

Jenna Sarkkinen

Karkaistujen tuotteiden toimitusvarmuuden parantaminen putkitehtaille



Insinööri
Konetekniikka
Kevät 2025



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä(t): Sarkkinen Jenna

Työn nimi: Karkaistujen tuotteiden toimitusvarmuuden parantaminen putkitehtaille

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: toimitusvarmuus, toimitusketjun hallinta, karkaistut terästuotteet, aihio, valssaaminen, rainaleikkaus

Tämä opinnäytetyö toteutettiin SSAB Europe Oy:n toimeksiannosta Raahen tehtaan toiminnanohjaukseen. Työn tavoitteena oli parantaa Pulkkilan, Hämeenlinnan ja Toijalan putkitehtaille toimitettavien karkaistujen tuotteiden toimitusvarmuutta ja etsiä syitä tilausten myöhästymisille. Työn teoriaosuudessa esiteltiin yleisesti SSAB:n toimintoja niin Raahessa kuin putkitehtaiden osalta. Lisäksi paneuduttiin toimitusvarmuuden merkittävyyteen, sillä hyvä toimitusvarmuus on kriittinen osa toimivaa tilaus-toimitusketjua luomalla edellytykset kestäville asiakassuhteille ja parantamalla asiakastyytyväisyyttä. Toimitusvarmuuden parantaminen parantaa myös yrityksen kilpailukykyä ja vakauttaa sen asemaa markkinoilla.

Tässä opinnäytetyössä haluttiin selvittää, voidaanko karkaistujen tuotteiden toimitusvarmuutta parantaa valamalla aihioita varastoon valmiiksi ja voidaanko kelojen valssaamista ylileveänä hyödyntää toimitusvarmuuden parantamiseksi siten, että se on taloudellisesti kannattavaa. Työssä tutkittiin yrityksen historiadataa Strenx-tuotteisiin käytettyjen ahiolaatujen, -leveyksien ja niiden toistuvuuksien osalta. Tietoja verrattiin ajallaan toimitettuihin tilauksiin niiltä osin kuin se oli mahdollista. Aineistona käytettiin yrityksen omia tilaustietokantoja sekä tuotannosuunnittelun asiantuntijoilta kerättyä tietoa.

Tuloksissa havaittiin, että suurin osa myöhästyneistä tilauksista oli asiakaslaatua 3514, joka valmistetaan ahiolaadusta 191. Tämä muodosti noin 80 % kaikista myöhästyneistä tilauksista. Haastattelujen perusteella merkittävien viivästyksiä aiheuttava tekijä oli valssausjaksolle sijoittaminen, eikä niinkään valusarjojen valaaminen sulatolla, kuten aluksi oletettiin. Aihoiden valmistukseen pohdittiin muutoksia leveyksien osalta, mutta kun huomioitiin seuraavat prosessipisteet, sen ei todettu olevan varma keino edistää tuotannon sujuvuutta.

Johtopäätöksenä todettiin, että toimitusvarmuuden parantamiseksi olisi keskityttävä valssausprosessin ja valusarjojen suunnitteluun. Ensimmäiseksi tämä on helpoin toteuttaa siten, että tuotannosuunnittelijat kiinnittävät aiempaa enemmän huomiota näiden laatujen käsittelyn priorisoimiseen eri työpisteillä. Ratkaisemalla laadun 3514 ongelmat saataisiin myöhästyneiden tilausten määrää karsittua merkittävästi, mutta yhtä lailla samoja keinoja voidaan käyttää kaikkien Strenx-laatujen toimitusvarmuuden parantamiseksi. Lisäksi prosessin jatkuva arviointi ja suunnittelijoiden ammattitaitoon luottaminen nousivat tärkeiksi avaintekijöiksi. Näiden toimenpiteiden avulla voitaisiin parantaa toimitusvarmuutta ja vähentää tuotantoviivettä, mikä heijastuisi positiivisesti myös taloudelliseen kannattavuuteen.

Abstract

Author(s): Sarkkinen Jenna

Title of the Publication: Improving Delivery Reliability of Quenched Steel Products for Tube Mills

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Delivery Reliability, Supply Chain Management, Quenched Steel Products, Slab, Rolling, Slit Coil Cutting

This thesis was an assignment by SSAB Europe Oy, product planning of Raahe steel factory. The aim is to improve the delivery reliability of quenched steel products that are delivered to tube mills in Pulkkila, Toijala and Hämeenlinna and to identify the reasons behind order delays. The theoretical section of the thesis provides an overview of SSAB's operations in both Raahe and the tube mills. It also focuses on the importance of delivery reliability, as high reliability is a critical component of an efficient order-to-delivery chain, creating the foundation for strong customer relationships and improving customer satisfaction. Improving delivery reliability also boosts the company's competitiveness and strengthens its position in the market.

This thesis aimed to determine whether the delivery reliability of quenched steel products could be improved by pre-casting slabs for storage and whether over-wide coil rolling could be utilized to enhance delivery reliability in an economical way. The study examined the company's data history on slab grades, widths, and the frequency of use for Strenx products. The data were compared to on-time deliveries, as possible. Altogether, the data used for this thesis consisted of the company's own databases and information collected from production planning experts.

The key findings revealed that most of the delayed orders were for customer grade 3514. This accounted for approximately 80 % of all delayed orders. According to the interviews, the most significant cause of delays was related to placing the slabs in suitable slots in the rolling cycles. While changes in slab widths were considered to improve production flow, this was not determined to be a definitive solution, given the challenges posed by following production stages.

The conclusions indicated that improving delivery reliability requires a focus not only on the rolling process but also on the planning of slab series. This could be most easily achieved by having production planners prioritize the handling of these specific grades across different workstations. Resolving the issues with grade 3514 would significantly reduce the number of delayed orders, but the same approach could be applied to improve the delivery reliability of all Strenx products. However, the reliance on the expertise of production planners was identified as a key factor. These measures together would help to improve delivery reliability and reduce production delays, which would have a positive impact on the company's financial productivity.

Alkusanat

Haluan kiittää SSAB:n Raahan tehtaan tuotannonohjauksen ja LKT:n henkilökuntaa kaikesta opastuksesta ja perehdytyksestä tuotannosuunnittelun ja leikattujen kelatuotteiden osaston toiminnan osalta. Kiitos SSAB:n osalta työn ohjaajana toimineelle Ville Virpirannalle opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta ja tuesta työn aikana.

Kiitos Erno ja Mikko, jotka kärsivällisesti opastitte aloittelevaa tuotannosuunnittelijaa ja mahdollistitte ammatillisen kasvun ja kehityksen. Kiitos myös LKT:n insinöörit ja työnjohtajat, joiden kanssa sain tehdä yhteistyötä ja perehtyä leikattujen kelatuotteiden osaston toimintaan.

Kiitos Kajaanin ammattikorkeakoululle joustavista mahdollisuuksista opintojen suorittamiseen. Suurimmat kiitokset koko opiskelutaipaleen ajalta kuuluvat kuitenkin puolisolleni ja läheisilleni. Kiitos Niina, vertaistukeksi oli korvaamatonta ja mittaamattoman arvokasta, eikä opiskelu olisi ollut ollenkaan niin mielekästä yksin. Kiitos Jarmo, että jaksoit elämää opiskelijan kanssa – emme suinkaan palaa enää vanhaan tuttuun arkeen, vaan käännämme uuden sivun uuden perheenjäsenen kanssa.

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoitteet ja tutkimusongelmat.....	1
1.2	Työn rajaukset	2
2	SSAB yleisesti	3
2.1	Putkitehtaat.....	5
2.2	Strenx 700, 900 ja 960.....	8
3	Toimitusvarmuus	9
3.1	Toimitusvarmuuden merkitys	9
3.2	Toimitusvarmuuden mittaaminen	10
3.3	Toimitusvarmuuden vaikutus kannattavuuteen	10
4	Tuotantoprosessin nykytila	12
4.1	Tuotantoprosessin kulku	12
4.2	Aiempien tilausten historiatiedot	13
4.2.1	Asiakaslaadut	14
4.2.2	Aihiolaadut.....	16
4.2.3	Myöhästyneiden tilausten osuus.....	17
4.3	Ongelmakohtien tunnistaminen	18
5	Tutkimustulokset	21
5.1	Aihiolaatujen ja -leveyksien määrittely	21
5.2	Ylileveän valssauksen tuotostappio	25
5.3	Koejakso	28
6	Yhteenveto	30
7	Pohdinta	32
	Lähteet	34

Liitteet

Lyhenteet ja määritelmät

Aihio	Sulasta teräksestä valmistettu puolivalmiste, josta levytuotteet valssataan
AIHL	Aihiolaatu. Kukin ahiolaatu valmistetaan tietyn kemiallisen reseptin mukaisesti
ASLA	Asiakaslaatu. Lopputuotteen määritelty laatu. Yhtä asiakaslaatua voidaan valmistaa useasta eri ahiolaadusta. Ahiolaadun ominaisuuksia voidaan muokata valssausvaiheessa erilaisilla parametreillä, kuten valssausvoimilla
Erikoisluja teräs	Teräslaatu, joka kestä suuria kuormituksia murtumatta
Jakso	Valssausjakso, jolle suunnitellaan valssattavat ahiot järjestykseen siten, että siirtyminen ahiolaadusta ja -koosta toiseen on sujuva
Karkaistu teräs	Luja teräslaatu, joka valmistetaan erityisen lämpökäsittelyprosessin avulla
Kokilli	Ahion valmistukseen käytetty valumuotti
Konekunnostus	Ahion pintakerros puhalletaan/höylätään pois, jolloin pinnasta voidaan havaita mahdolliset viat
LKT	Leikatut kelatuotteet
Nauha	Kuumavalssattu levytuote, jossa on parempi paksuustarkkuus kuin levyvalssatulla levyllä
Raina	Pitkittäisleikattu nauhakela
Suorasammutus	Ruukin (SSAB:n edeltäjä) kehittämä teräksen karkaisumenetelmä
Strenx®	SSAB:n tuotemerkki lujille teräslaaduille

[1; 2.]

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia SSAB:n Hämeenlinnan, Pulkkilan ja Toijalan putkitehtaille toimitettavien, karkaistavien teräslaatuojen toimitusvarmuuden parantamista. Työssä tarkastellaan toimitusvarmuutta, koska se on yritystoiminnan menestyksen kannalta tärkeä tekijä. Toimitusvarmuudessa on nykytilanteessa Strenx-tuotteiden osalta selkeitä puutteita, joita pyritään korjaamaan erilaisilla ratkaisuvaihtoehdoilla. Työn tarkoitus on tuottaa tietoa siitä, millaisilla keinoilla sulattoprosessia voitaisiin optimoida ja ylileveänä valssaamista hyödyntää taloudellisesti kannattavalla tavalla. Näiden parannusten kautta voidaan vähentää viivästyksiä, saavuttaa parempi toimitusvarmuus ja siten parantaa yrityksen kilpailukykyä.

Toimitusvarmuus on keskeinen tekijä yrityksen liiketoiminnan menestyksessä. Se parantaa yrityksen imagoa luotettavana toimijana, ja tyytyväinen asiakas palaa todennäköisemmin asiakkaaksi jatkossakin. Puutteet toimitusvarmuudessa voivat johtaa takkuavaan tuotantoon, lisäkustannuksiin ja asiakkaiden menetyksiin. [3, s. 55—57.] Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii SSAB Europe Oy, joka on maailman merkittävimpiä terästuotteiden valmistajia. SSAB:n Raahen tehtaalta toimitetaan terästä Hämeenlinnan, Pulkkilan ja Toijalan putkitehtaille, joissa materiaali jatkojalostetaan putkituotteiksi. [4.]

1.1 Työn tavoitteet ja tutkimusongelmat

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja kehittää ratkaisuja, joilla voidaan parantaa karkaistavien terästuotteiden (Strenx 700 -, 900 - ja 960 -laatuojen) toimitusvarmuutta Hämeenlinnan, Pulkkilan ja Toijalan putkitehtaille. Tavoitteena on mahdollistaa toimitukset kahden viikon erittelyajalla, mikä edellyttää pidempien valusarjojen ja aihiovaraston hyödyntämistä sekä ylileveänä valssaamisen kannattavuuden tarkastelua. Työn keskeiset vaiheet ja tutkimuskysymykset ovat:

- Historiatietojen tutkiminen – millaisia tilauserät ovat olleet (valuleveys, määrä) ja millaiseen toimitusaikaan on päästy
- Aihioaadun ja -leveyden määrittäminen, joita valetaan minimissään kahden sulatuksen sarjoina

- Tuotostappion laskeminen ylileveänä valssatulle materiaalille – missä menee raja kannattavan reunaromun määrän suhteen?

