

## PAINONMITTAUS TERÄSSULATON LINJALLA 2

Kemppainen Miikka

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Tekniikan ja liikenteen ala  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Miikka Kempainen	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
<b>Toimeksiantaja</b>	Outokumpu Stainless Steel Oy, Käyttöpäällikkö Emilia Junttari		
<b>Työn nimi</b>	Painonmittaus terässulaton linjalla 2		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	35 + 2		

---

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia painonmittausprosessia Outokummun terässulaton 2-linjalla. Painonmittauksen nykyiset ongelmat ovat muun muassa nostureiden epätarkat lukemat painoja punnittaessa ja itse painonlähetys järjestelmään. Painonmittaus vaihtelee välillä paljonkin ja tämän työn tarkoituksena on tuoda esille erilaisia vaihtoehtoja painonmittauksien heittojen minimointiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja priorisoida painonmittauksen kehitettävät osa-alueet, sekä selvittää mitä painoja ei saada punnittua ja miten tieto painosta liikkuu terässulaton 2-linjastolla.

Työ aloitettiin selvittämällä nykyinen käytäntö painonmittausprosessissa sekä nykyisen painonmittausprosessin tuomat ongelmakohdat Terässulaton linjalla. Aiheeseen perehdyttiin haastattelemalla prosessityöntekijöitä sekä tutustumalla nykyiseen painonmittausprosessiin paikan päällä. Prosessia seuraamalla huomattiin puutteita painonmittauksessa. Työn tuloksena kuvataan eri vaihtoehtoja näiden parantamiseksi ja kuinka ne voidaan toteuttaa.

Technology, Communications and Transport  
Mechanical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Miikka Kemppainen	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Arto Jäntti, MEng		
<b>Commissioned by</b>	Outokumpu Stainless Oy, Junttari Emilia, Operations Manager		
<b>Subject of thesis</b>	Measurement in steel melting line 2		
<b>Number of pages</b>	35 + 2		

---

The topic of the thesis was to study the weight measurement process on Outokumpu's steel melting line 2. The current problems of weight measurement are the inaccurate reading of cranes when weighing. Weight measurement varies a lot from time to time and the purpose of this work was to highlight different kinds of options for the minimizing weight measurement problems.

The purpose of the thesis was to study and prioritize the areas of weight measurement needed and find out which weight cannot be weighed and how information about weight moves to the steel smelting line 2.

The work began by finding out current practice in the weight measurement process and the problem areas that are brought with it in the Steel melting shop. The information was gathered through interviews with process workers and getting to know the current weight process on site. Following the process shortcomings in weight measurement were noticed and as a result of the work, it is described what different alternatives on the weight measurement can be and how they can be implemented.

Key words

Steel melting shop, weight measuring, calibration

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	OUTOKUMPU STAINLESS OY.....	9
2.1	Historia.....	9
2.2	Organisaatio .....	10
2.3	Outokumpu Tornio Works.....	11
2.4	Kemin kaivos .....	12
2.5	Terässulatto .....	13
3	SUUREET JA KALIBROINTI .....	14
3.1	Yleisesti painoja mitattaessa.....	14
3.2	Massa .....	14
3.3	Voima.....	14
3.4	Paino.....	15
3.5	Kalibrointi .....	16
4	NOSTURIEN PAINONMITTAUS .....	17
4.1	Raskaat teollisuusnosturit.....	17
4.1.1	Smarton Cranes .....	17
4.1.2	Räätälöidyt nosturit.....	17
4.2	Venymäliuskamittaus .....	18
4.3	Outokummun nosturien painonmittaus .....	19
4.4	Outokummun nosturien huolto Terässulattolla.....	19
5	NYKYINEN PAINONMITTAUSPROSESSI TERÄSSULATTOLINJALLA 2 ..	21
5.1	Raaka-ainepiha.....	21
5.2	Valokaariuuni 2 .....	22
5.3	AOD 2 .....	23
5.4	Senkka-asema 2 .....	24
5.5	Jatkuvavalukone 2 .....	26
6	PAINONMITTAUKSEN ONGELMAKOHDAT .....	28
6.1	Yleisesti .....	28
6.2	Raaka-ainepiha.....	28
6.3	Valokaariuuni 2 .....	28
6.4	AOD 2 .....	29

6.5	Senkka-asema 2.....	29
7	PAINONMITTAUKSEN PARANTAMISEN VAIHTOEHDOT.....	30
7.1	Rajaus.....	30
7.2	RA-piha.....	30
7.3	VKU 2.....	32
8	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET.....	36

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Steel Oy:lle.

Haluan kiittää opinnäytetyön toimeksiantajaa Outokumpu Stainless Steel Oy:tä ja Junttarin Emiliaa, sekä Pekka Vainiota mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö haastavasta ja mielenkiintoisesta aiheesta prosessiteollisuuden ympäristössä.

Haluan myös kiittää kaikkia Tornion terässulaton prosessityöntekijöitä, jotka auttoivat mahdollistamaan tämän työn. Kiitos kuuluu myös ohjaajalleni Arto Jäntille.

Kemissä 2.6.2020.

Miikka Kemppainen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AOD 2	Argon Oxygen Decarburization 2
JVK 2	Jatkuvavalukone 2. linja
RA-piha	Raaka-ainepiha
SA 2	Senkka-asema 2. linja
Tpa	Tonnia vuodessa
VKU 2	Valokaariuuni 2. linja

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Outokumpu Stainless Steel Oy:lle, joka toimii Torniossa teräksen tekijänä. Tornion terästehtaalla valmistetaan ruostumatonta terästä metalliromusta ja seosaineista kahdella eri tuotantolinjalla.

Työn kohteena oli tutkia sekä kehittää parempia ratkaisuja Terässulaton 2-linjan painonmittaukseen. Painonmittausta parantaessa saataisiin käytettyä tarkemmin raaka-aineita, hyödynnettyä paremmin romua sekä parannettua yleisesti tuotantotehokkuutta Terässulaton 2-linjalla.

Työssä selvitetään, mitä punnituksia saadaan, mistä ei saada punnitustietoja, kuinka paljon epävarmuustekijöitä nykyinen toimintatapa aiheuttaa terästuotantoprosessiin sekä priorisoidaan kehitettävät mittauskohteet Terässulaton 2-linjalla. Opinnäytetyössä selvitetään myös, miten tieto saadaan, kuinka tarkkaa se on ja voidaanko punnituksia parantaa. Työssä käsitellään myös sitä, voidaanko kuonan ja teräksen määrää selvittää sulasta ja mitä järjestelmiä käytetään Terässulaton 2-linjalla. Työ on rajattu RA-pihalta JVK 2:lle.

## 2 OUTOKUMPU STAINLESS OY

### 2.1 Historia

Outokumpu sai alkunsa vuonna 1910 Itä-Suomesta, Kuusjärven kunnasta, josta löydettiin rikas kupariesiintymä Outokummun kukkulalta. Aluksi Outokumpu toimi kuparin valmistajana ja menestyikin hyvin alallaan. Outokumpu kasvoi myöhemmin merkittäväksi kuparin tuottajaksi ja viejäksi 1930-luvulla. Vuonna 1948 Outokumpu hankki itselleen uusia esiintymiä, kuten nikkeli, kupari ja kulta. (Outokumpu 2019b.)

Vuonna 1959 Kemistä löydettiin kromilohkare makeavesikanavasta ja Outokumpu päätti hakea oikeudet esiintymään. Vuonna 1964 Outokumpu päätti tehdä Kemiin Elijärvelle lisää koelouhintoja. Kaivosyhtiö lunasti esiintymän myöhemmin syksyllä 1964 ja aloitti koelouhinnat saman tien. Toukokuussa 1965 Kemin kaivoksen koerikastamon valmistelutyöt pantiin käyntiin. Yhtiön tavoitteena oli valmistaa ferrokromia. Myöhemmin vuonna 1968 Kemin kaivos avattiin (Särkikoski 2005.)

