



Henri Jokkala

LÄMPÖLAITOKSEN AUTOMAATION MODERNISOINTI

LÄMPÖLAITOKSEN AUTOMAATION MODERNISOINTI

Henri Jokkala
Opinnäytetyö
12.2.2012
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Automaatiotekniikka	Insinööriyö	51	+	15
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Projekointi	1.4.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Rovaniemen Energia Oy	Henri Jokkala			
Työn nimi				
Lämpölaitoksen automaation modernisointi				
Avainsanat				
Lämpölaitos, PLC, ABB AC500, Codesys, Modbus/RTU, Metso DNA				

Tämän insinööriyön aiheena oli suunnitella ja toteuttaa lämpölaitoksen automaation modernisointi sekä toteuttaa käyttöliittymä Metso DNA - automaatiojärjestelmään kaukokäyttöä varten. Työhön kuului Lämpölaitoksen instrumentoinnin ja säätöjen suunnittelu, ABB:n logiikan ohjelmointi ja liittäminen Modbus-yhteydellä Metson automaatiojärjestelmään sekä käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus Metson automaatiojärjestelmään. Tavoitteena oli parantaa lämpölaitoksen käytettävyyttä, vähentää kaukolämpöverkon painevaihtelua ja lisätä lämpölaitoksen kattilakomponenttien elinikää uuden logiikan avulla.

Työn ensimmäisenä vaiheena oli suunnitella lämpölaitoksen instrumentointi hyödyntäen mahdollisimman paljon olemassa olevia toimilaitteita ja mittauksia. Seuraavassa vaiheessa tehtiin logiikkaan ja automaatiojärjestelmän ohjelmat sekä suunniteltiin instrumenttien sähköiset kytkennät. Modbus-yhteys testattiin ennen logiikan siirtämistä lämpölaitokselle. Logiikan asennuksen ja käyttöönoton jälkeen säätimet viritettiin toimimaan tyydyttävästi. Kaukokäyttöyhteys rakennettiin ja käyttöönotettiin projektin viimeisessä vaiheessa.

Työn lopputuloksena saatiin toimiva järjestelmäkokonaisuus ja työlle asetetut tavoitteet saavutettiin.

ALKULAUSE

Tämän insinööriyön tilaaja on Rovaniemen Energia Oy, jossa työn valvojana on toiminut automaatioinsinööri Kari Tuomi. Työn ohjaajana oli Timo Heikkinen Oulun seudun ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat auttaneet ja kannustaneet minua tämän insinööriyön tekemisessä.

Rovaniemellä 3.2.2012

Henri Jokkala

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ALKULAUSE

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 KAUKOLÄMPÖ.....	7
2.1 Lämmöntuotanto	8
2.2 Kaukolämmön jakelu	9
2.3 Biokaasu ja sen käyttäminen lämmöntuotannossa.....	10
3 ABB:N AC500 -LOGIIKKA	12
3.1 Prosessori PM564-T	13
3.2 I/O-kortit.....	15
4 CoDeSys-ohjelmointiympäristö ja IEC 61131-3	17
4.1 Muuttujat.....	18
4.2 IL - Instruction List	18
4.3 LD - Ladder Diagram	19
4.4 FBD - Function Block Diagram	19
4.5 ST - Structured Text	20
4.6 SFC - Sequential Function Chart.....	21
5 KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄ.....	22
5.1 Modbus RTU -protokolla.....	22
5.1.1 Modbus-viestikehys	23
5.1.2 Modbus-osoitteet	24
5.1.3 Modbus-toiminnot	25
5.1.4 Modbus-asetukset	27
5.2 Langaton sarjaliikenneyhteys	27
6 PROJEKTIN ESISELVITYSTYÖT	29
6.1 Tutustuminen prosessiin ja ongelmaan	29
6.2 PI-kaavio	30
6.3 Logiikan säätö- ja toimintakuvaus	31
6.4 Dokumenttien ja aineiston kerääminen.....	31
7 SUUNNITTELU TYÖ JA TOTEUTUS	32
7.1 Mittapisteluettelo	32
7.2 Logiikkakotelon suunnittelu	33

7.3 Piirikaaviot	33
7.4 Instrumentointi	34
7.5 Säätöjen suunnittelu	35
7.5.1 Menoveden lämpötilan säädin	35
7.5.2 Kattilan lämpötilan säädin	36
7.6 Logiikan ohjelmointi	38
7.7 Kaukokäyttöjärjestelmän ohjelmointi	41
7.8 Käyttöliittymä kaukokäyttöjärjestelmässä	42
8 ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO	43
9 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	50
LIITTEET	52

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Rovaniemen Energian Hillerintien lämpölaitoksen automaation modernisointia. Rovaniemen Energia Oy on Rovaniemen kaupungin omistama konserniyhtiö. Emoyhtiö Rovaniemen Energia tuottaa lämpöä ja sähköä sekä huolehtii kaukolämmön jakelusta Rovaniemen alueella. Lisäksi yhtiöllä on lämpöliiketoimintaa muualla Lapissa. (Rovaniemen Energia Oy 2011.)

Hillerintien lämpölaitos tuottaa lämpöä biokaasusta, joka pumpataan lämpölaitokselle Mäntyvaaran peitetyltä kaatopaikalta. Lämmön tuotanto biokaasusta on alkanut vuonna 2002. Vuosittainen lämmöntuotanto on vaihdellut noin 2000 ja 7500 MWh:n välillä. (Kuitunen – Huttunen – Leinonen 2009, 32; Kuitunen – Huttunen 2008, 70.)

Tässä työssä modernisoidaan lämpölaitoksen automaatiota niin käytetyn logiikan, säätöperiaatteiden kuin käyttöliittymänkin osalta. Työn tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa kokonaisuus, joka toteuttaa projektille annetut tavoitteet. Lämpölaitoksen parempien säätöjen avulla pyritään pitämällä kattilapiirin lämpötilavaihtelut pienenä ja sitä kautta pidentämään käytetyn laitteiston käyttöikää. Lisäksi pyritään pienentämään lämpölaitoksen pumppauksen aiheuttamaa kaukolämpöverkon painevaihtelua, mikä on vaikeuttanut muiden kaukolämpöverkon pumppauksien hallintaa. Työssä tutustutaan teoriassa kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon sekä muihin käytettyihin tekniikoihin.

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan rakennusten ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan energian keskitettyä tuottamista ja julkista jakelua kuluttajien kiinteistöihin. Kaukolämmitykselle on myös ominaista se, että sen toimittaminen on organisoitua liiketoimintaa. Energian siirtoon käytetään Suomessa vettä. (Energiateollisuus ry 2006, 25.)

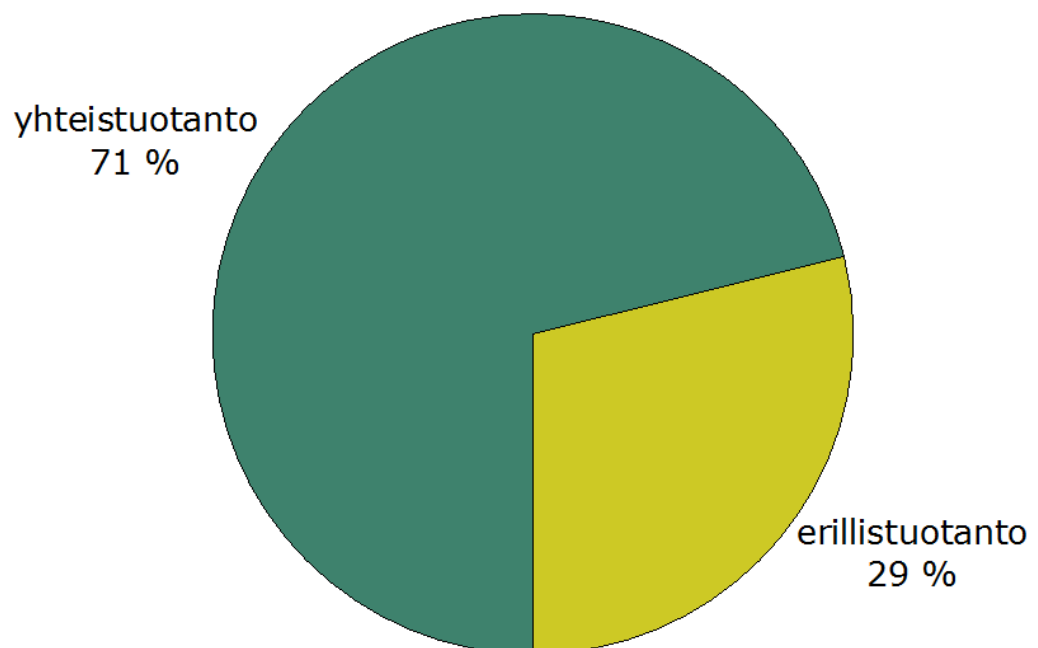
Kaukolämmityksen ensihetket koettiin vuonna 1622, kun hollantilainen keksijä Cornelius Drebbel ehdotti lämpimän veden jakeluverkon rakentamista. Ensimmäinen kaupalliseen toimintaan perustuva kaukolämpöyhtiö aloitti toimintansa vuonna 1877 Yhdysvalloissa, New Yorkin osavaltiossa. Euroopassa kaukolämmitys alkoi Saksassa, Venäjällä ja Tanskassa 1800-luvun lopussa sekä 1900-luvun ensimmäisillä kymmenluvulla. (Energiateollisuus ry 2006, 33.)

Suomessa ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 valmistuneeseen Olympiakylään. Suomessa mahdollisuus teollisuuden sähköntuotannon hukkalämmön hyödyntämiseen kaukolämmön muodossa huomattiin jo kaukolämmityksen ensimetreillä. Nykyään hukkalämmön hyödyntämisestä puhutaan yhteistuotantona, mikä onkin ollut kaukolämmityksen ideana Suomessa sen ensimetreiltä alkaen. Osittain tästä syystä johtuen suurin osa nykyäänkin tuotetusta kaukolämmöstä on yhteistuotantoa. Kaukolämmityksen käyttö yleistyi 50- ja 60-lukujen aikana, jolloin valtio tuki kuntia kaukolämpöjärjestelmien rakentamisessa monin eri tavoin. 70-luvulle tultaessa maailmanlaajuinen energiakriisi sai päättäjät huomaamaan kaukolämmityksen merkityksen ja riippuvuuden ulkomailta tuoduista polttoaineista, kuten öljystä. Nopeasti syntyi tarve tuottaa kotimaisia polttoaineita ja alettiin panostaa voimakkaasti turpeen tuotantoon. 80- ja 90-lukujen aikana kaukolämpöverkot laajentuivat ja samalla lämpökuormat kasvoivat taajamien lämmityksissä niin paljon, että se mahdollisti sähkön ja lämmön yhteistuotannon myös yhdyskuntien energiahuollossa. (Energiateollisuus ry 2006, 34–35.)

Nykyään kaukolämmitys on suurin yksittäinen lämmitysmuoto Suomessa. Kaukolämpöenergian kulutus on kasvanut tasaisesti aina 2000-luvun alkuvuosille asti, jonka jälkeen kulutus on taantunut. Osaksi kulutuksen pientyminen johtuu rakennuskannan muuttumisesta entistä energiatehokkaammiksi sekä leudoista talvista. Kaukolämmityksen markkinaosuus kaikista lämmitysmuodoista oli noin 49 % vuonna 2005 sekä 2010. (Energiateollisuus ry 2006, 36; Energiateollisuus ry 2011, 3.)

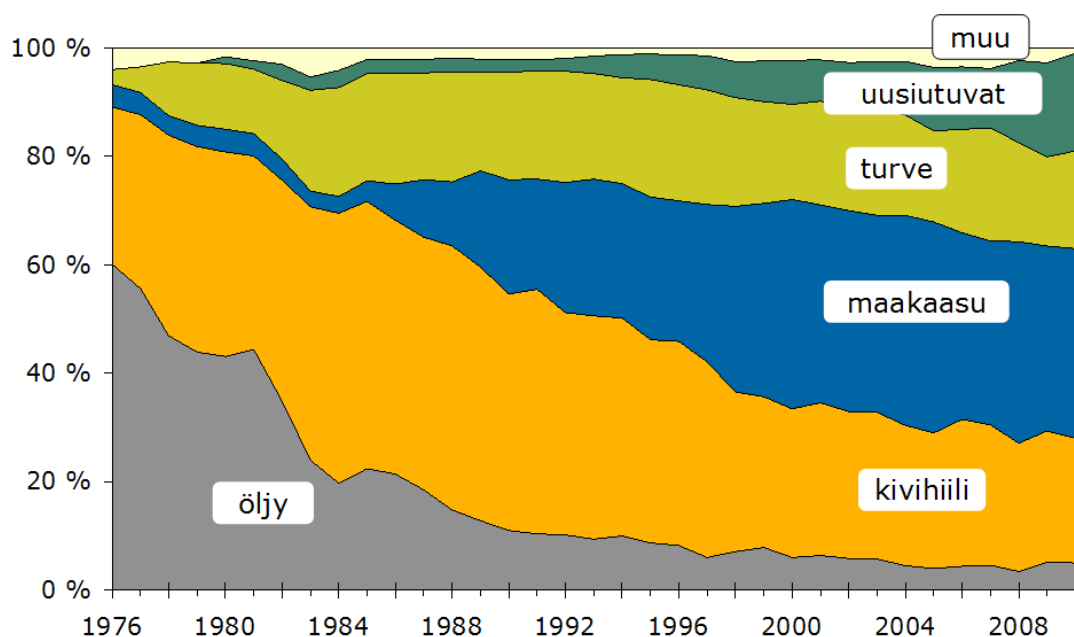
2.1 Lämmöntuotanto

Valtaosa Suomessa tuotetusta lämmöstä on yhteistuotantoa, mikä on hyvin poikkeuksellista verrattessa muihin maihin. Voidaankin todeta Suomen olevan maailman johtavia maita kun puhutaan sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannosta. Tämä johtuu pitkälti siitä, että koko kaukolämmityksen historian aikana päätavoite on ollut teollisuuden ja sähköntuotannon hukkalämmön hyödyntäminen kaukolämmityksessä. Vuodesta riippuen on yhteistuotanto ollut noin 70–80 % koko lämmöntuotannosta. Voimalaitoksien yhteistuotannon lisäksi lämpöä tuotetaan erillistuotantona erillisissä lämpölaitoksissa (kuva 1). (Energiateollisuus ry 2006, 37.)



KUVA 1. Lämmöntuotannon osuudet (Energiateollisuus ry 2011, 9)

Viime vuosina lämmöntuotannossa on pyritty uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämiseen, mikä on johtunut valtion tekemistä verolinjauksista, joilla pyritään tukemaan uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja vähentämään fossiilisten polttoaineiden käytöstä johtuvia hiilidioksidipäästöjä. Muutosta esimerkiksi puun käytössä on vuodesta 2005 vuoteen 2010 ollut +6 %. Lisäksi päästökauppa ja korostuneet ekologiset arvot ovat luoneet paineita uusiutuvien polttoaineiden suurempaan käyttöön. Vuodesta 1976 alkaen sähkön- ja lämmöntuotannossa käytettyjen polttoaineiden suhteet ovat muuttuneet huomattavasti (kuva 2).



KUVA 2. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet 1976–2010 (Energiateollisuus ry 2011, 12)

2.2 Kaukolämmön jakelu

Vesikaukolämmityksessä lämmön jakelujärjestelmän väliaineena toimii vesi. Toinen mahdollinen väliaine voisi olla höyry, jota esimerkiksi Yhdysvalloissa käytetään. Lämpö siirtyy putkissa kiertävän veden mukana. Sama vesi kiertää verkostossa aina uudelleen; luovutettuaan lämmön kuluttajille palaa jäähtynyt vesi takaisin tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. Kaukolämpöjärjestelmän pääkomponentteja ovat lämmöntuotantolaitos, putkisto eli kaukolämpöverkko ja asikkaiden

kaukolämmön käyttämiseen tarkoitetut laitteet. (Energiateollisuus ry 2006, 43.)

