

Imatrankosken lämpökeskuksen automaatio-sovellusten uusinta

Juha Mämmi

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juha Mämmi	
Työn nimi Imatrankosken lämpökeskuksen automaatiosovellusten uusinta	
Päiväys 6.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 45/2
Ohjaaja(t) Lehtori Asko Tikanoja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) A&D Automation Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli Imatrankosken kaukolämpökeskuksen logiikkaohjelman uusiminen. Vaikka lämpökeskus kuuluu Imatran Lämmölle, tehtiin opinnäytetyö A&D Automation Oy:lle, joka on ylläpitänyt Imatran Lämmön automaatiosovelluksia.</p> <p>Lämpökeskuksen laitoslogiikan ohjelman rakenteessa ja toiminnassa oli ongelmia, jotka vaikeuttivat laitoksen käyttöä ja ylläpitoa. Esimerkiksi kaukolämpöpumppujen käynnistäminen oli hidasta ja käsiohjausten käyttäminen sekoitti automatiikan toiminnan. Laitoksen toiminta poikkesi Imatran Lämmön muista laitoksista eikä valvomosovelluksessa ollut tarvittavia ominaisuuksia.</p> <p>Työssä suunniteltiin, toteutettiin ja otettiin käyttöön uusi logiikkasovellus sekä siihen liittyvät valvomosovellukset. Materiaalina käytettiin toimivien laitosten määrittelyjä ja ohjelmia, mutta lopullinen määrittely syntyi Imatran Lämmön kanssa käydyissä palavereissa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin logiikan, ohjauspaneelin sekä kaukokäyttövalvomon uudet automaatiosovellukset. Pumppauksen ja käsiohjauksen ongelmat saatiin korjattua, minkä lisäksi valvomoon saatiin muita laitoksia vastaavat toiminnot.</p>	
Avainsanat kaukolämpö, automaatiosovellukset, Siemens S7-300, Wonderware Intouch	
Luottamuksellisuus julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering	
Author(s) Juha Mämmi	
Title of Thesis Revisioning of the Imatrankoski District Heating Plant's Automation Applications	
Date 6 May 2013	Pages/Appendices 45/2
Supervisor(s) Mr. Asko Tikanoja, Lecturer	
Client Organisation/Partners A&D Automation Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to reprogram the programmable logic controller of the Imatrankoski District Heating plant. Although the plant belongs to Imatran Lämpö, the thesis was made for A&D Automation Oy which has maintained the automation applications of Imatran Lämpö.</p> <p>There were problems in the operation and structure of the plant's programmable logic controller program which made plant operation and maintenance difficult. For example district heating pumps were slow to start and manual controls disrupted the automatics. Plant operation differed from the other plants of Imatran Lämpö and the SCADA system lacked some features.</p> <p>A new logic program was planned, implemented and commissioned. Specifications and automation applications of other functional plants were used as a model but final specifications were made in meetings with Imatran Lämpö.</p> <p>As a result new automation applications of the logic controller, the touch panel and the SCADA system were implemented and commissioned. Problems in pumps and manual controls were solved and the SCADA system was enhanced to correspond that of the other plants.</p>	
Keywords district heating, automation applications, Siemens S7-300, Wonderware Intouch	
Publicity public	

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin A&D Automation Oy:lle ja Imatran Lämmölle syksyn 2012 ja kevään 2013 aikana. Työ oli laaja ja haastava, minkä lisäksi sitä tehtiin aluksi Kuopiossa opiskelun ohella. Maaliskuusta lähtien työtä tehtiin Imatralla kokopäiväisesti, ja se saatiin haasteista huolimatta ajoissa valmiiksi.

Työn aiheen tarjosi A&D Automationin projektipäällikkö Timo Turkia, jota haluan kiittää mielenkiintoisesta aiheesta sekä kaikesta avusta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää Imatran Lämmön käyttöpäällikkö Timo Alataloa sekä käyttö- ja kunnossapitohenkilöstöä suunnitteluun ja käyttöönottoon liittyvästä avusta.

Lopuksi kiitän ohjaajani lehtori Asko Tikanojaa, joka omalta osaltaan vaikutti opinnäytetyön valmistumiseen.

Imatralla 6.5.2013

Juha Mämmi

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	A&D Automation Oy	8
1.2	Imatran Lämpö	9
2	KAUKOLÄMPÖ	11
2.1	Tuotantolaitokset	12
2.2	Kaukolämpöjärjestelmä	13
2.3	Kaukolämpöjärjestelmän automaatio	14
2.3.1	Lämpötilatasojen säädöt.....	14
2.3.2	Painetason säätö ja paisunta	16
2.3.3	Paine-eron säätö	17
3	IMATRANKOSKEN LÄMPÖKESKUS.....	18
4	UUDEN LOGIIKKAOHJELMAN SUUNNITTELU	21
4.1	Kaukolämmön pumppaus.....	22
4.2	Sekvenssit.....	23
4.3	Kattiloiden rinnanajo ja häiriövaihdot	25
4.4	Ilmastointi.....	26
5	AUTOMAATIOSOVELLUSTEN TOTEUTUS	27
5.1	Logiikkaohjelmointi	27
5.1.1	Analogiamittaukset	27
5.1.2	Säätöpiirit	29
5.1.3	Kattiloiden ohjaukset ja sekvenssit.....	32
5.2	Ohjauspaneelin päivittäminen	33
5.3	Valvomosovelluksen päivittäminen.....	35
6	SOVELLUSTEN KÄYTTÖÖNOTTO	39
6.1	Valmistelut ja IO-testaukset	39
6.2	Kattilasekvenssit ja pumppaus.....	40
6.3	Laitoksen sekvenssit ja kattila-automaatio.....	42
6.4	Valvomon päivitys ja testaus	42
7	YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET	45

LIITTEET

Liite 1 Luettelo logiikan IO-pisteistä

Liite 2 Luettelo logiikan ohjelmalohkoista

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on Imatrankosken kaukolämpökeskuksen automaatio-sovellusten uusinta. Työssä kirjoitetaan uudelleen lämpökeskuksen laitoslogiikan ohjelma, minkä lisäksi siihen liittyviin valvomojärjestelmiin tehdään tarvittavat muutokset.

Imatrankosken lämpökeskus on Imatran Lämmön 14 MW laitos, jota käytetään alueen huippu- ja varalaitoksena. Pääasiassa alueen lämpö tuotetaan Imatran Energian kaasuturbiinilaitoksella, minkä takia Imatrankosken lämpökeskus ei välttämättä ole aina käytössä. Esimerkiksi kesäisin kaukolämmön tarve on niin vähäistä, että kaasuturbiinilaitoksen teho riittää sen tuottamiseen.

Laitoksessa on ollut käytettävyyso ongelmia, koska se on luonteeltaan peruskuormalaitosta hankalampi. Huippuvoimalaitoksena sen on kyettävä toimimaan turbiinilaitoksen rinnalla ja syötettävä verkkoon lämpö, joka jää turbiinilaitokselta tuottamatta. Toisaalta varalaitoksena sen on kyettävä syöttämään koko alueen tarvitsema lämpö, jos turbiinilaitos pysähtyy. Laitoksen pitäisi siis sopeutua erilaisiin kuormitustilanteisiin ja olla nopeasti käynnistettävissä.

Työn syynä ovat nykyisen logiikkaohjelman ylläpito- ja käytettävyyso ngelmat. Laitoksen käynnistäminen on ollut liian hidasta, eikä käyttäjillä ole ollut riittäviä käsiohjausmahdollisuuksia prosessiin. Logiikassa on kyllä käsiohjaukset, mutta niiden käyttö sekoittaa automatiikan toiminnan. Joitakin ongelmia on jo korjattu, mutta työ on ollut vaikeaa ohjelman monimutkaisuuden vuoksi. Monimutkaisuus vaikeuttaa kaikkia sovellukselle tehtäviä muutoksia ja ylläpitotöitä.

Työn tavoitteena on korjata edellä mainitut ongelmat kirjoittamalla logiikkaohjelma kokonaan alusta alkaen. Uuden ohjelman rakenteessa pyritään yksinkertaisuuteen ja käyttäjälle annetaan toimivat käsiohjausmahdollisuudet prosessiin. Myös laitoksen kaukokäyttöä ja hälytyskäsitelyä parannetaan.

Työ on saatu A&D Automation Oy:stä. Nykyinen logiikkaohjelma on toisen yrityksen tekemä, mutta A&D on ylläpitänyt Imatran Lämmön automaatiojärjestelmiä, joten Imatrankosken lämpökeskuksen ongelmat ovat olleet tiedossa jo pidempään.

1.1 A&D Automation Oy

A&D Automation Oy on järjestelmäriippumaton teollisuusautomaatioyritys, joka on keskittynyt vaativaan prosessi- ja koneautomaatioon. Se toimittaa ohjaus- ja automaatiojärjestelmiä sekä logiikka- ja PC-valvomojärjestelmiä sekä monipuolisia IT-sovelluksia koti- ja ulkomaisille teollisuusyrityksille. (A&D Automation.)

A&D Automation on Siemensin sertifioima Solution Partner -järjestelmätoimittaja. Sertifioidut partnerit ovat vastuullisesti toimivia yrityksiä, jotka varmistavat hyvän, paikallisen palvelun, korkean laadun ja huippuosaamisen. Päästäkseen partneriksi yrityksen on läpäistävä Siemensin järjestämä koulutus ja koe, joilla varmistetaan, että yritys hallitsee Siemensin tuotteiden oikeaoppisen käytön. Ohjelma jakautuu eri aiheita käsitteleviin moduuleihin, joista A&D Automation on suorittanut moduulit:

- Automation System SIMATIC
 - Process Control System SIMATIC PCS 7
 - Human Machine Interface SIMATIC HMI
 - Industrial Communication SIMATIC NET
- (A&D Automation Oy; Siemens AG 2013.)

Siemensin lisäksi yrityksen yhteistyökumppaneina ovat Wonderware (InTouch-valvomot), Rockwell Automation (Allen-Bradley -logiikat) ja Control Techniques. Lisäksi yritys tekee logiikkasovelluksia Omron ja Mitsubishi -logiikoille sekä Honeywell-automaatiojärjestelmälle. (A&D Automation Oy.)

Yrityksellä on hieman alle kymmenen työntekijää, jotka työskentelevät Imatralla ja Lappeenrannassa. Asiakkaita sillä on muun muassa paperi-, teräs-, rakennustarvike- ja elintarviketeollisuudessa. Infrastruktuurialalta asiakkaina on mm. sähkö-, lämpö- ja vesilaitoksia.

Yritys tarjoaa asiakkaan tarpeiden mukaan automaatioon liittyviä suunnittelu-, ohjelmointi- ja kokoonpanopalveluita. Usein asiakkaalle tarjotaan kokonaispakettia, johon sisältyy järjestelmän toteuttamiseen tarvittava sähkösuunnittelu, laitteisto, ohjauskustan rakentaminen sekä ohjelmointi ja käyttöönotto.

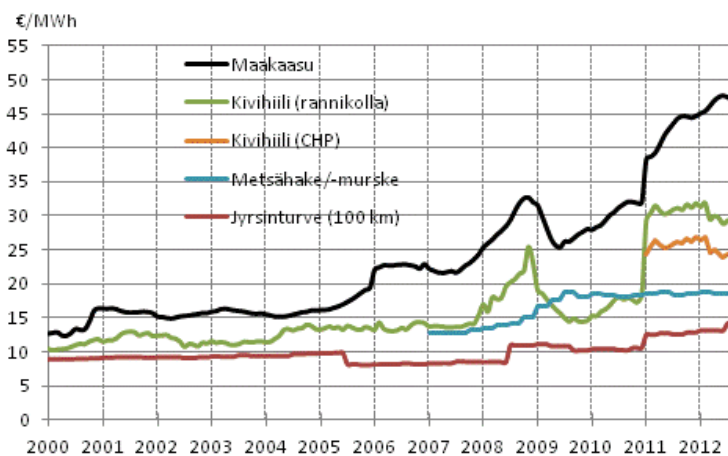
1.2 Imatran Lämpö

Imatran Lämpö on Imatran kaupungin liiketoimintaan kuuluva taseyksikkö, joka vastaa kaupungin kaukolämpö- ja maakaasutoiminnoista. Se rakentaa ja ylläpitää kaukolämmön tuotantolaitoksia sekä kaukolämmön ja maakaasun jakeluverkostoja. Imatran Lämmön toiminta-ajatuksena on kilpailukykyisten, varmatoimisten ja ympäristöystävällisten energiavaihtoehtojen turvaaminen imatralaisille. (Imatran Lämpö 2009, 6.)

Vuonna 2009 Imatran Lämmöllä oli yhteensä 883 asiakasta, joista 604 oli kaukolämpöasiakkaita ja 259 maakaasuasiakkaita. Suurin osa (47 %) kaukolämmöstä myytiin asuinkerrostaloille ja rivitaloille (41 %). Maakaasusta suurin osa (40 %) myytiin liike- ja julkisille rakennuksille sekä teollisuudelle (23 %). (Imatran Lämpö 2009, 10–11.)

Kokonaislämmönhankinta oli 158 GWh, josta omaa tuotantoa oli 77 GWh. Maakaasua hankittiin 138 GWh, josta 82 GWh käytettiin lämmön tuotantoon ja loput myytiin maakaasuasiakkaille. Imatran Energialta ostettiin kaukolämpöä 80 GWh, minkä lisäksi maakaasu ostettiin yhteishankintana Imatran Energian kanssa. Oman tuotannon laitoshyötysuhde oli 95 % ja sähköä kului 6 kWh / MWh lämpöenergiaa. (Imatran Lämpö 2009, 12.)

Kuvion 1 mukaisesti maakaasun hinta on viime vuosina noussut, mikä on nostanut kaukolämmön tuotantokustannuksia. Sekä Imatran Lämmön oma että Imatran Energialta ostettu lämpö tuotetaan maakaasulla, mikä on nostanut kaukolämmön kuluttajahintoja. Maakaasuriippuvuuden vähentäminen onkin lämpötuotannon tärkeimpiä tavoitteita. (Imatralainen 2012; Tekninen lautakunta 2012.)



KUVIO 1. Voimalaitospolttoaineiden hinnat lämpötuotannossa (Tilastokeskus)

Imatran kaukolämpöverkko ei ole yhtenäinen, vaan koostuu paikallisista verkoista, joita on vuosien saatossa yhdistetty suuremmiksi verkoiksi. Erillisten saarekkeiden takia käytössä olevia lämpökeskuksia on enemmän kuin lämpöteho vaatisi, koska lämpöä ei voida siirtää saarekkeesta toiseen. Tämä laskee lämmöntuotannon hyötysuhdetta erityisesti kesällä, jolloin tehontarve on pieni. Imatrankosken lämpökeskus on liitetty ns. Imatrankoski–Mansikkala-verkkoon.

Imatran lämmöntuotannon ongelmia on pyritty ratkomaan jo useamman vuoden ajan kaupunginhallituksessa ja eri yrityksissä. Vuonna 2009 suunniteltiin biovoimalaitoksen rakentamista Imatran Energia Oy:lle. Se oli tarkoitus rakentaa Imatran Lämmön maakaasulaitoksen viereen, mutta 2011 hankkeen eteneminen hidastui, koska kaupunginhallitus ei tehnyt päätöstä sijoituspaikasta. (Tiilikainen 2011.)

Maaliskuussa 2012 kaupunginhallituksessa käsiteltiin konsulttiyhtiön tekemää selvitystä Imatran lämpöhuollon ratkaisumalleista. Raportissa selvitettiin biopolttoainetta käyttävän yhteiskäyttövoimalan ja uusien biolämpökeskusten rakentamista sekä Stora Enson hukkalämmön hyötykäyttöä. (Konsernijaosto 2012; Imatralainen 2012.)

Raportissa tutkittiin myös lämpöverkkojen yhdistämismahdollisuuksia, jotka vaikuttavat rakennettavien lämpökeskusten ja -voimaloiden määrään ja sijoituspaikkoihin. Toisena ääripäänä voitaisiin rakentaa biovoimala Imatrankoski–Mansikkala-verkkoon, johon yhdistettäisiin Vuoksenniskan ja Sienimäen verkot. Lisäksi Rajapatsas yhdistettäisiin Kanavakadun kanssa, jonne rakennettaisiin biolämpökeskus. Toisaalta voitaisiin rakentaa erilliset biolämpökeskukset Imatrankoski–Mansikkala, Vuoksenniska–Sienimäki ja Rajapatsas–Kanavakatu-verkkoihin. (Konsernijaosto 2012.)

Selvityksessä todettiin, että Stora Enson hukkalämmön hyödyntäminen olisi varteenotettava vaihtoehto. Lämpö kerättäisiin lämpöpumpputekniikalla Kaukopään tehtaiden jätevesistä ja johdettaisiin Vuoksenniska–Honkaharju tai jopa Mansikkala–Imatrankoski -verkkoon saakka. (Imatralainen 2012.)

Kaupunginhallitus päätti aloittaa välittömästi teknillistaloudelliset ja sopimustekniset neuvottelut Stora Enson kanssa sekä tarvittavan lämpöpumppulaitoksen esisuunnittelun. Lisäksi omien biolämpökeskusten kannattavuutta tarkennetaan.

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmöllä tarkoitetaan rakennusten ja veden lämmitykseen tarvittavan lämpöenergian keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaille. Se on yleensä kaupallista liiketoimintaa, joka on perinteisesti ollut julkisessa omistuksessa. Kaukolämpöyhtiöiden yksityistäminen on kuitenkin yleistynyt, varsinkin jos toimintaan liittyy sähkön tuotantoa. (Energiateollisuus ry 2006, 25.)

Vuonna 2005 tuotettiin Suomessa kaukolämpöä 31,3 TWh, josta 73 % prosenttia tuotettiin sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa. Kaukolämmöllä on 49 % osuus Suomen lämmitysmarkkinoista, ja se kilpailee talokohtaisen lämmityksen ja muiden lämmitysmuotojen kanssa, joista pahimmat ovat sähkölämmitys (18 %), kevyt polttoöljy (14 %) sekä puu (12 %). (Energiateollisuus ry 2006, 25;36.)

