteutus-kappaleessa 5.

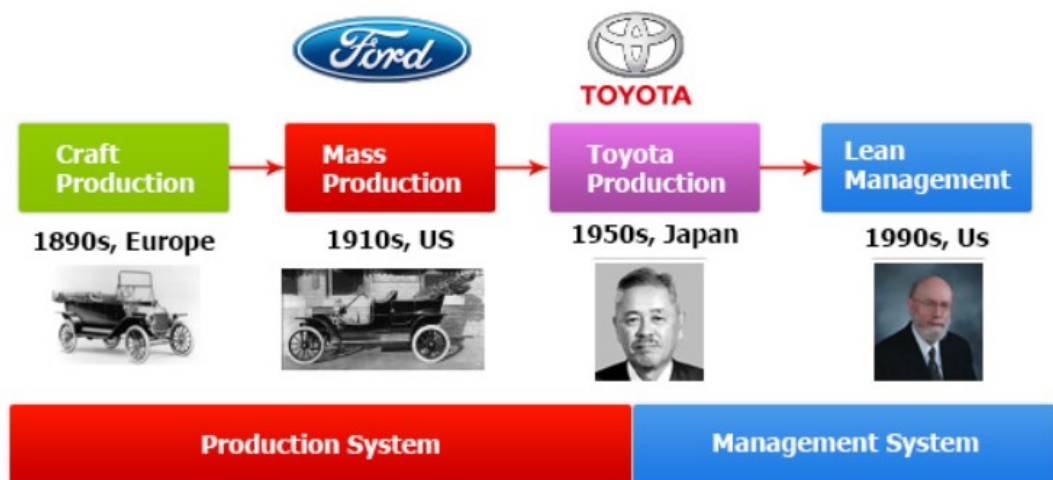
Esimerkki Mood's Median testistä					
lämpötila	mediaani	N <= yli mediaanin	N > alle mediaanin	Q3-Q1	95 % mediaanin luottamusväli
38	19	4		4.00	(17.4667, 22.5333)
42	19	3	3	9.50	(15.3571, 25,6429)
46	22	2	4	7.25	(15.7857, 26,5714)
50	18	5	1	4.25	(14.4286, 20.6429)
yht. mediaani	19				
nollahypoteesi	H0: populaation mediaanit ovat yhtäläisiä				
vaihtoehtoinen hypoteesi	H1: populaation mediaanit eivät ole yhtäläisiä				
vapausaste (DF)	Khiin neliötesti	P-arvo			
3	1.44	0.697			

Kuvio 9. Esimerkki Mood's Median testistä ja sen tuloksista (Interpret the keys results for Mood's Median Test n.d, muokattu)

## 4 Lean filosofia

Lean filosofia juontaa juurensa historiassa aina 1900-luvun alkuun, kuten kuviosta 10 voidaan todeta. Tällöin Henry Ford alkoi kehittää autojen kokoonpanoa tehokkaammaksi. Tämän ajatuksen pohjalta syntyi ajatusmaailma virtaavasta tuotannosta, mikä ansiosta Fordin tuotantovolyymiä saatiin nostettua huomattavasti. Seuraava iso kehityskausi Leanin historiassa alkoi 1930-luvulla. Toyotan silloinen toimitusjohtaja Kiichiro Toyoda kehitti Toyotan, vielä tänäkin päivänä tunnetun Toyota production systemin (TPS). Tämän taustalla vaikutti vahvasti Fordin ideologia virtaavasta tuotannosta. TPS:n tavoitteena oli saada tuotevalikoimaa laajemmaksi sekä luoda laadunvarmistamiselle paremmat puitteet. Ensimmäiset kehityksen askeleet TPS:ssä sisälsi esimerkiksi oikean kokoisten koneiden valitseminen täsmäämään tuotannon volyy-

miä, tuotannon layoutin suunnittelua tehokkaammaksi ja tuotantokoneiden helpot säätömahdollisuudet, jotta tuotannon joustavuutta pystyttäisiin kasvattamaan. (A Brief History of Lean, n.d.) Vuonna 1991 Mike Rotherin kirjoittama teos *The Machine That Changed the World* toi maailmanlaajuisesti TPS:n ideologian tutuksi nimellä Lean.



Kuvio 10. Lean filosofian historian merkittävimmät taitekohdat (A Brief History of Lean, n.d)

Suomennettuna Lean tarkoittaa hoikkaa tai solakkaa, mikä nimensä mukaisesti kyttyä hyvin filosofian sen taustalla. Lean on kehitetty pääosin TPS:n pohjalta ja soveltaa hyvin pitkälti samoja periaatteita. Autoteollisuudesta alkunsa saanut yrityksen toimintoja ohjaava ajattelutapa on levinnyt nykyään lähes kaikille toimialoille ja on 2010-luvulla saavuttanut johtavan tuotantoperiaatteen aseman useilla eri sektoreilla. Leanin toimivuudesta omaa kieltään kertoo se, että sen mukaista toimintaa harjoittavia yrityksiä löytyy yhä enemmän markkinoiden johtoasemista. Toiminnasta pyritään karsimaan yrityksen tuotannosta kaikki turha toiminta. Leanilla yrityksen toiminnasta yritetään tehdä tarkoituksenmukaista kartoittamalla ne toiminnot jotka luovat sille lisä-arvoa asiakasnäkökulmasta ja pyritään kehittämään nimenomaan näitä toimintoja. Lean-ajattelun keskeisiä ajatuksia on pyrkiä minimoimaan kaikki hukkaa aiheuttavat tekijät ja kehittämään toimintaa jatkuvasti. (Kouri 2009, 4-7.)

TPS:n ydinajatus on, että mikäli halutaan parantaa tuottavuutta ja sitä kautta muun muassa kilpailukykyä, on tunnistettava hukan lähteet tuotannossa. Ja ennen kuin pohditaan edes mistä hukka muodostuu, on selvítettävä mistä tuotteen arvo muodostuu. Tämän tyypillisesti määrittää asiakas, mutta myös muita määrittelykeinoja on. Hukkatyyppejä on lähteestä riippuen mainittu seitsemästä yhdeksään. Seuraavassa luettelossa on listattuna ne tyypilliset seitsemän eri hukan lähdeä.

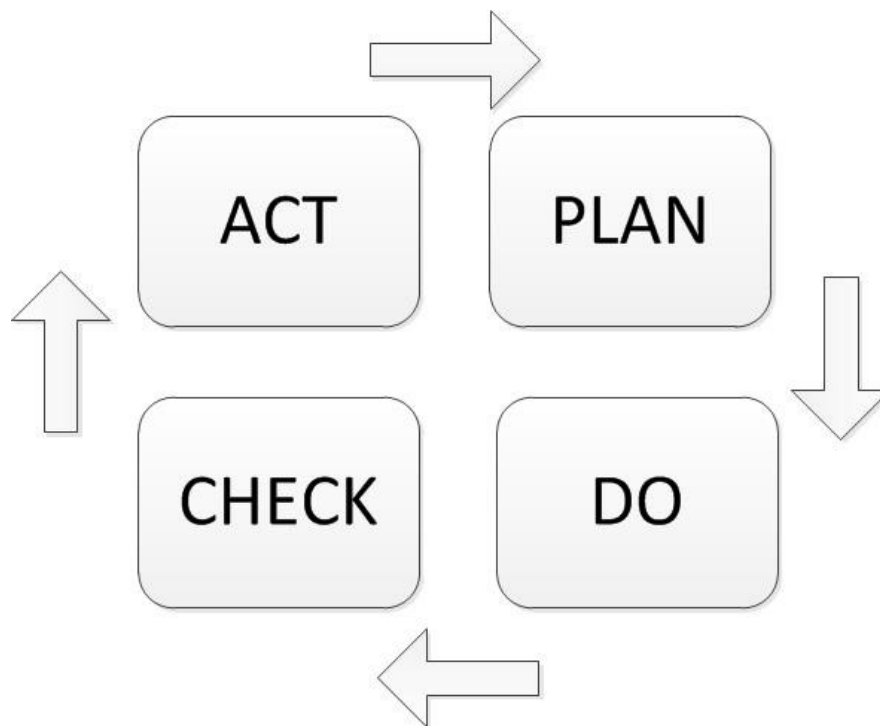
- Turha työskentely
- Ylituotanto
- Varastointi
- Odottelu sekä etsiminen
- Siirto- ja käsittelyvaiheet
- Siirtymiset
- Korjaustyön suorittaminen

Leanin ajattelumaailman mukaan ongelmat ja puutteet pyritään näkemään aina tilaisuuksina kehittää yrityksen toimintaa tehokkaammaksi ja tuottavammaksi. Yrityksen toiminnalle asetetaan tavoitteita joiden saavuttamista seurataan asetettuja mittareita seuraamalla. Ongelmanratkaisussa pyritään systemaattisuuteen ja pienryhmien käyttöön. (Kouri 2009, 8.)

#### 4.1 PDCA – tavoitetilan saavuttaminen sekä jatkuva parantaminen

Plan-do-check-act (PDCA) on Leanin työkalu, jonka avulla pyritään saavuttamaan asetettu tavoitetila tieteellisesti. Kuviossa 11. on havainnollistettu PDCA-syklitys. Tavoitetilan saavuttamiseen tarvittavat keinot ei välttämättä ole alkutilanteessa tiedossa, tähän hyvän työkalun tarjoaa PDCA-toimintamalli. Plan-vaiheessa suunnitellaan se prosessi, miten tavoitetilaan oletetaan päästävän. Suunnitteluvaiheessa määritellään mitä odotetaan prosessissa tekevän ja tapahtuvan. Suunnitteluvaiheen tuloksena syntyy ennuste tai hypoteesi prosessinkulusta. Toisessa vaiheessa hypoteesi implementoidaan, eli suoritetaan prosessi suunnitellusti. Toteutus-vaiheessa on tärkeää muistaa dokumentoida havaintoja riittävän tarkasti, jotta Check-vaiheessa voidaan

verrata tuloksia odotettuihin tuloksiin. Syklin viimeisessä act-vaiheessa todetaan, tuottiko alun perin suunnitellut toimenpiteet halutut vaikutukset. Mikäli toimiva ratkaisu löytyi, se standardisoidaan ja tuodaan stabiiliin tilaan. Jos taas tulokset eivät vastaa tavoitteita, aloitetaan PDCA-sykli alusta uudelleen. Lean filosofian yksi keskeisistä ajatuksista on jatkuva parantaminen, eli vaikka tuloksilla päästäisiinkin tavoitettiin, on syytä palata myöhemmin jo ratkaistuun ongelmaan ja kehittää edelleen sitä. (Rother 2011, 121-123.)



