

Opinnäytetyö  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio  
2015

Niko Lindström

# VANNETUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO

– ExxonMobil Finland Oy Ab



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2015 | 36

Ohjaaja Sakari Koivunen, Turun ammattikorkeakoulu

Niko Lindström

## VANNETUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli voiteluainetehtaalle hankitun automaattisen vannetuskoneen toimintaperiaatteen perusteellinen läpikäynti ja käyttöönotto tuotantokäyttöön. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli ExxonMobil Finland Oy Ab, jonka voiteluainetehtas sijaitsee Naantalissa.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa kuvataan, millainen prosessi on, johon vannetuskone hankittiin, ja mistä tarve koneen hankinnalle muodostui. Työssä selostetaan myös pääkohdat hankittavan koneen valinnasta. Työn teoriaosuudessa käsitellään valitun vannetuskoneen mekaaninen rakenne ja toimintaperiaate automaation näkökulmasta. Teoriaosuuden keskiössä on automaatio. Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa otettiin käyttöön vannetuskone.

Vannetuskoneen käyttöönotto sujui mutkattomasti, ja kone saatiin luovutettua tuotantokäyttöön suunnitellussa aikataulussa. Opinnäytetyön tavoite saavutettiin. Seuraaviksi kehityskohteiksi ehdotettiin lavaajajärjestelmän ohjauspainikkeiden monistamista ja valomajakan hankkimista vannetuskoneeseen.

ASIASANAT:

teollisuus, voiteluaineet, vannetuskone, automaatio, käyttöönotto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Machine Automation

2015 | 36

Instructor Sakari Koivunen, Turku University of Applied Sciences

Niko Lindström

## COMMISSIONING OF A STRAPPING MACHINE

The aim of this thesis was to perform the commissioning of a strapping machine that was acquired to a lubricant plant. The thesis was commissioned by ExxonMobil Finland Oy Ab, whose lubricant oil-blending plant is located in Naantali, Finland.

At the beginning of the thesis the process in which the strapping machine was acquired is presented. Also the need for a new machine and how it was chosen are described. In the theory section of the thesis, the mechanical structure and automation principle of the strapping machine are described. The focus of the theory is in the introduction of automation. The functional section of the thesis includes the commissioning.

The commissioning of the strapping machine succeeded well in a planned schedule and the strapping machine was allowed to be used in production. The aim of the thesis was achieved. In the last section some development targets are presented.

KEYWORDS:

industry, lubricants, strapping machine, automation, commissioning

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 YRITYSESITTELY</b>	<b>8</b>
<b>3 VANNETUSKONEEN VALINTA</b>	<b>9</b>
3.1 Vannetuskoneen tarve	9
3.2 Valinnan kriteerit	10
<b>4 VANNETUSKONE</b>	<b>12</b>
4.1 Koneen mekaaninen toimintaperiaate	12
4.2 Koneen rakenne	13
<b>5 VANNETUSKONEEN AUTOMAATIO</b>	<b>15</b>
5.1 Logiikkajärjestelmän rakenne	15
5.1.1 Ohjelmoitava logiikka ja laajennusmoduulit	15
5.1.2 Operointipaneeli	17
5.1.3 Optinen anturi	19
5.1.4 Induktiiviset anturit	19
5.1.5 Taajuusmuuttaja	20
5.2 Logiikoiden välinen tiedonsiirto	21
5.3 Vannetuskoneen logiikan ohjelma	22
5.3.1 Hätäseispiiri	22
5.3.2 Vannetuskehän sijainti	22
5.3.3 Lavan tuonti vannetukseen	24
5.3.4 Vannetussykli	25
<b>6 VANNETUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO</b>	<b>28</b>
6.1 Käyttöönoton valmistelu	28

6.1.1 Muutoksenhallinta	28
6.1.2 Vaikutus tuotantoon	28
6.1.3 Koneen vastaanotto	29
6.2 Turva-aitojen muutokset	29
6.3 Käyttöönotto	30
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>35</b>

## **KUVAT**

Kuva 1. Manuaalisesti vannetettu voiteluaineastialava.	10
Kuva 2. Strapex H40U-C -vannetuskone.	12
Kuva 3. Alumiiniprofiilinen vannetuskehä. Sinisten runkopalkkien välissä sijaitsee saumausyksikkö.	14
Kuva 4. Tyypillinen logiikkajärjestelmän rakenne (Bolton 2006, 3).	15
Kuva 5. Koneen ohjauksesta vastaa Siemensin Simatic S7-1200 -logiikka laajennusmoduuleineen.	17
Kuva 6. Vannetuskoneen Siemens Simatic KTP 600 -operointipaneeli (Siemens 2011).	18
Kuva 7. Välipiirillisen taajuusmuuttajan lohkokaavio (ABB 2000).	20
Kuva 8. Induktiivinen anturi yhdessä logiikan ohjelman laskurin kanssa seuraa akselin liikettä.	23
Kuva 9. Vannetuskehän kulmatuen yläosan liukuvara ympyröitynä.	24
Kuva 10. Syöttöpään rullia pyöritetään servomootoreilla.	26
Kuva 11. Vannetuskoneen layout-kuva. Punaisella on merkitty muutokset vanhaan järjestelmään.	29
Kuva 12. Turva-aidattu vannetuskone ja vannekelain. Ohjausyksikkö jäi ulkopuolelle.	30

## KÄYTETYT LYHENTEET

PET	Polyeteenitereftalaatti
PLC	Programmable Logic Controller
I/O	Input / output
PWM	Pulse-width modulation
MOC	Management of change

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on työn toimeksiantajan ExxonMobil Finland Oy Ab:n voiteluainetehtaalle Naantaliin hankitun vannetuskoneen käyttöönotto. Opinnäytetyössä kerrotaan koneen hankinnasta, esitellään hankittava kone mekaniikan ja erityisesti automaation näkökulmista ja suoritetaan hankitun vannetuskoneen asennus ja käyttöönotto yhdessä toimittajan kanssa.

Vannetuskone on todettu tarpeelliseksi 208 litran voiteluainepakkausten tuotantolinjan pakkausten lavauksen jälkeiseen vaiheeseen. Tavoitteena on koneellisesti vanna kuljetinta pitkin paikkaan tuotavan kuormalavan päälle lavatut neljä 208 litran voiteluaineastiaa 1–3 vanteella.

Suurimman tarpeen vannetuskoneen hankinnalle luo kuormansidonnan helpottaminen lastausvaiheessa ja valmistuotteiden kuljetusturvallisuus jatkokäsittelyssä.

## 2 YRITYSESITTELY

ExxonMobil Finland Oy Ab on osa Exxon Mobil Corporation -konsernia, joka on maailman suurin öljy- ja kaasualan pörssi-yhtiö. Tytäryhtiönä Suomessa toimivan ExxonMobil Finland Oy Ab:n päätoimiala on voiteluaineiden valmistus ja markkinointi. Yhtiö harjoittaa myös kemikaalituotekauppaa. (ExxonMobil 2014a.) Suuri osa ExxonMobilin suomen tuotannosta menee vientiin, muihin pohjoismaihin, Baltiaan ja etenkin Venäjälle. Yhtiön tunnetuin tuotemerkki on Formula 1 -kilpailuissa käytetty Mobil 1 (ExxonMobil 2014b).

