



Pekka Koski

PALAMISILMAJÄRJESTELMÄN AUTOMAATION MODERNISOINTI

PALAMISILMAJÄRJESTELMÄN AUTOMAATION MODERNISOINTI

Pekka Koski

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Automaatiotekniikka

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka, Projektointi

Tekijä: Pekka Koski

Opinnäytetyön nimi: Palamisilmajärjestelmän automaation modernisointi

Työn ohjaaja: Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012

Sivumäärä: 50

Tämän insinöörityön aiheena oli suunnitella ja toteuttaa biopolttoainetta polttavan lämpölaitoksen palamisilmajärjestelmän automaation modernisointi. Työhön kuului ohjelmoitavan logiikan ja valvomo-ohjelman ohjelmointi sekä käyttöönotto. Tavoitteena oli nostaa biokattilan tehoa, jotta se vastaisi paremmin nykyistä tehontarvetta. Lisäksi työssä tutustuttiin kaukolämmön tuotantoon sekä erilaisiin kiinteän polttoaineen polttotekniikoihin. Projekti aloitettiin vierailemalla Haapajärven Rantakadun lämpölaitoksella. Tutustumiskäynnin aikana sovittiin työn pääkohdista ja siitä, miten tehonnosto toteutettaisiin.

Seuraavana vaiheena oli suunnitella, mitä muutoksia ja lisäyksiä logiikka- ja valvomo-ohjelmaan täytyi tehdä. Tämän jälkeen siirryttiin ohjelmointivaiheeseen, jossa tehtiin tarvittavat lisäykset sovelluksiin. Käyttöönotossa testattiin puhaltimien toiminta ja viritettiin viritystä tarvinneet säätöpiirit.

Työn tuloksena biokattilan tehoa saatiin nostettua lisäämällä palamisilman syöttöä tulipesään. Nykyisin biokattilan teho vastaakin paremmin tämän hetkistä tehontarvetta, joten tälle insinöörityölle asetetut tavoitteet saavutettiin onnistuneesti.

Asiasanat: kaukolämpö, Citect, Step7, logiikkaohjelmointi

ALKULAUSE

Tämän insinööriyön tilaajana toimi pyhäjärvinen Enelec Oy, jossa työn valvoja-
na toimi toimitusjohtaja Lauri Hyvönen. Työn ohjaajana oli Tero Hietanen Oulun
seudun ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää Haapajärven Lämpö Oy:n toimitusjohtajaa Janne Alpuua sekä
laitosmies Janne Kippolaa suuresta avusta projektin aikana. Erityiskiitokset
osoitan Lauri Hyvöselle, jonka ammattitaito automaatiotekniikasta ja lämpölai-
tosprosessista oli suureksi avuksi tässä opinnäytetyössä.

Haapajärvellä 9.5.2012

Pekka Koski

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ALKULAUSE

SISÄLTÖ

TERMIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	7
2	KAUKOLÄMPÖ	8
	2.1 Kaukolämpö Suomessa	8
	2.2 Kaukolämmön tuotanto	9
3	KIINTEÄN POLTTOAINEEN POLTTOTEKNIIKAT	13
	3.1 Arinakattila	14
	3.2 Poltinpoltto	16
	3.3 Leijukerros poltto	17
	3.3.1 Kerrosleijukattila	19
	3.3.2 Kiertoleijukattila	20
	3.4 Haapajärven biolämpölaitos	21
4	HAAPAJÄRVEN LÄMPÖLAITOKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	23
	4.1 Logiikkaohjain S7-414-2 DP	23
	4.2 Hajautettu I/O	24
	4.3 I/O-yksiköt	24
	4.4 Citect-valvomo-ohjelma	26
5	TYÖN SUORITTAMINEN	28
	5.1 Alkuperäinen palamisilmajärjestelmä	28
	5.1.1 Primääri-ilmakanava ennen muutostöitä	29
	5.1.2 Sekundääri-ilmakanava ennen muutostöitä	30
	5.2 Uusi palamisilmajärjestelmä	31
	5.2.1 Primääri-ilmakanavan muutos	31
	5.2.2 Sekundääri-ilmakanavan muutos	31
	5.3 Valvomo-ohjelma	35
	5.4 Palamisilmajärjestelmän käyttöönotto modernisoinnin jälkeen	42
6	TULOSTEN TARKASTELU	44
7	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	48

