Arttu Toropainen

TRUKKIEN TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Kone-ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2017

samk
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TRUKKIEN TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Toropainen, Arttu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2017
Ohjaaja: Teemu Santanen
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 1

Asiasanat: tuottavuus, Lean, OEE

Tämän opinnäytetyön aiheena on kuparivalssaamon materiaalin siirrossa käytettävien vastapainotrukkien työskentelytapojen kehittäminen. Työn toimeksiantaja on Aurubis Finland Oy, ja se tehtiin osana Aurubiksen tuotantotehokkuusprojektia Operational Excellence, jonka tavoitteena oli valssattujen tuotteiden tuottavuuden kasvattaminen 15 %:lla. Kohteiden kehityspotentiaali ja vaikeusaste oli ennen projektin aloittamista asetettu keskitasoiseksi, suhteessa muihin Aurubis Finland Oy:n Operational Excellence-projektin kohteisiin. Kehityspotentiaalin painopiste sijoittui vastapainotrukkien turvallisen mutta tehokkaan käsittelyn edistämiseen.

Vastapainotrukeilla tehtävä työ ei ole arvoa tuottavaa työtä. Tästä huolimatta työ mahdollistaa sen. Trukkityöskentelyn kehityskohteet liittyvätkin kiinteästi yhteistyöhön tuotantolinjojen kanssa ja niiden välillä. Tuotteen laadun säilyminen varastoinnin ja siirron aikana on taattava. Työskentely ympäristö on jatkuvasti muuttuva, joten työskentelyn turvallisuuteen kiinnitettiin huomiota.

Aurubis Finland Oy:n päätuotteita ovat valetut ja valssatut kuparituotteet. Opinnäytetyössä käsitellään kuparin ominaisuuksia. Tuotteet ovat usein ohuita ja pehmeitä, joten trukkityöskentelyllä on vaikutus tuotteen laadun säilymiseen. Operaattori toimii osana romukuparin kierrätysketjua ja materiaalin tuntemus on tärkeää romunlajittelussa.

IMPROVING PRODUCTIVITY OF FROKLIFTS

Toropainen, Arttu
Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
January 2017
Supervisor: Teemu Santanen
Number of pages: 30
Appendices: 1

Keywords: Productivity, Lean, OEE

The purpose of this thesis was to improve working methods of copper rolling mills production forklifts. The thesis was a part of Aurubis Finland Oy:s productivity project called Operational Excellence.

The thesis consists three individual chapters. Frist chapter gives a look for Aurubis Finland Oy as a company, in its rolling process and products and explains the need for this thesis. Second chapter is a theory part. Last one, third, shows the results in a form of rapport.

Works that utilize forklifts are not usually business value add activities. The work belongs normally in business non-value add category. It means that the work makes possible to add value to product. Information has to flow between forklift operators and production line operators. The forklift operator operates in wide range in the rolling mill and the information enables operator to plan the work to meet needs of production. The wide range in operations makes work area constantly changing. Safety is an important task to improve and forklift operator has great part when it comes to safe work environment.

The thesis consists theory for copper, OEE and Lean. Aurubis Finland Oy:s main products are casted and rolled copper products. The thesis will take a closer look in specifications of standardized oxygen free copper and some of brass and bronze products. The specifications are important because the forklift operator will handle products in different thickness and hardness states along the production process, and is part of copper recycling chain.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5
1.1 Taustaa 5
1.2 Aiheen määrittely 6
2 KÄSITTEET 7
2.1 Kupari 7
2.2 Puhtaat kuparit 7
2.3 Lean ja DMAIC 8
2.3.1 Lean 8
2.3.2 DMAIC 10
2.4 DMAIC-prosessin hyödyntäminen käytännössä 10
2.5 OEE, Overall Equipment Effectiveness 11
3 RAPORTTI 13
3.1 Aloitus ja määrittely 13
3.2 SIPOC-kaavio ja Spagetti-diagrammi 15
3.3 Mittaukset ja prosessin mallintaminen 18
4 TULOKSET 28
LÄHTEET 30
LIITTEET

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

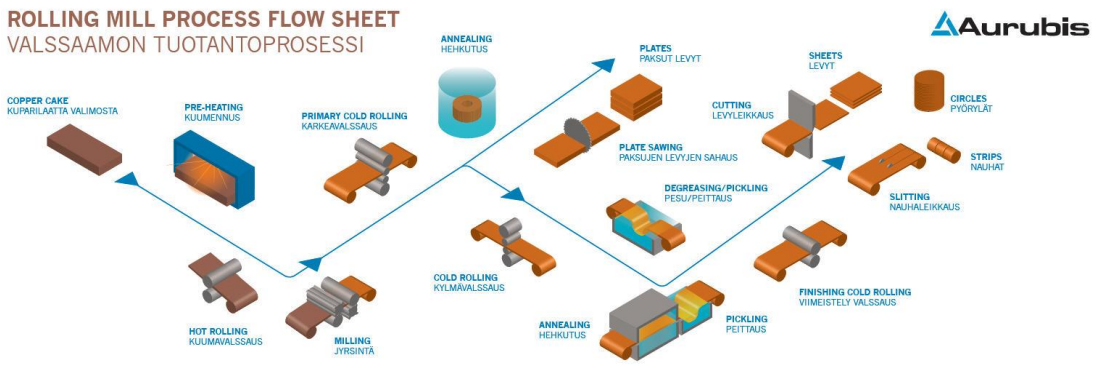
Tämän opinnäytetyön aiheena on valssaamon materiaalinkuljetuksiin käytettävien vastapainotrukkien tuottavuuden kehittäminen. Työn toimeksiantaja on Aurubis Finland Oy.

Aurubis Finland Oy on valettujen ja valssattujen kuparituotteiden valmistaja. Yrityksen toimipiste on Porissa. Se on osa Aurubis-konsernia, joka on monipuolinen kuparintuottaja ja maailman suurin kuparin kierrättäjä. Se tuottaa vuosittain noin miljoona tonnia kuparikatodeja. Aurubis Finland Oy:n päätuotteita ovat valssatut kuparituotteet kuten laatat, levyt ja kaapelinauhat. Sen tuotantokapasiteetti on 45 000 tonnia vuodessa. (Aurubiksen internet-sivut 2016.)

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Operational Excellence- tuotantotehokkuusprojektia. Projektin toteuttamiselle oli käytännön kysyntää. Monet Aurubis Finland Oy:n kuparituotteista edellyttävät korkeatasoista pinnanlaatua, toisaalta tuote voi olla samalla erittäin ohut ja pehmeä. Tuote on siirretty koneelta seuraavalle vastapainotrukilla. Tuotteen laadunsäilyttäminen jalostusvaiheiden välillä voidaan varmistaa tarjoamalla siirrosta vastaavalle kuljettajalle tarvittava aika työn laadukkaaseen suorittamiseen. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on arvoa tuottavan ajan lisääminen. Tästä johtuen trukkia on katsottava osana kokonaisuutta: Arvoa tuottavat työvaiheet ovat mahdollisia ennen tuotteen kuljetusta ja sen jälkeen.

1.2 Aiheen määrittely

Aurubis Finland Oy:n valssaamossa kuparirullia ja-laattoja siirretään Customer-Value-Add-toimintaa suorittavien tuotantolinjojen, eli asiakkaalle arvoa tuottavien linjojen välillä vastapainotrukin ja siltanosturin avulla (George ym. 2005, 50). Vastapainotrukilla tehtävä tuotantotyö ei tuo asiakkaalle lisäarvoa. Työ on kuitenkin välttämätöntä, jotta arvoa tuottava työ on mahdollista, eli työ on Business Non-Value-Add-toimintaa (George ym. 2005, 51). Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vastapainotrukkien käyttöä ja siihen liittyviä haasteita tuotannossa.



Kuva 1. Valssausprosessi tuo lisäarvoa kuparille (Aurubis)

Kaaviokuva valssausprosessin etenemisestä kuvaa hyvin trukin liikkeitä valssaamossa. Tuotteen muoto, tila, pintaominaisuudet ja paino muuttuvat tuotantolinjoilla. Trukinkuljettajan on voitava säilyttää nämä ominaisuudet tuotetta käsiteltäessä.

2 KÄSITTEET

2.1 Kupari

Aurubis Finland Oy:n tuotantoprosessissa kuparille työstetään erilaisia teknisiä ominaisuuksia, kuten vahvuus, kovuus, pinnankarheus ja raekoko. Aurubis-konsernilla (entinen Norddeutsche Affinerie AG) ja Porin Kupariteollisuuspuiston alueella toimivilla yrityksillä (entinen Outokumpu Oy:n Porin tehtaat) on merkittävä historia eri kuparituotteiden valmistamisessa. (Porin kaupungin internet-sivut, 2016 ja Aurubis AG:n internet-sivut 2016.)

Tässä osuudessa käsitellään ETP-, OF-OK-, OFE-, DHP- ja DLP-kupareiden teknisiä ominaisuuksia. Nämä ovat yleisimpiä Aurubis Finland Oy:n jalostamia kupareita, joiden tekniset ominaisuudet lopulta määräävät niiden käyttötarkoituksen. Seoksesta riippuen tuotetta voidaan hyödyntää sähkö-ja elektroniikkateollisuudessa tai esimerkiksi rakennusteollisuudessa. Aurubis Finland Oy kierrättää eri kuparilaatuja. Laatujen lajittelu tapahtuu romukuparin merkitsemisellä tuotantolinjojen työntekijöiden toimesta. Trukinkuljettaja siirtää romukuparin valssaamon romun käsittelyalueelle, josta ne kuljetetaan kupariteollisuuspuiston valimoihin valettaviksi tai lähetettäväksi kyseistä laatua käsitteleville yrityksille. Metalli seoksia, joita ei paikallisesti käsitellä ovat alumiinipronssit, tinapronssit ja messingit. Nämä tuotteet soveltuvat arkkitehtuurituotteiksi (Aurubis Finland Oy:n internet-sivut, 2016).