Kaukolämmön etuihin kuuluvat mm. energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys. Kaukolämpökattilan ja talokohtaisen kattilan hyötysuhteessa ja tuotantokustannuksissa ei ole juurikaan eroa, jos verrataan samankokoisia ja samaa polttoainetta käyttäviä kattiloita. Keskitetyssä tuotannossa kuitenkin samoilla laitoksilla tuotetaan useamman asiakkaan lämpö, jolloin päästään suurempiin laitoskokoihin ja päästöjen vähentäminen on teknisesti helpompaa. Erityisen energiatehokasta on sähkön ja lämmön yhteistuotanto, jossa voidaan päästä jopa 85 % kokonaisyötysuhteeseen (Saari, Keikko & Korpinen 1999, 34). (Energiateollisuus ry 2006, 25–27.)

Kaukolämmön etuihin kuuluvat myös eri tuotantomuotojen ja laitosten joustava käyttö. Keskitetyssä tuotannossa voidaan käyttää tilanteen mukaan optimaalisinta laitosta, minkä lisäksi varavoima on koko verkon käytössä. Lisäksi voidaan hyödyntää pientuotantoon soveltumattomia polttoaineita tai esimerkiksi teollisuuden hukkalämpöä. (Energiateollisuus ry 2006, 25–27.)

Kaukolämmön ongelmiin kuuluvat kalliit investoinnit, suuri tehontarpeen vaihtelu, siirtohäviöt sekä sopimattomuus haja-asutusalueelle. Lämmön jakeluun tarvittava kaukolämpöverkko on kallis investointi, minkä takia kaukolämmön käyttö on alkanut kaupunkien keskustoista, joissa tehontarve suhteessa johtopituuteen on suurin. Järjestelmän takaisinmaksuaika kasvaa siirryttäessä pientaloalueelle tai liitettäessä verkkoon toisistaan kaukana olevia asiakkaita. (Energiateollisuus ry 2006, 25–27.)

2.1 Tuotantolaitokset

Lämmön tarve vaihtelee voimakkaasti vuodenajan mukaan, minkä takia on taloudellisesti järkevää jakaa lämmöntuotantokapasiteetti osiin. Pienissä kaukolämpöjärjestelmissä tuotantoa ei kannata jakaa liian pieniin osiin, mutta ainakin perus- ja huipputeho kannattaa tuottaa erikseen. Jaottelussa voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia tehoryhmiä. (Energiateollisuus ry 2006, 259.)

Yleensä hyötysuhde laskee kuormituksen laskiessa, joten yksittäisen laitoksen tai kattilan kuormitus pyritään pitämään mahdollisimman lähellä nimellistehoa. Siksi on edullisinta tuottaa suurin osa lämpöenergiasta perusteholaitoksilla. Kovimmilla pakasilla tarvitaan lisäksi huipputehoa, mutta kesällä kuormitus voi laskea niin alas, että on järkevämpää tuottaa lämpö pienellä huipputeholaitoksella kuin isolla perusteholaitoksella.

Perusteholaitokset ovat yleensä suuria ja niitä käytetään jatkuvasti, minkä takia niiden on oltava luotettavia ja käyttökustannuksiltaan (polttoainekuluiltaan) edullisia. Ne ovat tyypillisesti yhteistuotantovoimalaitoksia tai kiinteän polttoaineen laitoksia.

Keskitehon laitokset ovat yleensä vähän pienempiä ja niitä käytetään lähes jatkuvasti. Kuormitus ei välttämättä ole optimaalinen, joten keskiteholaitoksen on oltava taloudellinen myös osatehoilla ja suhteessa laitoksen tehoon. Tyypillisesti lämpö tuotetaan kiinteällä polttoaineella tai maakaasulla.

TAULUKKO 1. Lämmön tuotantolaitosten soveltuvuus (Energiateollisuus ry 2006, 259)

Tehoryhmä	Vaaditut ominaisuudet	Tyypilliset laitokset
Perusteho	Jatkuva käyttö	Yhteistuotantovoimalaitokset
	Edulliset käyttökustannukset	Kiinteän polttoaineen kattilat
	Hyvä käytettävyys	
Keskiteho	Lähes jatkuva käyttö	Kiinteän polttoaineen kattilat
	Taloudellinen myös osateholla	Maakaasukattilat
	Edullinen hinta tehoa kohti	
Huipputeho	Edullinen hinta tehoa kohti	Öljykattilat
	Nopea ja helppo käynnistettävyys	Maakaasukattilat
Varateho	Edullinen hinta tehoa kohti	Öljykattilat
	Nopea ja helppo käynnistettävyys	Maakaasukattilat

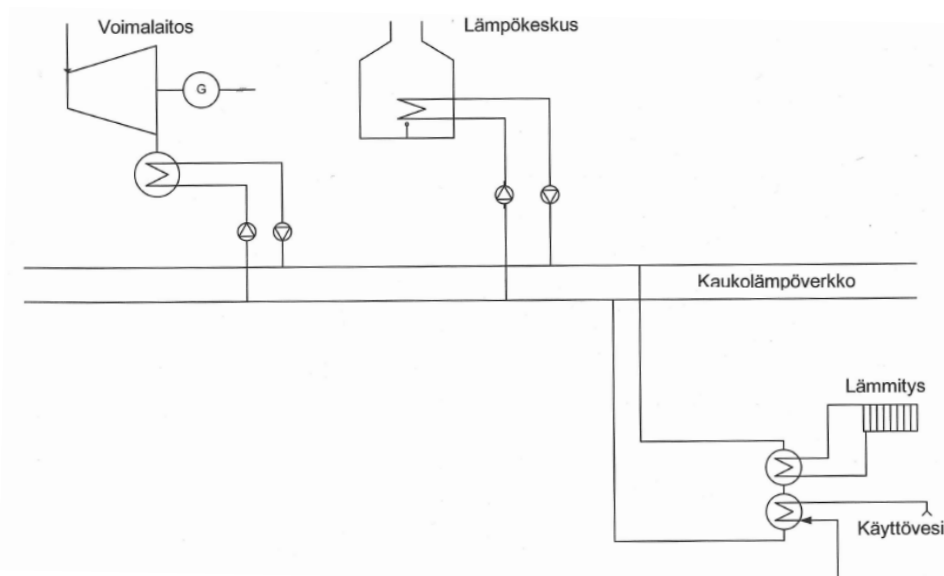
Huippu- ja varateholaitosten tärkein ominaisuus on nopea ja helppo käynnistettävyys. Lisäksi niiden on oltava edullisia tehoonsa nähden. Tyypillisesti ne ovat öljy- tai maakaasukattiloita, jotka on suhteellisen helppo automatisoida kaukokäytöstä käynnistettäviksi. Imatrankosken lämpökeskuksessa on yhdistelmäpolttimet, joilla yleensä poltetaan kaasua, mutta varapolttoaineena voidaan käyttää öljyä.

Ympäristön kannalta lämpö olisi järkevintä tuottaa yhdessä sähkön kanssa. Sähkön tuotanto vaatii kuitenkin suhteellisen monimutkaista ja kallista tekniikkaa, joka on taloudellista vain suurissa laitoksissa. Tekniikan kehittyessä taloudellinen käyttöalue on laajenemassa pienempiin laitoksiin. Suomen kaukolämmöstä lähes 80 % on tuotettu yhteistuotannolla, mikä on suurin osuus maailmassa. (Energiateollisuus ry 2006, 27.)

Imatrankoski–Mansikkala-verkkoon liitetty Imatran Energian kaasuturbiinivoimalaitos tuottaa lämmön sivutuotteena sähköä. Laitos tuottaa noin 60 % Imatran kaukolämmöstä ja Imatran Seudun Sähkön sähköstä noin 15 %. (Imatran Seudun Sähkö Oy.)

2.2 Kaukolämpöjärjestelmä

Kuviossa 1 on kaukolämpöjärjestelmän periaatteellinen rakenne. Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa, minkä jälkeen se siirretään asiakkaille kaukolämpöverkkoa pitkin. Suomessa asiakkaat liittyvät verkkoon lämmönvaihtimilla, jolloin asiakkaan käyttöveteen ei pääse sekoittumaan kaukolämpöverkon tai patteriverkoston vettä.



KUVIO 1. Kaukolämpöjärjestelmän rakenne (Energiateollisuus ry 2006, 43)

Lämpökeskuksen ja lämpövoimalaitoksen tärkein ero on, ettei lämpökeskuksissa tuoteta sähköä. Polttoaineen sisältämä energia saadaan veteen tai höyryyn 85 – 98 % hyötysuhteella, joka riippuu polttoaineesta, polttotekniikasta, kattilan mitoituksista ja ajotavasta. Suurin häviö on savukaasuhäviö, johon voidaan vaikuttaa savukaasun happipitoisuudella ja lämpötilalla. (Energiateollisuus ry 2006, 282.)

2.3 Kaukolämpöjärjestelmän automaatio

Kaukolämpöjärjestelmän käyttöön liittyy useita toisiinsa vaikuttavia tekijöitä, joiden säätö on toteutettu verkon eri osissa. Lämpöverkkoon syötetty lämpöteho riippuu virtausnopeudesta sekä meno- ja paluuveden lämpötilaerosta. Menoveden lämpötilaa säädetään lämpölaitoksilla, mutta virtaus sekä paluulämpötila määräytyvät asiakkaiden mukaan. (Energiateollisuus ry 2006, 335.)

Verkossa tapahtuu erilaisia häviöitä, joiden takia verkon käyttöä pyritään optimoimaan. Automaation tarkoituksena onkin huolehtia kaukolämpöverkon suureiden säädöstä niin, että asiakkaiden tarvitsema lämpö saadaan toimitettua mahdollisimman pienin häviöin.

2.3.1 Lämpötilatasojen säädöt

Lämmöntuottaja vastaa menoveden lämpötilan säädöstä. Koska verkoston lämpöhäviöt riippuvat lämpötilasta, pyritään menolämpötila pitämään mahdollisimman pieneenä. Sen alarajan määräävät:

- asiakkaiden kaukolämpölaitteiden, veden lämmityksen sekä prosessien mitoitukset
- lämpöhäviöiden aiheuttama menolämmön lasku etäisimmille asiakkaille
- mahdollisesti verkon siirtokyky, jolloin virtauksen rajallisuuden takia on nostettava menolämpötilaa ja lämpötilaeroa. (Energiateollisuus ry 2006, 335.)

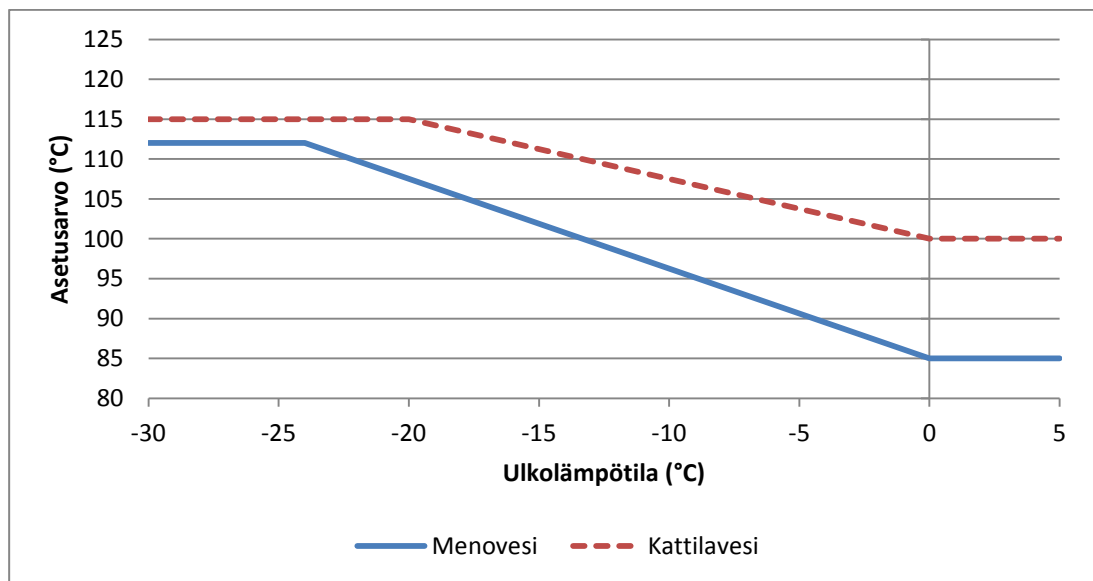
Ylärajan määräävät:

- verkon suunnittelulämpötila
- yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon parempi sähköntuotto pienemmällä menolämpötilalla
- lämpöhäviöiden minimointi. (Energiateollisuus ry 2006, 335.)

Edellisten vaatimusten ja kokemusten perusteella on haettu erilaisia säätökäyriä, joilla määritellään laitoksen menolämpötila eri ulkolämpötiloissa. Yleensä säätökäyrä on laskeva suora, joten menoveden lämpötila nousee pakkasen kiristyessä.

Kuviossa 2 ovat Honkaharjun säätökäyrät. Periaatteessa kattilaveden lämpötila voitaisiin pitää ulkolämpötilasta riippumatta vakiona, mutta on energiatehokkaampaan käyttöä kattilavedelle omaa säätökäyriä. Koska menoveden lämpötilaa säädetään sekoittamalla jäähtyneeseen paluuveteen kuumaa kattilavettä, on kattilaveden asetusarvon oltava aina vähintään halutun menoveden lämpötilan suuruinen.

Kuviosta nähdään, että ulkolämpötilan vaihdelta välillä $-20 \dots 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ riippuu kattilaveden asetusarvo lineaarisesti ulkolämpötilasta. Kovemmillä pakkasilla kattilaveden asetusarvo rajoitetaan 115 asteeseen ja nollan yläpuolella 100 asteeseen. Menoveden lämpötilariippuvuus on vastaava, mutta vaihtelu kovimman pakkasen ja nollakelin välillä on suurempi.



KUVIO 2. Meno- ja kattilaveden lämpötilojen riippuvuudet ulkolämpötilasta

Kaukolämpöveden voidaan varastoida lämpöenergiaa, millä voidaan ennakoida tehotarpeen kasvua. Menoveden lämpötilaa voidaan nostaa esimerkiksi pakkasen kiristyessä, tuulen voimistuessa tai ilman kosteuden kasvaessa. Nostamalla lämpötilaa voidaan ennakoida myös kaukolämpöasiakkaiden aamu- ja iltapäiväkulutushuippuja. (Energiateollisuus ry 2006, 336–337.)

2.3.2 Painetason säätö ja paisunta

Putkistossa on vallittava riittävän suuri ylipaine, jotta veden höyrystyminen estyy ja vesi kiertää häiriöttä suljetussa järjestelmässä. Alipaineessa vedessä olevat kaasut saattavat erottua ja putkiston epätiiviyksistä sinne saattaa tunkeutua ilmaa. Ilmiöt synnyttävät kaasun- ja ilmatyynyn, joka hidastaa veden etenemistä putkistossa. (Energiateollisuus ry 2006, 338.)

Tarvittavaan painetasoon vaikuttaa veden höyrystymispaine, joka riippuu veden lämpötilasta. Esimerkiksi 70 asteinen vesi höyrystyy, jos paine laskee alle -0,68 barin, mikä vastaa alipainetta imettäessä vettä 6,8 m korkeuteen. Vastaavasti 120 asteinen vesi höyrystyy jo paineen laskiessa alle 1,03 barin. (Energiateollisuus ry 2006, 338.)

Jos pumpun imupaine on liian pieni, vesi höyrystyy ilmakupliksi, jotka juoksupyörän siiven alle joutuessaan tiivistyvät räjähdysnomaisesti vedeksi aiheuttaen siiven pintaan iskuja. Syntyy kavitaatioilmiö, joka pilaa nopeasti sen reunat. Höyrystymispaineen lämpötilariippuvuuden vuoksi imupuolella olevan pumpun imupaineen on oltava 0,5...0,8 bar ja menopuolella 120 °C vedessä jo vähintään 3 bar, jotta vältetään kavitointi. (Energiateollisuus ry 2006, 338.)

Muun muassa kavitoinnin vuoksi toimilaitteet ja mittaukset pyritään sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan paluupuolelle. Lisäksi materiaalit kestävät pidempään paluupuolen viileämpää vettä.

Yleensä puhutaan keskipaineen säädöstä, koska painekuvaajassa menopaineen ja paluupaineen keskiarvo muodostaa keskipaineen. Keskipainetta saadaan säätää vain yhdellä laitoksella kerrallaan, mutta jaettaessa verkko osiin on jokaiseen saarekkeeseen jäätävä oma keskipaineen säätö. Säätö toteutetaan jatkuvasti tai jaksoittain käyvän pumpun ja ohitusventtiilin yhteistyönä. (Energiateollisuus ry 2006, 338–339.)

Kaukolämpöjärjestelmän laajuuden vuoksi painetason säätöjärjestelmän yhteyteen on rakennettava paisuntajärjestelmä, jolla huomioidaan veden lämpölaajeneminen. Pienissä verkoissa suljettu järjestelmä voidaan toteuttaa käyttäen kalvopaisunta-astiaa, mutta keskisuurissa ja suurissa järjestelmissä käytetään höyrytyynyllä tai vesilukolla varustettua paisunta- ja lisävesisäiliötä. (Energiateollisuus ry 2006, 338–339.)