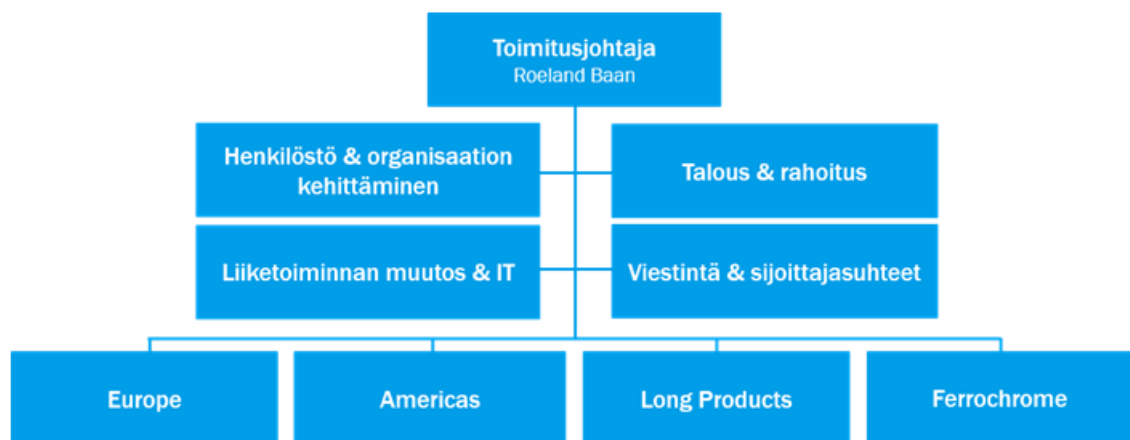
Vuonna 1968 Outokumpu perusti ferrokromisulaton Tornioon. Näin ollen Kemin kaivos tuottaisi raaka-aineita Tornioon Outokummulle. Outokummulla oli siis nyt valmiina kaksi raaka-ainetta ruostumattomaan teräkseen, sillä kromi tekee teräksestä ruostumattoman ja nikkeli kestävän. Vasta vuonna 1976 mukaan tuli ruostumaton teräs. Samoihin aikoihin Outokumpu perusti Tornioon kuuma- ja kylmävalssaamon. Silloin Euroopassa oli 21 ruostumattoman teräksen tuottajaa. (Outokumpu 2019b.)

Konserni hankki itselleen vuonna 2001 Avesta Sheffieldin, joka sisälsi perinteikkäät ruostumattoman teräksen toimijat Ruotsista ja Iso-Britanniasta. Terässulattolinja 2 otettiin käyttöön vuonna 2002 ja Outokumpu luopui kokonaan muista metalleista, kaivostoiminnoistaan ja teknologioistaan siirtyen kokonaan ruostumattoman teräksen valmistukseen vuonna 2004. Outokumpu ilmoitti vuoden 2011 alussa ostavansa ThyssenKruppin Inoxum GmbH:n ruostumattoman teräksen toiminnot. Näin ollen ruostumattoman teräksen isoja toimijoita oli vain kolme – Outokumpu, Acerinox ja Aperam. (Outokumpu 2019b.)

## 2.2 Organisaatio

Outokumpu on yksi johtavimmista ruostumattoman teräksen toimijoista maailmassa. Outokummun päätuotteena on ruostumaton teräs ja yritys toimii neljässä eri liiketoiminta-alueessa, joista jokainen vastaa tuotteiden myynnistä, tuotannosta ja toimitusketjusta. Nämä liiketoiminta-alueet Outokumpu on jakanut seuraavasti: Europe, Americas, Long Products ja Ferrochrome. Ruostumaton teräs soveltuu hyvin moniin käyttötarkoituksiin kuten esim. autoteollisuudesta rakentamiseen ja teollisuuden tuotteisiin, sekä laitteisiin, sen kestävyys, suorituskyky ja kierrätettävyyden ansiosta. Lähes 90% Outokummun raaka-aineista on kierrätettyä. (Outokumpu 2019c.)

Outokummulla on omistuksessa tuotantolaitoksia Suomen lisäksi Ruotsissa, Saksassa, Iso-Britanniassa, Yhdysvalloissa, Meksikossa ja Kiinassa. Tämänhetkinen Outokummun toimitusjohtaja on hollantilainen Roeland Baan. Outokummun organisaatio on esitetty kuviossa 1. (Outokumpu 2019c.)



Kuvio 1. Outokumpu Oy:n organisaatio (Outokumpu 2019c.)

Vuonna 2019 Outokummun liikevaihto oli 6,4 miljardia euroa ja ruostumattoman teräksen toimitukset 2,2 miljoonaa tonnia. Outokumpu työllistää reilu 10 000 työntekijää ympäri maailmaa, yli 30 eri maassa. (Outokumpu 2019d.)

Suomen valtio on Outokumpu Oy:n suurin osakas tällä hetkellä. Suomen valtio omistaa kokonaan sijoitusyhtiö Solidium Oy:n, joka taas omistaa Outokumpu Oy:stä tällä hetkellä n. 21% (Solidium Oy 2019.)

### 2.3 Outokumpu Tornio Works

Torniossa sijaitsee ruostumattoman teräksen tuotantolaitos (Kuva 1), joka koostuu viidestä eri tuotantoyksiköstä: Ferrokromitehdas, Terässulatto, Kuumavalssaamo, Kylmävalssaamo ja Kylmävalssaamo 2 (RAP 5). Tehdasalueella on myös keskuskorjaamo, joka kattaa koko tehdasalueen, varastoalueita, henkilöstöhallinto, keskuskonttori, satama (Röyttä), työterveysasema, HR, palolaitos, rahditerminaali, tutkimuskeskus, sekä kaksi henkilöstöravintolaa. Röytn sataman avulla tuotteet pystytään kuljettamaan maailmalle ja tuomaan tehtaalle raaka-aineita, kuten kierrätysterästä. Tornio Worksin johtajana toimii Martti Sassi. Lisäksi Tornion tehdasalueen sisällä tai sen lähellä toimii useita eri yrityksiä, jotka ovat kiinteä osa ferrokromi- ja terästuotantoa. Näitä on esim. SMA, Tapojärvi ja Manga. (Outokumpu 2020.)



Kuva 1. Outokummun Tornion tehdasalueen ilmakekuva. (YBT Oy 2019.)

Tehdasalueen pinta-ala on noin 600 hehtaaria. Tornion tehtailla ja Kemin kaivoksella työskentelee noin 2150 työntekijää. Muita toimijoita tehdasalueella on noin 300 henkilöä niin Torniossa kuin Kemin kaivoksella. (Outokumpu 2020.)

## 2.4 Kemin kaivos

Kemin kaivos (Kuva 2) kuuluu myös Tornion tuotantolaitokseen, joka tuottaa Tornion tehtaalle ruostumattoman teräksen tärkeintä raaka-ainetta, kromia. Kemin kaivos on ainutlaatuinen koko Euroopan alueella, sillä vain sieltä saadaan kromimalmia. Vuonna 2018 Kemin kaivoksen kokonaislouhinta oli 4,642 miljoonaa tonnia. Tuotantomääristä palarikastetta oli 311 028 tonnia ja hienorikastetta oli 788 410 tonnia. (Kaivosvastuu 2018.)

Kaivos louhii malmin maan alta ja toimittaa sen esimurskaamoon, jossa se murskataan pienemmäksi ennen maan pinnalle nostoa. Murskauksen jälkeen kromimalmi nostetaan maanpinnalle uudelleen murskattavaksi ja rikastetaan pala- ja hienorikasteeksi. (Kaivosvastuu 2018.)

Esimurskattu malmi rikastetaan pala- tai hienorikasteeksi rikastamalla. Malmi murskataan uudestaan seuraavaa prosessia varten. Raskasväliaine-erotuksella erotetaan malmista palarikaste palarikastamolla ja hienorikastamolla jauhetaan malmi tankomylyllä ja rikastetaan spiraalierottimella hienorikasteeksi. Sitten rikasteet toimitetaan Tornioon ferrokromitehtaalle. (Kaivosvastuu 2018.)