2.2 Puhtaat kuparit

ETP on elektrolyyttisesti puhdistettu happipitoinen kupari, jota kutsutaan myös sitkokupariksi. Happipitoisuus on tämän luokan kupareilla 0,02…0,06 %. Ne ovat hehkuttaessa ja hitsattaessa vetysairausalttiita. ETP:tä hyödynnetään teollisuudessa sähkönjohtosovelluksiin sähkönjohtavuuden ollessa vähintään 100 % IACS tai kattomateriaalina pellityksiin, kattolevyihin ja räystäskouruihin. (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski 2008, 177.)

DHP JA DLP ovat deoksidoituja kupareita. Nämä, myös fosforoiduiksi kupareiksi kutsutut yleiskäyttökuparit sisältävät fosforia DLP:n osalta 0,0005…0,012 % ja DHP:n osalta 0,015…0,050 %. Fosfori parantaa DLP:n ja DHP:n hitsattavuutta, sillä se suojaa hitsaus sulaa hapettumiselta. Fosfori kohottaa myös uudelleenkiteytymislämpötilaa, jolloin muokkauslujitettu kupari pehmenee vain hieman juotettaessa. Näitä kupareita ei käytetä niiden heikon sähkönjohtavuuden vuoksi sähkönjohtotarkoituksiin, vaan niitä hyödynnetään vesi-, öljy-, kaasu-, höyry ja lämmitysputkissa, lämmönsiirtimissä, tislauskalusteissa, sekä ilmastointi- ja jäähdytyslaitteissa. (Koivisto ym. 2008, 177.)

OF on hapetonta eli ns. johtokuparia. Valmistusprosessissa elektrolyyttisesti puhdistettu kupari sulatetaan hiilipeitteen alla ja valetaan suojakaasussa jolloin lopputuotteena saadaan vetysairausvapaa erinomaisen sähkönjohtavuuden omaava hapeton kupari. Erinomaisen sähkönjohtavuuden lisäksi Cu-OF:llä on deoksidoitun ja happipitoisen kuparin edut, sekä on mekaanisilta ominaisuuksiltaan ja muokattavuudeltaan hieman muita kupareita parempi. Tämä on sähkö- ja sähkölaiteteollisuuden yleiskupari. (Koivisto ym. 2008, 177.)

2.3 Lean ja DMAIC

2.3.1 Lean

Lean-filosofia perustuu yksinkertaiseen ajatukseen tehdä vähemmällä enemmän. Toiminoista mahdollisimman suuren osan on oltava asiakkaalle arvoa tuottavaa toimintaa. Kaikki arvoa tuottamattomat toimet on poistettava. Osa arvoa tuottamattomista toimista ovat kuitenkin sellaisia, jotka ovat välttämättömiä arvoa tuottavan toiminnan aikaansaamiseksi. Toimintojen on siis oltava sellaisia, joista asiakas on valmis maksamaan. (Mehrsai, Thoben & Scholz-Reiter 2014, 4712.)

Lean-ajattelun perusta on vahvasti autoteollisuudessa ja erityisesti Toyotan tuotantojärjestelmässä, eli TPS:ssä, joka tulee sanoista Toyota Production System (Huhtala & Pulkkinen 2009, 183). Leanin peruspilarit ovat TPS:stä. Pilarit ovat Heijunka, JIT ja JIDOKA (Mehrsai ym. 2014, 4712).

Heijunkan tavoitteena on vastata kysyntään ja tasata työpisteiden työvaiheet. Tavoitteiden toteutuessa ehkäistään tuotannossa syntyviä pullonkauloja. Yksi Lean-ajattelun keskeisiä tavoitteita on Just-In-Time. Se tarkoittaa muun muassa imua tuotantolinjojen välillä. Tuotteen tulisi liikkua jalostusprosessien välillä niin, että sen varastointiaika olisi lähellä nollaa. Käytännössä tavoitteen toteutumista haittaavat esimerkiksi konerikot, inhimilliset erehdykset, kuljetuksen viivästymiset, ja näiden kerrannaisvaikutukset. Lisäksi Just-In-Time, eli JIT, ei mahdollista yrityksen kykyä vastata asiakkaiden tilausten voimakkaaseen aaltoiluun ja tiukkoihin toimitusaikoihin. Tähän ongelmaan voidaan vastata hyvällä toimitusketjun tuntemuksella, jolloin voidaan ottaa käyttöön työkalut kuten Make-To-Forecast, eli Make-To-Stock, MTS, jossa tulevia tilauksia pyritään ennakoimaan, ja MTO:lla, eli Make-To-Order, joka mahdollistaa yrityksen notkeat liikkeet muuttuvassa toimintaympäristössä. Täydellisyys on tärkeä perusperiaate Lean-tuotantoprosessien muodostamisessa. Lean-termi JIDOKA tarkoittaa virheiden syntymisen estämistä: Tuotetun laadun ollessa suunniteltua huonompaa, tuotantolinja pysäytetään automaattisesti ja vian aiheuttajasta hankkiudutaan välittömästi eroon. (Mehrsai ym. 2014, 4712.)

Yrityksen aktiivinen toiminta hukkatekijöiden, eli mudan, eliminoinnissa mahdollistaa tuotteelle parhaan lisäarvon ja tyytyväisen asiakkaan. On siis oleellista ensin tunnistaa toiminnan osa-alueet, joista asiakas oikeasti on valmis maksamaan. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 183). Kun toiminnan asiakkaalle tärkeät osa-alueet on tunnistettu ja määritelty, on huomio kiinnitettävä arvovirtaan.

Arvovirta sisältää kaikki arvoa tuottavat ja tuottamattomat aktiviteetit, joita tarvitaan sen hetkisessä virrassa, joka alkaa esimerkiksi raaka-aineiden jalostamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Arvovirta voi ylittää organisaatio ja yritysrajoja. Arvovirran kolme vaihetta ovat arvoa kasvattavat tekijät, arvoa lisäämättömät, mutta esimerkiksi tuotteen laadun kannalta välttämättömät tekijät, ja arvoa lisäämättömät tekijät. Kolmatta vaihetta pyritään ensisijaisesti kitkemään. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 184.)

Lean-ajattelun viisi perusperiaatetta ovat

1. arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta
2. arvovirtauksen tunnistaminen
3. virtauksen toteuttaminen
4. imun järjestäminen
5. täydellisyyden tavoittelu

(Huhtala & Pulkkinen 2009, 183.)

Hukkatekijöitä ovat ylituotanto, kuljetus, ylimääräiset liikkeet, varasto, virheet odottavat työt ja yliprosessointi. Nämä ovat Leanin kuusi hukkatekijää, jotka on poistettava. (Mehrsai ym. 2014, 4711.)

2.3.2 DMAIC

DMAIC on prosessimainen ongelmanratkaisumenetelmä. Kirjainlyhenne tulee prosessin vaiheista: määritellä (define), mitata (measure), analysoida (analyze), kehittää (improve) ja seurata (control). Se on yritysmaailmassa hyväksi havaittu järjestelmällinen ongelmanratkaisumenetelmä, jota hyödynnetään kun pyritään parantamaan ongelmakohteen suoritusnopeutta, laatua tai hintaa. (George, Rowlands, Price & Maxey 2005, 1.)

DMAIC-menetelmä mahdollistaa luovan ajattelun määritetyssä toimintaympäristössä. Ratkaistavalla ongelmalla on siis ennalta määritetty sen ydintoimintaa kuvaavat rajat. (George ym. 2005, 1.)

2.4 DMAIC-prosessin hyödyntäminen käytännössä

DMAIC-prosessia hyödynnetään toiminnan nopeuden, laadun ja hinnan kehittämiseksi haluttuihin arvoihin. DMAIC-projektiin on kaksi lähestymistapaa. Ensimmäinen tapa on ns. projektitiimi tapa, jonka läpimenoaika vaihtelee yhdestä neljään kuukauteen. Siinä projektiin osallistujien roolien pääpaino on työn osa-aikaisuudella. Ainoastaan projektin vetäjä (Black Belt) työskentelee projektissa kokoaikaisesti, muut

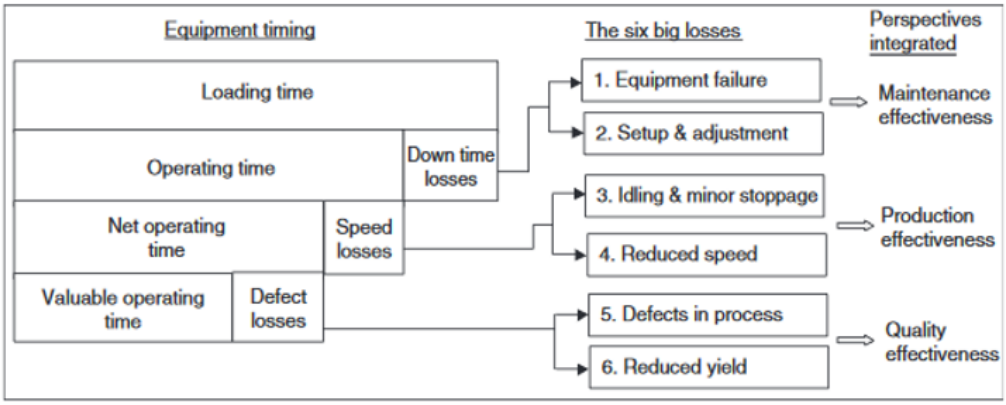
tiimin jäsenet osa-aikaisesti normaalin päivätyön ohessa. Kaikki tiimin jäsenet osallistuvat kuitenkin kaikkiin DMAIC-vaiheisiin. (George ym. 2005, 2.)

Toinen lähestymistapa on nopeatempoinen, tiiminvetäjän ja projektinvetäjän esityönä suorittamien määrittely ja mahdollisesti mittausvaiheen tuloksia hyödyntävä kokoaikainen koko tiimin työllistävä ns. Kaizen. Tämän projektin hyödyt ovat sen intensiivisyydessä ja näin suoritusaikakin on jopa alle viikon. (George ym. 2005, 2.)

DMAIC vaatii aikaa ja resursseja, näin kaikkien askeleiden läpikäynti ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa. Ongelman ollessa monimutkainen tai jos DMAIC-projektin tuottaman tuloksen oletetaan tuottavan huomattavaa taloudellista lisäarvoa ongelmakohteessa suhteessa projektin kuluihin, on suositeltavaa harkita jokaisen vaiheen huolellista läpikäyntiä. Päätös jonkin askeleen ohittamiseen vaatii perusteltua dataa. (George ym. 2005, 3.)