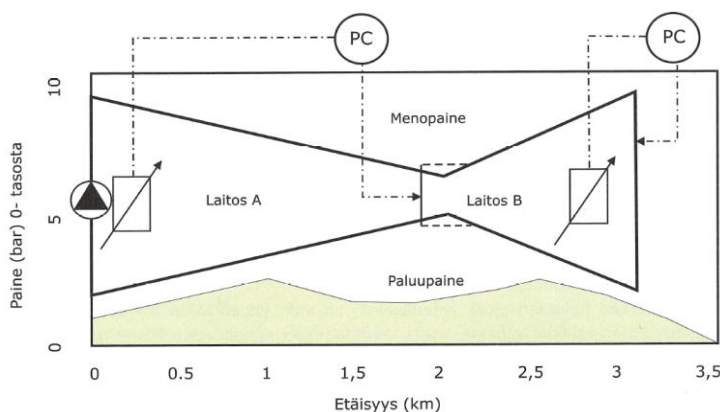
2.3.3 Paine-eron säätö

Kaukolämpöpumppujen imu- ja painepuolen välisellä paine-erolla saadaan vesi kiertämään verkossa. Suljetussa järjestelmässä ylä- ja alamäet eivät vaikuta, jos painetaso on riittävä. Pumppaustyötä tarvitaan vain virtausnopeuden kasvattamiseen sekä kitkahäviöiden voittamiseen. Kitkavoima aiheuttaa painehäviön, joka kasvaa noin nelinkertaiseksi virtausnopeuden kaksinkertaistuessa, minkä takia paine-ero pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. (Energiateollisuus ry 2006, 340.)

Asiakaslaitteiden mitoituksen vuoksi asiakkaille taataan yleensä 0,6 barin paine-ero. Säättämällä paine-eroa kriittisen asiakkaan perusteella taataan kaikille asiakkaille riittävä paine-ero. Kriittisellä asiakkaalla tarkoitetaan kauimmaista tai muuten epäedullisessa paikassa sijaitsevaa asiakasta. (Energiateollisuus ry 2006, 340.)

Pienimpiä verkkoja lukuun ottamatta paine-erosäätö toteutetaan säättämällä kaukolämpöpumppujen pyörintänopeutta taajuusmuuttajilla. Pyörimisnopeuden säädöllä ei muuteta verkoston virtausta, vaan pyritään säästämään sähköenergiaa asettamalla pumpun nostokorkeus mahdollisimman matalaksi. Lisäksi pumppujen kierrosnopeudet määräävät laitosten keskinäisen tehonjaon. (Energiateollisuus ry 2006, 340–341.)

Yhtenäisessä verkossa vain yksi laitos voi säätää kriittisen asiakkaan paine-eroa. Kuviossa 3 laitos A säättää kriittisen asiakkaan paine-eroa ja B ajaa vakioteholla. Vaihtoehtoisesti voitaisiin pitää laitoksen B kaukolämpöpumppujen yli vallitseva paine-ero vakiona. Myös laitoksen B on kyettävä kriittisen asiakkaan paine-eron säätöön, jos A:n kaukolämpöpumput pysähtyvät (Energiateollisuus ry 2006, 341.)



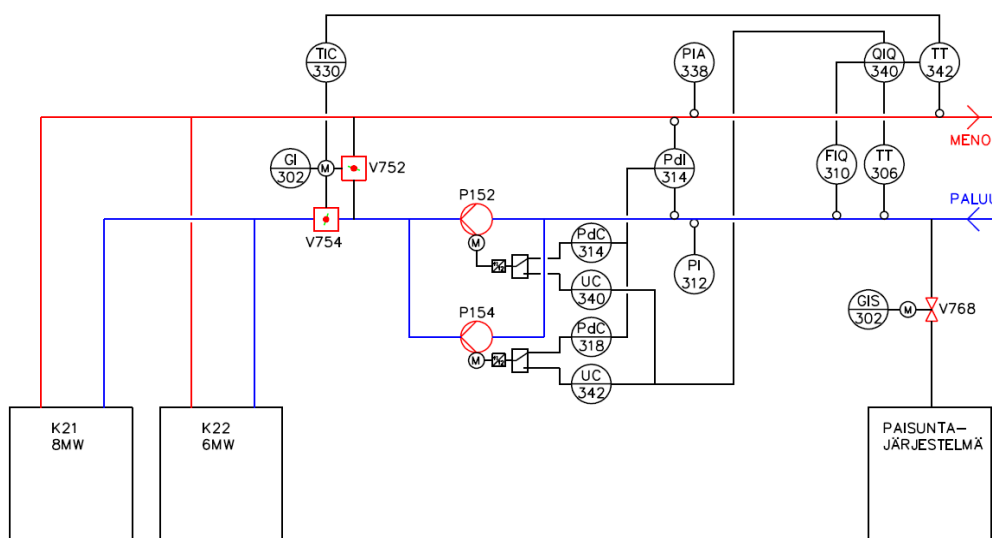
KUVIO 3. Laitos A säättää kriittisen asiakkaan paine-eroa ja B ajaa vakioteholla (Energiateollisuus ry 2006, 342)

3 IMATRANKOSKEN LÄMPÖKESKUS

Iso osa Imatrankosken lämpökeskuksen ohjauksista on toteutettu relelogiikalla tai poltinautomaatiossa, joten prosessikaaviota (kuvio 4) on yksinkertaistettu. Prosessissa lämmitetään kaukolämpövedtä pumppaamalla sitä kattiloiden läpi.

Lämpökeskusta voidaan käyttää joko yksinään tai Imatran Energian turbiiniaseman rinnalla. Siksi pumppausta voidaan säätää joko paine-eron tai verkkoon syötetyn lämpötehon perusteella. Laitoksen toimiessa yksin käytetään aina paine-erosäätöä, mutta rinnankäytössä vain toinen laitoksista voi olla paine-erosäädöllä ja toisen on oltava tehosäädöllä, koska muuten laitosten säätimet saattavat värähdellä.

Kuvion keskellä on kaukolämpöpumppu P152, jota ohjataan taajuusmuuttajalla. Sen nopeusohje saadaan joko paine-erosäätimeltä PdC314 tai tehosäätimeltä UC340 sen mukaan, onko laitos paine-ero- vai tehosäädöllä. Paine-erosäätimen mittaustieto saadaan paine-eromittauksesta Pdl314, joka lasketaan logiikassa laitoksen meno- ja tulopaineiden erotuksena. Tehosäätimen mittaus saadaan kaukolämpömittarilta QIQ340, joka laskee lämpötehon lämpötilaeron ja virtauksen perusteella. Pumpulla P154 on vastaavat säätimet, mutta normaalisti vain yksi pumppu pyörii kerrallaan. Molemmat voivat pyöriä, mutta vain toisen nopeussäätö voi olla automaattilla.

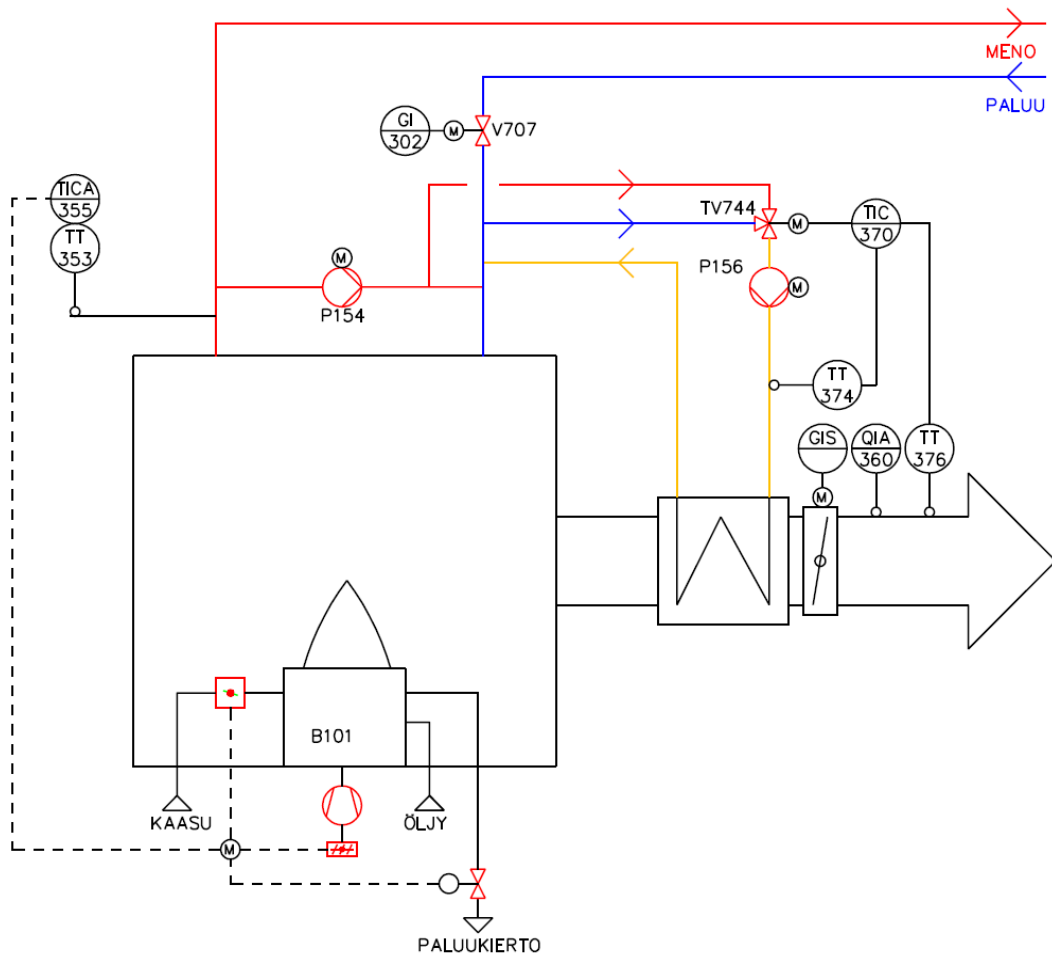


KUVIO 4. Lämpökeskuksen PI-kaavio

Menoveden lämpötilaa säädetään sekoitusventtiilillä V752, josta saadaan asentomittaus GI302. Kattiloilla on myös lämpötilansäätönsä, mutta sekoitusventtiilillä voidaan reagoida nopeammin menoveden lämpötilan vaihteluihin. Venttiiliä ohjaa lämpötilasäädin TIC330, joka käyttää menolämpötilan mittausta TT342.

Pumppujen ja kattiloiden lisäksi paluuputkeen on liitetty paisuntajärjestelmä, joka on toteutettu relelogiikalla. Paisuntajärjestelmään kuuluu paisuntasäiliö, kaksi pumppua, paineakytkimiä verkostopaineen säätöön sekä pintakytkimiä, joilla ohjataan paisuntasäiliön täyttöä syöttövesisäiliöstä. Logiikkaan on liitetty tilatietoja, ja sillä voidaan ohjata paisuntajärjestelmän sulkuventtiiliä V768.

Laitoksen kattilat ovat tehoaan lukuun ottamatta identtisiä lämminvesikattiloita, eli laitoksella ei tuoteta höyryä. Kuviossa 5 on kattilan yksinkertaistettu prosessikaavio, johon on piirretty vain laitoslogiikan kannalta tärkeimmät laitteet. Myös polttoaineen syöttö on periaatteellinen.



KUVIO 5. Kattilan PI-kaavio

Normaalisti kaukolämpöpumppaus kierrättää vettä kattilaventtiilin V707 ja kattilan läpi. Kattilan käynnistyksen aikana kattilaventtiili pidetään kuitenkin kiinni, jottei kylmää vettä pumpattaisi verkkoon. Tällöin kattilan kiertopumppu P154 huolehtii veden kierrättämisestä ja tasaisesta lämpenemisestä.

Kattilan tehonsäätö perustuu laitoslogiikassa toteutettuun lämpötilasäätimeen TI-CA355, joka käyttää kattilan menoputkessa olevaa lämpötilamittausta TT353. Laitoslogiikka lähettää poltinautomaatiolle teho-ohjeen, jonka perusteella se säätää tuloilmapeltiä ja polttimelle menevän polttoaineen määrää. Kaasupolttimen säädöstä poiketen öljypolttimen tehonsäätö perustuu öljyn paluukierron virtauksen säätöön (Palo 2009, 12).

Kattiloissa on ekonomaiserit, joilla parannetaan hyötysuhdetta keräämällä kattilasta lähtevän savukaasun lämpöenergiaa. Esimerkiksi pudottamalla 8 MW kattilan savukaasujen lämpötila 230 °C:sta 85 °C:een, voidaan kerätä jopa 590 kW lämpöenergiaa. (Eino Talsi Oy.)

Periaatteessa ekonomaiser on sitä tehokkaampi, mitä kylmempää vettä siihen syötetään. Savukaasun lämpötila ei kuitenkaan saa laskea alle kastepisteen, koska öljypoltossa vapautunut rikki muodostaa rikkihappoa, joka ruostuttaa savupiippua ja ekonomaiseria. (Energiateollisuus ry 2006.)

Tämän takia savukaasun lämpötilaa on säädettävä lämpötilasäätimellä TIC370, joka muodostaa kaskadisäädön. Pääsäädin säätää savukaasun lämpötilaa TT376 ja alasäädin ekonomaiserin sisään menevän veden lämpötilaa TT374. Haluttu veden lämpötila toteutetaan sekoitusventtiilin TV744 avulla. Pääsäädin hakee alasäätimelle sellaisen veden lämpötila-asetuksen, jolla haluttu savukaasun lämpötila saavutetaan.

Imatrankosken laitoslogiikkana on Siemensin S7-300, jonka tehtävänä on ohjata laitoksen ja kattiloiden toimilaitteita sekä valvoa poltinautomaatiota ja relelogiikkaa. Poltinautomaatio huolehtii yhdistelmäpolttimen ohjaamisesta ja turvatoiminnoista. Esimerkiksi kattilan ylikuumeneminen aiheuttaa poltinautomaatiossa lukituksen, joka pysäyttää polttimen. Lukituksista saadaan tieto laitoslogiikkaan, jotta kattila voidaan pysäyttää ja operaattorille antaa hälytys.

4 UUDEN LOGIIKKAOHJELMAN SUUNNITTELU

Laitoksen ongelmista keskusteltiin jo kesällä 2012. Malliksi valittiin Honkaharjun lämpökeskus, koska se on Imatran Lämmön uusimpia laitoksia ja sen automaatio on pisimmälle vietyä. Samalla otettiin Honkaharjun toimintakuvaus Imatrankosken uuden toimintakuvauksen pohjaksi.

Varsinaisia A&D:n ja Imatran Lämmön välisiä suunnittelupalavereja pidettiin neljä: ensimmäisessä käsiteltiin kaukolämmön pumppausta, toisessa sekvenssejä ja kolmannessa aiemmin määrittelemättä jääneitä asioita. Neljäs palaveri pidettiin kuukautta ennen käyttöönottoa, jolloin logiikkaohjelma oli lähes valmis ja voitiin vertailla toteutettuja valvomokuvia määrittelyyn.

Käytännössä Honkaharjun toimintakuvaus muokattiin Imatrankosken lämpölaitokselle sopivaksi. Apuna käytettiin Imatrankosken IO-listaa sekä vanhan logiikkaohjelman toimintakuvausta ja ohjelmakoodia.

Suunnittelussa lähdettiin siitä, että laitoksen ongelmat johtuvat logiikkaohjelmasta, eikä kytkentämuutoksia tarvitse tehdä. Myöskään logiikan ulkopuolella toteutettuja toimintoja ei siirretty laitoslogiikkaan, koska siitä ei välttämättä olisi ollut ratkaisevaa hyötyä. Projekti olisi saattanut myös laajentua huomattavasti, kun laitoksen kytkentöjä olisi jouduttu selvittämään ja vastaavat toiminnot toteuttamaan logiikkaan.

Logiikkaohjelmasta pyrittiin tekemään yksinkertainen, ja Imatran Lämmön pyynnöstä, mahdollisimman vähän operaattoria rajoittava. Osassa Imatran Lämmön laitoksista on logiikkaohjelmaan tehty paljon lukituksia ja rajoituksia, joista on kuitenkin ollut harmia. Lisäksi toimintaa yhtenäistettiin muihin laitoksiin nähden.

4.1 Kaukolämmön pumppaus

Laitoksen suurin ongelma oli kaukolämmön pumppauksen käynnistäminen tehosäädöllä. Käynnistyksessä saattoi mennä jopa 10 minuuttia, eikä sitä voinut nopeuttaa, koska käsiajon käyttäminen sekoitti automatiikan.

Alkuperäisessä ohjelmassa tehosäädin oli toteutettu perinteisellä PID-säätimellä, jonka tuloon on kytketty kaukolämpömittarilta QIQ340 saatu kaukolämpöteho. Kaa-
van 1 perusteella lämpötehoa alkaa siirtyä vasta, kun on muodostunut sekä virtaus (massavirta) että lämpötilaero.

$$\Phi = c * m * \Delta T \quad (1)$$

Φ = lämpövirta eli lämpöteho (kJ)

c = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg, °C)

m = veden massavirta (kg/s)

ΔT = meno- ja paluuveden lämpötilaero (°C)

Turbiiniaseman tuottaman vastapaineen takia saattaa mennä kauan, että vesi alkaa kiertää. Kriittisen kierrosnopeuden jälkeen vesi alkaa virrata, mutta tehon siirtymiseksi on oltava myös lämpötilaero, jonka muodostumiseen kuluu aikansa. Säätimen integraalitermi ehtii kasvaa suureksi, mikä saa pumpun kierrokset ja virtauksen kasvamaan suureksi. Näitä ongelmia oli yritetty ratkaista mm. virittämällä säädin hitaammaksi, asetusarvon rampituksella ja rajoittamalla pumpun kierroksia, jos virtaus kasvaa suureksi.

Aluksi harkittiin mm. eri säätöparametrien käyttöä käynnistyksen ja normaalin käynnin aikana. Kuitenkin päädyttiin seuraavaan järjestelyyn, jolla pyritään varmistamaan, että mitattu teho on järkevä ennen säädön vapauttamista:

1. Käynnistyksen alussa pumpun pyörintänopeus asetetaan esim. 10 %:iin.
2. Pumpun kierrosnopeutta nostetaan lineaarisesti, kunnes saavutetaan riittävä virtaus.
3. PID-säädin vapautetaan säädölle, kun haluttu lämpötilaero on saavutettu.