TERMIT JA LYHENTEET

hake	hakettamalla puusta valmistetut halutun kokoiset palaset
inertti	aine, usein kaasu, joka ei reagoi muiden aineiden kanssa eli se on kykenemätön muodostamaan kemiallisia yhdisteitä
KPA-kattila	kiinteän polttoaineen kattila
kutteri	sahatavaran höyläyksessä syntynyttä höylälastua, jonka kosteus on noin 10–30 %
palaturve	30–60 senttimetrin syvyydeltä suosta irrotettua ainesta, joka muokataan koneilla paloiksi tai laineeksi ja kuivataan tuotantokentällä
POR	raskas polttoöljy
puunkuori	raakapuun kuorinnan sivutuote, joka voi olla yhtä puulajia tai useamman sekoitusta
pyrolyysi	kiinteä aine, joka on lämmitetty hapettomissa olosuhteissa muutamaksi sekunniksi 500–600 asteeseen, tällöin valtaosa puubiomassasta muuttuu kaasumaiseen olomuotoon ja lopusta muodostuu puuhiiltä
sahanpuru	sahauksen sivutuote, jonka kosteus on noin 40–60 %

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Enelec Oy Pyhäjärveltä. Enelec Oy on vuonna 2003 perustettu sähkö- ja automaatioalan yritys. Yhtiö on keskittynyt lähinnä ohjelmoitavien logiikkajärjestelmien toimituksiin, tietokonevalvomotoimituksiin sekä logiikkaohjelmointiin. Yrityksellä on vahva kokemus automaatiototeutuksista lämpölaitoksiin. (Enelec Oy 2012.)

Opinnäytetyö tehtiin Haapajärven Lämpö Oy:n omistamaan biopolttoainetta käyttävään lämpölaitokseen, jossa tehontarpeen kasvaessa tuli aiheelliseksi nostaa biokattilan tehoa. Tehon nosto toteutettiin kasvattamalla biokattilan palamisilmajärjestelmän kapasiteettia. Alkuperäisessä palamisilmajärjestelmässä yksi puhallin huolehti palamisilman syötöstä primääri- ja sekundäärikanaviin. Muutoksessa oli tarkoitus lisätä sekundääri-ilmakanavaan oma puhallin vanhan puhaltimen jäädessä tuottamaan primääri-ilmaa kattilaan. Tämä mahdollistaa suuremman primääri- sekä sekundääri-ilmansyötön. Toimenpiteen avulla kattilan tehoa saadaan kasvatetuksi. Tässä opinnäytetyössä paneudutaan palamisilmajärjestelmän muutoksesta aiheutuvaan logiikka- sekä valvomo-ohjelman ohjelmointiin. Ohjelmoitavana logiikkana projektissa oli Siemensin S7-400-logiikkaohjain ja valvomo-ohjelmana käytettiin Schneider Electricin Citectia.

Projektin tavoitteena oli siis kasvattaa biokattilan tehoa vastaamaan tämänhetkistä tehon tarvetta. Työssä tutustutaan myös yleisesti kaukolämmön tuotantoon ja erilaisiin kiinteän polttoaineen polttotekniikoihin.

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämpö on lämmitystekniikka, jossa lämpölaitoksessa lämmitetään höyryä tai vettä. Lämmitetty väliaine johdetaan kiinteistön lämmönjakokeskukseen, ja sen jälkeen väliaine palaa lämpölaitokseen takaisin. Lämmönjakokeskuksen lämmönvaihtimessa osa kaukolämpöveden lämpöenergiasta siirretään rakennuksen lämmitysverkoston veteen. (Kaukolämpö 2012.)