Kaukolämpöverkossa vallitsevat olosuhteet määrittelevät rajat käytetyille materiaaleille ja toimilaitteille. Kaukolämpöverkon suunnittelupaine on 1,6 MPa (16 bar) ja suurin käyttölämpötila 120 °C. Minimi paine-ero asiakkaalla on oltava 60 kPa (0,6 bar). Käytännössä käytettävä kaukolämpöverkko ja kriittinen asiakas määrittelevät verkossa vallitsevan painetason sekä menoveden lämpötilan. (Energiateollisuus ry 2011, 66.)

2.3 Biokaasu ja sen käyttäminen lämmöntuotannossa

Biokaasu on kaasuseos, jossa on noin 40–70 % metaania, 30–60 % hiilidioksidia ja hyvin vähän rikkivety-yhdisteitä. Kaasua syntyy mikrobien hajottaessa orgaanista eli eloperäistä ainesta hapettomissa olosuhteissa esimerkiksi vanhoilla peitetyillä kaatopaikoilla. (Väisänen– Salmenoja 2002, 2; Kuitunen ym. 2009, 11.)

Biokaasussa valtaosa, yleensä vähintään 40 %, on metaania (CH₄). Metaanin tehollinen lämpöarvo on 50 MJ/kg, mikä on enemmän kuin kevyellä tai raskaalla polttoöljyllä. Biokaasua voidaankin pitää erittäin hyvänä uusiutuvana biopolttoaineena ja energialähteenä. Vuoden 2009 lopussa Suomessa kerättiin pumppaamalla talteen biokaasua 35:lta eri kaatopaikalta yhteensä 110,9 miljoonaa kuutiota. Pumpatusta biokaasusta tuotettiin sähköä ja lämpöä yhteensä 286,8 GWh. (Kuitunen ym. 2009, 13.)



KUVA 3. Rovaniemen Mäntyvaaran biokaasupumppaamo

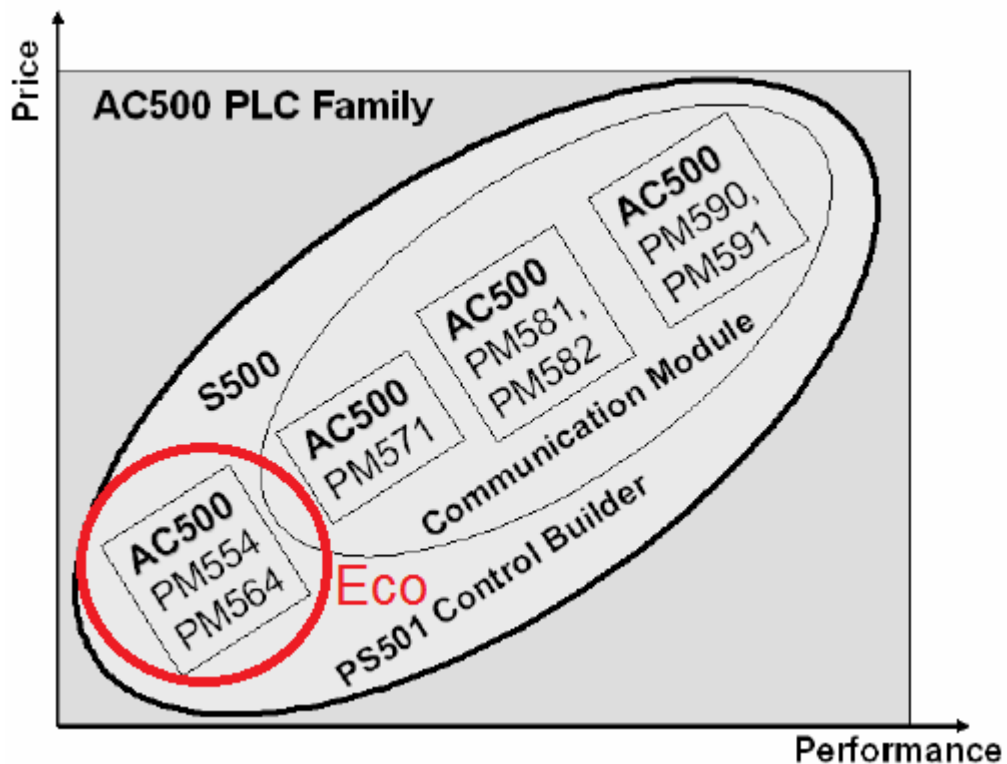
Vuonna 2001 valmistuneelta, Rovaniemen Mäntyvaaran vanhalla kaatopaikalle sijoitetulta biokaasupumppaamolta (kuva 3) valtaosa kaasusta pumpataan ja hyödynnetään Rovaniemen Energian Hillerintien kaukolämpölaitoksella lämmöntuotantoon. Pumppaamon kapasiteetti on 400 Nm³/h ja biokaasua on arvioitu riittävän noin 20 vuodeksi. Vuodesta 1965 lähtien Mäntyvaarassa sijainnut kaatopaikka suljettiin vuonna 2005. Taulukossa 1 on esitetty Mäntyvaaran biokaasupumppaamon ja Hillerintien lämpölaitoksen tuotantotietoja vuosilta 2002-2009. (Kuitunen ym. 2008, 70.)

TAULUKKO 1. Mäntyvaaran biokaasupumppaamon ja Hillerintien lämpölaitoksen tuotantotiedot vuosilta 2002-2009 (Kuitunen ym. 2009, 32; Kuitunen ym. 2008, 70)

vuosi	tuotettu 1000m ³	hyödynnetty 1000m ³	lämmöntuotanto MWh	CH ₄ %	
2009	1390	1390	4705	38	
2008	1668	1650	7792	53	(arvio)
2007	1668	1651	7797	53	
2006	1200	1141	5388	53	
2005	740	740	3363	51	
2004	800	400	2406	45	
2003	800	650			
2002	600	500			

3 ABB:N AC500 -LOGIIKKA

Työssä ohjelmoitavana logiikkana (PLC:nä) käytettiin ABB:n AC500-tuoteperheen Eco-sarjan logiikkaa. ABB:n AC500-tuoteperheen logiikat sisältävät eritehoisia logiikoita ja erikokoisien prosessien ohjaamiseen. Kuvasta 4 nähdään ABB:n AC500-logiikoiden sijoittuminen suhteessa hintaan ja logiikan suorituskykyyn. Hinta ja suorituskyky kulkevat käsikädessä; nimensä mukaisesti Eco-sarjan logiikat ovat halvempia kuin muut saman tuoteperheen logiikat. Koko AC500-tuoteperhe on ohjelmoitavissa samoilla ohjelmointityökaluilla. (AC500-eCo manuaali 2009, 4.)



KUVA 4. ABB:n AC500-tuoteperhe (AC500-eCo manuaali 2009, 4)

Logiikka rakentuu prosessoriyksiköstä sekä siihen liitetyistä I/O-jaajennuskorteista. Yhteen prosessoriin voidaan liittää korkeintaan seitsemän I/O-korttia. Kuvassa 5 on logiikka, jossa prosessori vasemmalla ja lisäkortit liitetty oikealle puolelle. (AC500-eCo manuaali 2009, 7.)



KUVA 5. AC500-logiikka (AC500-eCo manuaali 2009, 7)

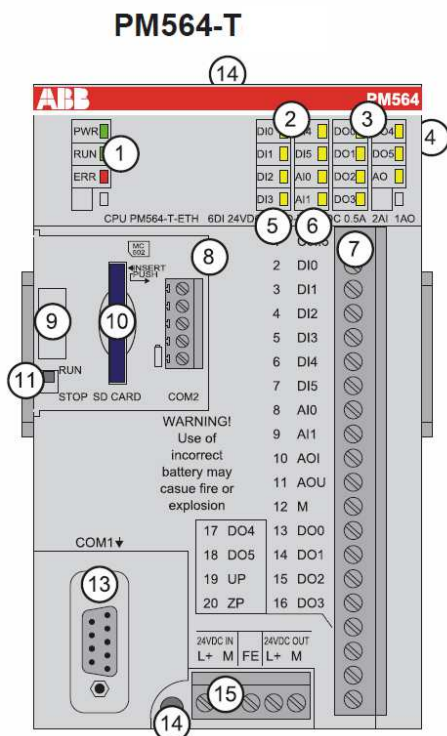
3.1 Prosessori PM564-T

AC500-logiikat sisältävät useita CPU-mallieja erilaisilla ominaisuuksilla. Projektissa käytetyn logiikan prosessori eli CPU on mallia PM564-T, josta hieman tarkempaa tietoa. CPU:n käyttöjännite on 24 VDC ja siinä on 128 kB ohjelmamuistia. Sadan käskyn suorittaminen vie aikaa binäärikäskyiltä 0,3 ms. CPU:lla on integroituna kuusi digitaalista tuloa ja kuusi digitaalista transistorilähtöä. Lisäksi CPU:lla on kaksi analogista tuloa (0–10 V) ja yksi analoginen lähtö (4–20 mA tai 0–10 V). Analogitulojen ja lähtöjen resoluutio on 10 bittiä. (AC500-eCo manuaali 2009, 9.)

CPU:ssa on vakiona yksi sarjaliikenneportti COM1. Toinen sarjaliikenneportti COM on saatavana optiona. Toinen sarjaliikenneportti mahdollistaa kahden samanaikaisen yhteyden logiikkaan. Esimerkiksi Modbus-yhteyttä ei tarvitse katkaista, jos ohjelmaa halutaan muokata tai sen toimintaa tutkia ohjelmointityökalulla. Sarjaliikenneportit toteuttavat RS-485 -standardia. (AC500-eCo manuaali 2009, 10.)

PM564-T CPU:n kuvan 6 selitteet:

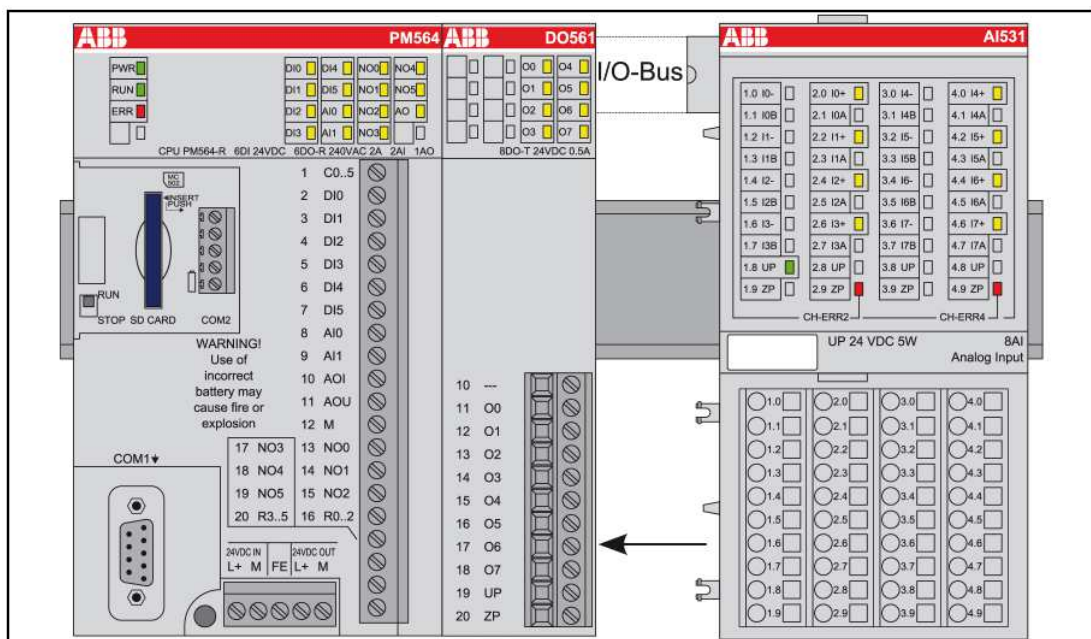
- 1 - Statusledit kertovat CPU:n tilan
 - 2 - Statusledit kertovat tulojen tilat
 - 3 - Statusledit kertovat lähtöjen tilat
 - 4 - I/O-väylä I/O-korttien kiinnittämiseen
 - 5 ja 6 - liittinnumerot sekä signaalien nimet
 - 7 - liitinrima I/O:iden kytkemiseen
 - 8 - Sarjaliikenneportti COM2 (optio)
 - 9 - Optioiden asennus tila
 - 10 - SD-muistikorttiadapteri
 - 11 - RUN/STOP -kytkin
 - 13 - Sarjaliikenneportti COM1 (ohjelmointi liityntyä)
 - 14 - reiät seinäkiinnitykseen
 - 15 - Käyttöjänniteiden liittimet.
- (ABB CPU 2010, 2)



KUVA 6. PM564-T CPU (ABB CPU 2010, 2)

3.2 I/O-kortit

ABB:n AC500-tuoteperheeseen on I/O-väylän avulla liitettävissä erilaisia I/O-kortteja. I/O-väylä on I/O- ja diagnostiikkatiedon siirtokanava CPU:n ja I/O-korttien välillä. AC500-eCo-logiikoissa voidaan kortteina voidaan käyttää kaikkia AC500-tuoteperheen kortteja Yhteen CPU:hun voidaan kytkeä korkeintaan seitsemän I/O-korttia. Tässä projektissa käytettiin kolmea I/O-väylään liitettyä I/O-korttia, joihin tutustutaan hieman tarkemmin. Jokainen I/O-kortti on kiinnitetty liitinkorttiin, johon on mahdollista kytkeä johtimia. Liitinkortteja on sekä jousi- että ruuviliittimillä. I/O-kortit kiinnitetään CPU:n oikealle puolelle, siten että seuraava kortti kiinnittyy edellisen kortin kautta CPU:n I/O-väylään. Kuvassa 7 esimerkki I/O-kortin kiinnittämisestä CPU:hun. (AC500-eCo manuaali 2009, 7–14.)



KUVA 7. I/O-korttien kiinnittäminen CPU:hun (AC500 manuaali 2011)

DC523 I/O-kortissa on 24 digitaalista transistorikanavaa. Jokainen kanava voidaan konfiguroida erikseen tuloksi tai lähdöksi. Kortissa on myös jännitesyöttömahdollisuus antureille, jotka vaativat erillisen 24 voltin tasajännitteen toimiakseen. (AC500 manuaali 2011.)

AX522 kortissa on kahdeksan analogista tuloa ja kahdeksan analogista lähtöä. Jokainen tulo voidaan erikseen ohjelmoida taulukossa 2 oleville arvoille. Analogilähdöistä neljä on konfiguroitavissa -10–10 V sekä 4–20 mA tai 0–20 mA. Analogilähdöistä neljä on käytettävissä vain jänniteasetuksella. (AC500 manuaali 2011.)

AI523 on analoginen tulokortti, jossa on 16 ohjelmoitavaa analogituloa. Kaikki tulot ovat ohjelmoitavissa taulukon 2 arvojen mukaisesti. Analogikortti sijaitsee viimeisenä rakennetussa logiikassa ja siihen kytkettiin ainoastaan lämpötilamittauksia. Konfiguraatioasetuksena käytettiin kaksijohdinkytkentää Pt100 -50–400 °C. Nelijohdinkytkennän käyttäminen varaisi logiikalta kaksi I/O-kanavaa yhtä mittausta kohden. Mahdolliset kaksijohdinkytkennästä johtuvat mittavirheet voidaan kompensoida ohjelmallisesti. (AC500 manuaali 2011.)