Kuva 2. Kemin kaivos (Outokumpu 2020.)

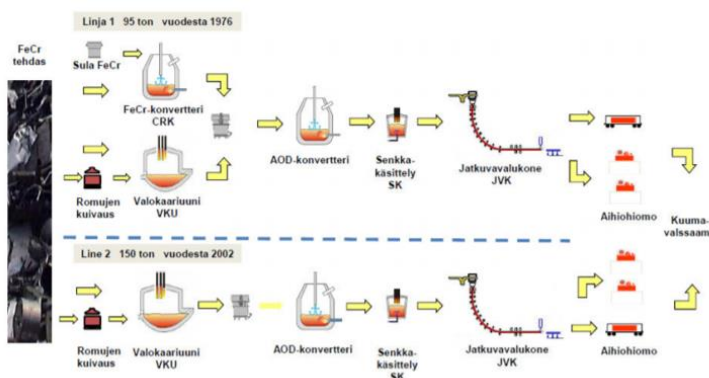
## 2.5 Terässulatto

Terässulatolla on kaksi linjaa, jotka valmistavat ruostumatonta terästä. Terässulaton linja 1 otettiin käyttöön vuonna 1976 ja siellä pystytään tuottamaan n. 95 tonnia panoksena/sulatus. Linjalla tehdään n. 18-21 sulatusta vuorokaudessa. Linja 1:n prosessivaiheet ovat: kromikonvertteri (CRK), valokaariuuni (VKU1), AOD-konvertteri (AOD1), senkka-asema (SA1) ja jatkuvavalukone (JVK1). (Outokumpu 2018.)

Linja 2 on ollut toiminnassa vuodesta 2002 asti. Linjalla 2 pystytään tekemään sama määrä sulia kuin linja 1:llä, mutta panospaino on suurempi, n. 150 tonnia/sula. Linja 2:lla prosessivaiheet ovat: valokaariuuni (VKU2), AOD-konvertteri (AOD2), senkka-asema (SA2) ja jatkuvavalukone (JVK2). (Outokumpu 2018.)

Terässulatolla sekä kuumavalssaamalla on oma tehdasjärjestelmä. Tätä järjestelmää kutsutaan nimellä Q-mato. Järjestelmään mm. tallennetaan sulatukset viisinumeroisella numerosarjalla sekä sulatuksista otettavat näytteet, joiden mukaan toimitaan terässulaton eri prosessipaikoilla. Q-mato:ssa on myös tuotantoyksiköiden työnjärjestelyt, prosessiautomaatioliitynnät sekä tuotantotietojen keruut ja raportoinnit. Järjestelmän avulla myös seurataan tilauskohtaisten laatuvaatimuksia huomautustietoineen sekä raja-arvoineen. Jokaisessa prosessipaikan valvomossa on pääsy järjestelmään. (Outokumpu 2020.)

Terässulaton prosessikaavio on esitetty kuviossa 2. Teräksen siirtymiset ja painonmittaukset tapahtuvat keltaisten nuolien kohdalla. Tässä työssä keskitytään linja 2:lla olevaan painonmittaukseen ja erityisesti siihen miten sitä pystyttäisiin parantamaan prosessin kannalta. Työ on rajattu RA-pihalta JVK 2:lle.



Kuvio 2. Terässulaton prosessikaavio (Outokumpu 2020.)

### 3 SUUREET JA KALIBROINTI

#### 3.1 Yleisesti painoja mitattaessa

Painoja mitattaessa on otettava huomioon, että mittalaite kuormaa nostaessa, on oikeanlainen. Tähän valintaan vaikuttaa mitattavan kappaleen massa ja nostolaitteen voima, jolla se halutaan nostaa. Outokummulla mitattavat painot tehdään nostureiden avulla, joten nostureiden suunnittelussa on otettava huomioon massa mitä mitataan sekä miten kuorma voidaan mitata niin, että saadaan oikeanlainen painonmittaus suoritettua nostetulle kuormalle.

Kalibrointi on tärkeä osa painonmittausta, sillä sen avulla saadaan varmistettua mittalaitteen oikeellisuus, näin saadaan varmoja ja luotettavia tuloksia mittauksista. Alla on tarkemmin määritelmiä massasta, voimasta sekä kalibroinnista.

#### 3.2 Massa

SFS 3991 standardissa on määritelty seuraavasti: ”Massa on suure, joka ilmaisee kappaleen etenemishitauden eli kyvyn vastustaa etenemisiiketilän muuttamista sekä sen kyvyn gravitaatiovuorovaikutukseen toisten kappaleiden kanssa.” (SFS 3991 2012.)

Massa on ominainen vakio kappaleelle. Se ei riipu kappaleen sijainnista tai sen liiketilasta edellyttäen, että kappaleen nopeus on valonnopeuteen verrattuna hyvin pieni. (SFS 3991 2012.)

Massa määritetään kappaleelle vertaamalla sitä toisen tunnetun kappaleen massaansa, esim. punnitsemalla. (SFS 3991 2012.)

#### 3.3 Voima

SFS 3991 standardissa on määritelty seuraavasti: ”Voima on vektorisuure, jonka suuruus ilmaisee kahden kappaleen välisen mekaanisen vuorovaikutuksen voimakkuuden ja jonka suunta ilmaisee sen tarkasteltavaan kappaleeseen kohdistuvan vaikutuksen suunnan.” (SFS 3991 2012.)

Dynamiikan peruslain mukaisesti kaikki voimat, jotka vaikuttavat kappaleeseen ovat yhtä suuria kuin kappaleen liikemäärän muuttumisnopeus. Toisin sanoen voimien vektorisumma on yhtä suuri kuin kappaleen liikemäärän muuttumisnopeus. Tämä on kuvattu kaavassa 1. (SFS 3991 2012.)

$$F=d(mv)/dt=ma \quad (1)$$

missä

F	on	vektorisumma
m	on	kappaleen massa
v	on	kappaleen nopeus
a	on	kappaleen kiihtyvyys

### 3.4 Paino

SFS 3991 standardissa on määritelty seuraavasti: ”Paino ilmaisee, miten paljon kappale painaa, eli se on voima, joka on kumottava kappaleen pitämiseksi paikallaan havaitsijan koordinaatistossa (edellyttäen, ettei kappaleella ole gravitaation lisäksi muita vuorovaikutuksia). Maan pinnalla (tyhjiössä) se on riittävällä tarkkuudella maan aiheuttaman painovoiman (gravitaatiovoiman) ja maan pyörimisestä aiheutuvan keskipakovoiman summa.” (SFS 3991 2012.)

Kappaleen paino  $F_g$  riippuu missä kappale on, sillä siihen vaikuttaa paikallinen putoamiskiihtyvyys. Kappaleen paino  $F_g$  on kuvattu kaavassa 2 missä, kappaleen massa  $m$  on paikalliseen putoamiskiihtyvyyden  $g$  tulo. (SFS 3991 2012.)

$$F_g = mg \quad (2)$$

missä

$F_g$	on	kappaleen paino
m	on	kappaleen massa
g	on	paikallinen putoamiskiihtyvyys

Ajoneuvojen, nostureiden yms. laitteiden kanto-, nostokyky tai sallittu kuorma tarkoittaa painoa tai kuormittavaa voimaa, jonka ne kestävät. Tällöin usein käytetään massan yksikköä. (SFS 3991 2012.)

### 3.5 Kalibrointi

Määritelmän mukaan kalibroinnilla tarkoitetaan mittausvälineen mittausepävarmuuden määrittämistä. Kalibrointi on osa laadun ohjausta, sillä sen avulla varmistetaan oikeat mittaustulokset. Kun mittavälineistä saadaan tarkat mittaustulokset, vähennetään hukkaa ja säästetään kustannuksissa. Mitattaessa on tärkeää mitausten tarkkuus ja luotettavuus, näin ollen on siis tärkeää säännöllisesti huolehtia kalibroinnista ja mittalaitteiden valvonnasta. Systemaattisella kalibroinnilla tarkoitetaan sitä, että ennakkosuunnitelman mukaan järjestelmässä kaikki mittausvälineet tarkastetaan ja huolletaan. (Mittaustekniikka 2014.)

