

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Automaatio- ja prosessitekniikka

Niko Töyrylä

BIOMASSAN LÄMPÖKÄSITTELYPROSESSIN KOELAITTEEN AUTOMATI-  
SOINTI

Opinnäytetyö 2013

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Energiatekniikka

Töyrylä, Niko

Biomassan lämpökäsittelyprosessin koelaitteen automatisointi

Opinnäytetyö

49 sivua + 26 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Vesa Kankkunen

Toimeksiantaja

Biotuli tutkimushanke, KyAMK

Toukokuu 2013

Avainsanat

Automatisointi, PID, säätöpiiri, torrefiointi, käyttöliittymä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään biomassan lämpökäsittely-prosessin automatisointia. Prosessissa tutkitaan torrefiointin vaikutuksia biomassan ominaisuuksiin. Lämpökäsiteltyä biomassaa voidaan käyttää korvaamaan kivihiiltä kivihiilivoimalaitoksilla. Työn toimeksiantajana oli Kymenlaakson ammattikorkeakoulun BIOTULI tutkimushanke. Koelaitteiston suunnittelu ja rakentaminen perustuvat hankkeessa tehtyihin laboratorionkokeisiin. Koelaitte on prototyyppi, joka on rakennettu konttiin ja sen avulla on tarkoitus tutkia torrefiointi-prosessin toimintaa ja sen toimintamahdollisuuksia suuren mittakaavan laitoksena.

Työn tavoitteena on saada prosessilaitteisto toimimaan automaattisesti, jotta laitteistolla pystyttäisiin suorittamaan siltä vaadittuja tutkimustyössä tehtäviä testejä sekä toistamaan niitä. Tarkoituksena on saada prosessille tarkka lämpötilan säätö sekä helppo ja toimiva moottoreiden säätö. Pääpaino työssä on hakkeen tasaisella syötöllä ja lämpötilan hallinnalla.

Automatisointi on suoritettu pääasiallisesti jo olemassa olevalla laitteistolla ja ohjelmilla. Toteutus on tehty Siemens S7-1200 logiikkayksiköllä, jolla tarvittavat ohjaus, mittaus- ja säätöpiirit on voitu toteuttaa. Toteutus on tehty työn toimeksiantajan vaatimusten mukaisesti. Työn toteutuksessa on toiminut apuna myös alan kirjallisuus sekä projektissa mukana olleet henkilöt. Toteutusten toimivuutta testattiin vaiheittain halutun lopputuloksen varmistamiseksi.

Prosessilta vaaditut automatisoinnit ovat työssä onnistuneet riittävän hyvin, jotta laitteistolla on mahdollista tehdä siltä vaadittuja testejä. Laitteiston automatisointia olisi mahdollista lisätä, mahdollistaen vieläkin tarkemman lämpötilan hallinnan. Vaikkakin työssä on saavutettu riittävä tarkkuus ja toiminnan tasaisuus säätöpiireille, olisi niistä voitu saada tarkempia sekä tasaisemmin toimivia jollakin muulla säätöalgoritmilla tai tarkemmalla säätimien virityksillä.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

TÖYRYLÄ, NIKO

Automation of Heat Treatment Process in a Pilot Plant

Bachelor's Thesis

49 pages + 26 pages of appendices

Supervisor

Vesa Kankkunen, Senior Lecturer

Commissioned by

BIOTULI Research, KyAMK

May 2013

Keywords

automation, PID, control, interface, torrefaction

This thesis is about heat treatment of biomass. This process is called torrefaction. Process machinery is used to examine effects of heat treatment on wood chips. The benefit of heat treatment is that heat-treated wood chips can be used to replace coal in coal power plants. The process machinery was designed and built with the knowledge based on the laboratory research done in the project.

The process equipment is a prototype that aims to provide information on how the torrefaction process works in reality while wood chips are constantly fed into the process, making the process constantly working. The aim of this thesis was to provide automation that is required to run the process in a stable state providing a final product that can be created on constant flow.

Automation of the process was made possible with the Siemens S7-1200 programmable logic controller with its accessories, electric drivers, temperature gauges comprising PT-100 heat measuring elements, as well as a valve with an electric actuator.

The study was successfully completed and almost all the objectives were achieved, the temperatures of the process can now be controlled very precisely. The feeding of wood chips was also automated successfully allowing user to determine how much wood chips flows into the process. This allows constant flow of wood chip to be torrefied in a controlled environment, thus keeping the quality of the final product unaltered through the process. The final product can be pelletized, which results in a more energy-dense fuel.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
1.1	Tutkimushankkeen taustoja	8
1.2	Työn tavoite	9
2	TORREFIONTI-PROSESSI	10
2.1	Prosessilaitteet	10
2.1.1	Oikosulkumoottorit	11
2.1.2	Vaihteistot	12
2.1.3	Savukaasupuhallin	12
2.2	Instrumentointi	13
2.2.1	PT-100-lämpötila-anturi	13
2.2.2	Taajuusmuuttajat	15
2.2.3	Logiikkayksikkö Siemens S7-1200 ja lisäkortit	16
2.2.4	Venttiili ja venttiilintoimilaite	17
2.2.5	Nestekaasupoltin	18
2.3	Prosessin kulku	19
2.4	Kaapelointi	20
3	TYÖNSUUNNITTELU JA TOTEUS	20
4	LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ	21
4.1	PID-piiri	21
4.1.1	P-säätö	22
4.1.2	I-säätö	23
4.1.3	D-säätö	24
4.2	Torrefiointi-lämpötilan säätöpiiri TIC-5	25
4.3	Torrefiointi-lämpötilan säätöpiiri TIC-7	26
5	HAKKEENSYÖTTÖ	26

6	HAKKEENKULKU	29
6.1	Kuivausvaihe	29
6.2	Torrefiointi	30
6.3	Laskentaa	30
6.4	Pitoaika	33
6.5	Jäähdytys	34
7	LOGIIKAN OHJELMOINTI	34
7.1	PID-säätimet	36
7.2	Moottori ohjaukset	37
8	KÄYTTÖLIITTYMÄ	38
8.1	Kosketuspaneeli	39
8.2	PC-käyttöliittymä	39
8.3	DASSIDirect	41
9	TESTAUSVAIHEET	42
9.1	Toimilaitteen ja venttiilin testaus	42
9.2	Polttimen tehon ja lämpötilansäätimen testaus	43
9.3	Puhaltimella toteutetun lämpötilasäätimen testaus	44
9.4	Prosessin testaus	45
10	TULOKSET JA MAHDOLLISET JATKOTOIMENPITEET	46
10.1	Logiikan ohjelmalliset parannukset	46
10.2	Käyttöliittymän parannukset	47
10.3	Prosessin lopputuotteen keräyksen automatisointi	47
11	LOPPUPOHDINTA	48
LIITTEET		
	Liite 1/1. Prosessin PI-kaavio	
	Liite 2/1. Moottorin 1001 kytkentäkaavio	
	Liite 2/2. Moottorin 1002 kytkentäkaavio	
	Liite 2/3. Moottorin 1003 kytkentäkaavio	
	Liite 2/4. Moottorin 1004 kytkentäkaavio	
	Liite 2/5. Moottorin 1005 kytkentäkaavio	

Liite 2/6. Moottorin 1006 kytkentäkaavio  
Liite 2/7. Lämpötila mittauksen TI-1 kytkentäkaavio  
Liite 2/8. Lämpötila mittauksen TI-2 kytkentäkaavio  
Liite 2/9. Lämpötila mittauksen TI-3 kytkentäkaavio  
Liite 2/10. Lämpötila mittauksen TI-4 kytkentäkaavio  
Liite 2/11. Lämpötila säätimen TIC-5 kytkentäkaavio  
Liite 2/12. Lämpötila mittauksen TI-6 kytkentäkaavio  
Liite 2/13. Lämpötila säätimen TIC-7 kytkentäkaavio  
Liite 2/14. Lämpötila mittauksen TI-8 kytkentäkaavio  
Liite 2/15. Lämpötila mittauksen TI-9 kytkentäkaavio  
Liite 3. Esimerkki LAD-ohjelmoinnista  
Liite 4/1. TAG-lista  
Liite 4/2. TAG-lista  
Liite 4/3. TAG-lista  
Liite 4/4. TAG-lista  
Liite 5/1. Prosessilaitteen käyttöliittymän käyttöohje  
Liite 5/2. Prosessilaitteen käyttöliittymän käyttöohje  
Liite 5/3. Prosessilaitteen käyttöliittymän käyttöohje  
Liite 5/4. Prosessilaitteen käyttöliittymän käyttöohje  
Liite 5/5. Prosessilaitteen käyttöliittymän käyttöohje

## TERMIT

<b>AC</b>	Alternative current eli vaihtojännite. Yleensä siniaaltomuotoinen.
<b>DASSidirect</b>	Data-linkin osoite DAServer-ohjelmassa, jonka avulla kommunikointi tapahtuu logiikan ja käyttöliittymänvälillä.
<b>DC</b>	Direct current eli tasajännite. Yleensä 24 voltia automaatiosovelluksissa.
<b>IO-serveri</b>	DAServer ohjelma, joka mahdollistaa käyttöliittymän ja logiikkayksikön välisen kommunikoinnin. Mahdollistaa laitteiston konfiguroinnin.
<b>LAD-ohjelmointi</b>	Ohjelmointi tapa jota käytetään logiikkayksikköä ohjelmoitaessa. Kyseistä ohjelmointi tapaa kutsutaan myös tikapuu kaavioksi.
<b>Ohjausjännite</b>	jännite jolla toimilaitteen tilaa ohjataan. Yleisesti käytetään jännitteitä 0 - 10 V DC sekä 2 - 10 V DC.
<b>PID-säädin</b>	Muodostuu mittauksesta sekä takaisin kytkennästä ja sillä ohjataan toimilaitetta. Sääto perustuu vahvistukseen, integrointiin ja derivointiin.
<b>PLC</b>	Programmable logic controller eli ohjelmoitava logiikkayksikkö, joka suorittaa prosessin ohjauksen.
<b>Syöttöjännite</b>	Jännite jonka toimilaitte tarvitsee toimiakseen. Ei osallistu laitteen toimintaan vaan antaa sille käyttöenergiaa.
<b>TAG-lista</b>	Lista, josta löytyvät ohjelmoinnissa käytetyt tulot, lähdöt, muistipaikat sekä ajastimet. Tag-lista on siis muuttujalista ohjelmassa käytetyistä muuttujista.
<b>Topic</b>	Laiteryhmän nimi, jota käytetään erilaiteryhmien tunnistamiseen käyttöliittymän ja logiikkayksikön välisessä kommunikoinnissa.
<b>Torrefiointi</b>	Biomassan lämpökäsittelyä hapettomassa olosuhteessa.
<b>Virtaviesti</b>	Virta, josta luetaan mittaustieto tai jota käytetään toimilaitteen ohjaamiseen. Yleisesti käytetään virtaviestiä 4 - 20 mA.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimushankkeen taustoja

Opinnäytetyö on tehty BIOTULI-hankeeseen, jossa torrefiointi on osana. Projektiin kuuluu monta osa-aluetta ja useita eri organisaatioita. Projektissa on mukana muun muassa Lappeenrannan yliopisto sekä Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. (Tomperi, 2012.) Hankeen rahoitus tulee EU:lta ja torrefiointi-laitteiston toteutus perustuu tutkimustyöhön, joka on tehty aikaisempien tutkimusten pohjalta. Tutkimuksissa on tutkittu hakkeen torrefiointia laboratorio-olosuhteissa ja nyt vastaavia kokeita on tarkoitus tehdä kenttäolosuhteissa jatkuvatoimisella laitteistolla.

Torrefiointi-laitteiston suunnittelu ja toteutus on tehty KyAMK:ssa ja sen toteutuksessa ja suunnittelussa ovat olleet koulun opiskelijat mukana. Laitteiston alkuperäinen sähköistys on toteutettu opiskelijatyönä ja sen toteuttivat energiatekniikan opiskelijat koulun opettajan johdolla. Tässä sähköistysvaiheessa ei ollut vielä mukana minkäänlaista automaattista ohjausta tai säätöä. Sähköistys mahdollisti ainoastaan mittaustietojen lukemisen kosketuspaneelin käyttöliittymästä sekä moottoreiden käsiohjauksen taajuusmuuttajilta.

Opinnäytetyömahdollisuudesta annettiin informaatiota automaatiojärjestelmien kurssin yhteydessä ja työn tekemisestä sovittiin alkukevästä projektiin osallistuvien henkilökunnan jäsenten kanssa. Tarkoituksena oli suorittaa riittävän automatisoinnin toteutus syksyyn mennessä johtuen työn luonteesta. Se on projektityö, jossa tehdään tutkimusta.

Työn tekeminen tapahtui Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tiloissa Kotkassa. Prosessilaitteisto on rakennettu konttiin, jotta sen mahdollinen siirtäminen toiseen paikkaan voitaisiin toteuttaa. Haittana voisi olla runsaskin savun määrä varsinkin laitteiston toimintahäiriössä, joka voisi johtaa laitteiston uudelleensijoittamiseen. Tätä ei kuitenkaan jouduttu tekemään, vaan prosessin automatisointi sekä testaus voitiin suorittaa koulun alueella. Tarvittavat suunnittelut toteutettiin koulun insinööritoimiston tiloissa ja käyttöliittymän alustava suunnittelu automaatiolaboratoriossa. Automaatiolaboratorion tiloissa toteutettiin muutakin testausta. Pääasiallinen testaus tehtiin kontilla, jossa prosessilaitteisto sijaitsee.



## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on luoda toimiva automaatio, jotta prosessilla voitaisiin tuottaa torrefioitua biomassaa. Tarkoituksena on luoda edellytykset tasalaatuisen lopputuotteen tuotantoon, jota tehdään keskeytyksettä. Tarkoituksena on, että prosessilaitteisto pystyisi maksimikapasiteetissa tuottamaan 100 l/h torrefioitua haketta puuhakkeesta.

Työn päätavoite on lämpötilan säädössä, joka on prosessin kannalta oleellisin suure. Torrefioinnin kannalta on oleellista pystyä pitämään lämpötilat halutuissa asetusarvoissa. Lämpötilojen säädöt on tarkoitus saada toteutettua prosessissa olevissa mittauksissa sekä tulevassa polttimen säädössä.

Työssä on tarkoitus pystyä hallitsemaan lämpötilan lisäksi myös hakkeen kulkua prosessin läpi ruuvikuljettimilla, joiden voimanlähteenä toimivat kolmivaiheiset oikosulkumoottorit. Moottoreiden ohjaus tapahtuu taajuusmuuttajilla. Moottoreiden hallinta on tarkoitus saada toteutettua tarpeen mukaan säätöpiirien avulla tai suoralla käsiohjauksella käyttöliittymästä.

Tavoitteena on saada tämä kaikki toteutettua niin, että laitteisto toimii luotettavasti automaation osalta, ja luoda mahdollisimman yksiselitteinen käyttöliittymä. Tarkoitus on pystyä keräämään prosessista testausdataa, kuten lämpötiloja ja ohjauksia. Datan kerääminen tarvitaan, koska kyseessä on tutkimusprojekti, jossa on tarkoituksena selvittää jatkuvatoimiseen torrefiointiin liittyvät tekijät.

Prosessin automatisoitavat kohdat sekä käyttöliittymän toteutukseen liittyvät kohdat ovat esitettyinä seuraavassa listassa ja työn tarkoituksena on toteuttaa listan tavoitteet.

- Prosessin lämpötilan hallinta
- Hakkeen kulun hallinta
- Reaaliaikainen lämpötilojen mittaus
- Lämpötilatrendit käyttöliittymään
- Lämpötilaeron hallinta
- Toimintavarmuus
- Tasainen lopputuotteen laatu

## 2 TORREFIONTI-PROSESSI

Prosessissa on tarkoitus käsitellä tuoretta biomassaa torrefioimalla se paremmin jauhautuvaan muotoon, jota pystytään käyttämään kivihiltä korvaavana polttoaineena voimalaitoksilla. Torrefioimalla biomassaa saadaan sen energiatiheyttä myös kasvatettua pelletöimisen avulla. (Sarvelainen 2012.)

Prosessilaitteisto muodostuu prosessilaitteista ja instrumentoinnista sekä käyttöliittymistä. Prosessin PI-kaavio on esitetty liitteessä 1. Laitteisto on koottu konttiin, jotta se on tarvittaessa helppo siirtää muualle. Laitteiston testauksesta syntyvien savukaasujen takia tämä on tärkeää varsinkin testivaiheessa, koska muodostuva savu voi häiritä lähiympäristössä asuvia ja työskenteleviä.

### 2.1 Prosessilaitteet

Prosessilaitteet ovat kokonaisuus, josta muodostuu prosessi. Tämä laitteisto koostuu lähinnä ruuvikuljettimista ja savukanavista. Laitteisto sisältää myös hakkeen syöttöön vaadittavat osakokonaisuudet.

Yksittäinen ruuvikuljetin muodostuu DN100 teräsputkesta, ruuvista, vaihteistosta ja moottorista. Ruuvikuljettimen ympärillä kulkee savukanava, joka muodostuu DN100-putken ja DN125-putken väliin. Seuraavassa listassa on esitetty tarkemmin mistä prosessilaitteista prosessi muodostuu:

- ruuvikuljetin 4 kpl, liite 1/1
- savukanavat, liite 1/1
- kolmivaiheinen oikosulkumoottori 6 kpl, liite 1/1
- vaihteistot 5 kpl, liite 1/1
- savukaasupuhallin 1 kpl, liite 1/1
- säätöventtiili 1 kpl, liite 1/1
- syöttösiilo 1 kpl, liite 1/1
- syöttöruuvi 1 kpl, liite 1/1
- nestekaasupoltin 1 kpl, liite 1/1
- nestekaasulinja, liite 1/1

### 2.1.1 Oikosulkumoottorit

Savukaasupuhaltimella on 1500 W kolmivaiheinen oikosulkumoottori, jolla on korkea kierrosnopeus. Tämän oikosulkumoottorin tehtävänä on pyörittää savukaasupuhallinta, jolla hallitaan savukaasujen virtausta.

Prosessiruuveilla on 375 W:n oikosulkumoottorit, joiden kierrosnopeus on paljon pienempi kuin savukaasupuhaltimen oikosulkumoottorilla. Momentin lisäämiseksi moottoreilla on omat vaihteistot. Moottoreiden nimellinen kierrosnopeus on 1380 rpm ja kytkentäjännite on 240/400 V AC riippuen siitä, onko moottori kytketty tähti- vai kolmiokytkentään.

Syöttöruuvilla on 1500 W kolmivaiheinen oikosulkumoottori, joka toimii myöskin melko matalalla kierrosnopeudella. Tässäkin tapauksessa kierrosnopeuden tarve ei ole suuri, vaan tarvitaan riittävä momentti, jotta hake saadaan siirrettyä DN100-putkea pitkin siilolta prosessiin 45 asteen kulmassa. Momentin lisäämiseksi moottorilla on myös oma vaihde kuten prosessiruuveilla. Moottorin kytkentäjännite on 240/400 V AC riippuen siitä, onko moottori kytketty tähti- vai kolmiokytkentään.

Moottorit ovat kaikki kytketty kolmioon, jolloin moottoreiden ottama virta jää paljon pienemmäksi kuin tähtikytkennässä. Moottoreiden jännite syötetään taajuusmuuttajan kautta moottorille kolmivaihekytkentänä. Vaiheet ovat L1, L2, L3 ja niiden merkinnät ovat vastaavasti moottorilla U, V ja W. Moottorit on PI-kaaviossa nimetty numeroin, jotka on esitetty alla olevassa listassa. Liitteissä on esitetty kyseisten moottoreiden sähköistyskuvat:

- Moottori 1001, Liite 2/1
- Moottori 1002, Liite 2/2
- Moottori 1003, Liite 2/3
- Moottori 1004, Liite 2/4
- Moottori 1005, Liite 2/5
- Moottori 1006, Liite 2/6

### 2.1.2 Vaihteistot

Jokaisella prosessiruuvilla on oma vaihteistonsa, jotka on mitoitettu sopiviksi niin, että ne yhdessä ruuvin ja oikosulkumoottorin avulla saavuttavat maksimissaan virtauskapasiteetin 100 litraa tunnissa. Tarkoituksena on saavuttaa riittävä vääntömomentti koko oikosulkumoottorin taajuusalueelle 0 - 50 Hz mahdollistaen virtauksen säädön välillä 0 - 100 litraa tunnissa.

Vaihteistojen valintaan oli vaikuttanut moottoreiden koko, sijoitus ja käyttötarkoitus. Nämä asiat olivat huomioitu prosessin suunnitteluvaiheessa ennen vaihteistojen tilausta. Vaihteiston tyyppi määrää sen liitännätävän moottoriin ja tämä puolestaan vaikuttaa vaihteiston toimintaan ja sijoitukseen.

### 2.1.3 Savukaasupuhallin

Savukaasupuhallinta valittaessa on huomioitava sen käyttötarkoitus ja säätötapa. Tästä johtuen puhallinta valittaessa on huomioitava muun muassa, minkä tyyppiselle säädölle on tarvetta, kuinka luotettava puhallin valitaan, investointi kustannukset, puhaltimen energiatehokkuus, tilat johon puhallin asennetaan sekä kunnossapidon kustannukset. (Joronen, Kovács ja Majanne . 2007, 142.)

Savukaasupuhaltimien säätötapoja ovat kierroslukusäätö, siipikulmansäätö, jota käytetään aksiaalipuhaltimilla, kuristussäätö sekä johtosiipisäätö, jota käytetään radiaalipuhaltimilla. Säätötavan ja puhaltimen valinta vaikuttavat puhaltimen aikaansaamaan tilavuusvirtaukseen sekä sen suhteeseen tehontarpeeseen nähden. (Joronen. 2007, 142 - 143.)

Savukaasupuhallin on työn yksi oleellisimmista yksittäisistä prosessilaitteista. Puhaltimen avulla hallitaan savukaasujen virtausta savukanavien läpi. Savukanavat sijaitsevat ruuvikuljettimien ympärillä. Rengaskanava muodostuu kahden eri halkaisijan omaavan teräsputken välille jättäen tilan, jossa savukaasut pääsevät virtaamaan lämmittäen prosessissa kulkevaa haketta.

Kyseyseen prosessiin on valittu radiaalipuhallin ja sen säätötavaksi on valittu kierroslukusäätö. Kierrosnopeus on säädettävissä taajuusmuuttajan välityksellä ja tätä kautta voidaan vaikuttaa savukaasuvirtaukseen ja hallita prosessin lämpötiloja.

## 2.2 Instrumentointi

Prosessi sisältää yhdeksän lämpötilan mittausta, koska lämpötilan hallinta on prosessin kannalta oleellisin mitattava ja säädettävä suure. Lämpötilan mittaukset suoritetaan PT-100-antureilla, jotka on sijoitettu mittayhteisiin.

Instrumentointi sisältää prosessin automatisoinnin kannalta oleellisia osia, kuten mittauksia ja ohjauksia sekä niiden kaapelointia. Kaapelit on valittu niin, että ne täyttävät prosessi-instrumenttien sijainnin ja kytkennän asettamat vaatimukset. Tässä tapauksessa ratkaisevaksi tekijäksi jäi lähinnä kaapeleissa sopivan johdinpari määrän valitseminen. Laitteet oli valittu käyttökohteen mukaan ja tässä ratkaisevina tekijöinä olivat olleet lämpötila, teho, ohjaus- ja mittaustapa sekä sijainti.