Aihioleveyksien ja muiden suunnitteluvaiheessa tehtävien päätösten määrittämiseksi käydään tuotannonsuunnittelun työntekijöiden kanssa keskusteluja, joiden pohjalta voidaan esittää toimivia ratkaisuehdotuksia. Tiedonkeruun pohjalta pyritään kartoittamaan työntekijöiden kokemat ongelmakohdat ja heidän parhaaksi näkemänsä ratkaisut.

1.2 Työn rajaukset

Opinnäytetyö rajataan koskemaan karkaistuja Strenx 700 -, 900 - ja 960 -terästuotteita, joita toimitetaan Hämeenlinnan, Pulkkilan ja Toijalan putkitehtaille. Ajallisesti keskitytään tarkastelemaan nykyisiä toimitusprosesseja viimeisen 1–2 vuoden ajalta. Työ ei kata muiden teräslaatujen tutkimista, eikä syvenny muihin toimitusketjun osa-alueisiin, kuten raaka-aineiden hankintaan tai loppuasiakkaiden logistiikkaan.

2 SSAB yleisesti

SSAB on teräsyhtiö, joka toimii maailmanlaajuisesti ja on alansa kärkitoimijoita. Yhtiö on jaettu kolmeen divisioonaan, joita ovat SSAB Special Steels, SSAB Europe ja SSAB Americas. Lisäksi yhtiöllä on tytäryhtiöt Tibnor ja Ruukki Construction. [4.] Vuonna 2014 SSAB osti suomalaisen Rautaruukki Oyj:n, jolloin myös Raahen terästehtaasta tuli osa SSAB-konsernia [5]. Kuvassa 1 on esitetty yleiskuva Raahen tehdasalueesta. SSAB Europe on johtava nauha-, levy- ja putkituotteiden valmistaja vahvan erikoisosaamisensa ansiosta. Laajan putkituotteiden valikoiman myötä divisioonan liikevaihdosta noin 50 % tulee Pohjoismaista, 40 % Euroopasta ja 10 % muualta maailmasta. Yrityksen pääasiakassegmenttejä ovat muun muassa rakentaminen ja infrastruktuuri sekä auto-teollisuus. [6.]

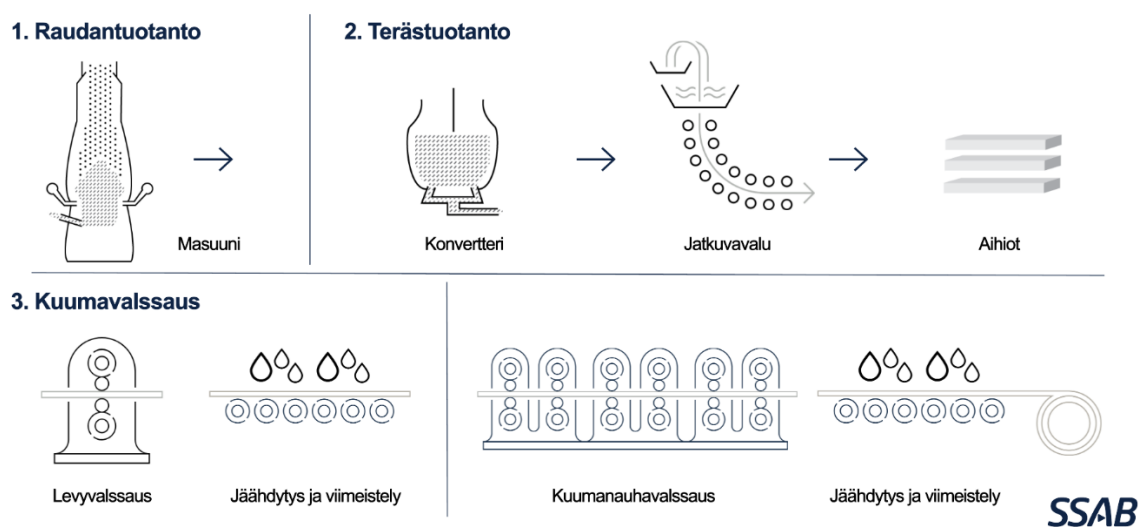


Kuva 1. Yleiskuva Raahen tehdasalueesta [7].

Raahen tehdas on SSAB:n suurin tuotantolaitos, jossa terästuotannon ohella valmistetaan kvarttolevyjä ja nauhatuotteita. Päätuotteita ovatkin kuumavalssatut teräslevyt- ja kelat, joita käytetään muun muassa teräsrakenteiden ja siltojen valmistamiseen sekä autoteollisuuteen ja laivanrakennukseen. Yhtiö tähtää fossiilivapaan teräksen tuotantoon vuoteen 2030 mennessä, mikä toteutetaan valokaariuunein toimivan minimill-tuotantolaitoksen avulla. Näin voidaan merkittävästi vähentää omasta tuotannosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. [7.]

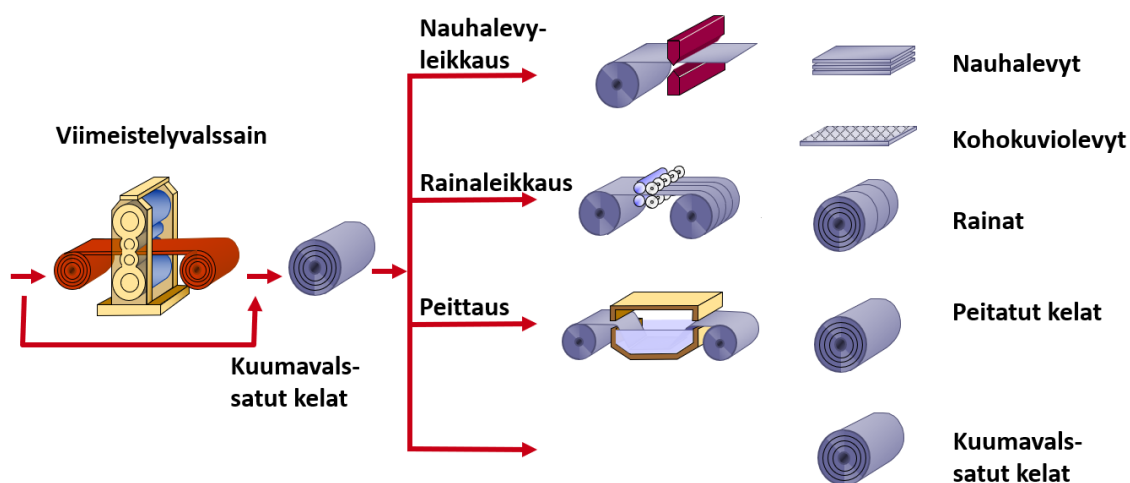
Nykyinen tuotantoprosessi on kuvattu yksinkertaistetusti kuvassa 2. Raakarautaa valmistetaan kahdessa masuunissa käyttäen raaka-aineena pääasiassa rautapellettiä. Raakarauta kuljetetaan sulatolle, jossa sulaan rautaan lisätään happea, jolloin raudan hiilipitoisuus laskee ja raudasta saadaan terästä. Säätämällä sulan seoksen koostumusta saadaan teräkseen halutut ominaisuudet. Lisänä voidaan käyttää myös kierrätysterästä. Valmistettua terästä puhdistetaan muun muassa

tyhjiökäsittelyn avulla ja se valetaan aihiksi, jotka valssataan joko teräslevyiksi tai kelaksi rulla-
tuiksi nauhoiksi.



Kuva 2. Teräksenvalmistuksen tuotantoprosessi [7].

Nauhakeloja voidaan lähettää asiakkaalle sellaisenaan tai niitä voidaan jatkojalostaa tehtaan lei-
kattujen kelatuotteiden (LKT) osastolla. Kuvaan 3 on koottu LKT:ssa tuotettavia tuotteita, joita
ovat arkileikkauslinjalla leikattavat levyt keloista poikittaissuunnassa ja rainaleikkauksessa pit-
kittäissuunnassa leikattavat rainaketat. [7.] Ennen leikkausta kelat voidaan käsitellä peittauslin-
jalla, jossa kelojen pinnasta poistetaan oksidihilsekerros kemiallisesti, jolloin saadaan puhdas
pinta seuraavia prosessivaiheita varten [1]. Kelat voidaan lähettää asiakkaille myös kokonaisina
[7].



Kuva 3. Nauhatuotteiden valmistus [7].

2.1 Putkitehtaat

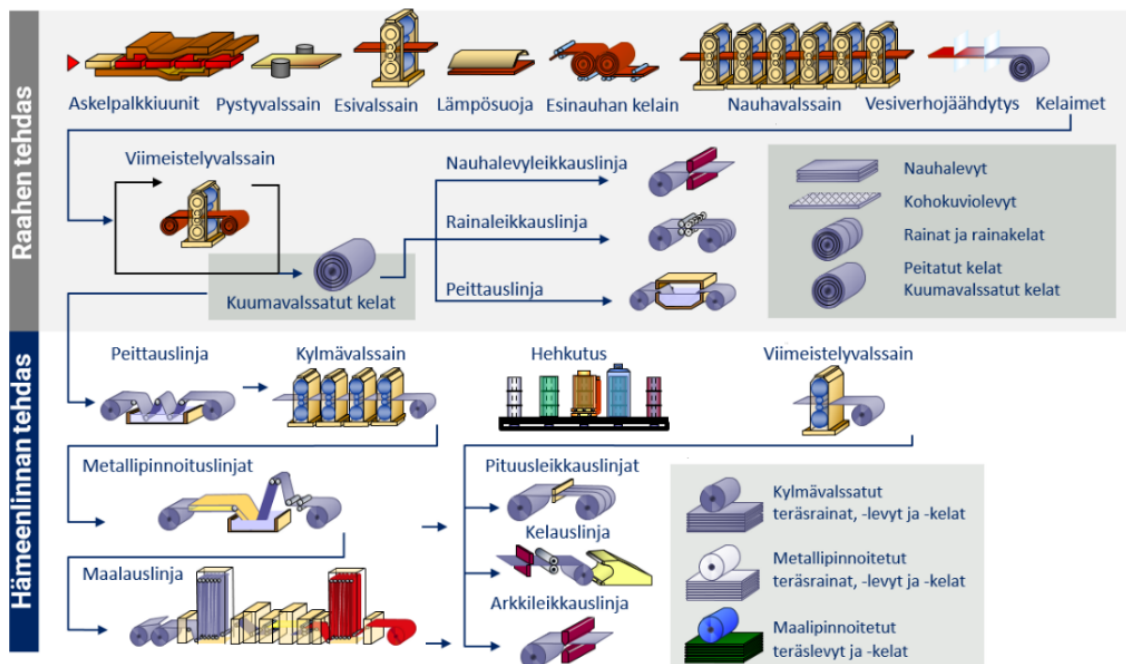
SSAB:lla on Suomessa putki- ja profiilituotantoa neljällä eri paikkakunnalla, jotka on esitetty kuvassa Kuva 4. Lisäksi Ruotsin Virsbon tehtaalla valmistetaan kalliovahvikepultteja. Oulaisissa valmistetaan kierresaumaputkia, kun taas Pulkkilassa ja Hämeenlinnassa keskitytään rakenneputkiin. Hämeenlinnassa puolestaan valmistetaan ohutseinäputkia ja Toijalassa tuotetaan erilaisia avoprofiilituotteita. [8.] Kaikille SSAB:n Suomessa toimiville putkitehtaille tuotetaan raaka-ainetta Raahen tehtaalla, jossa valssattuja nauhateräskeloja leikataan rainaleikkauslinjalla haluttuun leveyteen. Rainaleikkaus tarkoittaa kelan halkaisua pitkittäissuunnassa, ja kela rainoitetaan tavanomaisesti 1—9 rainaksi. [9.]



SSAB

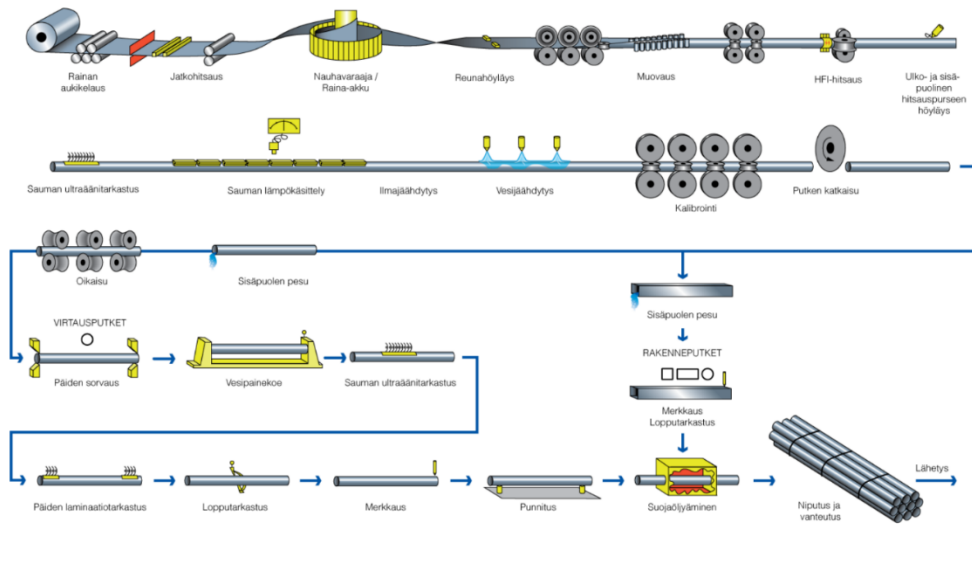
Kuva 4. Putki- ja profiilituotanto SSAB:n tehtailla [8].