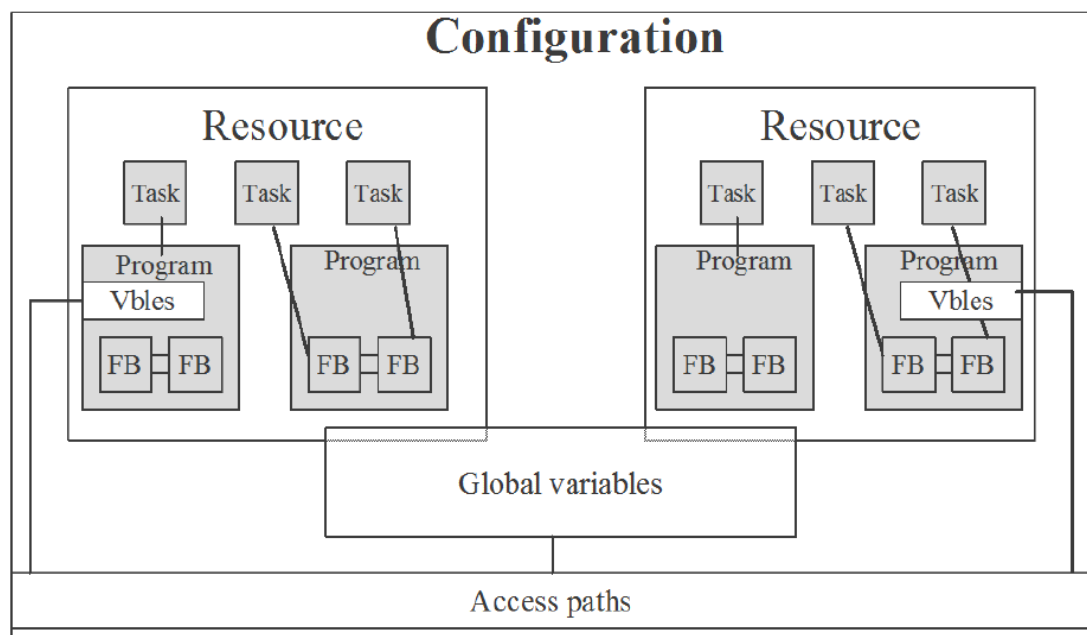
TAULUKKO 2. Analogitulojen konfigurointi. (AC500 manuaali 2011)

unused (default setting)
0...10 V
-10 V...+10 V
0...20 mA
4...20 mA
Pt100, -50 °C...+400 °C (2-wire)
Pt100, -50 °C...+400 °C (3-wire), requires 2 channels
Pt100, -50 °C...+70 °C (2-wire)
Pt100, -50 °C...+70 °C (3-wire), requires 2 channels
Pt1000, -50 °C...+400 °C (2-wire)
Pt1000, -50 °C...+400 °C (3-wire), requires 2 channels
Ni1000, -50 °C...+150 °C (2-wire)
Ni1000, -50 °C...+150 °C (3-wire), requires 2 channels
0...10 V with differential inputs, requires 2 channels
-10 V...+10 V with differential inputs, requires 2 channels
digital signals (digital input)

4 CoDeSys-ohjelmointiympäristö ja IEC 61131-3

Codesys (Controller Development System) on Saksalaisen 3S-Smart Software Solutions GmbH:n tuote ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointiin. Yhtiö on perustettu vuonna 1994. CoDeSys on yksi tunnetuimpia IEC 61131-3 -standardin mukaisista ohjelmointijärjestelmistä. (3S-Smart Software Solutions GmbH 2011.)

Kansainvälinen IEC 61131-3 -standardi on IEC 61131 -standardin kolmas osa, jossa käsitellään ohjelmoitaville logiikoille tarkoitettuja ohjelmointikieliä. Standardi rakentuu kahdesta pääosasta, jotka ovat standardin arkkitehtuuri sekä ohjelmointikielet. Standardin arkkitehtuuri rakentuu yleisistä elementeistä, joiden mukaan ohjelmat rakennetaan. Ohjelmointikieliä on viisi joista neljä varsinaista ohjelmointikieltä ja yksi ylemmän tason kuvauskieli. (Strömman 2005, 1.)



KUVA 8. Standardin rakenne (Strömman 2005, 2)

Kuvassa 8 on esitetty standardin rakenne. Ylimmällä tasolla rakenteessa on konfiguraatio (Configuration), joka on koko automaatiosovelluksen ohjelmiston runko. Yleensä konfiguraatio käsittää yhden ohjelmoitavan logiikan tiedot. Resursseissa (Resource) määritellään ympäristö, jossa

ohjelmaa suoritetaan. Yleensä resursseista löytyy laitekohtainen määrittely, jossa kerrotaan mitä osia laitteistoon kuuluu. Ohjelma (Program) on toiminnallinen kokonaisuus, joka voi sisältää useita eri toimilohkoja tai aliohjelmiä. Task voidaan ymmärtää tehtävälistan tavoin, eli task ohjaa ohjelmien ja toimilohkojen suorittamista. Jokainen suoritettava ohjelma tulee olla jossain taskissa. Toimilohkot (Function block, FB) muodostavat toiminnallisia lohkoja jotka voivat olla erikielisiä. Erilliset funktiot ja toimilohkot yhdessä muodostavat ryhmän POU (Program Organisation Unit). Muuttujat (Variables) on tietoalkioita, joita POU:t voivat käyttää. Muuttuja voidaan määrittellä joko globaaliksi tai sisäiseksi. Globaalit muuttujat ovat käytettävissä kaikissa POU:issa. Liitynnät (Access paths) ovat käytössä logiikoiden välisessä tiedonsiirrossa, joka määrittellään IEC-standardin osassa 5. (Strömman 2005, 3; Wikipedia 2011b.)

4.1 Muuttujat

Jokaiselle muuttujalle tulee määrittellä sen sisältämän tiedon mukainen tietotyyppi. Yleisimmin käytetyt tyypit ovat seuraavia:

- BOOL - 1 bitti, esimerkiksi binäärinen tulo/lähtö
- BYTE - 8 bittiä, esimerkiksi yhden I/O-kortin tulot
- INT- etumerkillinen kokonaisluku, 2 tavua
- REAL - etumerkillinen desimaaliluku, 4 tavua
- DATE - päivämäärä.

(Wikipedia 2011b.)

4.2 IL - Instruction List

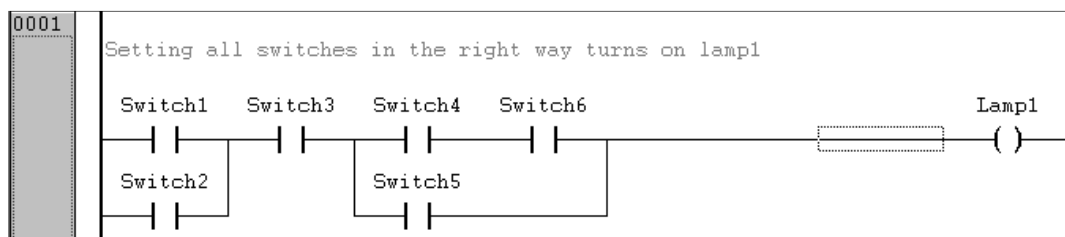
IL-ohjelmointikieli on käskylistamainen ja se muistuttaa tekstipohjaista assembler-ohjelmointia. Käskyt ovat riveittäin ja ne suoritetaan ylhäältä alaspäin. CoDeSysin IL-ohjelmasta on esimerkki kuvassa 9. (Strömman 2005, 4.)

0001	(* Calculate sinus of r1 and multiply with 1000 *)
0002	LD r1
0003	SIN
0004	MUL 1000
0005	ST sinus
0006	(* Calculate cosinus of r1 and multiply with 1000 *)
0007	LD r1
0008	COS
0009	MUL 1000
0010	ST cosinus
0011	
0012	(* increment r1 *)
0013	LD r1
0014	ADD 0.1
0015	ST r1
0016	
0017	

KUVA 9. Käskylistaohjelma

4.3 LD - Ladder Diagram

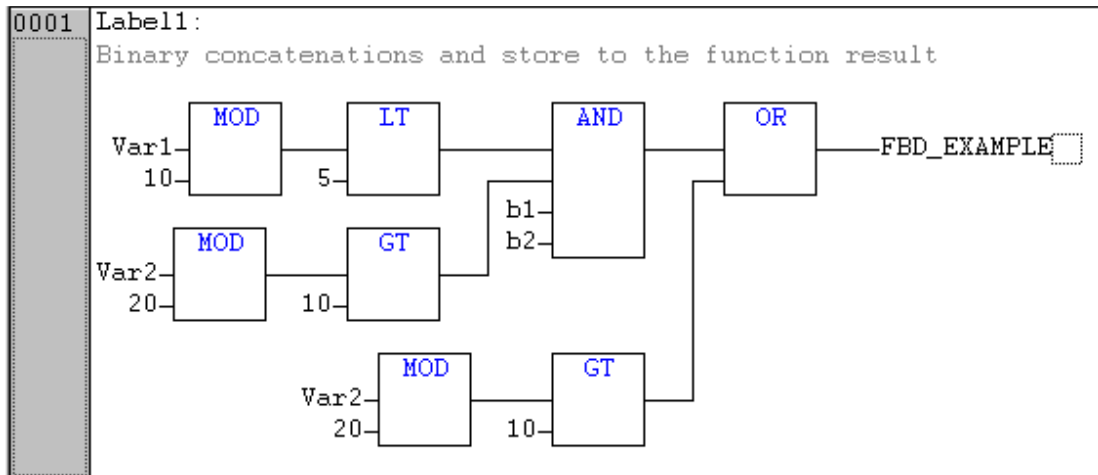
Tikapuuohjelmointi on kehitetty alunperin releohjelmien tekoon. Ohjelma tehdään graafisella työkalulla, jossa virtakisko sijaitsee kuvan 10 vasemmassa laidassa ja nollakisko kuvan oikeassa laidassa. Sarjaan ja rinnakkain asetetut sulkeutuvat ja avautuvat kytkimet saavat virran kulkemaan ja käynnistävät toiminnon. Kytkinten muodostamat virtapiiriketjut suoritetaan järjestyksessä ylhäältä alas. (Strömman 2005, 4.)



KUVA 10. Tikapuuohjelma

4.4 FBD - Function Block Diagram

Toimilohko-ohjelmissa suoritetaan toiminnallisia kokonaisuuksia toimilohkoista rakennettujen verkostojen avulla. Toimilohkot yhdistetään toisiinsa viivoin. Suoritusjärjestys on ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle. Kuvassa 11 on esimerkki toimilohko-ohjelmasta. (Strömman 2005, 5.)



KUVA 11. Toimilohko-ohjelma

4.5 ST - Structured Text

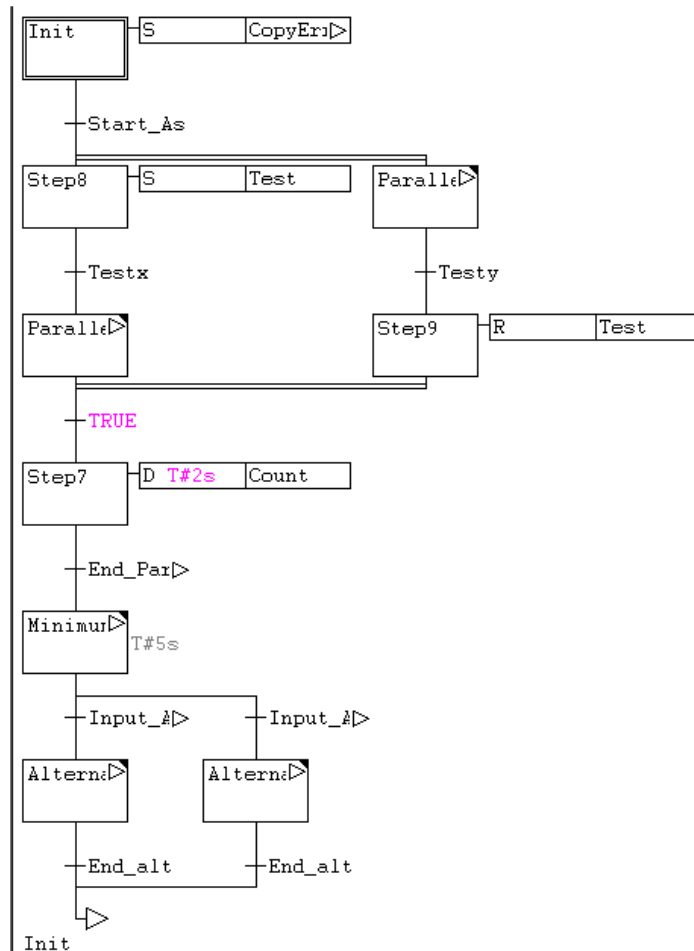
Rakenteellinen teksti on perinteisiä ohjelmointikieliä muistuttava ohjelmamuoto, jossa voidaan käyttää kaikkia niistä tuttuja rakenteita kuten silmukoita ja ehtoja. Lisäksi voidaan käyttää kaikkia IEC:ssä esiteltyjä funktioita ja toimilohkoja. Kuvassa 12 on esimerkkiohjelma. (Strömman 2005, 5.)

0001	run_string:='Start';
0002	IF NOT run THEN
0003	RETURN;
0004	END_IF;
0005	run_string:='Stop';
0006	
0007	rot := rot + offset;
0008	
0009	IF (yVal < 0) THEN
0010	yVal := yVal + offset;
0011	bottom := yVal + offset;
0012	ELSE
0013	IF(xVal < 470) THEN
0014	xVal := xVal+offset;
0015	END_IF
0016	IF (bottom > -250) THEN
0017	bottom := bottom -offset;
0018	END_IF
0019	END_IF
0020	

KUVA 12. Rakenteellinen teksti -ohjelma

4.6 SFC - Sequential Function Chart

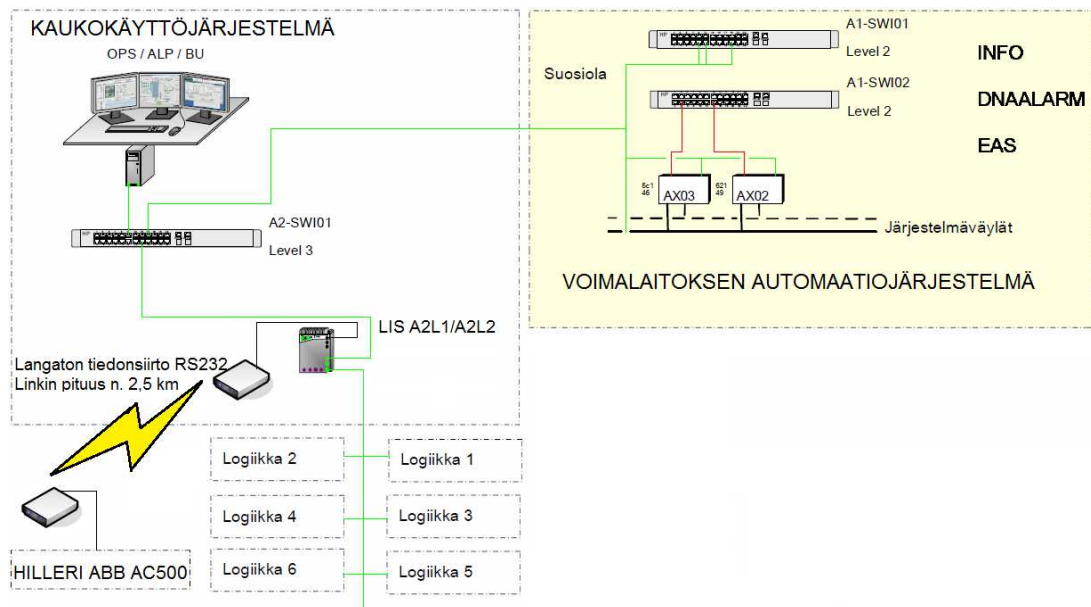
Sekvenssifunktiokaavio ei ole varsinainen ohjelmointikieli vaan kuvaustapa, jolla kuvataan sekvenssiohjelmia. Sekvenssit koostuvat askelista ja niiden välille asetetuista ehdoista. Kun edellisen askeleen ehto täyttyy siirrytään seuraavaan askeleeseen. Kuvassa 13 on esitetty esimerkki sekvenssifunktiokaaviosta. (Strömman 2005, 5.)