- PT-100 lämpötila anturi, 9 kpl
- Sähköinen asennoitin
- Taajuusmuuttaja, 6 kpl
- Instrumentointi kaapelit

### 2.2.1 PT-100-lämpötila-anturi

Lämpötilojen mittaukseen on käytetty perinteistä ja erittäin yleistä lämpötila-anturia PT-100, joka on luotettava lämpötilavastus ja jolla on suuri mittausalue. Anturit on kytketty 4-johdin kytkennällä, jolla saadaan huomioon otettua kaapeleista muodostuva vastus ja erotettua se mittaustavasta. Lämpötila-antureiden johtimet ovat liitettyinä logiikkayksikön analogia input-moduulien input-kanaviin. Mittausviesti on virtaviesti 4 - 20 mA ja logiikkayksikkö osaa tulkita tämän suoraan lämpötilana. Lämpötilaa mitataan yhteensä yhdeksällä PT-100-anturilla, joista kaksi on lämpötilan säätöpiirin osana. Alla olevassa listassa on esitetty PT-100-anturien nimitykset mittausta ja säätöpiirien mukaan niin kuin ne on esitetty PI-kaaviossa, Liite 1. Antureiden sähköistyskuvat löytyvät listan liite numeron mukaan.

- TI-1, Liite 2/7
- TI-2, Liite 2/8
- TI-3, Liite 2/9
- TI-4, Liite 2/10

- TIC-5, Liite 2/11
- TI-6, Liite 2/12
- TIC-7, Liite 2/13
- TI-8, Liite 2/14
- TI-9, Liite 2/15

PT-100 anturin lämpötilan mittausta perustuu vastuksen mittaukseen. Normaalisti tarvittaisiin erillinen virtalähetin, joka muuntaisi mittausviestin perusviestiksi 4 - 20 mA. Käytössä olevat prosessin IO-tulokortit pystyvät tässä tapauksessa muuntamaan PT-100-lämpötila-anturin mittausvastuksen vastusarvon suoraan lämpötilaksi. Tämän vuoksi lämpötila-anturit eivät vaadi kyseisessä kokoonpanossa erillisiä virtalähettäjiä, joilla muunnos suoritettaisiin. Kyseinen anturityyppi on erittäin yleinen laajan mittausalueensa ja käytettävyytensä ansiosta. PT-100 antureita löytyy malliltaan monentyyppisiä ja niiden ominaisuudet vaihtelevat hieman tyyppikohtaisesti. Anturit voivat sisältää suojakotelon, jonka sisään on myös mahdollista sijoittaa virtalähetin, joka suorittaa viestin muunnoksen.

PT-100 anturin nimi muodostuu anturissa käytetystä materiaalista, joka on platina sekä sen nimellisestä vastusarvosta lämpötilassa 0 °C astetta, joka on 100 ohmia. Kyseisellä anturityypillä on laaja lämpötilan mittausalue, joka on noin -200 - +600 °C astetta. Anturin vastusarvon muutos tapahtuu lineaarisesti lämpötilan muutoksen mukaan. Kyseiset anturit ovat myös erittäin stabiileja. (Resistance thermometer theory.)

Työssä käytetyt anturit ovat keskenään samanlaisia ja ne ovat rakenteeltaan pieniä ja helppo sijoittaa prosessiin. Prosessiin niille on tehty mittayhteet, joihin ne sijoitetaan kierreltiännällä ja eristämällä ne lämpöhäviöiden välttämiseksi. Kuvassa 1 on esitetty työssä käytettyjen PT-100-lämpötila-antureiden malli.



Kuva 1. PT-100 lämpötila-anturi

### 2.2.2 Taajuusmuuttajat

Oikosulkumoottoreiden ohjaukseen on käytetty Vacon 10 taajuusmuuttajia, jotta moottoreiden kierrosnopeudet saataisiin asetettua ja säädettyä halutuiksi. Puhaltimella on 1500 W taajuusmuuttaja, jolle saadaan käynnistyskäsky ja taajuusohje logiikkayksiköltä. Jokaiselle prosessiruuville on oma taajuusmuuttajansa, joka on teholtaan 500 W. Ruuveilla on käynnistyskäskyn ja taajuusohjeen lisäksi myös peruutuskäsky, jota tarvitaan mikäli ruuvit jäävät jumiin. Syöttösiilon ruuville on oma 1500 W taajuusmuuttaja, jolla on samat ohjaukset kuin savukaasupuhaltimella. Kaikilta taajuusmuuttajilta tulee myös käyntitieto logiikalle, jotta tiedetään onko taajuusmuuttajan ohjaus päällä. Tarkemmat tiedot käytetyistä taajuusmuuttajista löytyvät valmistajan sivuilta ks. (Vacon Oyj. 2008)

Taajuusmuuttajien käynnistys-, pysäytys- ja suunnanvaihtokäskyt sekä taajuusohje lähtevät logiikkayksikön outputkanavasta, mahdollistaen etäkäytön. Taajuusmuuttajien käyntitiedot tulevat logiikkayksikölle input-kanaviin, jotta pystytään määrittämään onko puhallin tai ruuvi toiminnassa. Tätä käyntitietoa voidaan verrata ohjelmassa ohjauksikäskyyn ja näin voidaan toteuttaa tarvittavat hälytykset, lukitukset ja sekvenssit.

Taajuusmuuttajan ohjearvo, joka saadaan logiikkayksikön analogisten lähtökorttien output kanavasta, on jännite viesti. Jännite viesti on tasajännite viesti väliltä 0 - 10 V. Tämä jänniteviesti vastaa ohjausarvoa 0 - 27648, joka annetaan logiikkayksikön ohjelmasta word muotoisena. Tämä jännite viesti puolestaan vastaa taajuusmuuttajalla

asetettua aluetta, joka tässä tapauksessa on 0 - 50 Hz. Taajuus vaikuttaa moottorin kierrosnopeuteen. Kierrosnopeus ilmoitetaan rpm arvosta, joka tulee englanninkielisestä lyhenteestä ja tarkoittaa kierrosta minuutissa. Ohjaukset prosessiruuveilla ovat kaikki lineaarisia.

Taajuusmuuttajien parametrien asettelu on lähes identtinen kaikilla taajuusmuuttajilla. Poikkeuksena prosessiruuveissa on, että yksi taajuusmuuttajista on muiden kanssa keskenään samanlainen lukuun ottamatta pieniä eroja parametreissa. Puhaltimella ja syöttösiilolla on samanlaiset taajuusmuuttajat, mutta niillä on erilaiset parametrit käyttö tarkoituksesta johtuen. Puhaltimeen on perusparametrien lisäksi asetettu myös rampit johtuen PID - säätimestä. Tämä ramppi on asetettu, jotta PID - piirin nopeat ohjearvomutokset eivät rasittaisi puhallinta suurilla nopeuden muutoksilla. Puhaltimen nopeuden lisäyksessä sekä hidastuksessa rampin aika on 10 sekuntia ja ramppi on lineaarinen.

### 2.2.3 Logiikkayksikkö Siemens S7-1200 ja lisäkortit

Prosessin ohjaus tapahtuu Siemens S7-1200 logiikkayksiköllä. Mittaustietoja ja ohjaukskäskyjä varten logiikkaan on hankittu lisäkortteja. Lisäkortteja tarvitaan, koska itse logiikkayksikkö ei sisällä tarpeeksi analogiasia tuloja ja lähtöjä.

Tämän kyseisen logiikkayksikön liitäntäkortit sekä itse logiikkayksikkö liitettiin DIN-kiskoon, joka on sijoitettu sähkökaappiin. DIN-kisko liitäntä mahdollistaa helpon asennuksen ja helpon liitännän lisäkorttien sekä logiikkayksikön välillä. Logiikkayksikössä ja korteissa on sivulla liitäntä jonka avulla kortit liitetään toisiinsa ja logiikkayksikköön. Liitos ei tarvitse mitään lisäosia vaan ne ovat laitteisiin itseensä rakennettuja jo valmiita toimintoja. Prosessin automatisoinnin ohjaukset, mittaukset ja säädöt suoritetaan seuraavilla laitteilla:

- PLC S7-1200
- Analogiset tulomoduulit
- Analogiset lähtömoduulit

PLC S7-1200 suorittaa prosessissa vaadittavat ohjaukset, säädöt ja mahdollistaa mittaustietojen muuntamisen sähköisestä muodosta visuaaliseen muotoon, jolloin se voidaan lukea käyttöliittymästä. Kyseinen logiikkayksikkö on CPU 1214C DC/DC/Rly.



Analogiset tulokortit mahdollistavat useamman mittauksen siirtämisen logiikkayksikköön kuin olisi mahdollista ilman lisäkortteja. Kyseiset kortit sisältävät 8-input kanavaa per IO-kortti, jotka ovat 8-bittisiä. Korteissa on sisäänrakennettuna ominaisuus joka tunnistaa PT-100-lämpötila-anturin mittasuureen. Tämän ansiosta logiikan ohjelmassa ei tarvitse tehdä muunnosta mittausviestiin, eikä anturi tarvitse erillistä lähetintä vaan se voidaan liittää suoraan moduulille 4-johdin kytkennällä.

Analogiset moduulit mahdollistavat toimilaitteiden ohjaukset logiikkayksiköltä. Näiden moduulien avulla voidaan antaa ohjearvo toimilaitteelle, joka on 0 - 10V DC jännitettä. Näin voidaan asettaa toimilaitteelle tila, joka vastaa kyseistä jännitetasoa. Moottoreilla tämä tarkoittaa taajuutta, joka puolestaan vaikuttaa kierrosnopeuteen ja säätöventtiilillä venttiilin asentoa, joka kyseisessä prosessissa vaikuttaa nestekaasuliikkeen tehoon

#### 2.2.4 Venttiili ja venttiilintoimilaite

Polttimen tehon säätöä varten prosessiin lisättiin pienikokoinen palloventtiili sähköisellä toimilaitteella nestekaasulinjaan. Venttiili ei ollut paras mahdollinen nestekaasun säätöön, koska sen toiminta ei ollut lineaarinen ja toiminta-alue jäi erittäin pieneksi. Tästä huolimatta polttimen tehonsäätö saatiin toteutettua kyseisellä venttiilillä ja tilatulla toimilaitteella. Toimilaite on sähköinen asennoitin, joka toimii kolmijohdin kytkennällä jänniteviestillä 0 - 10 V.

Prosessiin valittu venttiili on palloventtiili, joka kuuluu toimitavaltaan neljänneskiertoventtiileihin. Nesteillä palloventtiilillä on etuna säätöalueen laajuus, joskin tätä kyseistä ominaisuutta ei saavuteta kaasuilla palloventtiilillä. Palloventtiilit ovat kooltaan myös pienikokoisia ja niillä on pitkä käyttöikä sekä niillä saavutetaan hyvä tiiviys. (Joronen. 2007, 121.)

Kyseinen venttiili tyyppi ei ole siis paras mahdollinen nestekaasun säätöön, mutta valintaan vaikuttivat venttiilin yhteensopivuus sähköisentoimilaitteen kanssa, hinta ja koko. Näistä tekijöistä johtuen prosessiin on valittu palloventtiili, johon oli helposti liitettävissä sähköinen toimilaite. Toimilaitteen avulla venttiilin laajaa säätöaluetta voidaan hyödyntää niin että säädöstä saadaan tarkka.

Kuvassa 2 on esitetty venttiili sekä sen toimilaitte ja niiden asennus prosessiin. Kuvassa on myös nähtävissä nestekaasulinja sekä venttiilin kaapelointia. Toimilaitteen päällä on kahva/tilanosoitin, joka näyttää mekaanisesti toimilaitteen asennon ja, josta venttiiliä on mahdollista ohjata, mikäli se on asetettu käsikäyttöön. Tässä käsikäyttö tarkoittaa venttiilinasennon muuttamista mekaanisesti käsin, kun muissa tapauksissa puhuttaessa käsikäyttö tarkoittaa käyttöliittymästä operointia, joka ei sisällä säätöä.



Kuva 2. Polttimen tehon säätöventtiili

### 2.2.5 Nestekaasupoltin

Prosessin lämpö on tuotettu nestekaasusta nestekaasupolttimen avulla. Luvussa 2.2.4 esitetyn venttiilin ja toimilaitteen avulla polttimen teho on säädettävissä. Polttimen teho ei suoranaisesti ole muuttuja johon halutaan vaikuttaa vaan prosessin lämpötila.

Seuraavassa kuvassa 3 voidaan nähdä polttimen nestekaasulinja. Kuvassa poltinta käytetään maksimi teholla ja liekki on suunnattu savukanavaan. Nestekaasulinja tulee edellisessä kappaleessa esitetyltä venttiililtä.



Kuva 3. Nestekaasupoltin

### 2.3 Prosessin kulku

Prosessin testauksessa oli ilmennyt, että jo ennen prosessin lämmittämistä tulee aloittaa hakkeensyöttö, jotta prosessi ei riistäytyisi käsistä. Mikäli lämmitys tehdään ennen

hakkeen syöttöä, on vaarana, että hake syttyy palamaan eikä prosessia saada takaisin hallintaan ja tästä seuraa lopputuotteen epätasainen laatu.

Prosessi alkaa syöttösiilosta, josta hake siirretään ruuvikuljettimella kuivausruuviin. Kuivaus ruuvilla hake kuivataan prosessin savukaasujen avulla. Kuivausruuvilta hake tippuu seuraavalle ruuville missä tapahtuu lämpötilan nosto. Hake kulkee tämän ruuvin läpi ja putoaa seuraavalle torrefionti ruuville. Tällä kolmannelle prosessiruuvilla tapahtuu lämpötilan pito tavoitearvossa ja tämän jälkeen hake tippuu jäähdytysruuviin, jonka läpi kulkiessaan hake jäähtyy suunnilleen ulkolämpötilan lämpöiseksi. Jäähdytys ruuvista hake kerätään ämpäriin, joka on tiivistetty kannella.

## 2.4 Kaapelointi

Instrumentointi kaapeloinnit on tehty NOVAK kaapelilla. Lämpötila-antureille menee jokaiselle oma kaapeli NOVAK 2 x 2 x 0.5 + 0.5, jossa on kaksi paria ja neljä johdinta sekä suojajohdin häiriöiden poistamista varten. Kaapeleita on 10 kappaletta lämpötila antureille. Yksi kaapeleista on kytkemättä, koska jäähdytysveden lämpötilan mittaus oli todettu tarpeettomaksi. Venttiilin asennoittimelle on käytetty samaa NOVAK kaapelia.

- Instrumentointi kaapeli lämpötila anturille, 9 kpl
- Moottoreiden ohjausten kaapelointi, 5 kpl
- Moottoreiden kaapelointi, 5kpl
- Venttiilin toimilaitteen kaapelointi
- Kosketuspaneeli
- PC:een ja logiikkayksikön Ethernet
- Ethernet kytkin

Suurin osa kaapeloinnista oli suoritettu jo aikaisemmassa vaiheessa, joten työssä tarvittiin vain muutamien kaapeleiden lisäykset uusille toimilaitteille ja moottorille.

## 3 TYÖNSUUNNITTELU JA TOTEUS

Työn toteutus tapahtui pääasiassa elinkaarimallin mukaisesti. Työn alkuvaiheessa kerrottiin prosessin toiminta ja mitä sillä on tarkoitus tuottaa alkutuotteesta. Tämän jälkeen määriteltiin mitä toimintoja laitteistoon olisi tarkoitus tehdä. Tällä määrittelyllä

opinnäytetyön tekeminen pääsi alkuun. (Asmala, Koskinen, Koskela, Mätäsniemi, Soini, Strömman, Tommila ja Valkonen. 2005, 32 - 40/151)

Perinteinen elinkaarimalli sisältää seuraavat vaiheet: määrittelyvaihe, suunnitteluvaihe, toteutusvaihe ja aika. Jokaiseen osa-alueeseen kuuluu vielä omat vaiheensa. (Asmala. 2005, 32 - 40/151)

Työn toteutus eteni vaiheittain, joissa edettiin sen mukaan, mikä oli tärkeintä prosessin käytön kannalta kussakin vaiheessa. Tavallisesta elinkaarimallista poiketen työn suunnittelua ja toteutusta tehtiin välillä samanaikaisesti. Tähän vaikutti se, että kyseessä oli tutkimusprojekti ja tarkoituksenmukaista oli saada ne osa-alueet toimimaan, joita tarvittiin testien suorittamiseksi.

## 4 LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

Lämpötilojen hallinta on toteutettu säätämällä savukaasujen lämpötilaa, määrää ja virtausnopeutta prosessissa. Nämä säädöt ovat mahdollisia nestekaasupolttimen säätöventtiilin ja savukaasupuhaltimen sekä niitä ohjaavan logiikkayksikön avulla. Alkuvaiheessa lämpötilaa ohjattiin suoraan käyttöliittymästä script-pohjalta tehdyllä ohjelmalla, joka toimi myös lämpötilan säätämiseen. Tästä kuitenkin luovuttiin, koska ohjausta varten olisi aina tarvinnut käynnistää PC-käyttöliittymä, eikä ohjelma olisi yhtä luotettava kuin logiikkayksikköön tehdyllä PID-säätimellä.

Lämpötilan säätämiseksi olisi ollut useampia eri menetelmiä. Tässä tapauksessa PID-säädin oli kuitenkin selvä valinta olemassa olevien laitteistojen ja ohjelmien takia. Valintaan vaikutti myös PID-säätimen tarkkuus, joka oikein viritettynä toimii prosessissa melko tarkasti. Säätämiseen olisi voitu käyttää myös niin sanottua sumeaa logiikkaa, joskin tämä toteutus olisi ollut paljon haastavampi ja saavutetut edut tähän nähden kyseisessä prosessissa olisivat melko pieniä.

### 4.1 PID-piiri

Lämpötiloja säädetään PID-piireillä, joiden toiminta perustuu prosessin mittasuureen mittaamiseen ja toimilaitteen ohjearvon ohjaukseen. PID-piiri mittaa mittasuuretta ja

vertaa tämän arvoa asetusarvoon ohjaten tätä säätävää toimilaitetta. Tässä tapauksessa mittasuurena on prosessin lämpötila ja toimilaitteena toimii venttiili/puhallin. PID-piiri on siis ohjauspiiri, joka vaatii mittaustiedon sekä takaisinkytkennän toimiakseen.

PID-piiri muodostuu kolmesta osasta, joita ovat: P (k) vahvistus, I (i) integrointiaika ja D (d) derivointiaika. Näiden kolmen eri termin avulla pyritään luomaan mahdollisimman nopea, mutta tasaisesti toimiva säätö. Hyvin viritetyssä PID-piirissä nämä termit muodostavat tehokkaan säätöpiirin, joka hakeutuu nopeasti asetusarvoonsa eikä jää värähtelemään.

Usein säätimet eivät ole varsinaisia PID-säätimiä vaan ne ovat lähinnä PI-,P-säätimiä tai joissain tapauksissa PD-säätimiä. Tässä prosessissa paras tulos kuitenkin saavutetaan PID-säätimellä, jossa käytetään kaikkia termejä. Ideaalinen PID-säätimen yhtälö (1) on seuraavanlainen (Harju Marttinen. 2000, 48/165).

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

$u(t)$  = ohjaussignaali

$K_p$  = säätimen vahvistus

$e(t)$  = erosuure

$T_i$  = integrointiaika sekunneissa

$T_d$  = derivointiaika sekunneissa

$d/dt$  = muutosnopeuden derivaatta

#### 4.1.1 P-säätö

P-säätö perustuu suoraan vahvistukseen ja se vahvistaa ohjaus viestiä sen mukaan tarvitseeko toimilaitetta säätää pienemmällä vai suuremmalla. Esimerkiksi tarvitseeko

venttiiliä avata vai sulkea. Vahvistuksella toteutettu piiri ei pysy kohdallaan vaan se heilahtelee jatkuvasti. (Harju ja Marttinen, 2000, 45 - 47/165)

P-säätimen toiminta perustuu siis suoraan mittauksen ja asetusrvon väliseen eroon johon pyritään vaikuttamaan ohjauksen vahvistuksella. Säätimen toimintatavasta joh-  
tuen prosessiin jää aina pieni virhe, eli asetusrvon ja mittauksen välinen ero ei ole koskaan nolla. Yhtälössä (2) on esitetty P-säätimen toiminta. (Harju Marttinen. 2000, 45 - 47/165)

$$u(t) = K_p e(t) + u_0 \quad (2)$$

$u(t)$  = ohjaussignaali

$K_p$  = säätimen vahvistus

$e(t)$  = erosuure

$u_0$  = vakiotaso

#### 4.1.2 I-säätö

I-säätö perustuu integrointi aikaan ja säädin pyrkii ennakoimaan laskennallisesti, kuinka mitattu arvo tulee muuttumaan tietyn ajan kuluttua. Tätä säätöä harvemmin käytetään yksin vaan yleisemmin käytetään PI-säätöä missä on mukana vahvistus. (Tervaskanto. 2011,17/90.)

I-säädöllä huomioidaan prosessissa tapahtuneet muutokset integraaliyhtälön avulla, joka laskee pinta-alaa aiempien erosuureiden osalta. Säädin antaa ohjaukseen tämän perusteella ohjearvon, jonka suunta ja voimakkuus ovat riippuvaisia prosessin aikaisemmasta tilasta. Toisin kuin P-säätö I-säätö ei huomioi vain nykyistä erosuuretta vaan jo aikaisemmin vallinneen erosuureen. Täten säätöön vaikuttaa myös vaikutusai-  
ka. Tällä toimintaperiaatteella pyritään poistamaan prosessissa vallitseva erosuure jat-  
kuvan säädön avulla pienentämällä ja kasvattamalla ohjausta tarpeen mukaan. (Ter-  
vaskanto. 2011,17/90.)

PI-säätimelle voidaan esittää matemaattinen yhtälö (3), johon piirin kyseisen säätimen toiminta perustuu. (Harju Marttinen. 2000, 47/165)

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right) \quad (3)$$

$u(t)$  = ohjaussignaali

$K_p$  = säätimen vahvistus

$e(t)$  = erosuure

$T_i$  = integrointiaika sekunneissa

$dt$  = suureen muutosnopeus

#### 4.1.3 D-säätö

D-säätö puolestaan säätää piiriä derivointiajan perusteella. Piiri mittaa nousukulmaa ja tämän perusteella pyrkii ennakoimaan muuttuuko säädettävän suuren arvo vai pysyykö se vakiona.