Sopivat raja-arvot ja nostonopeus joudutaan hakemaan käyttöönotossa. Imatran Lämmön mukaan voidaan kuitenkin käyttää lähtöoletuksena 3 MW lämpötehoa ja 25 °C lämpötilaeroa, jolloin kaavasta 1 ratkaisemalla saadaan virtausrajaksi 17,9 kg/s.

4.2 Sekvenssit

Imatrankosken lämpökeskuksen käynnistys on automatisoitu niin, ettei laitoksella tarvitse normaalisti käydä lainkaan, vaan käynnistys- ja pysäytyskäskyt annetaan valvomosta. Tätä varten kattiloissa on pohjakierto ja laitoslogiikassa käynnistys- ja pysäytyssekvenssit, joilla huolehditaan toimenpiteiden oikeasta järjestyksestä.

Pohjakierron tehtävänä on varmistaa, ettei kattila jäähydy liikaa sen ollessa poissa käytöstä. Jos kylmää kattilaa lämmitetään liian nopeasti, lämpölaajeneminen aiheuttaa rasituksia, jotka lyhentävät kattilan käyttöikää. Joissakin poltinhäuslaitteissa on kylmän kattilan käynnistystoiminto, mutta Imatrankoskella oletetaan, että pohjakierto pitää kattilan riittävän lämpimänä. Mahdollinen kylmäkäynnistys tehdään käsin laitokselta.

Ennen laitoksen käynnistystä valitaan ensimmäiseksi käynnistettävä kattila sekä kaukolämpöpumppu. Lisäksi käynnistettävän kattilan polttimen sekä toimilaitteiden on oltava automaattilla eli laitoslogiikan ohjattavissa. Laitoksen käynnistyssekvenssin vaiheet ovat:

1. alkuehtojen tarkastaminen
2. käynnistysjärjestyksessä ensimmäisen kattilan käynnistäminen
 - a. kattilan sekoitus- ja ekonomaiserpumpun käynnistäminen
 - b. polttimen käynnistäminen minimiteholla
 - c. savukaasupellin tarkastaminen
 - d. tehosäätimen vapauttaminen automaattille, kun kattilassa kiertävän veden lämpötila on riittävä ja polttimelta tulee säätölupa
 - e. kattilaventtiilin avaaminen, kun kattilan vesi on 2 astetta lämpimämpää kuin kaukolämpöverkon vesi
3. käynnistysjärjestyksessä ensimmäisen kaukolämpöpumpun käynnistäminen.

Laitoksen käynnistyssekvenssi jakautuu periaatteessa koko laitosta koskeviin vaiheisiin 1 ja 3 sekä kattilan käynnistyssekvenssiin 2. Samaa kattilan käynnistyssekvenssiä käytetään riippumatta, mistä syystä kattila käynnistetään.

Käynnistyssekvenssi poikkeaa normaalista, koska joitakin toimilaitteita ei voida ohjata laitoslogiikasta, vaan niistä saadaan vain tilatieto. Normaalisti savukaasupellin on oltava auki ennen kuin poltin voidaan käynnistää, mutta Imatrankoskella sitä ohjataan poltinautomaatiosta. Kun logiikalta tulee käynnistyskäsky, poltinautomaatio avaa ensiksi pellin ja sytyttää polttimen vasta, kun pelti on rajakytkimen mukaan auki.

Ennen polttimen käynnistystä pitäisi tarkastaa, että öljynpaine on riittävä. Suunnittelun aikana kuitenkin paljastui, ettei poltinautomaatiosta saada tietoa, onko poltin käynnistymässä öljyllä vai kaasulla. IO-listan mukaan logiikkaan tulee ”öljykäyttö valittu” -tieto, mutta todellisuudessa se onkin ”öljy liekki havaittu” -tieto.

Imatrankoskella öljyn käyttö on harvinaista, eikä polttoaineen vaihtoa ole automatisoitu. Jos kaasun toimitus katkeaa, on päivystäjän käytävä laitoksella kääntämässä poltin mekaanisesti öljykäytölle ja käynnistettävä öljypumput.

Vanhassa ohjelmassa oletettiin, että päivystäjä muistaa käynnistää öljypumput ja avata kaikki tarvittavat venttiilit. Uudessa ohjelmassa polttimen oletetaan olevan öljykäytöllä, jos sen öljypumppu on käynnissä, jolloin öljynpaineen riittävyys tarkastetaan ennen polttimen käynnistämistä.

Valitulla polttoaineella on vaikutusta myös ekonomaiserin ohjaukseen, koska sitä käytetään normaalisti vain kaasulla. Tässä laitoksessa ekonomaiserin kiertopumppu pidetään kuitenkin aina käynnissä, koska muuten öljykäytöllä ekonomaiserin lämpötila nousee liikaa. Ekonomaiserin kaskadisäätö otetaan käyttöön, jos havaitaan kaasuliikki.

Vastaavasti laitoksella on pysäytyssekvenssi, jonka vaiheet ovat:

1. molemmat kattilat ajetaan alas
 - a. polttimien teho-ohjeet ajetaan minimiin
 - b. polttimien käyntikäskyt sammutetaan
 - c. kattilaventtiilit suljetaan
2. kaukolämpöpumput pysäytetään, kun molemmat kattilaventtiilit ovat lähes kiinni
3. odotetaan viisi minuuttia
4. pysäytetään kattiloiden sekoitus- ja ekonomaiserpumput.

Laitoskäynnistyksen lisäksi yksittäinen kattila voidaan käynnistää myös valvomonäytöltä annettavalla käskyllä. Silloin ei kuitenkaan käynnistetä kaukolämpöpumppuja, vaan ne on käynnistettävä käsin. Sen sijaan kaukolämpöpumppaus pysäytetään automaattisesti viimeistään, kun molemmat kattilaventtiilit ovat lukitusrajalla.

4.3 Kattiloiden rinnanajo ja häiriövaihdot

Laitoksen käynnistyssekvenssi käynnistää vain käynnistysjärjestyksessä ensimmäiseksi valitun kattilan, koska se on yksinkertaisempaa kuin molempien kattiloiden yhtäaikainen käynnistäminen. Kuormituksen kasvaessa ensimmäisen kattilan kapasiteetti saattaa kuitenkin loppua, minkä takia laitoslogiikassa on rinnankäyttöautomaatiikka.

Koska kattilat ovat eri tehoisia, on vaikutusta valitaanko ensimmäiseksi kattilaksi K21/8 MW vai K22/6 MW. Valintaan vaikuttaa kaukolämpökuorma, joka riippuu säästä ja turbiiniaseman tuotannosta.

Alkuperäisessä ohjelmassa rinnankäyttöautomaatiikasta oli pyritty tekemään sellainen, että laitos toimisi optimaalisella kattilayhdistelmällä mahdollisimman laajalla kuormitusalueella. Kun ensimmäiseksi kattilaksi oli valittu pienempi kattila, toimi automatiikka kuormituksen kasvaessa seuraavasti:

1. Kattila 22/6 MW käynnistyy sekvenssin ohjaamana.
2. Jos kaukolämmön tehovaade on yli 5 MW 10 minuutin ajan, käynnistetään kattila 21/8 MW ja pysäytetään kattila 22/6 MW. Pienempi kattila vaihdetaan siis suurempaan.
3. Jos tehovaade on yli 7 MW 10 minuutin ajan, käynnistetään kattila K22/6 MW uudelleen kattilan K21/8 MW rinnalle.

Kuormituksen laskiessa ohjelma toimi päinvastaisessa järjestyksessä, mutta eri tehorajoilla ja viiveillä. Kattilavaihdosta tuli kuitenkin ongelmia, minkä takia toiminta oli muutettu jo ennen opinnäytetyötä uutta ohjelmaa vastaavaksi.

Uudessa ohjelmassa ensimmäiseksi valittu kattila pidetään aina käynnissä ja toinen kattila käynnistetään, kun kuormitus pysyy riittävän kauan määriteltä suurempaan. Vastaavasti toinen kattila ajetaan alas, kun kuormitus pysyy tarpeeksi kauan määriteltä pienempänä. Raja-arvot ovat erilaiset riippuen, onko ensimmäiseksi kattilaksi valittu 21/8 MW vai 22/6 MW kattila.

Rinnankäytön aikana suuremman kattilan kattilaventtiili ohjataan 55 % asentoon, jotta kattiloiden putkistovastukset saadaan tasattua. Ilman tätä toimenpidettä suurin osa virtauksesta menisi ison kattilan läpi, koska sen putkistovastus on luonnostaan pienempi. Tällöin pienen kattilan kapasiteetti jäisi vajaakäytölle.

Kattiloilla on lisäksi häiriövaihtoautomaatiikka, joka käynnistää toisen kattilan, jos ensimmäiseksi valittu kattila pysähtyy häiriön takia. Myös kaukolämpöpumpuilla on vastaava häiriövaihtoautomaatiikka, mutta muista syistä ohjelma ei vaihda kaukolämpöpumppua.

4.4 Ilmastointi

Logiikka ohjaa myös lämpökeskuksen ilmastointia, josta ei ollut mitään mainintaa Imatrankosken alkuperäisessä toimintakuvauksessa. Siksi sen toiminta jouduttiin selvittämään vanhasta ohjelmasta ja uusista määrittelyistä jouduttiin keskustelemaan useampaan kertaan.

Laitoksella on kaksi kiertoilmapuhallinta sekä yksi poistoilmapuhallin, joilla säädetään kattilahuoneen lämpötilaa. Talvella kattilahuonetta lämmitetään puhaltamalla kiertoilmaa kaukolämpövedellä lämmitettyjen lämmönvaihdinten läpi. Vastaavasti kesällä lämpötila nousee ja kattilahuonetta jäähdytetään puhaltamalla lämmintä ilmaa ulos.

Laitoksella on myös kaksi raitisilmapeltiä, joita ei voida ohjata logiikasta. Sen sijaan relelogiikka avaa ne, kun kattila tai poistoilmapuhallin käynnistetään. Kiertoilmapuhaltimen käynnistäminen ei edellytä raitisilmapellin avaamista, vaan esimerkiksi laitoksen ollessa pois käytöstä kierrätetään jo kattilahuoneessa ennestään olevaa ilmaa.

Kattilahuoneessa on kaikkiaan neljä lämpötilamittausta, joista kolmea käytetään kattilahuoneen keskilämmön laskentaan. Riippuen käynnissä olevista kattiloista ja puhaltimista saattaa lämpötila kattilahuoneen eri osissa vaihdella paljonkin, minkä takia keskilämpötilana on käytetty aritmeettisen keskiarvon asemesta mediaania.

Vanhassa ohjelmassa kattilahuoneelle annettiin keskilämpötila-asetus, jonka perusteella se laski puhaltimille käynnistys- ja pysäytyslämpötilat. Uudessa ohjelmassa käyttäjä pääsee suoraan syöttämään jokaiselle puhaltimelle haluamansa käynnistys- ja pysäytyslämpötilat.

5 AUTOMAATIOSOVELLUSTEN TOTEUTUS

5.1 Logiikkaohjelmointi

Logiikkaohjelmointi aloitettiin syyskuussa 2012. Työtä varten perustettiin uusi Simatic Step 7 -projekti, johon tuotiin vanhasta projektista vain laitteiston konfiguraatio sekä tulo- ja lähtölista (IO-listaus, liite 1). Muuten vanhan ohjelman tutkimista vältettiin, koska se oli monimutkainen eikä toiminut halutulla tavalla.

Kaikkiaan logiikassa on 209 IO-pistettä, joista digitaalituloja on 131, digitaalilähtöjä 34, analogiatuloja 39 ja analogialähtöjä 5. Luvut eivät sisällä varauksia, vaan kaikkiin osoitteisiin liittyy ohjelmakoodia. Ohjelmointi olikin opinnäytetyön työläin osuus: tulostettuna ohjelmakoodia olisi noin 600 sivua. Luettelo Step 7 -projektin lohkoista on liitteenä 2.

Koska toimintakuvausten pohjana käytettiin Honkaharjun toimintakuvausta, oli luonnollista ottaa Honkaharjun logiikkaohjelma malliksi. Uudessa ohjelmassa pyrittiin noudattamaan Honkaharjun ohjelmarakennetta ja toimintaa, jotta siitä tulisi yhtenäinen muiden lämpökeskusten kanssa ja ylläpito olisi helpompaa. Lisäksi käytettiin mahdollisimman paljon valmiita ohjelmalohkoja, jolloin jäisi enemmän aikaa tavallisuudesta poikkeavien toimintojen ohjelmointiin.

Ohjelmointi aloitettiin samaan aikaan suunnittelun kanssa, eikä toimintakuvaus ollut vielä valmis. Sen sijaan apuna oli Imatrankosken vanha toimintakuvaus ja logiikkaohjelma sekä Honkaharjun toimintakuvaus ja logiikkaohjelma.

5.1.1 Analogiamittaukset

Työ aloitettiin analogiamittausten skaalauksella ja hälytysten tekemisellä, koska yksi Imatran Lämmön vaatimuksista oli Honkaharjua vastaavan hälytyskäsitteilyn toteuttaminen. Toimintakuvausten puuttuminen ei myöskään aiheuttanut ongelmia, vaan se voitiin tehdä pelkän IO-listan perusteella.

Vanhassa ohjelmassa mittaukset oli skaalattu kokonaisluvuksi välille 0...10000, joten ne piti skaalata uudelleen valvomossa ja ohjauspaneelissa. Uudessa ohjelmassa skaalaus tehdään suoraan reaaliluvuksi oikeisiin yksiköihin, mikä helpottaa ohjelmointia ja ylläpitoa, koska lämpötilat näkyvät suoraan celsiusasteina ja asetusarvoja voidaan vertailla suoraan mittausarvoon.

Hälytysten käsittelystä tehtiin monipuolinen: jokaiselle mittaukselle voidaan määrittellä neljä hälytysrajaa (erittäin matala, matala, korkea ja erittäin korkea), minkä lisäksi mittapiiriviasta saadaan oma hälytys. Valvomosta voidaan estää kaikki laitoksen hälytykset kerralla tai mittapiste kerrallaan.

Hälytyskäsittely on toteutettu logiikassa, jottei valvomoyhteyden katkeaminen vaikuta siihen. Lisäksi hälytysaikaleimat tehdään logiikassa, jotta valvomoyhteyden palaututtua saadaan selville hälytyksen todellinen aika yhteyden palautumishetken sijaan.

Siemens S7-300 -logiikassa ohjelma voidaan jakaa osiin erilaisten lohkojen avulla. Ohjelmakoodi kirjoitetaan OB-organisaatiolohkoihin (Organisation Block), FC-funktioihin (Function) tai FB-funktiolohkoihin (Function Block). Logiikassa on myös DB (Data Block) -lohkoja, joihin tallennetaan muuttujia, kuten asetusarvoja. DB-lohkot jakautuvat vielä jaettuihin DB-lohkoihin (Shared Data Block) ja instanssilohkoihin (Instance Data Block).

FB-lohkot eroavat FC-lohkoista siten, että jokaiselle lohkokutsulle varataan oma instanssi-DB, jonka sisältö määräytyy FB-lohkon parametrien perusteella. Esimerkiksi voidaan tehdä kaikkia moottoreita varten yksi FB-lohko, jota kutsutaan jokaisen moottorin kohdalla eri parametrein. Jokainen moottori on oma instanssinsa, jolle varataan oma DB.

Vanhassa ohjelmassa lohkoajattelu oli viety hyvin pitkälle, minkä takia siinä oli paljon pieniä lohkoja. Mittausten käsittely perustui FB-lohkoon, joten jokaisella mittauksella oli oma DB:nsä. Hälytysten käsittely ei kuitenkaan sisältynyt FB-lohkoon, vaan jokaiselle mittaukselle oli oma FC-lohko, jossa ensin kutsuttiin FB-lohkoa, minkä jälkeen vertailtiin mitattua arvoa hälytysrajoihin. Varsinaiset hälytykset oli tallennettu logiikan merkkerialueelle (esim. osoitteeseen M100.0).

Uuden ohjelman mittausten käsittely on toteutettu Honkaharjussa käytetyllä "AnalogIn"-lohkolla (FC300), joka skaalaa analogiatulosta luetun arvon oikealle mitta-alueelle ja toteuttaa edellä mainitut hälytysominaisuudet. Lisäksi hälytyksiin voidaan määrittellä haluttu viive, jolla estetään lyhyiden jännitehäiriöiden aiheuttamat turhat hälytykset.

Koska mittauksia on 39, oli vanhassa ohjelmassa sekä 39 FC- että 39 DB-lohkoa. Kaikki mittausten käsittely koottiin "Mittaukset"-lohkoon (FC25) ja skaalatut mittausarvot DB25-lohkoon. Hälytykset ja niiden estot sijoitettiin DB-lohkoihin DB26-DB30. Merkkerialuetta käytetään vain ohjelman sisäiseen toimintaan, ja kaikki tiedonsiirto logiikan ulkopuolelle tapahtuu DB-lohkojen kautta.

5.1.2 Säättöpiirit

Seuraavaksi ohjelmoitiin säättöpiirit. Lähes kaikki säättöpiirit ovat lämpötilan säätimiä ja polttimeen teho-ohjetta lukuun ottamatta kaikki toimilaitteet ovat analogisella virtaviestillä ohjattavia. Poltintehoa ohjataan kolmipisteohjauksella eli kahdella digitaali-lähdöllä: lisää tehoa ja vähennä tehoa. Jos kumpaakaan lähtöä ei ohjata, nykyinen teho säilyy.

Säättöpiirien toteuttamiseksi S7-300 -logiikassa on kaksi tavallista PID-säädintä (FB41, FB42) sekä kaksi lämpötilasäätöön optimoitua PID-säädintä (FB58, FB59). Lisäksi on apulohko FB43, jota voidaan käyttää esimerkiksi lämmitysvastuksen ohjaukseen pulssileveysmodulaatiolla. Taulukossa 2 on yhteenveto eri säädinlohkoista. (Siemens AG 1996; Siemens AG 2003.)