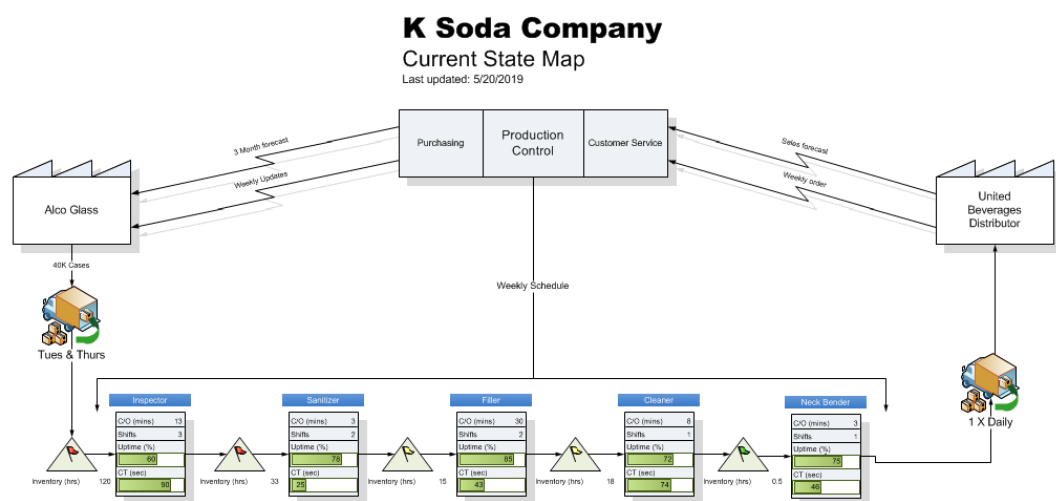
Kuvio 11. PDCA toimintamalli (Rother 2011, 122, muokattu.)

## 4.2 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus VSM (value stream map), on visuaalinen työkalu mihin kuvataan esimerkiksi jonkin yksittäisen tuotteen tai tuoteperheen tilaus-toimitusprosessi. Kuten kuviosta 12 voidaan nähdä, sen tarkoituksena on avata yhdellä sivulla kokonaisuudessaan mitä kaikkea tapahtuu siitä, kun tilausimpulssi lähtee asiakkaalta päättyen valmiina tuotteena takaisin asiakkaalle. Arvovirtakuvaus koostuu kolmesta kokonaisuudesta: fyysisestä materiaalivirrasta, informaatiovirrasta sekä aikajanasta, mihin on visuaalisesti kuvattu tuotteelle arvoa tuottava (value-add VA) ja tuottamaton



(nonvalue-add NVA) aika. Näitä kahta arvoa seuraamalla pystyy paikantamaan tuotteen arvovirrasta hukkan sijainnin ja suuruuden. VSM rakennetaan aluksi tilaus-toimitusprosessin nykytilalle, mistä voidaan konkreettisesti nähdä suurimmat hukkaajat tuotannossa. Nykytilan ja hukka-aikojen ollessa tiedossa, voidaan laatia uusi VSM missä on pyritty maksimoimaan arvoa tuottava aika ja minimoimaan arvoa tuottamaton aika tuotteelle. Arvovirtakuvauksessa on tärkeää huomioida skaalaus, mitä kuvataan. Liian suuri skaalaus ei välttämättä anna konkreettisia kehityskohteita. Rother (2011, 15) mukaan tuotannon kehittäminen pienillä muutoksilla vie pysyviin parempiin ratkaisuihin, tästä johtuen liian suuria muutoksia tulisi välttää, jotta implementointi on mahdollista. Arvovirtakuvauksessa prosessien läpimenoajat ja varastointiajat muodostavat kokonaisläpimenoajan. Rotherin & Shookin (2011, 24) mukaan, mikäli halutaan lyhentää läpimenoaika kokonaisuudessaan, on kehitystoimenpiteet laadittava yksittäisille prosesseille. Lean-tuotannon mukaisesti järkevintä on keskittyä virtaustehokkaaseen tuotantoon eikä resurssitehokkaaseen. (King 2009, 57- 61; Rother & Shook 2003, 3; Rother 2011, 24-25.)

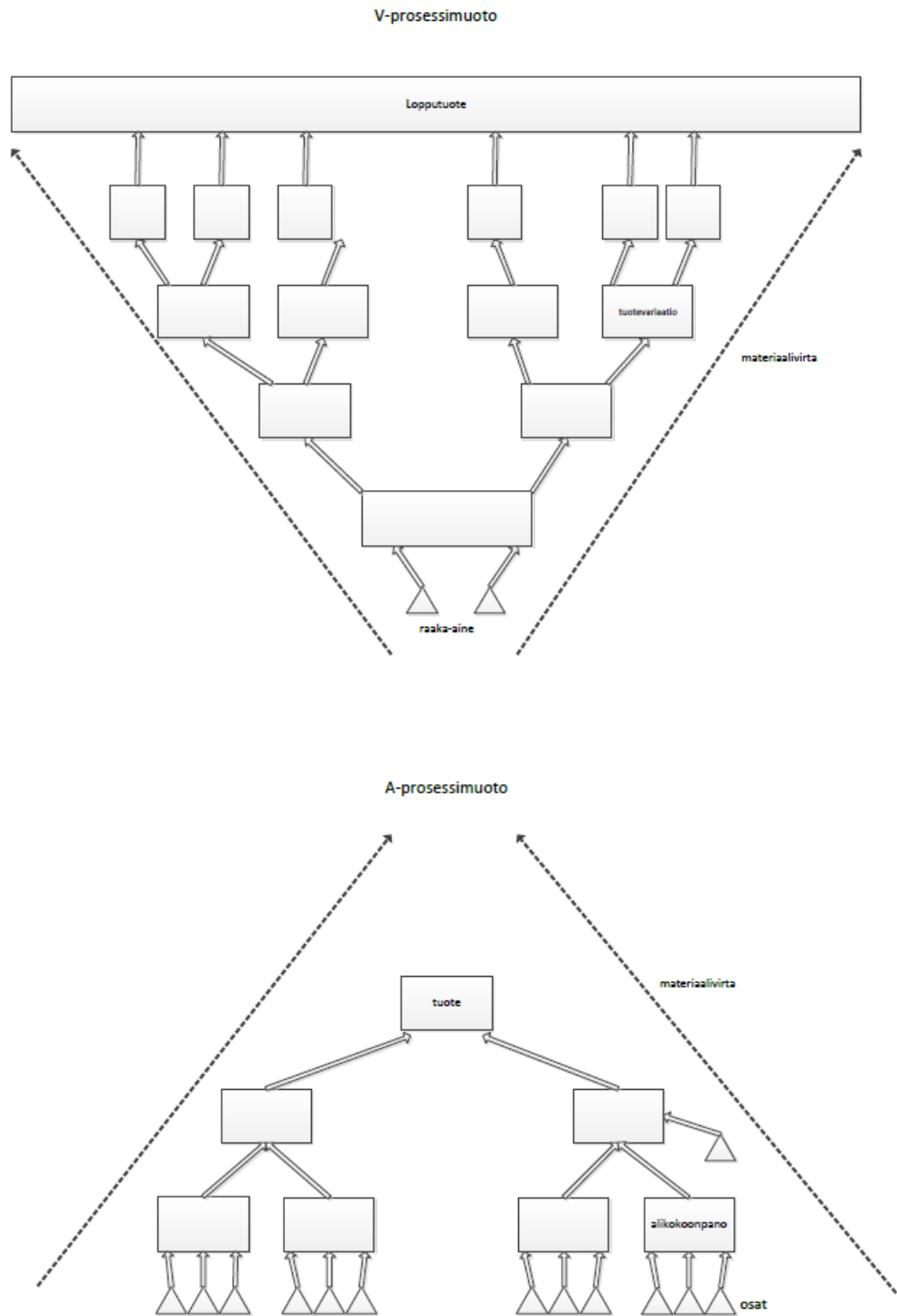


Kuvio 12. Esimerkkikuva arvovirtakuvauksesta (VSM) (King 2009, 83.)

### VSM prosessiteollisuudessa

Lean on yleisesti ottaen sovellettavissa helposti eri toimialoille teollisuudessaakin, mutta prosessiteollisuuden luonne vaatii pieniä muutoksia lähestymistapaan. Edellisessä kappaleessa kuvattiin yleisellä tasolla mitä VSM on, mutta tässä opinnäytetyössä toimeksiantaja tuottaa terästuotteita raaka-aineesta, eli kyseessä on prosessituot-

tanto. Tämä johti siihen, että VSM:ää ei pystynyt esimerkiksi Rotherin teoksen *Learning to see* avulla rakentamaan suoraan. Lähestymiskulmaa täytyi muuttaa hieman ja siihen avaimet antoi Kingin kirjoittama teos *Lean for the process industries*. Arvovirtakuvauksen laatiminen prosessituotannossa eroaa joiltain osin verrattuna esimerkiksi perinteiseen konepajaympäristöön. Tyypillisesti VSM:n nykytilan kuvaaminen aloitetaan kävelemällä ja kellottamalla käsin tuotannon läpimenoaikoja eri prosessipisteiden välillä. VSM:n rakentamista myös tyypillisesti suositellaan hahmottelemaan paperin ja kynän kanssa. Esimerkiksi konepajaympäristössä tämä onnistuu helposti, koska materiaalivirta yleensä liikkuu fyysisesti lyhyitä matkoja. Prosessiteollisuudessa mittasuhteet tyypillisesti ovat paljon suurempia, joten tällainen toimintatapa olisi huomattavasti vaikeampaa. Tehokkaampi tapa on kerätä tuotannonohjauksjärjestelmistä esimerkiksi historiadataa ja keskustella esimerkiksi eri prosessien avainhenkilöiden kanssa. Tällä tavalla toimien, prosessi konkretisoituu nopeammin VSM:n laatijalle. Prosessiteollisuudessa VSM:n laadinta kannattaa aloittaa materiaalivirtauksen alavirtaan, koska prosessimuoto on V:n muotoinen, eli raaka-aineesta valmistetaan useita eri tuotevariaatioita. Verrattuna esimerkiksi kokoonpanoteollisuuteen, prosessikartta on A:n muotoinen. Tällöin valmiita lopputuotteita on tyypillisesti vähemmän ja näin ollen VSM on järkevää rakentaa ylävirtaan. Suurin osa Lean implementaatioista suoritetaan toimialoille, jotka ovat esimerkiksi kokoonpanoa tai perinteistä koneistusta suorittavaa sektoria. Leanin implementointi ohjeistetaan yleisesti kirjallisuudessa juurikin edellä mainituille toimialoille. Tässä opinnäytetyössä toimeksiantajana on kuitenkin SSAB, joka valmistaa pitkälle kehittyneitä terästuotteita. Leanin implementoinnissa prosessituotantoon on huomioitava ja erityisesti painotettava eri asioita, koska esimerkiksi tuotannolliset rajoitteet ovat erilaiset. Valmistusprosessimallit ovat kokoonpano- ja prosessituotannon välillä vastakohtat, kuten kuvioista 13 voidaan jo visuaalisestikin todeta. Kokoonpanoteollisuudessa useasta eri komponentista valmistetaan ensin alikokoonpanoja joista edelleen muodostuu lopulta lopputuote. Prosessi voidaan tällöin kuvata A-mallin avulla. Prosessituotannossa taas tyypillisesti tuotanto alkaa niin sanotusti puhtaasta raaka-aineesta, jota jalostetaan eri valmistusprosessien kautta kohti lopputuotetta. Täten prosessivirtausmalli on V:n muotoinen. (King 2009, 27-29, 34-35.)