D-säätöä käytetään sekä PID- että PD-säätimissä. D-säädöstä puhuttaessa puhutaan ennakoivasta säädöstä. Nimitys muodostuu säädön toimintavasta, joka pyrkii laskennallisesti ennakoimaan prosessin muutosta. Säätimen derivointiaikaa määriteltäessä tulee ottaa huomioon prosessin luonne. Prosessi voi olla nopea tai siinä voi olla suuri viive. Tämä tulee huomioida D-parametria asetettaessa säätimelle. (Harju Marttinen. 2000, 48 - 51/165). PD-säätimen toimintaa voidaan kuvata yhtälöllä (4). (Tervaskanto. 2011, 18/90.)

$$u(t) = K_p \left( e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (4)$$

$u(t)$  = ohjaussignaali



$K_p$  = säätimen vahvistus

$e(t)$  = ero suure

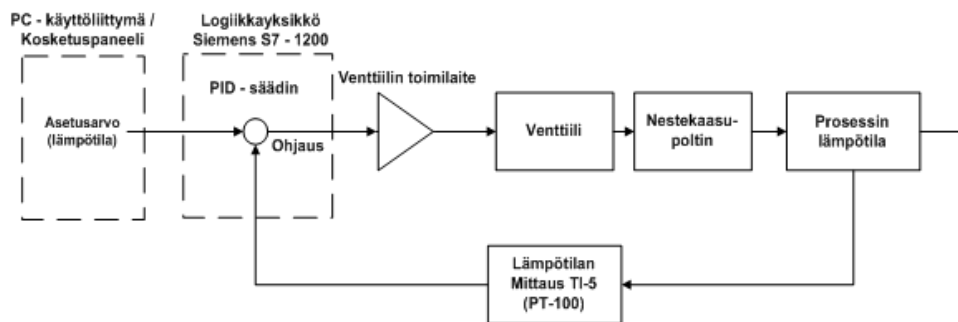
$T_i$  = integrointiaika sekunneissa

$dt$  = suureen muutosnopeus

$d/dt$  = muutosnopeuden derivaatta

#### 4.2 Torrefiointi-lämpötilan säätöpiiri TIC-5

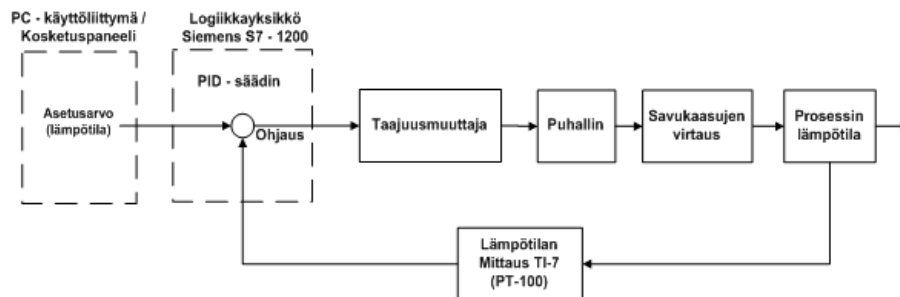
Polttimen tehoa säädetään aikaisemmassa kappaleessa esitetyllä PID-piirillä. Lämpötilaa piirillä mitataan savukanavan alkuosasta lämpötilamittauksella TI-5. Piiri mittaa lämpötilaa ja vertaa tätä haluttuun asetusarvoon säätäen polttimen venttiiliä. Polttimen tehon säätöpiiri on siis lämpötilan säätöpiiri TIC-5. Venttiilin avulla hallitaan neste-kaasun virtausta nestekaasupolttimelle säätäen näin sen tehoa ja tätä kautta lämpötilaa TI-5. PID-piiri pyrkii pitämään asetusarvon ja prosessin lämpötilan samana. Mikäli prosessin lämpötila on alle asetusarvon piiri ohjaa venttiiliä auki lisäten polttimen tehoa ja mikäli lämpötila ylittää asetusarvon piiri ohjaa venttiiliä kiinni. Venttiilin toiminnalle on asetettu rajat, jonka sisäpuolella se toimii. Tämä on sitä varten, että liekki ei saa sammua kesken prosessin ja koska venttiilin toiminnan kannalta käyttöalue on pieni. Säätoalueen ylittyessä polttimen tehossa ei tapahdu muutosta, vaikka venttiiliä avattaisiin lisää, tämän vuoksi tämä merkityksetön alue on poistettu käytöstä. Säädin pyrkii tasapaino tilanteeseen, jossa lämpötila pysyy vakiona. Kaasupolttimen koon ja piirin luonteen vuoksi toimilaitte tekee jatkuvaa säätöä. Tästä huolimatta piirin lämpötila pysyy erittäin vakaana. Kuvassa 4 on esitetty piirin toiminta malli.



Kuva 4. TIC-5 lämpötilasäätimen toiminta malli

### 4.3 Torrefiointi-lämpötilan säätöpiiri TIC-7

Puhaltimen kierrosnopeuden säädöllä pyritään hallitsemaan savukanavassa kulkevien palokaasujen määrää ja vaikuttamaan tämän virtauksen avulla lämpötilaan TI-7. Tämä piiri on toteutettu poltinta ohjaavan PID-säätimen tavoin. Tässä tapauksessa mittauspisteinä on TI-7 ja toimilaitteena puhallin. Näistä muodostuu yhdessä TIC-7 mittaus ja säätöpiiri. Piiri pyrkii pitämään asetusravon ja mittasuureen yhtä suurina ohjaamalla puhaltimen kierrosnopeutta, joka puolestaan vaikuttaa palokaasujen virtaukseen savukanavassa. Mikäli lämpötila on alle asetusravon nostaa piiri ohjauksen ulostulon arvoa, joka menee puhaltimen moottorin taajuusmuuttajalle. Tämä nostaa puhaltimen taajuusmuuttajan taajuusarvoa, jolla ohjataan puhaltimen moottorin kierroslukua lisäten moottorin pyörimisnopeutta. Tämä nostaa lämpötilaa mittauspisteessä TI-7. Mikäli mitattu lämpötila on yli asetusravon, toimii piiri päinvastoin, kuin lämpötilan ollessa alhaisempi eli piiri pienentää ohjauksarvoa ja täten pudottaa puhaltimen kierrosnopeutta. Piiri pyrkii tasapainotilanteeseen, jolloin puhaltimen kierrosnopeus pysyisi vakiona eikä lämpötila muuttuisi. Säätimen toiminta on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. TIC-7 lämpötilasäätimen toiminta malli

## 5 HAKKEENSYÖTTÖ

Hakkeensyöttö tapahtuu syöttösiilosta ruuvikuljettimen avulla. Ruuvikuljettimen ruuvissa on vaihtuva kierteen tiheys, syötön toimintavarmuuden takaamiseksi. Syöttösiilo on satalitrainen avoin säiliö, josta hake siirretään prosessiin DN100-putkea pitkin. Putki on 45 asteen kulmassa ja syöttöruuvi on putken sisällä. Syöttösiilo on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Syöttösiilo

Hakkeensyötössä ilmeni ongelma, joka oli aavistettu mahdolliseksi laitteen tilausvaiheessa. Vaihteisto ja moottori oli mitoitettu väärin verrattuna haluttuun syöttövirtauksen kapasiteettiin, jonka oli tarkoitus olla maksimissaan 100 litraa tunnissa. Ruuvitoimittajan toimittamalla vaihteistolla ja moottorilla kapasiteetti oli huomattavasti suurempi kuin tämä.

Tämä muodostui ongelmaksi, koska prosessia oli tarkoituksenmukaista ajaa kapasiteetilla 30 litraa tunnissa ja tämä olisi vaatinut puolestaan erittäin alhaisen taajuuden moottorille. Pienimmällä taajuusarvolla, jolla moottoria pystyttiin pyörittämään hakkeen syöttämiseksi, oli 5 Hz ja tämä vastasi syöttönopeutta 60 litraa tunnissa. Tätä pienemmillä nopeuksilla moottorista loppui vääntömomentti, eikä moottori jaksanut pyöriä. Ongelman ratkaisemiseksi syöttö toteutettiin pulssimaisella ohjauksella, jossa pulssin kesto ja pulssien pituus asetettiin vakioksi. Tällä ratkaisulla saavutettiin 30 litran syöttönopeus 20 Hz arvolla, jolloin voitiin olla varmoja, että moottorissa riittää vääntömomenttia hakkeen syöttämiseksi.

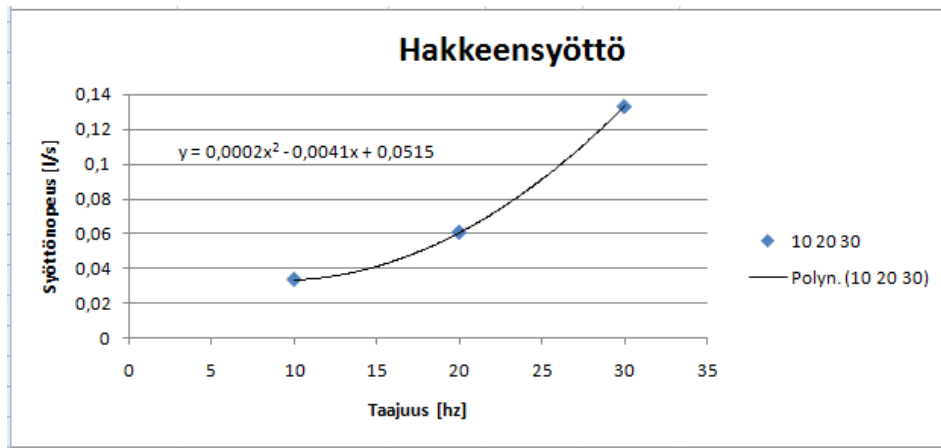
Pulssin pituuden ja pulssien välin määrittämiseksi luotiin Excel tiedosto tehtyjen syöttönopeus testien perusteella. Syöttönopeuteen voidaan vaikuttaa taajuus arvolla. Tämän toteutuksen heikkoudeksi jää kuitenkin, että syöttö nopeus joudutaan aina määrittämään Excel tiedoston kautta, koska ohjelma ei kerro syöttömäärää vaan tämä on las kennallinen arvo.

Hakkeensyöttö määrittää prosessiruuvien pyörimisnopeudet. Ruuvien tulee pyöriä niin, että aina ruuvilta seuraavalle siirryttäessä tulee kierrosnopeuden olla hieman suurempi tukkeutumisen estämiseksi. (Sarvelainen 2012.)

Käy (pulssi)	5	s	
Seis (pulssi)	25	s	
Taajuus	20	Hz	
Syöttönopeus (jatkuva)	0,0495	l/s	
Syöttönopeus (jatkuva)	178,2	l/h	
Pulssin pituus	30	s	
Syöttömäärä pulssin aikana	0,2475	l	
Pulssia tunnissa	120	kpl	
Pulssitettu syöttömäärä	29,7	l/h	

Kuva 7. Hakkeen syötön määrittely Excelillä

Kuvassa 7 on esitetty hakkeensyötön määrittelyssä käytetty Excel taulukko. Taulukko laskee syötetyn hakkeen määrän moottorin taajuuden, pulssin pituuden ja pulssien välisten taukojen avulla. Kyseisen kuvan arvojen perusteella hakkeen syötön pulssin ohjelmalle määritettiin vakio ajat. Pulssi toteutettiin logiikkayksikön timer toiminnoilla. Laskenta mallin pohjalta toteutettu ohjelma vastasi syöttömäärältään laskettua arvoa ja syöttöruuvien ohjaus todettiin tällä menetelmällä toimivaksi. Kuvan 8 tuloksia käytettiin kuvan 7 laskentamallin luomiseksi, jolla pystyttiin määrittämään pulssien kesto ja välit sopiviksi.



Kuva 8. Hakkeensyötön testauksen tulokset

## 6 HAKKEENKULKU

Hakkeen kulkeminen prosessin läpi tapahtuu viidessä vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haketta syötetään prosessiin syöttösiilosta siirtäen se seuraavaan vaiheeseen, joka on kuivausvaihe, josta se edelleen jatkaa matkaansa kahden torrefiointivaiheen läpi ja lopulta jäähdetyksen läpi keräysastiaan.

Prosessissa hakkeen kulkuun vaikutetaan moottoreiden pyörimisnopeuksilla. Prosessilaitteiston rakenteen vuoksi hakkeen kulkua ei pystytä seuraamaan. Tästä johtuen on tehty testauksia, joilla on saatu laskennallisesti selvitettyä moottorin taajuuden suhde hakkeen läpikulku-aikaan, eli aikaan joka kestää kulkea yhden ruuvikuljettimen läpi.

### 6.1 Kuivausvaihe

Kuivausvaiheen ruuvilla ei ole säätö piiriä vaan sille annetaan ohjearvo käyttöliittymästä. Käyttäjän tehtäväksi jää asettaa ruuville oikea arvo syöttösiilon nopeuden perusteella sekä huomioiden seuraavan ruuvin pyörimisnopeus. Kuivaus osassa prosessin savukaasut pääsevät, kosketuksiin hakkeen kanssa kuivattaen haketta. Kuivatuksen tarkoituksena on poistaa ylimääräinen neste hakkeesta, jotta hakkeen torrefiointi onnistuisi. Tässä osuudessa on suurin riski ruuvin jumiutumisen. Tämä johtuu hakkeen kosteudesta, joka edesauttaa puolestaan hakkeen pakkautumista, joka voi johtaa ruuvin jumiutumiseen.

Useiden testien jälkeen on päädytty tulokseen, että kuivausvaiheen ruuvia voidaan ajaa melko nopeasti ja jopa nopeammin kuin seuraavan vaiheen ruuvia. Tässä tapauksessa tulee kuitenkin huomioida, että syöttömäärän tulee olla pieni.

## 6.2 Torrefiointi

Prosessin toiminnan kannalta tässä osuudessa ruuvien nopeuden säätö on oleellista, jotta hakkeen lämpötila saadaan pidettyä oikeana prosessin erivaiheissa. Tämä tapahtuu lämpötilan säädöllä, myös ruuvien nopeuden säätö on yhtä oleellinen hakkeen lämpötilan hallinnassa.

Torrefiointi tapahtuu toisen ja kolmannen ruuvikuljettimen kohdalla. Tästä johtuen kolmannen ruuvikuljettimen nopeuden säätöön tehtiin muista ruuveista poikkeava ohjelmallinen ratkaisu. Ruuvin taajuusarvon sijaan käyttöliittymästä annetaan ruuvin pitoaika.

## 6.3 Laskentaa

Seuraavissa laskuyhtälöissä on esitetty järjestyksessä edeten miten on saatu laskennallisesti selville prosessilaitteiston maksimikapasiteetti. Näiden laskentojen avulla kapaleessa 6.4 Pitoaika selvitetään miten on saatu selville hakkeen kulkua kuvaava yhtälö. Taulukossa 1 on määritelty yhtälöissä käytettyjen symbolien/nimien suureet sekä laskennassa käytetyt lukuarvot.

Taulukko 1. Laskenta

<b>Symboli/nimi</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Käytetyt lukuarvot ja laskennan tulokset</b>
f / taajuus	[Hz]	<u>50</u>
$n_m$ / moottorin kierrosnopeus	[rpm]	<u>1380</u>
R / välityssuhde		<u>149,96</u>
$n_a$ / akselin kierrosnopeus	[rpm]	9,202453988

z / akselin lehden väli	[m/r]	<u>0,090</u>
v <sub>s</sub> / syöttönopeus	[m/s]	0,013803681
x / syöttöruuvien akselinpituus	[m]	<u>2,7</u>
t / viipymäaika	[s]	195,6
d / akselin halkaisija	[m]	<u>0,035</u>
D / putken sisähalkaisija	[m]	<u>0,1103</u>
q <sub>1/2</sub> / virtausala <sub>1/2</sub>	[m <sup>2</sup> ]	0,004296556
Q / maksimikapasiteetti	[l/h]	213,5098378

Yhtälössä (5) on esitetty kuinka syöttöruuvien akselin pyörintänopeus  $n_a$  saadaan laskennallisesti selville. Moottorin pyörimisnopeuteen  $n_m$  vaikuttaa moottorin taajuus  $f$ , joka on seuraavissa laskukaavoissa laskettu maksimi arvon mukaan. Kyseinen maksimi arvo, jolla laskennat on suoritettu, löytyy taulukosta 1. Yhtälössä arvo  $R$  on vakio arvo, joka on riippuvainen moottorin ja akselinvälisestä vaihteistosta.

$$n_a = \frac{n_m}{R} \quad (5)$$

Yhtälössä (6) on esitetty kuinka hakkeen syöttönopeus saadaan laskettua prosessilaitteistolle. Yhtälön  $z$  arvo on saatu mittaamalla syöttöruuvien lehtien välinen etäisyys toisistaan.

$$v_s = \frac{n_a * z}{60} \quad (6)$$

Yhtälössä (7) on esitetty, kuinka hakkeelle saadaan laskettua viipymäaika. Viipymäaika ilmaisee ajan mikä hakkeelta kestää kulkea aina yhden ruuvikuljettimen läpi. Viipymäaika on siis riippuvainen moottorin taajuudesta, joka puolestaan vaikuttaa moottorin pyörimisnopeuteen  $n_m$ .

$$t = \frac{x}{v_s} \quad (7)$$

Seuraavassa kohdassa lasketaan virtausala puolikkaalle putkelle. Prosessissa ruuvikuljettimen putkea ei koskaan täyty kokonaan vaan maksimissaan puoliksi virtauspinta-alan koosta. Tästä johtuen yhtälössä on mukana arvo 2. Yhtälö (8) antaa käytettävän maksimi virtausalan.

$$q_{\frac{1}{2}} = \frac{\pi}{4} * \frac{D^2 - d^2}{2} \quad (8)$$

Yhtälö (9) antaa tulokseksi prosessilaitteiston maksimikapasiteetin. Maksimikapasiteetin avulla on pystytty määrittämään teoreettisesti, kuinka paljon prosessilaitteistoon voidaan syöttää haketta.

$$Q = v_s * q_{\frac{1}{2}} * 1000 * 3600 \quad (9)$$

Edellä esitetyt yhtälöt (5) - (9) sekä yhtälö (10)(kappale 6.4) perustuvat koelaitteen suunnittelussa tehtyihin laskelmiin. (Sarvelainen 2012.)

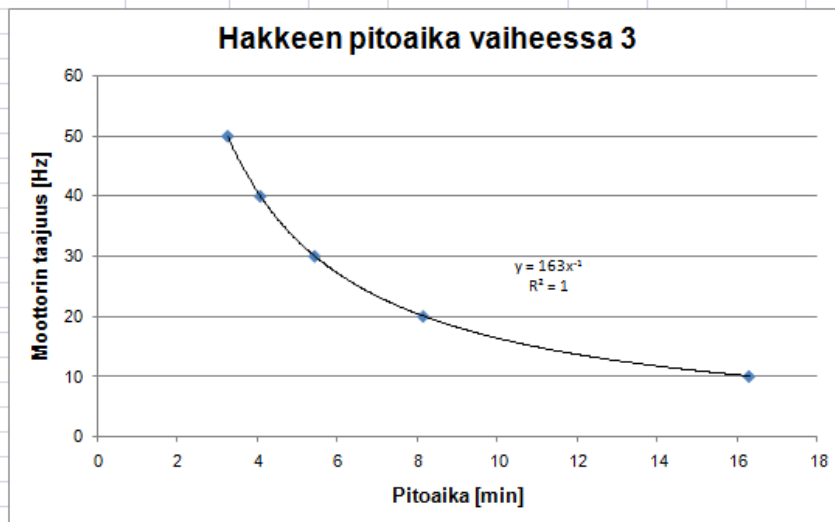


## 6.4 Pitoaika

Prosessissa on oleellista hallita hakkeen pitoaika ja tämä tapahtuu ruuvien kierrosnopeutta säätämällä (Sarvelainen 2012). Muista moottoriipiireistä poiketen tällä moottoriipiirillä ohjearvo asetetaan suoraan aikana käyttöliittymästä ja logiikan ohjelma muuntaa tämän ajan taajuusmuuttajan ohjearvoksi laskentalohkojen avulla.

Pitoajan ohjelmallinen toteutus on tehty yhtälöihin (5) - (9) sekä Excel kuvaajaan perustuen, joka on esitetty kuvassa 9. Yhtälö (10) on saatu Excelin avulla selville käyttäen käyränmuodostus toimintoa. Tätä yhtälöä (10) käytetään sekä logiikka ohjelmassa, että käyttöliittymä sovelluksessa muuntamaan annettu pitoaika sitä vastaavaksi taajuusarvoksi. Ohjausjärjestelmästä tämä tieto välittyy taajuusmuuttajalle haluttuna taajuus arvona.

NOPEUS/TAAJUUS		TILAVUUSVIRTA/TAAJUUS	
viipymäaika	taajuus	til	taajuus
3,26	50	2,85399	50
4,075	40	2,2832	40
5,43333333	30	1,7124	30
8,15	20	1,1416	20
16,3	10	0,5708	10
		0	0



Pitoaika (t) oltava säädettävä alkuarvo (välillä 5 min - 60 min).

Moottorin taajuus (f) säädetään yhtälön mukaisesti.

$$f = \frac{163}{t}$$

jossa

t

aika (min)

f

taajuus (Hz)

Kuva 9. Pitoajan ja taajuuden Excel mallintaminen (Sarvelainen 2012).

$$f = \frac{163}{t} \quad (10)$$

Pitoajasta puhuttaessa viitataan aina edellä mainittuun yhtälöön (10).

## 6.5 Jäähdytys

Prosessissa hakkeen lämpötila nousee suhteellisen korkeaksi. Tämän takia prosessin viimeinen osuus on jäähdytys, joka tapahtuu pumppaamalla vettä putken läpi ja asettamalla sopiva ruuvinkierrosnopeus (Sarvelainen 2012). Kierrosnopeuden asetus on tärkeää varsinkin lopputuotteen laadun ja keräyksen kannalta.

Ruuvien nopeudella vaikutetaan torrefioitun hakkeen loppulämpötilaan, mutta käytännössä hake on loppuvaiheessa aina vedenlämpötilassa. Ainoastaan liian nopealla ruuvien nopeudella voidaan jäädä korkeampaan lämpötilaan. Tässä tapauksessa ei tarvita säätöä. Prosessin toiminnan kannalta riittää, että ruuvien kierrosnopeus on aseteltavissa sopivaksi käyttöliittymästä.

## 7 LOGIIKAN OHJELMOINTI

Ohjelmointi on tehty Siemens S7-1200 logiikka yksikön ohjelmointi ohjelmalla TIA portal. Ohjelmointi tapana on käytetty Ladder-ohjelmointia. Ohjelma on jaettu omiin FC lohkoihinsa, josta ne kutsutaan OB-lohkon kautta. Näin on muodostettu omat piirit eri toiminnoille. Tämä mahdollistaa myös FC-lohkojen ehdollisen käytön. Näin on mahdollista sulkea koko FC-lohko pois käytöstä esimerkiksi vikatilassa, josta tulisi tieto logiikalle. Esimerkki ladder tyyppisestä ohjelmoinnista löytyy liitteestä 3.

Ruuvikuljettimien moottoreille on olemassa ryhmäkäynnistyspiiri sekä käsikäynnistyspiiri. Näiden moottoreiden nopeuden ohjearvot on kuitenkin sijoitettu OB-lohkoon, eikä niitä kutsutaan erikseen toisin kuin ryhmäkäynnistys tai automaatti. OB-lohkoissa on määritetty millä perusteella mikäkin piiri kutsutaan. Automaatti ja käsiohjaukseen on varattu oma muistipaikka, joka määrittää kumpi piiri on käytössä. Automaattipiiri tässä tapauksessa on moottoreiden ryhmäkäynnistys, jossa prosessiruuvit käynnistyvät

järjestyksessä. Ensimmäinen ruuvi käynnistyy heti, jonka jälkeen ruuvit käynnistyvät järjestyksessä aina sekunnin viiveellä toisistaan.