Hämeenlinnan tehtaalla on Raahen tavoin sekä teräs- että levytuotantoa, mutta lisäksi putkituotantoa, joka on aloitettu vuonna 1973. Kuvassa 5 on havainnollistettu valssaus- ja pinnoitusprosessien kulku Raahen ja Hämeenlinnan tehtailla. Putkitehtaalla nauhaterästä jatkojalostetaan ohutseinä- ja rakenneputkiksi, joista rakenneputkiin käytetään lujia Strenx-laatuja. Niiden käyttökohteita ovat esimerkiksi nosto- ja kuljetusvälineiden runko- ja puomirakenteet. [10.]



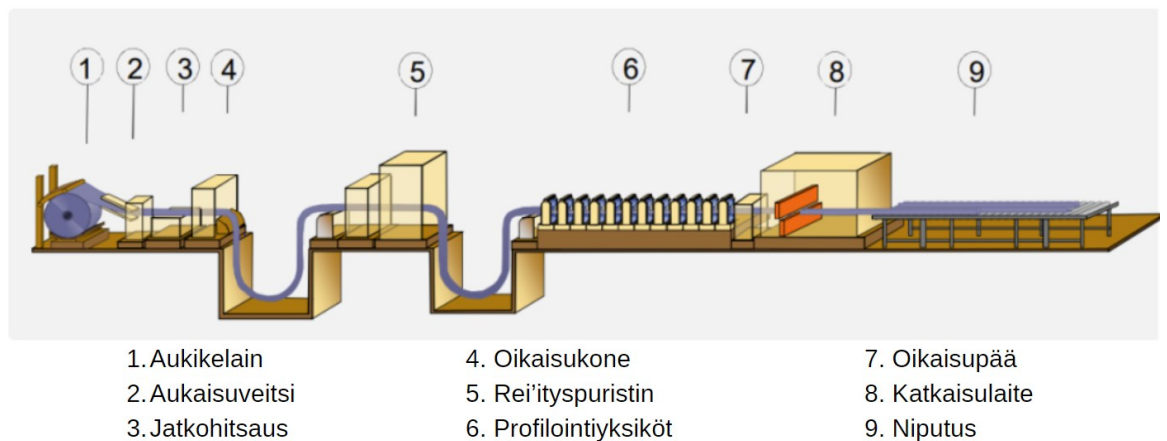
Kuva 5. Valssaus- ja pinnoitusprosessit Raahen ja Hämeenlinnan tehtailla [10].

Pulkkilan putkituotanto on käynnistetty vuonna 1981. Tehtaan raaka-ainemateriaali, valmiiksi leikatut rainat tuodaan rekkakuljetuksilla Raahesta – autolasteja on vuosittain jopa yli 4000. Tehtaalla on vain yksi tuotantolinja, jota muokataan aina kulloisenkin tuotantotarpeen mukaiseksi. Linjan toimintaperiaate on esitetty kuvassa 6. Linjalta valmistuu niin rakenneputkia, kuin putki- ja porapaalujakin. Strenx-laatuja käytetään erikoislujien rakenneteräsputkien valmistukseen, kun taas esimerkiksi kulutusteräksiin käytetään Hardoxia ja säänkestäviin teräksiin Cor-Ten- tai Weathering-laatuja. [8.]



Kuva 6. Putkenvalmistusprosessi Pulkkilan putkitehtaalla [8].

Siinä missä Hämeenlinnassa ja Pulkkilassa valmistetaan umpinaisia, pitkittäishitsattuja putkia, Toijalan erikoisuus ovat kylmämuovautavat avoprofiilit. Samoin kuin muita putkituotteita, niiden valmistukseen voidaan käyttää eri teräslaatuja, kuten Domexia tai Weatheringia, mutta tässä työssä keskitytään niidenkin osalta Strenx-laatuihin. Tunnetuin käyttökohde Toijalan valmistamille avoprofiileille lienee teiden turvakaiteet. [11.] Kuvassa 7 on havainnollistettu Toijalan tehtaan rullamuovauksen toimintaperiaatetta.



Kuva 7. Rullamuovauksen toimintaperiaate Toijalassa [12].

2.2 Strenx 700, 900 ja 960

Strenx on markkinanimi SSAB:n kehittämälle erikoislujalle rakenneteräkselle. Tuotteen logo on esitetty kuvassa 8. Strenx-tuotteissa on suuri myötö- ja vetolujuus, korkea iskutkeys ja hyvät taivutusominaisuudet. Myötölujuudet vaihtelevat välillä 600—1300 MPa, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään myötölujuuksiin 700, 900 ja 960 MPa. [13.]



Kuva 8. Strenx-tuotteiden brändi [13].

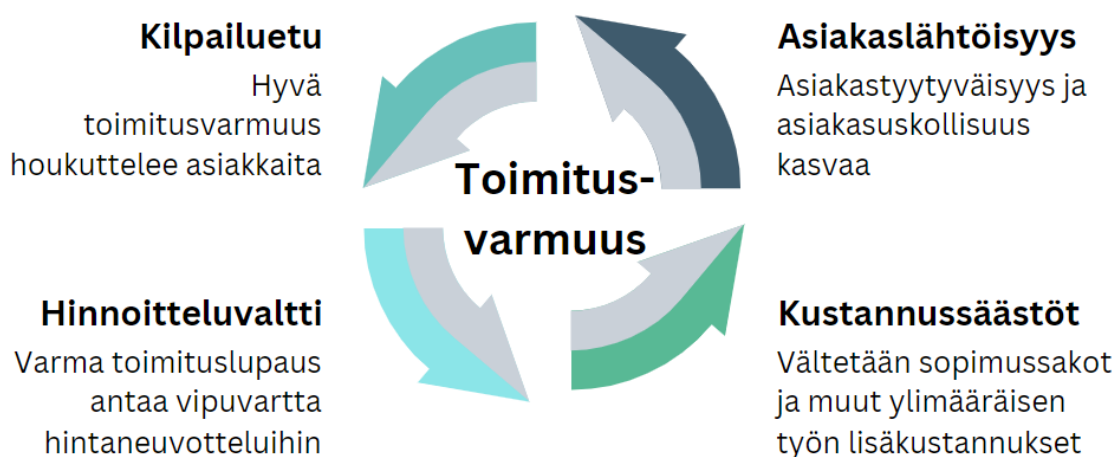
Strenx 700 -tuotteita käytetään esimerkiksi kantavissa rakenteissa ja 900- ja 960-materiaaleja puolestaan kuljetusalalla, nostolaitteissa ja maataloudessa [2]. Strenx-tuotteiden ominaisuuksien ansioista ajoneuvoista ja nostolaitteista voidaan valmistaa kestävämpiä, mutta samalla kevyempiä koneita, jolloin voidaan muun muassa parantaa polttoainetehokkuutta ja suorituskykyä. Näin voidaan pidentää laitteiden käyttöikä ja pienentää käyttökustannuksia. [13.] Strenx-tuotteilla on korkeat kriteerit: tiukat paksuus- ja tasomaisuustoleranssit sekä taivutustakuu. Nämä takaavat hyvän työstettävyyden konepajoilla ja helpottavat prosessiparametrien optimointia. [14.] Korkea tuotelupaus tuo kuitenkin haasteita itse materiaalin tuotantoon, johon tässä opinnäytetyössä paneudutaan tarkemmin.

3 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus on laadun ohella yksi keskeisimpiä asiakastyytyväisyyden mittareita, joten sen kehittäminen on yrityksille tärkeää. Hyvä toimitusvarmuus edellyttää tehokasta tuotannosuunnittelua, toimivia logistiikkaratkaisuja sekä hyvää varastonhallintaa, jolloin odottamattomiin muutoksiin voidaan reagoida riittävän nopeasti. Hyvä toimitusvarmuus ei siis ole vain asiakastyytyväisyyden tae, vaan siten voidaan myös vähentää kustannuksia, kun varastonhallinta on optimoitu ja toimitusketjun toiminta on tehokasta. [15.]

3.1 Toimitusvarmuuden merkitys

Yrityksen kannalta hyvä toimitusvarmuus antaa vahvemman neuvotteluaseman hinnoittelussa, koska täsmälliset toimitukset tarjoavat asiakkaalle vakautta. Asiakkaan näkökulmasta tuo vakaus näkyy pidemmällä aikavälillä kuitenkin usein säästönä niin ajassa kuin rahassa – omat varastot voidaan pitää maltillisena, kun tiedetään, että tilattu tuote tulee ajallaan, ja toisaalta materiaalin puutteesta johtuvat tuotantoseisokit vähenevät. Näiden tekijöiden myötä myös loppuasiakkaan tuotantovarmuus paranee, mikä ruokkii positiivista kierrettä asiakasuskollisuutena ja yhteistyönä myös tulevaisuudessa. [16.] Kuvaan 9 on koottu tässä luvussa mainittuja seikkoja selvennykseksi siitä, millaisiin asioihin toimitusvarmuudella on vaikutusta.



Kuva 9. Hyvän toimitusvarmuuden vaikutus eri tekijöihin [16].

Heikko toimitusvarmuus näkyy yrityksen taloudessa negatiivisesti. Jälkitoimitukset lisäävät logistiikan kustannuksia, kun taas reklamaatiot ja selvittelyt aiheuttavat ylimääräistä työtä ja vievät arvokasta työaika. Tämä kaikki näkyy asiakastyytyväisyyden heikkenemisenä, mikä konkretisoi-
tuu ennen pitkää todennäköisesti asiakaskatona. [15.] Toisaalta asiakas voi olla valmis sietämään heikkoakin toimitusvarmuutta, jos yritys voi kompensoida sitä jollain muulla kilpailuetuna toimi-
valla ominaisuudella. Yritys voi tarjota esimerkiksi edullisempaa hintaa tai ainutlaatuista tuotetta, jota ei ole muualta saatavilla. Yritykset kuitenkin harvoin valitsevat tietoisesti kilpailuhaittaa tuottavia valintoja, minkä vuoksi ne pyrkivät nostamaan kaikki osatekijät kilpailukykyä edistävälle tasolle. [17, s. 153–157.]

3.2 Toimitusvarmuuden mittaaminen

Toimitusvarmuudella tarkoitetaan yrityksen kykyä toimittaa tilatut tuotteet sovittujen sääntöjen mukaisesti asiakkaalle. Sen kuvaamiseksi voidaan käyttää prosenttilukua, joka kertoo onnistuneiden toimitusten määrän suhteutettuna kaikkiin toimituksiin. Tämä voidaan laskea yksinkertaisella yhtälöllä 1. [18.]

$$\text{Toimitusvarmuus \%} = \frac{\text{Onnistuneet toimitukset}}{\text{Kaikki toimitukset}} * 100 \% \quad (1)$$

Toimitusvarmuutta voidaan mitata eri tasoilla joko laaja-alaisesti koko yrityksen tilauskantaan koskien tai yksittäisten asiakkaiden suhteen. Laskennassa käytetään oikea-aikaisesti ilman puutteita toimitettuja tilauksia. [16.]

3.3 Toimitusvarmuuden vaikutus kannattavuuteen

Tilausvaiheessa myyjä ja ostaja sitoutuvat tiettyihin ehtoihin. Näihin ehtoihin on useimmiten kirjattu sovittu toimitusaikataulu ja seuraukset, jos siitä myöhästyään. Käytännössä tämä voi tarkoittaa sopimussakkoja, jolloin yritykselle voi syntyä merkittäviä lisäkuluja toimitusviivästyksen vuoksi. [19.]