KUVA 13. Sekvenssifunktiokaavio-ohjelma

5 KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄ

Samaan aikaan tämän insinööriyön kanssa oli Rovaniemen Energialla käynnissä kaukokäytön revisio, joka sisälsi esimerkiksi uuden kaukokäyttöjärjestelmän käyttöönoton. Rovaniemen Energian kaukolämpöverkkoa ja miehittämättömiä lämpölaitoksia hallitaan kaukokäyttöjärjestelmän avulla. Järjestelmä rakentuu prosessiasemasta, operointiasemasta ja ala-aseamista, jotka on yhdistetty kaukokäyttöjärjestelmään. Ala-asemat ovat sekalainen joukko eri laitevalmistajien ohjelmoitavia logiikoita (PLC). Lisäksi kaukokäyttöjärjestelmä on kytketty voimalaitoksen automaatiojärjestelmään, mikä mahdollistaa raportoinnin ja historiatiedon keräämisen pääautomaatiojärjestelmään. Kaukokäyttöjärjestelmän järjestelmäkaavio on kuvassa 13.



KUVA 13. Kaukokäyttöjärjestelmän järjestelmäkaavio

5.1 Modbus RTU -protokolla

Tiedonsiirto ala-asemilta kaukokäyttöjärjestelmään on toteutetty Modbus-protokollalla. Modbus on vuonna 1979 julkaistu sarjaliikenneprotokolla ja se on laajassa käytössä vielä tänäkin päivänä. Modbusia on sittemmin kehitetty

edelleen. Nykyään useimmiten käydyt Modbus-protokollat ovat Modbus/RTU sarjaliikennetiedonsiirrossa ja Ethernet-verkossa käytetty Modbus/TCP. Lisäksi muita protokollaversioita on useita. Modbus on master-slave-tyyppinen protokolla, jossa master ohjaa tietoliikennettä ja slave pelkästään vastaa masterin pyyntöihin. Hillerintien lämpölaitoksen ala-asema käyttää Modbus RTU -protokollaa. (Wikipedia 2011a.)

5.1.1 Modbus-viestikehys

Modbus-tiedonsiirto perustuu ennalta määrättyihin sanomakehyksiin. Jokainen sanomakehys sisältää seuraavat tiedot:

- aloitus
- aseman osoite, Slave address
- toiminto, Function code
- data
- virheentarkistus, CRC
- lopetus.

(Wikipedia 2011a.)

Modbus-master lähettää slave-laitteelle lukupyynnön, joka on kuvan 14 kaltainen. Sanoma alkaa slave-aseman osoitteella, osoite yksilöi jokaisen Modbus-laitteen. Seuraavana viestissä on toimintakoodi, joka määrittelee mitä tehdään. Jokaisella toiminnolla on oma koodinsa, esimerkiksi kirjoitettaessa n määrä bittejä käytetään eri koodia kuin luettaessa yksittäistä rekisteriä. Seuraavana viestissä on osoite, joka osoittaa luettavan muistialueen paikan kohdelaitteen muistiavaruudesta. Ennen virheentarkistusta tulee määrittellä vielä luettavan muistialueen koko. Jokaisen viestin päättää kahden tavun pituinen virheentarkistusosa, jolla voidaan varmistaa ettei viestiin ole syntynyt virheitä lähetyksen aikana. (AC500 manuaali 2007, 177.)

Slave address	Function code	Slave operand address		Number of bits		CRC	
		High	Low	High	Low	High	Low

KUVA 14. Modbus-masterin sanoma (AC500 manuaali 2007, 177)

Slave aseman vastaus on kuvan 15 kaltainen.

Slave address	Function code	Number of bytes	...Data...	CRC	
				High	Low

KUVA 15. Modbus-slaven vastaus (AC500 manuaali 2007, 177)

5.1.2 Modbus-osoitteet

Modbusissa osoitteet ovat ohjelmoijan päätettävissä. Käytävissä olevien osoitteiden määrä määräytyy käytetyn slave-laitteen mukaan. Tiedot kannattaa selkeyden vuoksi ryhmitellä laitteen muistiavaruuteen siten, että samantyyppiset tiedot muodostavat peräkkäisten Modbus-osoitteiden ryhmän. Laitteissa bitti- ja rekisteritoiminnoille on omat osoitteensa. Esimerkiksi ABB:n AC500-logiikassa Modbus-osoitteet muodostuvat kuvien 16 ja 17 mukaisesti. Osoitteita määritettäessä on syytä huomioida, ettei määrittellä bitti- ja rekisterialueita päällekkäin samaan muistiavaruuteen. Esimerkiksi rekisteritoimintojen Modbus-osoite 0 sisältää saman muistialueen kuin bittitoimintojen Modbus-osoitteet 0–15.

Modbus address		Byte BYTE	Bit (byte-oriented) BOOL	Word WORD	Double word DWORD
HEX	DEC				
Line 0					
0000	0	%MB0.0	%MX0.0.0...%MX0.0.7	%MW0.0	%MD0.0
		%MB0.1	%MX0.1.0...%MX0.1.7		
0001	1	%MB0.2	%MX0.2.0...%MX0.2.7	%MW0.1	
		%MB0.3	%MX0.3.0...%MX0.3.7		
0002	2	%MB0.4	%MX0.4.0...%MX0.4.7	%MW0.2	%MD0.1
		%MB0.5	%MX0.5.0...%MX0.5.7		
0003	3	%MB0.6	%MX0.6.0...%MX0.6.7	%MW0.3	
		%MB0.7	%MX0.7.0...%MX0.7.7		
...					
7FFE	32766	%MB0.65532	%MX0.65532.0 ...%MX0.65532.7	%MW0.32766	%MD0.16383
		%MB0.65533	%MX0.65533.0 ...%MX0.65533.7		
7FFF	32767	%MB0.65534	%MX0.65534.0 ...%MX0.65534.7	%MW0.32767	
		%MB0.65535	%MX0.65535.0 ...%MX0.65535.7		

KUVA 16. Modbus-osoitteet rekisteritoiminnoille (AC500 manuaali 2007, 172)

Modbus address		Byte BYTE	Bit (byte-oriented) BOOL	Word WORD	Double word DWORD
HEX	DEC				
Line 0					
0000	0	%MB0.0	%MX0.0.0	%MW0.0	%MD0.0
0001	1		%MX0.0.1		
0002	2		%MX0.0.2		
0003	3		%MX0.0.3		
0004	4		%MX0.0.4		
0005	5		%MX0.0.5		
0006	6		%MX0.0.6		
0007	7		%MX0.0.7		
0008	8	%MB0.1	%MX0.1.0		
0009	9		%MX0.1.1		
000A	10		%MX0.1.2		
000B	11		%MX0.1.3		
000C	12		%MX0.1.4		
000D	13		%MX0.1.5		
000E	14		%MX0.1.6		
000F	15		%MX0.1.7		
0010	16	%MB0.2	%MX0.2.0	%MW0.1	
0011	17		%MX0.2.1		
0012	18		%MX0.2.2		
0013	19		%MX0.2.3		
0014	20		%MX0.2.4		
0015	21		%MX0.2.5		
0016	22		%MX0.2.6		
0017	23		%MX0.2.7		
0018	24		%MX0.3.0		

KUVA 17. Modbus-osoitteet bittitoiminnoille (AC500 manuaali 2007, 173)

5.1.3 Modbus-toiminnot

Modbus-protokolla sisältää toimintakoodeja erilaisten tietotyyppien lukemiseen ja kirjoittamiseen sekä joitain slave-laitteen diagnostiikkaan ja muuhun PLC:n toimintaan liittyviä toimintoja. Laittevalmistajat voivat määrittellä mitkä toimintokoodit ovat sallittuja heidän laitteissaan. Kaikki toimintakoodit eivät ole käytettävissä esimerkiksi AC500-tuoteperheen logiikoissa. Protokollan mukaiset toimintakoodit ovat taulukon 3 mukaiset.

TAULUKKO 3. Modbus-toimintokoodit (Wikipedia 2011a)

			Kuvaus	Toimintakoodi
Data Access	Bit access	Physical Discrete Inputs	Read Discrete Inputs	2
		Internal Bits or Physical Coils	Read Coils	1
			Write Single Coil	5
			Write Multiple Coils	15
	16-bit access	Physical Input Registers	Read Input Register	4
		Internal Registers or Physical Output Registers	Read Holding Registers	3
			Write Single Register	6
			Write Multiple Registers	16
			Read/Write Multiple Registers	23
			Mask Write Register	22
			Read FIFO Queue	24
	File Record Access	Read File Record		20
		Write File Record		21
Diagnostics	Read Exception Status		7	
	Diagnostic		8	
	Get Com Event Counter		11	
	Get Com Event Log		12	
	Report Slave ID		17	
	Read Device Identification		43	
Other	Encapsulated Interface Transport		43	

5.1.4 Modbus-asetukset

Modbus-tiedonsiirron toimivuuden kannalta sekä master- että slave-laiteen tulee toimia samoilla asetuksilla poislukien master/slave-toimintatilan asetus. Seuraavassa luettelossa on kerrottu toiminnan kannalta tärkeimmät asetukset, suluissa tässä projektissa käytetyt arvot.

- tiedonsiirtonopeus (2400)
- pariteetti (even)
- databittien määrä (8)
- stopbittien määrä (1)
- laitteen toimintatila (master tai slave)
- laitekohtainen osoite.

5.2 Langaton sarjaliikenneyhteys

Tiedonsiirtoyhteys Hillerintien lämpölaitokselta Suosiolan voimalaitokselle ja edelleen kaukokäyttöjärjestelmään toteutettiin langattomana tiedonsiirtona käyttäen Modbus-protokollaa. Langattomat modeemit käyttävät sarjaliikennetiedonsiirtoa RS232-standardilla. Langaton point-to-point-yhteys Hillerintien logiikkaan luotiin radiomodeemeilla. Radiolinkin pituudeksi tuli noin 2,5 km ja sen teoreettimen maksiminopeus on 19,5 kb/s. Radiolinkissä käytettiin suunta-antenneja ja antennit asennettiin siten, että niiden väliin jää mahdollisimman vähän esteitä. Käytetyt radiomodeemit (Elpro 455U-D) ja muut radiotekniset tuotteet valittiin yhdessä laitetoimittajien (Salmetek Oy modeemit sekä antennit ja antennikaapelit Completech Oy) kanssa.

Vaikka sarjaliikennemodeemejä markkinoitiin lupavapaina, tuli niiden käyttöön hakea erillistä radiolupaa. Radiolupa täytyi hakea koska radiomodeemeissa ei voitu käyttää luvastavapaata yhteistaajuutta 468,200 MHz toisen olemassaolevan radiolinkin toimiessa kyseisellä taajuudella. Olemassaolevan radiolinkin ja uuden radiolinkin voimalaitoksen pään antennit sijoitettiin samaan mastoon ja näin saman taajuuden käyttäminen ei olisi onnistunut. Radiolupaa anottaessa tulee määritellä laitteiston kokoonpano, sijainti ja haluttu taajuusalue. Viestintävirasto Ficora tarkastaa

lupahakemuksen ja päättää mitä taajuusaluetta luvan hakija saa käyttää sovelluksessaan.

Elpro 455U-D -radiomodeemit voivat toimia taajuusalueella 380–520 MHz. Maahantuoja tilasi Hillerintien radiolinkkiin tarkoitetut radiot suoraan valmistajalta taajuudella 409,075 MHz ja kanavan leveydellä 12,5 kHz. Ficora myönsi luvan käyttää taajuutta 16.9.2011 alkaen. Radiolupahakemukset täytettiin laitetoimittajien ja Ficoran viranomaisten avustuksella.

6 PROJEKTIN ESISELVITYSTYÖT

Tässä luvussa on kerrottu projektin alkuvaiheen keskeisimmät esiselvitystyöt ja niiden kulku.

6.1 Tutustuminen prosessiin ja ongelmaan

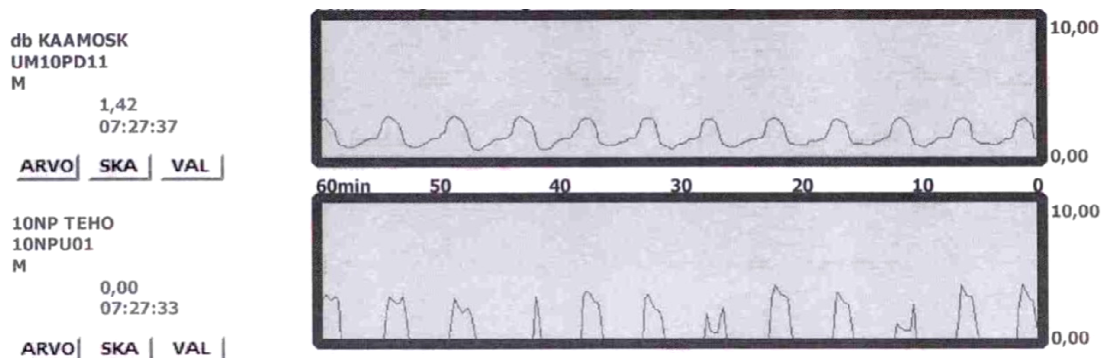
Projekti aloitettiin tutustumalla prosessiin ja siihen liittyviin ongelmiin. Hillerintien lämpölaitos sijaitsee Rovaniemellä Korkalovaaran kaupunginosassa. Lämpölaitoksessa tuotetaan kaukolämpöä biokaasua eli metaania polttamalla. Biokaasu pumpataan lämpölaitokselle peitetyltä Mäntyvaaran kaatopaikalta. Biokaasupolttimen maksimiteho on 1 MW. Varajärjestelmänä lämpölaitoksella on 2 MW:n kevytpolttoöljypoltin. Lämpölaitoksella on kaksi kaukolämpöpumppua, joilla lämpö pumpataan kaukolämpöverkkoon. Taajuusmuuttajakäyttöiset pumput on kytketty suoraan kaukolämpöverkkoon ilman lämmönvaihtimia. Oumanin talosäädin ohjasi shunttiventtiilillä kaukolämmön menolämpötilaa. Kuvassa 18 on Hillerintien biokaasupoltin sekä kattila.



KUVA18. Hillerintien biokaasupoltin ja kattila

Tiedonsiirto Hillerintien lämpölaitokselle oli toteutettu Evakkotien pumppaamon ala-aseman kautta Dupline-yhteydellä. Dupline on eräänlainen väyläratkaisu, jossa useita tietoja voidaan siirtää samaa fyysistä yhteyttä pitkin. Siirrettyjä tietoja olivat laitoksen teho sekä kattiloiden käyntiluvut ja käyntitiedot.

Suurimmat ongelmat Hillerintien lämpölaitoksella olivat kaukolämmön pumppauksesta aiheutuvat kaukolämpöverkon suuret painevaihtelut sekä kattilapiirin suuret lämpötilavaihtelut. Lämpöenergian pumppausta ohjattiin taajuusmuuttajien pid-säätimillä. Ongelmana oli liian voimakas ja jaksottainen lämmön pumppaus, mikä näkyi voimakkaana painevaihteluna kaukolämpöverkossa. Samalla voimakas lämmön ulospumppaus sai aikaan kattilan lämpötilan voimakkaan laskemisen ja happokastepisteen syntymisen kattilaputkistoon ja edelleen kattilaputkien voimakkaan kulumisen. Useita kattilaputkia on jouduttu vaihtamaan rikkoutumisen takia. Kaukolämmön menolämpötilaa säättävää shunttiventtiiliä ohjattiin lähes jatkuvasti auki tai kiinni suuntaan riippuen siitä, oliko pumppaus käynnissä. Kaukolämmön menolämpötila ei saavuttanut asetusarvoaan. Kuvassa 19 on Hillerintien lämpölaitoksen tehon ja kaukolämpöverkon Kaamoskujalta mitatun paineeron trendikäyrät. Projektin alkutilaa kuvaava kuva automaatiojärjestelmän INFO-palvelimelta tulostettuna on liitteenä 7.