Säätöpiireissä ja analogisissa ohjaus piireissä vaadittiin useita muunnoksia viestien muotoon. Tarvittaessa kokonaisluku muotoinen viesti voidaan muuntaa liukuluku viestiksi ja päinvastoin. Kaikissa ohjauksissa on käytetty muunnoksia ja laskutoimitus lohkoja, jotta käyttöliittymän ohjaukset on saatu muunnettua oikeanlaisiksi ja vastaanmaan haluttua ohjearvoa.

Työssä on käytetty myös datablock (DB) lohkoja, joka on varmennettua muistialuetta ja toimii hieman TAG-listan tyyliä, myös PID-säätimet käyttävät DB-muistilohkoja. Lohkoon voidaan kirjoittaa dataa ja hakea sitä sieltä. Kuvassa 10 on esitetty työssä käytetyt muistilohkon tiedot.

Name	Data type	Start value	Retain	Visible in ...	Comment
1	Static				
2	Motor3Data	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Feed	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Motor3	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Motor4Hz	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Motor2Hz	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Motor1Hz	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Static_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	ValveManualValue	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Valve_SetPoint	Int	275	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	APu	Int	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	FanSpeed	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Manual_Speed	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 10. Datablock-lohko prosessin muistialueen nimistä

Työssä käytetyt tag tiedot löytyvät liitteestä 4. Tag listalla voidaan nähdä kaikki ohjelmassa käytetyt I/O-tiedot sekä ohjelman sisäisten muistipaikkojen tietoja. Jokaisella

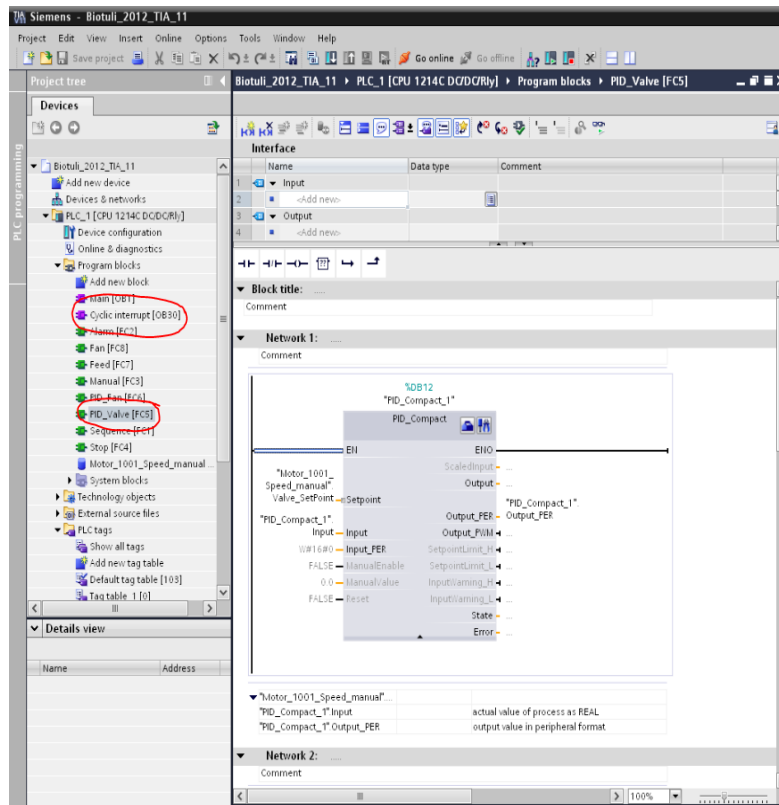
tagilla on oma nimi, josta selviää minkä tyyppinen tieto on kyseessä sekä mikä on sen I/O-kanava tai sisäinen muistipaikka.

## 7.1 PID-säätimet

PID-säätimiä varten logiikka tarvitsi oman OB-lohkonsa, joka on cyclic muotoinen (Häkkinen 2012). Tällä loholla kutsuttiin PID-säätimien piirejä. Tavallisessa OB-lohossa PID-säätimiä ei pysty toteuttamaan. Säätimet voidaan ohittaa haluttaessa siirtäen näin niiden ohjaukset käsikäyttöön. Puhaltimelle sekä säätöventtiilille on molemmille oma FC lohkonsa, jotka kutsutaan Cyclic OB-lohkosta. Piirin siirtäminen käsikäyttöön tapahtuu muistipaikan avulla, joka katkaisee PID-piirin ohjearvon ja ohjaa ohjearvon uudesta paikasta. Automaatilla asetetaan asetusarvo piirille ja ohjearvo lähtee toimilaitteelle säätimeltä, käsiajolla tämä toiminto on ohitettu ja toimilaitteelle menee suoraan käyttäjän asettama ohjearvo. Ohjearvot asetetaan PC-käyttöliittymästä prosentti arvona 0 - 100 %.

PID-säätimet vaativat viritys parametrien asettelun, säätimen rajojen asettelun ja muita erinäisten asetusten muuttamisen. PID-piiriä valittaessa ohjelmassa on valittavissa kaksi erilaista piiriä hieman säätökohteesta riippuen. PID-piiriä tehtäessä muodostuu jokaiselle säätimelle oma muistilohko, josta säätimen asettelut ja viritys tehdään.

Kuvassa 11 on esitetty PID-säätimen rakenne. Kuvassa on esitetty FC-lohkon osio, jossa on varsinainen PID-säädin lohko. Kuvassa on ympyröity punaisella Cyclic-lohko, josta säätöpiiriä kutsutaan sekä kyseisen FC-lohkon nimi, jossa säätö tapahtuu. Tämän lisäksi FC-lohkoon on sijoitettu muita PID-piirin vaatimia ohjaustoimintoja ja viesti muunnoksia, joita tarvitaan piirin toimimiseksi sekä käsikäytön mahdollistamiseksi.



Kuva 11. Nestekaasuventtiin PID-säädin lämpötilan säätöä varten

## 7.2 Moottori ohjaukset

Moottoreiden ohjaukset on tehty ilman säätöpiirejä ja niiden nopeudet ovat asetettavissa käyttöliittymien kautta. Ohjelmallisesti moottoreiden ohjaukset on erotettu niin sanottuun automaatti moodiin ja käsikäyttöön. Ruuvikuljettimien moottorit ovat oma ohjelmansa, syöttösiilon ruuvin moottori omansa sekä puhaltimen moottori omansa.

Ruuvikuljettimien kohdalla automaatti ja manuaali moodin välillä ei ole merkittävää eroa. Automaatilla ruuvien käynnistys tapahtuu sekvenssissä ylimmästä ruuvista alkaen yhdestä painikkeesta käyttöliittymän kautta. Automaattimoodilla pysäytys tapahtuu samasta painikkeesta, jolloin kaikki moottorit pysähtyvät välittömästi. Manuaalilla jokainen moottori on erikseen käynnistettävissä ja pysäytettävissä, eikä käytössä ole automaatin tapaista ryhmäkäynnistys ja pysäytys sekvenssiä. Manuaali ja automaatti moodit toimivat niin että ne ovat toisensa pois sulkevia eli vain toista moodia voidaan käyttää ja moodi on aina valittava halutun ohjaustavan mukaan. Molemmilla ohjaustavoilla moottoreiden nopeus asetetaan käyttöliittymästä. Tämä on mahdollista, koska nopeus ohjaukset on sijoitettu suoraan OB-lohkoon, josta ne ovat kokoajan haettavissa eivätkä ole ehdollisia.

Syöttöruuvilla on olemassa vain manuaalimoodi, joka mahdollistaa syötön käynnistyksen ja pysäytyksen käyttöliittymistä. Syöttöruuvin käy/seis ohjaus ja syöttökapasiteetti ovat sijoitettuna samaan FC-lohkoon, josta ne kutsutaan OB-lohkoon.

Savukaasupuhallin on omana FC-lohkonaan, jossa on valittavissa automaatti ohjaus tai käsiohjaus. Kyseiseen lohkoon on sijoitettu myös PID-säädin, joka ohjaa puhaltimen taajuuden ohjearvoa puhaltimen ollessa automaatti moodilla. Käsiajo moodi tässä toteutuksessa katkaisee PID-säätimeltä tulevan ohjearvon ja tuo ohjearvon suoraan käyttöliittymästä. Puhaltimen käynnistys ja pysäytys ovat omana lohkonaan ja riippumattomia siitä, onko puhallin käsikäytöllä vai automaattilla.

## 8 KÄYTTÖLIITTYMÄ

Prosessissa on kaksi käyttöliittymää, jotka eivät suoranaisesti ole yhteydessä toisiinsa. Ohjaus voidaan suorittaa kosketuspaneelilta tai PC-käyttöliittymältä. Käyttöliittymien toiminta edellyttää seuraavat laitteet sekä ohjelmalliset rajapinnat:

- Ethernet-kytkin
- Ethernet-kaapelointi
- PLC-yksikkö Ethernet-portilla
- Kosketuspaneeli Ethernet portilla
- PC Ethernet portilla
- Käyttöliittymä sovellus (Wonderware)
- OPC-serveri
- Topic
- InTouch (PC-käyttöliittymä sovellus)
- Kosketuspaneelin käyttöliittymä sovellus

Vaikka käyttöliittymät ovat täysin eri ohjelmilla ja laitteilla toteutetut ne reagoivat toisiinsa, sen mukaan mitä muutoksia ohjaukseen tehdään toisesta käyttöliittymästä.

Esimerkiksi, jos PC-käyttöliittymästä vaihdetaan ohjaus automaattimoodille, vaihtuu moodin tila myös kosketuspaneelin käyttöliittymässä. Molemmissa käyttöliittymissä on olemassa samat ominaisuudet, joskin kosketuspaneelin toteutus on jätetty vähemmälle huomiolle. Tästä johtuen käyttöliittymä kosketuspaneelin kautta on jokseenkin vaikeakäyttöinen.

## 8.1 Kosketuspaneeli

Prosessi sisältää kosketuspaneelin käyttöliittymän, johon tässä opinnäytetyössä ei varsinaisesti tehty suuria muutoksia. Tässä työssä kosketuspaneeli oli lähinnä testauskäytössä varsinkin ennen PC-käyttöliittymän tekoa. Varsinainen käyttöliittymä kosketuspaneeliin oli toteutettu opiskelijatyönä alkuvuodesta.

Kosketuspaneelin näkyviin muutoksiin kuului PID-piirien asetusarvojen asettelu valikkojen lisäykset sekä syöttösiilon ohjaus. Visuaalisten lisäysten lisäksi käyttöliittymästä poistettiin toiminnallisia virheitä ja tehtiin muita toiminnallisia korjauksia.

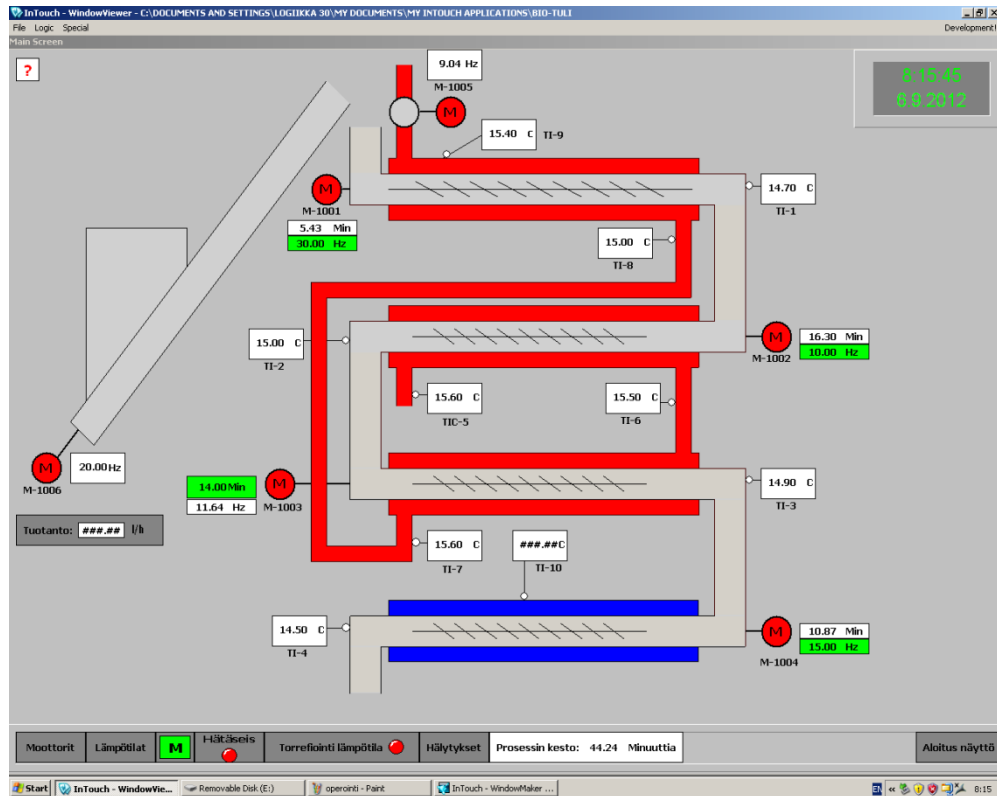
Syöttösiilon ohjaukseen tehtiin vielä muutoksia työn kirjoitusvaiheessa, jotka mahdollistivat siilon kaikkien toimintojen operoinnin myös kosketuspaneelilta. Muutokset tehtiin, koska oli ilmennyt, että käytössä oleva PC, johon varsinainen käyttöliittymä oli tehty, ei ollut toiminnaltaan luotettava.

## 8.2 PC-käyttöliittymä

Käyttöliittymä on toteutettu Wonderwaren InTouchilla. Käyttöliittymä sisältää reaaliaikaiset trendinäytöt, joilta voidaan seurata prosessin kannalta oleellisimpia lämpötiloja sekä toimilaitteiden ohjausten arvoja.

Varsinaisia historia trendejä prosessissa ei ole, koska ohjelmallisesti toteutus olisi ollut erittäin paljon aikaa vievä ja haastava toteuttaa. Historiatrendien teko olisi vaatinut historia datan keräys ohjelman, johon prosessin mittaustiedot olisi tallennettu ja olisi edelleen haettu prosessinäytölle historia trendiin. Ongelma on ratkaistu osittain tekemällä reaaliaikainen trendinäyttö, joka on mitoitettu kymmenen tunnin ajalle. Tämä riittää prosessin testauksiin ja seurantaan varsin hyvin.

Käyttöliittymä sisältää useita prosessinäyttöjä, joiden tarkoitus on mahdollistaa prosessin tarkka hallinta. Ohjauksissa on olemassa automaatti- sekä manuaalimoodit. Moodit ovat valittavissa käyttöliittymän näytöltä.

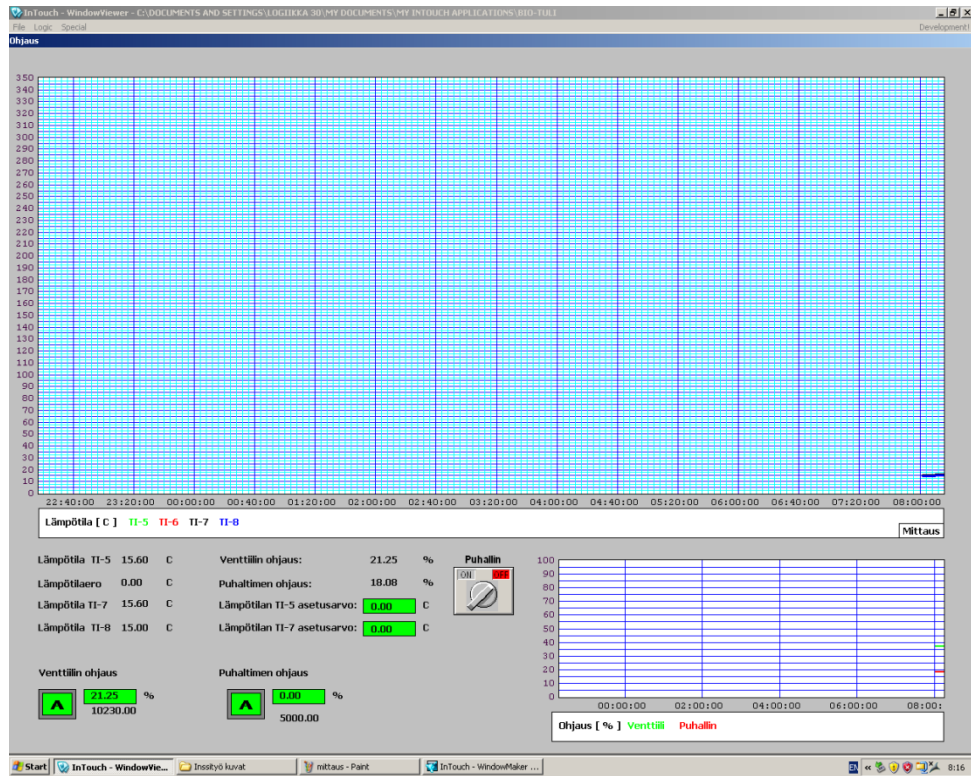


Kuva 12. InTouch PC-käyttöliittymä prosessin operointia varten

Kuvassa 12 on näkyvässä prosessin käyttöliittymä, josta voidaan hallita prosessin moottoreita, seurata lämpötiloja, vaihtaa ohjaus moodia ja siirtyä muihin prosessi näyttöihin. Tämä kuva on prosessin hallinnan pääsivu. Kaikki vihreällä pohjalla olevat arvot ovat asetettavissa sekä moottoreiden päältä klikkaamalla voidaan käynnistää ja pysäyttää moottoreita niiden ollessa käsiajolla.

Käyttöliittymästä on pyritty tekemään erittäin yksiselitteinen ja selkeä, jotta se, olisi helppo käyttää. Suurin osa visuaalisesta toteutuksesta on luotu InTouchin paint tyyli-sillä työkaluilla, jonka jälkeen niihin on liitetty tarvittavat mittaus ja ohjaustiedot. Käyttäjän kannalta toteutuksessa on käytetty värejä, joilla ilmaistaan voiko jotakin oh-jata, onko jokin käynnissä vai seis sekä kirjaimia. Toteutus on tehty PI-kaavion poh-jalta käyttöliittymän käytön helpottamiseksi. Käyttöliittymään on lisätty myös lasken-nallisia aikoja, jotka ovat yhteydessä moottoreiden pyörintä nopeuksiin joiden arvot saadaan käyttöliittymään. Nämä laskennalliset ajat ilmoittavat arvoin prosessin kestos-ta eli kuinka kauan aikaa hakkeella kestää kulkea ensimmäisen prosessiruuvien alusta keräysastiaan asti.





Kuva 13. InTouch käyttöliittymän lämpötilojen hallinnan PC-käyttöliittymä

Kuvassa 13 on esitetty PC-käyttöliittymän lämpötilojen ohjaus näyttö. Tältä prosessinäytöltä valitaan savukaasupuhaltimen ja nestekaasu polttimen venttiilin ohjaustapa sekä asetusarvo. Kuvassa suurempi trendinäyttö on lämpötilojen seuranta varten ja se on mitoitettu näyttämään lämpötilat kymmenen tunnin ajalta. Oikealla alakulmassa oleva trendinäyttö näyttää venttiilin sekä puhaltimen ohjausarvot kymmenen tunnin ajalta. Molemmat trendi näytöt päivittyvät samalla nopeudella, joten tästä voidaan seurata ohjausten ja lämpötilojen välistä yhteyttä. Puhaltimella on näytöllä myös käy/seis kytkin käynnistystä ja pysäytystä varten. Kaikki vihreällä pohjalla olevat arvot ovat asetettavissa olevia arvoja.

PC-käyttöliittymän käyttämiseksi on tehty lyhyt käyttöohje, joka löytyy liitteestä 5. Käyttöohjeen avulla pitäisi pystyä käyttämään prosessia riittävällä tavalla. Ohjeet sisältävät tiedot kuinka käynnistää käyttöliittymä, moottorit, nestekaasupoltin sekä kuinka asettaa lämpötiloille halutut asetusarvot.

### 8.3 DASSIDirect

Ohjausten ja mittausten liittämiseksi PC-käyttöliittymään tarvittiin rajapinta, joka pystyy lukemaan ja kirjoittamaan tietoa käyttöliittymän ja logiikkayksikön välillä. Tätä

varten rajapintaohjelmaan, joka on tässä tapauksessa DASSIdirect IO-serveri ohjelma, on määritettävä oikeat asetukset. Asetuksiin kuuluvat verkko-osoite , logiikkayksikön määrittäminen, käytettävät topic-nimet ja tiedonsiirto, jotta käyttöliittymän ja logiikkayksikön välinen kommunikointi olisi mahdollista. (Klinkman automation)

Rajapinta sijaitsee käyttöliittymän PC:ellä, johon asennetun kyseisen serveri paketin jonka osana DASSIDirect on. Rajapinta asetukset sijaitsevat SMC tasossa eli system management console:ssa. Kommunikointi perustuu TCP/IP-protokollaan, jossa tietoa siirretään logiikkayksiköltä Ethernetin välityksellä käyttöliittymä PC:lle, jossa tietojen käsittely tapahtuu DAServerin rajapinnalla.

## 9 TESTAUSVAIHEET

Testaus vaiheet työn edetessä muodostuivat laboratoriotiloissa suoritetuista testauksista sekä kentällä tehdyistä testauksista. Laboratoriotestauksilla pyrittiin varmistamaan uusien laitteiden toiminta ennen niiden asennusta kentälle.

Kentävaiheen testauksissa pystyttiin selvittämään jo asennettujen laitteiden ja tehtyjen ohjelmien yhteensopivuutta sekä tekemään muita niiden kannalta oleellisia testejä. Näin ollen prosessikokonaisuuttakin pystyttiin testaamaan.

### 9.1 Toimilaitteen ja venttiilin testaus

Prosessin automatisointia testattiin sitä mukaan mitä prosessissa saatiin valmiiksi. Venttiilin ja sen toimilaitteen testaus tapahtui useassa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa venttiilin ja sen toimilaitteen kytkentä selvitettiin ja testattiin automaatiolaboratoriossa, jossa testaus sujui ongelmitta. Testaus vaiheessa toimilaitetta ei varsinaisesti kiinnitetty venttiiliin vaan se asetettiin paikalleen sille tarkoitettu kohdalle, jossa se pysyi riittävän hyvin ilman liitántäruuvien asennusta venttiilin pienen koon vuoksi. Venttiilin toimilaite oli täysin sähköisesti toimiva ja sen hallintaan tarvittiin jännitesyöttö sekä ohjausjännite.

KytKentä pystyttiin tekemään kolmi-johdin tai neli-johdin kytkentänä, joten molemmat mahdollisuudet testattiin. Jännitesyöttöä varten käytössä oli säädettävä jännitelähde ja toinen säädettävä jännitelähde ohjausta varten. Jännitesyötön jännite oli asetettu 24 V DC jännitteeseen ja ohjaus jännitettä testattiin jännite alueella 0 - 10 V DC, jotta

voitaisiin varmistua venttiilin toiminnasta ja toimsuunnasta. Toiminnan testaamisessa käytettiin myös kytkennän jännitteiden mittaamiseksi jännitemittaria, jotta voitiin varmistua jännitteistä ohjauksessa sekä syötössä.