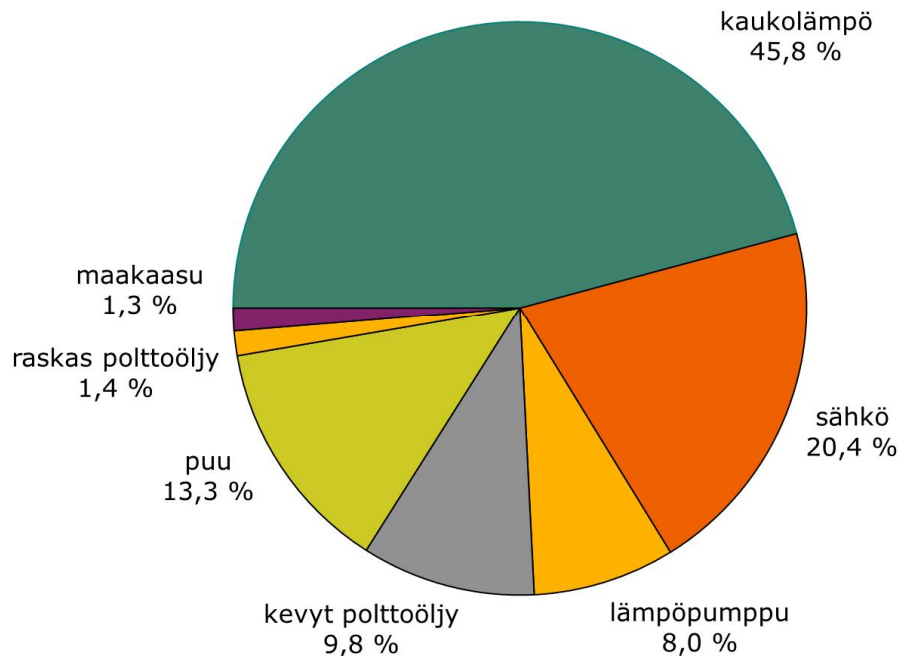
Kaukolämmön ympäristömyötäisyys ja energiatehokkuus perustuvat erityisesti siihen, että kaukolämmitys hyödyntää muuten hukkaan menevää lämpöenergiaa, joka syntyy sähköntuotannon yhteydessä (sähkön ja lämmön yhteistuotanto), teollisuus- ja muiden vastaavien prosessien jätelämpönä. Kuluttajien keskuudessa kaukolämmön suosio on koko ajan kasvussa sen edullisuuden, helpouden sekä ympäristöystävällisyyden vuoksi. (Kaukolämpö. Oy Danfoss AB 2012.)

2.1 Kaukolämpö Suomessa

Kaukolämpö on maamme yleisin lämmitysmuoto. Se on varma ja luonnollinen lämmitystapa taajamissa. Suomessa kaukolämpöä on käytetty 1950-luvun alusta lähtien. Kaukolämmitystä on lähes kaikissa Suomen kaupungeissa ja taajamissa. Noin 2,7 miljoonaa suomalaista asuu taloissa, joissa lämmitetään kaukolämmöllä. Kaukolämmityksen osuus lämmitysmarkkinoista on lähes 50 %. Lähes 95 % kerrostaloista sekä valtaosa liikerakennuksista kuuluvat kaukolämmön piiriin. Omakotitaloista noin 7 % lämpiää kaukolämmöllä. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön markkinaosuus on yli 90 %. (Kaukolämmitys 2012.)

Vuonna 2011 kaukolämpöä myytiin 1930 miljoonalla eurolla ja myyntimäärä oli 30,1 TWh. Kaukolämmön keskihinta oli 6,39 senttiä kilowattitunnilta, kun taas esimerkiksi öljylämmityksen vastaava keskihinta vuonna 2011 oli yli 11 senttiä kilowattitunnilta. Kuvassa 1 on esitetty eri lämmitysmenetelmien markkinaosuus-

det vuonna 2011. Kuvasta voidaan havaita, että kaukolämmön markkinaosuus oli noin 46 % kyseisenä vuonna. (Energiavuosi 2011 - Kaukolämpö.)



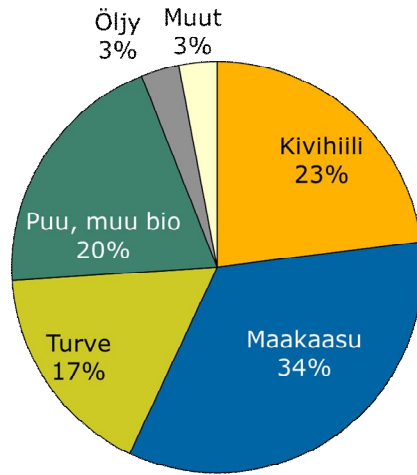
KUVA 1. Lämmitystapojen markkinaosuudet vuonna 2011 (Energiavuosi 2011 - Kaukolämpö, 3)

Noin 80 % kaukolämmön määrästä saadaan sähköä ja lämpöä tuottavista lämmitysvoimalaitoksista (yhteistuotanto), kaatopaikkojen biokaasujen poltosta tai teollisuuden ylijäämälämpönä. Pienillä paikkakunnilla edellä mainittuja lämmönlähteitä ei ole, joten kaukolämpö joudutaan tuottamaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpölaitoksissa. Näissä laitoksissa polttoaineena käytetään usein puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita. (Kaukolämpö 2012.)