## 4 NOSTURIEN PAINONMITTAUS

### 4.1 Raskaat teollisuusnosturit

Raskaat teollisuusnosturit on tarkoitettu nostamaan suuria painoja. Samanlaisia nostureita käytetään myös Outokummulla. Nostureiden nostopaino on 250 tonnia. Näitä nostureita kutsutaan siltanostureiksi, joita ohjataan yleensä kaukosäätimen avulla. (Konecranes 2020.)

#### 4.1.1 Smarton Cranes

Smarton Cranes (Kuva 3) on avoin vinssityyppinen siltanosturi yhdellä vaunulla. Nosturi on tarkoitettu nostamaan suuria painoja ja sen painonmittausväli on 6,3 – 250 tonnia. Nosturi toimii sähköisesti radio-ohjaimen avulla. (Konecranes 2020a.)



Kuva 3. Smarton Cranes (Konecranes, 2020a.)

#### 4.1.2 Räätelöidyt nosturit

Nostureita voidaan myös räätälöidä asiakkaan mukaisiin vaatimuksiin. Nostureilla pystytään nostamaan yli 200 tonnin painoja ja se pystytään säätämään asiakkaan mukaisiin olosuhteisiin. Nostureihin pystytään myös asentamaan korrosio- ja lämpösuojia tarvittaessa. Esimerkkinä asiakkaan mukaisiin vaatimuksiin räätälöity nosturi on esitetty kuvassa 4. (Konecranes 2020b.)



Kuva 4. Tailored Cranes (Konecranes, 2020b.)

#### 4.2 Venymäliuskamittaus

Venymäliuska-antureita käytetään nostureiden painonmittauksessa. Anturi on tarkoitettu materiaalin venymisen mittaamiseen. Se on erittäin herkkä anturi. Anturin toiminta perustuu kuparilankaan ja metallifolioon, ja niiden vastusarvon muutoksiin. Kun vastuslankaa venytetään, sen poikkipinta-ala pienenee. Tällöin vastusarvo kasvaa. Lankaa taivuttaessa yhdelle liuskalle monia kierroksia, vastusarvon muutos suhteessa venymään voimistuu. Koska vastuslanka on ohutta liuska reagoi pieniinkin muutoksiin. Venymäliuska-antureita on käytetty yleisesti-kin teollisuudessa paljon, rakenteiden ja materiaalien kuormituksen, sekä väsymiseen liittyvissä mittaamisissa. Metallifolion toiminta perustuu folion venymän aiheuttamaan vastuksen muutokseen. Kun anturi on liimattu mitattavaan kappaleeseen huolellisesti, liuska venyy kappaleen pinnan mukaisesti. Tällöin muuttuu liuskan vastus. (Metropolia 2010.)

Metallisen langan ja vastuksen määrää kuvaava yhtälö on kuvattu kaavassa 3.

$$R = \rho \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot D^2} \quad (3)$$

missä

$\rho$	on	langan ominaisvastus
$L$	on	langan pituus
$D$	on	langan halkaisija

Differentioimalla kaavasta 3 saadaan yhtälö, joka on kuvattu kaavassa 4.

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L} - 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \quad (4)$$

Huomioimalla myös että:  $\frac{\Delta D}{D} = -\nu \frac{\Delta L}{L}$ , ( $\nu$  = poissonin luku) saadaan vastuksen muutokselle yhtälö, joka on kuvattu kaavassa 5.

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L} * (1 + 2\nu) + \frac{\Delta \rho}{\rho} = k * \varepsilon \quad (5)$$

#### 4.3 Outokummun nosturien painonmittaus

Outokummun Terässulatolla käytetään nostureissa painonmittaukseen apuna akseli- ja venymäliuska-antureita. Näitä antureita on kaikissa linjastolla olevissa nostureissa. Anturit ovat tarkkoja, joten niiden avulla saadaan tarkkoja painoja mitattua taakoista, kun anturit toimivat hyvin. Isoimpiin nostureihin on asennettu myös vaaka, jolla voidaan myös seurata painonmittausta ulkoapäin. Lukema näkyy nosturin kyljessä ledi näytöllä sekä ohjaimessa, jolla nosturia ohjataan. (Outokumpu 2020.)

#### 4.4 Outokummun nosturien huolto Terässulatolla

Nostureita huolletaan kerran vuodessa, jolloin samaan aikaan testataan punnukilla, onko nostureissa heittoja. Jos nosturi näyttää virhelukemia, nosturit kalibroidaan ja tehdään tarvittaessa toimenpiteitä esim. osien vaihdon osalta. Nostureita huolletaan muulloinkin, sillä jos esim. linjastolta on tullut pyyntöä nosturi huollolle, että olisi syytä tarkistaa tilannetta ja selvittää mikä vikana, nosturihuollon työntekijät tulevat paikan päälle selvittämään tilannetta ja korjaamaan vikaa. (Outokumpu 2020.)

Nostureiden kalibrointia suoritetaan vain silloin, kuin tarvitaan. Kuitenkin kerran vuodessa nosturit kalibroidaan niin romupihalta, uunin hallilta, AOD:lta kuin senkka-asemaltakin. Kalibroinnin tekee kunnossapidon käytön puoli. Kalibrointi tapahtuu joko ottamalla useampi mittapiste nosturilla tai nosturi kalibroidaan siten, että nosturin näyttäessä painoarvoksi 0 on painon todellinen arvo 0. Sama

tehdään myös maksimiarvolle eli nosturi nostaa sille lasketun maksimi nostomäärän ja katsotaan, että nosturi näyttää oikeaa lukemaa. Nosturille joudutaan tekemään säätötoimenpiteitä, jos arvot eivät täsmää. (Outokumpu 2020.)

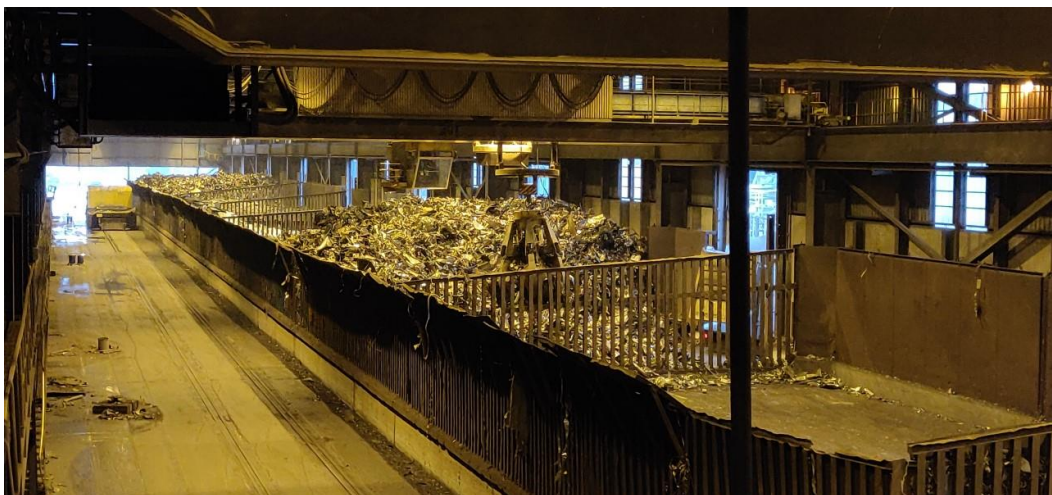
## 5 NYKYINEN PAINONMITTAUSPROSESSI TERÄSSULATTOLINJALLA 2

### 5.1 Raaka-ainepiha

RA-pihalla sijaitsee kahmarinosturi (Kuva 5), joka nostaa rautaromua häkeissä sijaitsevista romuläjistä (Kuva 6) kahmarin avulla romukoreihin. Kahmarinosturissa on myös magneetti, jota voidaan käyttää apuna. Romumagneetin nostokapasiteetti on 15 tonnia. Kahmarinosturi pystyy siirtämään maksimissaan 30 tonnia romua kerralla, mutta yleisin paino, jolla romuvaunua lastataan, on n. 4-15 tonnin väliin, joskus enemmänkin. Riippuen romun toimittajasta, laadusta ja romun likaisuudesta. Kahmarinostureita on kaksi kappaletta RA-pihalla, mutta vain yhtä käytetään. Toinen nostureista on varanosturi, jos toinen hajoaa. (Outo-kumpu 2020.)