Kuvio 13. A- ja V-prosessimuotojen periaatekuva (King 2009, 27, muokattu.)

## 4.3 Leanin juurisyyanalyysit

### 4.3.1 5 x miksi

Lean-filosofiassa tärkeintä hukan poistamisessa on löytää aina juurisyy ongelmalle ja näin ollen välttää sen ilmentymistä tulevaisuudessa. 5 x miksi – menetelmä on Leanin työkalu, jonka tarkoitus on löytää esimerkiksi tuotannossa havaitulle ongelmalle juurisyy. Kun kysytään itseltämme tai kollegoilta miksi viisi kertaa (lukumäärä ei ole ehdoton, voi vaihdella tapauskohtaisesti), voidaan jopa yllättyä missä ongelman aiheuttaja todellisuudessa on. Useasti ongelmien analysoinnin alussa saattaa sen aiheuttaja vaikuttaa näennäisesti olevan hyvinkin selvä. Tällaisissa tapauksissa on ensiarvoisen tärkeää pysähtyä hetkeksi ja alkaa analysoida esimerkiksi 5 x miksi – menetelmän avulla ongelman aiheuttajaa. Tämän menetelmän avulla voidaan tuoda varmuutta siihen, että ongelman todellinen aiheuttaja saadaan eliminoitua. VSM:n nykytilan kuvauksen avulla voidaan paikantaa hukkien sijainti arvovirrassa. Näiden hukkien poistamisessa voidaan käyttää työkaluna juurikin tätä 5 x miksi – menetelmää. (King 2009, 13, 101)

### 4.3.2 5W2H – menetelmä

5W2H – menetelmä (Why, What, Where, Who When ja How, How much) on edellisessä kappaleessa kuvatun 5 x miksi – menetelmän pohjalta kehitetty juurisyyanalyysi. Tämän menetelmän avulla ongelmanratkaisija johdatetaan myös juurisyyn lisäksi kohti sen ratkaisemista. Kysymykset ovat valmiiksi järjestelty, jolloin se ohjaa järjestelmällisesti kohti ongelman juurisyyn ratkaisua. Kuten kuviossa 14 on esitetty, se tarjoaa valmiin pohjan kuinka ongelmaa lähestytään. Menetelmä käsittelee ongelmaa seitsemästä eri näkökulmasta, antaen tällöin monipuolisen ja kattavan selvityksen tutkittavaan ongelmaan. Tyypillisiä käyttökohteita tälle menetelmälle on ongelman määrittelyssä, nykytilan selvityksessä tai ratkaisun kehitys- ja suunnitteluvaiheessa. 5W2H – menetelmä hidastaa ongelmanratkaisua huomattavasti, mikä on kuitenkin tässä tapauksessa ainoastaan hyvä asia. Hidas eteneminen tuo varmuutta, että ongelman juurisyy saadaan selvitettyä. (Piirainen 2013.)

Asia	5W2H kysymykset	Tarkennus
Päämäärä	Why – Miksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarvitaanko prosessia/ tuotetta/ palvelua</li> </ul>
Aktiviteetti	What – Mitä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minkä tyyppinen ongelma on?</li> <li>Millainen ongelma on?</li> <li>Mitä tapahtuu?</li> <li>Onko meillä fyysisiä todisteita ongelmasta?</li> </ul>
Paikka	Where – Missä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Missä ongelma havaittiin?</li> <li>Missä ongelma esiintyy?</li> </ul>
Henkilöstö	Who – Kuka/Ketkä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehen ongelma vaikuttaa?</li> <li>Kuka ensimmäisenä havaitsi ongelma? (kotona/ kentällä)</li> <li>Kuka raportoi ongelmasta</li> </ul>
Aika	When – Milloin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Milloin ongelmasta ensimmäisen kerran ilmoitettiin?</li> <li>Mistä alkaen ongelmaa on esiintynyt?</li> </ul>
Menetelmä	How – Kuinka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oletko tietoinen ongelman laajuudesta?</li> <li>Kuinka paljon ongelma maksaa, vie aikaa tai sitoo henkilöitä?</li> </ul>
Laajuus/ kustannus	How Much – Kuinka paljon/ usein	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mikä on trendi? (erityis-/satunnaissyy)?</li> <li>Onko ongelma esiintynyt aiemmin?</li> </ul>

Kuvio 14. 5W2H – menetelmän periaate (Pirainen 2013.)

#### 4.4 Varaston kiertonopeus

Leanin asiakaslähtöinen ajattelumaailma on suoraan yhteydessä yrityksen varaston palvelutasojen määrittelyssä eri tuotteilla. Palvelutasolla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, kuinka paljon tuotteita lähetetään suoraan varastosta. (Varaston toiminnan mittaaminen. n.d)

$$\text{Varaston palveluaste} = \frac{\text{varastosta suoraan lähteneet tuotteet}}{\text{tilaukset yhteensä} \times 100 \%}$$

Palvelutason suuruus on suoraan verrannollinen varastoinnista aiheutuviin kustannuksiin. Kuviossa 15 on esitetty kuinka jyrkästi kustannukset nousevat palvelutavoiteasteen noustessa. Varaston kiertonopeus on yksi varastointiin liittyvä tunnusluku, joka kertoo varaston riittoisuuden vuorokausissa keskimääräisen myynnin tai kulu-

tuksen suhteen. Varaston kiertonopeus voidaan laskea alla olevalla kaavalla. (Sakki 1994, 51-52 & Varaston toiminnan mittaaminen. n.d)

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{\text{varaston arvo} \times 365}{\text{vuosittainen kulutus tai myynti}}$$



Kuvio 15. Varastokustannuksien ja palveluastetavoitteen välinen suhde. (Varaston toiminnan mittaaminen. n.d.)

## 5 Tutkimuksen toteutus

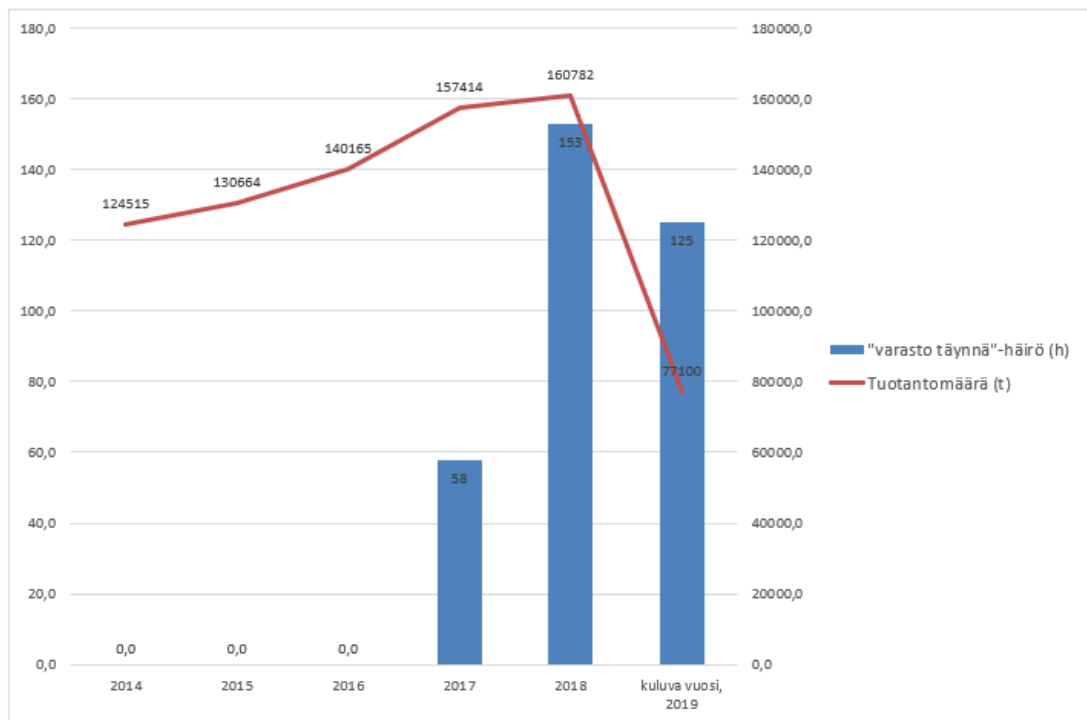
### 5.1 Nykytilan selvitys

Opinnäytetyö aloitettiin rainaleikkauslinja 2 materiaalivirran nykytilan selvityksellä. Nykytilan visuaalisessa kuvaamisessa käytettiin VSM arvovirtakuvausta. Ennen sen laatimista perehdyttiin rainaleikkauslinja 2:lla leikattujen rainakelojen historiadaan ja muodostettiin kokonaiskuva rainakelan valmistuksesta aina aihion leikkauksesta lähtien. Läpimenoajat laadittiin asiakaslaaturyhmittäin aihion leikkauksen, valssauk-

sen, rainan leikkauksen sekä rainan toimituksen välille. Läpimenoaikojen tarkastelu suoritettiin seuraavien Raahen prosessien aikaleimojen perusteella.