KUVA 19. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero toukokuussa 2011

6.2 PI-kaavio

PI-kaaviossa esitetään instrumentit positiotunnuksineen. Prosessin PI-kaavio luotiin AutoCadilla olemassa olevien instrumenttien ja putkistojen perusteella.

PI-kaavion Instrumentointia täydennettiin myöhemmin projektin edetessä tehtyjen suunnitelmien mukaisesti. Lopullinen versio PI-kaaviosta on liitteenä 1.

6.3 Logiikan säätö- ja toimintakuvaus

Osana projektia kirjoitettiin Hillerintien säätö- ja toimintakuvaus, jota päivitettiin projektin edetessä. Projektin alkuvaiheessa suusanallinen toimintakuvaus oli säätöjen suunnittelun lähtökohta. Dokumentti on osa projektin dokumentointia. Säätö- ja toimintakuvaus löytyvät liitteenä 2.

6.4 Dokumenttien ja aineiston kerääminen

Projektin alkuvaiheessa kerättiin kasaan kaikki Hillerintien lämpölaitoksen dokumentit ja piirustukset. Jo alkuvaiheessa ilmeni, että dokumentit olivat hyvin puutteellisia tai niitä ei ollut ollenkaan. Suureksi avuksi osoittautuivat internetistä löytyneet yksittäisten laitteiden sähköiset aineistot ja manuaalit. Projektin aikana käytetyt ja luodut dokumentit tallennettiin Rovaniemen Energian verkkolevylle, josta ne ovat yhtiön työntekijöiden luettavissa esimerkiksi vianetsintätilanteissa.

7 SUUNNITTELU TYÖ JA TOTEUTUS

Tässä luvussa on kerrottu tarkemmin projektin esiselvitystöiden jälkeisiä työvaiheita.

7.1 Mittapisteluettelo

Mittapisteluetteloon kirjattiin kaikki logiikkaan kytkettävät mittaukset ja ohjaukset positiotunnuksineen. Positiotunnukset luotiin Rovaniemen Energian vallitsevan käytännön mukaisesti. Positiointi perustuu saksalaista alkuperää olevaan voimalaitosympäristöön tarkoitettuun KKS-järjestelmään. Positioiden lisäksi mittapisteluetteloon lisättiin I/O-kohtainen I/O-osoite, nimi ja malli sekä mahdollinen mitta-alue. Järjestelmäsarakkeisiin merkittiin I/O:n tyyppi, jotta voitaisiin lopuksi laskea tarvittava I/O:iden kokonaismäärä. Mittapisteluettelo on liitteenä 3.

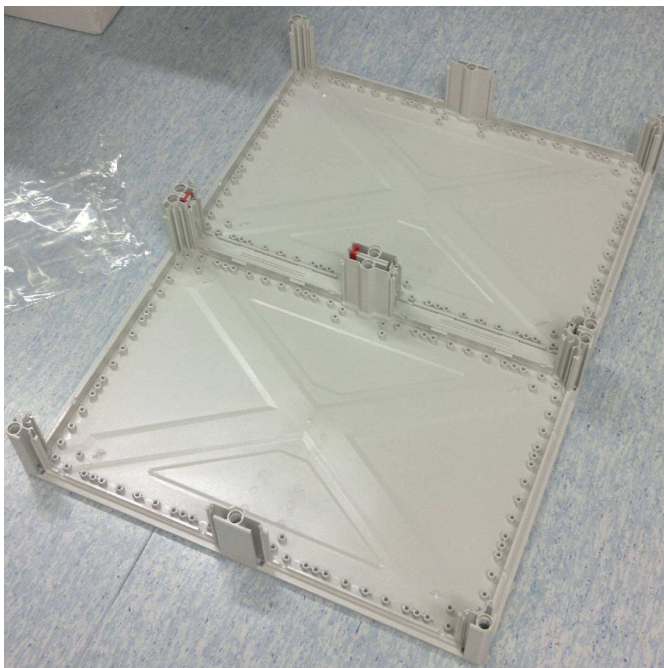
I/O-osoitteen esitystapa tuli olla yksilöiva ja samalla riittävän yksinkertainen. Oman haasteensa I/O-osoitteen luomiseen teki erilaiset I/O-kortit. I/O-osoitteiden esitystavassa päädyttiin tapaan, jossa kolmiosaisen I/O-osoitteen aloittaa signaalityyppi.

- AI - Analoginen input (sisäänmeno)
- AO - Analoginen output (ulostulo)
- BI - Binäärinen input
- BO - Binäärinen output

Osat erotetaan toisistaan pisteellä ja toinen osa on korttipaikan järjestysnumero logiikassa alkaen nollasta. Esimerkiksi Korttipaikalla nolla kuvataan CPU:n paikkaa, yhdellä ensimmäisen lisäkortin paikkaa, ja niin edelleen. Viimeisen osan numerointi alkaa nollasta ja kertoo signaalin/kanavan numeron kortilla. Esimerkiksi positiolle 10N10CT001 kaukolämmön menoveden lämpötila on varattu I/O-osoite AI.3.0, Analoginen tulo ja kolmannen kortin ensimmäinen kanava. Lopullinen mittapisteluettelo on liitteenä kolme.

7.2 Logiikkakotelon suunnittelu

Logiikan, riviiliitinten, muuntajien, modeemien ja asennuspaikan fyysiset mitat loivat suurimman rajoittavan tekijän ohjauskeskuksen suunnitteluun. Tarkoituksena oli tehdä kotelo, jossa olisi myös laajennusvaraa mahdollisille myöhemmin lisättäville I/O:ille. Lisäksi kotelo tuli olla helposti asennettavissa ja käytettävissä. Kotelointiratkaisussa päädyttiin modulaariseen Enston Cubo P -keskusjärjestelmään. Kotelo rakennettiin kahdesta 400 mm leveästä ja 600 mm korkeasta kotelosta, jotka asennettiin kiinni toisiinsa pidemmistä sivuista. Kotelon kokonaismitoiksi saatiin siis 800 mm x 600 mm. Valittu koteloratkaisu mahdollisti sisältä avoimen kaksiosaisen kotelon rakentamisen saumattomasti yhteen. Ensto Cubo P on kotelointiluokkaa IP 65. Kotelon lopullinen layout on liitteenä yhdeksän. Kuvassa 20 on kotelo kasausvaiheessa.



KUVA 20. Enston Cubo P -kotelojärjestelmän kotelo kasausvaiheessa

7.3 Piirikaaviot

Piirikaaviot piirrettiin AutoCad-ohjelmalla mittapisteluettelon perusteella. Yksittäisistä mittauksista ja ohjauksista piirrettiin tavalliset piirikaaviot ja moottorikäytöistä moottoripiirikaaviot, joista käy ilmi kaikki moottorikäyttöihin

liittyvät ohjaukset, mittaukset ja tilatiedot. Esimerkkinä tyypillisestä piirikaaviosta on kaukolämmön menolämpötilan piirikaavio (liite 4). Moottoripiirikaaviosta esimerkkinä ovat kaukolämpöpumpun kaksi kaaviota (liite 5).

7.4 Instrumentointi

Projekti pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman pitkälle vanhojen mittauksien ja instrumenttien varassa. Kaikki uudet anturit valittiin vallitsevat prosessiolosuhteet kestäviksi. Instrumentit kiinnittyvät prosessiin G1/2” prosessiyhteillä. Lämpölaitokselle suunniteltiin viisi kappaletta uusia mittauksia.

- Kaukolämmön menopaine (10N10CP001)
- kaukolämmön paluupaine (10N20CP001)
- kaukolämmön menolämpötila (10N10CT001)
- kaukolämmön paluulämpötila (10N20CT001)
- ulkolämpötila (10NP01CT001)

Painemittauksia varten tilattiin Yokokawan EXJ-sarjan virtaviesti Hart-painelähettimet mitta-alueella 0–16 bar. Laittevalintaa puolsi aikaisempi kokemus vastaavista laitteista, olemassaoleva laite- ja varaosakanta. Lisäksi painemittauksissa käytetään sulkuventtiileitä, jolloin instrumentit ovat vaihdettavissa ilman prosessihäiriöitä.

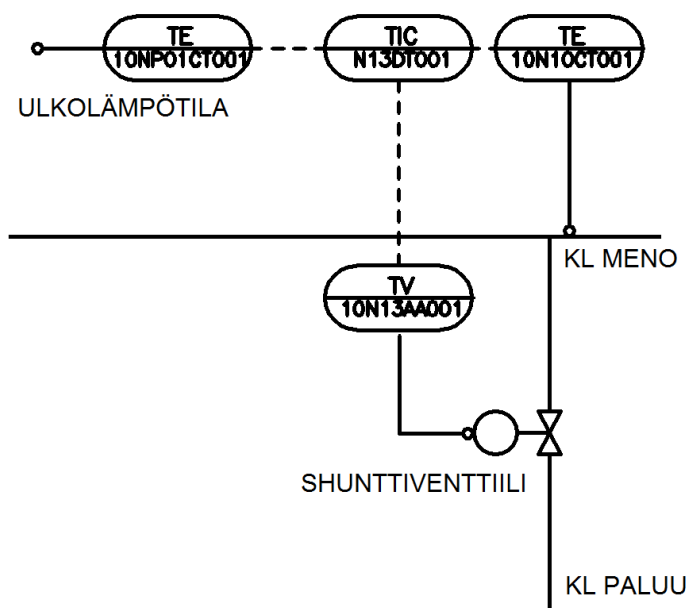
Lämpötilamittauksissa käytettiin Pt-100-anturia helpon saatavuuden ja käytettävyyden vuoksi. Putkistoihin sijoitettavat anturit on suojattu ruostumattomasta teräksestä valmistetulla mittataskulla. Mahdollisesti vikaantuva anturi voidaan vaihtaa taskun sisälle. Ulkolämpötilamittaus sijoitettiin rakennuksen pohjoispuolen seinälle noin kahden metrin korkeuteen maasta.

7.5 Säätöjen suunnittelu

Säätösuunnittelun tavoitteena oli saada aikaan paremmin toimiva kokonaisuus verrattuna edellisiin säätimiin. Tiedettiin että laitokselle tarvitaan ainakin kaksi säädintä: menoveden lämpötilan säädin sekä kattilan lämpötilan säädin. Säätimet rakennettiin logiikkaan pid-toimilohkoilla, jolloin niiden toimintaa voitiin tarkkailla ja säätimien parametrejä muuttamalla saada aikaan halutunlainen toiminta.

7.5.1 Menoveden lämpötilan säädin

Kaukolämpöverkkoon pumpattavan veden lämpötilan säätö toteutettiin samalla periaatteella kuin se oli toteutettuna aikaisemminkin Oumanin talosäätimellä. Menoveden lämpötilaa säädetään shunttaamalla kylmempää vettä paluupuolen putkesta menoputkeen. Menoveden lämpötila mitataan shunttilinjan jälkeen. Säätimen asetusarvo tulee ulkolämpötilan mukaan lineaariselta säätökäyrältä, josta menoveden lämpötilan asetusarvo saa arvon väliltä 75–110 °C. Menolämpötilan asetusarvon säätökäyrä toteutettiin samoilla parametreilla kuin muissakin Rovaniemen Energian lämmöntuotantoyksiköissä. Kuvassa 21 on esitetty menoveden lämpötilan säädin.



KUVA 21. Menoveden lämpötilan säädin

7.5.2 Kattilan lämpötilan säädin

Tavoitteena oli siirtää kaikki kattilan tuottama lämpö kaukolämpöverkkoon ilman kattilan jäähtymistä ja polttimen tehon alenemista (moduloiva poltin). Tarvittiin siis lämpötilasäädin, joka pyrkii pitämään kattilan lämpötilan vakiona ja alle rajan, jossa poltin alkaa moduloida tehoa pienemmäksi. Kuvassa 22 on polttimen tehosäädin, jossa asetusarvona on 113 °C ja kattilan hetkellinen lämpötila 108 °C.



KUVA 22. Kaasupolttimen tehonsäädin

Lähtötietona tiedettiin, että biokaasupolttimen huipputeho on rajoitettu noin 700 kW:iin. Säätimen toimintaa tarkasteltiin teoreettisesti energiataseen avulla. Kun energiatase eli kattilaan tuleva ja lähtevä lämpöenergia on tasapainossa ei kattilan lämpötila muutu ja ollaan niin sanotussa tasapainotilanteessa. Tässä tarkastelussa kattilaan tuleva biokaasun polttamisesta syntyvä lämpöenergia oletetaan vakioksi polttimen toimiessa täydellä 700 kW teholla. Kattilasta poistuva energia on riippuvainen lämmön pumppaamisesta kaukolämpöverkkoon. Riittävän lämmönpumppauksen tehonsiirtokyky voidaan laskea kaavan 1 avulla. (Energiateollisuus ry 2006, 198.)

$$\Phi = c_p \dot{m} \Delta t = c_p \rho \dot{V} \Delta t$$

KAAVA 1

, missä: $\Phi = \text{lämpöteho [W]}$

$c_p = \text{vedenominäislämpökapasiteetti [J/kg °C]}$

$\dot{m} = \text{veden massavirta [kg/s]}$

$\rho = \text{veden tiheys [kg/m}^3\text{]}$

$\dot{V} = \text{veden tilavuusvirta [m}^3\text{/s]}$

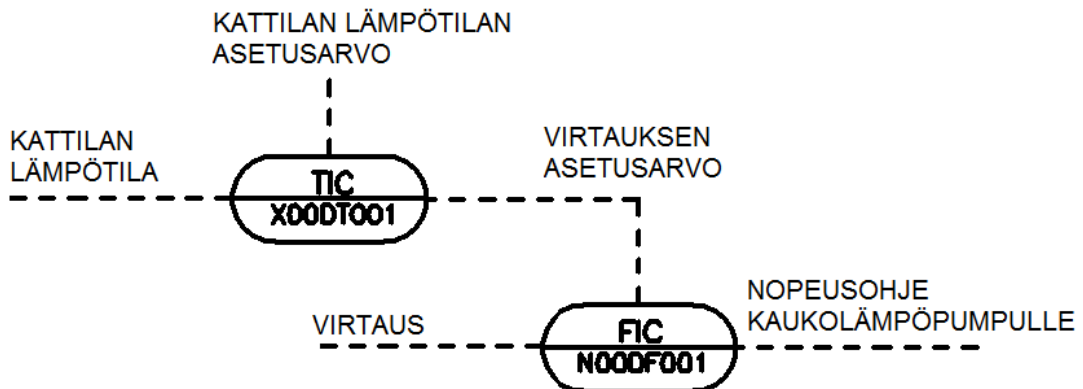
$\Delta t = \text{meno – ja paluuveden lämpötilojen erotus [°C]}$

Sijoittamalla arvot kaavaan yksi voidaan laskea kattilan tuottamaa lämpötehoa vastaava veden tilavuusvirtaus tilanteessa, jossa energiataseet ovat tasapainossa. Vaadittu virtaus laskettiin Δt :n arvolla 55 °C, mikä vastaa tilannetta, jossa kattilasta lähtevän veden lämpötila on 110 °C (lämpötilan asetusarvo säätimessä) ja tulevan veden lämpötila 45 °C. Veden tiheydelle on laskussa käytetty keskimääräistä arvoa, koska tiheys muuttuu lämpötilan mukaan. Saatua arvoa käytettiin lämpötilasäätimen parametrien asetuksessa ja virityksessä.

$$\dot{V} = \frac{\Phi}{c_p \rho \Delta t} = \frac{700 \text{ kW}}{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}} * 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 55 \text{ °C}} \approx 0,0031 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 11,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 3,1 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Kattilapiirin lämpötilan säädin päätettiin toteuttaa kaskadisäädön periaatteella, jossa pääsäätimenä toimii kattilan lämpötilansäädin ja apusäätimenä kattilapiirin virtauksen säädin. Kattilan lämpötilaa mitataan kattilan kuumasta päästä ja virtaustieto saadaan virtaviestinä energiamittarista. Lämpötilasäädin antaa asetusarvon virtaussäätimelle kattilan lämpötilan mukaan ja virtaussäädin pyrkii pitämään kattilapiirin virtauksen asetusarvossa muista prosessin muutoksista riippumatta. Virtaussäätimeen vaikuttavia tekijöitä ovat kaukolämpöverkon painevaihtelut sekä shunttiventtiilin asento. Koska shunttiventtiilin ohjaussignaalin arvo tiedetään, kytkettiin venttiilin asentoa vastaava arvo virtaussäätimeen myötäkytkentätietona. Virtaussäädin ohjaa kaukolämpöpumppua

taajuusmuuttajan avulla. Kuvassa 23 on esitetty kattilan lämpötilasäätimen periaatekuva.