Kuva 5. Raaka-ainepihan kahmarinosturi



Kuva 6. RA-piha

RA-pihan kahmarinosturilla valitaan ensin täytettävä kori. Korin valinnan jälkeen aloitetaan romukorin täyttö. Romukorien täyttäminen menee tilauksien mukaan. Kahmarinosturissa itsessään on myös säteilytunnistin radioaktiivisen romun vuoksi. (Outokumpu 2020.)

Kahmarinosturin vaijerimekanismissa sijaitsee painonmittaus nostetulle romulle. Kahmarilla punnittu paino romulle voidaan lähettää eteenpäin automaattisesti järjestelmään tai vaihtoehtoisesti käsin syöttämällä järjestelmään. PLC välittää punnitustietoja Ethernetin välityksellä tehtaan tietojärjestelmään. Yhteen romukoriin lastataan 40-150 t romua, riippuen tilauksista ja romun määrästä. Kun romukori on lastattu täyteen, se siirtyy romujunan avulla uunin halliin, josta se nostetaan uunille sulatettavaksi. (Outokumpu 2020.)

Romukoreja on kaksi kappaletta raaka-ainepihalla ja ne liikkuvat romujunien avulla RA-pihalta uunin halliin. Niiden tyhjäpaino on n. 80-90 t. Romujunan saapuessa uunin halliin romukori nostetaan uunin hallin nosturilla, mitataan paino romukorin kanssa ja syötetään uunille sulatettavaksi. Koreja syötetään uunille yleensä sulatettavaksi kaksi kappaletta. Mitattu paino romukorista saadaan automaattisesti lähetettyä järjestelmään. Järjestelmä laskee molemmista romukoreista yhteispainon ja se lähetetään eteenpäin uunille. (Outokumpu 2020.)

## 5.2 Valokaariuuni 2

Valokaariuunilla sulatetaan raaka-aineet panoslaskelman mukaan, jotka on tuotu romukoreilla uunille. Outokummulla tärkeimmät käytetyt raaka-aineet ovat kierrätysteräs, ferrokromi ja nikkeli. Jos romua ei ole tarpeeksi tai halutaan koostumukseen vaikuttaa ennalta, käytetään apuna esim. kiveä, kromia tai muita seosaineita, kuten molybdeenioksidia ja koksia, jotta saataisiin kasvatettua panosta. Näitä pystytään lisäämään romukoreihin uunin hallista olevista silloista. (Outokumpu 2020.)

Sulan reseptistä seurataan, paljonko vaaditaan seosaineita sulaan ja reseptiä noudattamalla lisätään seosaineet romukoreihin. Seosaineita voidaan lisätä jopa 60 tonnin edestä. Yleensä kumminkin seosaineita lisätään pienempiä määriä romukoreihin. Seosaineiden lisääminen riippuu tilauksesta ja muiden raaka-aineiden määrästä, kuten esimerkiksi jos rautaromua on vähän, joudutaan lisäämään

enemmän seosaineita. Seosaineiden lisääminen tapahtuu järjestelmän kautta siloista. (Outokumpu 2020.)

Kun paino on punnittu uunin nosturilla, uuni saa tiedon automaattisesti panoksen painosta, jolloin järjestelmä automaattisesti laskee tarvittavan energiamäärän sulatukseen. Uunin sulatuksen jälkeen uunista kipataan sula teräs siirtosenkkaan, joka jatkaa matkaansa AOD:lle. (Outokumpu 2020.)

### 5.3 AOD 2

Uunin sulatuksen jälkeen terässula kaadetaan siirtosenkkaan ja siirtosenkka vietään AOD:lle. Ennen siirtosenkan kaatamista AOD:n konvertteriin senkka laapataan ja siitä otetaan näyte, lämpötila. Tämän jälkeen se punnitaan nosturilla. Punnituksen jälkeen siirtosenkka kaadetaan AOD:n konvertteriin jatkokäsittelyjä varten. Suurin sallittu kuormapaino, joka voidaan nostaa nosturilla, on 350 tonnia. Nosturissa on myös apunostin, jota käytetään apuna esim. siirtosenkkaa kaataessa AOD:n konvertteriin. Apunostimen suurin sallittu kuormapaino on 100 tonnia. Saatu alkupaino uunilta on yleensä 120-150 t. Tämä riippuu uunin sulatustavasta ja sulatettavan romun määrästä. Painonmittaus tapahtuu vaakavälikäytävällä. Kuormatieto nosturilta järjestelmään tapahtuu W-lanin kautta. (Outokumpu 2020.)

Siirtosenkasta AOD:n konvertteriin kaatamisen jälkeen terässulasta hiili ja pii hapetetaan,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  pelkistetään ja terässula seostetaan AOD:n konvertterissa. Näytteen saavuttua laboratoriolta takaisin AOD:lle, saadusta näyteanalyysistä katsotaan sulan koostumus, että se on oikea. Jos seoksen koostumuksessa on virheitä, korjataan se oikeaksi lisäämällä haluttuja seosaineita sulan teräksen joukkoon, jotta koostumus teräkselle saadaan oikeaksi. Seostaminen vaikuttaa loppupainoon esim., jos terässulaa joudutaan laimentamaan tietyn raaka-aineen osalta, jotta saataisiin oikea suhde teräkselle, niin paino nousee, kun joudutaan lisäämään seosaineita teräkseen. (Outokumpu 2020.)

Tarvittavien seostuksien jälkeen sulateräksen päältä kaadetaan kuonat kuonapataan (Kuva 7), otetaan näyte ja lämpötila. Sitten se kaadetaan senkkaan, joka lähetetään eteenpäin senkka-asemalle. Tässä vaiheessa senkka voidaan punnita nosturilla, jonka jälkeen saadusta painomäärästä vähennetään kalkinmäärä

ja oletettu kuonan määrä. Näin saadaan loppupaino teräkselle. Yleensä kummin-kin AOD:n käsittelyn jälkeen terästä ei punnita AOD:n toimesta vaan saadusta alkupainosta vähennetään kalkin määrä, sekä oletettu kuonan määrä ja teräs toimitetaan senkka-asemalle jatkoprosessia varten. Loppupaino sulateräksen ja senkan yhteispainosta yleensä liikkuu n. 200-235 t:n välillä. Ihannepaino olisi 218-220 t:n välillä. (Outokumpu 2020.)



Kuva 7. Kuonan kippaus

#### 5.4 Senkka-asema 2

AOD:lta saatu senkka tulee siirtosenkkavaunulla senkka-asemalle. Vaunua kutsutaan Diesel-vaunuksi. Senkan saapuessa senkka-aseman halliin se nostetaan nosturilla käsittelylinjalle (Kuva 8). Tässä vaiheessa senkasta otetaan nosturin avulla paino, joka lähetetään Q-mato järjestelmään. Punnitus tapahtuu vaa`an avulla, joka ilmoittaa kuormanpainon. Paino voidaan lähettää eteenpäin järjestelmään W-Lan`in kautta. Sulan tekijä hyväksyy tämän jälkeen painon oikealle senkan numerolle. Nosturilla suurin sallittu kuorma, joka voidaan nostaa, on 275 tonnia. Nosturissa on myös apukoukku, jolla voidaan nostaa maksimissaan 100 tonnia. (Outokumpu 2020.)