Suomessa jo vuodesta 1906 toimineen ExxonMobil Finland Oy Ab:n liikevaihto vuonna 2014 oli 60,7 miljoonaa euroa, henkilöstömäärän ollessa 108 (Kauppalehti 2014). Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoon Leppävaarassa, ja voiteluainetuotanto Naantaliin vuonna 1957 perustetussa voiteluainetehtaassa (ExxonMobil 2014c). Naantalissa valmistetaan voiteluaineita sekoittamalla erityyppisiä raaka-aineita isommiksi valmistuote-eriksi. Naantalin tehtaassa suoritetaan myös valmistuotteiden täyttö pienpakkauksiin eli muovikanistereihin ja suurempiin teollisuuden käyttöön tuleviin tynnyreihin ja IBC-kontteihin.



## 3 VANNETUSKONEEN VALINTA

### 3.1 Vannetuskoneen tarve

Naantalin tehtaalle päätettiin hankkia automaattinen vannetuskone 208 litran tynnyrien täyttölinjalle. Tehtaan kaksi tynnyritäyttölinjaa on liitetty samaan lavaaja- ja kuljetinjärjestelmään, ja vannetuskone tulisi olemaan osa tätä järjestelmää. Vannetuskone tulisi sijoittamaan prosessissa lavauksen jälkeiseen vaiheeseen ennen valmistuotteen varastointia, lavaajan välittömään läheisyyteen.

Tarve voiteluaineastioiden (kuva 1.) vannettamiseksi muodostui ensisijaisesti valmistuotelavojen kuormansidonnin hankaluudesta. Tähän asti valmistuotelavat on lastattu autoihin astiat irtonaisina vain kuormalavan päälle nostettuina, yleensä kaksi kuormalavaa päällekkäin, jonka jälkeen valmis kuorma on sidottu autoon. Kuormalavojen päälle irtonaisina lavatut astiat ovat kuorman sidontaa tiukkaan kiristettäessä usein tuottaneet hankaluuksia liikkumalla. Kun valmistuotelavat aletaan vannettaa, kuorman sidonta tulee helpottumaan oleellisesti ja lastattu kuorma tulee olemaan huomattavasti turvallisempi kuljetettaessa.



Kuva 1. Manuaalisesti vannetettu voiteluaineastialava.

### 3.2 Valinnan kriteerit

Tarjous pyydettiin osana kuljetin- ja lavaajajärjestelmää toimivasta automaattisesta vannetuskoneesta. Toimituksen piti sisältää myös nykyiseen lavaaja-järjestelmään tarvittavien ensisijaisisten muutosten teko, joita olivat vaadittavat turva-aluemuutokset, turva-aita vannetuskoneen ympärille ja lavaajan poistokuljettimella olevan valoverhon siirto vannetuksen jälkeiseen vaiheeseen.

Koneen vaatimuksina olivat, että sen tulisi pystyä vannettamaan 1200 mm x 1200 mm kokoinen kuormalava, jonka suurin korkeus olisi 1500 mm. Tarkoitus oli käyttää ainoastaan muovivannetta, jotka ovat usein polyestereitä. Yleisin vannemateriaaleista on PET eli polyeteenitereftalaatti, joka on termoplastinen polyesteri (Nykänen 2010). Muovivanteessa on useita etuja metallivanteeseen verrattuna.

## Muovivanne

- on joustamaton ja todella luja
- ei löysty lämpötilanvaihteluista
- pystytään saumaamaan kuumasaumauksella ilman erillistä holkkia
- on merkittävästi edullisempi
- ei ruostu
- ei ole teräväreunainen
- ei vaurioita vannetettavaa tuotetta
- vannerulla on kevyempänä helpompi vaihtaa (FROMM Pakkaus 2009).

Saatujen tarjousten perusteella tehtiin päätös, että vannetuskone ja sen sähköistys ja ohjaus tilattiin eri toimittajilta. Suurin yksittäinen syy, joka johti toimituksen jakamiseen kahteen osaan, oli se, että ohjelmallisesta puolesta vastaava toimittaja oli työskennellyt jo aiemmin lavaajan ohjausjärjestelmän parissa.

Toinen toimittajista toimitti Strapex H40U-C -vannetuskoneen, erillisen vannekelaimen, koneen ohjausyksikön logiikoineen, koneen ympäröivät turva-aidat ja -oven, ja vastasi niiden fyysisestä asennuksesta. Toinen taas otti vastuulleen silloiseen lavaajajärjestelmään tehtävät ohjelmalliset muutokset, lavaajan valoverhon siirtämisen, vannetuskoneen sähköistämisen ja tiedonsiirron lavaajajärjestelmän logiikan ja vannetuskoneen ohjausyksikön logiikan välillä.

## 4 VANNETUSKONE

### 4.1 Koneen mekaaninen toimintaperiaate

Strapex H40U-C (kuva 2.) on automaattinen horisontaalinen vannetuskone, joka on asennettu kiinteäksi osaksi automaattista lavaaja- ja kuljetinjärjestelmää. Kone toimii itsenäisesti vannettaen kaikki lavaajan kuljetinta pitkin sille lähettämät kuormalavat. Jos mahdollisia virhetilanteita ei oteta huomioon, koneen käyttö vaatii operaattorilta ainoastaan vannerullan vaihtoa. Vannetus on poikkeustilanteessa mahdollista kytkeä myös kokonaan pois käytöstä.



Kuva 2. Strapex H40U-C -vannetuskone.

Kun lavaaja on asettanut tuotepakkaukset kuormalavalle, se antaa kuljettimelle käyntikäskyn. Kuormalavan saapuessa vannetusasemaan kuljetin pysähtyy, ja vannetuskone saa luvan aloittaa pakkausten vannetuksen. Kun vannetussykli on valmis, kone palaa perusasentoon. Tieto vannetuksen valmistumisesta ja koneen perusasentoon paluusta antaa kuljetinjärjestelmälle luvan kuljettimen käynnistämiseen ja vannetettu kuorma jatkaa matkaansa varastointiin.

Yksittäinen vannetussykli käytännössä tapahtuu niin, että saumausyksikkö syöttää vanteen katkaistu pää edellä vannetuskehässä olevaan kuiluun. Samanaikaisesti syöttöyksikkö syöttää lisää vannetta koneelle. Kun vanne kiertää koko kehän, saumausyksikkö tarttuu sen vapaaseen päähän ja kiristää syöttöyksikölle jatkuvan vanteen puolelta kehän vannetettavan kuorman ympärille. Lopuksi saumausyksikkö kuumasaumaa vanteen ja katkaisee sen syöttöyksikön puoleisesta päästä.

#### 4.2 Koneen rakenne

Koneessa on rakenneteräksisestä suorakaiteen muotoisesta putkesta hitsaamalla rakennettu runko, jonka varassa vaakatasossa oleva alumiiniprofiilinen vannetuskehä (kuva 3.) liikkuu pystysuunnassa. Vannetuskehän liike on toteutettu moottorilla, joka on kohtisuoraan kuljetinrataan nähden. Moottorin päässä on kulmavaihde ja kuljettimen suuntainen laakeroitu akseli, jonka molemmissa päissä on hammasrattaat. Koneen rungon pystypalkkeihin on kiinnitetty hammastangot, jota vasten akselin päihin kiinnitetty hammasrattaat liikuttavat kehräkonetta.



Kuva 3. Alumiiniprofiilinen vannetuskehä. Sinisten runkopalkkien välissä sijaitsee saumausyksikkö.