Hyvä toimitusvarmuus lisää asiakkaiden luottamusta ja asiakasuskollisuutta, mikä johtaa todennäköisemmin uusiin tilauksiin ja mahdollistaa pitkät asiakassuhteet. Olemassa olevien asiakas-

suhteiden ylläpitäminen on yritykselle usein edullisempaa kuin uusien rakentaminen. Epävirallisenä sääntönä voidaan pitää 1-10-27 -sääntöä, jossa uuden asiakassuhteen luominen maksaa kymmenkertaisesti sen, mitä vanhasta asiakassuhteesta kiinni pitäminen. Menetetyn asiakkaan uudelleen hankkiminen puolestaan voi maksaa jopa 27-kertaisen määrän verrattuna vanhan asiakassuhteen säilyttämiseen. [20.] On kuitenkin hyvä muistaa, että vaikka asiakastyytyväisyys ja asiakasuskollisuus usein kulkevat käsi kädessä, ne mittaavat eri asioita – siksi uskollinen asiakas ei aina ole tyytyväinen, eikä tyytyväinen asiakas välttämättä uskollinen. Toimitusvarmuus voi olla ratkaiseva kilpailutekijä, jonka avulla voidaan ylläpitää kilpailuetua muihin toimijoihin nähden. Jos yritys pystyy tarjoamaan luotettavampaa ja nopeampaa toimitusta kilpailijoihin verrattuna, sillä on hyvä mahdollisuus säilyttää tai jopa kasvattaa markkinaosuuttaan. [17, s. 153–157.]

Toimitusketjun hallinnan päämääränä on ohjata materiaalivirtoja siten, että oikeat tuotteet olisivat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Varastointiaikoja pyritään minimoimaan, sillä varastot vaikuttavat yrityksen kannattavuuteen sitomalla pääomaa ja aiheuttamalla kustannuksia. Pieni varasto mahdollistaa tuotteiden nopeamman läpivirtauksen, jolloin toimitusten reagointikyky ja ketteryys paranevat. Varastojen merkitystä ei sovi kuitenkaan vähätellä, sillä niiden avulla voidaan esimerkiksi suojautua epävarmuutta varten tai kysynnän ja tarjonnan odotettavissa olevia muutoksien varalta. [21, s. 114–116.]

4 Tuotantoprosessin nykytila

Jotta tuotantoprosessia voidaan kehittää, on ymmärrettävä sen nykyinen toimintaperiaate ja löydettävä prosessin heikkoudet. Tämä tapahtuu perehtymällä prosessin kulkuun ja tutkimalla, miten ja miksi siihen on päädytty. Kehityskohtien löytämiseksi on paneuduttava historiatietoihin, joista voidaan löytää toistuvia pullonkaloja tai muita prosessin kulkua haittaavia yhdistäviä tekijöitä. Näin ongelmakohdat saadaan tunnistettua ja tuotantoprosessia pystytään kehittämään entistä sujuvammaksi.

4.1 Tuotantoprosessin kulku

Tuotantoprosessi alkaa tilauksen tekemisellä tehtaan sisäiseen tilausjärjestelmään. Prosessin kulkua on havainnollistettu kuvassa 9. Kullakin putkitekhtaalla on omat tuotannonsuunnittelijansa, jotka vastaavat linjojensa materiaalitarpeesta omien asiakastilaustensa perusteella. Tilausten toimittamisen nykyinen tavoiteaikataulu on kaksi viikkoa tilauksen tekemisestä, mutta tilaukset tehdään varalta 3–4 viikon päähän. Tästäkin kuitenkin usein myöhästytään.



Kuva 10. Tilaus-toimitusketjun eri vaiheet.

Kun tilaus on tehty, tarkistetaan sen perustiedot, kuten ajoitus ja ylipäättään valmistamisen edellytykset. Tilaus etenee kombinointiin, jossa siihen yhdistetään riittävä määrä oikeankokoisia aihioita. Sen jälkeen aihoiden valaminen suunnitellaan sopivaan sulatussarjaan, mikäli tilaukselle ei löydy valmiita varastoaihioita käytettäväksi. Seuraavaksi aihiot suunnitellaan valssausjaksolle, jossa niistä valssataan tilausten mukaiset nauhakelat, jotka leikataan rainaleikkauslinjalla tilatun levyiseksi rainakelaksi. Rainakelojen leikkauksen aikataulusta vastaa LKT:n tuotannosuunnittelija, joka tekee linjojen leikkausjärjestykset perustuen muun muassa leikattavien materiaalien paksuuksiin, leveyksiin, rainamääriin ja toimitusaikoihin. Valmiit, leikatut kelat kuljetetaan putkitehtaille joko junalla tai rekalla ja putkitehtaat saavat näin materiaalin omien tuotteidensa valmistukseen. [9.] Tässä opinnäytetyössä paneudutaan erityisesti sulaton ja valssauksen toimintaan, eli Raahen tehtaan tuotantoprosessin todennäköisimpiin pullonkauloihin työn kohteena olevien laatujen osalta.

4.2 Aiempien tilausten historiatiedot

Tilaukannasta on koottu Excel-tiedostot historiatietojen vertailua varten. Kootun datan avulla voidaan vertailla muun muassa tilauksen tulo- ja valmistuspäivää, tuotelaatuja, toimituskohdetta sekä ahiolaatuja. Näiden tietojen avulla voidaan selvittää, millaisia yhdistäviä tekijöitä toistuvasti myöhästyneille tilauksille voidaan löytää. Käytettyä dataa on kuvattu tarkemmin liitteessä 1, jonka pohjalta työssä käytetyt taulukot ja infograafit on koostettu.

Tarkempaa tarkastelua tehtiin niin asiakaslaaduille kuin ahiolaaduille. Samasta ahiolaadusta voidaan valmistaa useita eri asiakaslaatuja muun muassa valssausparametrejä säätämällä. Näin voidaan vaikuttaa teräksen erilaisiin ominaisuuksiin, kuten murtolujuuteen ja iskusitkeyteen. Tiettyihin asiakaslaatuihin käytetään kuitenkin vakiintuneiden käytänteiden ja tehtaan sisäisten ohjeiden mukaisesti tiettyjä ahiolaatuja. [22.] Tätä on havainnollistettu taulukossa Taulukko 1, johon on merkitty valmistettavien asiakaslaatuojen paksuudet. Tiedot on koottu myöhästyneistä tilauksista saatuun dataan pohjautuen. Ahiolaatuojen katsottiin kertovan työn kannalta tärkeämpiä tietoja, sillä pullonkaulaksi on toimeksiantajan puolesta havaittu sulatto ja valssaus.

Taulukko 1. Myöhästyneiden tilausten asiakaslaatuojen valmistukseen käytetyt aiholaadut.

ASLA AIHL	191	637	706	710
3512	5 mm	7 mm		
3513		8 mm		
3514	3–6 mm	7–10 mm		
3527			3–4 mm	
3544				3–6 mm
3571				4 ja 6 mm

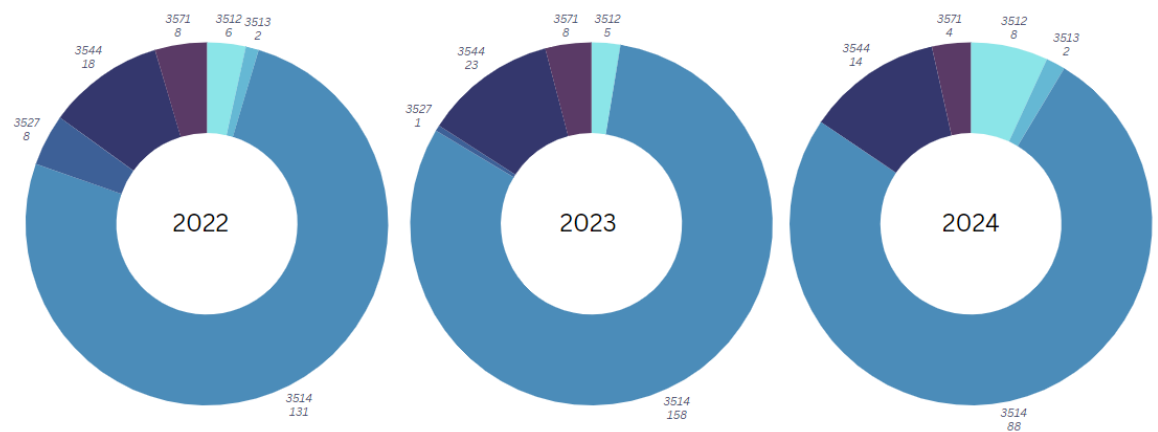
4.2.1 Asiakaslaadut

Myöhästyneitä asiakaslaatuja löydettiin kuusi erilaista. Yleisin niistä oli laatukoodi 3514, joita vuonna 2024 taulukointihetken mennessä myöhästyi 88 kpl, eli yli 75 % tilauksista. Samalla se oli kuitenkin laatu, joka oli keskimäärin toiseksi vähiten myöhässä, sillä niiden toimitusajat vaihtelivat kahta poikkeusta lukuun ottamatta välillä 14–60 päivää, keskiarvon ollessa 35 päivää, mediaanin 32 päivää. Vähiten myöhässä oli asiakaslaatu 3512, joka myöhästyi keskimäärin 26 päivää. Sitä myöhästyi myös määrällisesti vähän, vain 7 % koko vuoden myöhästyneistä. Taulukkoon 2 on koottu kolmen viime vuoden keskeisiä lukuja asiakaslaatuojen suhteen.

Vuoden 2023 tilastoja tarkastellessa voidaan havaita, että tuolloinkin suurin osa myöhästyneistä, yli 80 %, on ollut samaa laatua 3514. Toimitusaika on ollut keskimäärin 36 päivää, kun taas laadulla 3544 on jälleen selvästi pisin toimitusaika, keskimäärin 52 päivää. Määrällisesti laatua 3544 on myöhästynyt saman verran, 12 %, kuin vuonna 2024. Kaikkinensa samat trendit ovat havaittavissa vuoden 2022 tiedoissa. Vuosikohtaisia eroja on vertailtu taulukossa 2. Huomioitavaa on, että vuoden 2024 tiedot on kerätty kesken kuluvan vuoden, syys-lokakuussa 2024. Taulukon tietoja on havainnollistettu rengaskaavion muodossa kuvaan 11, josta voidaan nähdä samojen asiakaslaatuojen painottuvan varsin samoilla tavoin eri vuosien välillä.

Taulukko 2. Myöhästyneiden tilausten tekoon käytetyt asiakaslaadut vuosina 2022–2024 eriteltynä määrien ja toimitusaikojen osalta.

	2022			2023			2024		
	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)
3512	6	3	28	5	3	25	8	7	26
3513	2	1	66	0	0	-	2	2	85
3514	131	76	42	158	81	36	88	76	35
3527	8	5	27	1	1	37	0	0	-
3544	18	10	45	23	12	52	14	12	57
3571	18	5	55	8	4	28	4	3	46



Kuva 11. Myöhästyneet asiakaslaadut vuosittain eriteltynä.

Alla olevassa taulukossa 3 puolestaan on suodatettuna eniten myöhästyneet laadut. Taulukossa on sekalainen joukko kaikkia vuonna 2024 toimitettuja asiakaslaatuja ja niihin käytettyjä aihio-laatuja, joten niistä ei voida tehdä mitään yksittäistä johtopäätöstä haastavimman laadun suhteen. Ainoa selvä yhdistävä tekijä näyttää olevan tilauksen ajoitus, sillä suurin osa yli 50 päivää myöhästyneistä tilauksista ajoittuu kesälle, jolloin on paitsi Raahen tehtaan vuosihuolloista aiheutuvia seisakkeja, myös putkitehtaat lomailevat kesä-heinäkuun aikaan. Lisäksi on huomionarvoista, että

mikäli tilaus myöhästyy putkitehtaan omasta ajoitussuunnitelmasta, sen seuraava mahdollinen käyttötarve putkitehtaalla saattaa lykkääntyä useilla viikoilla. Siten kela saatetaan jättää tietoisesti Raahessa odottamaan rainaleikkausta myöhempään ajankohtaan, jolloin tilastollisesti se näyttäytyy reilustikin myöhästyneeltä.

Taulukko 3. Vuonna 2024 yli 50 päivää myöhästyneiden tilausten asiakas- ja ahiolaadut.