TAULUKKO 2. S7-300 -logiikan standardisäätimet

Lohko	Nimi	Kuvaus
FB41	CONT_C	PID-säädin analogisella lähtösuureella
FB42	CONT_S	PI-säädin digitaalisella kolmipisteohjauksella
FB43	PULSEGEN	Apulohko pulssileveysmoduloituun (PWM) ohjaukseen
FB58	TCONT_CP	Lämpötilasäädin analogisella lähtösuureella ja automaattisella virityksellä
FB59	TCONT_S	Lämpötilasäädin digitaalisella kolmipisteohjauksella

Säätölohkoksi valittiin "TCONT_CP" (FB58), koska automaattinen viritys helpottaisi käyttöönottoa. Periaatteessa poltintehon ohjaukseen olisi voitu käyttää valmiiksi kolmipisteohjauksella varustettuja "CONT_S" tai "TCONT_S" -lohkoja, mutta jatkuvalla ohjaussuureella ja viritysaunomatiikalla varustettu säädin oli helppokäyttöisempi.

Kaikissa taulukon 2 säätimissä on käsiajotila, jolla säätimen lähtö saadaan haluttuun tilaan. Analogisella lähdöllä varustetuissa säätimissä voidaan antaa esimerkiksi valvomosta prosentteina asento, johon venttiili halutaan ajaa. Lisäksi niissä on ns. anti-windup -ominaisuus, joka estää integraalitermin kasvun äärettömäksi säätimen ollessa käsiajolla tai säädettävän suureen ajautuessa minimiin tai maksimiin. (Siemens 1996; Siemens 2003.)

Kolmipisteohjauksella varustetuissa säätimissä käsiajo perustuu auki-kiinni -tuloihin, jotka kytkeytyvät suoraan säätimen vastaaviin lähtöihin. Niissä ei myöskään ole yhtä paljon ominaisuuksia kuin analogisella ohjauksella varustetuissa, joten on yksinkertaisempaa käyttää FB58-lohkoa ja ohjelmoida kolmipisteohjaus itse. (Siemens AG 1996; Siemens AG 2003.)

Kolmipisteohjaukseen käytettiin "PositionControl"-lohkoa (FB101), joka laskee halutun asennon ja määritellyn toleranssin perusteella alueen, jolla venttiili saa olla. Jos venttiilin mitattu asento on toleranssin ulkopuolella, ohjaa lohko venttiiliä kiinni tai auki tarpeen mukaan. Toleranssilla estetään mittausvärinästä johtuva edestakainen liike.

Poltintehon lisäksi kolmipisteohjausta käytetään kattilaventtiilin ohjaukseen. Kattilaventtiilin toimilaitteelta saadaan hälytys logiikan digitaalituloon, mutta lisäksi haluttiin hälytys, jos venttiilin asento poikkeaa yli 5 % halutusta.

Tarvittavat hälytystoiminnot lisättiin FB101-lohkoon. Se antaa hälytyksen, kun mitattu asento on ollut määritellyn ajan hälytystoleranssin ulkopuolella tai venttiililtä tulee toimilaittehälytys. Siinä on myös hälytyksen esto sekä kuittaus.

Säätimet sijoitettiin pääasiassa omiin FC-lohkoihinsa siten, että yksi säätöpiiri on yhdessä lohkoissa. Kuitenkin kaskadisäätimet ja niitä muistuttavat rakenteet ohjelmoitiin saman FC-lohkon sisälle, jotta kaikki samaan lähtöön vaikuttavat säätimet olisivat samassa paikassa. Esimerkiksi FC70-lohkon sisälle ohjelmoitiin sekä savukaasun lämpötilaa säätävä pääsäädin TIC370 että ekonomaiserin veden lämpötilaa säätävä alasäädin TIC376.

Alasäädintä TIC376 voidaan käyttää myös sisäisellä asetusarvolla, mistä voi olla hyötyä vikatilanteissa ja erikoistilanteissa. Tällöin pääsäädin pidetään käsiajolla, millä estetään windup-ilmiön syntyminen. Lisäksi pääsäätimen integrointi pysäytetään, jos sekoitusventtiili ajautuu täysin kiinni tai auki.

Ohjelmateknisesti hankalinta oli toteuttaa kaukolämpöpumppujen nopeussäätö. Koska säädettäviä suureita on kaksi, käytettiin kahta erillistä PID-säädintä. Laitoksen säätötavan perusteella valitaan, kumman säätimen lähtö menee taajuusmuuttajalle. Lisäksi pumpulle voidaan antaa käsiohje, joka menee suoraan analogialähtöön kaikkien säätimien ohi.

Windup-ongelmien välttämiseksi PID-säädin pidetään käsiajolla aina, kun se ei ole lähtöön kytkettynä. Esimerkiksi laitoksen ollessa paine-erosäädöllä tehosäädin pidetään käsiajolla ja sen käsiohjeeksi syötetään pumpun mitattu nopeus. Vastaavasti koko nopeussäädön ollessa käsiajolla pidetään molemmat PID-säätimet käsiajolla.

Tehosäädön käynnistykseen liittyvä rampitustoiminto toteutettiin pitämällä tehosäädin käsiajolla ja kasvattamalla sen käsiohjetta kunnes virtaus on riittävä. Kun lämpötilaero on riittävä, vapautetaan PID-säädin automaatille.

Pumppaukseen liittyy kolme rajoitussäädintä, jotka toteutettiin muuttamalla PID-lohkojen suurinta sallittua lähtöarvoa. "TCONT_CP" -lohkolle voidaan määritellä pieni ja suurin arvo, jonka välille sen lähtö rajoitetaan. Lisäksi rajoituksia voidaan muuttaa normaalin ajon aikana, minkä lisäksi integrointi pysähtyy automaattisesti lähdön ollessa rajoitettu.

Normaalisti suurimpana sallittuna arvona pidetään 100 %:a, mutta rajoitussäätimen aktivoituessa suurimmaksi sallituksi arvoksi asetetaan 5 % vähemmän kuin pumpun mitattu nopeus. Nopeutta lasketaan edelleen minuutin välein, jos rajoitusehto pysyy voimassa. Rajoitussäädin vapautetaan kahden minuutin viiveellä rajoitusehdon poistuttua, jolloin integrointi vapautuu ja PID-säädin alkaa kasvattaa pumpun kierroksia.

Vanhassa ohjelmassa oli ongelmia palattaessa käsiajolta automaatille, mikä johtui todennäköisesti windup-ilmiöstä. PID-säätimiä oli useita ja kaiketi jokin niistä jäi automaatille, vaikkei säädin enää vaikuttanut pumpun pyörimisnopeuteen.

5.1.3 Kattiloiden ohjaukset ja sekvenssit

Säätimien ohjelmoinnin jälkeen aloitettiin kattiloiden ohjausten tekeminen. Ohjausten tekemistä hankaloitti kuitenkin toimintakuvauksen keskeneräisyys. Honkaharjusta ei ollut kaikkiin ongelmiin apua, koska Honkaharjussa polttimet ovat kenttäväylässä ja huomattavasti älykkäämpiä kuin Imatrankosken polttimet. Lisäksi ohjelma on monimutkaisempi, koska Honkaharjussa kattiloita on kolme ja niitä voidaan ohjata kattilakohtaisen tehon tai kattilan lämpötilan perusteella.

Ohjelmointia jatkettiin Honkaharjun mallin mukaan, mutta kuten luvussa 5.2 käsiteltiin, vaikuttaa kattilan käynnistyssekvenssi lähes kaikkiin laitoksen toimilaitteisiin. Edistyminen nopeutuikin vasta tammikuussa, kun sekvenssit saatiin määriteltä. Lisäksi avuksi otettiin Sienimäen logiikkaohjelma, koska Sienimäen prosessi vastaa paremmin Imatrankoskea kuin Honkaharjun prosessi.

Kattiloiden ohjelmat ovat lohkoissa "21KATTILA1" (FC60) ja "22KATTILA2" (FC61), joihin liittyvät vastaavasti lohkot DB60 ja DB61. FC-lohkoissa on mm. polttimien sekä kattilaventtiilien ohjaukset tarvittavine sekvensseineen ja DB-lohkoissa vastaavat tilatiedot ja asetukset. Lisäksi DB-lohkojen kautta annetaan mm. kattilan käynnistys- ja pysäytyskomennot.

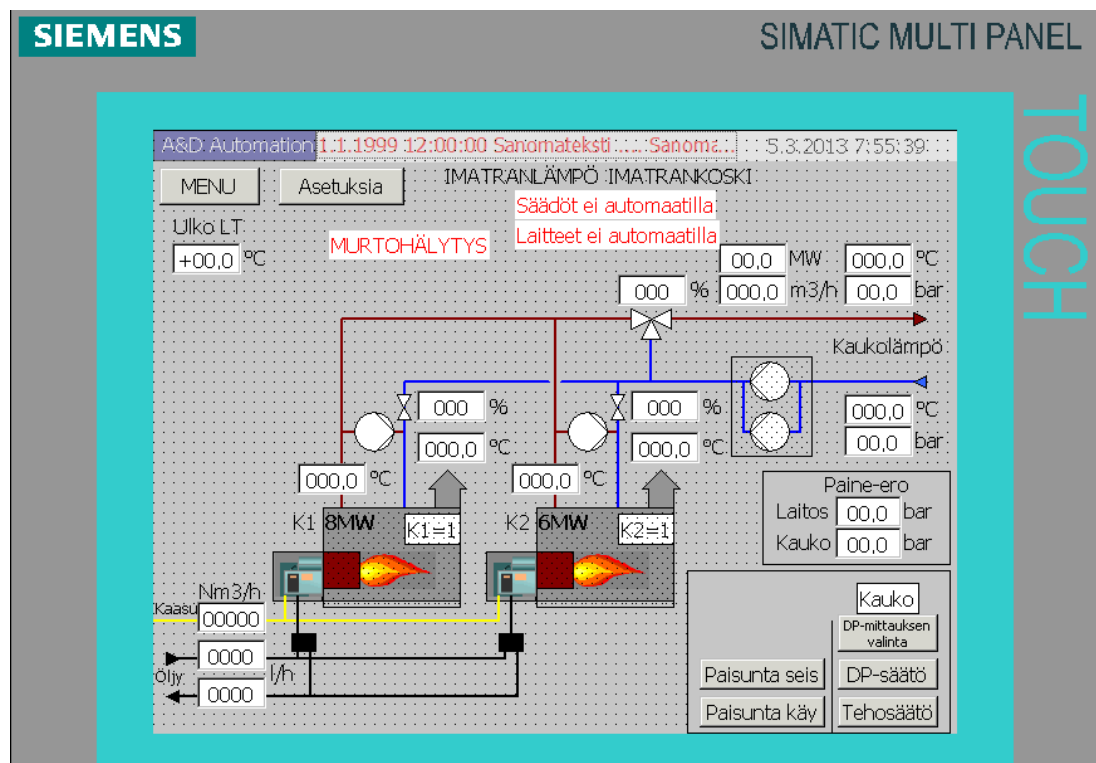
Laitoksen käynnistys- ja pysäytyssekvensseistä tuli yksinkertaisia, koska suurin osa tarvittavista toimenpiteistä on toteutettu kattiloiden sekvensseissä. Esimerkiksi tarkastettuaan alkuehdot antaa laitoksen käynnistyssekvenssi ensimmäiseksi valitulle kattilalle käynnistyskäskyn ja jää odottamaan, että kattilan käynnistyssekvenssi avaa kattilaventtiilin. Lopuksi laitoksen käynnistyssekvenssi käynnistää pumppauksen, minkä jälkeen se on valmis.

Myös kattiloiden rinnankäyttö ja häiriöautomaattikka on rakennettu kattilasekvenssien varaan. "Kattila_autom"-lohkossa (FC63) vertaillaan mitattua kaukolämpötehoa DB63-lohkossa annettuihin raja-arvoihin ja viiveisiin, joiden toteuduttua toiseksi valitulle kattilalle annetaan tarpeen mukaan käynnistys- tai pysäytyskäsky.

5.2 Ohjauspaneelin päivittäminen

Imatrankosken lämpölaitoksella on Siemensin MP277 -ohjauspaneeli, josta laitoksella käyvä operaattori pystyy valvomaan ja ohjaamaan laitosislogiikkaan kytkettyjä laitteita. Kuvassa 1 on kuvakaappaus Imatrankosken ohjauspaneelin päänäytöstä, johon on piirretty laitoksen PI-kaavio ja sen ympärille tarvittavat mittaus- ja tilatiedot.

PI-kaavion piirrosmerkkeihin liittyy animaatioita, joilla osoitetaan toimilaitteen tila. Esimerkiksi pumpun piirrosmerkki muuttuu vihreäksi sen pyöriessä ja punaiseksi, jos siinä on häiriö. Kuva on otettu paneelin ohjelmointityökalusta, mutta todellisuudessa kattilan sisällä oleva liekki ilmestyy näkyviin vasta, kun kattilassa on oikeastikin tuli.



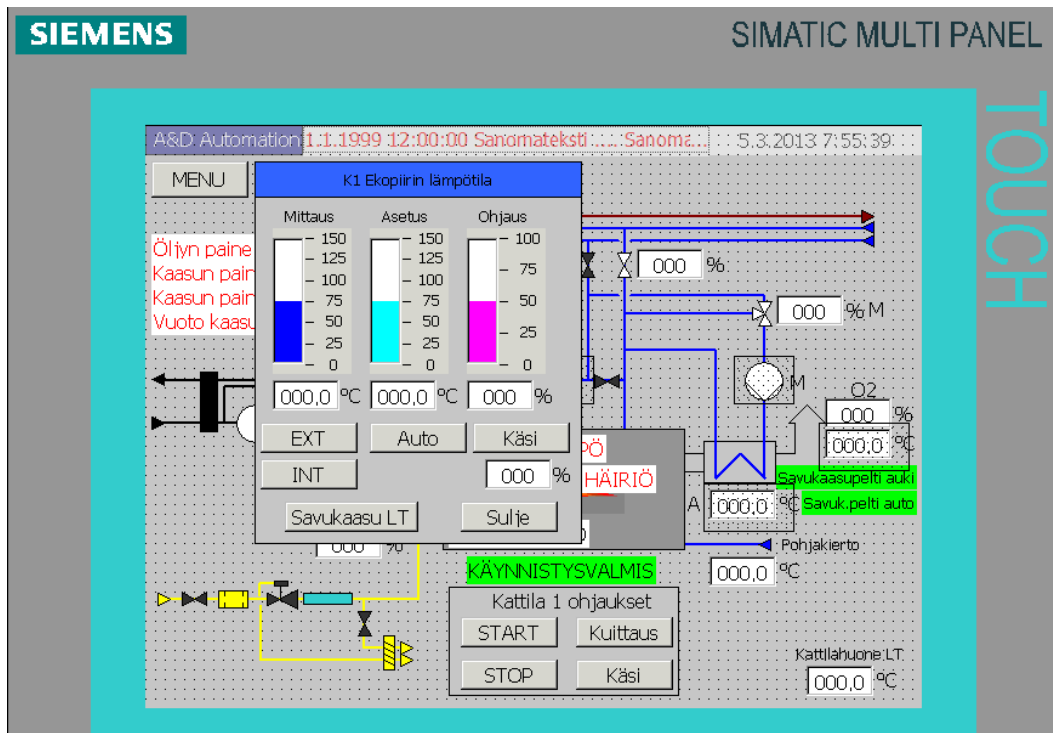
KUVA 1. Päänäyttö näyttöeditorissa

Koska laitosislogiikan ohjelma kirjoitettiin kokonaan alusta alkaen, oli kaikki animaatiot ja osoitteet päivitettävä vastaan uutta ohjelmaa. Paneelisovellus päivitettiin helmikuussa, kun logiikkasovellus oli melko pitkällä eikä suuria muutoksia ollut enää tiedossa. Muutokset ladattiin paneeliin samaan aikaan logiikkaohjelman käyttöönoton kanssa.

Käytännössä päivitystyö oli helppo, koska paneeli on melko uusi ja siinä oli jo alun perin kaikki tarvittavat toiminnot. Kokonaan uusia näyttöjä ei tarvinnut tehdä, vaan nykyisten päivittäminen riitti. Koska WinCC Flexible -paneeli on integroitu samaan Step 7 -projektiin logiikan kanssa, ei tajeja tarvinnut syöttää käsin, vaan ne voitiin luoda automaattisesti valitsemalla haluttu osoite logiikan symbolilistalta tai DB-lohkosta.

Ohjauspaneelissa on perinteiset säädinikkunat, joilla voidaan vaikuttaa säätöpiirien toimintaan. Kuvassa 2 on kattilan 1 ekopiirin lämpötilasäätimen ikkuna, josta voidaan muuttaa säätimen asetuksia ja tilaa. Kaskadisäätöihin liittyy INT-EXT-valinta, jolla valitaan säätimen asetusarvoksi pääsäätimeltä tuleva ulkoinen ohjearvo (EXT) tai sisäinen (INT) asetusarvo. Käsiohjauksella voidaan venttiili ohjata suoraan haluttuun asentoon.

Moottoreiden ja auki-kiinni-venttilien ohjaukseen on vastaavat ikkunat, joiden lisäksi kaukolämpöpumpuilla on nopeudensäätöikkunat taajuusmuuttajalle menevän nopeusohjeen muuttamista varten. Osalle asetuksista ei ole omia säätöikkunoita, vaan ne on keskitetty päänäytöllä olevaan asetusarvot ja rajoitukset -ikkunaan.



KUVA 2. Ekopiirin veden lämpötilasäätimen säätöikkuna

Kattiloiden lämpötilasäätimiin lisättiin INT–EXT-valinnat, koska ohjelmaan lisättiin kattiloiden ohjaus lämpötilakäyrältä. Savu- ja raitisilmapelteihin lisättiin mekaanisia rajakytkimiä, jotka lisättiin myös paneeliin. Lisäksi ilmastointinäytölle lisättiin puhaltimien käynnistys- ja pysäytyslämpötilojen asetukset.

Alun perin paneelissa oli 150 hälytystä, jotka päivitettiin toimimaan uudessa ohjelmassa. Periaatteessa hälytyksiä olisi voinut lisätä, koska ennen mittauksilla oli vain kaksi hälytysrajaa (matala ja korkea) neljän sijaan. Niitä ei kuitenkaan lisätty, koska arvon ollessa erittäin matala alitetaan myös matalan hälytyksen raja-arvo, mistä saadaan hälytys.