- Aihion leikkausaika
- Valssausaika
- Rainaleikkausaika
- Rainan lähetysaika

Läpimenoaikojen tarkastelu osoittautui huomattavan aikaa vieväksi operaatioksi, koska kokemusta tällaisesta tarkastelusta ei ollut ennestään tutkimuksen toteuttajalla. Raahen tehtaalla tuotannon tiedot kuten aikaleimat, tallentuvat pääsääntöisesti Oracle-tietokantoihin, joista saatiin kerättyä melkein koko 2018 vuoden rainakelojen data. Lähtötietona opinnäytetyöhön oli, että vuonna 2018 rainaleikkauslinja 2:lla oli kirjattuna noin 152 tuntia ”varasto täynnä” – häiriötä. Ensimmäisenä vaiheena nykytilan kartoituksessa tarkasteltiin häiriöiden määriä viimeisen viiden vuoden ajalta. Tätä aineistoa pääsi helposti keräämään LKT:n omasta Eveman-tuotannonohjausjärjestelmästä suoraan. Tämä tarkastelu tehtiin, koska haastattelujen parissa kävi ilmi, että aiempina vuosina tällaista ongelmaa ei ole ollut näin suuressa mittakaavassa. Kuten kuviosta 16 voidaan todeta, ”varasto täynnä” – häiriö on ilmennyt top 10-häiriöihin vuonna 2017. Tuotantomäärät ovat nousseet tasaisesti vuoteen 2018 saakka, mutta ”varasto täynnä häiriötä” on kuluvana vuonna 2019 ollut jo 140 tuntia. Vuonna 2017 Pulkkilassa uudistettiin tilausmallia, joka oli epäilyksenä häiriön kasvulle. Evemanissa on myös mahdollista kirjata häiriökirjauksia ”muusyy” – häiriön alle, mutta tarkastuksen jälkeen todettiin, että täysin varastoihin liittyviä häiriöitä ei ollut kirjattu sinne. Kuluvana vuonna 2019 rainaleikkauslinja 2:lla on menetetty tuotantokapasiteettia noin 140 tunnin verran.



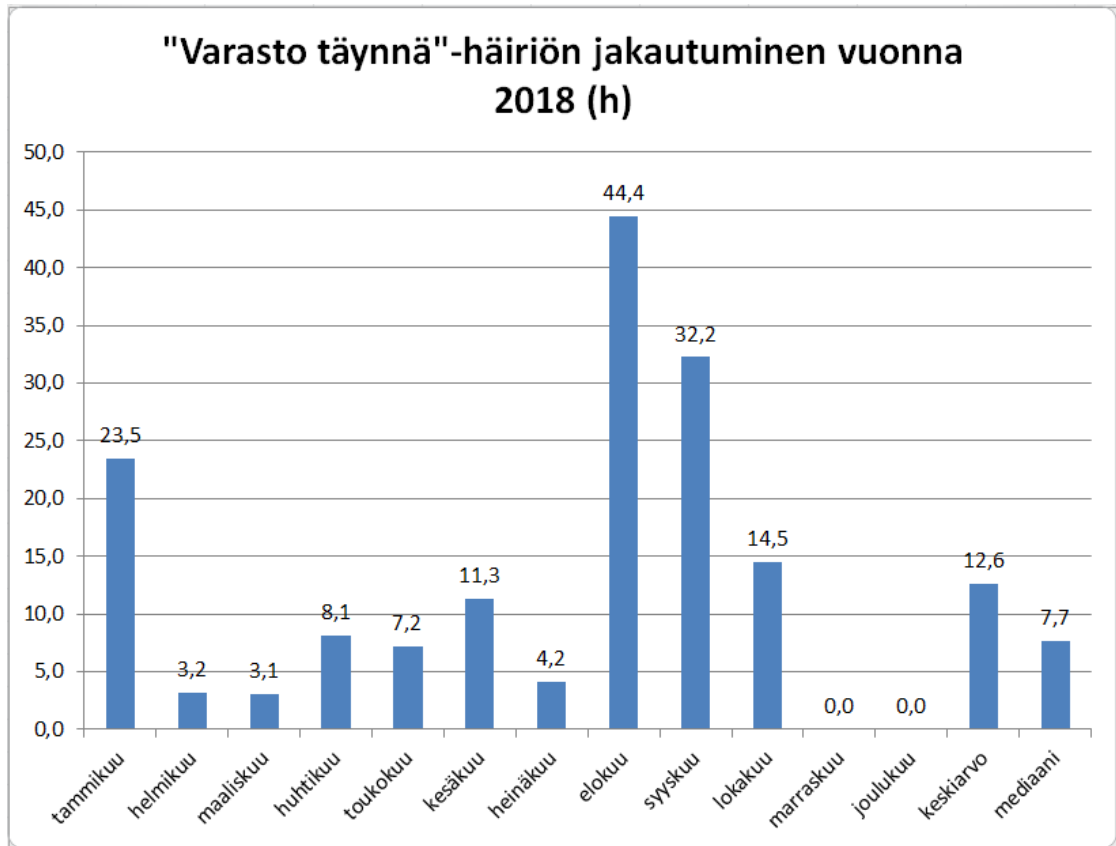
Kuvio 16. "Varasto täynnä"-häiriön ja tuotantomäärät kuvattu vuosina 2014-2019.

Aineiston otannan laajuus oli noin yhdeksän kuukautta 26.3.2018–31.12.2018. Alun perin tarkoituksena oli tarkastella kokonaisuudessaan vuotta 2018, mutta rainakelojen toimituspäivämäärät saatiin kerättyä KEVO-järjestelmästä ja sen käyttöliittymän historiakanta kattaa aina viimeiset 365 päivää taaksepäin tarkasteluhetkestä. Tarkempi tutkimus päätettiin suorittamaan vuoden 2018 tuotannolle, koska esimerkiksi varaston kiertonopeus rainaleikkauslinja 2:lla oli 47 (ks. liite 1). Tämä arvo saatiin KEVO-järjestelmästä, joka on kelojen sisäiselle liikenteelle käytetty järjestelmä LKT:ssä. Varasto on vaihtunut kuukaudessa keskimäärin noin neljä kertaa, mutta tätä ei pystytty vielä tekemään johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen. Siltikin ongelmia tiedettiin olevan juurikin tämän tuotantolinjan materiaalivirtauksessa.

Kuviossa 17 on esitetty "varasto täynnä" – häiriön jakautuminen kuukausittain vuonna 2018. Kyseessä on merkittävä hukan aiheuttaja materiaalivirtauksessa rainaleikkauslinja 2:lla. Pulkkilan putkitechdas sekä rainaleikkauslinja 2 vakituiset vuorot ovat kesälomalla heinäkuun. Tällöin rainaleikkauslinja 2:sta ajetaan ainoastaan satunnaisesti peittauslinjan henkilöstöllä. Rainakelojen materiaalivirtaus on selvästi heikentynyt kesäloman jälkeisinä kuukausina. Lomaa edeltävänä aikana Raahen ja Pulkkilan



väliin oli kasvatettu huomattavasti suurempi välivarasto, mikä aiheutti materiaalivir-  
taan suuria hankaluuksia loma-aikojen jälkeen. Elo- ja syyskuussa "varasto täynnä" –  
häiriötä on ollut yhteensä noin 72 tuntia.

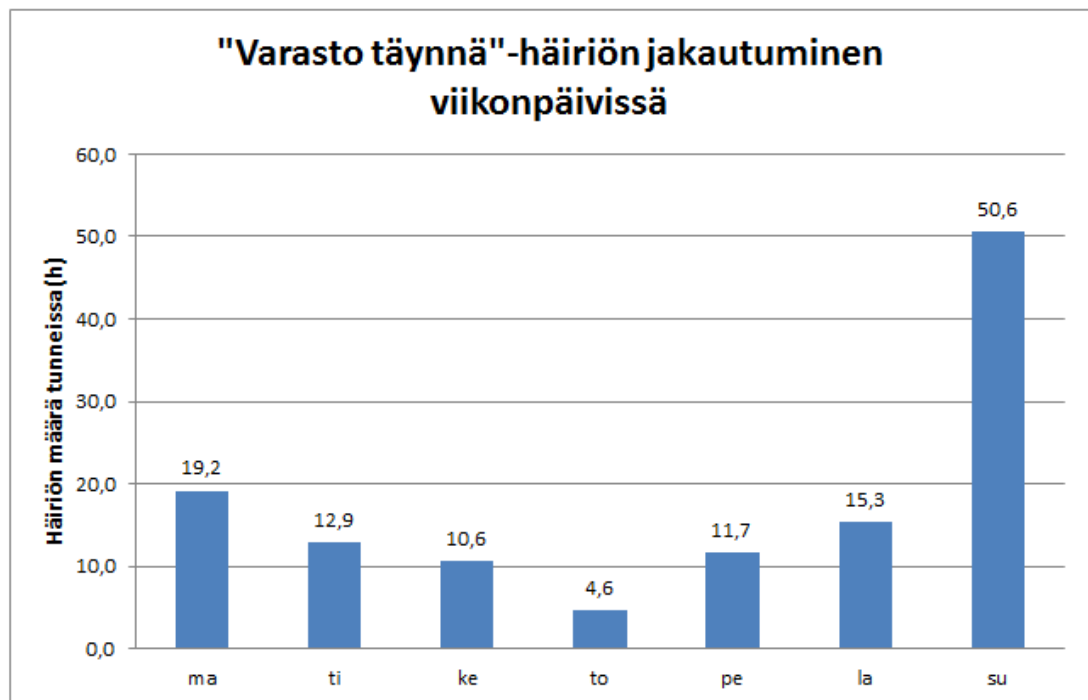


Kuvio 17. "Varasto täynnä"-häiriön jakautuminen rainaleikkauslinja 2:lla vuoden 2018 otannassa.

Haastattelujen pohjalta voitiin myös todeta, että tuotevarastojen täyttyminen aiheuttaa tuotantokapasiteetin menetyksiä myös linjan ajotahdin hidastumisen kautta. Vuorotuoantotehokkuuden ja varastosaldon välistä yhteyttä ei tässä opinnäytetyössä tarkasteltu ajankäytöllisistä syistä. Tämä päädyttiin rajaamaan pois opinnäytetyöstä, koska aineiston keruuvaihe oli eniten resursseja vievä vaihe.

Seuraavaksi tarkennettiin häiriön jakautumista viikonpäivien välillä. Kuten kuviosta 18 voidaan nähdä, häiriöt painottuivat vahvasti sunnuntaille. Rainakelojen vastaanotto aloitetaan sunnuntaina yövuorossa, joka aiheuttaa materiaalivirrälle haasteita rainaleikkauslinjalla Raahessa. Pulkkilan putkitekniikalla ei oteta rainakeloja vastaan ilman erikoisjärjestelyjä kuten ylitöiden muodossa. Tämä aiheuttaa Raahessa rai-

naleikkauslinjan valmistusvaraston nopealla täyttymisellä, kun tuotteet jäävät varastoon. Tätä kompensoidaan Raahessa esimerkiksi leikkaamalla muiden asiakkaiden tuotteita perjantain huoltopäivän jälkeen tai vaihtamalla yövuorojen suunnitellut ajovuorot rainaleikkauslinja 2:lta toisille linjoille. Kuitenkin kuviosta 18 voidaan todeta, että edellä mainitut kompensoinnit eivät riitä.