2.2 Kaukolämmön tuotanto

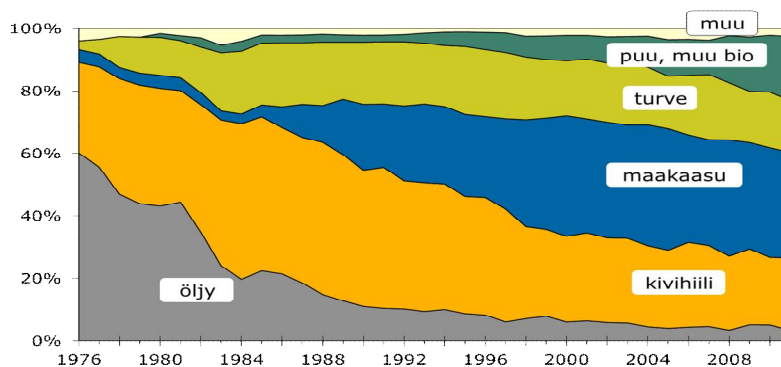
Kaukolämmön polttoaineita ovat turve, kivihiili, maakaasu sekä kasvussa olevat uusiutuvat energialähteet, kuten puu ja biokaasu. Kuvassa 2 on esitetty eri polttoaineiden suhteellinen käyttö kaukolämmön tuotannossa. Kuvasta voidaan nähdä, että biopolttoaineiden osuus kaukolämmön tuotosta on vuonna 2011 ollut 20 %. Vuonna 2009 biopolttoaineiden osuus kaukolämmön tuotannossa oli

noin 17 %, joten biopolttoaineiden käyttö kaukolämmöntuotannossa on ollut jatkuvassa kasvussa.



KUVA 2. Kaukolämmön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2011 (Energia- vuosi 2011 - Kaukolämpö, 10)

Vuonna 2009 biopolttoaineiden osuus kaukolämmön tuotannossa oli noin 17 %, joten biopolttoaineiden käyttö kaukolämmöntuotannossa on ollut jatkuvassa kasvussa. Kuva 3 esittää eri polttoaineiden suhteen muutosta kaukolämmön tuotannossa vuosina 1976–2011. Kuvasta voidaan todeta, kuinka öljyllä tuotetun kaukolämmön määrä on laskenut radikaalisti ja kuinka uusiutuvat energialähteet sekä maakaasu ovat kasvattaneet osuuttaan kaukolämmön tuotannossa.



KUVA 3. Eri polttoaineiden käyttö kaukolämmön tuotannossa 1976–2011 (Energia- vuosi 2011 - Kaukolämpö, 11)

Asiakkaille lämpö siirretään suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa kiertävän kuumen veden avulla. Kaukolämpövesi on käsitelty mekaanisten epäpuhtauksien ja hapen poistamiseksi ja putken sisäpuolisen korroosion estämiseksi. Usein vesi värjätään, jotta mahdolliset vuodot tai vauriot putkessa on helpompi paikantaa. Väriaine, joka muuttaa veden vihreäksi, ei ole terveydelle eikä ympäristölle vaarallista. Menojohdossa virtaava kuuma vesi luovuttaa asiakkaan lämmönvaihtimen välityksellä lämpöä talon lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkkoihin sekä ilmanvaihtoon. Kaukolämpövesi ei itsessään kierrä talojen lämmitys- ja käyttövesiverkoissa. Veden lämpötila asiakkaalle menevässä kaukolämpölinjassa on kesällä 65–80 asteen paikkeilla ja talvella enimmillään jopa 120 astetta. Asiakkailta takaisin lämmöntuotantolaitokseen palaavan veden lämpötila vaihtelee noin 40 ja 60 celsiusasteen välillä. (Kaukolämpö 2012.)

Kaukolämpöasiakkaan tiloissa tuotantolaitokselta tuleva kaukolämpöjohto kytetään rakennukseen sijoitettuun lämmönjakokeskukseen. Lämmönjakokeskuksessa lämmitetään sekä rakennuksen lämmin käyttövesi että lämmitysverkoston vesi. Kuvassa 4 on rakennuksen lämmönjakokeskus, joka on varustettu kahdella lämmönvaihtimella. Toinen lämmönvaihtimista lämmittää käyttövettä ja toinen lämmitysvettä. Molemmilla linjoilla on omat kiertovesipumppunsa. Kiertovesipumppujen tehtävänä on kierrättää vettä rakennuksen lämmitys- ja käyttövesiverkossa. Lämmönjakokeskuksessa sijaitsevat säätölaitteet ohjaavat rakennuksen lämmitysverkon veden lämpötilaa suhteessa ulkolämpötilaan. Lämpimän käyttöveden lämpötila pidetään kulutuksesta riippumatta vakiona siten, että vesihanasta tuleva vesi on noin 55-asteista. (Kaukolämpö 2012.)