Venttiilin laboratoriotestauksen jälkeinen testaus suoritettiin, kun venttiili ja sen toimilaitte oli asennettu prosessiin ja sen sähköiset kytkennät oli suoritettu. Tämä testaus tapahtui alustavasti pelkän käsiohjauksen avulla, jota pystyttiin ohjaamaan logiikalla PC-käyttöliittymän välityksellä. Tässä testauksessa varmistettiin venttiilin ja sen toimilaitteen kytkentä prosessissa, jotta sitä voitaisiin testata seuraavaksi nestekaasupolttimen tehonsäädössä. Pienien ongelmien jälkeen tämäkin testaus onnistui ja venttiiliä pystyttiin ohjaamaan käyttöliittymästä.

Seuraavassa vaiheessa testaus tapahtui nestekaasulla, jotta venttiilin asennon vaikutusta lämpötilaan voitaisiin seurata. Tätä varten käyttöliittymään oli tehty myös trendinäyttö johon mitattava lämpötila TI-5 oli liitetty, jotta tätä muutosta voitaisiin seurata. Testin tarkoituksena oli myös selvittää missä venttiilin asennossa nestekaasupolttimen liekki sammuisi, koska tämä tulisi myöhemmin ottaa huomioon logiikkaa ohjelmoitaessa liekin sammumisen estämiseksi. Testeissä osoittautui, että kyseinen palloventtiili ei ole paras mahdollinen nestekaasun virtauksen säätämiseen, kuten oli jo tilausvaiheessa epäilty. Ongelmaksi muodostui pieni käyttö alue jolla venttiili toimi ja käyttöalueen jyrkät muutokset. Pienikin muutos venttiilin asentoon vaikuttaa suuresti polttimen tehoon ja tätä kautta lämpötilaan.

## 9.2 Polttimen tehon ja lämpötilansäätimen testaus

Seuraavassa vaiheessa venttiilin säätämiseksi tehtiin script-ohjelma käyttöliittymään ilman muutoksia Siemens S7-1200 logiikkayksikön ohjelmointiin. Tässäkin testauksessa käytettiin jo aikaisemmin luotua trendinäyttöä, joka mahdollisti lämpötilan seuraamisen reaaliajassa. Tämän avulla saatiin selville, että lämpötilan säätö on mahdollista, kunhan se on hyvin ohjelmallisesti suunniteltu venttiilin pienestä ja jyrkästä säätöalueesta huolimatta.

Seuraava testaus oli siirryttäessä scripti ohjelmasta varsinaiseen PID-säätimeen, jonka käyttöön otto oli aikaa vievä ja vaativa tehtävä. Piirin toteutusta vaikeutti kokemattomuus varsinaisen PID-piirin teosta ohjelmallisesti vaikkakin teoria oli hallinnassa. Tätä testausta varten käyttöliittymää muokattiin käyttötarkoitukseen paremmin soveltu-

vaksi ja varsinainen ohjelmallinen toteutus tapahtui logiikkayksikön avulla, mutta asetusarvo annettiin käyttöliittymästä. Säättöpiirin viritystä helpotti logiikkayksikön ohjelman automaattinen viritys mahdollisuus, joka suorittaa PID-säätimen tekoon liittyviä askelkokeita. Tämä edesauttoi vaativan lämpötilan säättöpiirin parametrien määrittämistä. Testausta tässä vaiheessa suoritettiin useaan otteeseen vaikkakin se todettiin ilmeisen toimivaksi jo heti ensimmäisellä testauksella kun piiri oli saatu toimintakuntoon. Toiminnan varmistamiseksi halutulla tavalla ja riittävällä tarkkuudella suoritettiin vielä useita testauksia ja varsinaista prosessin koeajoja. Tämä lämpötilan säättöpiiri todettiin toimivaksi ja se on PI-kaaviossa nimellä TIC-5.

### 9.3 Puhaltimella toteutetun lämpötilasäätimen testaus

Seuraava vaihe oli saada mittauksen TI-7 lämpötilan säätö mahdolliseksi muodostaen TIC-7 säättöpiiri. Alkuperäinen suunnitelma oli tehdä piiri, josta asetettaisiin lämpötila-ero mittausten TI-5 ja TI-7 välille, jolloin piiri olisi nimetty nimellä TDIC-57. Tätä lämpötila-eroa oli tarkoitus säätää savukaasupuhaltimen avulla. Tätä lämpötila-erosäädin piiriä toteuttaessa ongelmia muodostui useita ja niihin pyrittiin löytämään ratkaisua. Yksi ongelmista oli, että piirin toiminnassa olisi ilmennyt ongelmia negatiivisilla arvoilla joita voisi muodostua esimerkiksi kun lämpötilaa laskettaisiin prosessissa. Tämä aiheutti piirissä toiminta häiriön, joka katkaisi säätimen toiminnan. Ongelman ratkaisemiseksi ei näyttänyt löytyvän mitään järkevää ratkaisua, joten tästä siirryttiin TIC-7 säättöpiirin tekoon.

TIC-7 säättöpiirin ja TIC-5 piirin avulla pystyttiin yhdessä asettamaan lämpötila-ero asettamalla molemmat säätimet haluttuihin asetusarvoihin. Tämä poisti lämpötila-eron mittaus ongelman ja tässä ratkaisussa piirit toimivat täysin itsenäisesti välittämättä toistensa toiminnasta. Vaikkakin jo TIC-5 piirin testauksessa oli todettu puhaltimen kierrosnopeuden vaikuttavan virtauksen kautta piirin toimintaan, joissakin tapauksissa heikentäen sen säätöominaisuuksia ja joissain tapauksissa parantaen niitä. Tästä ei kuitenkaan muodostunut ongelmaa, koska pääasiassa piiri toimii yhden celsius asteen tarkkuudella ja heikoimmillaankin neljän celsius asteen tarkkuudella.

TIC-7 piirin tekeminen vaati oman aikansa ja testinsä. Tässä piirissä viritäminen ei onnistunut automaattia apuna käyttäen, koska piirin hitaus ilmeisesti aiheutti automaattitoiminnon toimimattomuuden. Useamman testauksen jälkeen tätä automaattiviritys metodia käyttäen siitä luovuttiin ja päädyttiin määrittämään parametrit käsin. Pa-

rametrien määrittelyn pohjana käytettiin TIC-5 piirin parametreja, jotka oli todettu toimiviksi. Piirin parametreissa otettiin huomioon vielä savukaasupuhaltimeen tehdyt ramppitoiminnot, jotka oli toteutettu taajuusmuuttajan parametreilla. Ramppien tarkoituksena oli vähentää puhaltimen rasitusta välttämällä äkillisiä muutoksia kierrosnopeudessa. Parametri asetettiin tässä tapauksessa perustui siis arvioon, jonka pohjana toimivat prosessin aikaisemmissa testauksissa tuomat tiedot. Tämä arvioon perustuva menetelmä onnistui heti ensimmäisellä yrittämällä eikä parametreihin toiminnan kannalta tarvinnut tehdä muutoksia. Parametrit puhaltimelle olivat melko lähelle samankaltaiset, kuin polttimen parametrit ja osoittautui, että tällä piirillä saavutettaisiin riittävä tarkkuus prosessin kannalta.

#### 9.4 Prosessin testaus

Piirien toiminnan jälkeen prosessilla suoritettiin useita torrefiointikokeita, joissa piirin toimintaa päästiin vielä todentamaan käytännössä. Hakkeen kulkeminen prosessissa olisi mahdollisesti voinut vaikuttaa säätimien toimintaan, mutta tätä ei tapahtunut vaan muutokset olivat verrattain pieniä joten säätimet toimivat oikein.

Prosessin testaus tapahtui useassa vaiheessa, koska alkuvaiheen prosessi ei sisältänyt hakkeen syöttöä vaan se oli vasta suunnittelu vaiheessa. Tässäkin tapauksessa prosessia pystyttiin ajamaan, joskin hakkeen syöttö täytyi tehdä käsin, mutta tämä ei estänyt prosessilaitteiston automatisoinnin testausta ja sen säätöpiirien toimintaa. Työn loppupuolella saatiin kuitenkin syöttöjärjestelmä, joka jäi prosessin viimeiseksi automatisoitavaksi osaksi.

Prosessiruvien ohjaus toimi käsikäytöllä suoraan taajuusmuuttajien paneelista ohjattuna siihen asti kunnes hakkeen syöttö oli saatu testattua. Tämän jälkeen kaikki ohjaukset siirrettiin PC-käyttöliittymään ja niiden toimivuus testattiin. Testaus sisälsi moottoreiden käynnistys ja pysäytys toimintojen toteamisen sekä taajuusohjeen toimivuuden testauksen. Toteutus ja testaus onnistuivat hyvin, koska ohjelmallisesti käyttöliittymä oli ollut siirtoa varten jo hieman ennemmin eikä siirto vaatinut kuin taajuusmuuttajan ohjauspaikka parametrin vaihdon.

Prosessin testauksissa saatiin monenlaisia lopputuotteita hieman ajotavasta riippuen. Yksi parhaimmin onnistuneista torrefiointikokeista tuotti lopputulokseksi kuvan 14 nä-

köistä haketta. Kyseisen torrefiointiasteen omaavaa haketta voidaan laitteistolla nykyään tuottaa tasaisesti.



Kuva 14. Prosessilla lämpökäsiteltyä lopputuotetta puuhakkeesta

## 10 TULOKSET JA MAHDOLLISET JATKOTOIMENPITEET

Torrefiointi prosessin automatisointi onnistui työssä riittävän hyvin ja sille asetetut tavoitteet saavutettiin riittävällä tasolla. Tärkeimpänä osa-alueena työssä oli hakkeen lämpötilan hallinta, joka tapahtuu säätämällä prosessin lämpötilaa savukaasujen avulla ja tämä saavutettiin kahdella itsenäisellä PID-piirillä.

Työn muissakin osa-alueissa saavutettiin hyviä tuloksia. Ruuvien ohjaus kuului oleellisesti prosessin hallintaan ja tässäkin onnistuttiin riittävän hyvin prosessin kannalta. Ruuvikuljettimien ohjauksessa olisi tosin vielä paljon paranneltavaa, kuten niiden mahdollista häiriötilanteen automaattista korjausta.

### 10.1 Logiikan ohjelmalliset parannukset

Vaikkakin prosessiin olisi mahdollista tehdä paljon kehittyneempi ja itsenäisemmin toimiva automaatio tätä ei kuitenkaan tehty tämän insinööriyön puitteissa, koska ajal-

lisesti siihen olisi kulunut paljon enemmän aikaa mitä insinööriyön tekemiseen on tarkoitus käyttää. Suunnitelmana oli saada kaikki prosessin ruuvit toimimaan täysin automaattisesti asettamalla prosessille vain syöttöön haluttu syöttöarvo litraa / tunnissa. Tämä ei kuitenkaan ollut täysin oleellista työn kannalta, koska nyt ruuvit ovat aseteltavissa käsin käyttöliittymän näytöltä.

## 10.2 Käyttöliittymän parannukset

Käyttöliittymään voisi lisätä moottoreiden suunnanvaihdon, jotta vikatilanteissa moottoreita voitaisiin ajaa taaksepäin. Tämä mahdollisuus on olemassa vain kosketuspaneelin käyttöliittymässä, mutta sitä ei ole tehty PC-käyttöliittymään. Tämä hankaloiittaa vikatilanteissa prosessilaitteiston käyttöä, koska kosketuspaneelin käyttöliittymä vaatisi paljon lisää parannuksia, jotta sitä olisi selkeämpi käyttää. Tämäkin käyttöliittymä olisi kyseisestä syystä hyvä päivittää paremmaksi.

Suunnitteilla oli myös tehdä mahdolliseksi etäyhteys prosessiin. Tämän yhteyden avulla prosessin dataa olisi voitu siirtää johonkin työpisteeseen Internet yhteyden välityksellä ja ehkä jopa mahdollisesti ohjata prosessia. Tämän kaltainen yhteys mahdollistaisi tehokkaan tietojen keräyksen prosessin kulusta, jota voitaisiin tehokkaasti käsitellä vaikkapa Excel taulukkolaskenta ohjelman avulla. Tällainen tietojen keräys olisi erittäin hyödyllinen ottaen huomioon prosessin ja hankkeen luonteen.

## 10.3 Prosessin lopputuotteen keräyksen automatisointi

Prosessin toiminnan kannalta ei niin oleellinen, mutta sitä parantava osa-alue oli rakentamatta ja automatisoimatta. Prosessi voisi sisältää hakkeen automatisoidun keräyksen, jolloin voitaisiin luopua nykyisestä menetelmästä, jossa hake kerätään muovämpäriin. Tämä on prosessin käytön kannalta jokseenkin hankalaa sekä työlästä.

Automatisoidulla keräyksellä pystyttäisiin keräämään lopputuote talteen paljon helpommin ja tehokkaammin. Keräys voisi tapahtua ruuvikuljettimen avulla joka nostaisi hakkeen kontin lattian tasolta järkevälle korkeudelle ja sopivaan paikkaan, mistä sen keräys onnistuu helposti. Siirto voisi tapahtua tässä tapauksessa suurempaan astiaan, jota ei tarvitsisi välttämättä jatkuvasti vaihtaa. Tämä estäisi myös ylimääräisen hapen pääsyn prosessiin, jota sinne ei olisi tarkoitus päästää.

## 11 LOPPUPOHDINTA

Projekti onnistui tavoitteiden mukaisesti ja opinnäytetyö oli sopivan haastava sekä laaja opinnäytetyöksi. Työn toteutuksessa ja testauksessa vaadittiin koulutuksen antamia pohjatietoja sekä insinööriltä vaadittavaa ongelman ratkaisukykyä.

Toteutus vaati prosessin toiminnan ymmärtämistä kokonaisuutena, jotta tarvittavat automatisoinnit pystyttiin toteuttamaan. Haasteellisimpia osuuksia työn toteutuksessa olivat lämpötilan säädöt. Vaikeutta lisäsi nestekaasupolttimen teho, joka oli tarvittua suurempi. Suuren tehon vuoksi ja käytössä olevan venttiilin takia, lämpötilan säätäminen oli haastava tehtävä. Pienilläkin venttiilin asennon muutoksilla oli suuri ja nopea vaikutus prosessin savukanavan alkupuolen lämpötiloihin. Ongelmana oli myös kuinka rajoittaa poltin tietylle alueelle, jotta liekki ei sammuisi lämpötilan hallinnan ollessa käsikäytöltä siirrettynä automaatille. Sain kuitenkin toteutettua tarvittavat säätöpiirien toiminnat ja rajoitukset saaden näin prosessin lämpötilat hyvin hallittaviksi. Itse olen tyytyväinen kokonaisuudessaan lämpötilasäätimien toimintaan, koska ne olivat ensimmäiset tekemäni PID-säätimet.

Työn tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja ammatillisesti kehittävää, johtuen sen monipuolisuudesta ja asettamista haasteita, jotka jouduin ratkaisemaan. Prosessin automatisointia olisi voitu kehittää vielä enemmänkin, mutta automatisointiin varatun budjetin puitteissa se ei ollut mahdollista.

Prosessin automatisointi onnistui kuten halutusti ja sen edetessä prosessin jatkokehitystä varten syntyi paljon ideoita. Osa ideoista voisi olla mahdollista toteuttaa opinnäytetyönä tai opiskelijoiden harjoitus- / projektitöinä.

Joitakin asioita saattaisin tehdä hieman toisin, mikäli minun pitäisi tehdä sama työ uudestaan, mutta pääasiassa olen erittäin tyytyväinen toteutukseen kokonaisuutena ja sen toimintaan, joka on osoittautunut toteutetun automaation osalta toimivaksi ja luotettavaksi. Lämpötilasäätimien kohdalla olisi voinut huomioida paremmin niiden vaikutukset toisiinsa näin ollen parantaen säätöjen tarkkuutta. Tämä ei kuitenkaan muodostanut ongelmaa prosessinkannalta, sillä riittävä lämpötilansäätö tarkkuus saavutettiin.



## LÄHTEET

Asmala H. Koskinen K. Koskela M. Mätäsniemi T. Soini A. Strömman M. Tommila T. ja Valkonen J. Suomen Automaatioseura ry. 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys - Suunnittelun työtavat, välineet ja sovellusarkkitehtuuri. Helsinki: Asemapäällikönkatu 12 B.

Harju T. ja Marttinen A. 2000. Control CAD Oy. Säättöpiirin virityksen perusteet. Espoo.

Häkkinen, J-J. Projektiasiantuntija. Keskustelut. 3.5 - 31.8.2012. Kotka: KyAMK.

Joronen T. Kovács J. ja Majanne Y. Suomen Automaatioseura ry. 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki 2007.

Kankkunen, V. Lehtori. Keskustelut 3.5.2012 - 31.8.2012. Kotka: KyAMK.

Klinkman automation, cl server/client. s.a. Saatavissa:

<http://media.klinkmann.com/servers/docs/52010m12.pdf> [Viitattu 5.11.2012]

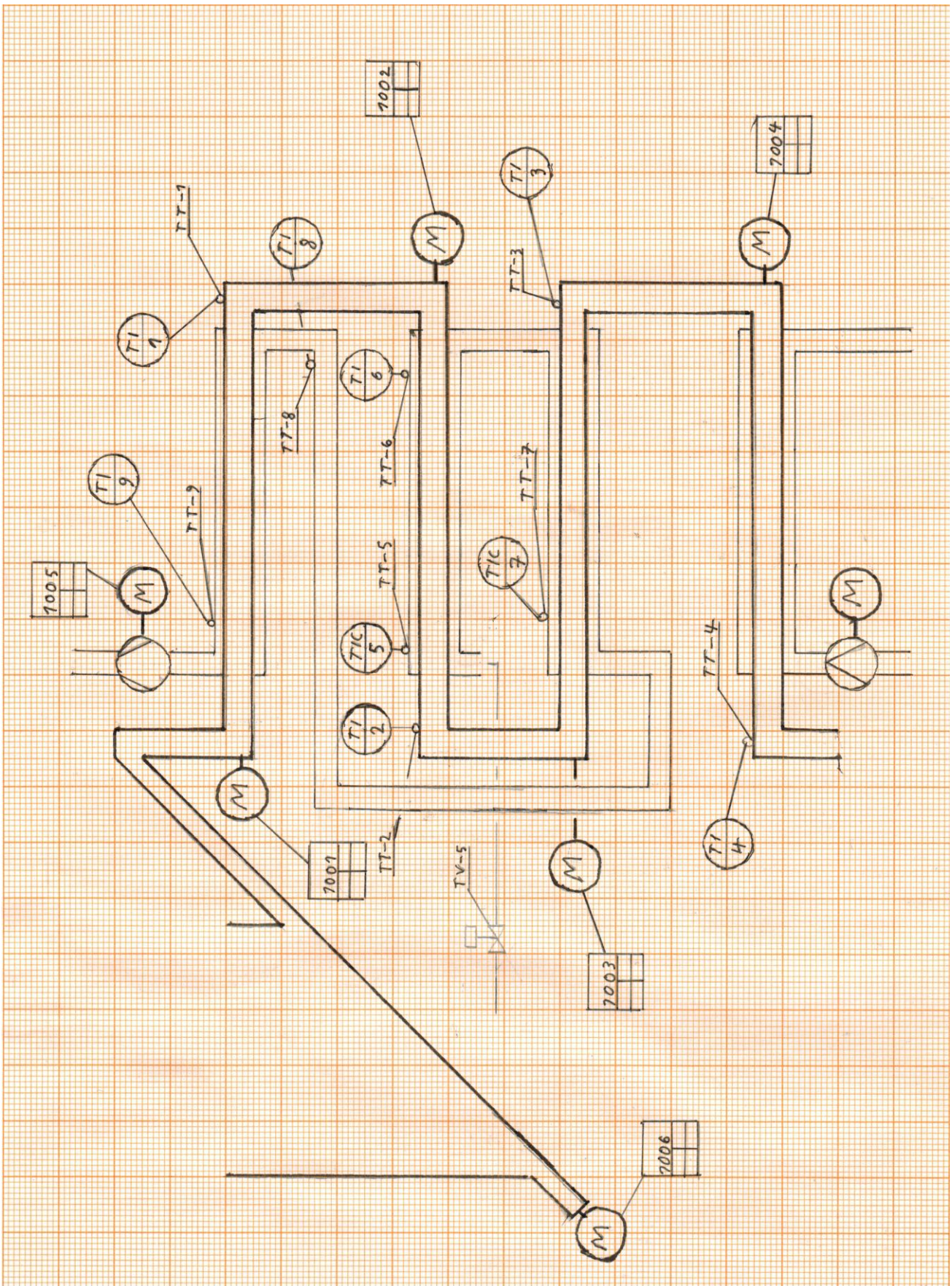
Resistance thermometer theory. Resistanssiin perustuvien vastusantureiden teoriaa. s.a. Saatavissa: <http://www.pentronic.se/home/temperature-sensors/theory-of-sensors/pt100-sensors.aspx> [Viitattu 12.11.2012]

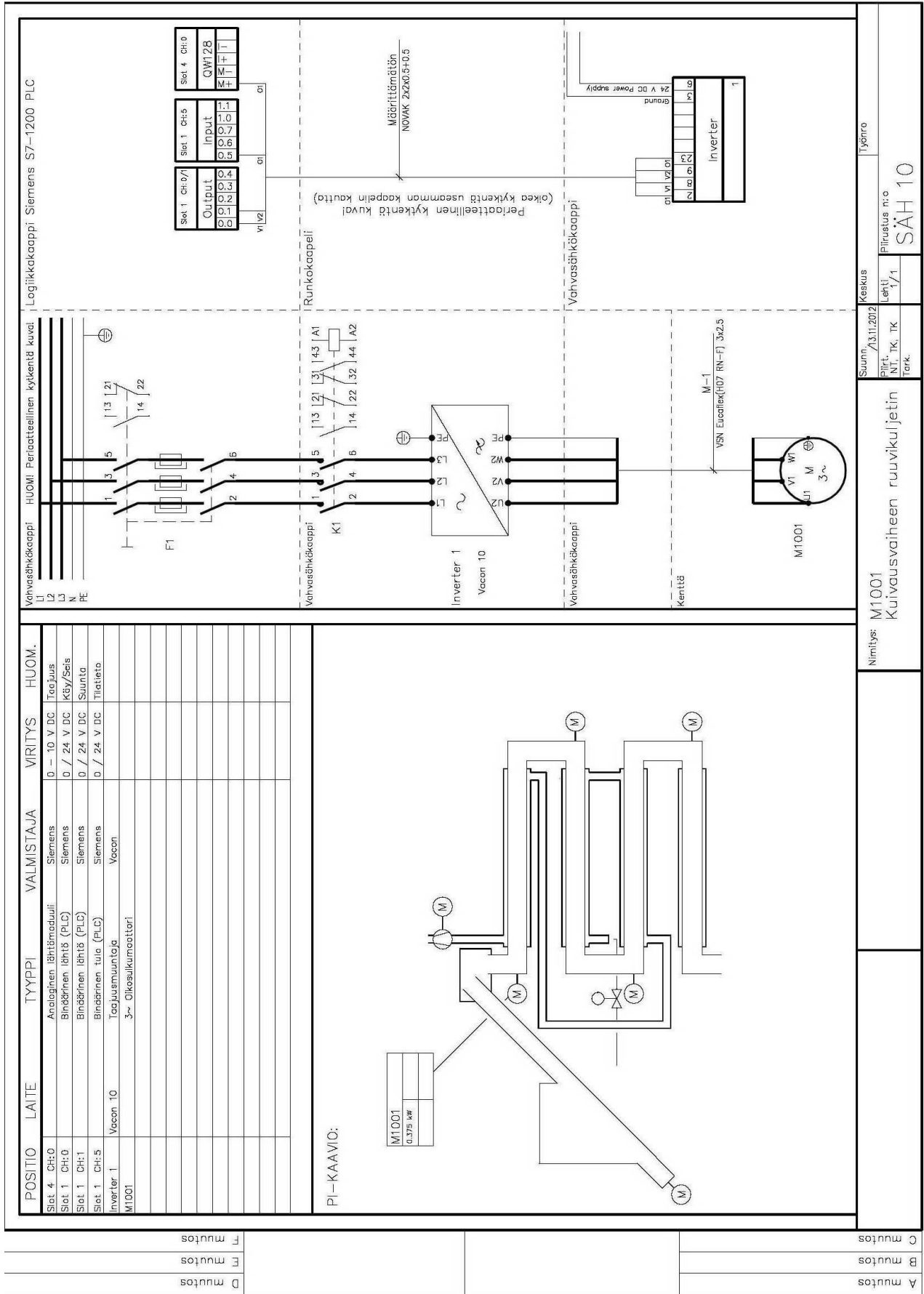
Sarvelainen, H. Lehtori. Keskustelut 3.5.2012 - 1.2.2013. Kotka: KyAMK.