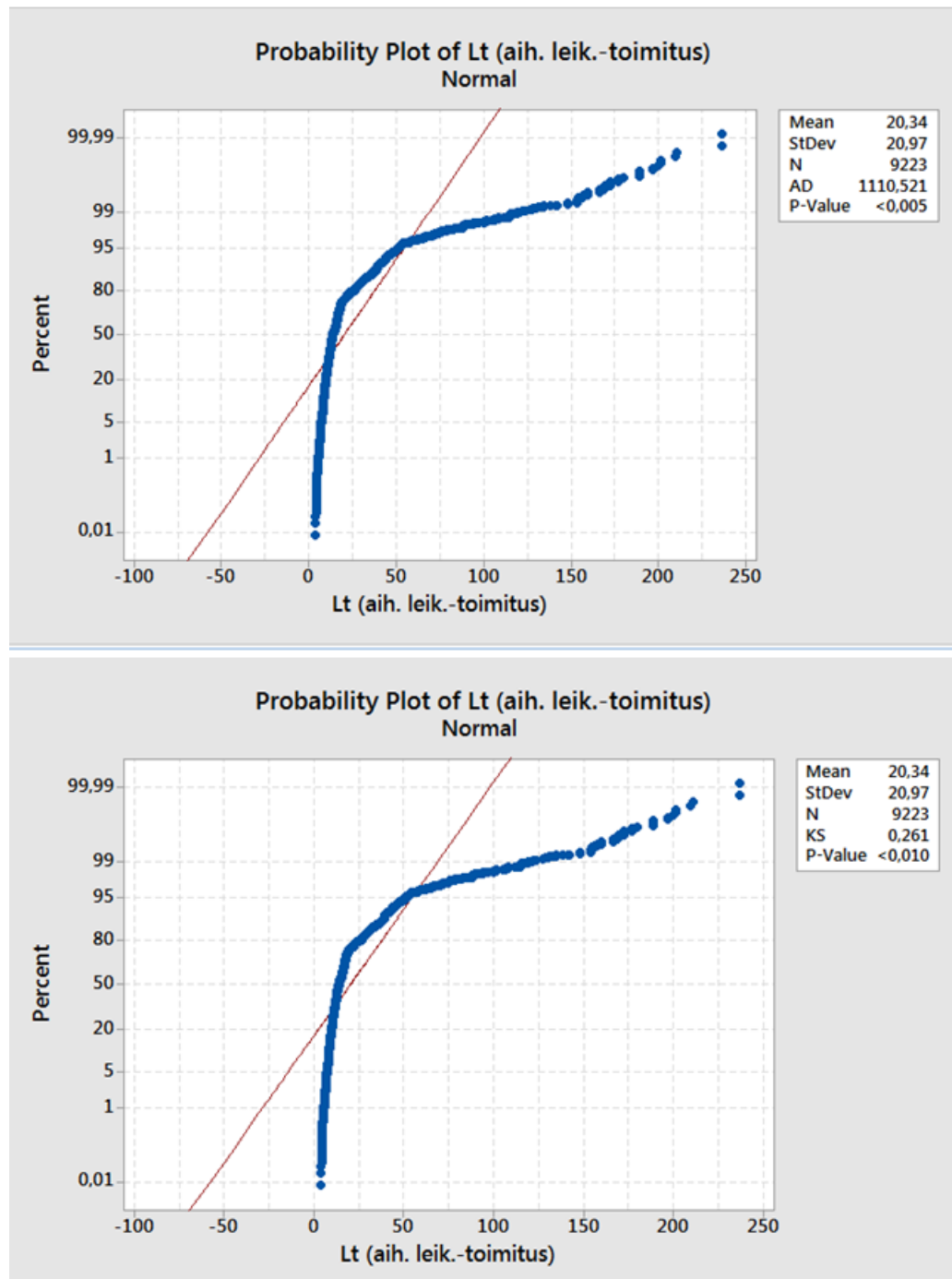


Kuvio 18. "Varasto täynnä"-häiriön jakaantuminen viikonpäivien kesken otannassa vuonna 2018.

## 5.2 Tilastollinen aineiston analysointi

Aineisto koottiin rainatasolta alkaen yhteen Excel-tiedostoon, jossa sitä pystyi helposti muokkaamaan tarvittavaan muotoon Minitab-ohjelmistoa varten. Aikaleimojen perusteella voitiin laskea läpimenoaika kokonaisuudessaan aihion leikkauksesta aina yksittäisen rainan toimitukseen. Aluksi tarkasteltiin jakaumatestien avulla, ovatko aineiston läpimenoajat normaalijakautuneita. Määrittelyssä käytettiin Anderson-Darlingin ja Kolmogorov-Smirnovin normaaliustestiä. Kuten kuviosta 19 voidaan huomata, aineisto ei ole normaalijakautunut, koska p-arvo on molempien testien mukaan alle 0.05. Normaaliustestien p-arvon ollessa yli 0.05, aineiston voidaan tode-

ta olevan normaalijakautunut. Testien kuvaajat eivät myöskään visuaalisesti noudata normaalijakautuneen datan muotoa. Tässä vaiheessa aineistoa ei rajattu vielä, vaan tarkasteluun otettiin kaikki otannan asiakaslaatuja läpimenoajat.



Kuvio 19. Anderson-Darling ja Kolmogorov-Smirnov normaalitestit aineiston läpimenoajoille.

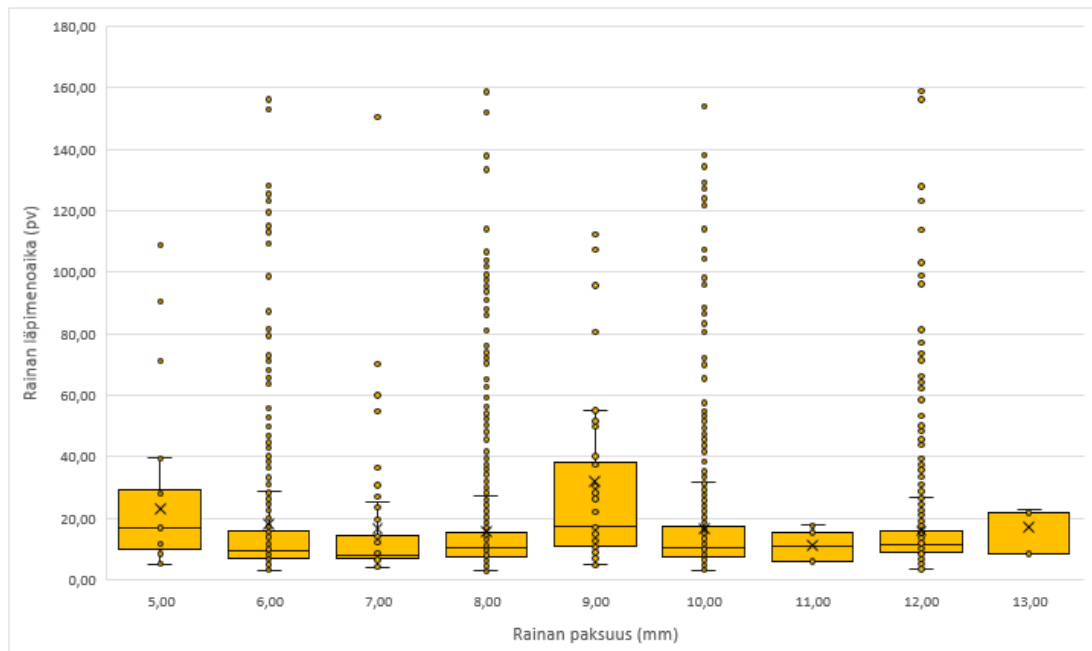
Aineiston jakauma ei ollut normaalijakautunut, joten siihen perustuvat työkalut sekä tilastolliset testit rajoutuivat pois. Aineistoa analysoitiin epäparametristen testien

avulla. Niiden vahvuus on, että ne eivät oleta aineiston jakauman olevan tietyn tyyppinen. Läpimenoaikojen analysoinnissa käytettiin Mood's Median testiä. Tämän avulla vertailtiin kaikkien yksittäisten rainojen läpimenoaikojen mediaanien arvoa toisiinsa nähden. Ensimmäiseksi tarkasteltiin mediaaneja kaikkien asiakaslaatuojen osalta (liite 2). Samalla voitiin todeta, että osa otannan asiakaslaaduista voidaan jättää pois, koska niiden volyymit ovat olleet hyvin pieniä, vain muutamia rainakeloja. Toisen testin tulokset ovat liitteessä kolme. Testiin valittiin mediaanin luottamusväliksi 0.05. Tämä tarkoittaa 5 % virhemarginaalia sille, kun etsitään tilastollisesti mediaaniarvojen eroavaisuuksia. Testin p-arvo oli alle 0.05, joten voidaan valita vaihtoehtoinen hypoteesi testistä. Tämä tarkoittaa, että vähintään yhden asiakaslaadun mediaani läpimenoajalle eroaa muista myös tilastollisesti. Kaksi asiakaslaatua erottuu muista luokkien suuruudeltaan, joiden läpimenoajat ovat olleet 11 ja 10 vuorokautta. Pulkkilan putkitekhtaalle menevissä tuotteissa se tarkoittaa kolme - neljän vuorokauden odotusta ennen kuin ne lähetetään. Toinen ääripää läpimenoajoissa on 29 vuorokautta. Pulkkilan tehtaalla tämä voi tarkoittaa sitä, että ne ehtivät myöhästyä ajopiiristä ja ne suunnitellaan ajopiiriin seuraavan kerran vasta useiden viikkojen päästä.

Seuraavaksi tarkasteltiin, onko rainan paksuudella tai rainojen lukumäärällä kelassa yhteyttä läpimenoaikaan aihion valun ja rainakelan leikkauksen välillä. Tarkastelu visualisoitiin boxplot-kuviolla, mikä on neljään osaan jaettu ruutu ja jana yhdistelmä. Sen avulla voidaan tarkastella aineiston maksimi- ja minimiarvot, mediaanit sekä arvojen hajonneisuus.