5.3 Valvomosovelluksen päivittäminen

Imatrankosken lämpökeskusta valvotaan ja ohjataan pääasiassa kaukokäytöstä, jonka kehittäminen oli yksi työn tavoitteista. Aiemmin kaukokäyttö painottui laitoksen tilan seurantaan ja tärkeimpiin ohjauksiin sekä hälytyksiin. Valvomon ohjausmahdollisuudet haluttiin päivittää laitoksella olevaa ohjauspaneelia vastaaviksi.

Imatran Lämmön valvomo on kahdennettu käyttämällä kahta teollisuustietokonetta. Tietokoneissa ajettavat Intouch-valvomosovellukset ovat lähes identtiset, mutta pieniä eroja on: PC1 huolehtii lisäksi GSM-hälytyksistä ja PC2 hoitaa raportointia. Tietoliikenneyhteyttä varten logiikassa on Ethernet-kortti, johon on valvomosta valokuituyhteys.

Ensimmäiseksi päivitettiin Intouch-tagien määrittelyt uutta logiikkaohjelmaa vastaaviksi. Periaatteessa olisi voitu vaihtaa pelkästään olemassa olevien tagien kohdeosoitteet, mutta selvyiden vuoksi päätettiin luoda kokonaan uudet tagit, joiden nimet poikkeavat selvästi vanhoista. Logiikkaohjelmaan tehtiin niin suuria muutoksia, että kaikki valvomonäytöt oli kuitenkin tarkastettava. Selvästi vanhoista poikkeavat taginimet vähensivät tarkastuksen virheitä.

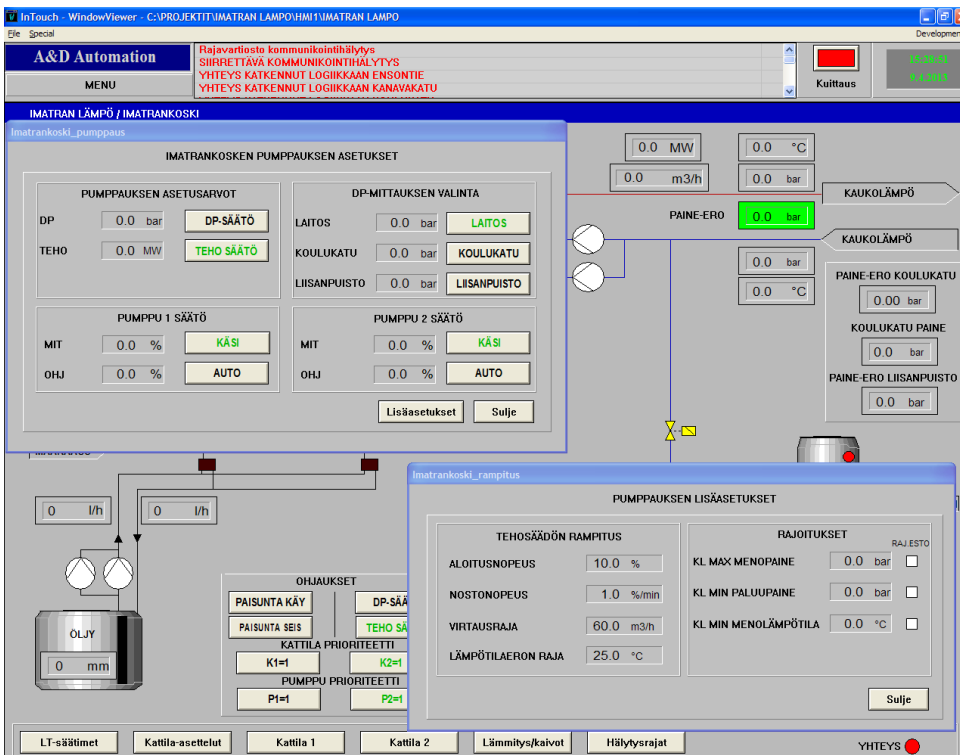
Uudet tagit luotiin taulukkolaskentaohjelman avulla, jolla määriteltiin niille nimet, tietotyypit, kuvaukset sekä osoitteet, joihin ne kohdistuvat logiikassa. Tägeja luotiin noin 700, joista 500 liittyy hälytyksiin. Hälytyksiä on paljon, minkä lisäksi jokaiseen hälytykseen liittyy kaksi tagia, koska hälytyksen aikaleima haetaan logiikasta. Lisäksi jokaiselle hälytykselle tehtiin lyhyt skripti, jolla hälytyksen aikaleima ja kuvaus yhdistetään toisiinsa.

Ohjauspaneelista poiketen Imatran Lämmön valvomossa ei ole käytetty perinteisiä säädinikkunoita, vaan useamman säätimen asetukset ovat samaan asetusarvoikkunaan koottuina. Yhtäläisen ulkonäön ja toiminnallisuuden vuoksi Imatrankosken asetusarvoikkunat uusittiin samantyyllisiksi Honkaharjun ikkunoiden kanssa.

Kuvassa 3 nähdään kaukolämpöpumppujen säätöikkuna. Ensiksi valitaan, säädetäänkö pumppausta paine-eron vai kaukolämpötehon perusteella. Paine-erosäädöllä voidaan valita säädössä käytettäväksi paine-eromittaukseksi laitoksen oma paikallismittaus tai Koulukadun tai Liisanpuiston kaukomittaus. Kaukomittaukset siirretään valvomon kautta Imatrankosken logikalle.

Näytöltä nähdään myös taajuusmuuttajille menevät nopeusohjeet sekä taajuusmuuttajan nopeusmittaus. Tarvittaessa pumpun nopeutta voidaan muuttaa käsin, mikä on tehosäädön ongelmien takia tärkeä ominaisuus.

Lisäksi valvomoon lisättiin tehosäädön käynnistysramppiin sekä rajoitussäätimiin liitetyt asetukset. Koska pumppauksen asetusarvonäyttö olisi kasvanut epäkäytännöllisen suureksi, sijoitettiin ne erilliselle näytölle. Niitä ei myöskään tarvitse muuttaa yhtä usein kuin varsinaisia pumppausasetuksia.



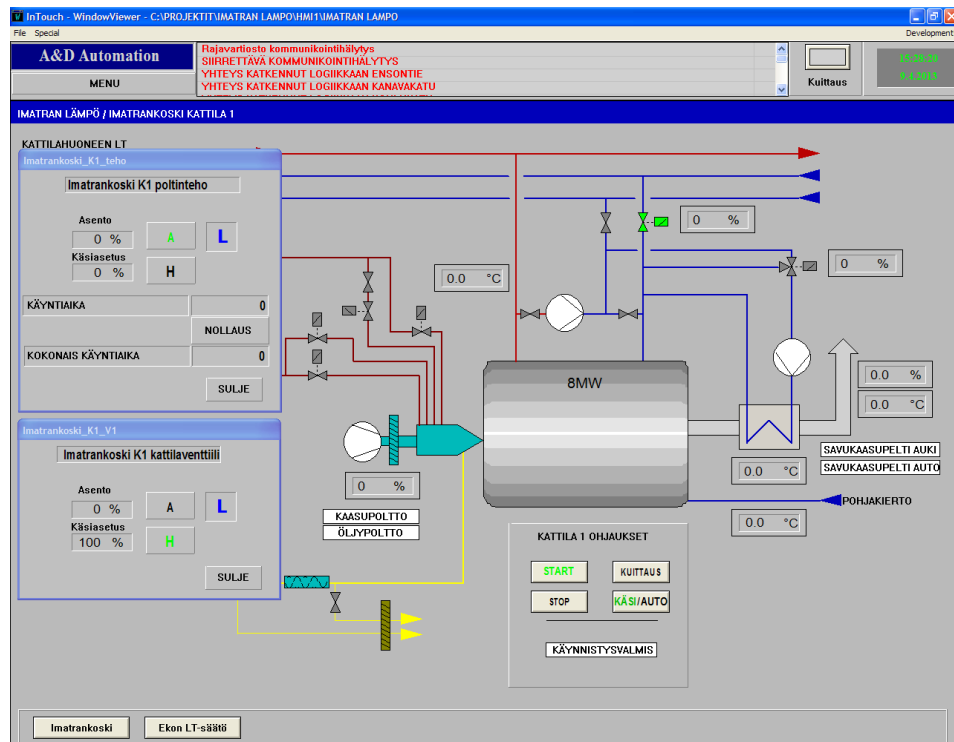
KUVA 3. Pumppauksen säätimien asetukset

Historiallisista syistä moottoreita tai venttiilejä ei pystynyt ohjaamaan valvomosta, vaikka ohjauspaneelista se oli mahdollista. Puute korjattiin lisäämällä kaikille logiikan ohjaamille laitteille toimilaitteikkunat, joista voidaan valita, onko laite automaattilla vai käsiajolla. Käsiajolla laitteen tilaa voidaan ohjata vapaasti. Moottori-ikkunoissa on lisäksi käyttötuntilaskurit.

Kuvassa 4 on esimerkkinä kattilan 1 toimilaitteikkunoita. Kattilaventtiin ikkunasta voidaan tarkastaa sen todellinen asento ja käsiajolla antaa käsiäsetus. Lisäksi ikkunasta nähdään, onko venttiili kaukokäytöllä eli logiikan ohjattavissa.

Muista laitoksista poiketen myös poltinteholle tehtiin säätöikkuna, koska siihenkin haluttiin käsiohjausmahdollisuus. Lisäksi polttimella oli käyttötuntilaskuri, joka siirrettiin toimilaitteikkunaan.

Kattilan ohjaustoimenpiteet, kuten käynnistäminen ja poltinhäiriön kuittaus, hoidetaan suoraan kattilanäytöltä. Ekonomaiserin kaskadisäädön asetusarvot sijoitettiin erilliselle näytölle, jollaista on aiemmin käytetty Ensontien lämpökeskuksessa.

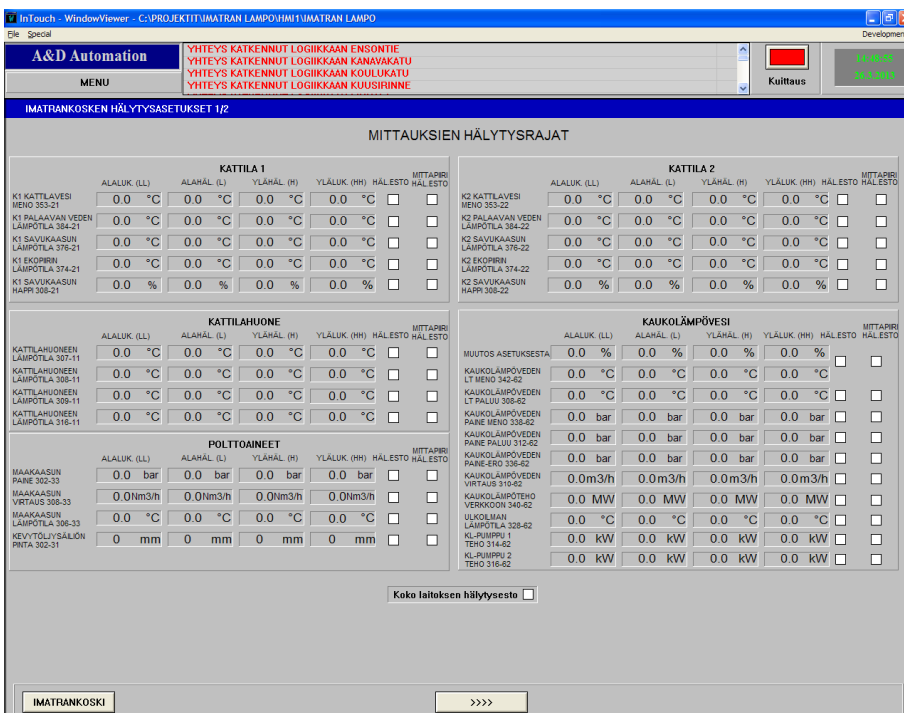


KUVA 4. Kattilan 1 toimilaitteikkunoita

Hälytysasetteluja varten lisättiin kaksi Honkaharjua vastaavaa uutta näyttöä. Kuvassa 5 on mittausten hälytysrajanäyttö, jolta voidaan asettaa halutut hälytysrajat jokaiselle mittaukselle erikseen. Toiselta näytöltä voidaan estää digitaaliset hälytykset, kuten toimilaittehäiriöt.

Valvomo-PC1:een on liitetty GSM-modeemi, jolla lähetetään päivystäjälle tekstiviesti-hälytys tärkeimmistä hälytyksistä. Lisäksi modeemi soittaa päivystäjän matkapuhelimeen, jottei viesti jää huomaamatta. Mittauksen ala- tai ylärajahälytys tulee vain valvomon näytölle, mutta lukitusrajasta lähetetään tekstiviestihälytys.

Valvomossa on koko laitoksen hälytyksen esto, jolla voidaan estää turhien GSM-hälytysten lähettäminen esimerkiksi vianetsinnän aikana. Yleensä päivystäjä ottaa eston käyttöön lähtiessään laitokselle, koska matkan aikana saattaa tulla lisää hälytyksiä, jotka johtuvat ensimmäisestä. Lisäksi hälytykset häiritsevät vian selvittämistä.



KUVA 5. Mittaushälytysten asetellut

6 SOVELLUSTEN KÄYTTÖÖNOTTO

Jo suunnitteluvaiheessa päätettiin, että käyttöönotto olisi viikon mittainen ja se tapahtuisi maaliskuussa, koska sää on oltava niin lämmin, jotta lämpökeskus voidaan pysäyttää käyttöönoton ajaksi. Käyttöönotto toteutettiin huhtikuussa viikolla 16, jonka aikana laitos saatiin ajokuntoon.

Käyttöönoton vaiheet olivat:

1. käyttöönoton valmistelut
2. IO-testaukset
3. kattilasekvenssien ja pumppauksen testaus
4. laitoksen sekvenssien ja kattila-automaation testaus
5. valvomon päivitys ja testaus.

6.1 Valmistelut ja IO-testaukset

Käyttöönoton ensimmäinen päivä varattiin 32-kanavaisen digitaalitulokortin ja lisättyjen rajakytkinten asennuksiin. Käyttöönottoa voitiin kuitenkin valmistella Imatran Lämmön ja A&D:n asentajien työn aikana.

Käyttöönotto tehtiin laitoksen ohjauspaneelistä, joten kaukokäytön valvomosovellus päätettiin päivittää vasta viimeisenä. Logiikkaohjelman osoitteet muuttuivat, minkä takia valvomo ei toimisi käyttöönoton aikana. Koulukadun ja Liisanpuiston paineromittaukset siirretään kuitenkin valvomon kautta, joten valvomoyhteyttä ei voinut katkaista kokonaan.

Virheellisten GSM-hälytysten välttämiseksi kaikki Imatrankosken hälytykset haluttiin estää. Ennen operaattori ei voinut poistaa käytöstä hälytyksiä, joten hälytykset jouduttiin poistamaan valvomosovellusta muokkaamalla. Samalla varmistettiin, ettei valvomo kirjoita väärin osoitteisiin.

Seuraavana päivänä logiikan ja ohjauspaneelin ohjelmat korvattiin uusilla. Päivityksen jälkeen aloitettiin IO-testaus, jonka tarkoituksena on varmistaa, että logiikan tulot ja lähdöt on kytketty oikein. Laitoksen kytkentöihin ei tilatietojen lisäämistä lukuun ottamatta tehty muutoksia, joten jokaista 200 IO-pistettä ei testattu systemaattisesti.

Eniten aikaa kului mittausten testaamiseen. Ennen päivitystä ohjauspaneelin näytöistä otettiin valokuvat, joihin uuden ohjelman antamia mittaustuloksia verrattiin. Muun muassa hälytysrajat aseteltiin siten, että kaikki mittaushälytykset saatiin kuitattua.

Lähes kaikki mittaukset toimivat ja loputkin saatiin toimimaan mitta-alueiden tarkastuksen jälkeen. Osa lähettimistä antoi laitoksen seisoessa alle 4 mA virtaviestin, joten niiden mittapiirihälytykset piti estää. Mittausten hälytystoleranssit jouduttiin tarkistamaan, koska joillakin mittauksilla se oli liian suuri mitattuun arvoon nähden, mikä esti hälytyksen kuittauksen.

Venttiilien ohjaukset testattiin logiikkaohjelman käsiohjausten avulla. Testauksessa huomattiin, ettei kattilan 1 ekonomaiserin venttiili liikkunut, mikä johtui virheellisestä IO-listasta. Analogialähtökortin kanava oli ilmeisesti hajonnut ja venttiili oli siirretty eri kanavaan, mutta IO-listan kommentit olivat jääneet päivittämättä.

Samalla huomattiin, ettei venttiilin takaisinkytkentätieto tule venttiililtä, vaan sen valintakytkimen asennosta riippuen suoraan logiikan lähdestä tai käsiohjaukseen tarkoiteltua potentiometriltä. Käsikäytöllä logiikka saa tiedon potentiometrillä annetusta käsiohjeesta, mutta venttiilin todellisesta asennosta ei saada tietoa. Kytkentä koskee analogisella viestillä ohjattuja venttiilejä, mutta kolmipisteohjattujen venttiilien asentotieto pitää paikkansa.

Moottoreista testattiin ne, joita voidaan ohjata käsin ohjauspaneelistä. Moottoreista tarkastettiin, että oikea moottori käynnistyy ja tilatieto näkyy näytöllä oikein. Poistoilmapuhaltimelle asetettiin lämpötilarajat ja testauksen jälkeen se jätettiin automaatile, koska kattilahalli oli melko lämmin. Kaukolämpöpumppuja ei testattu, koska sillä olisi ollut vaikutusta kaukolämpöverkkoon.