Vannetuskoneen runkopalkkien välissä, vannetuskehän yhteydessä, sijaitsee erillinen saumausyksikkö, jonka tehtäviä ovat vanteen syöttö, kiristys, saumaus ja katkaisu. Saumausyksikkö liikkuu paineilmasylinterin toimesta kiskoja pitkin kohtisuoraan vannetuskehään nähden. Tämä paineilmasylinteri on vannetuskoneen ainut paineilmakäyttöinen toimilaite.

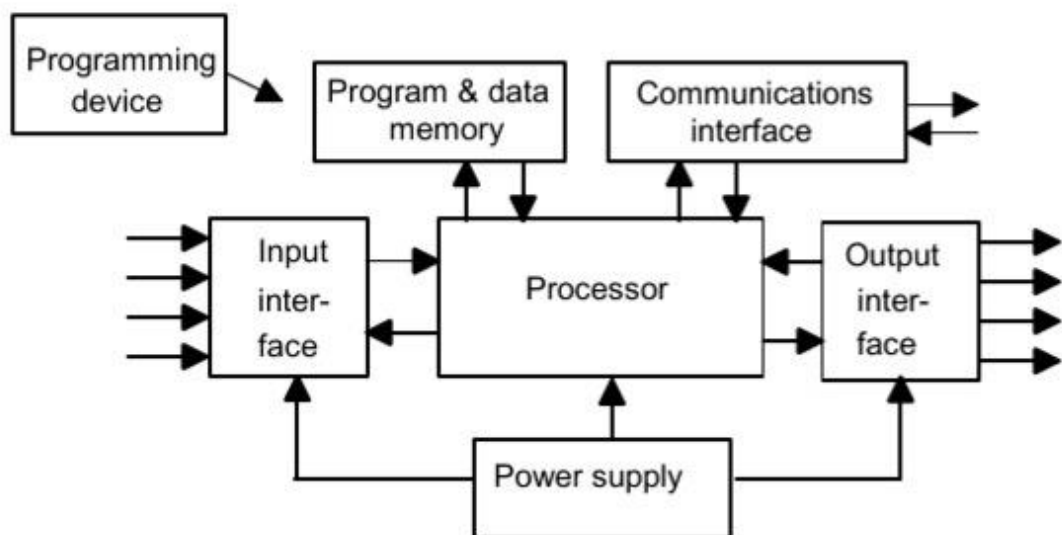
Koneen vakiovarusteena on erillinen vanteensyöttöyksikkö, johon vaihdettava vannerulla asennetaan. Vannerullan keskiössä on magneettijarrullinen akseli, joka on yksi apuväline syötettävän vanteen kireyden säätelyssä. Lisäksi kireyttä säädellään syöttöyksikön yhteyteen rakennetuilla pystysuunnassa liikkuvilla rullilla, joiden kautta koneelle menevä vanne kulkee. Syöttöyksikkö on varustettu vannerullan tyhjenemistunnistimella.

## 5 VANNETUSKONEEN AUTOMAATIO

### 5.1 Logiikkajärjestelmän rakenne

#### 5.1.1 Ohjelmoitava logiikka ja laajennusmoduulit

Tyypillinen logiikkajärjestelmä rakentuu seuraavista toiminnallisista komponenteista: prosessori, muisti, virtalähde, I/O-liitännät, tietoliikenne-liityntä ja erillinen ohjelmointilaite, jotka on kuvan 4 mukaisesti liitetty järjestelmäksi (Bolton 2006, 2–4).



Kuva 4. Tyypillinen logiikkajärjestelmän rakenne (Bolton 2006, 3).

Logiikan ulkoisista liitännöistä käytetään englanninkielisiä termejä "input" ja "output", joiden alkukirjaimista tulee lyhenne "I/O", nämä ovat suomen kielessä vakiintuneet termeiksi "tulo" ja "lähtö". Tuloja ja lähtöjä on kahdenlaisia, digitaalisia ja analogisia. Digitaalinen signaali perustuu binäärijärjestelmään, eli se on kaksivaiheinen. Se on joko kytkeytynyt päälle tai pois päältä, logiikassa tämä binääritieto vastaa arvoja 1 (päällä) ja 0 (pois päältä). Digitaalinen signaali on käytännössä useimmiten jänniteviesti, jonka jännite on 24 V DC. Toisin

sanoen, kun jännite on 24 V, signaali on kytkeytynyt päällä, ja kun jännite on 0 V, signaali vastaavasti on kytkeytynyt pois päältä. Logiikan ohjelmassa digitaalinen signaali on tarpeen mukaan mahdollista myös invertoida. Toisin sanoen päällä oleva signaali voidaan tulkita pois päältä olevaksi ja päinvastoin. (PLC I/O Devices 2013.)

Analogisella signaalilla on jatkuva arvo jollain tietyllä alueella, esimerkiksi jänniteviesti alueella 0–10 V DC. Tällöin logiikassa pystytään seuraamaan signaalin, eli tässä tapauksessa jännitteen, muutoksia tarkasti koko tällä alueella. (PLC I/O Devices 2013.) Kuvaava sovellus analogisen signaalin käytöstä on esimerkiksi logiikkaan liitetyn painemittarin mittausalue, jossa minimipaine vastaa 0 voltia ja mittausalueen maksimipaine 10 voltia. Koko painemittarin mittausalueelta saadaan näin lineaarisesta muuttuva analoginen jännitesignaali logiikalle, jota logiikka taas osaa hyödyntää paineen reaaliarvona logiikalle annetun ohjelman avulla.

Ohjelmoitavan logiikan tuloihin kytketään antureita, joilta saatavan signaalitiedon perusteella koneen toimintoja valvotaan. Logiikan lähtöihin taas kytketään ohjattavat toimilaitteet, jotka saadaan logiikan lähettämien ohjaussignaalien avulla tekemään mekaanista työtä. (Opetushallitus 2011.) Vannetuskoneen logiikkajärjestelmä perustuu antureiden antaman tiedon pohjalta tehtävään ohjaukseen, jota toteutetaan logiikan muistiin ladattavan ohjelman avulla.

Vannetuskoneen ohjauksesta vastaa ohjausyksikössä sijaitseva Siemen Simatic S7-1200 ohjelmoitava PLC-logiikka, jonka malli on CPU 1214C. Logiikka on kuvassa 5 toinen lohko vasemmalta.





Kuva 5. Koneen ohjauksesta vastaa Siemensin Simatic S7-1200 -logiikka laajennusmoduuleineen.

Siemens S7-1200 -sarjan logiikka tarjoaa joustavuutta ja tehoa useisiin eri automaation tarpeisiin. Laajennettavuutensa ansiosta sen ympärille pystytään rakentamaan kohtuullisen isojaakin järjestelmiä tai laitteistoja. S7-1200 -logiikassa on integroituna kaksi analogista ja 14 digitaalista tuloa ja 10 digitaalista lähtöä. Logiikan digitaalisignaalin jännite on 24 V DC. (Siemens 2010, 19–22.) Logiikkaan on liitetty neljä erilaista Simatic S7-1200 -sarjan laajennusmoduulia. CSM 1277 PROFINET -moduulin avulla vannetuskoneen logiikka yhdistetään ohjausyksikössä olevaan operointipaneeliin, tämä moduuli on kuvassa 5 vasemmanpuolimmaisina lohko. Lisäksi käytössä on kolme saman sarjan I/O-laajennusmoduulia logiikkajärjestelmän tulojen ja lähtöjen määrän lisäämiseksi.