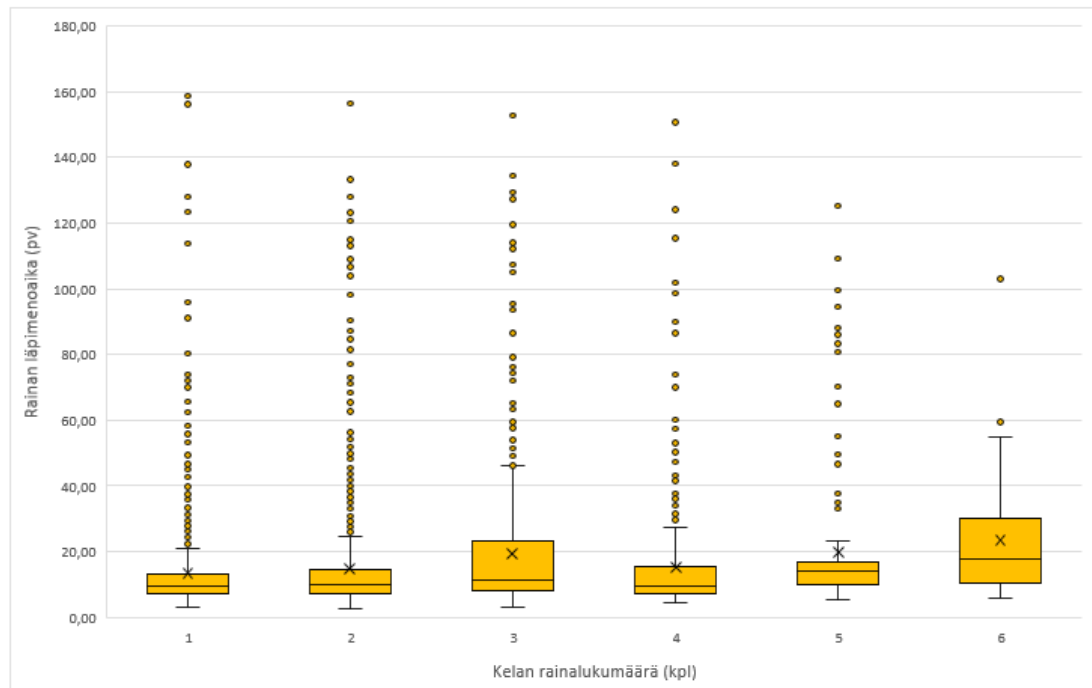
Kuviossa 21 tarkasteltiin rainan paksuuden ja läpimenoajan suhdetta toisiinsa nähden. Rainojen paksuudet on pyöristetty tarkastelua varten millin välein, jotta luokkajaosta tuli selkeämpi. Viisi ja yhdeksän millisten rainakelojen paksuusluokkien hajonta on kaikkien suurinta läpimenoaikojen suhteen. Läpimenoajan mediaani viisi ja yhdeksän millisillä rainakeloilla on ollut 17 vuorokautta. Nämä poikkeavat selkeästi muista paksuusluokista hajonnan suuruudellaan boxplotin sisällä. Toinen huomiota herättävä havainto on, että kuusi, kahdeksan, 10 ja 12 millisillä on huomattava määrä arvoja boxplotin ulkopuolella. Läpimenoajat ovat olleet jopa 160 vuorokautta. Haastattelussa tuli ilmi, että näissä tapauksissa on saattanut raina/rainakela jäädä esimerkiksi Pulkkilassa ajopiiristä, jolloin se on jäänyt Raahen valmistuotevarastoon. Muilla pak-

suusluokilla mediaani läpimenoajalle on ollut noin kymmenen vuorokautta, seitsemän millisillä esim. vain kahdeksan vuorokautta. Tämä aiheuttaa myös Raahen valmistusvaraston täyttymistä, koska esimerkiksi Pulkkilan putkitehtaalle menevien rainakelojen läpimenoajaksi oletetaan 14 vuorokautta. Näissä tapauksissa tuotteet saattavat olla Raahessa jopa kuusi päivää ennen kuin ne lähetetään.



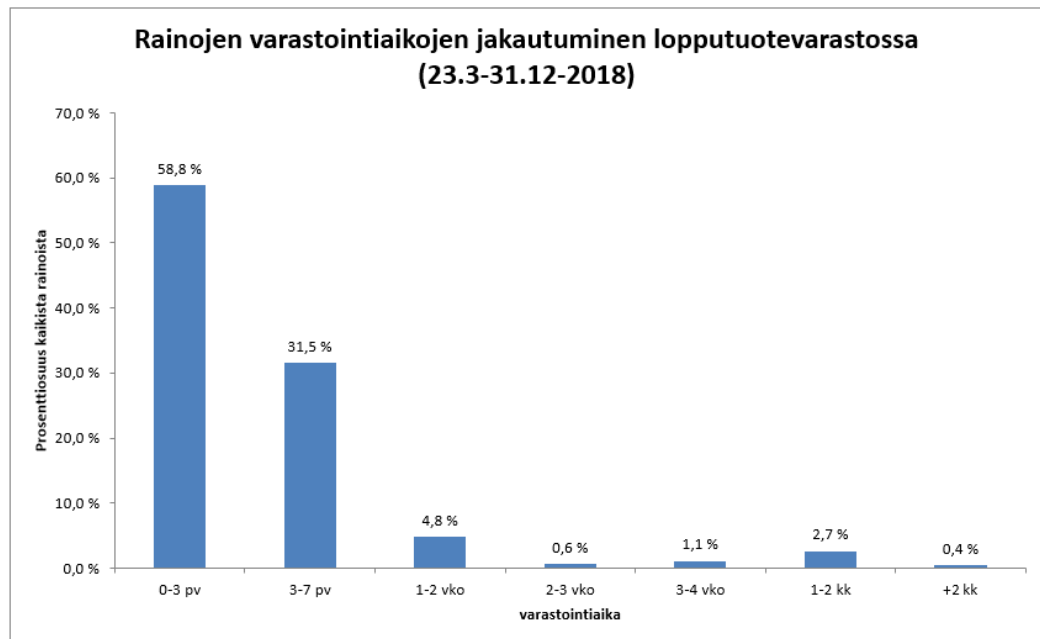
Kuvio 20. Boxplot rainan paksuudelle ja läpimenoajalle.

Seuraavaksi tarkasteltiin kelan rainalukumäärän ja läpimenoajan välistä yhteyttä ja onko tässä selkeästi LKT:n kannalta huomioitavaa varaston täyttymisen kannalta. Kuvio 22 erottuu kolme- ja kuusirainaisien luokat hajonnan suuruudeltaan. Myös tässä tarkastelussa läpimenoaikojen mediaanit ovat noin 10 vuorokautta, paitsi kuusirainaisissa (18 vuorokautta). Materiaalivirtaus ehtii hidastua jo merkittävästi neljän päivän varastointiajalla tuotannon ollessa normaalitilassa.



Kuvio 21. Boxplot kelan rainalukumäärälle ja läpimenoajalle.

Kuviossa 23 on esitetty rainojen varastointiaikojen jakautuminen kelan leikkausvaiheen jälkeen. Tämä tarkastelu osoittaa, kuinka hyvin rainakelojen tilauksen ajoittaminen on onnistunut loppujen lopuksi. Rainojen varastointiajoissa voidaan huomata hyvinkin pitkiä aikoja, jopa useita kuukausia. Rainaleikkauslinjan lopputuotevaraston kapasiteetin ollessa hyvin rajallinen (noin 3500 t), kumuloituvat rainakelojen varastointiajat aiheuttavat herkästi varaston täyttymisen.



Kuvio 22. Rainakohtainen varastointiaika LKT:n valmistuotevarastossa.

### 5.3 5W2H menetelmä

Tilastollisten testien jälkeen päädyttiin käsittelemään ”varasto täynnä”-häiriötä vielä 5W2H-juurisyyanalyysin avulla, tuomaan varmuutta juurisyyn sijainnille tilaus-toimitusprosessissa. (kuvio 24) Vastauksien yhteenvedot laadittiin omien havaintojen sekä eri sidosryhmien henkilöhaastattelujen pohjalta. Kyseinen juurisyyanalyysi-menetelmä lähestyy ongelmaa useasta eri näkökulmasta. Juurisyyanalyysin avulla haluttiin myös lisätä tutkimusongelman juurisyyn varmuutta ja sitä kautta luotettavuutta opinnäytetyön tuloksille. Opinnäytetyön alkuvaiheessa tavoitteet liittyivät enemmän varastointiin liittyviin muutoksiin, mutta ongelman juurisyyn näyttäisi olevan jo koko prosessin tilaus-toimitusprosessin tilausvaiheessa. Välivarastoja tarvitaan Raahen ja Pulkkilan toimipisteiden välille, koska tuotantolinjojen ajo-ohjelmien laadinta perustuu eri parametreihin sekä rainaleikkauslinja 2:lla on myös muita asiakkaita. Rainakelojen leikkauspintojen laadun tarkkuus vaikuttaa olennaisesti ajojärjestykseen, jotta terien optimaalinen käyttö saadaan hyödynnettyä.

5W2H - menetelmä			
Asia	5W2H kysymykset	Tarkentavat kysymykset	Vastaukset
Päämäärä	Why - Miksi	Tarvitaanko prosessia?	Pulkkila putkitehdas on rainaleikkauslinja 2:n suurin yksittäinen asiakas.
Aktiviteetti	What - Mitä	Minkä tyyppinen ongelma on? Millainen ongelma on? Mitä tapahtuu? Onko meillä fyysisiä todisteita ongelmasta?	Ongelma liittyy rainatuotteiden materiaalivirtaukseen. Ajoittain materiaalivirta pysähtyy totaalisesti, aiheuttaen "varasto täynnä"- häiriön rainaleikkauslinjalle. Eri asiakaslaatuojen läpimenoajoissa on eroavaisuuksia, joka aiheuttaa haasteita tuotannon oikea-aikaisuudessa.
Paikka	Where - Missä	Missä ongelma havaitaan? Missä ongelma esiintyy?	Ongelma voidaan havaita sekä Raahessa että Pulkkilassa. Väärään aikaan valmistetut tuotteet havaitaan Raahessa ensin täysinä tuotevarastoina sekä Pulkkilassa rainakela odotuksena.
Henkilöstö	Who - Kuka/Ketkä	Kehen ongelma vaikuttaa? Kuka raportoi ongelmasta?	Ongelma aiheuttaa välittömästi ja välillisesti tuotantokapasiteetin menetyksiä molemmilla toimipaikoilla. Ongelmasta raportointia on tehty molemmin puolin.
Aika	When - Milloin	Milloin ongelmasta ensimmäisen kerran ilmoitettiin? Mistä alkaen ongelmat on esiintynyt?	"Varasto täynnä" - häiriö on ilmaantunut top 10 -häiriöihin vuonna 2017.
Menetelmä	How - Kuinka	Ongelman laajuus? Kuinka paljon maksaa, vie aikaa tai sitoo henkilöitä?	"Varasto täynnä" - häiriötä on ollut 152 tuntia vuonna 2018 ja tuotantokapasiteetti on 25t/h. Tällöin menetys on ollut 25 t/h x 152 h = 3800 t.
Laajuus/kustannukset	How Much- Kuinka paljon/usein	Mikä on trendi? (erikois-/satunnaisuus)? Onko ongelma esiintynyt aiemmin?	Häiriön kasvun trendi on ollut nouseva vuodesta 2017 alkaen. Kuluvalle vuodelle 2019 häiriötä on kertynyt jo yli 125 h, eli ilman korjausliikkeitä kapasiteettia menetään selkeästi enemmän edellisvuoteen verrattuna.