6.2 Kattilasekvenssit ja pumppaus

Kattiloiden sekvenssejä testattiin antamalla niille käynnistys- ja pysäytyskäskyjä ohjauspaneelin kattilanäytöiltä. Aluksi kattiloita testattiin yksi kerrallaan, jotta nähtäisiin sekvenssien toimivan oikein ilman rinnankäyttöä. Samalla viritettiin alustavasti ekonomaiserien säätöpiirit. Kattiloiden lämpötila-asetukset asetettiin niin alas, että polttimet pysyivät minimiteholla.

Kattilanäytöltä tehty kattilan käynnistys tapahtuu muuten normaalisti, mutta kaukolämpöpumppaus on käynnistettävä käsin. Normaalisti laitoksen käynnistyssekvenssi käynnistää pumppauksen, mutta kattilasekvenssi haluttiin testata erillään pumppauksesta. Katkokäytön eli polttimen sammumisen estämiseksi pumppaus oli kuitenkin käynnistettävä.

Turbiiniasemalle tehdyn ilmoituksen jälkeen kaukolämpöpumppu käynnistettiin käsin ohjauspaneelistä. Paljastui, että taajuusmuuttaja oli skaalattu niin, että 0...100 % nopeusohje vastaakin 40...100 % nopeutta. PID-säätimien käsiasetuksiksi syötetään pumpun mitattu nopeus, joten nopeuden takaisinkytkentä skaalattiin uudelleen välille 0...100 %. Muuten nopeusohje hyppäisi säätimen siirtyessä automaatille.

Käsiajolla haettiin sopivat asetukset tehosäädön rampitukselle. Aloituspnopeudeksi asetettiin taajuusmuuttajan skaalauksesta johtuen 0 % ja nostonopeudeksi 3 % / min. Seuraavaksi pumppaus käynnistettiin uudelleen nopeussäädön ollessa automaatilla.

Rampituksen päästyä loppuun viritettiin kaukolämpöpumppujen tehosäätimet ja kaukolämpöveden lämpötilasäädin. Seuraavaksi kattiloiden lämpötila-asetukset nostettiin oikeisiin arvoihin, minkä jälkeen viritettiin kattiloiden tehosäätimet ja ekonomaiserin kaskadisäätimet.

PID-säätimien virityksessä käytettiin apuna Honkaharjun säätöparametreja. Ne viritettiin melko hitaiksi, koska laitoksella oli vain 3-4 MW kuormaa, mikä on 14 MW nimellistehoon nähden vähän. Pienellä kuormalla viritetty säädin saattaa värähdellä suuremmalla kuormalla, minkä lisäksi hidas säädin on käyttöönotossa vakaampi.

Kolmipisteohjauksen toteuttaminen "PositionControl"-lohkolla osoittautui huonoksi ratkaisuksi, koska se aiheutti jatkuvaa värähtelyä ohjattavaan toimilaitteeseen. Kattilaventtiilin tapauksessa ongelma saatiin korjattua toleranssia kasvattamalla, mutta poltintehoon siitä olisi aiheutunut liian suuri pysyvä erosuure.

Ongelma korjattiin vaihtamalla "PositionControl"-lohkon tilalle "TCONT_S"-lohko, joka on Siemensin kolmipisteohjauksella varustettu lämpötilasäädin. Koska se kytkettiin tehosäätimen alasäätimiksi, säilyi valvomorajapinta samana ja käyttäjä voi antaa edelleen käsiohjeen prosentteina.

6.3 Laitoksen sekvenssit ja kattila-automaatio

Rinnanajon testaus aloitettiin heti aamusta, koska silloin verkossa oli enemmän kuormaa. Testauksen aikana päästiin 3-6 MW kaukolämpötehoihin. Suurempi teho olisi vaatinut turbiiniaseman pysäyttämistä.

Lämpökeskus käynnistettiin ongelmitta laitoksen käynnistyssekvenssillä, minkä jälkeen rinnankäytön tehorajat aseteltiin siten, että toiseksi valittu kattila käynnistyy 5 MW teholla ja sammuu 4 MW teholla. Käynnistys- ja pysäytysviiveiksi asetettiin 2 minuuttia. Toiminta testattiin asettamalla kaukolämpöpumppauksen tehosäätimen asetusarvoksi vuorotellen 6 MW ja 3 MW, jolloin toiseksi valittu kattila saatiin vuoroin käynnistymään ja sammumaan.

Rinnankäyttö toimi hyvin, mutta kattiloiden häiriövaihto aiheutti ongelmia: häiriöön menneen kattilan kattilaventtiili sulkeutui ennen kuin varakattilan venttiili oli ehtinyt avautua. Venttiili ehti sulkeutua kaukolämpöpumpun lukitusrajalle, jolloin pumppu pysähtyi. Sen sulkemista ei ole lukittu pumppaukseen, koska laitoksen pysäytyssekvenssissä pumput pysäytetään vasta, kun molemmat venttiilit ovat alle 30 % auki.

Virhe korjattiin estämällä venttiilin sulku kattilahäiriössä, ellei toisen kattilan venttiili ole avautunut. Samalla kattilaventtiilin muutettiin avautumaan vasta liekin syttyttyä, kun alun perin kattilaveden riittävä lämpö riitti sen avaamiseen.

Lopuksi testattiin ja viritettiin kaukolämpöpumppaus paine-erosäädöllä, minkä jälkeen laitos ajettiin alas laitoksen pysäytyssekvenssillä. Laitoksen pitäisi käynnistyä sähkökatkon jälkeen automaattisesti uudelleen, mutta sen testaaminen jätettiin myöhemmäksi kattilaventtiilin ongelmien takia.

6.4 Valvomon päivitys ja testaus

Lopuksi päivitettiin valvomo. PC1:n valvomosovellus oli tehty etukäteen, joten sen käyttöönotto oli yksinkertaista. Koska GSM-hälytykset ovat erillisessä sovelluksessa, piti sen hälytysten osoitteet päivittää uutta valvomosovellusta vastaaviksi.

Ensimmäisen valvomon käyttöönoton jälkeen Imatran Lämpö asetteli mittauksille oikeat hälytysrajat ja asetti turhille hälytyksille hälytysesot. Myös tilatietojen uskottavuus tarkastettiin pintapuolisesti.

PC2:n valvomosovellus piti päivittää erikseen, koska siihen sisältyy tavallisten valvomotoimintojen lisäksi raportointi, jolla kerätään tilastoa säästä, kaukolämpötehosta ja polttoaineiden sekä sähkön kulutuksesta.

Käytännössä PC1:n valvomosovelluksesta tuotiin PC2:n sovellukseen Imatrankosken lämpökeskukseen liittyvät tagit, näytöt ja hälytysten käsittelyyn liittyvät skriptit. Sen jälkeen päivitettiin raportointiin liittyvät skriptit käsin. Lopuksi poistettiin kaikki vanhat skriptit ja tagit.

Testauksen ajaksi siirryttiin laitokselle, josta päivystäjän kannettavalla otettiin etäyöpöytäyhteys PC2:een. Etäyhteyden kautta testattiin tärkeimpien asettelujen, kuten rinnankäyttöautomatiikan teho- ja aikarajojen sekä pumppauksen asetusten muuttaminen. Lisäksi testattiin laitoksen käynnistäminen ja pysäyttäminen kaukokäytöstä.

Kaikkia valvomon ja logiikkaohjelman ominaisuuksia ei ehditty testata, koska käyttöönotolle varattu aika loppui. Loput testattaneen myöhemmin yhdessä sähkökatkon jälkeisen uudelleenkäynnistyksen kanssa tai sään viiletessä, jolloin kaukolämpökuormaa on enemmän.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli uusia Imatrankosken lämpökeskuksen laitoslogiikan ohjelma, koska siinä oli ongelmia, joiden korjaaminen olisi ollut hankalaa. Imatran Lämmön kannalta suurimmat ongelmat olivat kaukolämpöpumppauksen käynnistyksen hankaluudet, joita pahensi käsiohjausten toimimattomuus. A&D Automationin kannalta ohjelman monimutkaisuus hankaloitti sen ylläpitoa ja vianetsintää.

Työn suunnitteluvaiheessa määriteltiin, kuinka logiikkaohjelman tulee toimia. Pump-pauksen ongelmat ratkaistiin käynnistysrampilla, joka vapauttaa tehosäätimen automaatille vasta tehomittauksen ollessa järkevä. Toteutusvaiheessa kirjoitettiin varsinainen logiikkasovellus, minkä lisäksi ohjauspaneeli ja valvomosovellukset päivitettiin uutta logiikkaohjelmaa vastaaviksi. Lopuksi lämpökeskuksen automaatio-sovellukset otettiin käyttöön, minkä jälkeen laitos jäi käyttökuntoon.

Käyttöönoton valossa työn tavoitteissa onnistuttiin hyvin: kaukolämmön pumppauksen käynnistäminen tehosäädöllä toimi hyvin, minkä lisäksi operaattori pääsee olosuhteiden muuttuessa vaikuttamaan siihen kattavilla asetuksilla. Valvomoa kehitettiin siten, että lähes kaikkiin toimilaitteisiin on käsiohjausmahdollisuudet. Se on joiltakin osin jopa ohjauspaneelia kattavampi. Lisäksi laitokseen tehtiin Honkaharjua vastaavat hälytysominaisuudet.

Kaikkea ei ehditty tai voitu testata käyttöönotossa. Muun muassa laitoksen säätimet viritetään uudelleen viimeistään syksyllä tai talvella, kun kaukolämpökuormaa on enemmän.

Imatran Lämmölle työ oli merkittävä, koska laitoksen käytettävyyttä saatiin parannettua. A&D Automationille tärkeintä oli toimiva perusohjelma, jota on tulevaisuudessa helppo ylläpitää ja kehittää.

Työ oli sekä mielenkiintoinen että haastava. Laajuudestaan huolimatta varsinainen ohjelmointi ei ollut työn haastavin osio, vaan kaukolämpöprosessin hallinta. Toimintakuvauksen läpikäyntiin menikin suhteellisen paljon aikaa, mutta sen jälkeen työ alkoi edistyä. Työ oli myös opettavainen, koska siinä käytiin läpi koko automaatioprojekti suunnittelusta käyttöönottoon.

LÄHTEET

A&D Automation Oy. Yritys. [verkkosivu]. [viitattu 21.1.2013]. Saatavissa: <http://www.adautomation.fi/>.

Eino Talsi Oy. *Ekonomaiseri* [verkkojulkaisu]. [viitattu 3.3.2013]. Saatavissa: <http://www.ekocoil.fi/>.

Energiateollisuus ry. 2006. *Kaukolämmön käsikirja*. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.

Imatralainen, 2012. Huippukalliisiin kaukolämpölaskuihin luvassa helpotusta Imatralla – ratkaisuna yhteistyö Stora Enson kanssa. *Imatralainen* [digilehti] 7.9.2012 [viitattu 20.1.2013]. Saatavissa: <http://www.imatralainen.fi/artikkeli/136221-huippukalliisiin-kaukolampolaskuihin-luvassa-helptusta-imatralla-ratkaisuna-yhteis>.

Imatran Lämpö. *Vuosikertomus 2009* [verkkojulkaisu]. [viitattu 20.11.2012]. Saatavissa: <http://www.imatra.fi/>.

Imatran Seudun Sähkö Oy. Etusivu. Ympäristö. Sähkö ja ympäristö. [verkkosivu]. [viitattu 15.3.2013]. Saatavissa: <http://www.issoy.fi>.

Konsernijaosto 2012. Imatran lämpöhuollon tulevaisuuden ratkaisumallit § 8 Konsernijaoston kokous 26.3.2012 [viitattu 1.1.2013]. Pöytäkirja. Saatavissa: <http://www.imatra.fi/djulkaisu/>.

Palo, P. 2009. *Öljypolttimien modifiointi bioöljykäyttöön*. Lahti: Lahden Ammattikorkeakoulu, Kone ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö.

Saari, P., Keikko, T. & Korpinen, L. 1999. *Sähkön tuotanto ja kulutus* [verkkodokumentti]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Opintomoniste.

Siemens AG, 1996. *SIMATIC Standard Software for S7-300 and S7-400 PID Control User Manual* [atk-tallenne]

Siemens AG, 2003. *SIMATIC PID Temperature Control Manual* [atk-tallenne]

Siemens AG, 2013. *Solution Partner Finder* [verkkosivu]. [viitattu 30.1.2013].

Tekninen lautakunta 2012. Imatran Lämmön energiamaksut § 171 Teknisen lautakunnan kokous 3.10.2012 [viitattu 20.1.2013]. Pöytäkirja. Saatavissa: <http://www.imatra.fi/djulkaisu/>.

Tiilikainen, T. 2011. Imatran kaupungin jähkailu uhkaa vesittää biovoimalan. *Etelä-Saimaa* [digilehti] 27.9.2011 [viitattu 4.2.2013]. Saatavissa: <http://www2.lappeenranta.fi/lehtitietokanta/artikkeli.php?id=15510>.

Tilastokeskus. Tilasto: *Energian hinnat* [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-7984. 3. vuosineljännes 2012, Liitekuvio 3. Voimalaitospolttoaineiden hinnat lämmöntuotannossa. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.2.2013]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehi/2012/03/ehi_2012_03_2012-12-18_kuv_003_fi.html.

LUETTELO LOGIIKAN IO-PISTEISTÄ

Symbol	Address	Data Type	Comment
21_MV707_SMA	I 32.0	BOOL	käsiasema käsiasennossa
21_MV707_FLT	I 32.1	BOOL	toimilaitehäiriö 1=ok
21_QT308_FLT	I 32.2	BOOL	savuk. happi anturihäiriö 1=ok
21_TV744_SMA	I 32.3	BOOL	käsiasema käsiasennossa
21_P152_FB1	I 32.4	BOOL	öljynpaineenpitopumppu käy
21_P152_FLT	I 32.5	BOOL	öljynpaineenpitopumppu häiriö 1=ok
21_P154_FB1	I 32.6	BOOL	kattilan kiertopumppu käy
21_P154_FLT	I 32.7	BOOL	kattilan kiertopumppu häiriö 1=ok
21_P156_FB1	I 33.0	BOOL	kattilan ekopumppu käy
21_P156_FLT	I 33.1	BOOL	kattilan ekopumppu häiriö 1=ok
21_P103_FB1	I 33.2	BOOL	palamisilmapuhallin käy
21_P103_FLT	I 33.3	BOOL	palamisilmapuhallin häiriö 1=ok
11_P102_FB1	I 33.4	BOOL	kiertoilmapuhallin 102 käy
11_P102_FLT	I 33.5	BOOL	kiertoilmapuhallin 102 häiriö 1=ok
11_P106_FB1	I 33.6	BOOL	poistoilmapuhallin 106 käy
11_P106_FLT	I 33.7	BOOL	poistoilmapuhallin 106 häiriö 1=ok
32_P152_FB1	I 34.0	BOOL	öljyn kiertopumppu 1 käy
32_P152_FLT	I 34.1	BOOL	öljyn kiertopumppu 1 häiriö 1=ok
62_P152_FLT	I 34.2	BOOL	KL-pumppu 1 häiriö 1=ok
62_P152_RDY	I 34.3	BOOL	KL-pumppu 1 valmis
62_P152_RUN	I 34.4	BOOL	KL-pumppu 1 käy
71_P152_FB1	I 34.5	BOOL	paineenpitopumppu 1 käy
71_P152_FLT	I 34.6	BOOL	paineenpitopumppu 1 häiriö 1=ok
31_LT302_XM29	I 34.7	BOOL	kevytöljysäiliön pinta
21_H001_XA01	I 35.0	BOOL	poltin käynnistysvalmis
21_H001_FB01	I 35.1	BOOL	liekki on
21_H001_BA01	I 35.2	BOOL	kaasu valittu
21_H0001_CRDY	I 35.3	BOOL	Tehonsäätölupa
21_H001_BA7	I 35.4	BOOL	kaukokäyttö valittu
21_H001_FLT	I 35.5	BOOL	poltinhäiriö
21_GS110_FB01	I 35.6	BOOL	savukaasupelti auki
21_PAL_314	I 35.7	BOOL	maakaasun paine matala
22_MV707_SMA	I 36.0	BOOL	käsiasema käsiasennossa
22_MV707_FLT	I 36.1	BOOL	toimilaitehäiriö 1=ok
22_QT308_FLT	I 36.2	BOOL	savuk. happi anturihäiriö 1=ok
22_TV744_SMA	I 36.3	BOOL	käsiasema käsiasennossa
22_P152_FB1	I 36.4	BOOL	öljynpaineenpitopumppu käy
22_P152_FLT	I 36.5	BOOL	öljynpaineenpitopumppu häiriö 1=ok
22_P154_FB1	I 36.6	BOOL	kattilan kiertopumppu käy
22_P154_FLT	I 36.7	BOOL	kattilan kiertopumppu häiriö 1=ok
22_P156_FB1	I 37.0	BOOL	kattilan ekopumppu käy
22_P156_FLT	I 37.1	BOOL	kattilan ekopumppu häiriö 1=ok
22_P103_FB1	I 37.2	BOOL	palamisilmapuhallin käy
22_P103_FLT	I 37.3	BOOL	palamisilmapuhallin häiriö 1=ok
11_P104_FB1	I 37.4	BOOL	kiertoilmapuhallin 104 käy
11_P104_FLT	I 37.5	BOOL	kiertoilmapuhallin 104 häiriö 1=ok
11_P108_FB1	I 37.6	BOOL	poistoilmapuhallin 108 käy
11_P108_FLT	I 37.7	BOOL	poistoilmapuhallin 108 häiriö 1=ok
32_P154_FB1	I 38.0	BOOL	öljyn kiertopumppu 2 käy
32_P154_FLT	I 38.1	BOOL	öljyn kiertopumppu 2 häiriö 1=ok
62_P154_FLT	I 38.2	BOOL	KL-pumppu 2 häiriö 1=ok
62_P154_RDY	I 38.3	BOOL	KL-pumppu 2 valmis