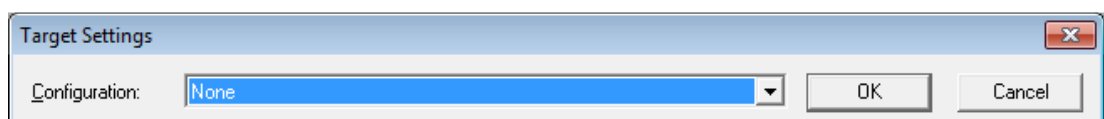


KUVA 23. Kattilan lämpötilan säätö

7.6 Logiikan ohjelmointi

Logiikka ohjelmoitiin CoDeSys -ohjelmointiympäristössä. Logiikan ohjelmointi noudattaa pääpiirteittäin IEC 61131-3 -standardia ja tämän työn luvussa neljä esitettyjä periaatteita. Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin logiikan ohjelmoinnista ja siihen liittyvistä vaiheista.

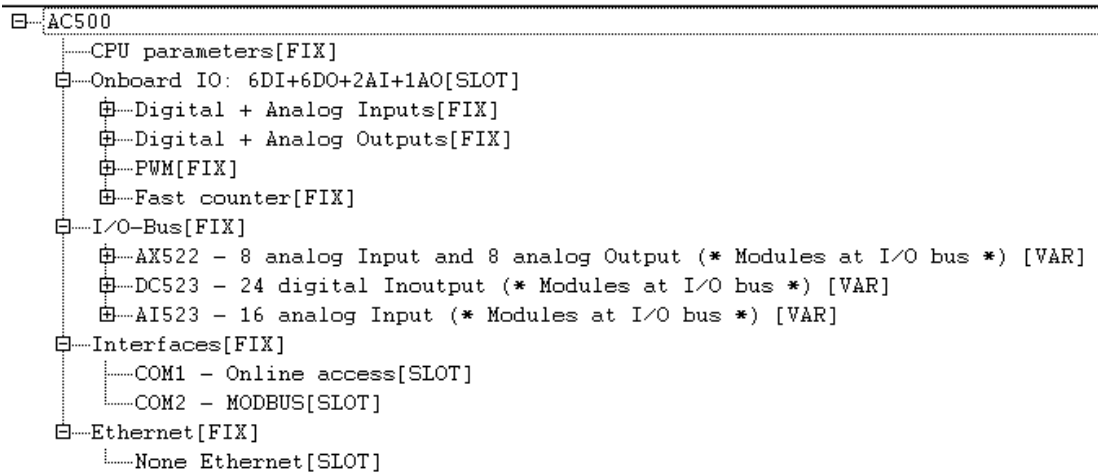
Uusi projekti luotiin valitsemalla File/New. Alussa projektiin määritellään kohdelaitteiston asetukset Target Settings -ikkunan Configuration alavetovalikosta valittiin käytetyn ohjelmointivan logiikan prosessorityyppi. Kohdelaitteiston asetusten valinta on kuvassa 24.



KUVA 24. Kohdelaitteiston asetukset.

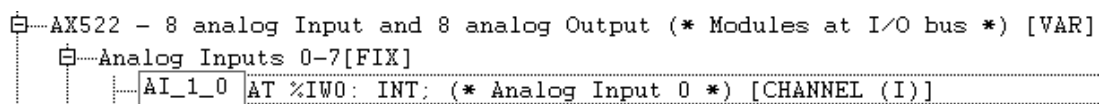
Seuraavaksi määriteltiin muu logiikkaan tuleva laitteisto. Kokoonpanon määrittely tapahtuu Resources välilehden PLC Configuration -kohdasta. Jokainen CPU:n IO-väylään liitetty I/O-kortti lisättiin hierarkiapuuhun komennolla import module ja valitsemalla asennettua I/O-korttia vastaava laite hierarkiapuuhun. Valmis kokoonpano on kuvassa 25. Hierarkiapuusta voidaan tarkastella koko laitteiston asetuksia. Kuvassa näkyy muun muassa

CPU:lla olevat I/O:t, kaikki I/O-väylän laitteet, CPU:n sarjaliikenneportit sekä mahdollinen Ethernet-portti

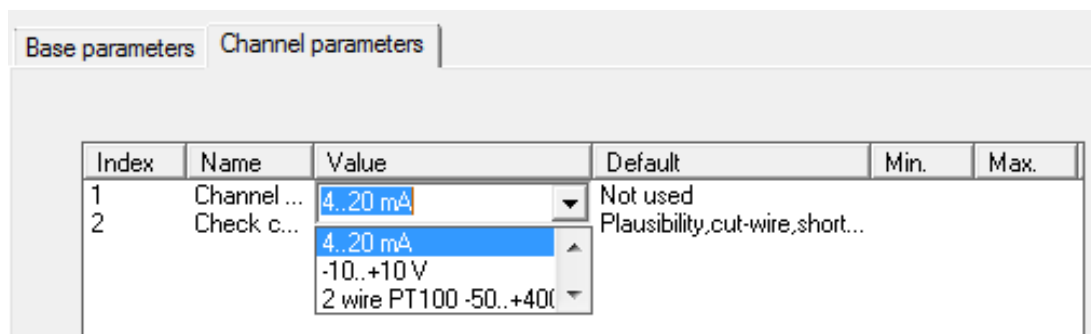


KUVA 25. Kokoonpanon hierarkiapuu

Logiikan käytetyt I/O:t nimettiin aikaisemmin määriteltujen I/O-osoitteiden mukaan. I/O-osoitteiden nimissä ei ohjelmallisista syistä voitu käyttää pistettä vaan välimerkiksi CoDeSys-ohjelmaan vaihdettiin alaviiva. Edellämäinistusta syystä I/O-osoitteet ja I/O-kanavien nimet ovat CoDeSysissä esimerkiksi muotoa AI_1_0. Nimeämisen lisäksi Target Settings -valikosta otettiin käyttöön ja paremetroitiin jokainen I/O-kanava tapauskohtaisesti. Nimeäminen tapahtuu kokoonpanon hierarkiapuussa kuvan 26 mukaisesti. Kuvassa 27 on kanavakohtaisen parametrin valinta.

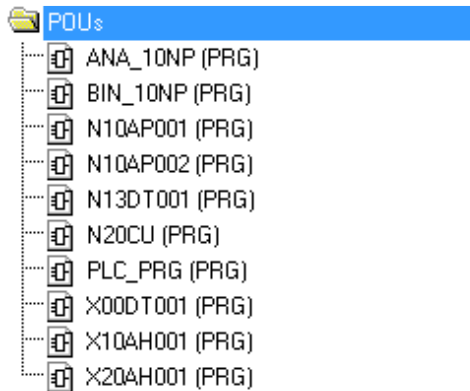


KUVA 26. I/O:iden nimeäminen



KUVA 27. I/O-kohtainen parametointi

Kaikille aiemmin määritellyille toiminnoille tehtiin omat ohjelmansa logiikkaan. Ohjelmajako tehtiin toiminnallisten kokonaisuuksien mukaisesti. Ohjelmoinnissa käytettiin FB-ohjelmointikieltä. Esimerkki toimilohko-ohjelmasta on liitteenä kuusi. Lista ohjelmista löytyy POUs välilehdeltä. Lista logiikan ohjelmista on kuvassa 28.



KUVA 28. Lista logiikan ohjelmista.

Kaikki kaukokäyttöön siirrettävät tiedot tallennettiin logiikan muistiin globaaleina muuttujina. Lisäksi muuttujien muistipaikat määriteltiin tiettyyn logiikan muistiavaruuteen, joka oli käytettävissä Modbus-tiedonsiirrossa. Modbus-yhteyttä varten täytyi CPU:n sarjaliikenneportti COM2 alustaa Modbus-tiedonsiirtoa varten. Logiikan Modbus-asetukset ovat kuvassa 28.

Index	Name	Value	Default	Min.	Max.
1	Enable login	Enabled	Disabled		
2	RTS control	telegram	telegram		
8	Telegram ending value	3	3	0	65535
11	Baudrate	2400	19200		
12	Parity	even	even		
13	Data bits	8	8		
14	Stop bits	1	1		
15	Operation mode	Slave	None		
16	Address	1	0	0	255
17	Disable write to %MBO.x from	0	0	0	2047
18	Disable write to %MBO.x to	0	0	0	2047
19	Disable read to %MBO.x from	0	0	0	2047
20	Disable read to %MBO.x to	0	0	0	2047

KUVA 28. Logiikan Modbus-asetukset

Käyttöönottoa ja myöhempää säädinten viritystä varten logiikkaan ohjelmoitiin kaksi erillistä käyttöliittymänäkymää. Ensimmäisessä ikkunassa näkyy koko prosessi mittauksineen ja toisessa on jokaisesta säätimestä trendikuva. Säädinten trendeissä näkyvät säädettävä prosessiarvo, asetusarvo sekä säätimen lähtö.

7.7 Kaukokäyttöjärjestelmän ohjelmointi

Kaukokäyttöjärjestelmänä toimivaan Metso DNA CR -automaatiojärjestelmään tehtiin Modbus-yhteyden vaatimat automaatiomoduulit. Lisäksi luotiin automaatiomoduulit sellaisille toiminnoille, joita haluttiin monitoroida tai operoida. Kaikki ohjelmat tallennettiin automaatiojärjestelmään pakettitunnuksella A2L1, joka on kaukokäyttöjärjestelmän Metso ACN LIS -aseman tunnus.

Modbus-yhteyttä varten luotiin neljä automaatiomoduulia, joiden tehtävät ovat seuraavat:

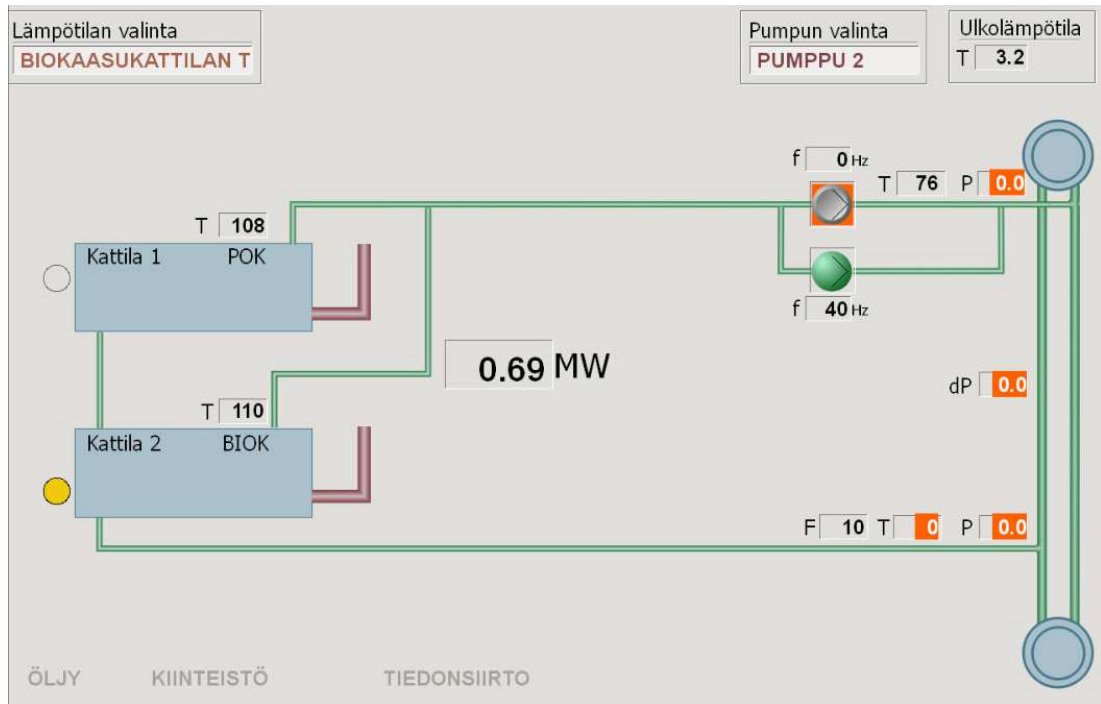
- Modbus-yhteyden alustus
- binääritietojen luku
- binääritietojen kirjoitus
- analogitietojen luku.

Metson automaatiojärjestelmä toimii Modbus-yhteyden master-laitteena. Yhteyden asetukset asetettiin vastaamaan logiikan asetuksia. Koska Modbusilla siirrettävät tiedot oli jaettu logiikan muistiavaruuden eri alueille, oli luonnollista tehdä omat automaatiomoduulit jokaiselle ryhmälle erikseen.

Tiedoille, joille haluttiin kerätä historiatieto tehtiin historiatietomoduulit, jotka tallennettiin INFO-palvelimelle. Historiamoduulin tieto voi olla joko binäärinen, esimerkiksi käyntitieto, tai analoginen tieto kuten lämpölaitoksen teho. Historiamoduulit luotiin lähes kaikille logiikasta kaukokäyttöjärjestelmään siirretyille tiedoille.

7.8 Käyttöliittymä kaukokäyttöjärjestelmässä

Hillerintien lämpölaitoksen operointikuva tehtiin kaukokäyttöjärjestelmään tehtyjen automaatiomodulien pohjalta. Operointikuva luotiin DNAUse editorin avulla kaukokäyttöjärjestelmän valvomoon A2. Käyttöliittymä on kuvan 30 näköinen.



KUVA 30. Hillerintien lämpölaitoksen monitorointi ja operointikuva kaukokäyttöjärjestelmässä

8 ASENNUS JA KÄYTTÖNOTTO

Lopulliset asennukset tehtiin vuoden 2011 kesän ja syksyn aikana. Asennus- ja käyttöönotto työt tehtiin vaiheittain siten, että lämpölaitos oli aina käyttökunnossa töiden loputtua. Ensimmäisessä vaiheessa asennettiin logiikka kasattuun koteloon ja tehtiin kotelon sisäiset kytkennät, ristikytkentä liitinrimalta logiikan I/O-korteille sekä jännitteen jako kotelon sisällä. Kuvassa 31 logiikka koteloon asennettuna ja sisäiset kytkennät tehtynä.

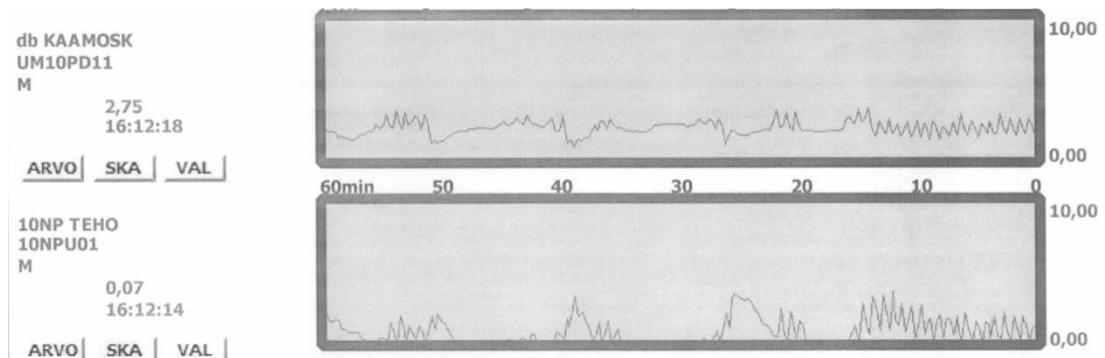


KUVA 31. Logiikka kotelossa.