ASLA	AIHL	Paksuus mm	Leveys mm	Tilauksen tulopäivä	Toimituksen kesto päivinä
3571	710	4	368	14.3.2024	50
3514	191	3	230	14.6.2024	51
3514	191	5	618	1.3.2024	54
3514	191	4	287	27.6.2024	55
3514	191	4	226	27.6.2024	57
3514	191	4	345	27.6.2024	57
3514	191	4	391	27.6.2024	57
3514	191	5	394	27.6.2024	57
3571	710	4	368	27.6.2024	57
3514	637	10	952	1.3.2024	60
3514	637	10	1 154	1.3.2024	60
3544	710	4	819	11.4.2024	61
3544	710	5	580	12.4.2024	65
3544	710	4	300	3.7.2024	70
3544	710	4	300	3.7.2024	70
3514	191	5	381	3.4.2024	74
3544	710	4	739	2.7.2024	77
3544	710	4	678	2.7.2024	77
3544	710	3	293	11.4.2024	83
3513	637	8	633	4.7.2024	85
3513	637	8	488	4.7.2024	85
3544	710	5	460	31.5.2024	104
3514	637	8	562	19.2.2024	115

4.2.2 Ahiolaadut

Putkitehtaille toimitettavien myöhästyneiden tuotteiden valmistamiseksi havaittiin käytettävän neljää eri ahiolaatua: 191, 637, 706 ja 710. Näistä selvästi harvinaisin oli laatu 706, jota oli käytetty vuosien 2022—2024 aikana myöhästyneiden tilauksen valmistuksessa yhteensä vain 9 kertaa. Taulukkoon Taulukko 4 on kerätty käytettyjen ahiolaatujen määrät ja toimitusajat vuosittain vertailtuna. Siitä voidaan havaita, että laatu 191 muodostaa suurimman osan myöhästyneistä tilauksista. Toisaalta toimitusaika venyy pisimmäksi laadulla 710, joka muodostaa myöhästyneistä

aihiolaaduista noin 15 %. Noin 20 % myöhästyneistä on laatua 637, jonka toimitusajat ovat keskimäärin 40 päivän tienolla.

Taulukko 4. Myöhästyneiden tilausten tekoon käytetyt ahiolaadut vuosina 2022—2024 eriteltynä määrien ja toimitusaikojen osalta.

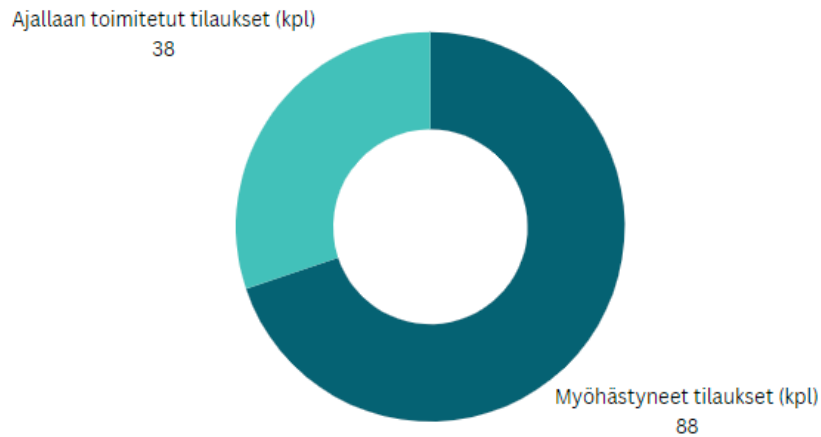
	2022			2023			2024		
	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)	Määrä (kpl)	%-osuus	Toimitusaika keskimäärin (pv)
191	99	57	41	126	65	35	78	67	33
637	40	23	44	37	19	37	20	17	43
706	8	5	27	1	1	37	0	0	-
710	26	15	48	31	16	46	18	16	55

4.2.3 Myöhästyneiden tilausten osuus

Kunnollista dataa ajallaan toimitettujen ja myöhästyneiden tilausten vertailuun ei ollut suoraan saatavilla. Viitteellistä tietoa sai kuitenkin Eveman-ohjelman avulla, josta voidaan koostaa muun muassa tuotantoraportteja halutulle ajanjaksolle valitulta tuotantolinjalta. Tarkempia Evemanista koottuja tietoja on käsitelty liitteessä 4.

Koska edellisvuosien myöhästyneiden osuudet olivat keskenään varsin samankaltaisia, tehtiin vertailua kaikkeen onnistuneeseen tuotantoon vain kuluvan vuoden 2024 osalta. Tämän voidaan olettaa kertovan kokonaiskuvasta riittävän tarkasti ja luotettavasti. Siinä missä myöhästyneitä asiakaslaaturivejä 3514 havaittiin aineistosta 88 kpl, kaikkiaan kyseistä laatua oli ajettu rainalinoilta yhteensä 301 kela. Tästä ei voida kuitenkaan suoraan päätellä tilausten kokonaismäärää, sillä yksi tilaus saattaa sisältää jopa yli kymmenen kela. Evemanissa on kuitenkin oma sarake työn ensimmäiselle kelalle, johon ensimmäinen kela oli merkitty "1", kun loput saman tilauksen kelat on merkitty "0". Näin saadaan yksinkertaisella summafunktiolla tulokseksi 126, mistä voidaan päätellä tilauksia olleen yhteensä 126 kpl. Evemanin kautta pystyy suodattamaan asiakaslaatua, mutta ei ahiolaatua. Siispä mukana vertailussa on nyt sekä ahiolaadut 191 että 637, joita

molempia on käytetty asiakaslaadun 3514 valmistamiseen. Alla olevassa kuvassa 12 on esitetty tilausten ajallaan onnistuminen asiakaslaadun 3514 suhteen. Siitä voidaan nähdä myöhästyneiden muodostavan noin 70 % kaikista kyseisen laadun tilauksista.



Kuva 12. Asiakaslaadun 3514 myöhästyneet ja ajallaan toimitetut tilaukset kappalemäärinä vuonna 2024.

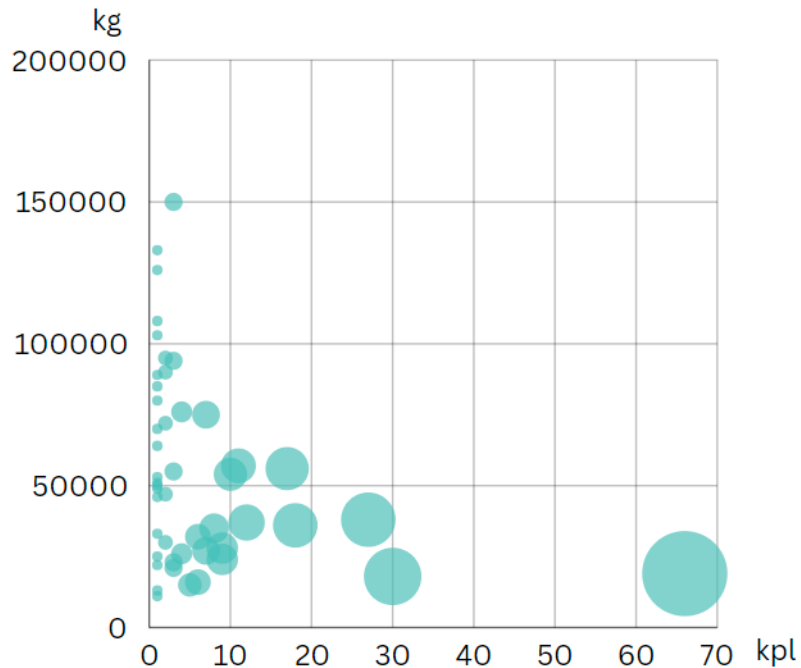
4.3 Ongelmakohtien tunnistaminen

Selkein ongelma suunnittelun kannalta on valssausjakson suunnittelu, joka täytyy toteuttaa tiettyin ehdoin. Keskeisimpiä määrääviä tekijöitä ovat valssattavat leveydet, paksuudet ja lujuudet, jotka täytyy yhdistellä sopiviksi yhdistelmiksi siten, että muutos seuraavaan valssattavaan ominaisuuteen on jouheva. Valssausjakso kapenee loppua kohden, johon nämä lujat Strenx-laadut useimmiten sijoittuvat. Lujat ja kapeat laadut ovat haastavimpia sijoittaa jaksolle sopivaan paikkaan. [23.]

Ylileveä valssaus ei siis välttämättä ratkaise valssausjakson suunnittelua koskevia haasteita, sillä lujuusominaisuuksiensa vuoksi laatu voi olla vaikeaa sijoittaa muiden leveämpien valssattavien joukkoon, joita on jo itsessään runsaasti. Tärkeää onkin selvittää tarkemmin, millaisista leveyksistä on kyse, jotta voidaan pohtia niiden sijoittumista valssausjaksolle. Kapeaksi valssaus mielletään silloin, kun kyseessä on alle 1200 mm leveät nauhat [23].

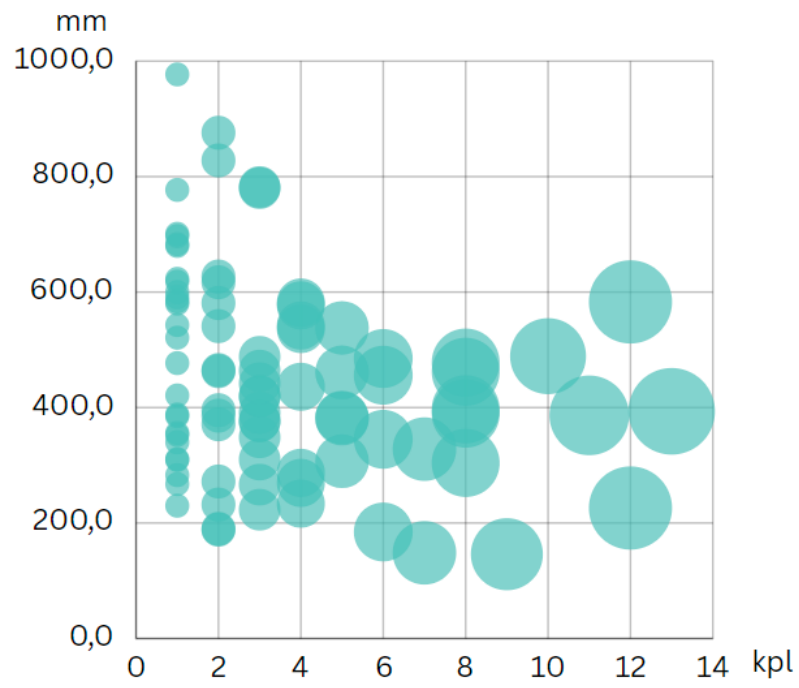
Lisäksi on pohdittu varastoaihioiden laajempaa käyttöä, mikä saattaisi nopeuttaa valmistusprosessia parilla päivällä. On kuitenkin huomattava, että varastoaihioiden käyttö edellyttäisi säännöllistä tarvetta tilauskannassa. Teoriassa tämä voisi olla mahdollista, jos tilaukset ovat säännöllisiä

tietyiltä asiakkailta, mutta toisaalta ainakaan historiatietoja tutkimalla ei voida vetää selviä johtopäätöksiä tilaajien tarpeista. Suurimpana syynä tähän on vaihtelut tilausten välillä: siinä missä valssauspaksuus vaihtelee 3–10 mm välillä, on tilattu määrä kaikkea 11 ja 150 tonnin väliltä. Painojen vaihtelua ja määrien jakautumista on kuvattu kuvassa 13, jossa ympyrän koko korreloi esiintyvyyksiheyden kanssa.



Kuva 13. Myöhästyneiden tilausten kokonaispainojen vaihtelu.

Tilattuja rainaleveyksiä havaittiin myöhästyneiden tilausten aineistosta 85 erilaista, joten valssausleveydetkin vaihtelevat laajasti. Tämän vuoksi oikean kokoisten varastoaihioiden teko ennakkoon saattaa olla haastavaa. Kuvassa 14 on havainnollistettu eri rainaleveyksien jakautumista myöhästyneissä tilauksissa, jossa ympyrän koko heijastaa kyseisen leveyden esiintyvyyttä. Liitteessä 2 on koottuna data, jonka pohjalta graafit on muodostettu.



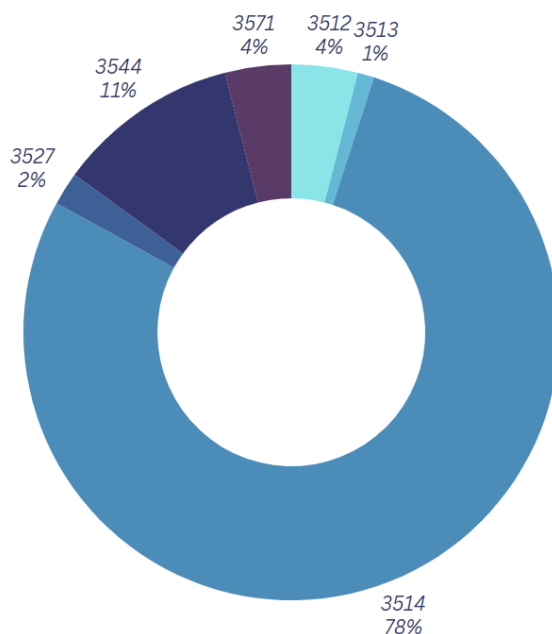
Kuva 14. Myöhästyneiden tilausten eri rainaleveyksien esiintyvyyt.