Symbol	Address	Data Type	Comment
62_P154_RUN	I 38.4	BOOL	KL-pumppu 2 käy
71_P154_FB1	I 38.5	BOOL	paineenpitopumppu 2 käy
71_P154_FLT	I 38.6	BOOL	paineenpitopumppu 2 häiriö 1=ok
31_LSA_304	I 38.7	BOOL	öljysäiliön vaippavuoto
22_H001_XA01	I 39.0	BOOL	poltin käynnistysvalmis
22_H001_FB01	I 39.1	BOOL	liekki on
22_H001_BA01	I 39.2	BOOL	kaasu valittu
22_H0001_CRDY	I 39.3	BOOL	Tehonsäätölupa
22_H001_BA7	I 39.4	BOOL	kaukokäyttö valittu
22_H001_FLT	I 39.5	BOOL	poltinhäiriö
22_GS110_FB01	I 39.6	BOOL	savukaasupelti auki
22_PAL_314	I 39.7	BOOL	maakaasun paine matala
XS-101	I 40.0	BOOL	vapautus
XS-102	I 40.1	BOOL	kuittaus
XS-103	I 40.2	BOOL	saarikäyttö
XS-104	I 40.3	BOOL	KL-verkkokäyttö
XS-105	I 40.4	BOOL	K1 on valittu 1
XS-106	I 40.5	BOOL	K2 on valittu 1
XS-107	I 40.6	BOOL	Laitos käyntiin
XS-108	I 40.7	BOOL	Laitos seis
11_QSA_310	I 41.0	BOOL	maakaasun vuotohälytin 1=ok
11_QSA_312	I 41.1	BOOL	maakaasun vuotohälytin 1=ok
11_QSA_352	I 41.2	BOOL	kulunvalvontasilmukka
11_TZA_307	I 41.3	BOOL	kattilahuoneen lämpötila 1=ok
11_TZA_308	I 41.4	BOOL	kattilahuoneen lämpötila 1=ok
11_TZA_309	I 41.5	BOOL	kattilahuoneen lämpötila 1=ok
32_LZA_314	I 41.6	BOOL	öljynerotuskaivon pinta 1=ok
33_FQ_308	I 42.0	BOOL	maakaasun määrä
62_TV754_SMA	I 42.1	BOOL	KL-menoveden lämpötilan säätöventtiili käsi/auto 1=käsi
62_TV754_RDY	I 42.2	BOOL	KL-menoveden lämpötilan säätöventtiili valmis 0=ok
62_TV754_LOC	I 42.3	BOOL	KL-menoveden lämpötilan säätöventtiili paikalliskäyttö
62_QQ_340	I 42.4	BOOL	KL-energia
62_QQ_310	I 42.5	BOOL	KL-vesimäärä
71_LSA_310	I 42.6	BOOL	paisuntasäiliön pinta 1=ok
71_FQ_304	I 42.7	BOOL	lisäveden määrä
71_MV768_FB1	I 43.0	BOOL	paisuntasäiliön sulkuventtiili auki
71_MV768_FB0	I 43.1	BOOL	paisuntasäiliön sulkuventtiili kiinni
71_MV768_FLT	I 43.2	BOOL	paisuntasäiliön sulkuventtiili häiriö 1=ok
71_LZA_318	I 43.3	BOOL	paineenpitopumput lukitus 1=ok
11_XA_001	I 43.4	BOOL	palopiiri lauennut 1=ok
11_UPS_FX	I 43.5	BOOL	summahälytys sulakkeet 1=ok
00MC1_FX	I 43.6	BOOL	summahälytys sulakkeet 1=ok
UPS_FLT	I 43.7	BOOL	ups vika 1=ok
K2104_FB1	I 44.0	BOOL	KL-sulkuventtiili auki
K2104_FB0	I 44.1	BOOL	KL-sulkuventtiili kiinni
K2104_FLT	I 44.2	BOOL	KL-sulkuventtiili häiriö
K2104_LEAK	I 44.3	BOOL	KL-sulkuventtiili vuoto kaivossa
K2104_SMA	I 44.4	BOOL	KL-sulkuventtiili käsi/auto
K2104_RES	I 44.5	BOOL	KL-sulkuventtiili reservi
11_LVI_1	I 44.6	BOOL	lvi hälytys 1
11_LVI_2	I 44.7	BOOL	lvi hälytys 2
11_LVI_3	I 45.0	BOOL	lvi hälytys 3
11_LVI_4	I 45.1	BOOL	lvi hälytys 4
21_H001_BA2	I 45.2	BOOL	öljyn paine matala

Symbol	Address	Data Type	Comment
21_H001_BA3	I 45.3	BOOL	käyntiraja
21_H001_BA4	I 45.4	BOOL	öljy valittu
21_H001_BA5	I 45.5	BOOL	kaasun paine korkea
21_H001_BA6	I 45.6	BOOL	vuoto kaasuventtiileissä
21_TZA_350	I 45.7	BOOL	Kattilan yllämpö
22_H001_BA2	I 46.0	BOOL	öljyn paine matala
22_H001_BA3	I 46.1	BOOL	käyntiraja
22_H001_BA4	I 46.2	BOOL	öljy valittu
22_H001_BA5	I 46.3	BOOL	kaasun paine KORKEA
22_H001_BA6	I 46.4	BOOL	vuoto kaasuventtiileissä
22_TZA_350	I 46.5	BOOL	Kattilan yllämpö
11-QSA-358	I 47.1	BOOL	OVIKYTKIN
11-QSA-358_SEL	I 47.2	BOOL	OVIKYTKIN (sabotaasi)
s_ener	I 47.3	BOOL	Sähköenergia Enermet
21HV_open	I 47.4	BOOL	K1 sulkuventtiili auki
21HV_close	I 47.5	BOOL	K1 sulkuventtiili kiinni
22HV_open	I 47.6	BOOL	K2 sulkuventtiili auki
22HV_close	I 47.7	BOOL	K2 sulkuventtiili kiinni
21S1	I 48.0	BOOL	SAVUPELTI 21X110 OHJ.KYT. AUTO-ASENTO
22S1	I 48.1	BOOL	SAVUPELTI 22X110 OHJ.KYT. AUTO-ASENTO
604S1	I 48.2	BOOL	RAITISILMAPELLIT FZ1.1 & FZ1.2 OHJ.KYT. AUTO-ASENTO
FZ1_1S100	I 50.0	BOOL	RAITISILMAPELTI 1 AUKIRAJA
FZ2_1S100	I 50.1	BOOL	RAITISILMAPELTI 2 AUKIRAJA
21S100	I 50.2	BOOL	SAVUKAASUPELTI 21X110 AUKIRAJA
22S100	I 50.3	BOOL	SAVUKAASUPELTI 22X110 AUKIRAJA
21_MV707_YB0	Q 48.0	BOOL	paluueden sulkuventtiili sulkee
21_MV707_YB1	Q 48.1	BOOL	paluueden sulkuventtiili avaa
21_P154_YB1	Q 48.2	BOOL	sekoituspumppu käyntiin
21_P156_YB1	Q 48.3	BOOL	ekopiirin pumppu käyntiin
21_H001_QUIT	Q 48.4	BOOL	poltinhäiriön kuittaus
21_H001_YB01	Q 48.5	BOOL	poltin käyntiin
21_H001_YB11	Q 48.6	BOOL	poltin lisää
21_H001_YB12	Q 48.7	BOOL	poltin vähennä
11_P102_YB1	Q 49.0	BOOL	kiertoilmapuhallin 102 käyntiin/seis
11_P106_YB1	Q 49.1	BOOL	kiertoilmapuhallin 106 käyntiin/seis
62_P152_YB1	Q 49.2	BOOL	KL-pumppu 1 käyntiin/seis
K2104_YB1	Q 49.3	BOOL	kaivon sulkuventtiili auki
K2104_YB0	Q 49.4	BOOL	kaivon sulkuventtiili kiinni
YH-101	Q 50.0	BOOL	vapautus
YH-102	Q 50.1	BOOL	kuittaus
YH-103	Q 50.2	BOOL	saarikäyttö
YH-104	Q 50.3	BOOL	verkkokäyttö
YH-105	Q 50.4	BOOL	K1 on ensimmäinen
YH-106	Q 50.5	BOOL	K2 on ensimmäinen
YH-107	Q 50.6	BOOL	laitos käynnistetty
YH-108	Q 50.7	BOOL	laitos pysäytetty
71_MV_768_YB1	Q 51.0	BOOL	paisuntasäiliön sulkuventtiili avaa
71_MV_768_YB0	Q 51.1	BOOL	paisuntasäiliön sulkuventtiili sulkee
22_MV707_YB0	Q 52.0	BOOL	paluueden sulkuventtiili sulkee
22_MV707_YB1	Q 52.1	BOOL	paluueden sulkuventtiili avaa
22_P154_YB1	Q 52.2	BOOL	sekoituspumppu käyntiin
22_P156_YB1	Q 52.3	BOOL	ekopiirin pumppu käyntiin
22_H001_QUIT	Q 52.4	BOOL	poltinhäiriön kuittaus
22_H001_YB01	Q 52.5	BOOL	poltin käyntiin

Symbol	Address	Data Type	Comment
22_H001_YB11	Q 52.6	BOOL	poltin lisää
22_H001_YB12	Q 52.7	BOOL	poltin vähennä
11_P104_YB1	Q 53.0	BOOL	kiertoilmapuhallin 104 käyntiin/seis
11_P108_YB1	Q 53.1	BOOL	poistoilmapuhallin 108 käyntiin/seis
62_P154_YB1	Q 53.2	BOOL	KL-pumppu 2 käyntiin/seis
21TI353	PIW 272	INT	Kattilavesi, menolämpötila
21GI102	PIW 274	INT	Polttimen asento
21GI707	PIW 276	INT	Paluuveden sulkuventtiilin asento
21QI308	PIW 278	INT	Savukaasun happi
21TI376	PIW 280	INT	Savukaasun lämpötila
21TI374	PIW 282	INT	Ekopiirin lämpötila
21GI744	PIW 284	INT	Ekopiirin venttiilin asento
11TI307	PIW 286	INT	Kattilahuoneen lämpötila
22TI353	PIW 288	INT	Kattilavesi, menolämpötila
22GI102	PIW 290	INT	Polttimen asento
22GI707	PIW 292	INT	Paluuveden sulkuventtiilin asento
22QI308	PIW 294	INT	Savukaasun happi
22TI376	PIW 296	INT	Savukaasun lämpötila
22TI374	PIW 298	INT	Ekopiirin lämpötila
22GI744	PIW 300	INT	Ekopiirin venttiilin asento
11TI308	PIW 302	INT	Kattilahuoneen lämpötila
31LI302	PIW 304	INT	Kevytöljysäiliön pinta
32FI310	PIW 306	INT	Öljymäärä, meno
32FI312	PIW 308	INT	Öljymäärä, paluu
62TI328	PIW 310	INT	Ulkolämpötila
62GI754	PIW 312	INT	KL-menolämpötilan säätöventtiilin asento
62PI312	PIW 314	INT	KL-paluupaine
62PI338	PIW 316	INT	KL-menopaine
62PDI336	PIW 318	INT	KL-paine-ero/verkon mittaus
62UI340	PIW 320	INT	Kaukolämpöteho
62FI310	PIW 322	INT	KL-vesivirtaus
62TI342	PIW 324	INT	KL-menoveden lämpötila
62TI308	PIW 326	INT	KL-paluuveden lämpötila
33FI308	PIW 328	INT	Maakaasun virtaus
33PI302	PIW 330	INT	Maakaasun paine
11TI309	PIW 334	INT	Kattilahuoneen lämpötila
62SC314F	PIW 336	INT	KL-pumpun pyörimisnopeus
62SC314U	PIW 338	INT	KL-pumpun sähköteho
62SC318F	PIW 340	INT	KL-pumpun pyörimisnopeus
62SC318U	PIW 342	INT	KL-pumpun sähköteho
11TI316	PIW 344	INT	Kattilahuoneen lämpötila
21TI384	PIW 346	INT	Kattilan paluuveden lömpötila
22TI384	PIW 348	INT	Kattilan paluuveden lömpötila
33TI306	PIW 350	INT	Maakaasun lämpötila
21TV744Y0	PQW 352	INT	Ekopiirin säätöventtiili
22TV744Y0	PQW 354	INT	Ekopiirin säätöventtiili
62TV754Y0	PQW 356	INT	KL-menoveden säätöventtiili
62SC315Y0	PQW 358	INT	KL-pumppu
62SC319Y0	PQW 360	INT	KL-pumppu

LUETTELO LOGIIKAN OHJELMALOHKOISTA

SIMATIC

Imatrankoski

04/05/2013 10:40:51 AM

Imatrankoski\SIMATIC 300(1)\CPU 315-2 DP\S7 Program(1)\Blocks

Object name	Symbolic name	Comment	Created in language	Size
System data	---	---	---	---
OB1	CYCL_EXC	"Main Program Sweep (Cyc	FBD	366
OB35		"Cyclic Interrupt"	STL	108
OB122	MOD_ERR	"Module Access Error"	FBD	38
FB4	Vakiot ja pulssit	Yleiset vakiot ja pulssit	FBD	346
FB50	Motor_InTouch_1D	Motor control: (1-directi	FBD	548
FB58	TCONT_CP	PID temperature controlle	SCL	9902
FB87	RAMPITUS	RAMPPILOHKO RAMPPILOHKO F	STL	116
FB101	PositionControl	Position Control	FBD	294
FC10	Yleiset		FBD	906
FC11	PC_DI_hälyt		FBD	8356
FC13	Start	Laitoksen käynnistys	FBD	1238
FC14	Stop	Laitoksen pysäytys	FBD	614
FC20	KESKI_LT	Mediaanilämpötilan lasker	FBD	290
FC25	Mittaukset		FBD	6258
FC52	Bits_to_DB		FBD	102
FC53	Laskurit		FBD	456
FC55	SCALE	SCALING VALUES	STL	244
FC60	21KATTILA1	Kattila 1	FBD	2502
FC61	22KATTILA2	Kattila 2	FBD	2416
FC63	Kattila_autom	Kattiloiden häiriövaihto	FBD	706
FC70	21TIC370_eko	21TIC370 Ekon kaskadisäät	FBD	428
FC71	22TIC370_eko	22TIC370 Ekon kaskadisäät	FBD	428
FC72	62TIC330_PID	62TIC330 Kaukolämpövesi 1	FBD	226
FC73	62SC315	62SC315 KL1-nopeussäätö	FBD	1734
FC74	62SC318	62SC318 KL2-nopeussäätö	FBD	1728
FC90	KP_HAIR	Kaukolämpöpumppujen häiri	FBD	150
FC91	LT.KAYRA	Lämpötilakäyrät	FBD	696
FC100	11P102_kiertoilm	11P102 Kiertoilmapuhallir	FBD	442
FC101	11P104_kiertoilm	11P104 Kiertoilmapuhallir	FBD	442
FC102	11P106_poistoilm	11P106 Poistoilmapuhallir	FBD	454
FC103	11P108_poistoilm	11P108 Poistoilmapuhallir	FBD	426
FC104	21P154_sek	21P154 Kattilan 1 sekoitu	FBD	454
FC105	21P156_eko	21P156 Kattilan 1 ekopum	FBD	454
FC106	22P154_sek	22P154 Kattilan 2 sekoitu	FBD	454
FC107	22P156_eko	22P156 Kattilan 2 ekopum	FBD	454
FC108	62P152_KL1	62P152 KL-pumppu 1	FBD	542
FC109	62P154_KL2	62P154 KL-pumppu 2	FBD	542
FC300	AnalogIn	AnalogIn	FBD	810
FC302	AnalogAlarm	AnalogAlarm	FBD	716

Imatrankoski\SIMATIC 300(1)\CPU 315-2 DP\S7 Program(1)\Blocks

Object name	Symbolic name	Comment	Created in language	Size
FC500	Panelihälyt	Hälytystiedot ja tilatiet	FBD	4858
DB4	PulssiDB		DB	38
DB5	Ajat		DB	54
DB10	PC_Comm		DB	170
DB11	PC_DI_häly_DB		DB	42
DB12	PC_DI_hälyesto		DB	42
DB13	Start_DB		DB	46
DB14	Stop_DB		DB	46
DB25	MittauksetDB		DB	192
DB26	Mittaus_Hälyt		DB	56
DB27	Hälytysrajat		DB	660
DB28	MittapiiriHäl		DB	42
DB29	Hal.estot		DB	46
DB30	ALARM_DT		DB	772
DB31	Hälytysviiveet		DB	192
DB53	Laskuriarvot / real		DB	64
DB60	21KATTILA1_DB		DB	72
DB61	22KATTILA2_DB		DB	72
DB63	Kattila_autom_DB		DB	68
DB70	21TIC370_DB		DB	532
DB71	21TIC374_DB		DB	532
DB72	22TIC370_DB		DB	532
DB73	22TIC374_DB		DB	532
DB74	62TIC330_DB		DB	532
DB75	62PdIC314_DB		DB	532
DB76	62UIC340_DB		DB	532
DB77	62PdIC318_DB		DB	532
DB78	62UIC342_DB		DB	532
DB79	21TIC354_DB		DB	532
DB80	21_BURNER_POS		DB	78
DB81	21GI707_POS		DB	78
DB82	22TIC354_DB		DB	532
DB83	22_BURNER_POS		DB	78
DB84	22GI707_POS		DB	78
DB91	LT_KAYRA_DB		DB	66
DB100	11P102_DB		DB	58
DB101	11P104_DB		DB	58
DB102	11P106_DB		DB	58
DB103	11P108_DB		DB	58
DB104	21P154_DB		DB	58

Imatrankoski\SIMATIC 300(1)\CPU 315-2 DP\S7 Program(1)\Blocks

Object name	Symbolic name	Comment	Created in language	Size
DB105	21P156_DB		DB	58
DB106	22P154_DB		DB	58
DB107	22P156_DB		DB	58
DB108	62P152_DB		DB	58
DB109	62P154_DB		DB	58
DB200			DB	78
DB500	HÄLYT_panelille		DB	84
DB501	Tilatietoja		DB	100
SFC1	READ_CLK		STL	---
SFC20	BLKMOV		STL	---
SFC64	TIME_TCK		STL	---