2.5 OEE, Overall Equipment Effectiveness

OEE, eli Over all Equipment Effectiveness, on TPM:n, Total Productive Maintenance, kehittyneempi muoto. TPM:llä tavoiteltiin laitteistoa, joka olisi huoltovapaa ja joka ei tuottaisi virheitä tuotteeseen. TPM siis keskittyi laitteistoon. OEE:lla kuvataan kokonaistuottavuutta, eli tekeekö laitteisto todellisuudessa työtä, jota sen tulisi tehdä. OEE-prosentti muodostuu laitteen käytettävyydestä, suorituskyvystä ja laadusta. OEE:llä voidaan osoittaa prosessin käyttämätöntä kapasiteettia. Tuloksella pyritään vastaamaan kysymykseen: Onko asiat tehty oikein? OEE ei itsessään poista hukkaa tuottavia tekijöitä, ainoastaan osoittaa ne.



Kuva 2. OEE:ssä tutkitaan kuutta hukkatekijää (Muchiri, Pintelon. 2008, 3520.)

$$\text{Asset utilization} = \frac{\text{Loading time}}{\text{Total available time}}.$$

$$\text{OEE} = \frac{\text{Valuable operating time}}{\text{Operating time}}. \qquad \text{OPE} = \frac{\text{Valuable operating time}}{\text{Total available time}}.$$

Kuva 3. OEE:n muuttujat (Muchiri, Pintelon. 2008, 3519.)

The six large losses are measured by OEE, which is a function of availability (A), performance (P) and quality rate (Q). Therefore:

$$\text{OEE} = A \times P \times Q,$$

where:

$$\text{Availability rate } (A) = \frac{\text{Operating time } (h)}{\text{Loading time } (h)} \times 100$$

$$\text{Operating time} = \text{Loading time} - \text{Down time}$$

$$\text{Performance efficiency } (P) = \frac{\text{Theoretical cycle time } (h) \times \text{Actual output (units)}}{\text{Operating time } (h)}$$

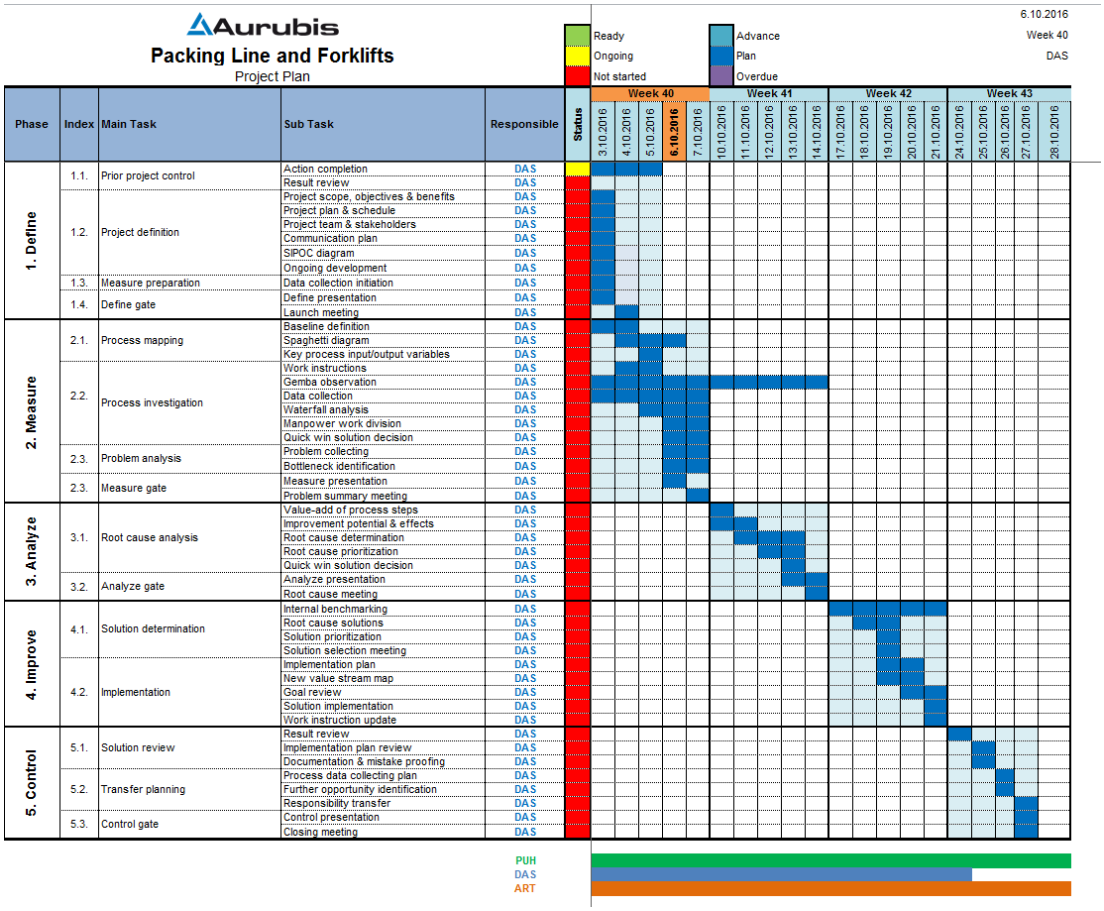
$$\text{Quality rate } (Q) = \frac{\text{Total production} - \text{Defect amount}}{\text{Total production (units)}} \times 100.$$

Kuva 4. OEE:ssa lasketaan saatavuutta, suorituskykyä ja laatua. (Muchiri, Pintelon. 2008, 3520.)

3 RAPORTTI

3.1 Aloitus ja määrittely

Työn aluksi pidettiin aloituskokoontuminen. Aloituskokoontumisessa määriteltiin tutkimuskohde ja sen kehittämiskohteet. Työlle asetettiin aikataulu, joka ohjasi tutkimus- ja kehitystyön etenemistä. Suoritusajaksi sovittiin neljä viikkoa, jona suoritettiin aiheen määrittely, tarvittavat mittaukset, kerätyn tiedon analysointi, analysoidun tiedon muuntaminen käytännön toimiksi ja projektin kontrolli. Aikataulutus mukaili aikaisempia projekteja ja suoritusajaksi asetettiin neljä viikkoa, joiden aikana DMAIC-vaiheet käydään läpi. Työ on mitoitettu oikein, kun määrittelyvaihe (define) voidaan suorittaa enintään kahden päivän sisällä, työskenneltäessä projektin parissa täysipäiväisesti (George ym. 2005, 3.)



Kuva 2. Projektin aikataulu

Projektin aloittamiselle ja tutkittavan aihealueen määrittelemiselle tärkeitä lähtötietoja olivat sidosryhmien tunnistaminen. Projektin tavoite oli tehostaa tuotannontehokkuutta, joten tuotantoa ohjaavat aluevastaajat olivat keskeisessä asemassa tiedotusketjussa. Tutkimusmateriaalin lähteinä ja tuotannon ongelmakohtien osoittajina tuotannon työntekijät olivat avainasemassa.

Projektin sidosryhmät

Pori Step Up

Projekti	Kalvopakkauslinja ja trukit	
Projektipäällikkö	[redacted] (metallurgist)	95 %
Projektiryhmä	[redacted] (tuotantopäällikkö)	15 %
	Arttu Toropainen	100 %
Ohjausryhmä	[redacted] (aluevastaavat)	
	[redacted] (toimitusjohtaja) / [redacted] (tuotantojohtaja)/ [redacted]	
	[redacted] (tekninen johtaja)	
Muut sidosryhmät	Kalvopakkauslinjan ja trukkien työntekijät	Ensisijainen
	Tekniikkaryhmä	Ensisijainen
	Kunnossapito	Ensisijainen
	Kalvopakkauslinjan ja trukkien edeltävien prosessien työntekijät	Toissijainen
	Tuotannonsuunnittelu	Toissijainen
	Muut työntekijät	Toissijainen

Kuva 3. Projektin suunnitellut sidosryhmät

Projektin kommunikointi

Pori Step Up

Projekti	Kalvopakkauslinja ja trukit			
Kommunikointikanavat	Projektitiedote	Kaikki työntekijät	Intranet, taulut, kahvihuoneet	PUH
	Projektin tilannekeskustelu	Tuotannon toimihenkilöt	Viikkopalaverit	DAS
	Projektin aloituskeskustelu	Projektialueen työntekijät	Viikkopalaverit	DAS
	Alueen yhteenvedot ja päätökset	Projektialueen työntekijät	Koneet, kahvihuoneet	DAS
	Ohjausryhmän kokoukset	Ohjausryhmä	Kokous	DAS

Kuva 4. Projektin suunniteltu kommunikointi

Ennen varsinaisen kehitystyön aloittamista oli tutustuttava tutkimuskohteen aloitustilanteeseen.