5 Tutkimustulokset

Tulosten tarkastelussa keskitytään erityisesti kahteen osa-alueeseen: aihioaatujen ja niiden leveyksien määrittelyyn sekä ylileveän valssauksen kannattavuuteen. Näiden pohjalta voidaan määrittellä käytännön suunnittelua helpottavat raamit, joiden avulla tuotannosta saadaan sujuvampaa ja näin ollen päästään parempaan toimitusvarmuuteen. Keskustelemalla tuotannosuunnittelijoiden kanssa saadaan poimittua parhaat näkemykset ja käytänteet laajemmin käyttöön. Näiden toimien vaikuttavuutta tarkastellaan koejakson aikana, jolloin voidaan varmistua siitä, että niistä on ollut toivottua apua.

5.1 Aihioaatujen ja -leveyksien määrittely

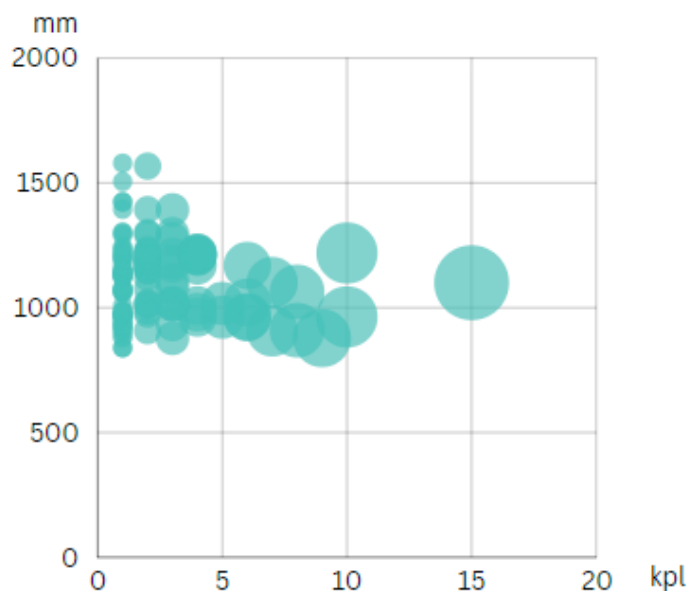
Myöhästyneistä tilauksista vuodesta toiseen suurimmalle sijalle nousee asiakaslaatu 3514, joka valmistetaan aihioaadusta 191. Kyseinen laatu muodostaa keskimäärin jopa lähes 80 % myöhästyneistä tilauksista, jonka vuoksi sen toimitusvarmuuteen panostaminen parantaisi kokonaistilannetta merkittävästi. Toiseksi suurin myöhästyjä on asla 3544, joka kuitenkin muodostaa myöhästyneistä tilauksista vain reilut 10 %, mikä on yhtä paljon kuin loput neljä laatua yhteensä. Kuvassa 15 on havainnollistettu myöhästyneiden laatujen jakaumaa keskimäärin vuosina 2022—2024.



Kuva 15. Myöhästyneiden asiakaslaatuun jakautuminen keskimäärin vuosina 2022—2024.

Koska suurin haaste vaikuttaa olevan aihoiden suunnittelu valssausjaksolle, on syytä tarkastella myös niitä kriteerejä, joiden perusteella jaksot suunnitellaan. Tuotannonohjauksen mukaan tärkeimmät kriteerit ovat valssauspaksuus ja -leveys sekä valssattavan laadun lujuusominaisuudet. Kuitenkin tuotannon viesti usein on, ettei lujuus ole niin määräävä tekijä, minkä vuoksi on syytä tarkastella nykyisiä käytänteitä ja perusteita niiden takana. [23.] Yksi vaihtoehto on jättää aihioaadun 191 osalta lujuusvaatimukset huomioimatta sijoitettaessa sitä valssausjaksolle ja tehdä sijoitukset vain paksuuden ja leveyden perusteella. Mikäli lopputuloksena on yhtä laadukas ja kriteerit täyttävä lopputuote, voitaisiin pitää perusteltuna luopua liian tiukoista jakson suunnittelukriteereistä.

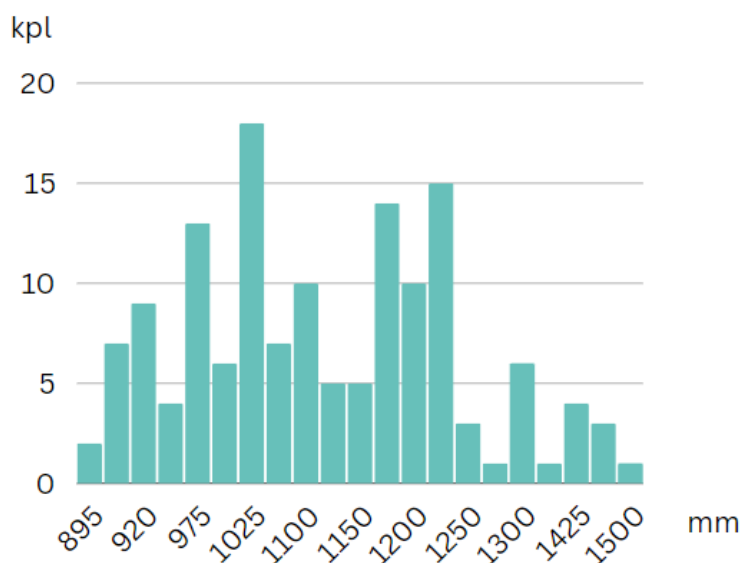
Evemanista kerätystä aineistosta pystyttiin koostamaan tilastoa siitä, mitä kelaleveyksiä rainalinjoilla on leikattu. Liitteessä 4 on avattu kyseistä dataa tarkemmin, mutta sen avulla selvitettiin asiakaslaadun 3514 ajettua kelaleveydet. Tilasto pitää kuitenkin sisällään aihioaadut 191 ja 637, eikä niitä voitu eritellä sen tarkemmin. Kuvaan 16 on havainnollistettu rainalinjojen läpi ajettuja kelaleveyksiä. Siitä nähdään, että leveydet vaihtelivat välillä 840—1580 mm. On huomattava, että kuvaan käytetty data koostuu yksittäisistä keloista, eikä tilauksista. Näin ollen esimerkiksi yksittäiset isot esiintymät, kuten 15 kpl 1100 mm:n levyisiä keloja, koostuvat yhdestä ja samasta tilauksesta.



Kuva 16. Ajettua kelaleveydet asiakaslaadulle 3514 vuonna 2024.

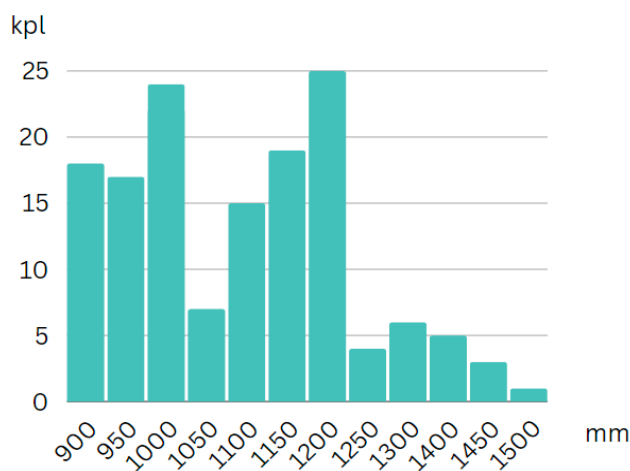
Aihioleveyksistä oli saatavilla tilastodataa vuosilta 2023—2024. Dataa tutkittiin aslan 3514 ja aihioaadun 191 osalta, mikä on eritelty liitteeseen 5. Sen pohjalta on koostettu alla oleva kuva 17, josta nähdään eri aihioleveyksien jakauma kyseisen laadun osalta. Aihion leveys ei korreloi täysin

suoraan valssausleveyteen, mutta nyrkkisääntönä on pidetty mahdollisuutta leventää 5 mm tai kaventaa 45 mm valssatessa ahiota [24].



Kuva 17. Valettujen aihioleveyksien määrät laadun 191 (asla 3514) osalta vuosilta 2023—2024.

Aihioleveydet määräytyvät käytettävissä olevien kokillien eli valumuottien leveyksien mukaan [24]. Leveydet kasvavat 25 mm:n välein, joten tätä työtä ajatellen voisi olla järkevää kokeilla, riittäisikö 50 mm:n välein oleva leveysvalikoima. Tarvittaessa tietyt ahiot siis valmistettaisiin tarkoituksella ylileveänä, jolloin kela myös valssataan ylileveänä. Sitä kautta syntyvää ylimääräisen reunaromun kustannusta voidaan arvioida seuraavassa kappaleessa esitellyn reunaromuhintalaskurin avulla. Kuvassa 18 on esitetty arvio siitä, miltä aihioleveyksien jakauma näyttäisi, jos leveysvalikoimaa harvennetaan. Arvio pohjautuu edellisessä kuvassa 17 esitettyyn dataan.



Kuva 18. Ehdotus aihioleveyksille laadulle 191 asiakaslaadun 3514 valmistukseen.

Kun kuvia 17 ja 18 verrataan keskenään, voidaan nähdä selvää tasoittumista eri aihioleveyksien määrien kesken, mikä saattaa nopeuttaa kyseisten erien valmistamista. Molemmista kuvista voidaan todeta, että suurin osa, noin 70 %, on alle 1200 mm leveitä ahiota, eli niiden valssaus mielletään kapeaksi ja ne sijoitetaan sen vuoksi valssausjakson loppupäähän. Samalla kuitenkin on hyvä huomata, että vaikka valssaus suunniteltaisiinkin tarkoituksella ylileveäksi, jää leveys suurimmilta osin kuitenkin alle 1200 mm rajan, jolloin sijoittaminen jaksolle on edelleen haastavaa, eikä alkuperäinen ongelma valssausjaksolle sijoittamisesta ratkeakaan tällä keinolla. Lisäksi tästä koituu mahdollisesti ylimääräinen työvaihe, jos ylileveitä aihioita joudutaan kaventamaan ennen valssausta.

Ahiot sijoitetaan valun jälkeen kolmeksi vuorokaudeksi lämpöhuppuun, jotta saavutetaan halutut metallurgiset ominaisuudet. Sen jälkeen ne konekunnostetaan, kun ne ovat vielä kuumia. Kyseessä olevalle ahiolaadulle 191 on ohjeistuksen mukaan määritetty pakollinen konekunnostus. Aihioita ei haluta kunnostettavaksi liian suurta erää kerralla, sillä yhden vuoron aikana niitä ehditään kunnostaa vain rajallinen määrä. Jos aihioita ei ehditä kunnostaa, ennen kuin ne jäähtyvät, ne joudutaan lämmittämään uudelleen, mikä tarkoittaa jälleen ylimääräistä työvaihetta. [23.] Täten siis pitkistä valusarjasta voi olla jopa enemmän haittaa kuin hyötyä, tai ainakin mahdollinen hyöty riippuu merkittävästi ahioiden lukumäärästä.

Saatavilla olevien tilastojen valossa on vaikeaa, ellei mahdotonta määrittää, minkä kokoisia varastoahioita valmistuksessa voitaisiin parhaiten hyödyntää. Myöhästyneiden tilastodatasta käy ilmi tilatut rainalevydet, mutta ei rainojen lukumäärää tai kelan leveyttä, joiden avulla voitaisiin etsiä kannattavaa ratkaisua varastoaihion leveydeksi. Toisaalta valmistettujen ahioiden tilastotiedoista ei selviä, mitkä niistä on onnistuttu toimittamaan ajallaan ja mitkä ovat viivästyneet. Ilman tätä oleellista tietoa ongelmaksi muodostuvia leveyksiä ei voida poimia. Toisaalta tuotannon suunnittelijan haastattelun perusteella varastoaihion käyttö jouduttaisi tilauksen etenemistä vain 2–3 päivällä, joka ei kuitenkaan nopeuttaisi toimituksia tarpeeksi nykyisiin toimitusaikoihin nähden [23].