Tervaskanto M. Oulun yliopisto. PID-säädön perusteet. 2011. Luentomateriaali. Saatavissa: [http://cc.oulu.fi/~ylikoant/PID/PID\\_saadon\\_perusteet\\_2011.pdf](http://cc.oulu.fi/~ylikoant/PID/PID_saadon_perusteet_2011.pdf) [Viitattu 3.10.2012]

Tomperi S. Projektipäällikkö. BIOTULI-hanke. 2010 - 2013. Hankkeen verkkosivut. Saatavissa: <http://www.biotuli-hanke.fi/> [Viitattu: 21.9.2012]

Vacon Oyj. 2008. Vacon 10 Machinery Suomen kieliset esitteet ja käsikirjat DPD00095A. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=465761> [Viitattu 5.11.2012]





A mutos  
B mutos  
C mutos

D mutos  
E mutos  
F mutos

**SÄH 10**

Nimitys: M1001  
Kuivausvaiheen ruuvikuljetin

Logiikka kaappi Siemens S7-1200 PLC

Vahvasähkökaappi HUOM! Periaatteellinen kytkentä kuva.

Runkokaapeli

Vahvasähkökaappi

Vahvasähkökaappi

Vahvasähkökaappi

Kenttä

M1001

M1001  
0.375 kW

Slot 1 CH:0/1

Slot 1 CH:5

Slot 4 CH:0

Työnto

Suunn. / 13.11.2012

Nimitys: M1001

Keskus

Lehti / Piirustus n:o

1/1

Tark.

SÄH 10

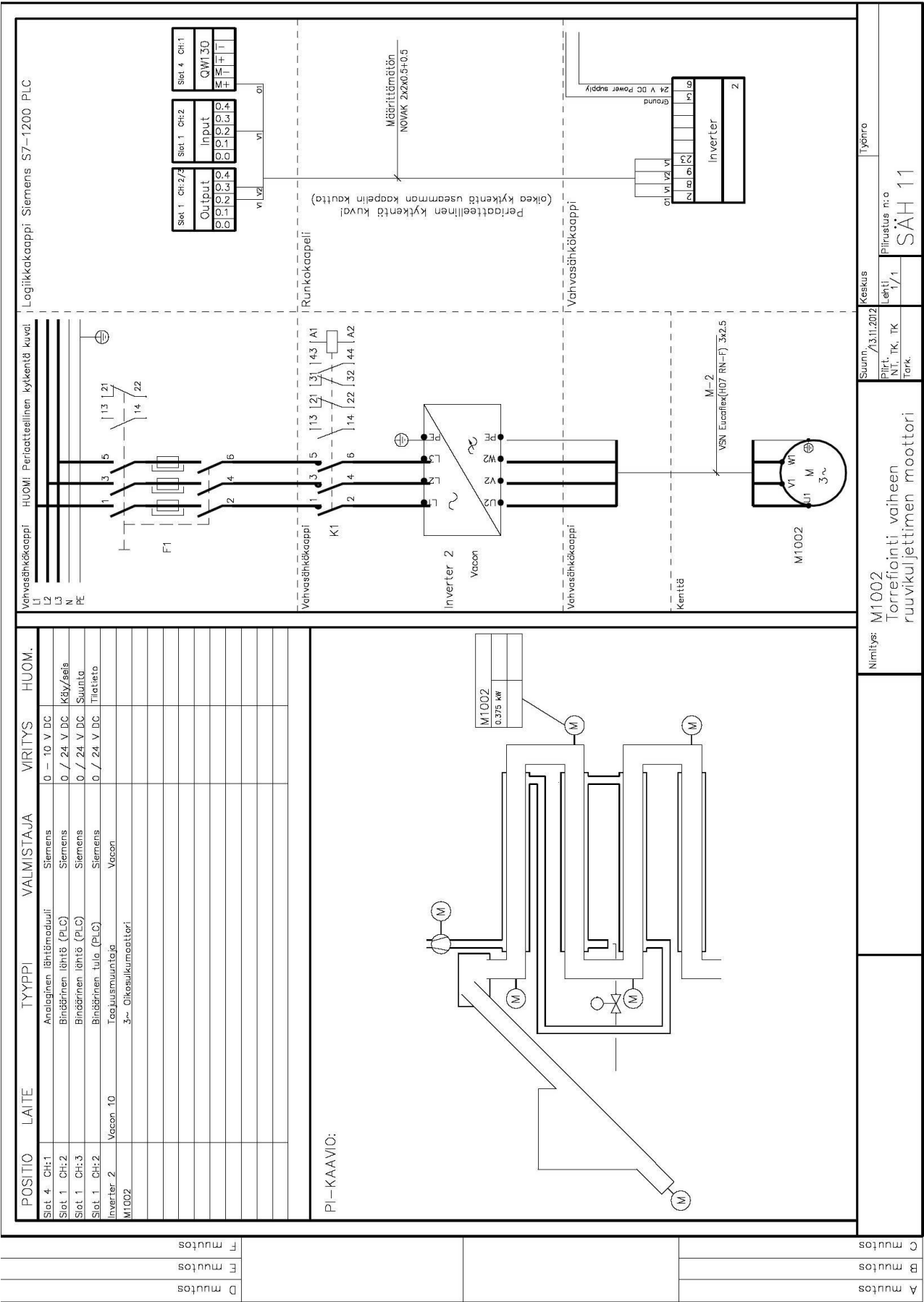
Nimitys: M1001

Kuivausvaiheen ruuvikuljetin

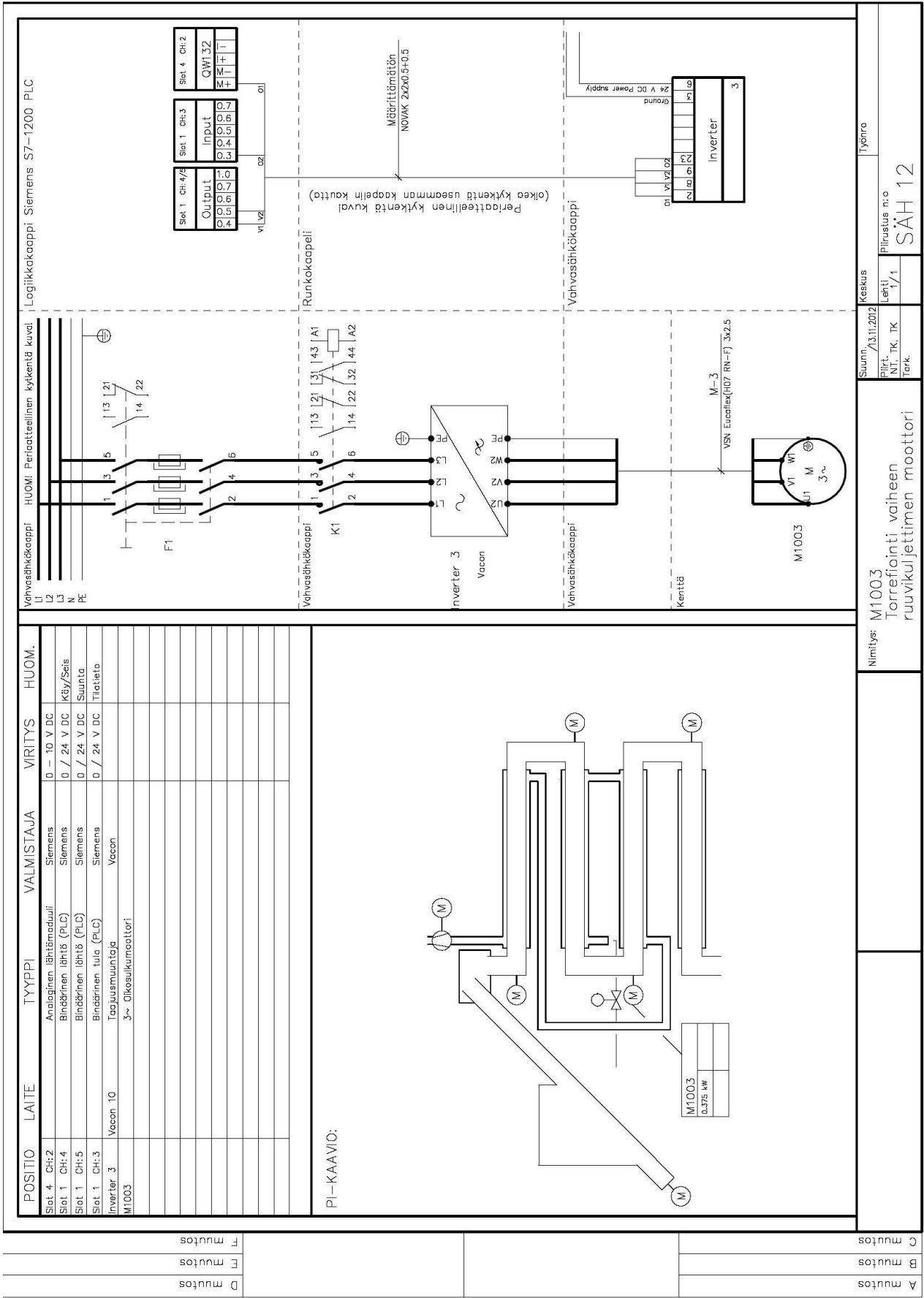
A mutos

B mutos

C mutos



D muutos	A muutos	Nimitys: M1002	Suunn. /31.11.2012	Keskus	Työnto
F muutos	B muutos	Torrefointi vaiheen ruuvikjettimen moottori	Piirustus n:o 1/1	Lehti	
F muutos	C muutos	SÄH 11			



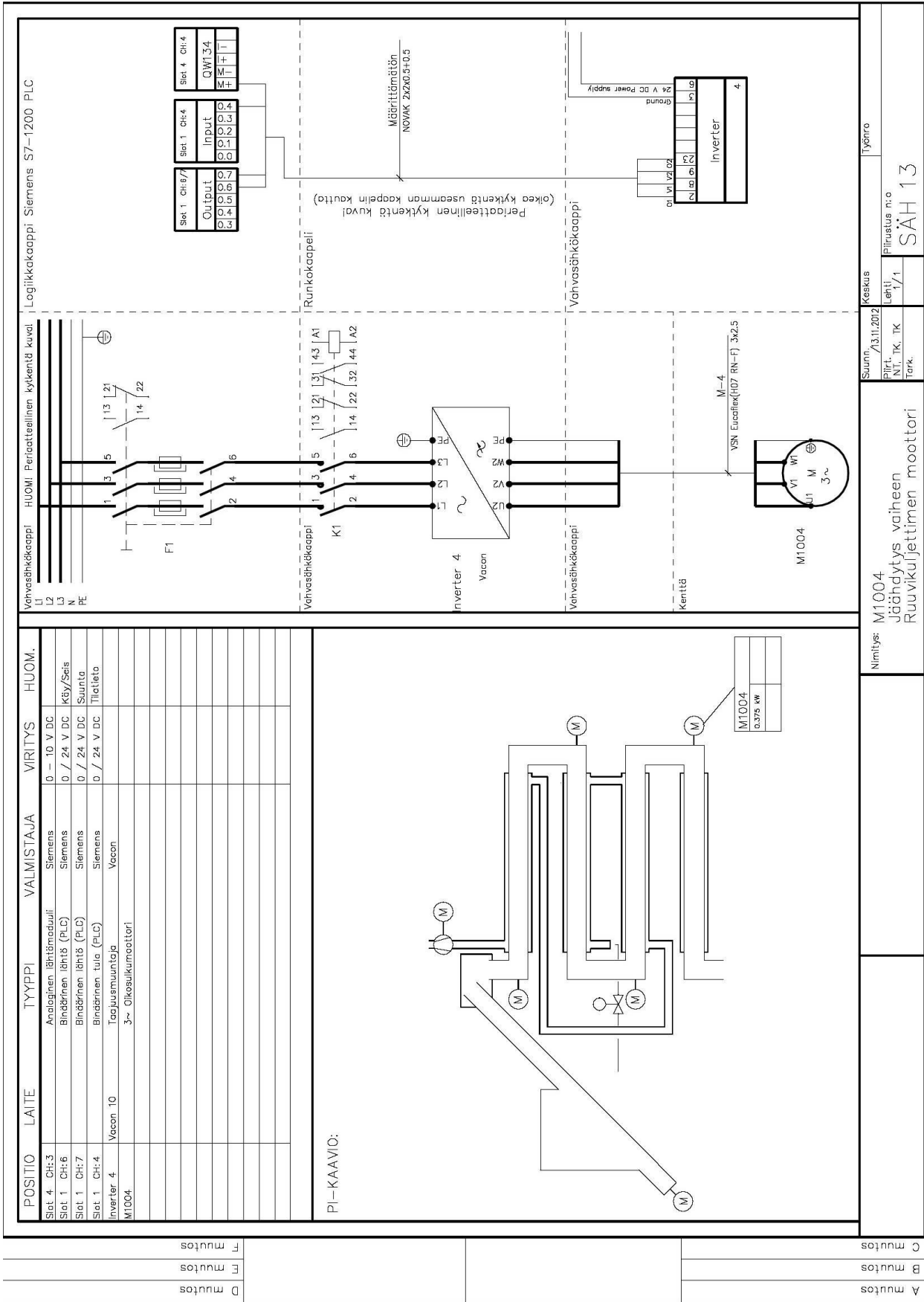
D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

Nimitys: M1003  
Torrefiointi vaiheen ruuvikuljettimen moottori

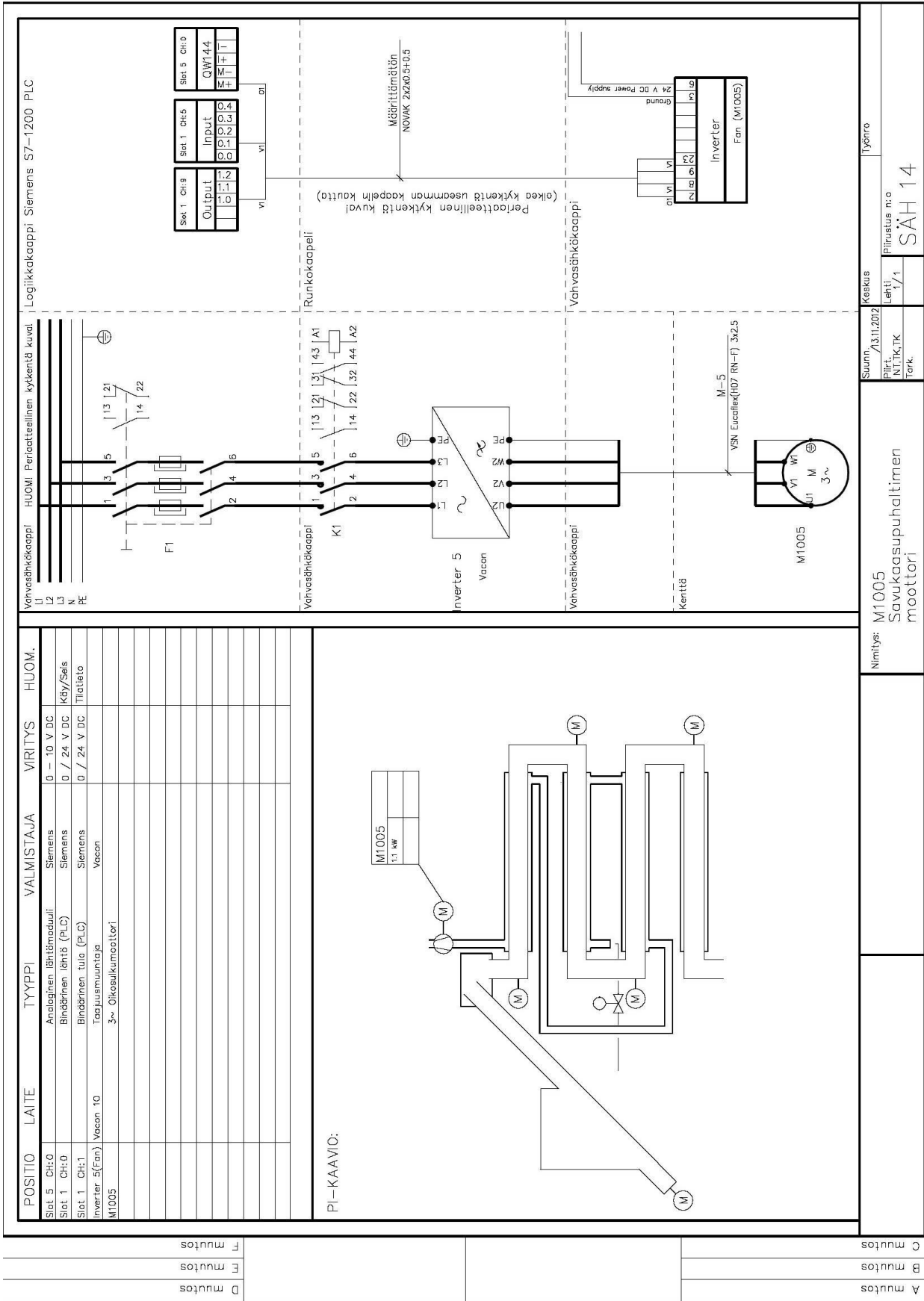
Suunn. /13.11.2012  
Pihl. NT, TK, TK  
Lehti 1/1  
Tark.

Keskus Työniro  
Piiustus n:o SÄH 12

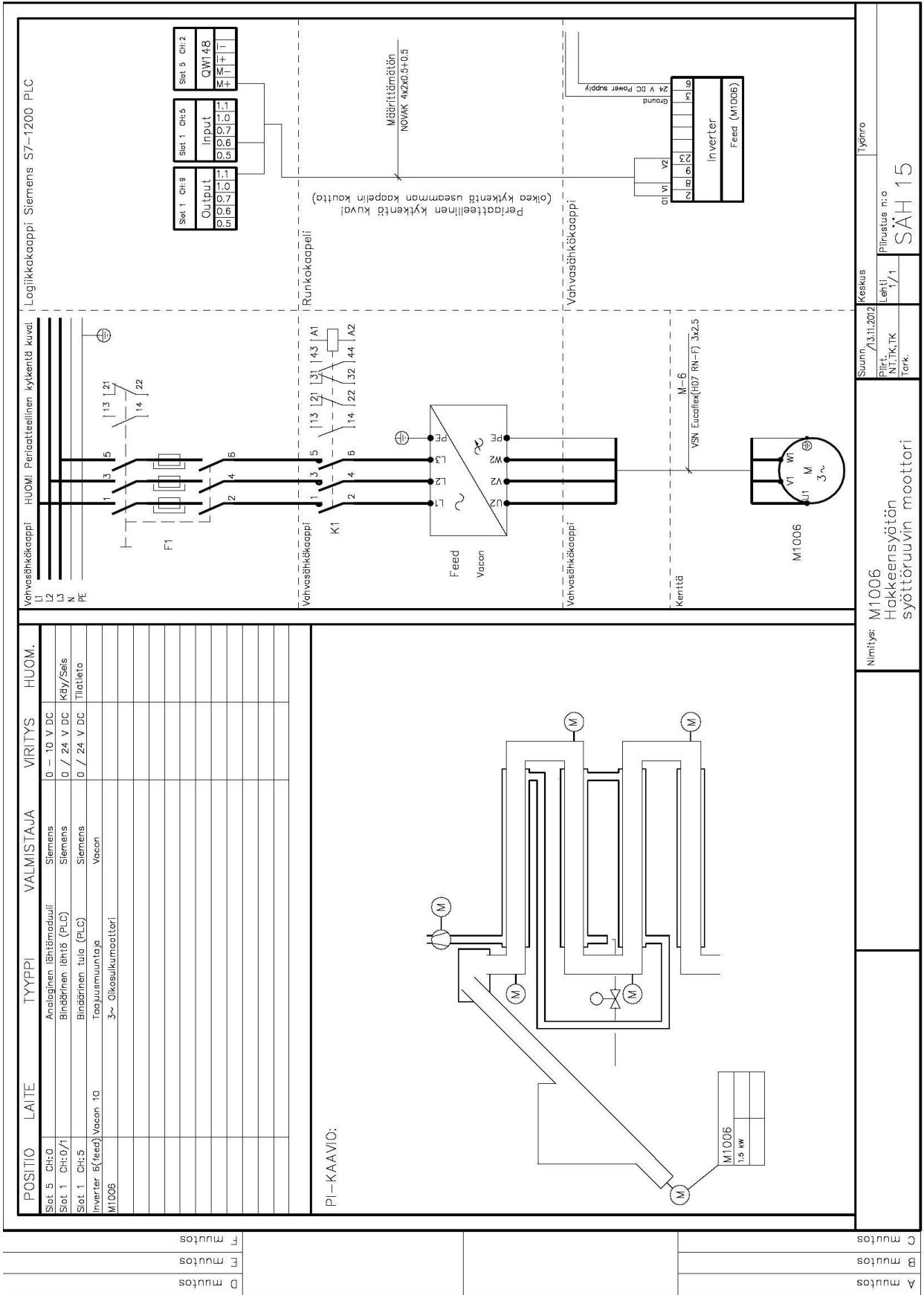


A	mutos
B	mutos
C	mutos
D	mutos
E	mutos
F	mutos

Nimitys: M1004		Saunni: /13.11.2012	
Jäähdytys väineen		Keskus	
Ruuvikuljettimen moottori		Työnrö	
Piiirustus n:o		Lehti	
1/1		1/1	
Tark.		Tark.	
SÄH 13			



Suunn./13.11.2022	Keskus	Työno	Pöytä
NT,TK,TK	Lehti	1/1	PIirustus n:o
Terä	SAH 14		
Nimitys: M1005 Savukaasupuhaltimen moottori			
C muutokset			
B muutokset			
A muutokset			