KUVA 4. Rakennuksen lämmönjakokeskus (Kuvapankki 2012)

Kaukolämmön toimintavarmuus on hyvin lähellä sataa prosenttia. Käyttökeskeytysten takia kaukolämpöasiakas on keskimäärin ilman kaukolämmön toimitusta vain yhdestä kahteen tuntiin vuodessa. Noin puolet käyttökeskeytyksistä aiheutuu verkon vaurioista ja niiden korjauksesta ja puolet muista syistä, muun muassa verkon peruseräparannuksista sekä uusien asiakkaiden liittämistä kaukolämpöön. Yleensä uudet liittymät ja haaroitukset kaukolämpöverkkoon pystytään tekemään ilman lämmönjakelun katkaisemista. Noin puolet keskeytyksistä ajoittuu kesäaikaan, koska putkivaurioiden lopullinen korjaustyö pyritään usein väliaikaisratkaisuin siirtämään lämmityskauden ulkopuolelle.

Yksittäisen käyttökeskeytyksen kesto vaihtelee tilanteesta riippuen yleensä yhden ja kymmenen tunnin välillä. Käyttökeskeytyksen haittojen minimoimiseksi keskeytysalue rajataan mahdollisimman pieneksi verkossa olevilla venttiileillä. Usein kaukolämpöverkot ovat myös silmukoituja, mikä mahdollistaa asiakkaiden lämmönsaannin useammalta kuin yhdeltä syöttösuunnalta. (Kaukolämmitys toimintaperiaate 2012.)

3 KIINTEÄN POLTTOAINEEN POLTTOTEKNIIKAT

Kaukolämpöä tuottavat laitokset voidaan jaotella ryhmiin esimerkiksi erilaisten polttotekniikoiden mukaan. Se, minkälaista polttotekniikkaa laitoksessa käytetään, riippuu käytettävästä polttoaineesta, tuotantolaitoksen koosta sekä investoinnin kustannuksista. Kattilan pääosia ovat polttoaineen syöttö- ja palamisjärjestelmä sekä savukaasujärjestelmä.

Palamisilmajärjestelmä koostuu puhaltimista, kanavistosta ja esilämmittimistä. Palamisprosessia säädetään vaiheistamalla ilmansyöttö. Tulipesän kokonaisilmansyöttö koostuu primääri-ilmasta, joka syötetään polttoaineen palamisvyöhykkeelle, sekä kauemmas syötettävistä sekundääri- ja mahdollisesti tertiääri-ilmasta, joilla varmistetaan polttoaineen ja savukaasujen palamattomien osien palaminen loppuun asti. (Voimalaitosautomaatio 2011, 49 - 50.)

Polttoaineen syöttöketju tulipesään on yksi suurimmista erillisjärjestelmistä kiinteän polttoaineen kattiloissa. Polttoainejärjestelmään kuuluvia laitteita ja erillisjärjestelmiä ovat polttoaineen vastaanottoasema, murskaimet, seulat, ruuvi- ja kolakuljettimet, purkaimet sekä sulkupellit ja -syöttimet. Laitoksen tehontarve ohjaa polttoaineen syöttöä. (Voimalaitosautomaatio 2011, 49.)

Savukaasujärjestelmän tarkoituksena on poistaa savukaasut kattilasta ja puhdistaa ne kiintoaineista sekä typen ja rikin oksideista. Savukaasut poistetaan tulipesästä savukaasupuhaltimen avulla. Savukaasupuhallin tuottaa tulipesään alipaineen, jonka ansiosta vältetään myös mahdolliset tulipesässä olevien kaasujen vuoto kattilarakennukseen. Savukaasut ohjataan ulos savupiipun kautta. Savupiipun tehtävänä on levittää savukaasut laajalle alueelle, jotta päästöt laskevat mahdollisimman alhaiselle tasolle. (Voimalaitosautomaatio 2011, 50.)