LKT:n suunnittelupisteen tehtäviin kuuluu lisätä tässä työssä käsiteltäviä suorasammutettuja laatuja niin sanotulle ”karkaistujen listalle”. Tämän listan avulla sulatus- ja valssaussarjojen suunnittelijat osaavat kiinnittää paremmin huomiota näihin haastaviin laatuihin. [25.] Jatkossa karkaistavien listan päivittämisen voisi ottaa päivittäiseksi työtehtäväksi LKT:n pisteessä, vaikka useimpien listalle ei olisikaan lisättävää. Näin varmistettaisiin se, ettei sen tarkkailu unohdu liian pitkäksi

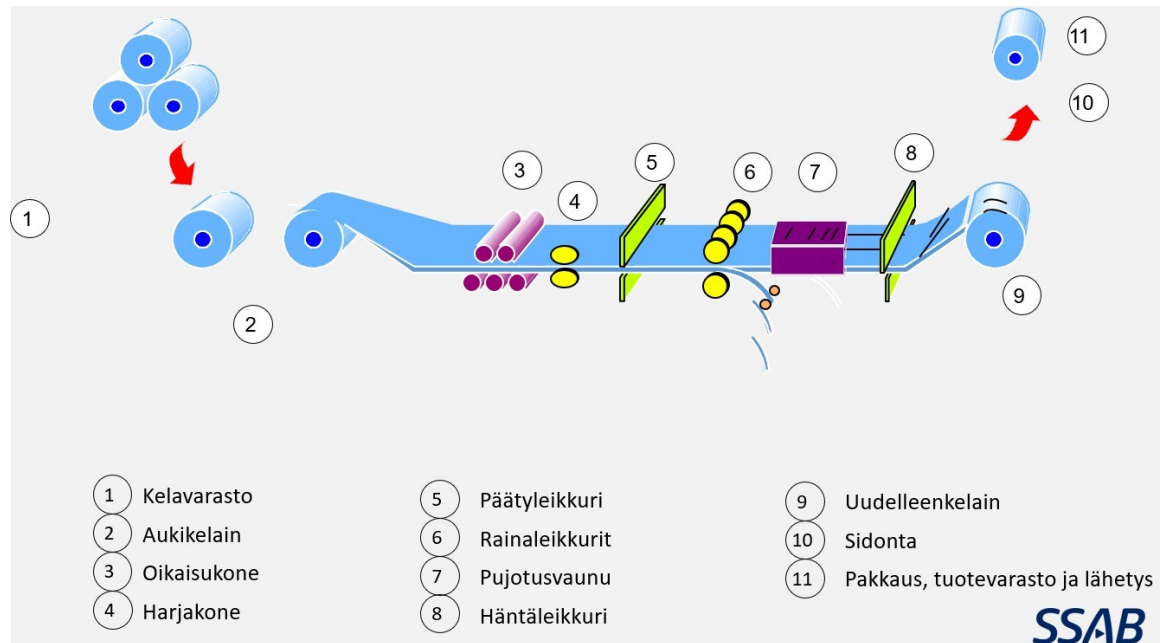
aikaa ja samalla vuorosuunnittelupisteessä olisi mahdollista reagoida näihin laatuihin nopeammin. Yksinkertaisuudessaan karkaistujen teräslaatuja käsittelyn jouduttamiseen pitäisi tietoisesti kiinnittää enemmän huomiota jokaisessa työpisteessä.

Yhteenvedon voidaan todeta, että valusarjan suunnitteluun on erittäin haastavaa laatia yhtä yleispätevää ja säännönmukaista ohjeistusta, koska muuttujia on niin paljon. Yhden prosessipisteen haasteiden ratkaisu vaikuttaa siirtävän ongelman helposti seuraavaan pisteeseen. Suunnittelussa on aina otettava huomioon kokonaistilanne, joten lopulta paras ja toimivin keino on luottaa suunnittelijan ammattitaitoon ja pelisilmään siinä, että sarja saadaan suunniteltua mahdollisimman optimaalisesti. Käytännössä suunnittelijalle tämä tarkoittaa mieluummin tasaleveitä ja lyhyitä sarjoja, kuin pitkiä valusarjoja useilla eri säädöillä valssauksen osalta [23].

5.2 Ylileveän valssauksen tuotostappio

Ylileveä valssaus tarkoittaa tarkoituksenmukaisesti tilausleveyteen nähden liian leveäksi valssatun kelan valssausta. Se on kannattavaa tiettyyn rajaan saakka ja tässä vaiheessa on tarkoitus selvittää, missä tuo raja kulkee, jotta jatkossa kannattavuutta ei tarvitse arvuutella. Ylileveän kelan rainaleikkausvaiheessa reunaromua tulee suunnitellusti normaalia enemmän. Tällöin siis raaka-ainetta on käytetty tietoisesti liikaa, mutta toisaalta se voidaan uusiokäyttää terästuotantoon siinä missä muutakin kierrätysterästä.

Rainaleikkauksen periaate on esitetty kuvassa Kuva 19. Rainaleikkuri leikkaa kelan halutun levyiseksi rainoiksi ja samalla reunoilta leikataan ylimääräinen materiaali. Ylileveästä valssauksesta voi ainakin teoriassa aiheutua lisätyötä rainaleikkausvaiheessa. Koska reunaromun määrä kasvaa, romukippoa joudutaan tyhjentämään useammin ja rainaleikkurin terät saattavat kulua enemmän. Toisaalta terien kulumiseen ei niinkään vaikuta romun määrä, vaan se, onko kela ylipäättään reunaleikattava – suurin osa etenkin putkitehtaiden keloista on reunaleikattavia.



Kuva 19. Rainaleikkauslinjan toimintaperiaate [26].

Koska kokonaisuutta ajatellen tässä tapauksessa puhutaan niin pienistä muutoksista reunaromun määrään, voidaan ylimääräisten kustannusten ajatella koostuvan ainoastaan materiaalihukasta. Siten laskuista jätetään huomioimatta esimerkiksi työstä, kulutustarvikkeista ja muista sivukuluista koituvat kustannukset, ja keskitytään ainoastaan ylimääräisestä materiaalinkäytöstä syntyviin kustannuksiin.

Tarkemmat euromääräiset laskelmat sisällytetään salassa pidettävään aineistoon ainoastaan toimeksiantajan käyttöön, joten tässä opinnäytetyössä esitellään ainoastaan laskentaan käytetyt periaatteet. Materiaalin hinta ilmoitetaan €/tonni. Tällöin siis tuotostappio lasketaan laskemalla ensin reunaromun massa, joka saadaan tiheyden ja tilavuuden avulla. Kaava muokataan tiheyden perusyhtälöstä 2 [27].

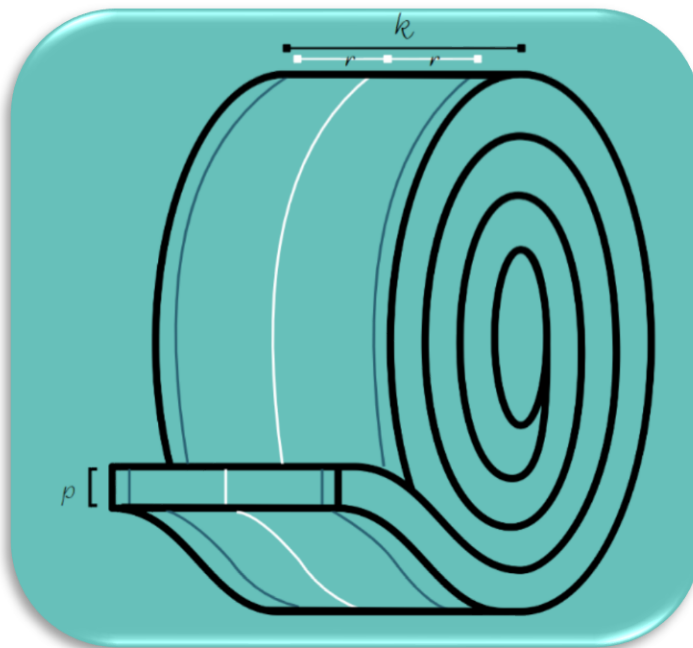
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

missä ρ = tiheys (kg/dm³)

m = massa (kg)

V = tilavuus (dm³)

Lasketaan ensin reunaromun tilavuus, joka saadaan kertomalla romusuikaleen paksuus, leveys ja pituus. Käytännössä reunaromia on se, mitä kelasta jää käyttämättä, kun keskeltä leikataan tilatut rainaleveydet. Tuotannonsuunnittelun ohjelmakuvakkeet eivät kerro suoraan kelasta jäävän romun määrää, vaan tilattujen rainojen lukumäärän, leveyden sekä koko kelan leveyden. Tällöin siis reunaromun kokonaisleveys on sama, kuin koko kelan leveydestä vähennetyt rainaleveydet. Tilavuuden saamiseksi reunaromun leveys kerrotaan sen paksuudella ja pituudella. Tähän voidaan käyttää yhtälöä 3. Kelan leikkauspintoja on havainnollistettu kuvassa 11, jossa on esitetty kaksirainaisen kelan leikkaus. Valkoinen viiva erottaa varsinaiset rainat toisistaan ja tummemmat viivat reunoilla kuvaavat syntyvää reunaromia.



Kuva 20. Kaksirainaisen kelan leikkauspinnat.

$$V = (k - x \cdot r) \cdot p \cdot l \quad (3)$$

missä k = koko kelan leveys (dm)

x = rainojen lukumäärä

r = rainojen leveys (dm)

p = nauhan paksuus (dm)

l = kelan pituus (dm)

Lasketaan yhtälö 3 esimerkkiarvoilla, jossa

$$k = 1242 \text{ mm} = 12,42 \text{ dm}$$

$$x = 2$$

$$r = 591 \text{ mm} = 5,91 \text{ dm}$$

$$p = 9,6 \text{ mm} = 0,096 \text{ dm}$$

$$l = 233 \text{ m} = 2330 \text{ dm}$$

$$V = (12,42 \text{ dm} - 2 \cdot 5,91 \text{ dm}) \cdot 0,096 \text{ dm} \cdot 2330 \text{ dm} = 134,2 \text{ dm}^3$$

Muokataan yhtälö 2 siten, että ratkaistaan siitä massa m ja sijoitetaan tiheys ja edellä laskettu tilavuus kaavaan. Teräksen tiheys on vakio, $7,8 \text{ kg/dm}^3$ [27].

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7,8 \text{ kg/dm}^3 \cdot 134,2 \text{ dm}^3$$

$$m = 1046,8 \text{ kg}$$

Saadun massan perusteella voidaan nyt laskea hinta syntyvälle reunaromulle. Muuttamalla laskukaavaan leveyttä, voidaan verrata hintaa tavanomaista leveämmälle reunaromulle. Näitä hintoja vertaamalla voidaan pohtia syntyvää tuotostappiota ja siten ylileveän valssauksen kannattavuutta. Käytännön avuksi tähän laadittiin Excel-pohja, johon voi suoraan sijoittaa tilauskohtaiset mitat ja saada siten nopeasti tiedon siitä, paljonko reunaromun hinnaksi muodostuu. Laskentapohja on esitelty liitteessä 3.

5.3 Koejakso

Koejakson aikana seurataan, onko tehdyillä muutoksilla toivottuja vaikutuksia toimitusten onnistumiseen sovituissa aikatauluissa. Jotta muutosten vaikuttavuutta voidaan arvioida luotettavasti, koejakson on oltava riittävän pitkä. Sen pituudeksi määritettiin aluksi kuukausi, mutta jaksoa lopullinen pituus määräytyy saatavilla olevista tuloksista. Mikäli tilauksia ei ole riittävästi tehtyjen muutosten vaikutusten arvioimiseksi, pidennetään tarkastelujaksoa. Koejakson aikana ei ole vält-

tämätöntä keskittyä asiakaslaatuun 3514, sillä ehdotettujen toimenpiteiden voidaan olettaa pätevän kaikkiin Strenx-laatuihin. Tämän opinnäytetyön aikataulun puitteissa ei ollut mahdollista tarkastella tuloksia koejakson jälkeen, vaan se jäi toimeksiantajan vastuulle. Odotettavissa kuitenkin on, että tehdyillä toimenpiteillä on positiivisia vaikutuksia toimitusvarmuuden parantamiseen.

Koejakson jälkeen tilausten toimitusvarmuuden parantumista voidaan seurata esimerkiksi myöhästyneiden tilausten seurannan avulla. LKT:n tuotannosuunnittelijat tekevät perustyössään viikoittain Excel-listauksen edellisen viikon myöhästyneistä tilauksista ja myöhästymisten syistä. Tätä samaa menetelmää voidaan hyödyntää näiden tarkasteltavien kohteiden seurantaan lisäämällä taulukkoon oma sarake laadulle, jolloin voidaan helposti nähdä, vieläkö Strenx-laatuja myöhästyy toimitusaikataulusta.

Toinen vaihtoehtoinen menetelmä toimitusten onnistumisen seurantaan on tarkastella historia-tietoja samalla tavalla, kuin niitä tarkasteltiin tämän opinnäytetyön alkuvaiheessa. Erotuksena on, että nyt on selvästi vähemmän dataa tarkasteltavana, jolloin yhteenvedon koostaminen voi olla helpompaa kuin alussa, etenkin sillä oletuksella, että toimitukset on saatu paremmin toimitettua ajallaan. Tämä vaatii kuitenkin erillisen datan keräämisen tietokannoista. Toisaalta mitä suurempi määrä dataa olisi tarkasteltavana, sitä luotettavampia johtopäätöksiä siitä voitaisiin tehdä.