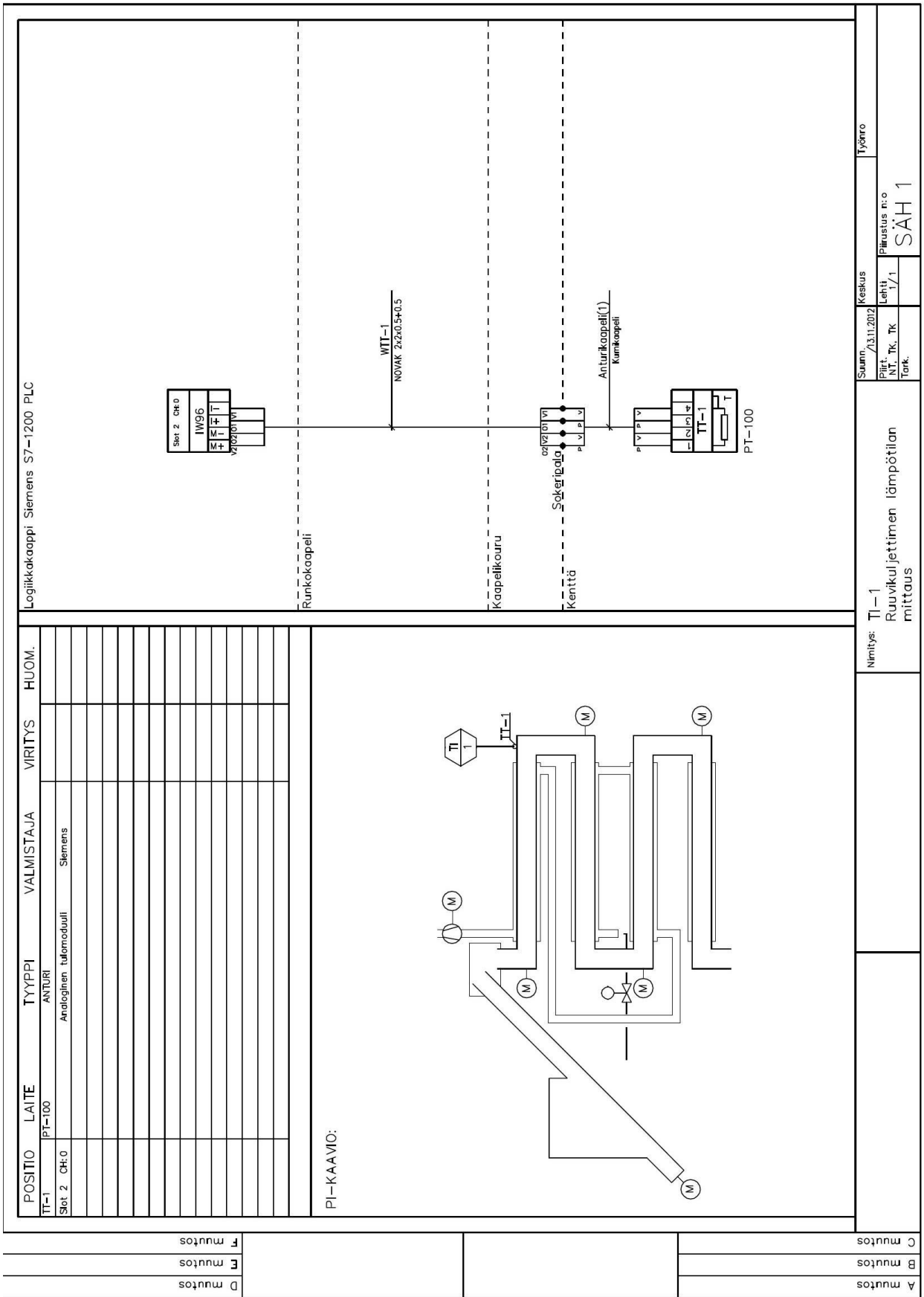


D multos

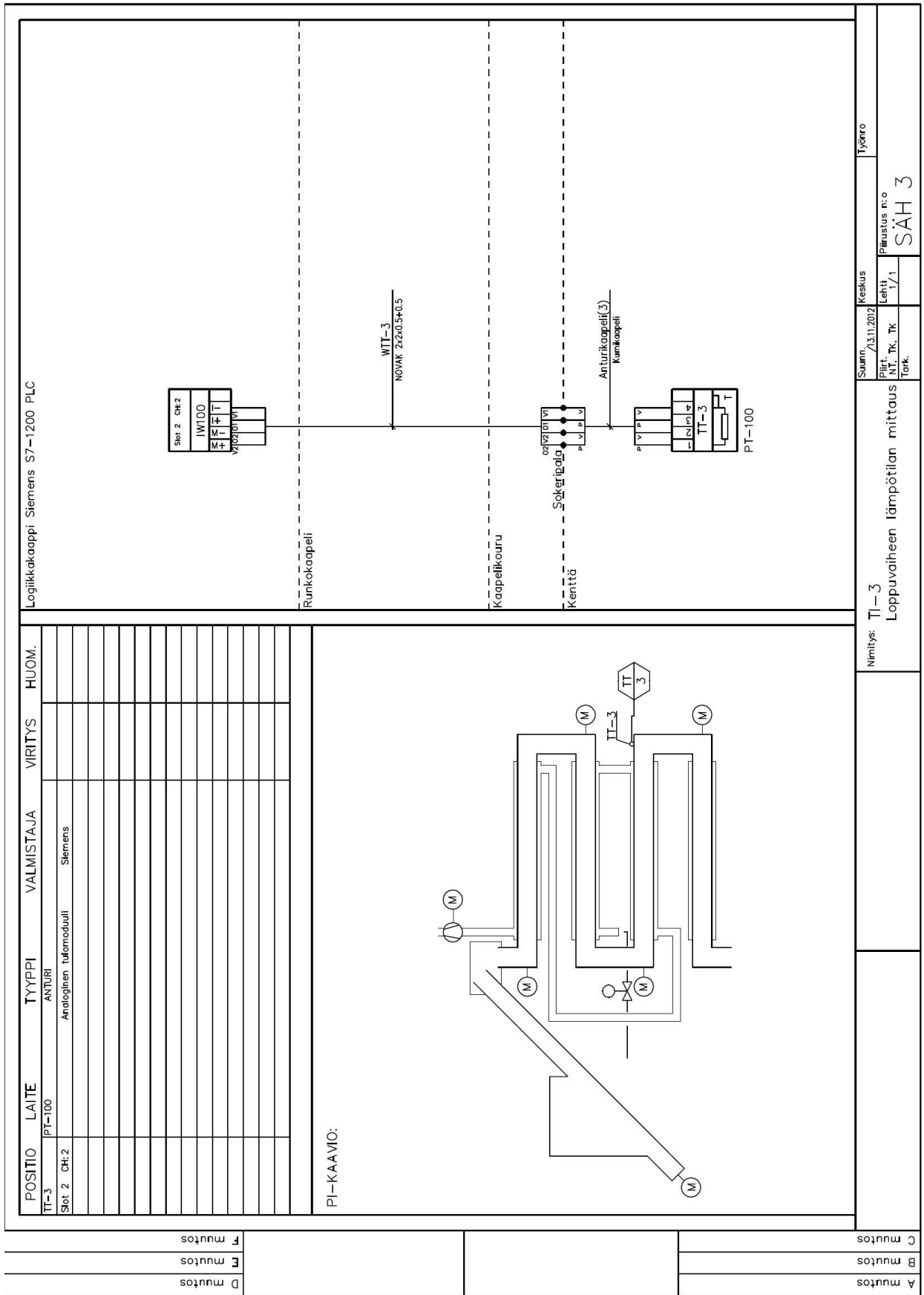
E multos

F multos









Suunn./13.11.2012	Keskus	Työno
PII <sup>1</sup> TK	Leht	Piirustus n:o
TK	-/1	SÄH 3
Task		

Nimitys: T1-3 Loppuvaiheen lämpöpöytämittaus

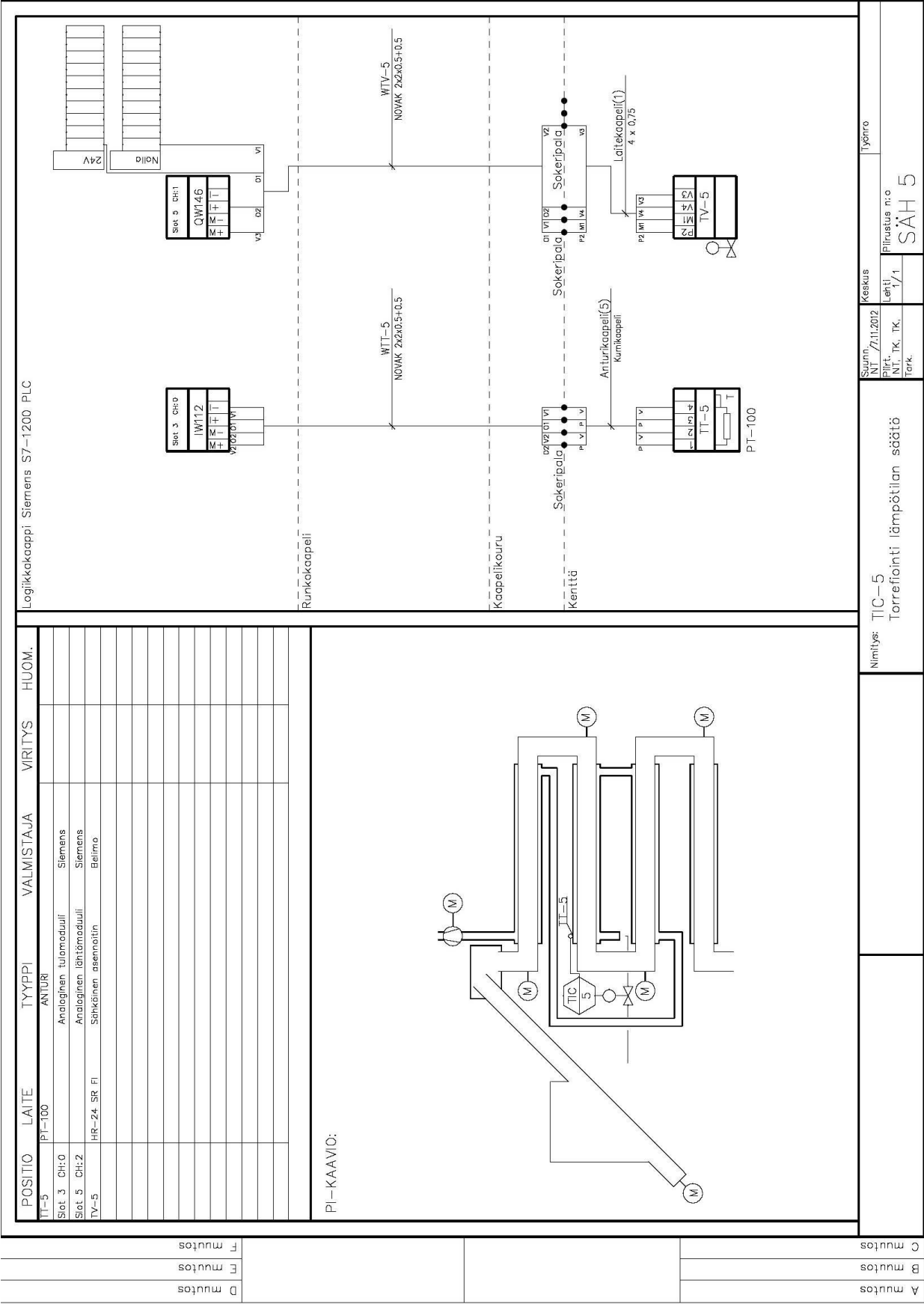
D muutos	POSITIO LAITE TYYPPI VALMISTAJA VIRITYS HUOM.				
E muutos	II-4	PT-100	ANTIURI	Analoginen tulomodulli	Siemens
F muutos	Slot 2	CH:3			

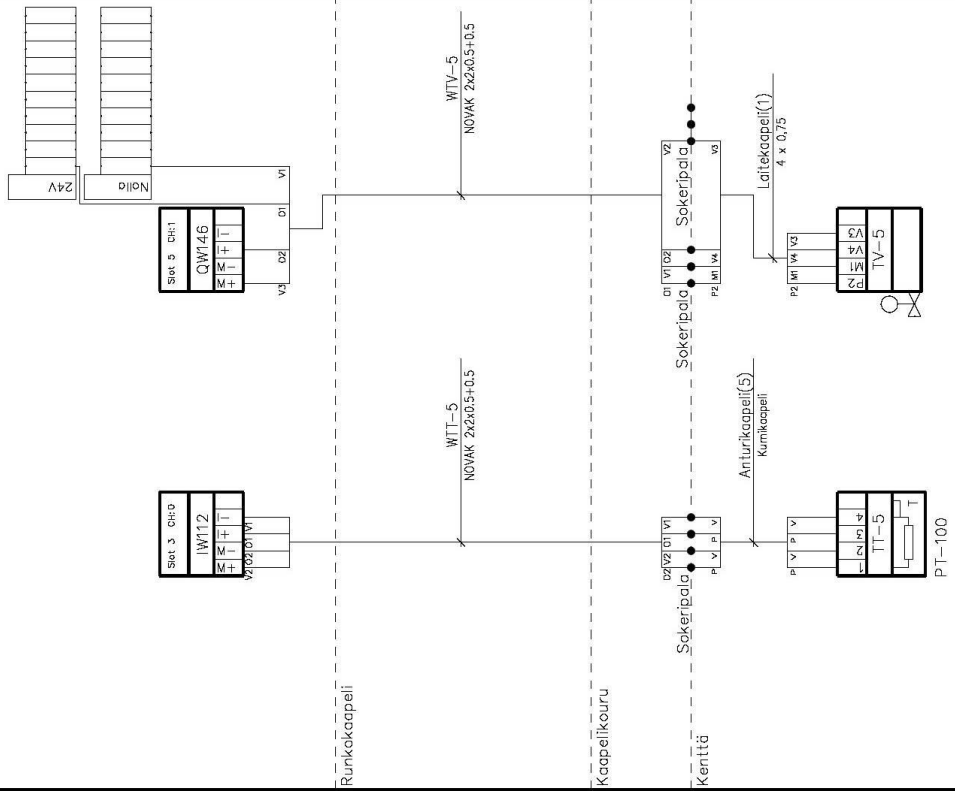
PI-KAAVIO:	
------------	--

Logiikkakoaoppi Siemens S7-1200 PLC	Suunn./13.11.2012	Keskus	Työno
Runkokoaoppi	Pihl. TK. TK	Lehti	Pihlustus n:o
Kaapeli(kouru)	Torok.	-/1	SÄH 4
Kenttä	Nimitys: TI-4 Loppu lämpötilan mittaus		



Logiikkaakaappi Siemens S7-1200 PLC



A muutoks  
B muutoks  
C muutoks

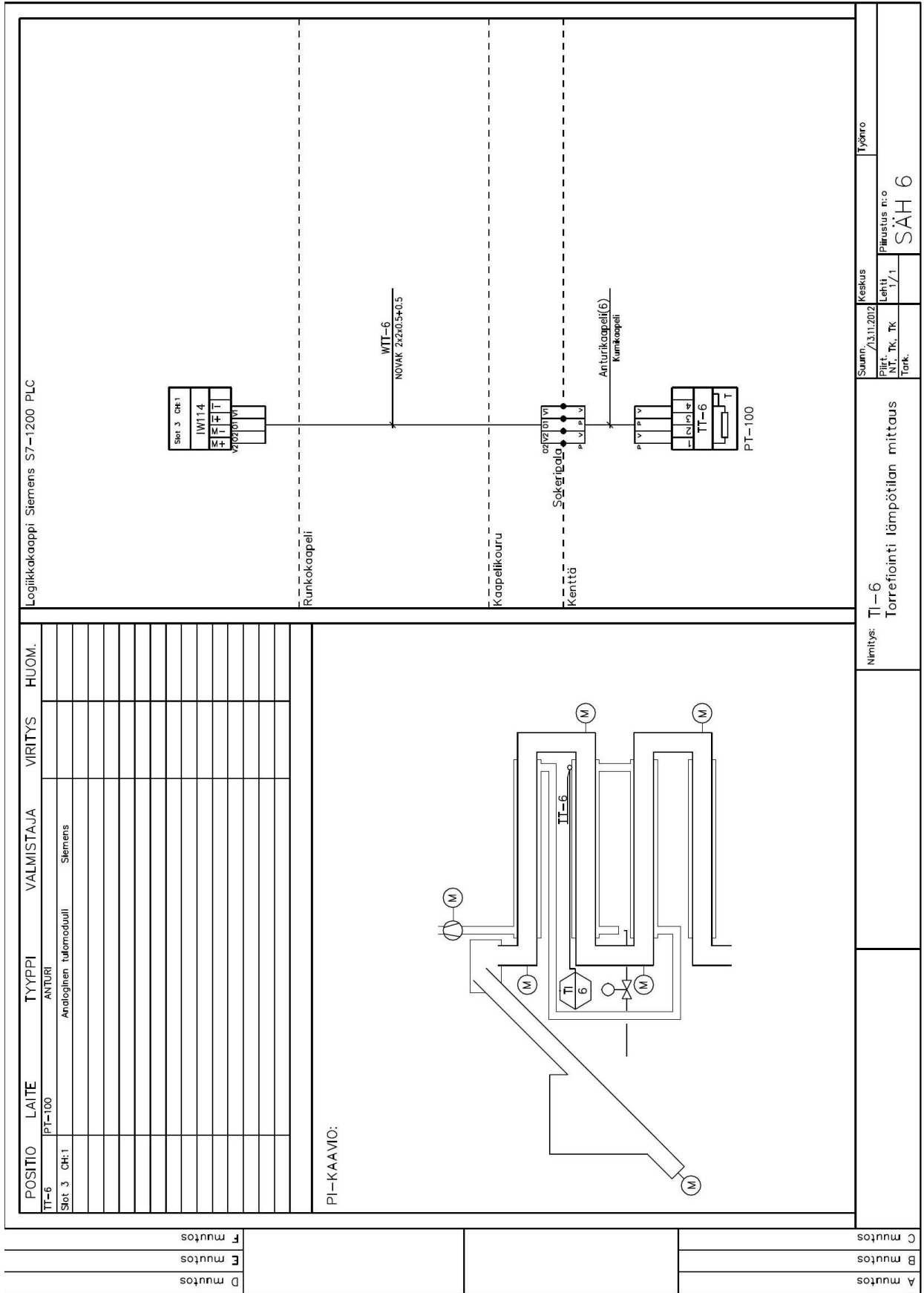
Nimitys: TIC-5  
Torrefointi lämpötilan säätö

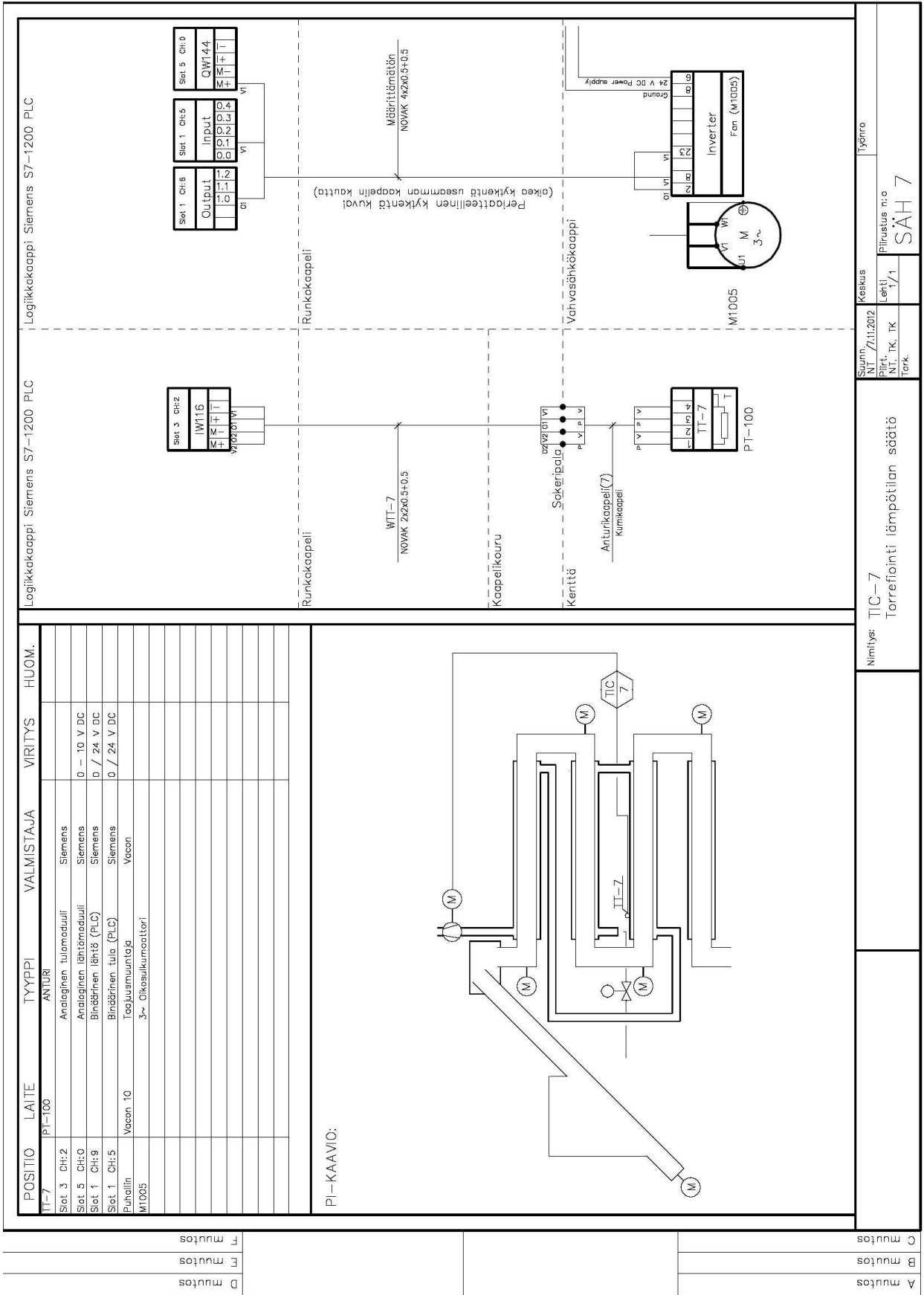
Suunnit. / 11.2012  
Pitk. TK. / 1  
Keskus  
Lehti / 1

Piirustus n:o  
SÄH 5

Työno

D muutoks  
E muutoks  
F muutoks





D muutos	E muutos	F muutos	C muutos	B muutos	A muutos
----------	----------	----------	----------	----------	----------