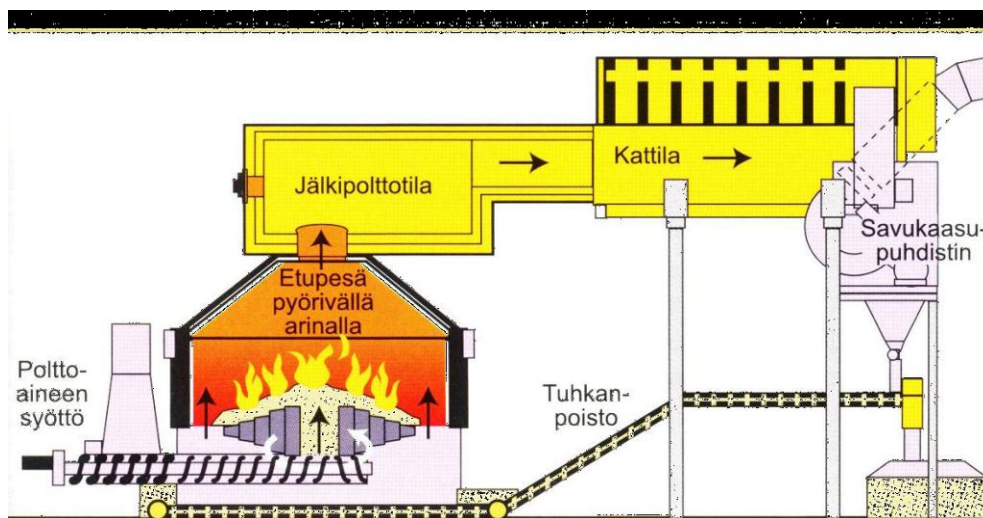
3.1 Arinakattila

Suomessa valmistetut suurimmat arinakattilat ovat olleet teholtaan noin 80 megawattia (MW). Aikaisemmin arinapoltto oli suosituin tapa polttaa matalalämpöarvoisia kiinteitä polttoaineita. Tekniikkaa käytettiin paljon teollisuudessa, kuten esimerkiksi metsäteollisuudessa kuoren ja hakkeen polttoon. Nykyään leijukerropoltto on syrjäyttänyt arinapolton suuremmissa lämpölaitoksissa. Arinakattiloita käytetäänkin nykyaikana pienissä 2 - 15 MW:n kiinteän polttoaineen lämmöntuotantolaitoksissa. (VTT 2004, 237; Voimalaitosautomaatio 2011.)

Arinakattilassa polttoaine syötetään koko arinan leveydeltä tasaisena mattona. Polttoaineen syöttö koko arinan leveydelle on tärkeää, koska tällä pystytään estämään primääri-ilman hallitsematonta karkaamista sieltä, missä arinan ja polttoainekerroksen vastus on pieni. Arinan alkupäässä polttoaine aluksi kuivuu ja hiljalleen lämpenee tulipesän lämmittäessä sitä. Polttoaineen kuivuttua tarpeeksi se syttyy palamaan. Palamisilman syöttö tapahtuu yleensä kahta reittiä pitkin. Primääri-ilma syötetään arinoiden raoista ja sekundääri-ilma puhalletaan tulipesään hieman ylempää, jotta polttoainekerroksesta haihtuneet palamiskelpoiset kaasut saadaan poltettua. Primääri-ilman syötön tarkoituksena on kuivattaa kostea polttoainekerros sekä saada aikaan pyrolyysi. Suuttimien oikealla ja riittävällä ilmannopeudella sekundääri-ilma saadaan sekoittumaan tehokkaasti ja palamisprosessin kannalta oikea-aikaisesti. Sekundääri-ilmamäärää säädetään yleensä savukaasun jäännöshapen mittauksen perusteella, koska näin saavutetaan tehokas palamistulos sekä optimaalinen ilmakerroin. (Energiateollisuus ry 2006, 287 - 288.)

Arinakattiloista on olemassa erilaisia ratkaisuja: esimerkiksi vaakatasossa olevia mekaanisesti liikkuvia arinoita, joissa polttoainetta liikutellaan liikkuvien arinoiden avulla, sekä kiinteitä viistoarinoita, joissa polttoaine valuu alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Kiinteät viistoarinat soveltuvat kiinteistökokoluokkaan yksinkertaisen tekniikan ansiosta, ja niitä käytetään yleensä kuoren ja hakkeen polttoon. (VTT 2004, 237; Voimalaitosautomaatio 2011, 43; Energiateollisuus ry 2006, 287 - 288.)