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin keinoja parantaa toimitusvarmuutta putkitehtaille toimitettavien Strenx-laatujuen osalta ja tavoitteena oli kehittää tuotannonsuunnittelua ja tuotantoprosessia siten, että myöhästyneitä tilauksia olisi jatkossa merkittävästi vähemmän. Suurin osa myöhästymisestä kohdistui asiakaslaatuun 3514, minkä vuoksi kehitysehdotukset aloitettiin siitä. Samoja toimenpiteitä voidaan todennäköisesti hyödyntää jatkossa myös muihin laatuihin.

Tutkimustulokset osoittivat, että tilausten myöhästyminen johtuu haastavista aihioleveyksistä ja -laaduista. Ratkaisuksi mietittiin alun perin ylileveää valssausta, jonka taloudellisen kannattavuuden arvioimiseksi laadittiin Excel-pohjainen hintalaskuri. Sen avulla voidaan laskea todellinen hinta ylimääräiselle reunaromulle, jota ylileveän valssauksen myötä syntyy normaalia enemmän. Haastattelujen myötä kävi kuitenkin ilmi, että ylileveä valssaus ei ratkaise aihoiden valssausjaksolle sijoittamisen haasteita, sillä sijoitettavat aihiot ovat joka tapauksessa kapeaksi miellettyjä, jakson loppupäähän sijoitettavia aihioita.

Samasta syystä aihoiden valmistukseen käytettäviä kokillileveyksiä ei välttämättä kannata rajoittaa, vaan rajoittamisesta voi olla jopa enemmän haittaa kuin hyötyä, sillä liian suuret erät ovat helposti pullonkauloja seuraavissa prosessipisteissä. Suunnittelun kannalta on helpompi käsitellä enemmän tasaleveitä ja lyhyitä sarjoja, kuin pitkiä valusarjoja useilla eri säädöillä valssauksen osalta. Kokeellinen vaihtoehto on jättää aihioita valssausjaksolle sijoittaessa huomioimatta laadun lujuus ja tehdä sijoitus jaksolle vain paksuuden ja leveyden perusteella, mikä toisi tarvittaessa lisää joustavuutta jakson suunnitteluun. Tämän vaihtoehdon toteuttaminen jää kuitenkin toimeksiantajan harkinnanvaraiseksi, sillä sen toteuttaminen edellyttäisi käytössä olevien valssausjaksolle sijoitteluperusteiden uudelleenarviointia. Tämä vaihtoehto on kuitenkin hyvä pitää mielessä, sillä käytössä olevia perusteita on hyvä aika ajoin tarkastella.

Tärkein ja selkein kehitysehdotus on kiinnittää huomioita tutkimuskohteena oleviin laatuihin jokaisessa työpisteessä niin, että niiden valmistaminen aloitetaan hyvissä ajoin. Toimeksiantaja toteuttaa myöhempänä ajankohtana koejakson, jonka aikana työssä esiintyneitä kehitysehdotuksia pyritään ottamaan käytäntöön ja seuraamaan tehtyjen muutosten vaikutuksia toimitusten aikataulussa pysymiseen.

Opinnäytetyö antoi merkittäviä suuntaviivoja siitä, millä keinoilla toimitusvarmuutta voidaan parantaa, mutta myös tärkeitä havaintoja keinoista, joista ei välttämättä ole apua. Kokonaisuudessaan näillä muutoksilla on mahdollista vähentää myöhästyneiden tilausten määrää ja parantaa tuotantoprosessien sujuvuutta, mikä edesauttaa yrityksen kilpailukykyä ja asiakastyytyväisyyttä pitkällä aikavälillä.

7 Pohdinta

Opinnäytetyöprosessi tarjosi paljon opittavaa paitsi varsinaisesta aiheesta, myös projektin toteutuksen vastaamisesta itsenäisesti. Opinnäytetyön aikataulutus ja suunnittelu oli aluksi haastavaa, enkä toisaalta halunnut luoda liian sitovaa aikataulua. Muuttujia oli useita, eikä kaikkiin voinut itse vaikuttaa, joten koin, että liian tiukan aikataulun sijaan oli parempi suunnitella mieluummin liian löysä aikataulu. Työ eteni kuitenkin jouhevasti ja omalla aktiivisuudella pystyi vaikuttamaan etenemisvauhtiin.

Varsinainen kirjoitustyö sujui yllättävän vaivattomasti. Koin, että aihe oli toimeksiantajan puolelta selkeästi rajattu, mikä helpotti työhön tarttumista. Teoriapohjaa oli mahdollista työstää hyvälle tolalle jo ennen varsinaisiin tutkimuskysymyksiin paneutumista, sillä aiheen rajauksen ansiosta oli selkeästi tiedossa, mitä työssä tullaan tutkimaan. Työ sisälsi paljon omatoimista selvittelytyötä erilaisilta sidosryhmiltä, kuten myynnistä, tilaustenkäsittelystä ja tuotannonsuunnittelusta. Tämä kaikki oli yllättävän aikaa vievää, sillä vastauksia sai usein odottaa tovin ja toisaalta niiden prosessointi vei oman aikansa. Opinnäytetyö eteni kuitenkin ajallaan, eikä aikataulutus tuottanut suurempia ongelmia.

Opinnäytetyöhön käytetystä ajasta melko suuri osa kului visuaalisen puolen viimeistelyyn, sillä halusin taulukoista ja grafiikasta selkeästi ymmärrettävän ja visuaalisesti miellyttävän kokonaisuuden. Ajallisesti tässä olisi voinut oikaista paljonkin käyttämällä Wordin ja Excelin valmiita taulukko-ominaisuuksia, mutta päätin jättää taulukoiden laajemmat raakaversiot liitteeksi ja varsinaiseen työhön sisällytin Canvalla tehdyt taulukot ja grafiikat, jotka pyrin esittämään mahdollisimman selkeässä ja informatiivisessa muodossa. Vaikka minulla oli jonkin verran kokemusta Canvan käytöstä, vei sen taulukko-ominaisuuksien opettelu väistämättä aikaa. Koen kuitenkin, että näistä taidoista voi olla hyötyä myös tulevaisuutta ajatellen.

Työ toteutettiin pitkälti tuotannonsuunnittelijoiden ajatuksia ja kehittämis ehdotuksia kuunnellen. Halusin haastatella työhön useampaa suunnittelijaa, jotta sain varmasti monipuolisia näkemyksiä ja toisiaan tukevaa informaatiota. Tilastollista dataa käytettiin perustana, jonka pohjalta ongelmakohtia osattiin paremmin paikallistaa ja siten etsiä niihin ratkaisuja. Työssä keskityttiin prosessin parantamiseen Raahen tehtaalla, mutta toisaalta yksi mahdollisuus olisi viedä havainnot haastavista laaduista vielä enemmän tilaus-toimitusketjun alkuun, suoraan tilaaville yksiköille eli putkitehtaille. Jos heillä olisi tarkemmin tiedossa näiden haastavien Strenx-laatuojen valmistuk-

seen vaikuttavat tekijät, he voisivat mahdollisesti kerätä omaan tuotantoonsa isompia eriä kyseisiä laatuja, jolloin niiden valmistus saattaisi Raahessa olla sujuvampaa. Tämäkään ratkaisu ei kuitenkaan välttämättä ole niin yksinkertainen, sillä myös putkitehtailla on omat asiakkaansa, toimitustarpeensa ja aikataulunsa.

Kokonaisuutena opinnäytetyön kirjoittaminen oli mielenkiintoinen projekti ja se opetti paljon oman työn johtamisesta ja aikatauluttamisesta. Koin saavani tarvittaessa tukea ja apua toimeksiantajan puolelta, mutta samalla tunsin, että tekemiseeni luotetaan ja minulle annettiin vastuuta edetä työssäni parhaalla katsomallani tavalla. Aiemmista Excel-taidoista oli suuri apu työn tekemisessä, sillä taulukointia ja suurten datamäärien käsittelyä oli paljon. Itseopiskelua tuli taulukko-ohjelmistonkin suhteen reilusti, mutta pidin sitä mukavana, sillä oppeja sai soveltaa suoraan käytännön tarpeeseen.

Opinnäytetyö antoi mahdollisuuden perehtyä tuotantoprosessiin aiempaa syvällisemmin ja sainkin hyvän käsityksen sen eri vaiheista. Samalla opin, että työn alussa asetettuihin tutkimusongelmiin oli haastavaa löytää yksiselitteisiä ratkaisuja, sillä yhden ongelman korjaaminen toi mukanaan uusia haasteita toisessa prosessipisteessä. Näin ollen kokonaisuuden hahmottaminen muodostui tärkeäksi osaksi lopputulosta. Opinnäytetyö tuki ammatillista kasvua insinöörinä työskentelyyn ja antoi luottamusta omaan osaamiseen.

Lähteet

1. Teräskielen aakkoset. SSAB. [Internet]. [viitattu 23.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/teraskielen-aakkoset>
2. Strenx®-rakenneteräsopas. SSAB. [Internet]. [viitattu 23.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/strenx/tuotevalikoima>
3. Karjalainen J. Toiminnan mittaaminen. Teoksessa: Lehtonen JM, toim. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY; 2004. s. 36–58.
4. Tietoja SSAB:stä. SSAB. [Internet]. 2024. [viitattu 10.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta>
5. Rautaruukki on nyt SSAB. Helsingin Sanomat. [Internet]. 2014 [viitattu 10.9.2024]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/talous/art-2000002749558.html>
6. SSAB Europe. SSAB. [Internet]. [viitattu 19.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>
7. SSAB. Raahan tehtaan esittelymateriaalit. [Intranet]. [viitattu 23.9.2024].
8. SSAB. SSAB Putkituotanto: Pulkkilan tehdas. [Intranet]. [viitattu 23.9.2024].
9. Lehtikangas, J. 2018. LKT Tuotannonohjaajan käsikirja. [Työohje]. SSAB.
10. SSAB. SSAB Europe Putkituotanto: Hämeenlinnan putkitehdas. [Intranet]. 2023 [viitattu 23.9.2024].
11. SSAB. SSAB Tubular Products. [Intranet]. 2024. [viitattu 23.9.2024].
12. SSAB. Esittelymateriaalit: Toijalan tehdas. [Intranet]. 2024. [viitattu 23.9.2024].
13. Strenx®-rakenneteräs voi nostaa liiketoimintasi uudelle tasolle. SSAB. [Internet]. [viitattu 23.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/strenx>
14. Strenx-takuut – teräksen paksuustarkkuudet. SSAB. [Internet]. [viitattu 23.9.2024]. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/strenx/takuu>

15. Vyyryläinen J. Toimitusvarmuus ja toimituskyky. Metsys. [Internet]. 2021 [viitattu 10.9.2024]. Saatavilla: <https://metsys.fi/toimitusvarmuus/>
 16. Determine your delivery reliability with OTIF. WSW Software. [Internet]. 2024 [viitattu 10.9.2024]. Saatavilla: <https://www.wsw.de/en/lexicon/delivery-reliability-otif/>
 17. Saarijärvi H, Puustinen P. Strategiana asiakaskokemus: miksi, mitä, miten? Jyväskylä: Docendo; 2020.
 18. Logistiikan mittaaminen. Logistiikan Maailma. [Internet]. 2024. [viitattu 10.9.2024]. Saatavilla: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikan-mittaaminen/>
 19. Sopimusrikkomuksiin kannattaa varautua sopimussakolla. Docue. [Internet]. [viitattu 23.9.2024]. Saatavilla: <https://docue.com/fi-fi/lakitieto/sopimusrikkomuksiin-kannattaa-varautua>
 20. Rimpiläinen A. Teollisuustalous [Luentotalenne]. Kajaanin ammattikorkeakoulu. 10.10.2024
 21. Blomqvist M, Tanskanen K. Toimitusketjun hallinta. Teoksessa: Lehtonen JM, toim. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY; 2004. s. 102—126.
 22. Vainionpää, V. Kehitysinsinööri. [Keskustelu]. 8.10.2024.
 23. Sassali, S. Tuotannonsuunnittelija. [Keskustelu]. 18.10.2024.
 24. Saariaho, J. Tuotannonsuunnittelija. [Keskustelu]. 2.11.2024
 25. Ylikärppä, A. Tuotannonsuunnittelija. [Keskustelu]. 29.11.2024
 26. SSAB. Peittaus ja Leikatut kelatuotteet. [Intranet]. 2016. [viitattu 25.9.2024].
 27. Valtanen E. 22. painos. Tekniikan taulukkokirja. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy; 2019.
- Kansikuvan lähde: Siukkola, M. SSAB Corporate Brand. [Intranet]. [viitattu 25.9.2024].