Ennen logiikan asentamista lämpölaitokselle testattiin logiikan ja kaukokäyttöjärjestelmän välinen tiedonsiirto. Testaaminen tapahtui siten että logiikka yhdistettiin kaukokäyttöjärjestelmään sarjaliikennekaapelin avulla. Edellä kuvatulla menetelmällä voitiin varmistua tiedonsiirron toimivuudesta kaukokäyttöjärjestelmän ja logiikan välillä ennen radiomodeemien asentamista. Yhteys todettiin toimivaksi ja jokainen I/O testattiin logiikasta liitinrimalta kaukokäyttöjärjestelmään asti.

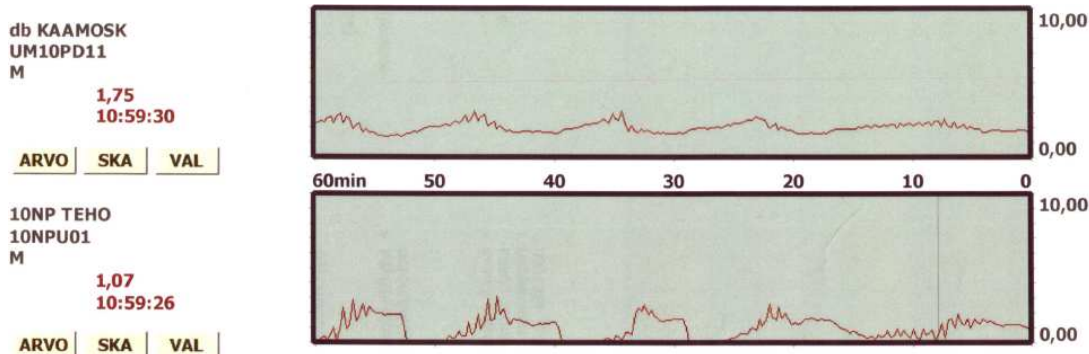
Tämän jälkeen siirryttiin asennustöihin lämpölaitokselle, jossa vanhat säätimet purettiin pois ja logiikkakotelo asennettiin sille suunniteltuun paikkaan. Asennukset uuteen logiikkaan tehtiin osakokonaisuus kerrallaan. Ensimmäisessä vaiheessa logiikkaan kytkettiin kaikki Ouman-talossäätimen hoitamat toiminnot. Menoveden lämpötilan säädin otettiin käyttöön ensimmäisenä, kun pumppauksen ohjaus ja kattilan lämpötilan hallinta jäi vielä entiselle mallille.

Seuraavassa vaiheessa kytkettiin logiikkaan taajuusmuuttajien ohjauskaapelit, virtausmittauksen virtaviesti sekä lämpötilamittaukset molemmista kattiloista. Taajuusmuuttajien parametroidin ja kytkentöjen koestuksen jälkeen voitiin biokaasupoltin käynnistää ja alkaa testata kattilan lämpötilan säädintä. Testauksen alkuvaiheessa selvisi, että säädinten parametrit olivat väärät ja kattilan lämpötila vaihteli erittäin paljon. Säätimiä viritettiin soveltaen yrityksen ja erehdyksen menetelmää sekä opittua tietoa. Virittämisen jälkeen säätimet saatiin toimimaan välttävästi, mutta parannettavaa jäi. Kuvassa 32 on trendi tehon ja paine-eron käyttäytymisestä käyttöönoton jälkeen. Kuten kuvasta näkyy teho ei ole ollut jatkuvaa ja paine-ero vaihtelee hyvin voimakkaasti tehon mukaan, mikä johtuu liian voimakkaasta pumppauksesta.

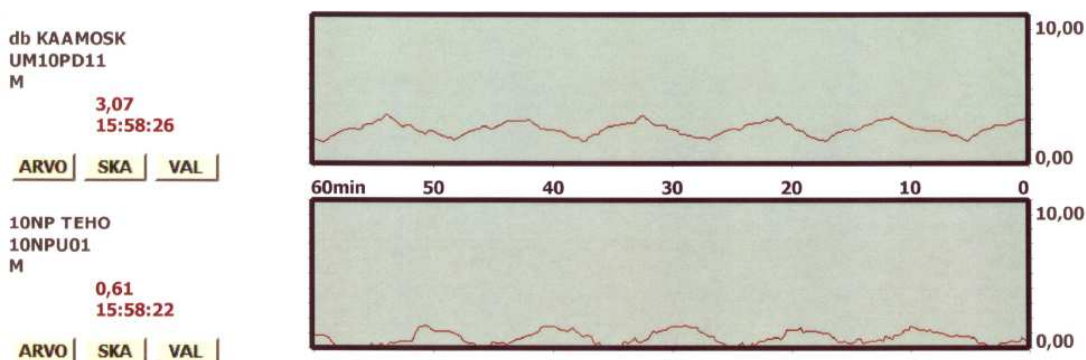


KUVA 32. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero 22.7.2011.

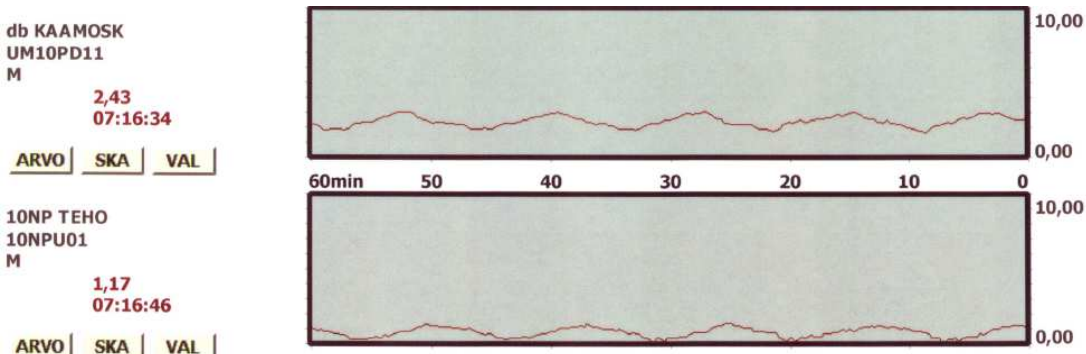
Kattilan lämpötilan säätimen virittämistä jatkettiin elokuun loppupuolella. Haastetta säädinten virittämiseen toi erityisesti prosessin luonteesta johtuva pitkä kuollut aika ja viive energiamittarin virtausmittauksessa. Kuvissa 33, 34 ja 35 voidaan nähdä parametrimuutoksien vaikutus kaukolämpöverkon paine-eron vaihteluun sekä tehon käyttäytymiseen.



KUVA 33. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero 17.8.2011.

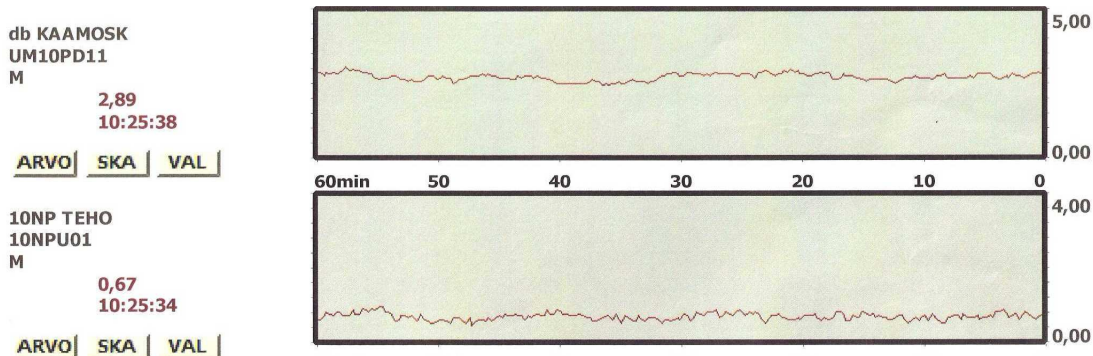


KUVA 34. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero 26.8.2011.



KUVA 36. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero 29.8.2011.

Säädinten toiminnan katsottiin olevan tyydyttävällä tasolla kun tehon pumppaaminen kaukolämpöverkkoon lämpölaitokselta oli jatkuvaa. Kuvassa 37 on trendikuvaaja säätimet viritettynä. Huomioitavaa kuvassa on se, että trendikuvat ovat tarkemmalla skaalauksella verrattuna edellisiin kuviin.



KUVA 37. Hillerintien teho ja kaamoskujan paine-ero 7.9.2011.

Seuraavana vaiheena oli kaukokäyttöjärjestelmän tiedonsiirron käyttöönotto. Ennen käyttöönottoa asennettiin radiomodeemit ja antennit kaapeleihin Hillerintien lämpölaitokselle sekä Suosiolan voimalaitokselle. Radiomodeemit konfigurointiin toimivaksi point-to-point -yhteydessä. Ennen modeemien kytkemistä kaukokäyttöjärjestelmän ja logiikan väliin testattiin yhteys niin sanotulla loopback-testillä. Loopback-testi on erittäin yksinkertainen tapa testata sarjaliikenteeseen perustuva tiedonsiirto. Testissä toisen modeemin RX- ja TX-liittimet yhdistetään ja toisen modeemin sarjaliikenneporttiin lähetetään dataa. Datan lähettäminen onnistuu esimerkiksi kirjoittamalla tekstiä pääteohjelman avulla. Jos kirjoitettu teksti kaiutuu pääteohjelman ruutuun muuttumattomana voidaan olettaa sarjaliikennetiedonsiirto toimivaksi. Tämän jälkeen Modbus-yhteyden automaatiomoduulit ladattiin yksitellen kaukokäyttöjärjestelmään ja todettiin yhteys toimivaksi.

Edelleen seuraavassa vaiheessa siirrettiin lämpölaitoksen tehonmittaus ja poltinten ohjaukset uuden logiikan perään. Tehonmittauksen siirto tehtiin ”lennossa” laitoksen käydessä, mistä johtuva tehon hetkellinen putoaminen nolnaan näkyy liitteenä 8 olevasta trendistä. Trendissä kaksi uusi ja vanha tehonmittaus ovat omina positioinaan.

Viimeisessä vaiheessa ladattiin loputkin tehdyistä automaatiomoduuleista kaukokäyttöjärjestelmään ja otettiin käyttöön kaukokäyttöjärjestelmään tehty monitorointi ja operointinäyttö. Kaukokäyttöjärjestelmän valvomo sijaitsee voimalaitoksen valvomossa ja on sieltä voimalaitoksen käyttöpäivystäjien käytettävissä ja valvottavissa.

9 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda toimiva kokonaisuus Hillerintien lämpölaitoksen toimintaan liittyvistä logiikan säädöistä ja laitoksen käyttöliittymästä kaukokäyttöjärjestelmään. Työhön kuului logiikan ja kaukokäyttöjärjestelmän ohjelmointi, piirikaavioiden suunnittelu ja piirtäminen, käyttöliittymän suunnittelu, logiikan säätöjen viritys sekä projektin kokonaisvaltainen dokumentointi. Työn alkupuolella perehdyttiin lisäksi kaukolämpötekniikkaan sekä lämmöntuotantoon, mikä oli erittäin hyödyllistä kokonaisuuden ja todellisten haasteiden ymmärtämiseksi.

Työn raportissa on kuvattu projektin eteneminen pääpiirteittäin kronologisessa järjesteyksessä. Projektin laajuudesta johtuen ei työn jokaista vaihetta ole tässä raportissa erikseen esitelty.

Edetessään projekti laajeni hieman käytettävän tiedonsiirtomenetelmän osalta. Rovaniemen Energian viestiverkko Suosiolan voimalaitokselta Hillerintien lämpölaitokselle todettiin niin huonokuntoiseksi, ettei luotettavaa tiedonsiirtoa pystyttäisi järjestämään sen kautta. Ainoaksi ratkaisuksi jäi kartoittaa langattomia tiedonsiirtomahdollisuuksia, joista valittu menetelmä toteutettiin osana tätä projektia. Työn valmistuessa voitiin se ottaa ensimmäisenä osakokonaisuutena käyttöön uuteen Metson toimittamaan kaukokäyttöjärjestelmään.

Logiikan pid-säädinten parametrit jäivät yritys-erehdys-menetelmän mukaan viritetyiksi. Kokonaisuuden kannalta olisi ollut mielenkiintoista tutkia menoveden lämpötilan säädintä enemmän ja saada aikaa teoreettinen myötäkylkennän mitoitus shunttiventtiilin asennosta virtaussäätimen myötäkylkentään, parempaan virtaukseen säätöön, ja sitä kautta tarkempaan lämpötilan säätöön. Parempaan virtauksen säätöön olisi päästy päästy myös paremman virtausmittarin avulla. Nykyinen energiamittarin virtaviestilähtö päivittyy noin seitsemän sekunnin välein, mikä on varsin pitkä kuollut aika virtauksen säädön kannalta. Mittauksien ja prosessin hitaus otettiin

huomioon säädinten parametrejä viritettäessä, mikä tarkoittaa erittäin maltillisia parametrejä.

Kaukokäyttäjärjestelmään tehty käyttöliittymä täyttää projektille asetetut tavoitteet. Käyttöliittymä pidettiin tarkoituksenmukaisesti varsin yksinkertaisena ja operoitavia objekteja on hyvin vähän, sillä lämpölaitoksen toiminta haluttiin varmistaa myös ilman kaukokäyttöyhteyttä. Mikäli kaukokäyttöyhteyttä ei jostain syystä ole saatavilla tulee lämpölaitosta voida käyttää ilman yhteyttä kaukokäyttäjärjestelmään.

Kaukokäyttäjärjestelmän kokonaisvaltaisen käytettävyyden kannalta parannettavaa jäi biokaasupumppaamon osalta. Lämmöntuotannon ja kaasupumppaamon toiminnot liittyvät ovat varsin tiiviisti toisiinsa; ilman kaasua ei voida tuottaa lämpöä. Pumppaamon tilatietojen ja mittausten saattaminen kaukokäyttäjärjestelmään olisivat varsin hyödyllistä. Biokaasupumppaamon liittäminen kaukokäyttäjärjestelmään jäi siis tekemättä, mutta se ei ollutkaan varsinaisesti opinnäytetyöhön liittyvä asia. Nykytilanteessa kaasunpumpkauksessa olevat häiriöt näkyvät polttimen sammumisena ja lämmöntuotannon keskeytymisenä. Pumppaamolla oleva vika on todettavissa lämpölaitoskella olevasta pumppaamon tilanäytöstä.

Kokonaisuutena työn tavoitteet saavutettiin, ja lopputulosta voidaan pitää varsin hyvänä. Jos verrataan liitteiden 7 ja 8 viikon mittaisia trendejä lämpölaitoksen tehosta ja kaukolämpöverkon paine-erosta on parannus varsin ilmeinen. Lisäksi tavoitteeksikin asetettu lämpölaitoksen laitteiston käyttöiän pidentyminen on mahdollista, sillä kattilan lämpötila ei vaihtele niin suuresti kuin ennen.

Projektin suunnittelu sekä esiselvitystyöt sujuivat laaditun aikataulun puitteissa, mutta asennus ja käyttöönotto venyivät kesän loppupuolelle ja alkusyksyyn osittain työn tekijästä riippumattomista syistä ja osittain allekirjoittaneen työkiireiden vuoksi.