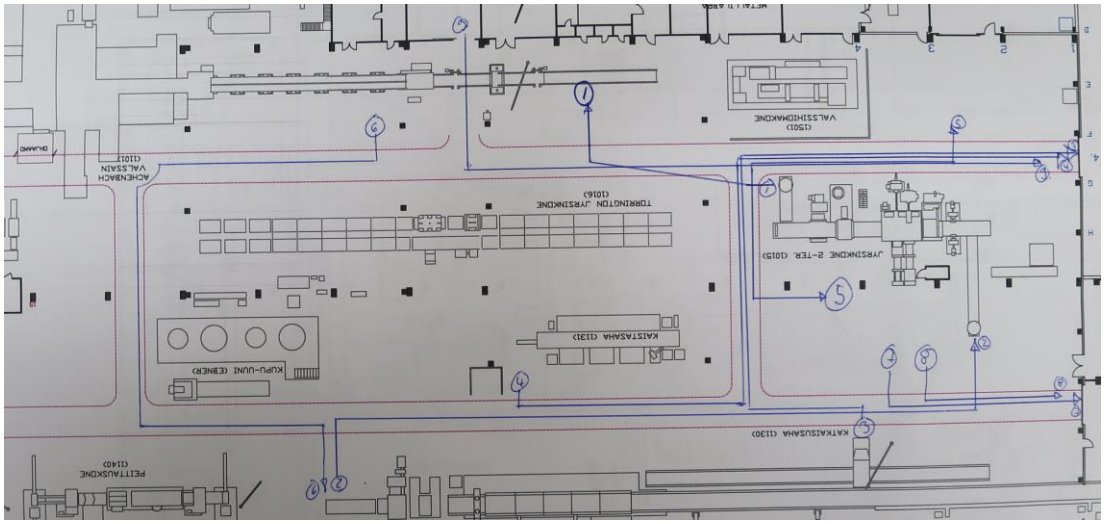
Valssaamossa käytetään kahta nostokyvyltään erilaista vastapainotrukkityyppiä. Suuremman nostokyvyn, eli 7 tonnin nostokyvyn omaavat Kalmar-vastapainotrukit ovat valssausprosessin ylävirran ja tahdistimen työkaljua. Prosessin näissä vaiheissa kuparirullien painot ovat suurempia, etenkin tahdistimella. Leikkauspäässä eli valssausprosessin alavirrassa käytetään Toyotan 5 tonnin trukkia. Vaikka alavirrassa rullapainot

ovat matalampia, voivat ne silti nousta yli 4,5 tonniin. Lisäksi toiminta-alue on ahtaampi suhteessa muihin valssaamon tiloihin. Valssaamon tuotantotrukkien erikois-ominaisuuksia ovat jokaisen nostolaitteen hydrauliset sivusiirto ja levitystoiminnot, nostohaarukoiden pyöristykset sekä tahdistimen ja alavirran trukkien hydraulisenlisälaitteen pikaliittimet. Lisäksi alavirran trukin maksiminostokorkeus on suurempi, johtuen työn painotuksesta pakkauslavojen siirtoon.

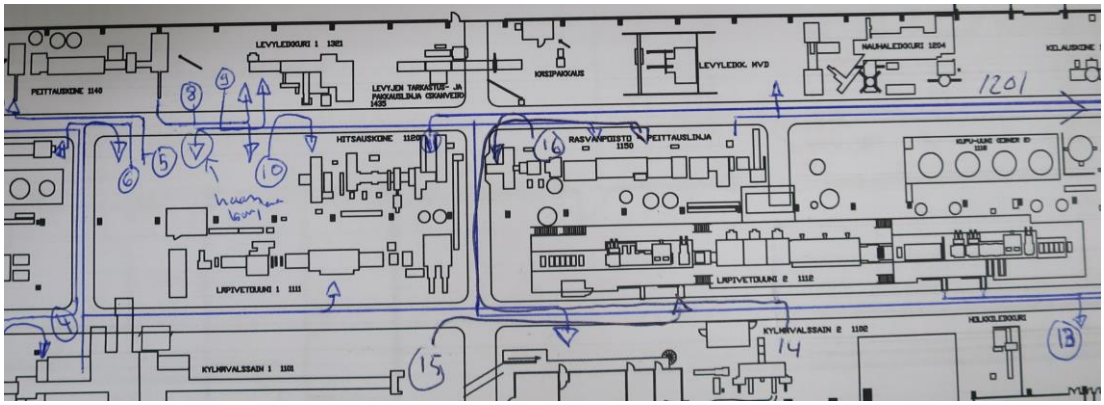
Kehityskohteen määrittely aloitettiin kokoamalla Spagetti-diagrammi sekä SIPOC-kaavio. SIPOC, eli toimittaja (supplier), syöte (input), prosessi (process), tuote (output) ja asiakas (customer), on tilannekuva, joka sisältää vain prosessille tärkeän informaation. (George ym. 2005, 38.)

3.2 SIPOC-kaavio ja Spagetti-diagrammi

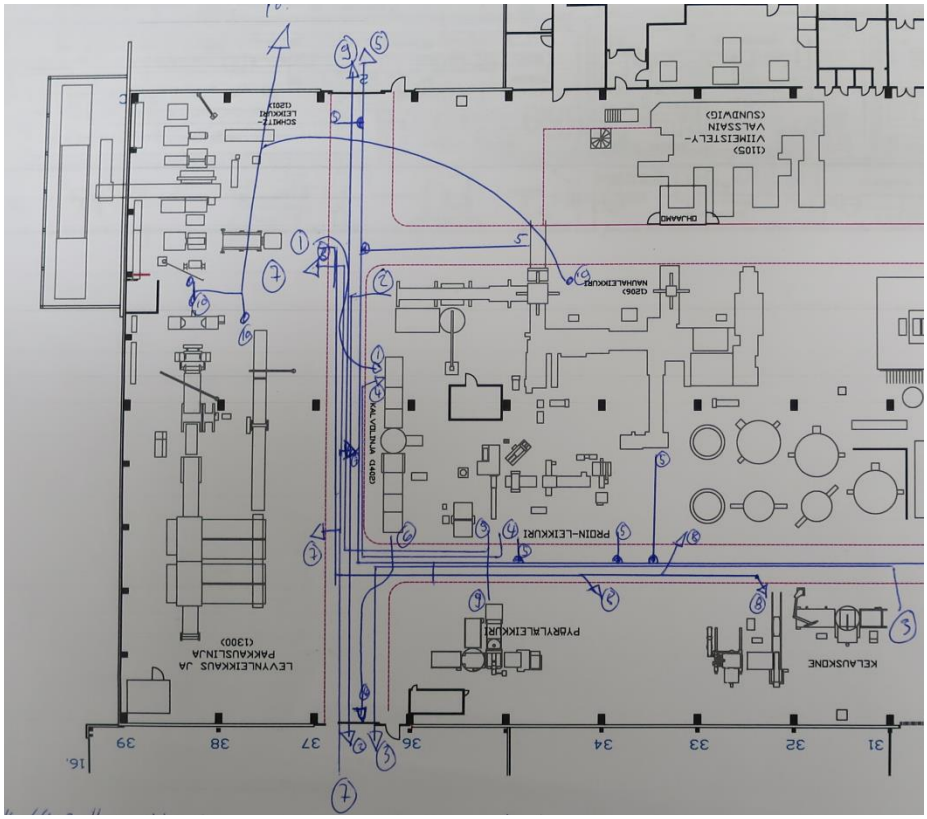
SIPOC-kaavioon selvitettiin vastapainotrukin työsuoritusta edeltävät ja sitä seuraavat työvaiheet. Kokoamalla Spagetti-diagrammi voitiin selvittää prosessin aloitus ja lopetuspisteet. Kaavion ja diagrammin tiedot kerättiin haastattelemalla tuotannon työntekijöitä.



Kuva 5. Ylävirran spagetti-diagrammi. Toiminnot alkavat kuumavalssin vetokelalta (2) ja päättyvät kaksipuolisen jyrsinkoneelta tulevan rullan laskemiseen kylmävalssi 1:n rullavarastoon (1). Linjojen syöttö suoritetaan trukilla.

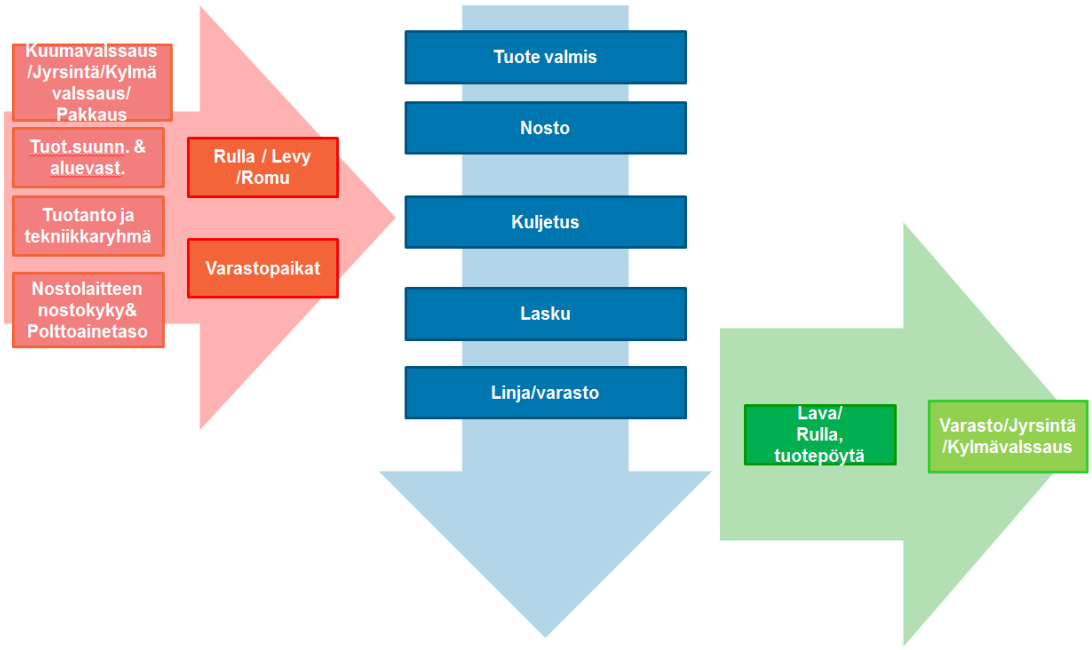


Kuva 6. Tahdistimen spagetti-diagrammi. Toiminnot alkavat tyypillisesti kylmävals-silta (4). Alue on edellistä huomattavasti monipuolisempi ja tuotteiden jalostusprosessi vaihtelee erittäin paljon. Toiminnot päättyvät alavirran leikkureiden rullavaras-toille(13). Linjojen syöttö suoritetaan trukilla.



Kuva 7. Alavirran spagetti-diagrammi. Toiminnot muodostuvat pakkausten siirrosta lähetysvarastoon (esimerkiksi 7) ja romukuparin siirrosta lajittelualueelle (esimerkiksi 9). Tällä alueella linjojen syöttö suoritetaan siltanosturilla.