Kuvio 23. 5W2H – menetelmän läpikäynti "varasto täynnä"-häiriölle.

Arvovirtakuvaus (VSM) laadittiin nykytilan selvityksen lopuksi (Liite neljä). Tämä antaa visuaalisen kuvan tilaus-toimitusprosessista ulkopuoliselle tarkastelijalle. Pitkät odotusajat välivarastoissa ja lopputuotevarastossa johtuvat siitä, että tuotannon joustavuus ei riitä kaikille tuoteryhmille.



## 6 Tutkimuksen tulokset

Aihionvalun ja rainan toimituksen välisen läpimenoajan puolesta, voidaan jo todeta, että Pulkkilan toimipisteen tilausmallissa oletettu 14 vuorokautta on liian karkea arvio Raahen tehtaan läpimenoajasta. Läpimenoaikoja tarkasteltiin kolmesta eri näkökulmasta: asiakaslaadun, rainan paksuuden sekä kelan rainalukumäärän mukaan. Eri asiakaslaatuojen välillä on eroavaisuuksia läpimenoajoissa, joten olisi syytä pohtia esimerkiksi luokkajakoa niille (kuvio 25.) Jokaiselle asiakaslaadulle luultavimmin on mahdotonta laatia omaa läpimenoaika tilausmallissa, mutta asiakaslaatuojen jakaminen kolmeen ryhmään auttaisi jo rainojen ajoituksen onnistumisessa.

Asiakaslaatu	mediaani (pv)	rainakelojen lukumäärä (kpl)	
Tuote B	38,9	0,1 %	yli 15 vuorokauden ryhmä
Tuote A	28,6	0,3 %	
Tuote G	15,4	0,1 %	
Tuote C	15,2	0,3 %	
Tuote E	13,2	1,5 %	yli 10 vuorokauden ryhmä
Tuote P	11,2	33,1 %	
Tuote S	10,8	6,7 %	
Tuote H	10,4	7,7 %	
Tuote I	10,2	3,6 %	
Tuote J	10,0	2,4 %	alle 10 vuorokauden ryhmä
Tuote K	9,8	1,8 %	
Tuote L	9,5	13,5 %	
Tuote R	9,3	26,4 %	
Tuote N	8,8	0,3 %	
Tuote O	7,8	0,1 %	

Kuvio 24. Asiakaslaatuojen ryhmittäminen läpimenoaikojen mediaanien perusteella.

Rainan paksuuden ja läpimenoajan tarkastelussa kävi ilmi, että kahdella paksuusluokalla läpimenoajan mediaani oli korkea. Lopuissa luokissa läpimenoaika oli taas hyvin lyhyt verrattuna 14 vuorokauteen. Olisikin syytä tarkastella voisiko näitä keloja leikkauttaa myöhemmin vastaamaan paremmin asiakkaan tarvetta. Kelojen rainalukumäärän ja läpimenoajan tarkastelun johtopäätöksenä voidaan todeta, että kolmi- ja kuusirainaiset kelat omaavat pisimmän läpimenoajan. Boxplottien ulkopuolelle jäi tässä tarkastelussa huomattava määrä arvoja, joilla oli hyvin pitkä läpimenoaika. Tämä osaltaan kyseenalaistaa tämän tarkastelun luotettavuutta, koska näin pitkät varastointiajat kumuloituvat ja vievät näin ollen paljon varastotilaa.

LKT:ssä kelojen sisäiselle liikenteelle käytetään KEVO-järjestelmää. Rainaleikkauslinjan lopputuotevarastossa havaittiin, että muun muassa tuoteryhmä A:n tuotteet ovat olleet pitkiä aikoja varastossa (mediaani noin 29 vuorokautta), kuten kuviossa 25 on esitetty. Varastojen inventointi joudutaan tällä hetkellä tekemään käsin varastossa, koska järjestelmä ei hälytä, vaikka rainat ”unohtuisivatkin” varastoon. Joten mittarointi rainojen varastointiajoille olisi hyvä kehittää, tällöin voitaisiin reaaliajassa seurata varastointiaikojen kehittymistä ja reagoida niihin nopeammin. Liitteessä 4 on kuvattu rainaleikkauslinja 2:lla leikattujen Pulkkilan putkitehtaan tuotteiden nykytila VSM:n avulla.

## 7 Pohdinta

### 7.1 Tutkimuksen tavoitteiden saavuttaminen

Kanasen (2014, 44) mukaan opinnäytetyön onnistuminen pohjautuu lopulta tutkimuskysymyksiin. Kuten aiemmin on jo todettu tässä työssä, tutkimuskysymykset haavevat lopullista muotoaan opinnäytetyön aikana. Tärkeää onkin valita tutkimuskysymysten runko oikeaksi, jotta opinnäytetyön rajaus ja fokus oikeissa asioissa pysyy. Opinnäytetyön tavoitteet muotoutuivat haasteellisiksi, jonka takia niihin ei täysin päästy. Opinnäytetyössä kerättiin aihion valun ja rainan lähetyksen välillä läpimenoajat Pulkkilan rainatuotteille, mutta analysoinnissa käytettiin aihion valun ja rainan leikkauksen välistä läpimenoaikaa. Näin ollen saatiin esille, kaksi ääripäätä asiakaslaaduissa läpimenoaikojen suhteen. Otannan pituus oli yhdeksän kuukautta vuodelta 2018. Aineistonkeruu- ja analysointivaihe kesti tässä työssä huomattavan kauan aikaa, jolloin aika ei riittänyt esimerkiksi toimintatapojen muutoksien testaamiseen. Aineiston laajuus antaa hyvän esiselvityksen rainaleikkauslinja 2 nykytilasta Pulkkilan tuotteiden osalta. Tämän opinnäytetyön pohjalta olisi syytä myös selvittää, mitkä rainakelat jäävät valmistuotevarastoon LKT:ssä.

## 7.2 Opinnäytetyön haasteet

Opinnäytetyön ongelma on ollut jo pitkään haasteena toimeksiantajalla. Rainakelojen varastointi on osoittautunut hankalaksi erityisesti loma-aikojen ympärillä, jolloin välivaraston kokoa pitäisi saada kasvatettua. Suunnitellut remontit Raahessa ja Pulkkilassa aiheuttavat ylimääräisen varastointitarpeen, jonka johdosta myös tarvitaan hetkellisesti suurempia välivarastoja. Yksiselitteisen ratkaisun löytäminen tähän ongelmaan oli haastavaa. Täysien varastojen aiheuttama tuotantokapasiteetin menetyksen juurisyyn tarkastelu oli myös haastavaa useastakin eri näkökulmasta. Aineiston kokoaminen historiatietokannoista oli aikaa vievä vaihe tässä opinnäytetyössä, johtuen sen laajuudesta. Ongelmaan perehdyttäessä huomattiin, että pelkkä LKT-osaston tarkastelu ei riitä juurisyiden tarkastelussa. Nähtiin tarpeelliseksi perehtyä Raahen tehtaan eri prosessivaiheisiin laajasti, jotta ongelman kokonaiskuvan muodostamisessa ja juurisyiden tarkastelussa. Aihiohallin ja nauhavalssaamo-osastoista ei ollut aiempaa kokemusta. Erityisesti aihiohallien toimintaan perehtyminen vei aikaa opinnäytetyöltä, koska se osoittautui hyvin laajaksi kokonaisuudeksi. Haasteeksi muodostui myös aineiston käsittely, koska se oli suurudeltaan hyvin laaja. Oikeiden työkalujen löytäminen ja opetteleminen vei huomattavasti aikaa. Haastatteluissa kävi myös ilmi, että aihoiden sisäisessä liikenteessä ja varastoinnissa Raahen tehtaalla on paljon kehitettävää. Pulkkilan putkitehtaan historiatietoja ei tässä opinnäytetyössä päästy hyödyntämään. Niiden avulla olisi ollut mahdollista verrata rainakelojen varastointiaikoja myös Pulkkilassa sekä tutkia, onko rainakeloja täytynyt odottaa minkä verran.

## Lähteet

- A Brief History of Lean. N.d. Lean enterprise institute. Viitattu 20.4.2019.  
<https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
- A Brief History of Lean. N.d. Lean Management Institute of India. Viitattu 7.5. 2019.  
<http://www.leaninstitute.in/what-is-lean/history-of-lean>
- Antony, J. & Kumar, M., 2011. Lean Six Sigma: Research and practice.
- Arvovirtakuvaus VSM. N.d. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viitattu 21.4.2019.  
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/arvovirtakuvaus-vsm/>
- Buthmann, A. N.d. Understanding the uses for Mood's Median Test. Arne Buthmannin blogi-kirjoitus Mood's mediaani testistä Isixsigman nettisivuilla. Viitattu 21.5.2019. <https://www.isixsigma.com/tools-templates/hypothesis-testing/understanding-uses-moods-median-test/>
- Interpret the keys results for Mood's Median Test. N.d. Ohjeistus Mood's Median testin tuloksista ja niiden tulkitsemisesta. Viitattu 12.6.2019.  
<https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/nonparametrics/how-to/mood-s-median-test/interpret-the-results/key-results/>
- Nokelainen, P. 2008. Tilastollisen tutkimuksen peruskäsitteet ja menetelmät. Powerpoint-esitys tilastollisen tutkimuksen käsitteistä ja menetelmistä. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden yksikkö. Viitattu 3.6.2019.  
<https://people.uta.fi/~petri.nokelainen/s33/luennot/luento2.ppt>
- Kananen, J. 2014. Toimintatutkimus kehittämistutkimuksen muotona: Miten kirjoitan toimintatutkimuksen opinnäytetyönä? E-kirja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.3.2018. <https://janet.finna.fi>, Booky.fi
- Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas: miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. E-kirja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.3.2018. <https://janet.finna.fi>, Booky.fi
- King, P. 2009. Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity. Yhdysvallat: Productivity Press.
- Kouri, I. 2010. Lean Taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 5. p. Tukholma: Rheologica publishing.
- Piirainen, A. 2013. 5W2H – menetelmä ongelman rajaamisessa ja ratkaisemisessa. Artikkelit Quality Knowhow Karjalainen Oy:n nettisivuilla. Viitattu 23.5.2019.  
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/5w2h-menetelmae-ongelman-rajaamisessa-ja-ratkaisemisessa/>

Piirainen, A. 2016. Palvelu- ja tuotantoprosessin virtauksen parantaminen. Artikkelit Quality Knowhow Karjalainen Oy:n nettisivuilla. Viitattu 19.6.2019. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/virtauksen-parantaminen/>

Raahen tehtaan esittelymateriaalit. 2016. Powerpoint esittelyaineisto Raahen terästehtaasta. Viitattu 1.4.2019. Esittelymateriaali SSAB:n sisäisessä verkossa.