Kuva 8. Senkka-asema 2:n nosturi

Senkka-asemalla on kaksi käsittelylinjaa, joilla molemmilla pystytään lämmittämään, seostamaan ja laappaamaan terässulaa. Molemmilla käsittelylinjoilla on käytössä vaunut, joita sulantekijä pystyy liikuttamaan haluttuun paikkaan. (Outokumpu 2020.)

Yleensä senkan pintaa laapataan vähän, jotta saadaan ”kansi” rikki terässulan päältä, jos sula on päässyt seisomaan pitemmän aikaa senkassa. Tämän avulla pystytään helpommin esim. lisäämään seosaineita tai ottamaan näyte sulasta. (Outokumpu 2020.)

Käsittelylinjoilla käsittelyssä olevasta senkasta otetaan näyte, joka lähetetään laboratorioille. Laboratorio lähettää näyteanalyysin takaisin senkka-asemalle, jossa näkyy teräksen koostumus. Näyteanalyysin avulla pystytään selvittämään mitä seosaineita tulisi lisätä tai vaihtoehtoisesti mitä tulisi minimoida, jotta saataisiin oikea loppukoostumus teräkselle. Näin ollen teräkseen lisätään esim. nikkeliä, romua tai muita seosaineita, jotta päästään oikeaan koostumukseen. Käsittelyn jälkeen senkan pinnalle yleensä lisätään kalkkia, jotta senkan pinta olisi pehmeämpi eikä siihen muodostuisi kovaa ”kantta”. Tämän jälkeen senkka ajetaan

vaunulla ulos käsittelystä, jonka jälkeen se pystytään nostamaan nosturilla JVK:n valutorniin. (Outokumpu 2020.)

Senkan vaihduttua senkka nostetaan pois valutornista nosturin avulla ja siirretään remonttipaikalle, jossa senkka voidaan tyhjentää kuonapataan ja tehdä tarvittavat huoltotoimenpiteet, että se voidaan laittaa uudestaan kiertoon. Tämän jälkeen tyhjä senkka nostetaan remonttipaikalta Diesel-vaunulle ja noston yhteydessä senkasta otetaan tyhjäpaino, jotta AOD saa senkan tyhjän painon tietoon. Tyhjäpaino voi vaihdella aika paljon, sillä esim. senkan seinämät kuluvat tai kuonaa tarttuu kiinni senkan seinämiin. (Outokumpu 2020.)

## 5.5 Jatkuvavalukone 2

Senkka-asemalta toimitetaan senkka valutorniin, joka käännetään ympäri 180° valualtaan päälle ennen senkan avausta. Ennen kääntämistä senkan pohjaan kiinnitetään sylinteri, jotta senkan suu voidaan avata ja säätää valumisnopeutta senkasta. Sylinterin yhteydessä on kiinni ameba, joka kertoo, milloin senkasta loppuu teräs ja milloin kuona tulee vastaan. Ameba ohjaa sylinteriä automaattisesti. (Outokumpu 2020.)

Valutornissa voi olla yhtä aikaa kaksi senkkaa, toinen on valussa ja toinen on valmiina, kun entinen loppuu. Aloitus- tai loppuvaiheessa kumminkin valutornissa on vain yksi senkka. Valutornissa olevat haarukat kannattelevat senkkoja. Haarukoissa on jatkuva painonmittaus, jotta tiedetään senkan paino realiajassa. Täyden senkan ja sulanteräksen yhteispaino on yleensä n. 250 t ja yhden senkka-haarukan maksimikantokyky on 300 t yhdeltä senkalta. (Outokumpu 2020.)

Valussa olevasta senkasta terässula valutetaan valualtaaseen, ennen teräksen menemistä kokilliin. Tämä mahdollistaa sen, että valua ei tarvitse keskeyttää senkan vaihdon yhteydessä. Teräksen mentäessä kokilliin se jäädytetään aihiksi, jonka polttoleikkaajat sitten katkaisevat haluttuun pituuteen. Lopuksi ahiot kulkeutuvat hiomoon, jossa ne jatkavat matkaansa kuuma- tai kylmävalssaamolle jatkokäsittelyihin. (Outokumpu 2020.)

Valun loputtua odotetaan niin kauan, että melkein kaikki sula teräs on valunut kokilliin ennen kuin valualtaan sylinteri laitetaan kiinni. Näin tehdään, koska kuonaa ei haluta kokilliin. Valualtaaseen jää näin ollen terästä ja kuonaa yleensä noin tonnin verran. Valualtaassa oleva teräs ja kuona kipataan valun lopetuksen jälkeen, jotta allas voidaan valmistella uudestaan seuraavaa valua varten. Valualtaaseen mahtuu n. 22 t terästä, mutta yleensä valualtaassa on 20-21 t. terästä valun aikana. Valuallasta pitää ilmassa haarukka, joissa on jatkuva painonmittaus. (Outokumpu 2020.)

## 6 PAINONMITTAUKSEN ONGELMAKOHDAT

### 6.1 Yleisesti

Yleisimmät ongelmat painonmittaukseen terässulaton 2. linjalla liittyvät painon lähetykseen. Koko linjastolla on ollut ongelmia nostureiden painonlähetyksissä enemmän tai vähemmän. Nosturilta ei olla saatu painoa tai nosturi on antanut vääriä lukemia. Muitakin ongelmia on ilmennyt painonmittaukseen, joista alapuolella hieman tarkemmin.

### 6.2 Raaka-ainepiha

Kahmarinosturin nostaessa romua romuhäkeistä taakka lähtee yleensä heiluamaan ja tämä vaikeuttaa painonmittausta, sillä taakan tulisi olla paikallaan, jotta kahmarinosturin automaattinen painonmittaus onnistuisi. Tämä johtaa siihen, että kahmarinosturin kuljettaja joutuu käsin laittamaan taakanpainot ylös ja laskemaan yhteispainon täytetyille romukorille ja lähettämään sen eteenpäin käsin järjestelmään. Paino on tosin nähtävissä koko ajan, kun painoa on kahmarissa, mutta painoa ei voida lähettää ennen kuin taakka on vakaa.

Kahmarinosturin nostaessa taakan ollessa alhaalla verrattuna siihen, että taakka nostettaisiin ylös asti lähelle maksiminostorajaa paino heittää n. 200 kg/kahmarillinen. Näistä tulee yhteenlasketussa romun punnituksessakin suurempi heitto sen takia, jos kahmarillisia nostetaan esim. 20 kertaa/romukori. Heittoa voi syntyä näin ollen (200 kg/kahmari) n. 4 000 t/romukori.

Romun painoon vaikuttaa myös romun likaisuus. Sillä osa romuista on kierrätysromua, joten romujen seassa on esim. hiekkaa ja muita epäpuhtauksia enemmän tai vähemmän.

### 6.3 Valokaariuuni 2

Uunin hallin nosturi punnitsee romukorin nostaessa sen ylös, jotta uuni saa tiedon romukorin painosta. Kuitenkin romukoria tyhjennettäessä, romua saattaa lentää ohi uunin pytystä ja romua voi myös jäädä kiinni koriin. Tästä ei tule uunille tietoa, joten uunissa on mahdollisesti vähemmän romua mitä oikeasti sinne on mennyt.

#### 6.4 AOD 2

Kuonan määrää on vaikea arvioida laappausvaiheessa, mikä vaikuttaa myös teräksen lopulliseen painoon, sillä siitä vähennetään oletetun kuonan määrä eri lailla eri vuoroissa riippuen, miten he ovat tottuneet sen tekemään. Kuonan vähennys on kumminkin yleisesti ollut 1-4 tonnin välissä. Pienemmillä panoksilla kuonan arviointi ja sen vähentäminen on ollut hankalampaa, sillä ei voida varmuudella tietää onko kaikki kuonat lähteneet pois.