### 5.1.2 Operointipaneeli

Vannetuskoneen ohjausyksikkö on varustettu Siemensin Simatic KTP 600 Basic PN -mallisella operointipaneelilla (kuva 6). Kuuden tuuman värillisen kosketusnäyttöpaneelin kautta koneen operaattorille esitetään yksinkertainen visuaalinen käyttöliittymä, jolla vannetuskonetta ohjataan. Paneelin kautta pystytään muuttamaan koneen normaalissa operoinnissa käytettäviä logiikan



kosketusnäytön avulla todella käyttäjäystävällisellä teach-in -toiminnolla. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että kone ajetaan käsiajolla kosketusnäytöltä ohjaten haluttuun vannetuskorkeuteen, ja näin kerrotaan korkeus logiikalle, joka tallentaa sen vannetussyklin logiikan ohjelman parametreihin.

### 5.1.3 Optinen anturi

Optinen anturi perustuu valonsäteeseen ja tunnistettavan kappaleen siihen aiheuttamien muutosten tarkasteluun. Yleisesti käytetään infrapunavalon aallonpituuksia. Toimintaperiaatteen perusteella jaoteltuna yksinkertaisia optisia antureita on kolmen tyyppisiä. Kohteesta tunnistava optinen anturi sisältää sekä lähettimen että vastaanottimen ja kytkeytyy kohteen heijastaessa valonsäteen tai osan siitä takaisin vastaanottimeen. Heijastimesta tunnistava optinen anturi sisältää myös lähettimen ja vastaanottimen, mutta vaatii vastapuolelle heijastimen. Se kytkeytyy valonsäteen katketessa. Optinen anturi voi olla myös erillinen lähetin ja vastaanotin -pari, joka asetetaan vastakkain, ja anturi kytkeytyy, kun kohde katkaisee valonsäteen. (Vishay 2006.) Tämä on vaihtoehtoja varmatoimisin, mutta vaatii molemmille komponenteille oman kaapeloinnin (Hemomatik 2015).

Vannetuskoneen kuljetinjärjestelmän lavapaikoitus on toteutettu käyttämällä kohteesta tunnistavia optisia antureita, jotka on liitetty lavaajajärjestelmän logiikan tuloihin. Jokaisen lavapaikan kohdalle kuljetinradan rullien väliin on sijoitettu optinen anturi, jonka kytkeytymistietojen perusteella logiikka pystyy ohjaamaan kuljetinrataa pyörittäviä moottoreita. Antureiden tietojen perusteella logiikka myös tietää radalla olevien lavojen määrän ja sijainnit.

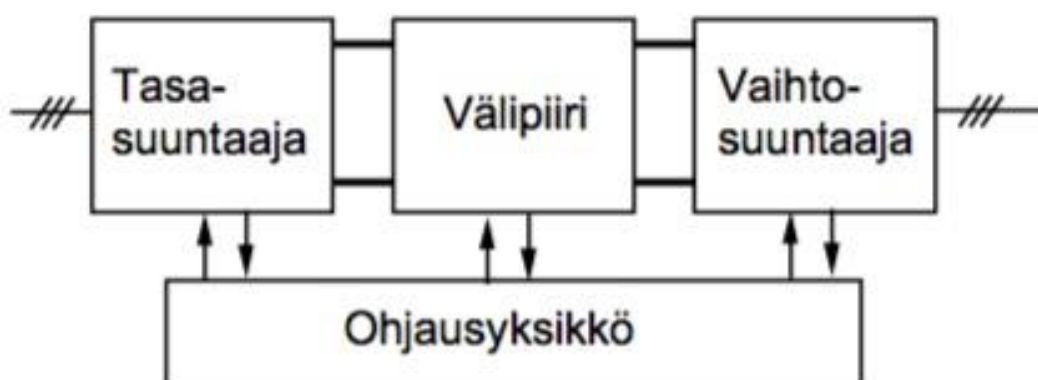
### 5.1.4 Induktiiviset anturit

Induktiivinen anturi kytkeytyy metallin lähestyessä anturin havaintoaluetta. Anturi toimii ilman fyysistä kosketusta mitattavan kohteen kanssa. Toiminta perustuu anturin pään eteen oskilaattoriipiirillä muodostettavaan magneettikenttään, jonka

virrasta osa indusoituu anturia lähestyvään metalliin. Tämä induktanssin anturiin aiheuttama värähtelytaajuuden muutos kytkee induktiivisen anturin. (OEM Automatic 2015.) Vannetuskoneen osien liikkeen seuranta on toteutettu eri tavoin logiikan tuloihin kytkettyjen induktiivisten anturien avulla. Niiden logiikalle antama signaali on anturi kytkettynä 1 ja kytkemättömänä 0, tätä tietoa hyödynnetään logiikan ohjelmassa.

### 5.1.5 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajalla pystytään säätämään moottorin ohjausjännitteen taajuutta, joka mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden portaattoman säädön. Oikosulkumoottorin ohjauksessa käytettävä taajuusmuuttaja muodostuu kuvan 7 mukaisesti neljästä osasta. (ABB 2000.)



Kuva 7. Välipiirillisen taajuusmuuttajan lohkokkaavio (ABB 2000).

Virransyötön puolella taajuusmuuttajan ensimmäinen osa on tasasuuntaaja. Välipiirissä sen syöttämä tasajännite suodatetaan LC-alipäästösuodattimella tai muutetaan tasavirraksi tasoituskuristimella. Kolmas osa on vaihtosuuntaaja, joka tekee tasasähköstä halutun taajuista vaihtosähköä. Neljäs osa eli ohjausyksikkö ohjaa taajuusmuuttajan toimintaa. (ABB 2000.)

Välipiirin rakenteeseen perustuen taajuusmuuttajat jaetaan kahden tyyliin. Jos välivirtapiiri on pelkkä tasoituskuristin, kutsutaan taajuusmuuttajaa tasavirtavälipiirillä varustetuksi. Jos välipiirissä taas on LC-alipäästösuodatin, kutsutaan taajuusmuuttajaa tasajännitevälipiirillä varustetuksi. Tasajännitevälipiirillä varustetuissa taajuusmuuttajissa ulos tulevan jännitteen taajuutta säädetään joko välipiirin jännitettä säätämällä, tai ulos tulevaa jännitettä pulssileveysmoduloimalla, eli muuttamalla jännitteen pulssikuviota. Jälkimmäisestä taajuusmuuttajatyypistä käytetään nimitystä PWM-taajuusmuuttaja (engl. pulse-width modulation). PWM-taajuusmuuttaja on yleisimmin käytössä oleva taajuusmuuttajatyypä. (ABB 2000.)

Vannetuskoneen kehää liikuttavan oikosulkumoottorin taajuutta säädetään ohjausyksikössä sijaitsevalla Siemens Sinamics -mallisella PWM-taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan ohjaus tapahtuu ulkoisesti, vannetuskoneen logiikan tulojen ja lähtöjen kautta. Ohjauksen toimiminen edellyttää, että ohjattavan moottorin tiedot on syötetty taajuusmuuttajan parametreihin tarkasti.

## 5.2 Logiikoiden välinen tiedonsiirto

Vannetuskoneen logiikan ja lavaajajärjestelmän logiikan välillä tarvitaan tiedonsiirtoa, koska lavaajajärjestelmä ohjaa kuljetinta ja koneet ovat saman turva-alueen sisällä. Tiedonsiirto on toteutettu yksinkertaisesti kytkemällä johtimia logiikoiden tulojen ja lähtöjen välille. Tätä tarkoitusta varten logiikat olisi voitu liittää yhteen myös käyttämällä jotain kenttäväylää, mutta vannetuskoneen vaatima tiedonsiirto on ainoastaan on / off -tyyppistä, joten suorat I/O-kytkennät ovat riittäviä.