Prosessi tarvitsee alkaakseen perustiedot työn luonteesta. Materiaalinkuljetus tuotantolinjalta toiselle on osa kuparin valssausprosessia. Tuotannonsuunnittelu on tehnyt työohjeet asiakkaan tilaamalle työlle. Syötetuotantolinjan työntekijä antaa työohjeen mukaisen siirtoinformaation vastapainotrukinkuljettajalle kuparirullan kuljettamisesta. Käytännössä linjan työntekijä merkitsee kuljettajalle tärkeän informaation rullan yläpintaan tussilla. Kuljettaja saa tiedon rullan yksilöllisestä numerosta ja koodin linjalle, jonne tuote on siirrettävä. Tuotteen siirto alkaa, kun kuparirullaan on merkitty tarvittavat tiedot. Aloittaakseen noston, kuljettaja siirtää vastapainotrukin puomin pystyasentoon ja ohjaa haarukat hydraulisen asetin-ja sivusiirtolaitteen avustuksella kapeimpaan ääriasentoon. Kuljettaja nostaa kuparirullan sisäreiästä. Kun turvallinen siirtokorkeus on saavutettu, rulla siirretään seuraavan linjan rullavarastoalueelle. Rulla lasketaan varastoalueelle, kun sopiva, tuotetta vahingoittamaton paikka on löydetty. Lasketun rullan osalta, prosessi jatkuu asiakaslinjan työntekijän osoittaessa eli antaessa syötteen kyseisen tuotteen asiakkaalle arvoa tuottavan prosessin jatkumisesta. Syötteen saatuaan, kuljettaja suorittaa edellä kuvatut toimet ja nostaa, kuljettaa ja laskee kuparirullan tuotantolinjan syöttölaitteelle. Kuljetusprosessi päättyy vastapainotrukin haarukoiden irrotessa kuparirullasta. Kokonaisprosessi voidaan määritellä päätyväksi vasta vastapainotrukin siirryttyä lähimpään pisteeseen, jossa prosessi voi alkaa uudestaan. Määritellään kokonaisprosessi päättyväksi juuri ennen seuraavaa nostoa lähimmältä tuotantolinjalta.



Kaavio 1. Ylävirran trukin SIPOC-kaavio. Trukkien kaaviot vastaavat perusperiaatteeltaan toisiaan. Vain toimittaja ja asiakas ovat muuttujia.

3.3 Mittaukset ja prosessin mallintaminen

Trukkien toiminta-alue oli laaja, joten trukinkuljettajien työskentelyyn käyttämä aika arvioitiin osin laskemalla.

Kokonaisprosessi jaettiin vaiheisiin, jotka tekivät prosessin tutkimisen mahdolliseksi. Vaiheille haettiin sopivat suoritusajat, jotka mahdollistivat kuljettajan turvallisen työn suorittamisen. Kuparirullan nostoon niin, että materiaalin ominaisuudet eivät vahingoitu, käytetty aika mitattiin olevan 4 sekuntia. Nosto määriteltiin alkavan vaiheesta, jossa kuljettaja oli ajanut trukin nostohaarukan nostolle turvalliselle etäisyydelle rullan sisäosassa. Nostohaarukka on tällöin asetettu vaakatasoon ja trukki on linjattu kohtisuoraan nostettavaan rullaan nähden. Rullan laskuun käytettyä aikaa aloitettiin mittaamaan rullan sijaitessa laskukohdan yläpuolella. Rullien turvalliseksi siirtonopeudeksi valssaamon sisätiloissa sovittiin noin kävelynopeus, eli 5 km/h. Lisäksi laskettiin arvio ajasta, joka kului ideaali tilanteessa prosessin uudelleen alkamiseen, eli trukin siirtymiseen seuraavalle linjalle tai varasto alueelle.

Prosessin vaiheet olivat nosto, lasku ja siirto. Prosessia voidaan kuvata kaavalla:

$$t_{koko}=k_{toistot}*(t_{nosto}+t_{lasku})+(s_{matka}/v_{siirtonopeus})+t_{lähin\ nosto}$$

t_{koko} = Prosessiin kulunut aika [s]

$k_{toistot}$ = Perusprosessin toistojen lukumäärä

t_{nosto} = Nostoon kulunut aika [s]

t_{lasku} = Laskuun kulunut aika [s]

s_{matka} = Prosessin aikana kuljettu matka [m]

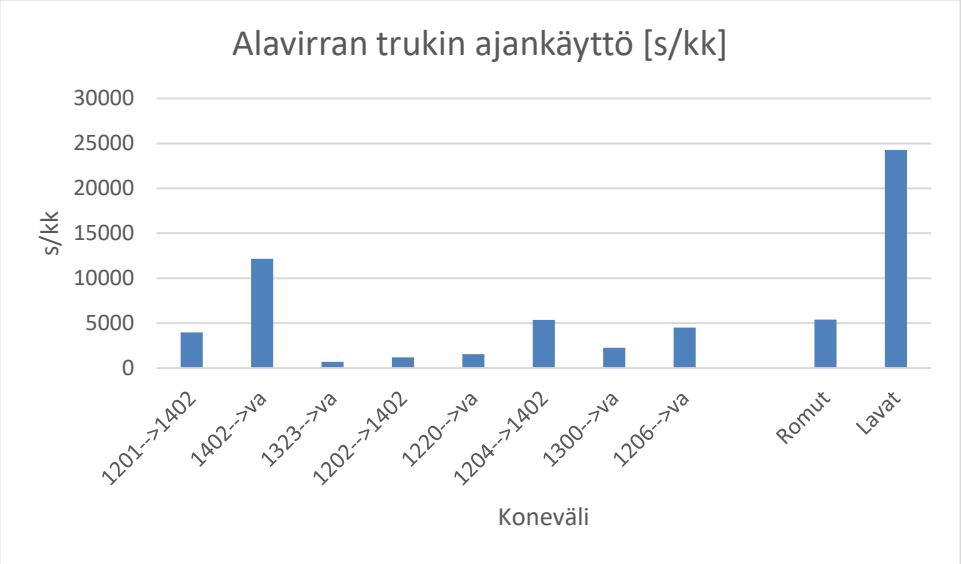
$v_{siirtonopeus}$ = Rullan siirtonopeus [m/s]

$t_{lähin\ nosto}$ = Siirtyminen prosessin alkuun [s]

Kaavan tuloksena saadaan rullan siirtoon linjalta toiselle käytetty aika. Tyypillinen siirtoprosessi sisälsi kaksi nostoa ja kaksi laskua. Tällainen prosessi sisälsi noston syöttölinjalta, laskun varastoon, ja sieltä noston sekä syötön asiakaslinjalle. Joissain tapauksissa prosessiin sisältyi rullan kääntö, joka vaikutti nostamalla kaavan kertoimen kahdesta kolmeen. Kohteet joiden kerroin on kolme, ovat kehityskohteita. Kerroin kaksi kuvaa normaalia prosessia. Kerroin yksi olisi tilanne jossa linjojen välillä on imu, mikä tarkoittaa optimaalista tilannetta. Esimerkki imusta näkyy kuumavalssin ja jyrsinkoneen välillä, jossa kuumavalssilta valmistunut rulla nostetaan suoraan kaksipuolisen jyrsinkoneen syöttöradalle, ilman välivarastointia.

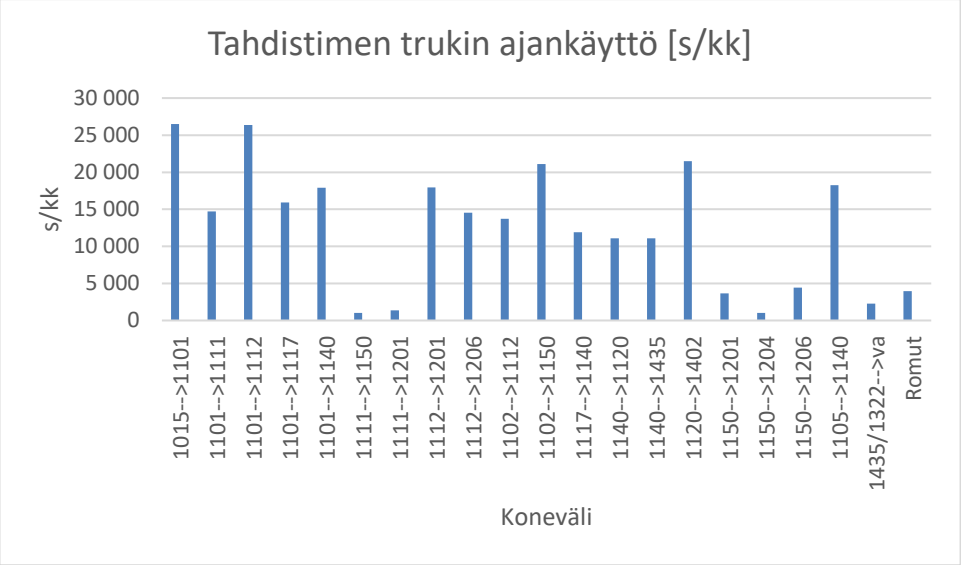
Vastapainotrukinkuljettajat hoitavat valssaamon tuotantolinjojen välisen tavaraliikenteen. Liikuteltuihin tavaramääriin päästiin käsiksi analysoimalla valssaamon tuottavuusraportti. Raportista saatiin konekohtaiset tuotetut tonnit sekä käyntitunnit. Tietojen avulla voitiin arvioida koneilta siirretyt rullat kyseisenä kuukautena. Rullapainoiksi arvioitiin kolme, neljä ja viisi tonnia, tuotantovaiheen mukaan. Kuljetettujen lavanippujen osuus saatiin jakamalla lavoja käyttävien koneiden materiaalivirta tyypillisen lavanipun lavamäärällä.

Trukkien käyttöaste voitiin laskea trukkien kuukausittaisten ajotuntien ja prosessiaikojen summan erotuksella, mikä jaettiin käytettävissä olevalla ajalla (Ihanamäki sähköposti 20.10.2016). Summassa oli otettu huomioon rullakuljetukset, lavojen haku ja romukuljetukset. Erotuksen tulos kuvasi aikaa, joka kuluu työvaiheiden väliseen ajoon. Hukka-ajat muodostuvat odotuksesta, polttoaineenhausta, valssaamon toimintojen vaatimista oheistöistä sekä ajoista, joita kuljettaja ajaa tarkistaakseen koneiden rullaratojen rullatilanteen. Valssaamon vaatimia oheistöitä ovat koneiden työkalujen huoltokuljetukset, kuormien purku ja rullaratojen järjestely. Tarkistusajot tuotantolinjojen välillä ovat hukkatekijöitä.