#### 6.5 Senkka-asema 2

Senkka-asema 2:lla hallin nosturi on rasituksella koko ajan, sillä jokainen senkka, joka siirretään esim. siirtovaunulta käsittelylinjalle tai valutornista remonttipaikalle, kulkee saman nosturin kautta. Siispä nosturi joutuu koetukselle, ja jos sitä ei huolleta väliajoin niin voi tapahtua ongelmia, kuten esim. painoa ei saada lähetettyä tai nosturi jumii itsensä kohtaan, jossa nosturi itsessään joudutaan resetoimaan tai jopa tekemään ylimääräisiä huoltoja.

## 7 PAINONMITTAUKSEN PARANTAMISEN VAIHTOEHDOT

### 7.1 Rajaus

Päätin rajata painonmittauksen alkupäähän, sillä paino heittelee enimmäkseen sen osalta. Muualla linjastolla painonheitot ovat pienempiä siihen verrattuna. Alkupään painonmittaus on tärkeä osa linjastoa, sillä teräksen tuontipaino sulatolle vaikuttaa esim. kulutettuun energiamäärään uunilla ja siihen että lähtötilanteen paino on oikea. Jos paino heittää paljonkin alussa on vaikeampi sitä korjata loppuvaiheessa.

Rajasin tarkemmin painonmittauksen tarkastelun raaka-aine pihalta valokaariuunille.

### 7.2 RA-piha

Ihanteellinen tapaus olisi, jos romujen toimittajat pystyisivät tuomaan romua paalettuna Outokummulle. Näin ollen saataisiin jo heti lähtötilanteessa oikea paino romuille. Tähän vaikuttaa kumminkin se, että alkavatko romujen toimittajat paalaamaan romua tiettyyn painoluokkaan. Tämä tapa toisi myös haasteita romun toimitukselle, sillä painomäärä kasvaisi toimitetussa romussa ja välttämättä kaikkia toimitettuja romuja tai teräksiä ei pystytä paalaamaan. Outokummulla on käytössä nykyisin vaaka, jolla punnitaan rekoilla toimitettu romu raaka-ainepihalle. Kumminkin paalauksen myötä saataisiin teräs tiiviimpään kokoon, jotta sitä voitaisiin tuoda enemmän kerralla ja heti lähtötilanteessa saataisiin oikeat painot lastatuille romuille.

Tarkastellen tilannetta kumminkin Outokummun kannalta, että miten itse linjastolla voitaisiin parantaa painonmittausta, pitäisi keskittyä nostureihin, sillä kaikki paino mitataan niiden avulla. Nostureita tulisi seurata tiheämmin ja testata useammin pitävätkö painonmittaukset paikkaansa. Tietenkin, jos nosturit pysyvät oikeissa lukemissa testien jälkeenkin, syy on silloin jossain muualla. Käydessäni kuitenkin linjastolla tarkastelemassa painonmittausta ja sen puutteita, esille tuli mm. raaka-ainepihan kahmarinosturi ja valokaariuunin hallin nosturi.

Raaka-ainepihan kahmarinosturille tuli ehdotus, että paino voitaisiin mitata kahmarin ohjaustatista siten, että itse ohjaustatin päässä olisi nappi, jolla voitaisiin mitata ja tarvittaessa nollata paino ennen kahmarin purkua. Tässä kumminkin tuo haasteita se, että kahmarin koura roikkuu vaijereiden varassa, joten taakka heiluu, jos sitä liikutellaan nopeasti. Taakka pitäisi saada vakaaksi ennen painonmittausta. Painonmittaukseen kahmarilla myös vaikuttaa se, että nostettu määrä on eri vaijereiden ollessa alhaalla kuin niiden olevan yläasennossa. Tosin vaijereiden ollessa yläasennossa saataisiin mitattua lähelle todellista painoa. Näin ollen taakka olisi vakaampi ja se ei roikkuisi niin pitkästi vaijereiden varassa, sillä vaijeritkin painavat. Tosin aina löytyy enemmän tai vähemmän heittoa mittalaitteistakin.

Outokummulla on ollut käytössä kahmarissa myös digitaalinen painonmittausmenetelmä, jonka avulla paino on saatu mitattua kahmarilla. Menetelmä on toiminut siten, että kun kahmari saa kolme samaa painoa mitattua nostetulle romulle se on lastin todellinen painomäärä yhdelle kahmarille. Järjestelmä laskee sitten yhteen niin monta kahmarillista kuin nosturikuski on tehnyt, jonka jälkeen paino voidaan lähettää eteenpäin Q-mato-järjestelmään. Tämäkin olisi hyvä toiminto ottaa takaisin käyttöön raaka-ainepihan kahmarinosturille, mutta aikaisempien kokeuksien perusteella se vaatisi parannuksia, että sitä voitaisiin hyödyntää paremmin ja helpommin. Menetelmä olisi hyvä, jos sen saisi toimimaan siten, että kun taakkaa nostetaan kahmarilla lähelle yläasentoa (eli kahmari tunnistaisi rajan tietyssä kohdassa), kahmari alkaisi punnita taakkaa ja, kun se saisi kolme tai viisi samaa painolukemaa, niin se olisi taakan paino. Lisätoimintona voisi olla myös se, että taakan paino voitaisiin nollata napin avulla ja taakka voitaisiin punnita uudestaan. Painon lähettäminen voisi tapahtua siten, että kun kahmari on saanut taakan painon mitattua, se pystyttäisiin lähettämään järjestelmään, vaikka taakka heiluukin. Tämä käytännössä tarkoittaisi sitä, että kun taakkaa liikutetaan paikasta toiseen, kahmari punnitsee taakkaa liikkeestä ja kun se on saanut kolme samaa lukemaa, se olisi yhden kahmarin paino. Sitten järjestelmä laskisi yhteen niin monta kahmarillista kuin nosturikuski on tehnyt ja kokonaispainomäärä las-tatusta romusta voitaisiin lopuksi lähettää eteenpäin järjestelmään.

Yksi vaihtoehto olisi myös se, että romulla lastattu kahmari voitaisiin tuoda yhteen pisteeseen, jossa taakka voitaisiin vakauttaa ja siitä pystyttäisiin silloin mittaamaan paino. Tämä käytännössä tarkoittaisi sitä, että esim. jonkinlainen vakaa seinämä rakennettaisiin romuhäkkien laitamille, jota vasten kahmari voitaisiin viedä painonmittausta varten.

Vaihtoehtona olisi myös päivittää kalustoa nosturien osalta, mutta se olisi kallis investointi yritykselle, joka ei välttämättä ole parhain keino vielä tässä vaiheessa.

### 7.3 VKU 2

Uunin hallin nosturi nostaa raaka-ainepihalta toimitetut romukorit uuniin. Hallin nosturille olisi hyvä tehdä tarkastuksia sen painonmittauksen oikeellisuuden todentamiseen, sillä se on alkulähtöpaino romulle, josta sitten määritetään paljonko muita seosaineita tulee lisätä koreihin, jotta saadaan haluttuja panostusmääriä uunille. Testaukseen menee kumminkin aikaa, joten se voitaisiin suorittaa esim. viikko seisakkien aikaan tai muulla paremmalla ajalla. Tarkastuksia voitaisiin tehdä tiuhemmin tai harvemmin riippuen mitä nosturi antaa painomääräksi. Jos nosturi antaa vääriä lukemia, niin olisi syytä tehdä huoltotoimenpiteitä nosturille ja kalibroida se.

## 8 POHDINTA

Painonmittausprosessin ongelmakohtien selvittäminen oli haastava, mutta mielenkiintoinen opinnäytetyöaihe. Aiheen avulla opin myös itse paljon uusia asioita ja uskon, että tämän työ auttaisi selvittämään painonmittauksien ongelmakohtia ja tekemään tarvittavia toimenpiteitä painonmittaukseen, sillä se vaikuttaa kaikkien. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö mielestäni sujui hyvin.