Vannetuskoneen logiikan tuloihin on kytketty lavaajajärjestelmän logiikan lähdoistä seuraavat signaalit:

- vannetuksen käynnistyslupa
- vahvistus: kuljetin ei liiku
- ulkopuolinen hätäseis: aktivoitu

- ulkopuolinen turvalaite: kuitattu (valoverho)

Vastaavasti vannetuskoneen lähdöistä lavaajajärjestelmän tuloihin kulkee signaalit:

- vannetus suoritettu
- kuljetin saa liikkua
- vannetuskoneen hätäseis: aktivoitu

### 5.3 Vannetuskoneen logiikan ohjelma

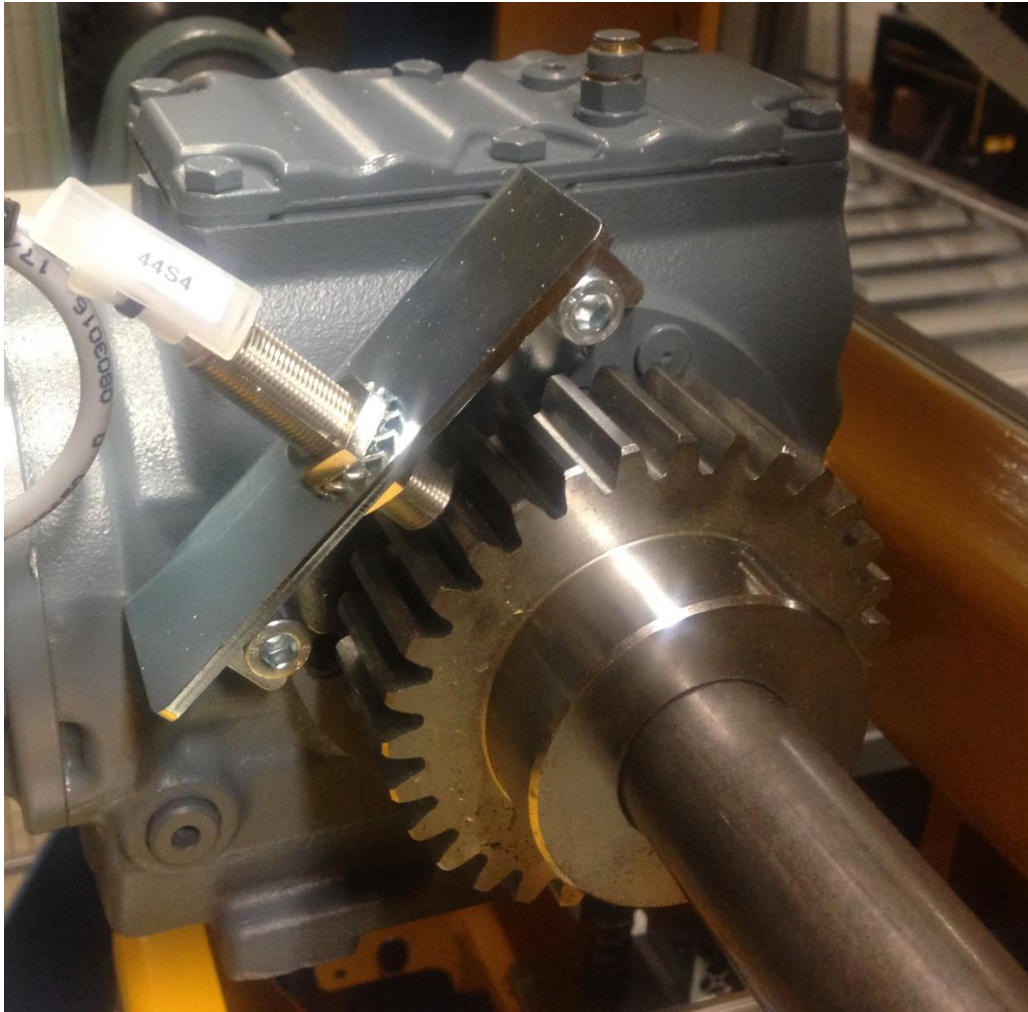
#### 5.3.1 Hätäseispiiri

Standardissa SFS-EN ISO 13850:2008 ”esitetään koneen hätäpysäytystoimintoa koskevat toiminnalliset vaatimukset ja suunnitteluperiaatteet riippumatta siitä, millä energiamuodolla kyseistä toimintoa ohjataan” (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2008). Vannetuskoneen tulee siis luonnollisesti myös täyttää tämän standardin hätäpysäytystoiminnolle asettamat koneturvallisuusvaatimukset.

Kaikki vannetuskoneen logiikan ohjelmalohkot on rakennettu niin, että lavaajajärjestelmän tai vannetuskoneen hätäseis-tiedon, tai lavaajan valoverho - tiedon kytkeytyminen katkaisevat toimilaitteiden tehonsyötön välittömästi ja pysäyttävät koneen toiminnan.

#### 5.3.2 Vannetuskehän sijainti

Vannetuskehän sijainnin seuranta on toteutettu akselissa olevan metallisen hammasrattaan pyörimistä seuraavan induktiivisen anturin avulla (Kuva 8). Anturi kytkeytyy hampaan kohdalla ja vapautuu hampaiden välissä. Akselin pyöriessä logiikan ohjelmaan tehty laskuri laskee, kuinka monta kertaa anturin lähettämä signaalin tieto muuttuu nollan ja yhden välillä ja tietää näin tarkalleen kuinka paljon akseli on pyörinyt ja tätä kautta myös vannetuskehän sijainnin.



Kuva 8. Induktiivinen anturi yhdessä logiikan ohjelman laskurin kanssa seuraa akselin liikettä.

Myös kehän ääriasennoissa sekä ylhäällä että alhaalla on induktiiviset anturit, joiden tarkoitus on etenkin hammasrattaan seurannan vikaantuessa estää törmäys. Näiden anturien kytkeytyminen on logiikan ohjelmassa määritetty katkaisemaan kehää liikuttavan oikosulkumoottorin käyttöjännite. Yläpäässä oleva anturi antaa kytkeytyessään logiikalle myös tiedon, että vannetuskehä on peruasennossa. Koneen toimintaperiaatteesta johtuen logiikalla ei ole missään vaiheessa absoluuttisen varmaa tietoa siitä, että kuljettimelle paikoitettu kuorma ei ole alas laskevan vannetuskehän liikeradalla. Tästä johtuen kehän kulmatuentoihin on rakennettu liukuvara ylöspäin suuntautuvalla liikkeelle (kuva

9), jotta mahdollisessa törmäystilanteessa kehä joustaa liitoksistaan ja välttyään vakavilta vaurioilta. Myös kulmatuentaan on liitetty induktiivinen anturi, joka kytkeytyessään katkaisee moottorin ohjausjännitteen.



Kuva 9. Vannetuskehän kulmatuen yläosan liukuvara ympyröitynä.