Mekaanisissa arinakattiloissa polttoaineen kulkua säädetään liikuteltavien arinoiden avulla. Arina voidaan sijoittaa joko kattilaan tai kattilan etupesään. Arinarautojen liikkumisella saadaan polttoaine sekoitettua sekä siirrettyä hallitusti vaiheesta toiseen. Kuvassa 5 on esitetty mekaaninen arinakattila, joka on varustettu pyörivällä kekoarinalla. Tässä mallissa arina on jaettu vyöhykkeisiin, joista esimerkiksi joka toinen pyörii mekaanisesti. Polttoaine syötetään tulipesään arinakehän keskeltä. Tällä arinamallilla on päästy hyviin tuloksiin etenkin erittäin märän puupolttoaineen poltossa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 287 - 288; Voimalaitosautomaatio 2011, 43.)



KUVA 5. Arinakattila, jossa on pyörivä arina (Voimalaitosautomaatio 2011, 32)

Aikaisemmin arinapoltto oli suosituin tapa polttaa matalalämpöarvoisia, kiinteitä polttoaineita. Tekniikkaa käytettiin paljon teollisuudessa, kuten metsäteollisuudessa kuoren ja hakkeen polttoon. Nykyään leijukerros poltto on syrjäyttänyt arinapoltton suuremmissa lämpölaitoksissa, joten arinakattiloita käytetäänkin nykyään pienissä 2 - 15 MW:n kiinteän polttoaineen lämmön tuotantolaitoksissa. (Voimalaitosautomaatio 2011.)

3.2 Poltinpoltto

Poltinpolttoa käytetään tasalaatuisten korkealämpöarvoisten polttoaineiden polttamiseen. Yleensä sitä käytetään poltettaessa maakaasua, kivihiiltä ja öljyä. Poltinpoltto on mahdollistanut sellaisten suurien voimalaitosten rakentamisen, joissa tuotetaan lämpöä ja sähköä yhteistuotannossa. Taloudellisesti järkevä minimiyksikkökoko on ollut 50–100 MW. (Bioenergiatieto 2012; Voimalaitosautomaatio 2011.)

Poltinpolttoa, jossa käytetään kiinteää polttoainetta, kutsutaan pölypoltoksi. Suurissa voimalaitoksissa pölypoltto on tämän tekniikan yleisin muoto. Ennen polttoainetta polttoaine kuivataan ja jauhetaan pölyksi, minkä jälkeen se puhalletaan polttimille ilmaa tai inerttiä kaasua apuna käyttäen. Polttoaine voidaan joko puhalleta suoraan polttimille jauhatuksen jälkeen tai välivarastoida siiloon, josta se sitten myöhemmin puhalletaan polttimille. (Hellgren - Heikkinen - Suomalainen 1996, 61–62; Voimalaitosautomaatio 2011, 44.)

Poltintyyppit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: sekoituspolttimiin sekä suihkupolttimiin. Polttimet voidaan sijoittaa tulipesän seinille, kattoon tai nurkkiin. Sekoituspolttimessa osa palamisilmasta johdetaan niin sanottujen rekisteripeltien eli drallisiipien läpi. Näin palamisilma saadaan pyörimään, jolloin se sekoittuu polttoaineeseen tehokkaammin. Polttoaine syttyy palamisilman tai inertin kaasun ja polttoainepölyn lämmettyä tarpeeksi. (Bioenergiatieto 2012.)

Suihkupolttimessa muodostuva kiertovirtaus tuo kuumat savukaasut polttoaineseokseen. Polttoaineseos syttyy ja palamisilma suihkutetaan pölysuuttimen ylä- ja alapuolelta. Polttimet suunnataan siten, että polttimilla on yhteinen liekki ja keskelle syntyy laaja tangentiaalinen pyörre. Tulipesä mitoitetaan tuhkan sulamisominaisuuksien ja polttoaineen ominaisuuksien mukaan. (Bioenergiatieto, 2012.)