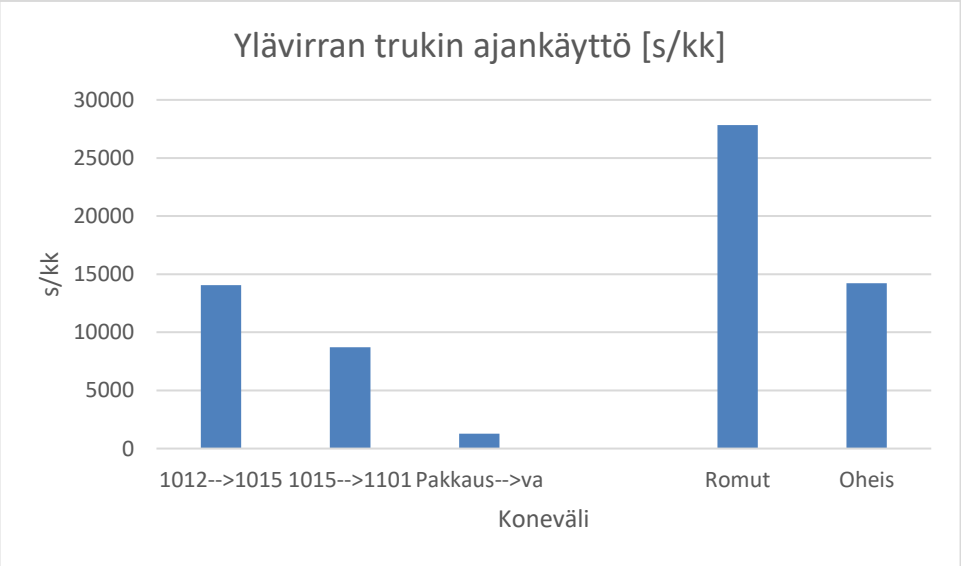
Kaavio 2. Alavirran trukin linjakohtainen ajankäyttö yhden kuukauden aikana (Aurubis Finland Oy:n kuukauden tuottavuusraportti).

Alavirran suurimpia työllistäjiä ovat kalvopakkauslinja (linja 1402) ja lavojen haku. Suurin osa valssaamon tuotteista kulkee kalvopakkauslinjan kautta.



Kaavio 3. Tahdistimen trukin linjakohtainen ajankäyttö yhden kuukauden aikana (Aurubis Finland Oy:n kuukauden tuottavuusraportti).

Tahdistimen suurimpia työllistäjiä ovat kylmävalssain 1 (linja 1101), kylmävalssain 2 (linja 1102) ja viimeistelyvalssain 5 (linja 1105). Hitsauslinjan (linja 1120) ja kalvopakkauslinjan työllistävyys voi olla vääristymä kuvaajassa, koska suuri osa hitsauslinjan tuotteista siirretään nosturilla seuraavalle linjalle. Toisaalta edellä mainittujen linjojen välinen etäisyys ja viimeistelyvalssain 5 ja peittauslinjan (linja 1140) välinen etäisyys on noin kaksinkertainen suhteessa tahdistimen muihin siirtoihin.



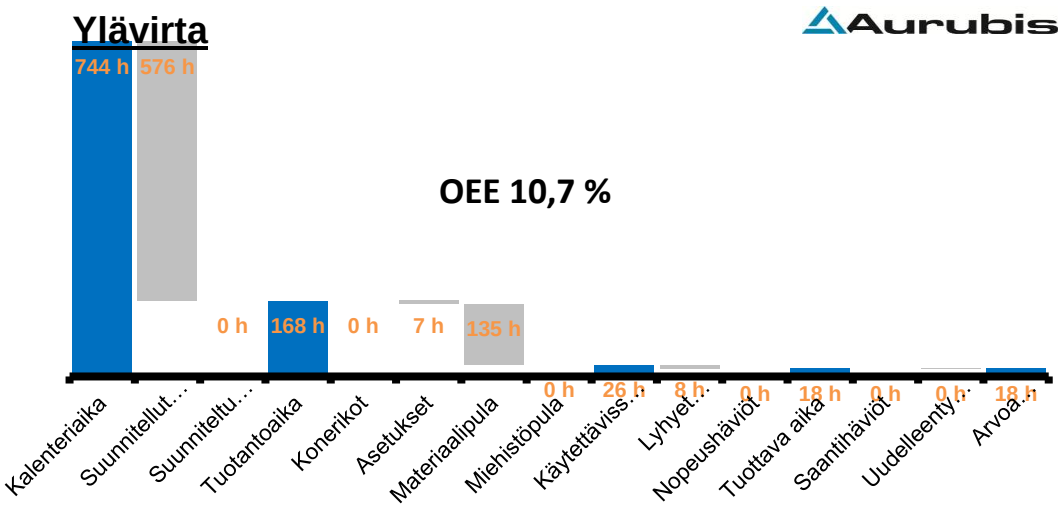
Kaavio 4. Ylävirran trukin linjakohtainen ajankäyttö yhden kuukauden aikana (Aurubis Finland Oy:n kuukauden tuottavuusraportti).

Ylävirran suurimpia työllistäjiä ovat romukuljetukset ja oheistoimet. Romukuljetukset vievät aikaa, sillä romunkäsittelypiste sijaitsee valssaamon toisessa päädyssä suhteessa ylävirran toimialueeseen. Oheistoimet korostuvat kuvaajassa, koska kuljettaja hoitaa lastulavojen tyhjennystä ja laattojen siirtoa oikaistavaksi.

Kuvaajia tarkasteltaessa on huomioitava, että ylävirta käy yhdessä, tahdistin viidessä ja alavirta kolmessa vuorossa.

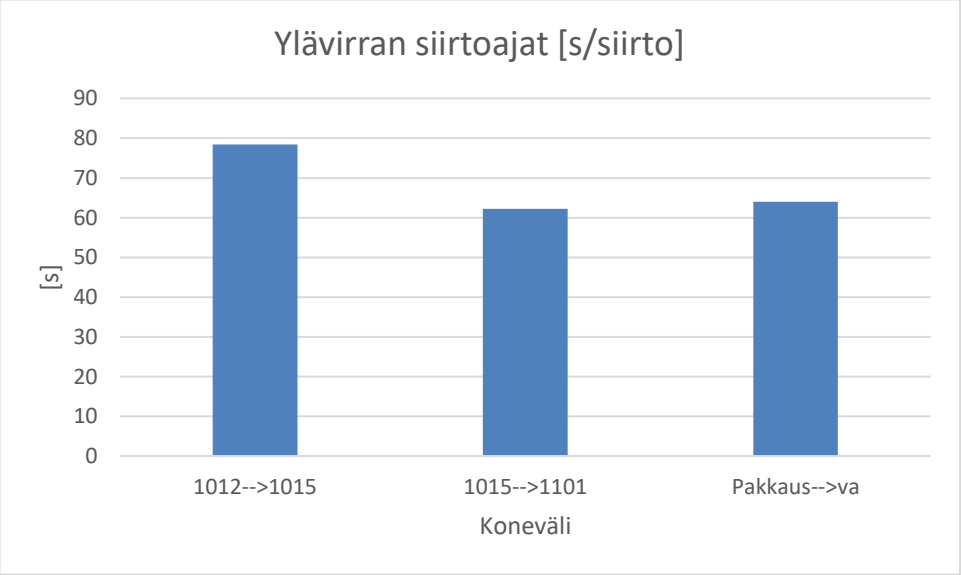
3.4 Analyysi

Vastapainotrukin etu tuotteen siirrossa on sen nopeissa ja joustavissa liikkeissä suhteessa siltanosturiin. Trukin epäedulliset käyttöominaisuudet ilmenevät rullien varastoinnin tuottamissa ongelmissa, kun kuparirullien varastointi tapahtuu varastokiskoille. Ongelma ratkaistaan tyypillisesti siltanosturia hyödyntämällä, jolloin varastokiskojen alueelle jää vaikeasti hyödynnettävä tila. Tilan käyttöönottamiseksi, kisko on joko tyhjennettävä tilaan asti trukilla tai täytettävä nosturia hyödyntäen. Ensimmäinen vaihtoehto on tyypillisin, mutta aikaa kuluttavin. Tuotteiden epäjärjestys voi johtua esimerkiksi tiedotuksen puutteesta, jolloin trukkikuskilla ei ole koneenkäyttäjän kanssa viestiyhteyttä tuotantokoneella lähiaikoina ajettavista tuotteista. Tuotteiden tehoton edestakaisin siirtely on yksi trukkityöskentelyn suurimpia aikaa kuluttavia tekijöitä. Tuotteen ylimääräiset siirrot voidaan laskea OEE-luvussa materiaalipulaan kuluvaksi ajaksi.

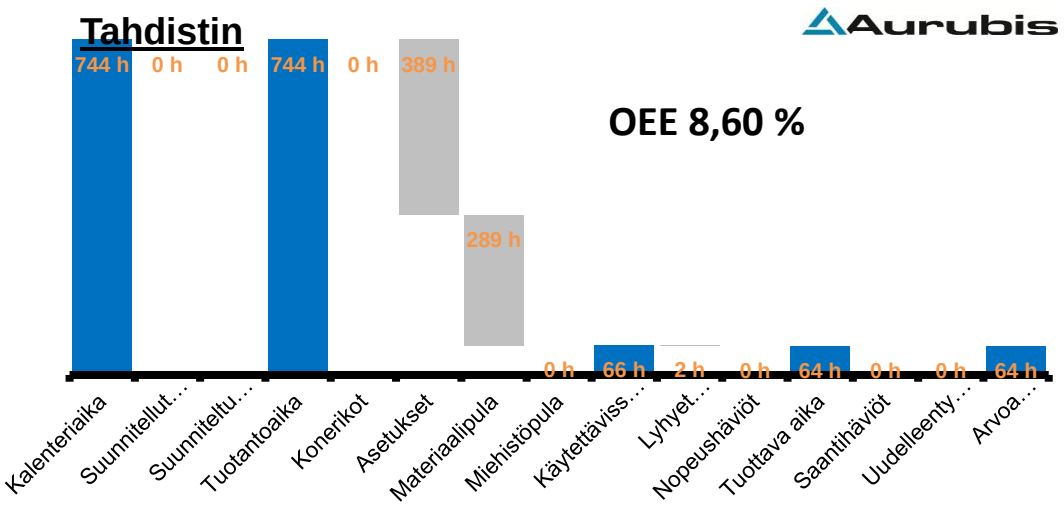


Kaavio 2. Ylävirran OEE.