### 5.3.3 Lavan tuonti vannetukseen

Lavaajajärjestelmä ajaa lavaajalta poistunutta kuormaa kuljetinta pitkin kohti vannetuskonetta. Kun kuorma saapuu vannetuskoneen kohdalle asennetun optisen anturin havaintoalueelle, tämän anturin kytkeytymissignaali välittyy lavaajan logiikalle ja se katkaisee kuljetinta liikuttavan ohjelmasekvenssin, eli kuljetinta pyörittävä moottori pysähtyy. Samalla lavaajan logiikan ”vannetuksen käynnistyslupa” -lähtö aktivoituu ja lähettää signaalin vannetuskoneen logiikan tuloon. Lavaajan logiikan toisesta lähdöstä lähtee signaali ”kuljetin on seis”, joka



on vain varmistustieto kuljettimen moottorin pysähtymisestä. Kun vannetuskoneen logiikalla näiden kahden lavaajajärjestelmältä tulleen tiedon lisäksi on tieto, että itse vannetuskone on perusasennossa, se käynnistää vannetussyklin ohjelman.

#### 5.3.4 Vannetussykli

Vannetussykli koostuu yksinkertaistettuna kehän laskeutumisesta vannetuskorkeuteen, kuorman vannetuksesta, vanteen saumauksesta ja katkaisusta, uuden vanteen syötöstä vannetuskehälle ja kehän palautumisesta perusasentoon. Vannetussyklin käynnistyminen edellyttää lavaajajärjestelmän logiikalta vannetuslupa- ja kuljetin seis -signaalitietoja. Kun vannetussykli on valmis ja vannetuskone palannut perusasentoon, vastaavasti lavaajajärjestelmän logiikalle päin lähtee vannetus suoritettu- ja kuljetin saa liikkua -signaalitiedot.

Vannekelaimelta vannetuskoneelle syötettävä vanne kulkee saumaussyksikköön syöttöpään läpi, jossa on kaksi kitkapintaista rullaa. Molempia rullia pyöritetään hihnavälitteisesti 24 voltin tasavirtaisilla servomooottoreilla, jotka on kytketty vannetuskoneen logiikan lähtöihin (Kuva 10). Syöttöpään rullat vastaavat sekä vanteen syötöstä vannetuskehälle, että sen kiristämisestä vannetuksen yhteydessä. Vannetussyklin alkaessa vanne tulee olla syötettynä valmiiksi vannetuskehälle.



Kuva 10. Syöttöpään rullia pyöritetään servomootoreilla.

Vannetussyklin käynnistyessä vannetuskehä liikkuu taajuusmuuttajaohjatun oikosulkumootorin avulla logiikalle opetettuun vannetuskorkeuteen. Tarvittavan moottorin pyörimismäärän laskenta tapahtuu logiikan ohjelmassa olevalla laskurilla (ks. luku 5.3.2). Seuraavaksi syöttöpään rullia kovalla nopeudella taaksepäin pyörittämällä kehälle syötetty vanne kiristetään vannetettavan kuorman ympärille. Logiikan ohjelma säättää vanteen kireyden halutuksi servo-ohjatun potentiometrin avulla. Saumausyksikkö suorittaa kiristetyn vanteen saumauksen ja katkaisun. Saumaus tapahtuu muovivannetta vastuslevyllä kuumentamalla ja samalla puristamalla vanteita vastakkain. Myös vastuksen ohjaussignaali tulee logiikan lähdöstä. Kun vanne on saumattu, kone katkaisee sen. Välittömästi vanteen katkaisun jälkeen syöttöpään rullat syöttävät vanteen uudelleen vannetuskehälle, jolloin kone on valmis uuteen vannetukseen. Jos suoritettavassa vannetusohjelmassa on opetettuna vain yksi vannetuskorkeus, tässä vaiheessa vannetuskehä palaa perusasentoon ja vannetussykli on päättynyt. Kuljetin lähtee liikkeelle, ja kone on valmis uuteen vannetussykliin.

Saumausvastuksen lämpötilaa on mahdollista säätää operointipaneelista prosenteissa välillä 0–100 %. Saumaustemperatura vaikuttaa oleellisesti vanteen lopputulokseen. Liian kylmällä tai liian kuumalla lämpötilalla saumattu liitos ei muodostu yhtä vahvaksi kuin optimaalisella lämpötilalla saumattu. Myös vanteen kireyden säätö löytyy operointipaneelista. Prosentit vastaavat säätöalueelta 0–100 % kiristysmomenteja lineaarisesti väliltä 200 Nm – 2200 Nm.

## 6 VANNETUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO

### 6.1 Käyttöönnoton valmistelu

#### 6.1.1 Muutoksenhallinta

ExxonMobilissa on yhtiön ohjeen mukaan käytettävä Management of change -järjestelmää (MOC), kun jokin olosuhde on muuttumassa. Muutokset esimerkiksi toimintamalleissa, prosesseissa, käytettävissä standardeissa, fasiliiteeteissa, henkilöstössä tai kunnossapitotehtävissä arvioidaan, ja varmistetaan, että niiden mukanaan tuomat turvallisuus-, terveys-, ja ympäristöriskit ovat hyväksyttävällä tasolla. MOC-järjestelmän päätavoite on estää kaikki muutokseen liittyvät tapaturmat ja onnettomuudet. (ExxonMobil 2014d.) Sivutavoite on tiedottaa henkilöstöä muutoksesta. Muutoksen tiedoilla täytettyyn MOC-lomakkeeseen kerätään niiden ihmisten allekirjoitus, joita tulossa oleva muutos koskettaa.

Yhtiön Management of change -prosessi käynnistettiin tämän muutoksen osalta samaan aikaan, kun vannetuskoneen asennusta alettiin valmistella. Tässä yhteydessä koettiin tarpeelliseksi esitellä MOC-lomake tehtaanjohtajalle, tuotantopäällikölle, tuotannonsuunnittelun esimiehelle ja kunnossapitopäällikölle.

#### 6.1.2 Vaikutus tuotantoon

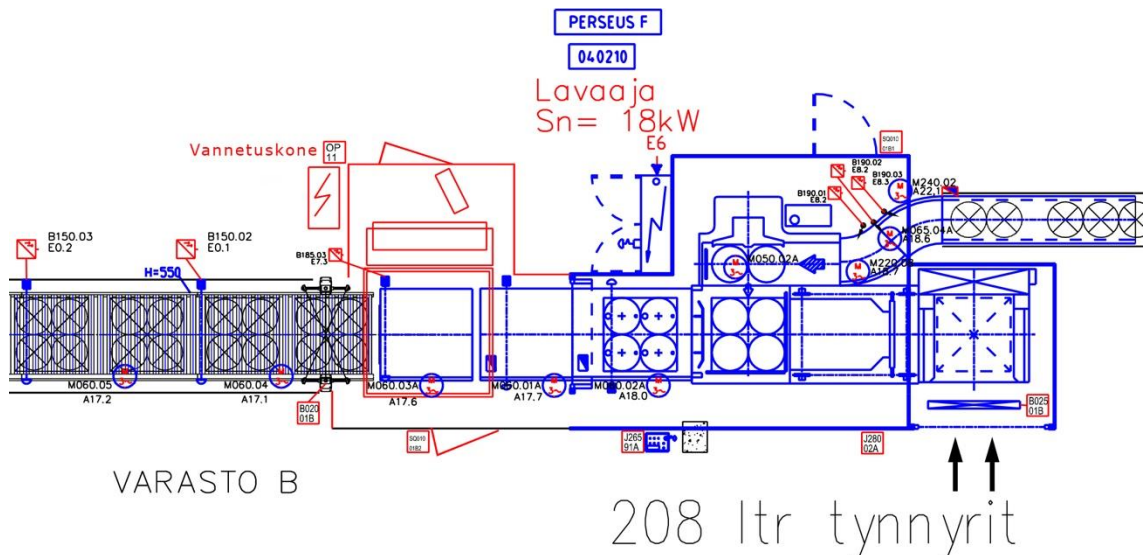
Koneen käyttöönotto edellytti molempien 208 litran täyttölinjojen tuotantokatkosta, koska ne on yhdistetty samaan lavaaja- ja kuljetinjärjestelmään. Käyttöönnoton vaikutuksesta tuotantoon keskusteltiin tuotannon edustajan kanssa jo vannetuskoneen käyttöönottoajankohtaa sovittaessa, jotta haitta saataisiin minimoitua. Työ saatiinkin sovittua joustavasti tuotannon ja urakoitsijoiden kanssa niin, että täyttölinjojen muita huoltoja pystyttiin suorittamaan samana ajankohtana.