Työn tekemisen aikana opin logiikoiden CoDeSys-ohjelmointiympäristön. Lisäksi perehdyin tarkoin Modbus-tiedonsiirtoon. Koulun aikana saadut Metson automaatiojärjestelmän tiedot ja taidot kehittyivät lisää opinnäytetyöprojektin aikana tehtyjen sovelluksien myötä. Lisäksi pääsin tutustumaan myös automaatiojärjestelmän laitteistoon ja siihen liittyviin konfigurointeihin. Uuden oppiminen ja onnistumisen elämykset ovat olleet kantava voima työn etenemisen aikana.

LÄHTEET

3S-Smart Software Solutions GmbH 2011. Company. Saatavissa:
http://www.3s-software.com/index.shtml?en_company_2. Hakupäivä
16.10.2011.

ABB CPU 2010. Installation instructions. Saatavissa:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6e1868dfdce67e4bc12577f800389c9e/\\$file/2CDC125122M6801.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6e1868dfdce67e4bc12577f800389c9e/$file/2CDC125122M6801.PDF). Hakupäivä 15.4.2011.

AC500 Manuaali 2007. AC500 System Technology. Saatavissa:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d72f2f6d2a7a4415c125739f002b032c/\\$file/2cdc125022m0202.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d72f2f6d2a7a4415c125739f002b032c/$file/2cdc125022m0202.pdf). Hakupäivä 24.5.2011.

AC500 manuaali 2011. HTML -help The System Advant Controller 500.
Elektroninen aineisto. Saatavissa:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/4c1baf0b40337445c12578ff003f7413/\\$file/2CDC125080M0204.zip](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/4c1baf0b40337445c12578ff003f7413/$file/2CDC125080M0204.zip). Hakupäivä 13.4.2011

AC500-eCo manuaali 2009. Hardware introduction to AC500-eCo.
Saatavissa: <http://www.fameview.com/download/src/AC500-eCo-Hardware.pdf>. Hakupäivä 10.4.2011.

Energiateollisuus ry 2006. Kaukolämmön käsikrija ISBN 952-5615-08-1.
Helsinki: Libris Oy.

Energiateollisuus ry 2011. Energiavuosi 2010. Saatavissa:
[www.kaukolampoekstra.fi/content/root/content/kl-ekstra/fi/ajankohtaista/liitteet/energiavuosi 2010.ppt](http://www.kaukolampoekstra.fi/content/root/content/kl-ekstra/fi/ajankohtaista/liitteet/energiavuosi%202010.ppt). Hakupäivä 16.8.2011.

Kuitunen, Ville – Huttunen, Markku J. – Leinonen, Simo 2009. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 13. Tiedote vuodelta 2009. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos. Saatavissa:

<http://www.biokaasuyhdistys.net/images/stories/pdf/biokaasulaitosrekisteri13.pdf>. Hakupäivä 25.9.2011.

Kuitunen, Ville – Huttunen, Markku J. 2008. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 12. Tiedote vuodelta 2008. Joensuu: Joensuun yliopisto, Ekologian tutkimuskeskus Saatavissa:

http://joypub.joensuu.fi/publications/other_publications/kuittinen_biokaasulaitosrekisteri12/kuittinen.pdf. Hakupäivä 25.9.2011.

PLCOpen 2011. Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages.

Saatavissa: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/.

Hakupäivä 5.10.2011.

Rovaniemen Energia Oy 2011. Tietoa yrityksesstä. Saatavissa:

https://www.ren.fi/Suomeksi/Tietoa_yrityksesta.iw3. Hakupäivä 20.12.2011.

Strömman, Mika 2005. IEC 61131-3 Standardi ohjelmoitavien logiikoiden

ohjelmointikielistä. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu, Automaation

tietotekniikka. Saatavissa: [https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-0.1501/luennot/AS-0_1501_iec61131-3.pdf)

[0.1501/luennot/AS-0_1501_iec61131-3.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-0.1501/luennot/AS-0_1501_iec61131-3.pdf). Hakupäivä 1.11.2011.

Väisänen, Petri – Salmenoja, Jarkko 2002. Biokaasun muodostuminen ja sen hallitu käsittely kaatopaikoilla.

Saatavissa:<http://www.biokaasuyhdistys.net/docs/kaatgas.pdf> Hakupäivä 25.9.2011

Wikipedia 2011a. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:

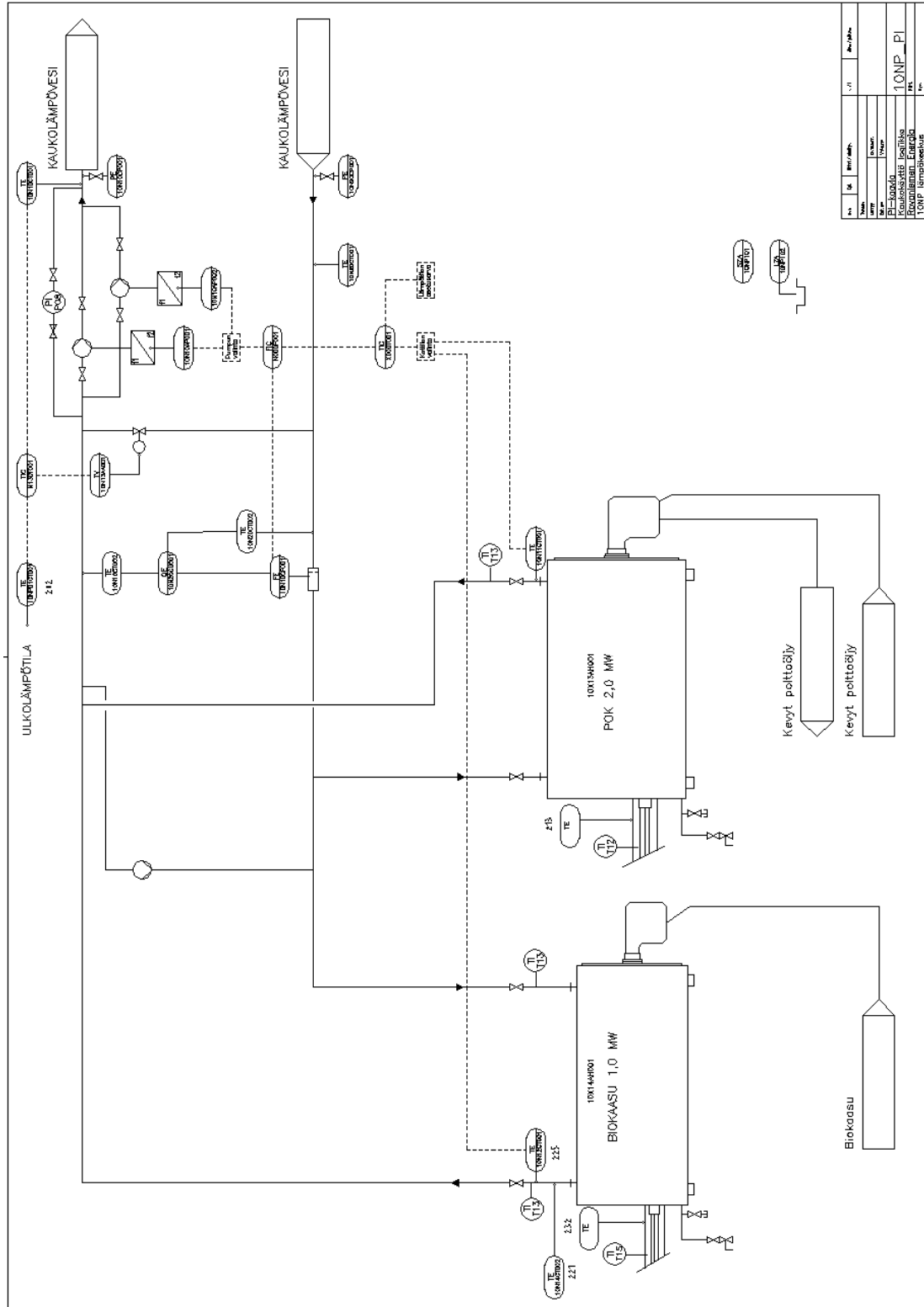
<http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>. Hakupäivä 5.8.2011.

Wikipedia 2011b. Vapaa tietosanakirja. Saavaissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3. Hakupäivä 10.10.2011.

LIITTEET

- Liite 1. PI-kaavio
- Liite 2. Toiminta- ja säätökuvaus
- Liite 3. Mittapisteluettelo
- Liite 4. Piirikaavion esimerkki
- Liite 5. Moottoripiirikaavion esimerkki
- Liite 6. CoDeSysin toimilohko-ohjelma
- Liite 7. Trendi 1
- Liite 8. Trendi 2
- Liite 9. Logiikkakotelon layout



Kaukokäyttö

Lämpökeskuksella oleva ABB AC500 -sarjan logiikka toimii ala-asemana. Yhteys kaukokäyttöjärjestelmään on muodostettu Modbus-protokollaa hyödyntäen. Lämpökeskuksessa on kaksi erillistä kattilaa, joissa on 2 MW:n öljypoltin sekä toisessa 1 MW:n biokaasupoltin. Biokaasu pumpataan lämpökeskukseen peitetyltä Mäntyvaaran kaato paikalta. Kaasun pumppaus ja poltinten logiikat toimivat omina järjestelminään.

Biokaasupolttimen teho

Poltinlogiikka ohjaa polttimen toimintaa. Poltin toimii täydellä teholla aina, kun kattilan lämpötila on alle 113 °C. Jos lämpötila nousee yli asetetun rajan (113 °C) moduloi poltin tehoa pienemmäksi ja tarvittaessa poltin sammuu estäen kattilan kiehumisen. Ala-aseman logiikan kattilan lämpötilasäätö on toteutettu siten, ettei poltin pääse moduloimaan itseään, vaan se toimii normaalitilanteessa täydellä teholla. Polttimen maksimiteho on rajoitettu noin 700 kW:iin.

KL- menoveden paine laitoksella

Mitataan Yokokawan painelähettimellä ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään. Mitta-alue on **0–16 bar**.

KL- paluuvete paine laitoksella

Mitataan Yokokawan painelähettimellä ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään. Mitta-alue on **0–16 bar**.

KL-paine-ero

Lasketaan kaukokäyttöjärjestelmässä mitatuista meno- ja paluupaineista.

KL-menoveden lämpötila laitoksella

Lämpötila mitataan Pt100-anturilla ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

KL-paluuveden lämpötila laitoksella

Lämpötila mitataan Pt100-anturilla ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

Ulkolämpötila

Lämpötila mitataan Pt100-anturilla ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

KL-menoveden lämpötilasäätö

Kaukolämpöverkkoon lähtevän veden lämpötilaa säädetään shuntti-venttiilin (10N13AA001) avulla. Ulkolämpötilan (10NP01CT001) ja säätökäyrän avulla saadaan säätimen asetusarvo meneveden lämpötilaksi(10N10CT001).

**Säätökäyrä on lineaarinen (Rovaniemen Energian säätökäyrä)
Menoveden lämpötila saa asetusarvon väliltä 75–110 °C ulkolämpötilasta riippuen.**

$$\text{menovedenasetusarvo} = -1,1 * \text{ulkolämpötila} + 75 \text{ °C}$$

Kattilan lämpötilasäätö

Kattilan lämpötila pidetään asetusarvossa (**110 °C**) kaukolämpöpumppujen (10N10AP001 ja 10N20AP001) avulla. Säätöpiiri koostuu pää- ja apusäätimestä siten, että pääsäädin (Lämpötilasäädin X00DT001) antaa virtauksen asetusarvon (**3–16m³/h**) apusäätimelle (Virtaussäädin N00DF001). Apusäädin pitää virtauksen(10N10CF001) kattilan lävitse asetusarvossa pumpun kierroslukua säätäen (**40–100%**).

Jos kattilan lämpötila laskee alle **90 °C** menee virtaussäädin manuaalille ja pumpun ohjaus asetetaan **10 %**:iin. Tämä estää ns. kylmän pumppauksen.

Säätimen mittausta kattilan lämpötilaan voidaan valita öljy- (10N12CT001) tai kaasukattilasta(10N11CT001) tulolla ”kattila_val” (Öljykattila 0/kaasukattila 1).

Käytettävä kaukolämpöpumppu valitaan tulolla pumpun_val (AP001 0/AP002 1).

Kaukolämpöenergia ja kattilan virtaus

Energian mittaa Kampstrupin energiamittari, josta saadaan erillisinä analogiviesteinä virtaus (10N10CF001) ja KL-energia (10N20CU001). Molemmat tiedot välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

Öljyhälytys

Mitataan Labko SET-1000 pintakytkimen avulla. Tieto välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

Kiinteistöhälytys

Ovessa on induktiivinen kytkin, joka hälyttää lämpökeskuksen oven ollessa auki. Tieto välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

Käyttöliittymä kaukokäyttöjärjestelmässä

Kaukokäyttöjärjestelmän käyttöliittymästä voidaan valita, kumman kattilan lämpötilamittausta käytetään lämpötilasäätöön sekä kumpaa kaukolämpöpumppua käytetään pumppaamiseen. (Oletuksena biokaasukattilan lämpötilamittaus ja KL-pumppu 2)

Positio	I/O osoite	Nimi	Malli	Muuokset		Järjestelmä		Huom	teki
				Laite:	Plir. No.	ai	aiU		
Laitos: 10NP Hillerimien lämpölaitos									
Plir. No: 10NP Mittapisteluettelo									
10N10AP001		Lämpöpumpun lamu ISO	Danfoss M.T. 6000 HVAC						
B01	DI.0.0	käyntitieto				1			
B11	DO.0.0	Pysäytys/Käynnistys					1		
DS	AO.0.0	nopeusohje							
B34	DI.0.1	tamuvika				1			
CS	AI.1.0	Hz							
10N10AP002		Lämpöpumpun lamu PIENI	ABB ACS550 HVAC						
B01	DI.0.2	käyntitieto				1			
B11	DO.0.1	Pysäytys/Käynnistys					1		
DS	AO.1.0	nopeusohje							
B34	DI.0.3	tamuvika				1			
CS	AI.1.1	Hz							16.00
10N10CP001	AI.1.4	KL menopaine	yokokaava EXJ 0-16bar			1			
10N20CP001	AI.1.5	KL paluupaine	yokokaava EXJ 0-16bar			1			
10N10CT001	AI.3.0	KL menolämpötila	pt100			1			
10N20CT001	AI.3.1	KL paluulämpötila	pt100			1			24.00
10N20CU001		Energiamittari	Kamstrup type 66-0E-000-000						
CF	AI.1.2	virtausäärä	0-100 m3/h			1			
10N20CU001	AI.1.3	teho	0-6 MW			1			
10N10CT002	AI.3.5	menoveden lämpötila	pt100			1			
10N20CT002	AI.3.6	paluuveden lämpötila	pt100			1			IO-varaus eiämittauselle IO-varaus eiämittauselle
10X20AH001		Blokkasupotin							24.00
B11	DO.0.2	käyntitilupa					1		
B01	DI.0.4	käytieto					1		
B34	DI.0.5	häiriö					1		30.00
10X10AH001		Oljipöytä							
B11	DO.0.3	käyntitilupa					1		
B01	DI.2.0	käytieto					1		
B34	DI.2.1	häiriö					1		
10N13AA001D S	AO.1.1	Shuntiventtiilin asetusarvo	ML7420A3014 24V				1		36.00
10NP01CT001	AI.3.2	u/kolämpötila	pt100						42.00
10N12CT001	AI.3.3	BIOKÄÄSU kattilan lämpötila	pt100			1			
10N11CT001	AI.3.4	POK kattilan lämpötila	pt100			1			
10NP101	DI.2.2	Kiinteistövalvutus	Labko Set-1000						
10NP102	DI.2.3	Oljinhälytys	Induktiivinen omikytkin				1		