Ylävirta käy vain yhdessä vuorossa. Tällöin tuotantoaika on 168 tuntia operaattoria kohden. Alueen OEE on korkea, koska linjojen väliset etäisyydet ovat kohtuullisia ja alueen toiminnot voi suorittaa virtaustyyppisesti, sillä siirtoaikojen välillä ei ole paljon poikkeavuuksia. Asetukset kuvaavaa aikaa, jolloin trukki ei ole käynnissä. Tämä aika muodostuu trukin esimerkiksi tankkaamiseen, noston odottamiseen ja taukoihin kuluvasta ajasta. Materiaalipula ja lyhyet pysähdykset kuvaavat aikaa, jolloin linjat eivät syötä trukille kuljetettavaa, näin trukki on käynnissä mutta ei teoriassa kuljeta mitään. Tämä aiheutuu tarkastuskäynneistä eri linjojen välillä ja ajasta, joka kuluu toimintaalueelle palaamiseen esimerkiksi tankkauksesta tai romujen käsittelyalueelta. Todellisuudessa aika kuluu myös varastoalueiden järjestelyyn.

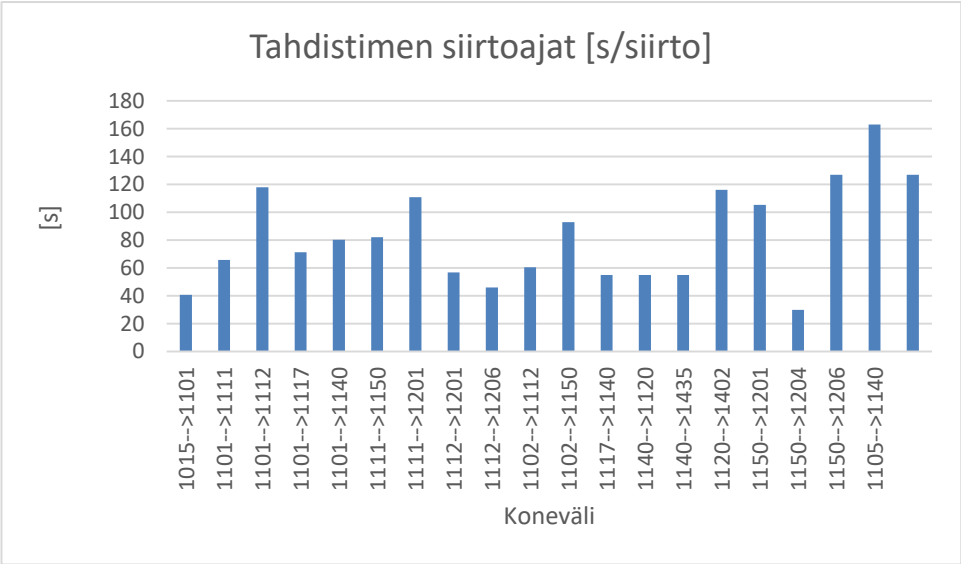


Kaavio 7. Ylävirran siirtoajat. Siirtoaikojen välillä ei ole juurikaan vaihtelua.

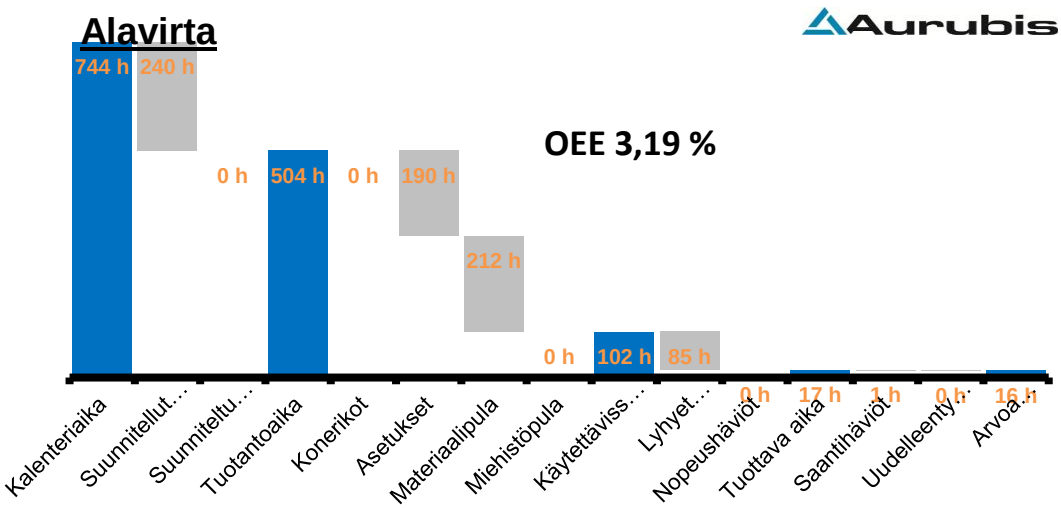


Kaavio 3. Tahdistimen OEE.

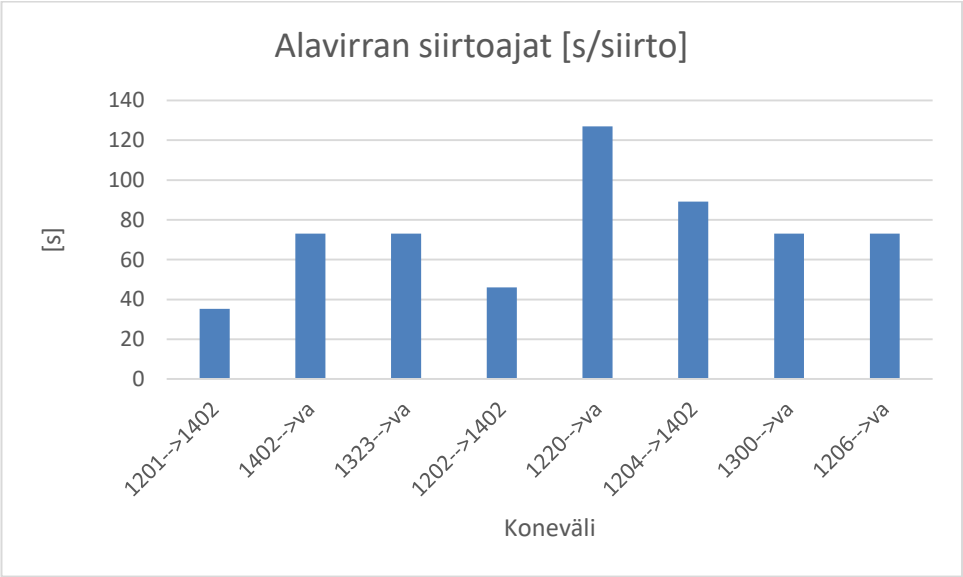
Tahdistimen trukki käy viidessä vuorossa. Tämä tarkoittaa, että tuotantoajaksi muodostuu 744 tuntia viittä operaattoria kohden, eli noin 149 tuntia operaattoria kohden. Kaikki tahdistimen tuotantolinjat eivät käy viidessä vuorossa, joten siirrettävien tuotteiden määrä vaihtelee tällä alueella voimakkaasti. Lisäksi etäisyydet linjojen välillä vaihtelevat ja tuotteiden käsittely sisältää useampia vaiheita, kuin edellisen alueen tuotteet, johtuen linjojen sijoittelusta.



Kaavio 6. Tahdistimen siirtoajat. Siirtoaikojen välillä on voimakasta vaihtelua.



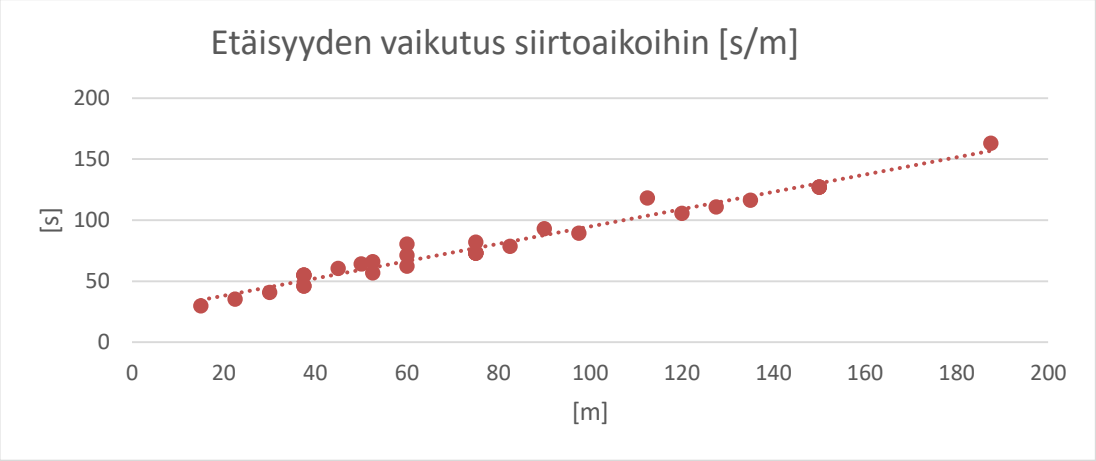
Kaavio 4. Alavirran OEE



Kaavio 5. Alavirran siirtoajat.