### 6.1.3 Koneen vastaanotto

Vannetuskone ja sen ohjausyksikkö vastaanotettiin tehtaalle noin kaksi viikkoa ennen käyttöönoton alkua. Kuorman purun jälkeen koneelle suoritettiin oman henkilöstön toimesta visuaalinen vastaanottotarkastus, jossa todettiin, ettei kone ollut kärsinyt kuljetusvahinkoja. Samalla varmistettiin, että kuorman sisältö vastasi tilattua kokoonpanoa.

### 6.2 Turva-aitojen muutokset

Lavaaja- ja kuljetinjärjestelmän turva-aitoja muutettiin ennen koneen käyttöönottoa kuvan 11 mukaisesti, koska myös vannetuskone oli saatava turvaaidan ympäröimäksi. Vannetuskone ja erillinen vannekelain asennettiin molemmat aidan sisäpuolelle, kuten kuvasta 12 näkyy ja koneen ohjausyksikkö operointipaneeleineen jäi luonnollisesti aidan ulkopuolelle. Turvaoven avaaminen aiheuttaa vannetuskoneen ja lavaajan toiminnan pysähtymisen.



Kuva 11. Vannetuskoneen layout-kuva. Punaisella on merkitty muutokset vanhaan järjestelmään.



Kuva 12. Turva-aidattu vannetuskone ja vannekelain. Ohjausyksikkö jäi ulkopuolelle.

### 6.3 Käyttöönotto

Koska oltiin käyttööntamassa ulkopuolisen tahon toimittamaa muualla rakennettua konetta, käyttöönotto aloitettiin käymällä läpi koneen sisäiset kytkennät. Sähkökuvien avulla käytiin läpi kaapeloinnit pikaisesti. Moottoreiden jännitesyötöt oikosulkumitattiin yleismittarilla varmuuden vuoksi, jotta voitiin varmistua niiden kytkentöjen oikeellisuudesta. Vannetuskoneen pääsyöttö oli kaapeloitu koneelle tilaajan toimesta. Sen todettiin olevan oikein kytketty, tässä vaiheessa turvakytkin tietysti vielä 0-asennossa.

Kaapelointi lavaajajärjestelmän ja vannetuskoneen logiikoiden välille oli toteutettu aiemmin laaditun suunnitelman mukaan. Käyttöönoton yhteydessä varmistettiin vielä oikosulkumittaamalla, että kaapelit oli kytketty oikeiden logiikan tulojen ja lähtöjen välille. Lavaajajärjestelmän logiikan ohjelmaan oli tehty tarvittavat muutokset, ja uusi ohjelma ladattiin logiikan muistiin.

Kun kaikki kytkentöjen manuaaliset tarkastukset oli suoritettu, siirryttiin käyttöönoton seuraavaan vaiheeseen. Kytkettiin vannetuskoneen käyttöjännite ensimmäistä kertaa päälle. Samalla kytkettiin myös lavaajajärjestelmään virrat takaisin.

Vannetuskoneen ja lavaajajärjestelmän logiikat yhdistettiin vannetuskoneen käyttöönoton ajaksi ohjelmointitietokoneisiin, joilla logiikan ohjelman sisältöä pystytään tarkastelemaan ja muokkaamaan. Siemensin logiikoiden ohjelmointiin tarkoitettuna STEP 7 -ohjelmiston ja I/O-taulukon avulla tarkistettiin logiikan lähtöihin kytkettyjen anturien oikea toiminta. Käytännössä induktiivinen anturi pystytään tarkistamalla viemällä metallinen esine sen havaintoalueelle, jolloin STEP 7:n I/O-listassa logiikan anturiin kytketyn tulon digitaalisen signaalitiedon tulee vaihtua nolasta yhteen, tai päinvastoin.

Ohjelmointiohjelman avulla tarkistettiin myös, että logiikoiden välinen tiedonsiirto toimii suunnitellulla tavalla, ja kytkennät on tehty oikein. Se suoritettiin pakottamalla online-tilassa lavaajajärjestelmän logiikasta vannetuskoneen tuloihin kytketyt lähdöt yksi kerralla päälle. Vannetuskoneen puolelta tällöin pystyttiin ohjelmointikoneelta havaitsemaan logiikan tuloon tulevan signaalin kytkeytyminen päälle. Tämä tarkistus suoritettiin molempiin suuntiin koneiden välisessä tiedonsiirrossa käytössä olevien logiikoiden tulojen ja lähtöjen välillä.

Hätäseis-painikkeen kytkentä ja toiminta varmistettiin oikosulkumittaamalla johtimet ja ohjelmallisesti tarkastamalla kytkimen toiminta. Painikkeen oli tärkeää toimia jo tässä vaiheessa koeajovaiheen mahdollisten odottamattomien häiriötilanteiden varalta.

Käyttöönoton seuraava vaihe oli koeajon suorittaminen. Koeajo aloitettiin ajamalla käsin operointipaneelin käyttöliittymän avulla vannetuskoneen eri

toimintoja. Kokeiltiin ilman vanteutettavaa kuormaa vannetuskehän liikuttamista, vanteen syöttöä ja vannetussykliä. Vannetuskoneen kaikkien toimintojen todettiin tässä vaiheessa toimivan halutulla tavalla, joten voitiin siirtyä käyttöönotossa eteenpäin.

Vannetuskoneessa pidettiin tässä vaiheessa vielä käsiajo-moodi päällä. Lavaajajärjestelmä kytkettiin automaatti-moodiin. Kun täyttökone käynnistettiin, alkoi myös lavaaja lähettää valmistuotelavoja kohti vannetuskonetta. Vannetusaseman sijainnin määrittävän optisen anturin asentoa jouduttiin ensimmäisen lavan jälkeen korjaamaan, jotta se havaitsisi kuljettimella liikkuvan lavan varmemmin, ja lava pysähtyisi oikeaan vannetusasemaan. Toinen lava saatiin anturin asennon korjaamisen jälkeen automaatti-moodilla pysähtymään jo haluttuun vannetusasemaan.

Kun lava odotti vannetusasemaan pysähtyneenä vannetuskoneen toimintaa, mitään ei vielä käsiajo-moodista johtuen tapahtunut automaattisesti. Nyt oli mahdollista opettaa vannetuskoneen operointipaneelin kautta koneelle ensimmäinen vannetuskorkeus. Vannetuskehä ajettiin käsiajo-toiminnolla operointipaneelistä halutulle vannetuskorkeudelle, ja korkeus tallennettiin koneen Vannetusohjelma 1 -muistipaikalle. Korkeuden tallennuksen yhteydessä vannetuskone suoritti vannetussyklin ensimmäistä kertaa tynnyreiden ympärille. Vannetussyklin jälkeen kone palasi perusasentoon ja lähetti lavaajajärjestelmälle tiedon vannetuksen valmistumisesta. Lavaajajärjestelmä osasi näin lähettää vannetetun lavan eteenpäin kuljettimella.