Yhteenvedona työstä saaduilla tiedoilla, miten painonmittaus toimii terässulaton linja 2:lla, nosturit ovat suurimpia vaikuttajia siihen. Nostureiden toiminta on ollut enemmän tai vähemmän puutteellista ja ongelmakohtia on tullut esille monia. Nostureiden automaattinen painonmittaus ja painon lähetys ovat yksi suurimmista ongelmista. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi tulisi tutkia syvemmin nostureita ja datan siirtoa nosturilta järjestelmään. Mahdollisesti sitä kautta voitaisiin kehittää myös parannuskeino datasiirtojen välillä. Toinen iso ongelma on nostureiden oikeellisuus painoja mitattaessa. Kalibrointien avulla saataisiin minimoida osa ongelmista ja se olisi jo suuri askel eteenpäin, sillä sitten voitaisiin keskittyä muihin ongelmiin. Nostureiden säännöllisellä valvomisella päästäisiin taas ajan tasalle, että minkälaisia muita puutteita nostureilla on ja voitaisiin keskittyä niiden ongelmien ratkaisemiseen.

Nykyiseen painonmittausprosessiin voisi tehdä muutamia päivityksiä. Näitä päivityksiä olisi esimerkiksi romupihan kahmarinosturiin paranneltu automaattinen painonmittausmenetelmä eli kun kahmari on nostanut tietyn rajan yli nostettavan taakan niin painonmittaus alkaa. Kahmaria liikuttaessa automaattinen painonmittaus toimisi siten, että kun kahmari saisi kolme tai viisi samaa painolukemaa, olisi se taakan todellinen paino. Menetelmässä järjestelmä laskisi yhteen niin monta kahmarillista, kuin nosturikuski on tehnyt ja lisää ne yhteen. Tämän jälkeen paino voitaisiin lähettää eteenpäin järjestelmään. Menetelmässä olisi myös vaihtoehto taakan nollaukselle esimerkiksi kahmarinosturin ohjauskepissä. Järjestelmä ei silti estäisi painonmittauksen lukemista tai lähettämistä, vaikka taakka heiluisikin. Tämä nopeuttaisi painonmittausprosessia raaka-ainepihalla sekä minimoisi epävarmuustekijöitä pois kuten esimerkiksi sen, että painoa ei tarvitsisi manuaalisesti kirjottaa ylös paperille ja laskea yhteen laskimen avulla. Kyseiseen epävarmuustekijään liittyy monesti painon väärin merkitsemistä tai yhteen laskennan väärin

toteuttamista syystä tai toisesta. Menetelmä olisi myös suhteellisen tarkka sillä taakan ollessa yläasennossa painoa mitattaessa olisi se lähempänä taakan todellista painoa. Menetelmässä oleva raja, jonka yli taakka pitäisi nostaa takaisin, että taakkaa ei voitaisi liian alhaalla edes mitata. Taakan nollaus olisi myös hyödyllinen lisävaruste sillä, jos jostain syystä halutaan olla varmoja painosta, että menikö se oikein, se voitaisiin tehdä nollaamalla mitattu paino ja punnitsemalla se uudestaan. Yksi muu parannusvaihtoehto olisi, että taakka voitaisiin tuoda yhteen tiettyyn pisteeseen, jossa taakka voitaisiin vakauttaa painonmittauksen ajaksi eli toisin sanoen romuhäkkien laitamille rakennettaisiin vakaa seinämä, jota vasten taakka voitaisiin vakauttaa ja mitata paino taakasta. Tämä olisi pieni askel eteenpäin painonmittauksen osalta romupihalla, sillä nykyisellä menetelmällä taakkaa joudutaan odottamaan, että se lopettaisi heilumasta, jotta paino saadaan mitattua siitä. Yksi vaihtoehtoista olisi myös päivittää mittakalustoa nostureiden osalta, mutta se olisi kallis investointi.

Työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että muutoksia on tehtävä, jotta painonmittausta pystyttäisiin tarkentamaan. Terässulaton linja 2:n alkupäästä olisi hyvä lähteä muutoksia tekemään, sillä puutteet painottuvat enemmän sinne.

## LÄHTEET

Kaivosvastuu 2018. Outokumpu Chrome Oy. Kuvaus yrityksestä. Viitattu 25.4.2020. <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/outokumpu-chrome-oy-2-2/>

Keinänen, T. 2014. Mittaustekniikka. 1. painos. Sanoma Pro.

Konecranes 2020a. Industrial cranes – Experience where you need it. Viitattu 13.4.2020 <http://campaign.konecranes.com/industrial-cranes/#/article/1/page/1>

Konecranes 2020b. Smarton and uniton – Cranes for the toughest operation. Viitattu 13.4.2020. <http://campaign.konecranes.com/SMARTON-and-UNITON/#/article/3/page/1>

Metropolia 2010. Venymäliuskat. Viitattu 7.4.2020. <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=23203724>

OME 2020. Venymäliuskamittaukset. Viitattu 7.4.2020. <http://omein-web.com/fi/palvelut/mittaukset/venymaliuskamittaukset>

Outokumpu. 2019a. Ferrochrome. Viitattu 4.12.2019. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/organization/ferrochrome>

Outokumpu. 2019b. Outokummun historia. Viitattu 1.12.2019. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

Outokumpu. 2019c. Outokummun organisaatio. Viitattu 3.12.2019. <https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/organization>

Outokumpu. 2019d. Taloudellinen katsaus 2019. Viitattu 26.4.2020. <https://www.outokumpu.com/investors/materials>

Outokumpu 2020. O`net. Viitattu 7.5.2020

Outokumpu. 2018. Tervetuloa Terässulatolle-esite. Viitattu 4.12.2019.

SFS 3991. 2012. Suuret ja yksiköt. Massa ja voima. 3. painos. Helsinki: SFS.

Solidium Oy. 29.11.2019. Omistukset. Viitattu 1.12.2019. <https://www.solidium.fi/fi/omistukset/salkku/>

Särkikoski, T. 2005. Outo malmi - Jalo teräs. Outokummun tie ruostumattomaan teräkseen.

Uusiomaarakentaminen. 17.4.2018. Outokumpu Tornion Operaatiot. Viitattu 1.12.2019. <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Outokumpu%2C%20Tornio%20%E2%80%93%20Maailman%20integroitu%20ruostumattoman%20ter%C3%A4ksen%20tuotantolaitos%20%E2%80%93%20Juha%20%20Mustaniemi%2C%20Destia%20Oy.pdf>

YBT. 2019. Outokumpu. Yhtiön viralliset www-sivut. Viitattu 1.12.2019. <http://ybt.fi/referenssi/teollisuusrakentaminen/outokumpu/>

## LIITTEET

Liite 1. AOD 2:n sulien painonseuranta.

## Liite 1.

pytty	Sulatus	Senkka	Kestot	Paino	Tyhjä	Sulaa	lämpö
82	15378	25	30	226,9	87,9	140,2	1642
83	-80	25	31	219,7	88,3	131,8	1637
84	-82	25	32	213,5	85,3	125,2	1582
85	-84	25	33	220,5	85,2	135,2	1606
86	-86	25	34	225,7	84,3	140,5	1639
87	-88	25	35	218,1	85,2	133,8	1663
88	-90	25	36	219,2	85,4	133,0	1621
89	-92	25	37	223,6	85,2	138,4	1596
90	-94	25	38	221,6	85	136,6	1585
91	-96	25	39	211,1	84,2	126,9	1574
92	-98	25	40	217,9	84,2	133,7	1606
93	15460	25	41	209,5	84,2	124,3	1498
94	-02	25	42	221	85,2	135,8	1598
95	-04	25	43	211,5	85,2	126,6	1553
96	-06	25	44	222,6	85,1	137,4	1607
97	-08	25	45	221,8	86,7	136,7	1674
98	-10	25	46	214,0	86,1	127,3	1636
99	-12	25	47	218,9	86,2	132,8	1612
100	-14	25	48				