Säännö	Käskus	Työno
21.7.2012		
NT	TK	TK
Terä	1/1	
Pöytäkirja n:o		
<b>SÄH 7</b>		

Nimitys: TIC-7  
Torrefointi lämpötilan säätö

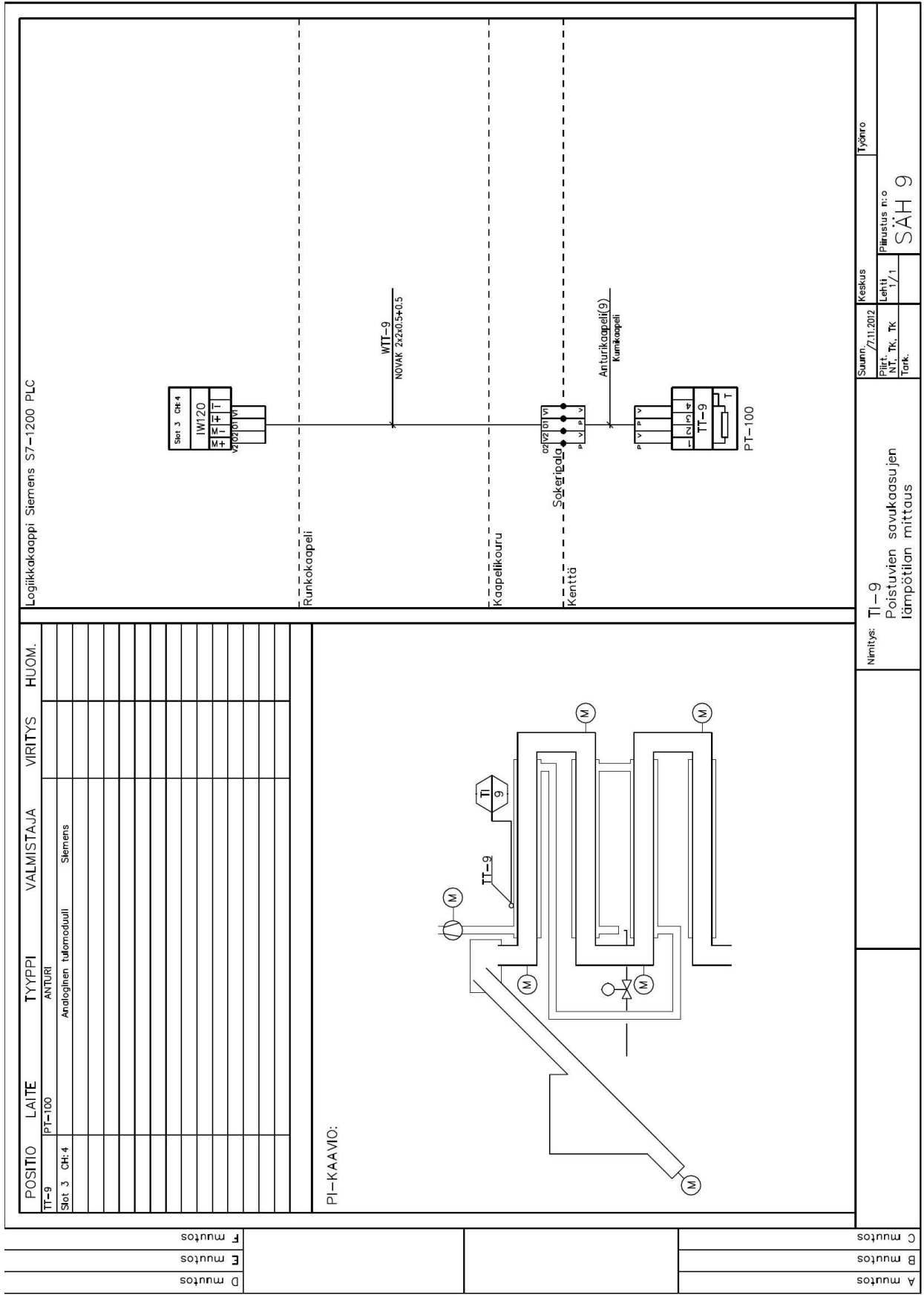
POSITIO	LAITE	TYYPPI	VALMISTAJA	VIRITYS	HUOM.
TI-8	PT-100	ANTURI			
Slot 3 CH:3		Analoginen tulomodulli	Siemens		

Logiikkakaappi Siemens S7-1200 PLC

PI-KAAVIO:

D muutos				Suunn. / 11.2012	Keskus	Työnumero
E muutos				Piir. TK, Tk	Lehti	Piirustus n:o
F muutos				Tark.	- / 1	<b>SÄH 8</b>
C muutos	Nimitys: TI-8 Kuivausvaiheen lämpötilan mittaus					





D	muutos
E	muutos
F	muutos
A	muutos
B	muutos
C	muutos

Suunn.	7/11.2012	Keskus	Työno
Piir.	Tk. Tk	Lehti	Piirustus n:o
Tark.		1/1	SÄH 9
Nimitys: TI-9		Poistuvien savukaasujen lämpötilan mittaus	

The screenshot displays the Siemens TIA Portal software interface for a Ladder Logic (LAD) program. The main workspace shows three networks:

- Network 4:** Contains a normally open contact labeled "%M4.0 ManualFan" and a coil labeled "PID\_Compact\_2" with output address "Output\_PER". A comment below reads "output value in peripheral format".
- Network 5:** Contains a normally open contact labeled "%M4.0 ManualFan" and a coil labeled "PID\_Compact\_2" with output address "Output\_PER". A comment below reads "output value in peripheral format".
- Network 6:** Contains a normally open contact labeled "%M4.0 ManualFan" and a coil labeled "PID\_Compact\_2" with output address "Output\_PER". A comment below reads "output value in peripheral format".

The right-hand sidebar includes several panels:

- Properties:** Shows variables like "%QW1.44", "%M4.0", "%M80", and "%M84".
- Info:** Provides additional details about the selected element.
- Diagnosics:** Offers diagnostic tools for the program.
- General:** Includes sections for Cross-references, Commille, and Syntax.
- Portal view:** Shows a list of objects like "Tag table" and "Overview".

The top of the interface features a menu bar (Project, Edit, View, Insert, Online, Options, Tools, Window, Help) and a toolbar with icons for various functions. The bottom status bar indicates the current project is "Biotulli\_2012\_TIA\_11" and the active object is "PID\_Fan (FC6)".

Biotuli\_2012\_TIA\_11 ▶ PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] ▶ PLC tags

Tags User constants System constants

PLC tags

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	TI_1	Default tag table	Int	%W96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	TI_2	Default tag table	Int	%W98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Tag_1	Default tag table	Word	%MW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	TI_3	Default tag table	Int	%W100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	TI_4	Default tag table	Int	%W102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	TI_5	Default tag table	Int	%W112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	TI_6	Default tag table	Int	%W114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	TI_7	Default tag table	Int	%W116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	TI_8	Default tag table	Int	%W118	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	TI_9	Default tag table	Int	%W120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	TI_10	Default tag table	Int	%W122	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Emergency Stop	Default tag table	Bool	%I 0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Motor_1001	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Motor_1001_reverse	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Motor_1002	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Motor_1002_reverse	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Motor_1003	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Motor_1003_reverse	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Motor_1004	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Motor_1004_reverse	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Motor_1005	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Start/stop_motor_1001	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Reverse_motor_1001	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Start/stop_motor_1002	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	Reverse_motor_1002	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	Start/stop_motor_1003	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	Reverse_motor_1003	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Start/stop_motor_1004	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
27	Reverse_motor_1003	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Start/stop_motor_1004	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Reverse_motor_1004	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Start/stop_motor_1005	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	Start/stop_motor_1006	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	Motor_1001_Speed	Default tag table	Word	%QW128	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	Motor_1002_Speed	Default tag table	Word	%QW130	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	Motor_1003_Speed	Default tag table	Word	%QW132	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	Motor_1004_Speed	Default tag table	Word	%QW134	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	Start_all_screws	Default tag table	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	Manual/Auto	Default tag table	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	Manual_speed	Default tag table	Int	%IW124	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	fan_speed	Default tag table	Word	%QW144	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	Motor_1001_state	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	Motor_1002_state	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42	Motor_1003_state	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43	Motor_1004_state	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	Tag_2	Default tag table	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45	Tag_3	Default tag table	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46	Tag_4	Default tag table	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47	Fan_state	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48	Tag_5	Default tag table	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49	Tag_6	Default tag table	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50	Feed_Output_start	Default tag table	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51	Tag_7	Default tag table	Bool	%M7.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52	Tag_8	Default tag table	Bool	%M8.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53	Valve	Default tag table	Word	%QW146	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	SetPoint_TI_5	Default tag table	Word	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Temp_Dif	Default tag table	Int	%MW52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
54	SetPoint_TI_5	Default tag table	Word	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55	Temp_Dif	Default tag table	Int	%MW52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56	Tag_9	Default tag table	Real	%MD60	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57	Fan_PID_memory	Default tag table	Word	%MW54	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58	ManualFan	Default tag table	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59	Tag_12	Default tag table	Int	%MW56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
60	Tag_13	Default tag table	Bool	%M8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
61	Tag_14	Default tag table	Bool	%M8.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
62	Tag_15	Default tag table	Bool	%M8.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63	Tag_16	Default tag table	Bool	%M8.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64	Tag_17	Default tag table	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65	ValveManual	Default tag table	Int	%MW70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66	Tag_18	Default tag table	Real	%MD74	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67	Tag_19	Default tag table	Int	%W70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
68	Tag_20	Default tag table	Int	%MW80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
69	Tag_21	Default tag table	Real	%MD84	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
70	HoldTime	Default tag table	Int	%MW90	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
71	Motor_1001_Hz	Default tag table	Int	%MW92	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
72	Tag_23	Default tag table	Real	%MD94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
73	Motor_1002_Hz	Default tag table	Word	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
74	Tag_25	Default tag table	Real	%MD104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
75	Motor_1004_Hz	Default tag table	Word	%MW110	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
76	Tag_22	Default tag table	Real	%MD114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
77	Feed_start&stop	Default tag table	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
78	Feed_Output_speed	Default tag table	Word	%QW148	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
79	Feed_Hz	Default tag table	Word	%MW120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
80	Tag_28	Default tag table	Real	%MD130	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
81	Tag_24	Default tag table	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Tag_26	Default tag table	Real	%MD132	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



# Torrefiointi prosessi

---

## Käyttöliittymän käyttöohje

**Niko Töyrylä, EN09S**

**5.11.2012**

Tämä asiakirja sisältää PC-käyttöliittymän käyttöohjeen torrefiointi laitteen operoimiseksi, sekä lyhyen opastuksen kosketuspaneelin käyttöliittymän käyttöön.

## Käyttöliittymän avaaminen

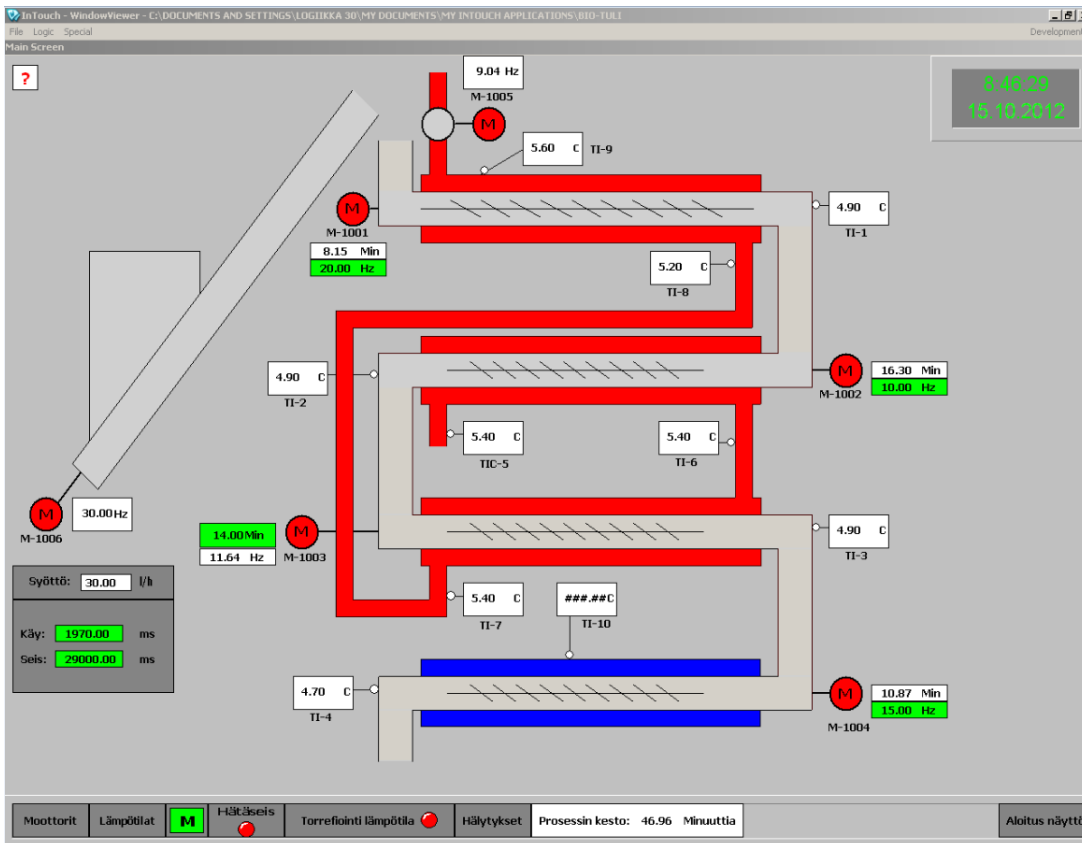
Käyttöliittymä avataan pikakuvakkeesta työpöydältä pikakuvakkeesta windowviewer. Käyttöliittymän voi vaihtoehtoisesti avata myös windowmakerin kautta, mutta tämä ei ole suositeltavaa, mikäli ohjelman käyttäminen ei ole tuttua. Tämä sen takia, jotta mahdollisilta vahingossa aiheutetuilla muutoksilta käyttöliittymään vältyttäisiin.

Kosketuspaneelin käyttöliittymä on aina käytössä riippumatta, siitä onko PC-käyttöliittymä aktiivisena vai eikö. Eikä sitä siis tarvitse erikseen käynnistää vaan sitä voidaan operoida kaikissa tilanteissa.

## PC-käyttöliittymän operointi

### Päänäyttö

Avatessa ohjelma aukaisee se operointinäytön, jossa prosessi on esitetty PI-kaavio tyyliin esityksenä. Kuvassa 1 on esitetty avautuva ikkuna.



**Kuva 1. Main Screen**

Kuvan 1 käyttöliittymästä voidaan erottaa selkeästi kohdat joita voidaan operoida. Vihreällä pohjavärillä on eroteltu kohdat, joista päästään tekemään muutoksia. Moottoreiden kohdalla täyttö- / pohjaväri voi olla myös punainen riippuen moottorin tilasta. Punainen ilmaisee, että moottori on seis ja vihreä että moottori on käynnissä. Valkoisilla pohjilla sijaitsevat lukuarvot ovat mittausarvoja ja laskennallisia arvoja joihin ei pystytä suoraan vaikuttamaan.



Syöttöruuvien ohjaus muodostuu kohdasta, jotka ovat seuraavat:

- Käynti aika, jolla määritetään kuinka pitkään syöttöruuvi käy yhden pulssin aikana.
- Seis aika, jolla määritetään kuinka pitkään syöttöruuvi on seis yhden pulssin aikana.
- Moottorin taajuus, joka vaikuttaa moottorin pyörimisnopeuteen.

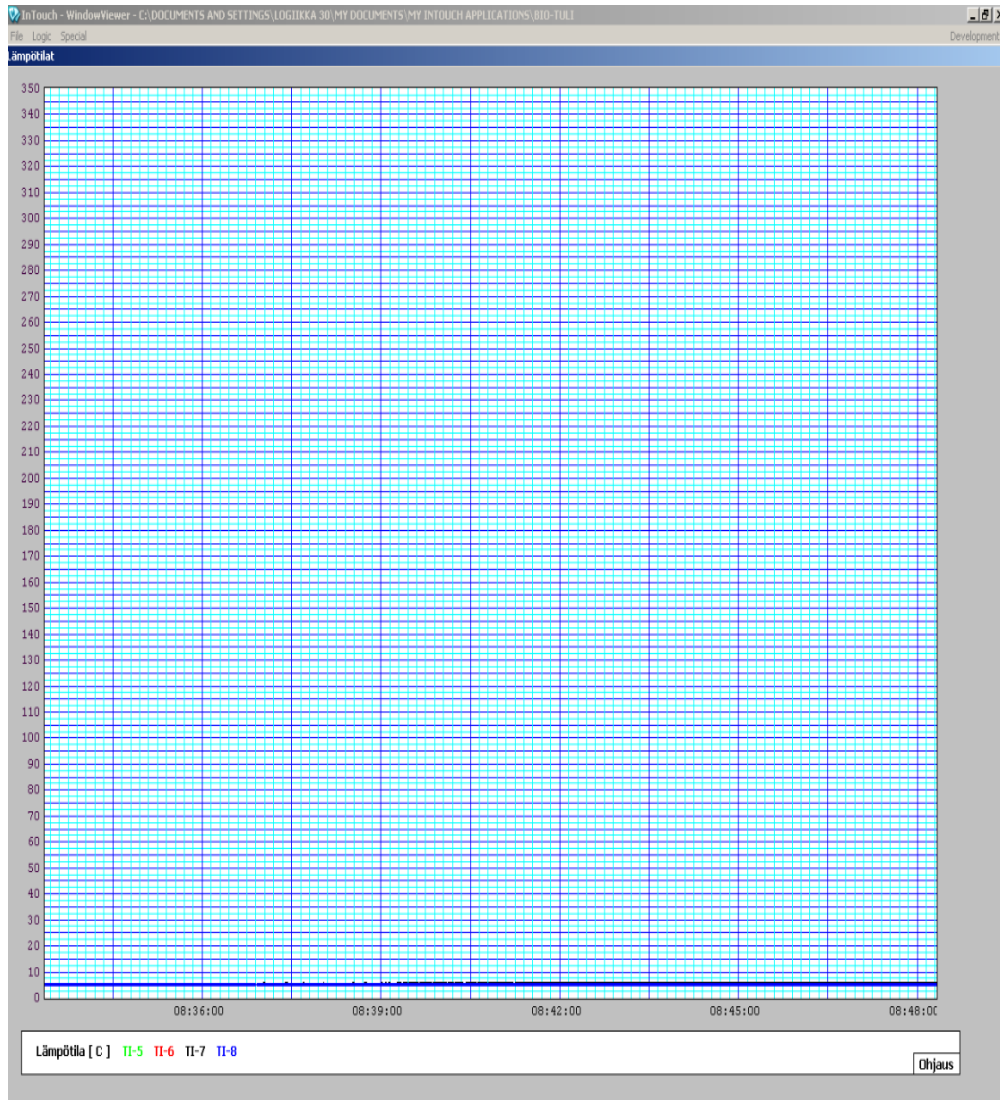
Näiden muuttujien avulla muodostetaan syöttömäärä, joka ilmoitetaan näytöllä kohdassa "Syöttö:". Määrä on ilmoitettu litroina tunnissa ja sen määrittämiseen on käytetty laskukaavaa, joka on tehty testien perusteella. Laskennallisesta luonteestaan johtuen tätä arvoa voidaan pitää, jokseenkin epäluotettavan, koska sitä ei voida suoraan mitata.

### Help toiminto

Käyttöliittymän näppäin komennoille löytyy "?" merkin takaa käyttöohjeet, mikäli niille tulee tarvetta. Näppäin komennot sisältävät lähinnä näppäinyhdistelmiä ikkunasta toiseen siirtymisille.

### Ikkunoissa liikkuminen

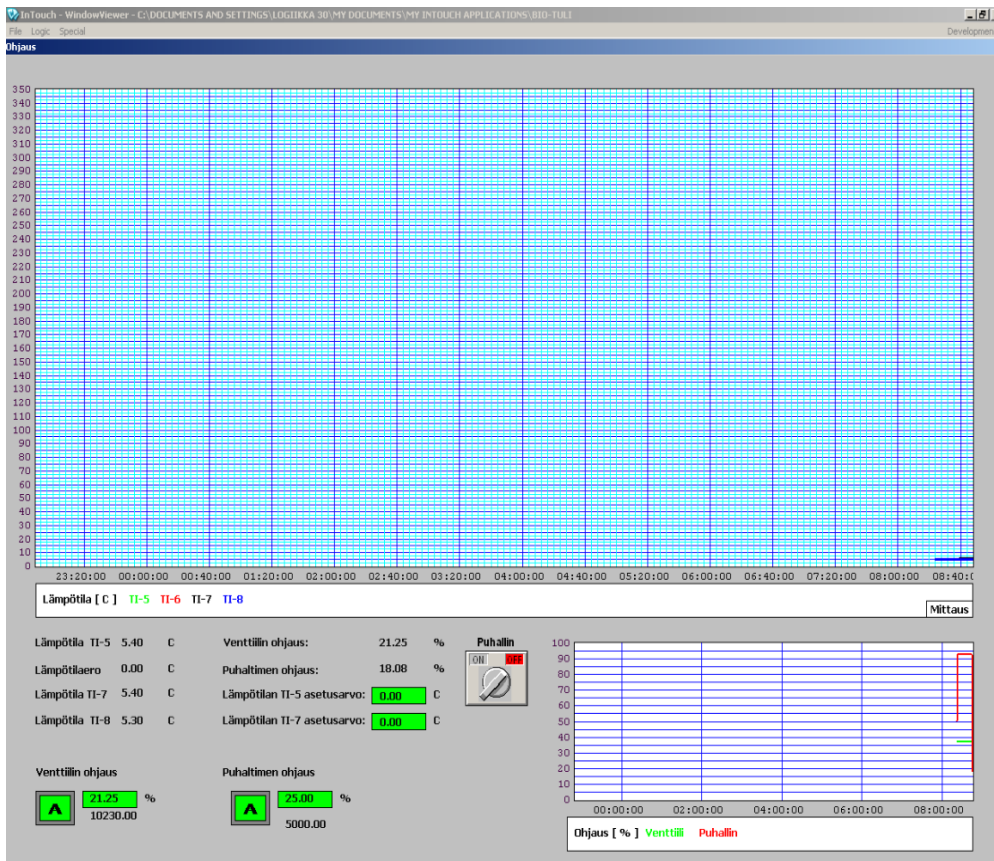
Käyttöliittymän ikkunat ovat standardi kokoisia, eikä niiden kokoon voida vaikuttaa operointi vaiheessa vaan kaikki muutokset, tehdään windowmakerillä. Käyttöliittymän alapalkissa on siirtymät muihin näyttöihin, kuten "Lämpötilat", joka avaa kuvan 2 ikkunan. Näppäimestä "M" voidaan aina palata alkunäytölle.



**Kuva 2. Lämpötilat (trendi näyttö)**

Avautuneessa ikkunassa on esitetty prosessin kannalta neljä oleellista lämpötilaa erivärein.

Tästä ikkunasta päästään siirtymään säätöpiirien ohjausikkunaan, joka sisältää nestekaasu venttiilin ja savukaasupuhaltimen ohjaukset. "Ohjaukset" Kohdasta siirrytään tälle sivulle. Kuvassa 3 on esitetty avautuva sivu.



Kuva 3.

Operointi tässä ikkunassa toimii samalla tavalla kuin pääikkunassa. Vihreällä pohjalla olevat arvot ovat operaattorin muutettavissa. Ohjaus kohdista voidaan vaihtaa tila automaattille "A" tai manuaalille "M". Operoidessa on syytä käyttää aina automaattia, koska lämpötilojen ohjaaminen käsin olisi jokseenkin työlästä ellei mahdollonta, koska venttiilin ohjausta jouduttaisiin jatkuvasti muuttamaan.

Piirien ollessa automaattilla asetusravot asetetaan vihreällä pohjalla sijaitsevaan kohtaan, jolloin prosessi hakeutuu automaattisesti tähän asetettuun lämpötilaan ja pitää sen vakiona. Manuaalilla ohjaus tapahtuu moodinvalinta painikkeen vierestä prosentti arvona.

Liekkiä sytyttäessä on käynnistettävä savukaasupuhallin.