Vannetuskoneelle oli nyt opetettu tynnyrilavan vanteutuskorkeus, joten seuraavaksi oli mahdollista kytkeä kone toimimaan automaatti-moodissa. Automaatti-moodissa vannetus toimi heti juuri kuten sen odotettiin toimivan. Koneen annettiin suorittaa muutamia ohjelmakiertoja ja samalla säädettiin kohdalleen vannetuksen kireyttä ja saumauslämpötilaa.

Käyttöönottoon sisältyi myös tuotannon ja kunnossapito-osaston operaattorien koulutus uuden koneen käyttöön.



Käyttöönotto viimeisteltiin käymällä koneen toimittajan kanssa läpi, että vannetuskoneen mukana toimitettu dokumentaatio vastasi sovittua. CE-merkintä ja muut tiedot löytyivät asiallisesti konekilvestä, käyttöohje oli vaadittavilta osin toimitettu suomen kielellä ja vaatimustenmukaisuusvakuutus, sähkö- ja piirikaaviot ja varaosalistat vastaanotettiin siististi mapitettuna. Tässä vaiheessa tilaaja varmistui, että kaikki sovitut dokumentaatiot luovutettiin koneen mukana tässä vaiheessa, ja kone voitiin vastaanottaa tuotantokäyttöön.

## 7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli Naantalin voiteluainetehtaalle, voiteluainetynnyreiden lavauksen jälkeiseen vaiheeseen, hankitun Strapex-merkkisen vannetuskoneen käyttöönotto. Käyttöönotto suoritettiin kahden eri toimittajan ja tilaajan edustajan yhteistyönä. Suurimmat haasteet etukäteen mietittynä olivat kahden ennestään tuntemattoman urakoitsijan yhteistyö, mutta tämä osoittautui käyttöönottovaiheessa turhaksi huoleksi. Urakoitsijat tulivat keskenään hyvin toimeen, ja molemmat olivat valmistautuneet tahollaan käyttöönottoon niin hyvin, että käytännön toteutus tapahtui todella sujuvasti.

Käyttöönotto sujui vannetuskoneen osalta todella hyvin ja mutkattomasti. Kone oli ulkoisia kytkentöjä lukuun ottamatta periaatteessa toimintavalmis paikalleen asennuksen jälkeen. Hieman haasteita kohdattiin koneen liittämässä vanhaan lavaajajärjestelmään, mutta ne saatiin ratkaistua kuitenkin suunnitellun käyttöönottoaikataulun mukaisesti.

Kehitysehdotuksia tämän projektin päättymisen jälkeen voisivat olla ensisijaisesti ainakin lavaajajärjestelmän käynnistys-, pysäytys- ja kuittauspainikkeiden tuplaaminen ja tuonti vannetuskoneen operointipaneelin läheisyyteen. Näin molempien järjestelmien käynnistäminen onnistuisi helposti samasta paikasta. Lisäksi vannetuskoneeseen olisi hyödyllistä saada toimintahäiriöistä vilkkuvalla valolla ilmoittava valomajakka, koska usein operaattori seuraa koneen toimintaa toisesta hallista kameran välityksellä. Jos lavaajan toimintaa kehitettäisiin niin, että se laskisi lavattavat tynnyrit, olisi mahdollista yksikertaisella toteutuksella saada vajaat lavat automaattisesti ohittamaan vannetus. Nykyisellään ohituksen kytkentä ajon loppuessa jää operaattorin vastuulle.

Kuljettimen optiset anturit ovat aika iäkkäät, ja niiden vaihtamista uudempiin kannattaisi radan toimintavarmuuden vuoksi harkita. Lavaaja- ja kuljetinjärjestelmään voisi myös suunnitella kehitettäväksi kuljettimien käsiajotoimintaa, nykyisellään kuljettimien käsiajo ei ole mahdollista.

## LÄHTEET

ABB 2000. TTT-käsikirja. Taajuusmuuttajakäytöt.

Bolton, W. 2006. Programmable logic controllers. Newnes.

ExxonMobil 2014a. Yhtiöstä. Viitattu 30.11.2014.  
<http://www.exxonmobil.fi/Finland-Finnish/PA/about.aspx>.

ExxonMobil 2014b. Tuotemerkit. Viitattu 30.11.2014.  
[http://www.exxonmobil.fi/Finland-Finnish/PA/about\\_who\\_brands.aspx](http://www.exxonmobil.fi/Finland-Finnish/PA/about_who_brands.aspx).

ExxonMobil 2014c. Voiteluainetehtas. Viitattu 30.11.2014.  
[http://www.exxonmobil.fi/Finland-Finnish/PA/about\\_what\\_lubes.aspx](http://www.exxonmobil.fi/Finland-Finnish/PA/about_what_lubes.aspx).

ExxonMobil 2014d. Safety procedures. Viitattu 7.12.2014.  
<http://www.trma.org/pdf/ExxonMobil/Section%2042B%20--%20Management%20of%20Change%20Procedure.pdf>.

FROMM Pakkaus 2009. Polyesterivanteet. Viitattu 15.11.2015. <http://www.frommpack.fi/naytatuote.php?tuoteid=102>.

Hemomatik 2015. Valokennot. Viitattu 22.11.2015. <http://www.hemomatik.fi/tuotteet/valokennot/>.

Kauppalehti 2014. ExxonMobil Finland Oy Ab:n tulos tuntuvassa laskussa liikevaihdon selvän laskun tahdittamana. Viitattu 3.11.2015.  
<http://app.kl.fi/5/i/yritykset/tulostiedote/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20150901/14413798001460&liikevaihtoluokka=&toimiala=&paikkakunta=>.

Nykänen, S. 2010. Termoplastiset polyesterit: Polyeteenitereftelaatti (PET) ja polybuteenitereftelaatti (PBT). Viitattu 8.11.2015  
[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PET\\_PBT\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PET_PBT_FI.pdf).

OEM Automatic 2015. Viitattu 14.11.2015.  
[http://util.oem.se/pdf/Induktiivisten\\_kytkimien\\_tekniset\\_tiedot\\_825472-305766.pdf](http://util.oem.se/pdf/Induktiivisten_kytkimien_tekniset_tiedot_825472-305766.pdf).

Opetushallitus 2011. Viitattu 10.11.2015.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a3\\_logiikkaohjausjarjestelma.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a3_logiikkaohjausjarjestelma.html).

PLC I/O Devices 2013. Viitattu 10.11.2015. <http://www.plctutor.com/plc-io-devices.html>.

Siemens 2010. Simatic S7-1200. Simatic controller. Nürnberg: Siemens AG.

Siemens 2011. Simatic HMI Panels. Viitattu 22.11.2015.  
[http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit/brochure\\_panels\\_en.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit/brochure_panels_en.pdf).

Siemens 2015. Profinet. Viitattu 19.11.2015.  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen\\_tiedonsiirto\\_esim\\_profinet/profinet.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm).

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2008. Tuotetiedot: SFS-EN ISO 13850. Viitattu 23.11.2015.  
<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=210590>.

Vishay 2006. Application of Optical Sensors. Viitattu 22.11.2015.  
<http://www.vishay.com/docs/81449/81449.pdf>.