Prioriteettilinjat ja eniten trukin aikaa kuluttavat toimet näkyvät piikkeinä kuvaajassa. Kylmävalssi 1 ja 2, läpivetouuni 2 sekä viimeistelyvalssi ovat tahdistimen korkean prioriteetin linjoja. Kalvopakkauslinjalla on alavirran korkein prioriteetti. Kuumavalssilla on ylävirran korkein prioriteetti. Prioriteetit näkyvät trukin käyttämässä ajassa konetta kohden. Lisäksi paljon aikaa vieviä toimia ovat romu- ja lavakuljetukset.

Koneilta tulevien kupariromujen ainoa kuljetusväline on trukki. Romukuljetukset vievät paljon tuotantoon käytettävissä olevasta ajasta, koska romujen käsittelypisteet sijaitsevat kaukana tuotannosta. Leikkauspään trukilla on lyhyin matka romunkeräyspisteelle, kun taas kuumanpään trukilla on romuja kuljettaessa siirryttävä lähes koko valssaamon pituus saadakseen romut toimitettua romunkuljetukseen suunnattuun perävaunuun. Romujen epämääräisyydestä johtuen kuljettajan on kiinnitettävä erityistä huomiota perävaunun lastaamiseen, jotta romujen turvallinen siirtäminen valimoon on mahdollista. Romujen epäedullinen sijoittelu on aiheuttanut ja voi aiheuttaa vaaratilanteita, kuten pystyyn asetetun kapean nauhan putoamisen kuljetuksen aikana. Trukinkuljettajat siirtävät jokaisen tuotannosta tulevan romukuparinkappaleen jatkokäsiteltäväksi, joten ohjeistus romunkäsittelyyn on olennaista. OEE-luvussa romukäsittely voidaan laskea normaaliin työprosessiin kuuluvaksi. Epämääräisten kappaleiden lastaamiseen kuluva aika menee asetusaikoihin.



Kaavio 8. Etäisyyden vaikutus siirtoaikoihin

Valssaamossa käsitellään montaa eri kuparilaatua. Kuparilaadusta riippuen, romukupari kierrätetään joko Aurubiksen omassa valimossa tai myydään kyseistä laatua käsitteleville yrityksille. Aurubiksen oma valimo voi kierrättää DHP-, DLP-, HCP-, XLP-ja ETP-kuparit. OF-kuparit ja seosmetallit, kuten alumiini-ja tinapronssi sekä messingit kierrätetään pääosin toisissa yrityksissä.

Trukinkuljettajat lastaavat kierrätysromun vaihtolavoille ja traktorin perävaunuun. Romumetallin lajittelu vaatii kohtuullista tarkkuutta, sillä virheellinen lajittelu vaikeuttaa

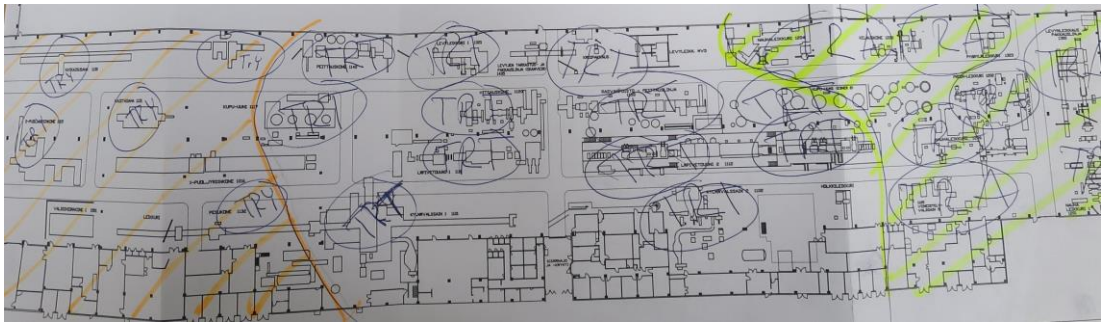
ja mahdollisesti jopa estää laadukkaan valanteen tuottamisen. Käytännössä kuparin lajittelu alkaa tuotantolinjalta, josta romu merkitään värikoodilla laadun tunnistamiseksi.

Trukinkuljettajan työskentelyalue muuttuu jatkuvasti. Työtä voidaan kutsua pakkotahtiseksi koneiden määrätessä työtahdin. Kuljettaja saa heikosti tietoa tuotantolinjojen työtilanteesta, joutuen näin mukautumaan oman arviointikykynsä mukaan linjojen muodostamaan rytmiin. Kuljettajan työ helpottuu, tuotantolinjan työntekijän ilmoittaessa ajettavista töistä. Tieto mahdollistaa kuljettajalle ajojen suunnittelun tehokkaasti ja turvallisesti. Ideaalitilanteessa kuljettajalla on mahdollisuus järjestää varastorullat tuotantolinjojen mukaiseen ajojärjestykseen.

4 TULOKSET

Kehitystyössä haettiin parannuksia tutkittujen prosessien tuottavuuteen, ergonomiaan ja turvallisuuteen.

Tuotantolinjojen lyhyitä pysähdyksiä johtuen trukin odottamisesta voidaan rajoittaa vastuualueiden uudelleen järjestelyllä. Näin tasataan vaiheiden työtaakkaa ja mahdollistetaan kuljettajalle aiempaa parempi toiminta-alueen hallinta. Käytännössä uusi toimintamalli kohdistuu tahdistimen ja alavirran trukkien työnjakoon. Alavirran toiminta-alueella sijaitseva viimeistelyvalssain siirrettiin alavirran vastuualueeseen. Muutos tasoitti tahdistimen ja alavirran työtaakkaa ja mahdollisti valssaimelta valmistuneiden tuotteiden rullaradan paremman seurannan ja tahdistimen alueen hitaammat ajonopeudet.



Kuva 8. Hahmotelma trukkien uusista toiminta-alueista

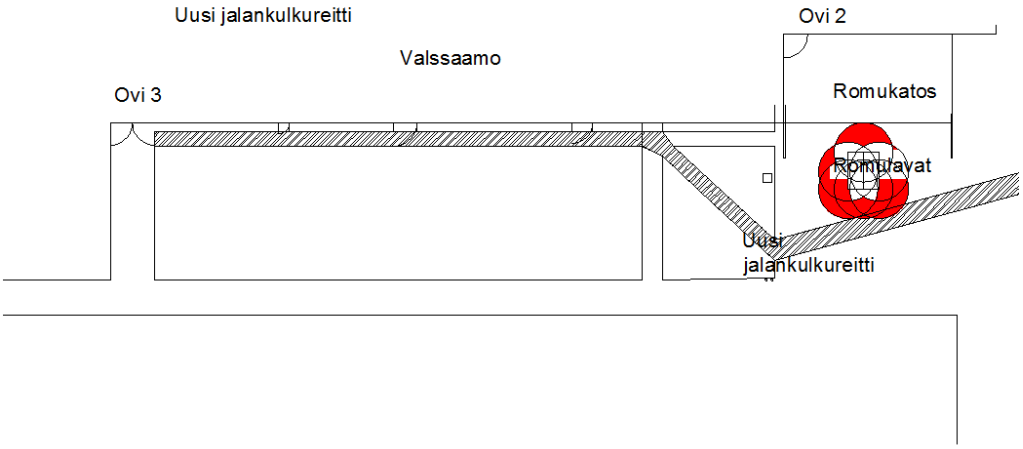
Nostojen ja laskujen lukumäärään ei voitu vaikuttaa investoinnin kannattavuuden heikkoudesta johtuen. Nostoja olisi voinut vähentää tuotantolinjojen rullakuljettimia uusimalla niin, että niillä olisi kyky kääntää kuparirulla 180°:tta.

Rullien varastokiskojen lisäämisestä oli päätetty jo ennen tämän opinnäytetyön tekemistä. Varastokiskoja oli päätetty lisätä. Tämä mahdollistaa tuotteen laskun mahdollisimman nopeasti.

Työohjeisiin lisättiin kupariromujen käsittelyohjeet, vastuualueiden kartat ja perustietoa toiminta-alueesta. Trukkien kunnossapidon kustannuksien todettiin vaativat jatkoselvityksiä.

Lisäksi lähetysvaraston järjestyksen ylläpitämiseen liittyviä toimia aloitettiin kartoittamaan. Ongelma ei ollut noussut esille aiemmissa keskusteluissa, koska lähetysvaraston hoito oli jaettu leikkauspään trukin ja kuorma-autojen lastaamisesta vastaavan alihankkijan välille.

Trukkien romukuljetukset aiheuttivat talvisin tapaturmia, joita pyritään jatkossa vähentämään uuden jalankulkureitin avulla. Uusi jalankulkureitti ei leikkaa trukkien toiminta-alueen kanssa.



Kuva 9. Ehdotelma uudeksi kävelyreitiksi

Lopputuloksena voidaan todeta että trukki hoitaa tuotantolinjojen syötön ja valmiin tuotteen siirron. Se ei ole asiakkaalle arvoa tuottava työkalu, mutta se mahdollistaa joustavan tuotannon, varastotilojen nopeat muutokset ja kupariromun turvallisen käsittelyn. Parhaimmillaan trukinkuljettaja takaa turvallisen työympäristön muuttuvissa olosuhteissa ja asiakkaan toiveiden mukaisen tuotteen asiakkaan toivomassa ajassa.

LÄHTEET

George, M., Rowlands, D., Price, M. & Maxey, J. 2005. The Lean Six Sigma Pocket Tool book. USA: The McGraw-Hill Companies Inc.

Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuottavuuden kehittäminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy

Ihanamäki, S. Valssaamon trukit tunnit. Vastaanottaja: Toropainen, A. Lähetetty 20.10.2010 klo 11.23 Viitattu 27.11.2016

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki M., Tiainen T., Tiilikka P. & Tuomikoski J. 2008. Konetekniikan Materiaalioppi. Helsinki: Edita Prima Oy

Mehrsai, A., Thoben, K. & Scholz-Reiter, B. 2014. Bridging lean to agile production logistics using autonomous carriers in pull flow. International Journal of Production Research. London: Taylor & Francis Group

Muchiri, P; Pintelon, L., 2008Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. London: Taylor & Francis Group

Tuottavuusraportti 2016. 2016. Pori: Aurubis Finland Oy

LIITE 1