Research Methods: What are research methods?. N.d. Artikkelit Australian yliopiston Newcastle'n sivustolla tutkimusmenetelmistä. Viitattu 1.4.2019. <https://libguides.newcastle.edu.au/researchmethods>

Rother, M. 2011. Toyota Kata. Suom. Niemi, M. Helsinki: Readme.fi. Alkuperäinen teos 2010.

Sakki, J. 1994. Logistinen materiaalin ohjaus. MH-Konsultit.

Seppänen, L.M. N.d. SSAB avaintiedot. Artikkelit SSAB:n verkkosivuilla. Viitattu 1.4.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/sijoittajat/ssab-sijoituksena/ssab-avaintiedot>

SSAB Europe. SSAB. N.d. Artikkelit SSAB:n verkkosivustolla. Viitattu 1.4.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>

SSAB Lyhyesti. SSAB. N.d. Artikkelit SSAB:n verkkosivustolla. Viitattu 1.4.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

SSAB Raahe. SSAB. N.d. Artikkelit SSAB:n sivustolla. Viitattu 1.4.2019.

SSAB. N.d. Pulkkilan tehdas. Sisäisessä verkossa oleva pdf-esittelyaineisto Pulkkilan putkitehtaasta. Viitattu 12.6.2019.

SSAB:n vuosikertomus 2018 on julkaistu. 2019. Artikkelit liiketoimintakatsauksesta vuodelta 2018 SSAB:n verkkosivuilla 18.3.2019. Viitattu 1.4.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/uutishuone/uutisarkisto/2019/03/18/13/27/ssabn-vuosikertomus-2018-on-julkaistu>

Tervola, J. 2014. Mikä on SSAB?. Tekniikka & Talous. Viitattu 1.4.2019. [https://www.tekniikkatalous.fi/talous\\_uutiset/2014-01-22/Mik%C3%A4-on-SSAB-3317347.html](https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/2014-01-22/Mik%C3%A4-on-SSAB-3317347.html)

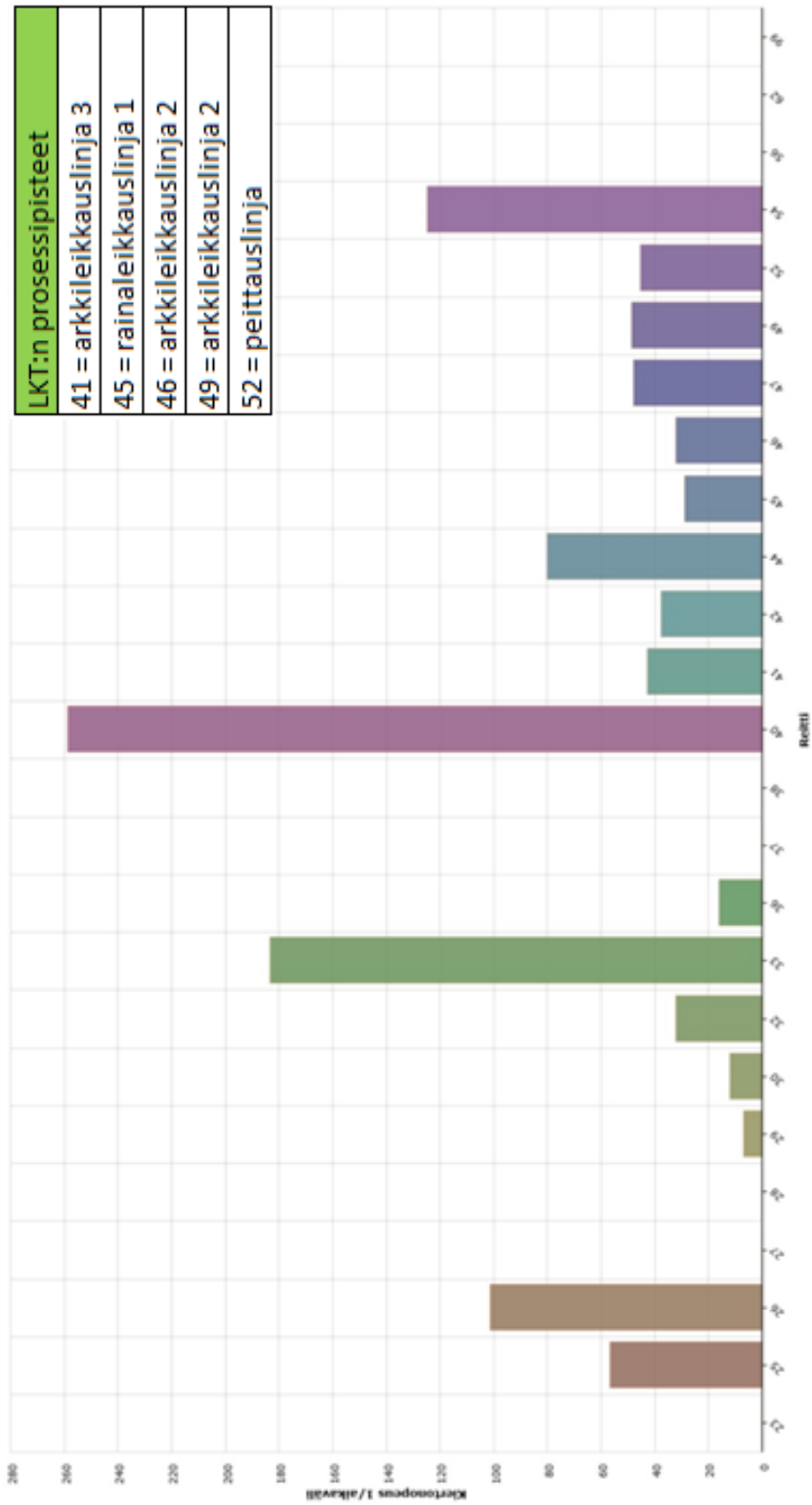
Types of normality. N.d. Types of normality tests. Ohjeistus normaaliustesteistä Minitabin nettisivuilla. Viitattu 12.6.2019. <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>

Varaston toiminnan mittaaminen. N.d. Varaston palveluaste. Artikkelit varastoinnin toiminnan mittaamisesta Logistiikanmaailman nettisivuilla. Viitattu 24.8.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/varaston-toiminnan-mittaaminen/>

Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Artikkele. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viitattu 18.3.2019. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

## Liitteet

Liite 1. Varastojen kiertonopeus prosessipisteittäin.



## Liite 2. Mood's Median testi kaikkien asiakaslaatuojen läpimenoajoille.

asla nimi	Median	N <= Overall Median	N > Overall Median	Q3 – Q1
Tuote A	38,097	4	5	49,3413
Tuote B	39,861	4	20	0,2356
Tuote C	10,499	22	5	3,6675
Tuote D	14,049	64	104	12,3931
Tuote E	4,970	3	0	0,0000
Tuote F	22,966	0	2	*
Tuote G	17,166	75	115	19,8735
Tuote H	28,806	0	28	0,9219
Tuote I	16,277	59	79	8,4000
Tuote J	13,492	110	109	13,5526
Tuote K	13,611	628	620	10,3627
Tuote L	12,186	1462	968	7,6259
Tuote M	119,340	0	2	*
Tuote N	42,565	0	6	6,9688
Tuote O	20,827	4	8	59,2505
Tuote P	15,112	1347	1704	7,1663
Tuote Q	20,772	0	3	0,0794
Tuote R	14,814	301	318	35,4281
Tuote S	13,629	166	164	5,8622
Tuote T	13,074	363	351	13,0752
Overall	13,629			

asla nimi	95% Median CI
Tuote A	(8,42804; 57,7710)
Tuote B	(39,6308; 39,8664)
Tuote C	(10,4076; 11,9524)
Tuote D	(13,9256; 14,4216)
Tuote E	(4,96980; 4,96981)
Tuote F	(22,9658; 22,9659)
Tuote G	(15,2470; 19,2244)
Tuote H	(28,2902; 29,1936)
Tuote I	(13,4459; 16,4371)
Tuote J	(13,0979; 15,1778)



Tuote K (13,0983; 14,5922)  
 Tuote L (11,9497; 12,3299)  
 Tuote M (118,828; 119,852)  
 Tuote N (39,2451; 46,7307)  
 Tuote O (6,64245; 65,8862)  
 Tuote P (14,9009; 15,5255)  
 Tuote Q (20,6924; 20,7717)  
 Tuote R (12,8895; 15,9066)  
 Tuote S (13,5135; 13,7654)  
 Tuote T (12,6804; 15,1801)

Overall

Levels with < 6 observations have confidence < 95.0%

Null hypothesis  $H_0$ : The population medians are all equal

Alternative hypothesis  $H_1$ : The population medians are not all equal

DF	Chi-Square	P-Value
19	230,59	0,000

Liite 3. Mood's Median testin tulokset läpimenoajoille (eri asiakaslaatuojen volyymit huomioituna).

asla nimi	Median	N <= Overall Median	N > Overall Median	Q3 – Q1	95% Median CI
Tuote D	14,049 2	64	104	12,3931	(13,9256; 14,4216)
Tuote G	17,166 0	75	115	19,8735	(15,2470; 19,2244)
Tuote I	16,277 2	59	79	8,4000	(13,4459; 16,4371)
Tuote J	13,491 9	110	109	13,5526	(13,0979; 15,1778)
Tuote K	13,611 4	621	627	10,3627	(13,0983; 14,5922)
Tuote L	12,185 7	1456	974	7,6259	(11,9497; 12,3299)
Tuote P	15,111 6	1344	1707	7,1663	(14,9009; 15,5255)
Tuote R	14,814 2	301	318	35,4281	(12,8895; 15,9066)
Tuote S	13,629 0	161	169	5,8622	(13,5135; 13,7654)
Tuote T	13,073 9	363	351	13,0752	(12,6804; 15,1801)
Overall	13,596 2				

Null hypothesis

H<sub>0</sub>: The population medians are all equal

Alternative hypothesis

H<sub>1</sub>: The population medians are not all equal

DF	Chi-Square	P-Value
9	160,53	0,000

Liite 4. Nykytilan arvovirtakuvaus (VSM) kaikille asiakaslaatuojen rainoille.