3.3 Leijukerros poltto

Suomessa leijukerroskattilat ovat syrjäyttäneet arinakattilat lähes täysin yli viiden megawatin laitoksissa. Leijukerrostekniikka kehitettiin Suomessa 1960-luvun loppupuolella kaasunkehitystä ja kaasutusta varten. Ensimmäiset kaupalliset leijukattilalaitokset valmistuivat markkinoille 1970-luvun lopussa. Leijukattilat sallivat suuria polttoaineissa tapahtuvia laadun vaihteluita hyötysuhteen pysyessä korkealla ja päästöjen pysyessä vähäisinä. Polttoaineen kosteus voi olla jopa 60 %. Leijupetiin sitoutunut lämpömäärä tasaa polttoaineen lämpöarvon muutoksia ja varmistaa näin ollen huonolaatuise mmänkin polttoaineen tasaisen palamisen. Yleensä leijumateriaalina käytetään hiekkaa, mutta mahdollista on myös käyttää esimerkiksi polttoaineen omaa tuhkaa tai jotakin muuta raemaista materiaalia. Petimateriaaliin on myös mahdollista lisätä palamista tehostavia tai päästöjä vähentäviä aineita. Esimerkiksi lisäämällä kalkkia tai dolomiittia petiin saadaan haitallinen rikkidioksidi sidottua kiinteäksi kalsiumsulfaatiksi, joka puolestaan voidaan poistaa tuhkan mukana. (VTT 2004, 238 - 239.)

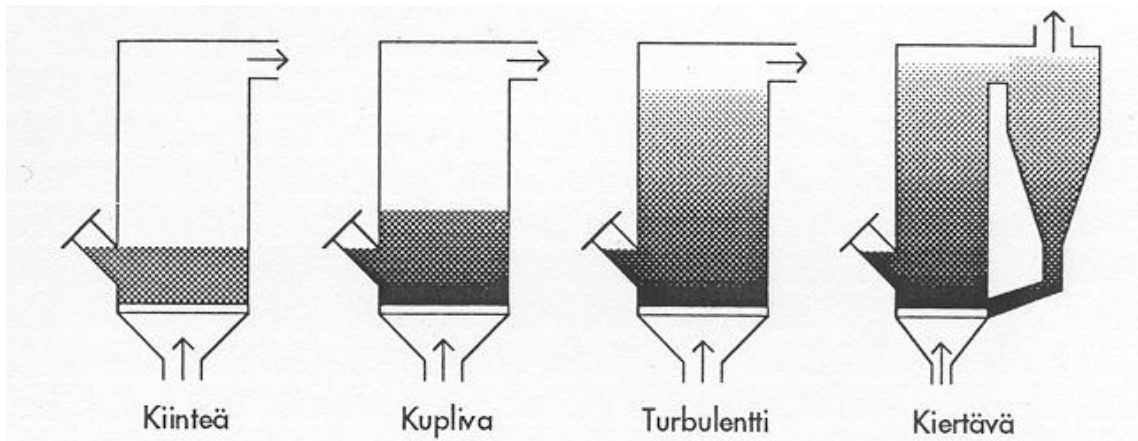
Leijutila saadaan aikaiseksi puhaltamalla kaasua rakeisen materiaalikerroksen läpi sopivalla nopeudella. Polttoaine syötetään leijukerroksen päälle tai sisään, jolloin polttoaine kuivuu välittömästi. Polttoaine palaa joko leijupedin sisällä ylläpitäen leijumateriaalin lämpötilaa tai leijupedin yläpuolella, jolloin palamista voidaan säätää palamisilman määrällä ja suuntauksella. Primääri-ilma puhalletaan arinasuuttimien ja ilmakaapin läpi tulipesään. Primääri-ilman määrä on polttoaineesta riippuvainen ja yleensä se on 45–80 %. Primääri-ilmaa tarvitaan sitä enemmän, mitä kosteampaa polttoaine on. Sekundääri- ja tertiääri-ilmat puhalletaan tulipesään arinan pinnan yläpuolelta 1,5 - 4,0 metrin korkeudesta. Leijukerroksen lämpötila pyritään pitämään 750–950 celsiusasteessa riippuen polttoaineen tuhkan pehmenemispisteestä. Pohjatuhka poistetaan arinan alta sulkuventtiilien kautta tuhkansammuttimeen. Tuhka on myös mahdollista poistaa arinan sivulle asennettujen jäähdyttimien avulla. Tällöin tuhka pystytään seuloamaan jäähdyttimessä ja palauttamaan hienorakeinen aines takaisin leijupetiin. (VTT 2004, 238 - 239; Kaukolämmön käsikirja 2006, 291 - 292.)

Leijupedit voidaan jakaa neljään erilaiseen tyyppiin niiden käyttämisen mukaan. Tyyppejä ovat kiinteä, turbulentti, kierto- ja kupliva peti. Kuvassa 6 on esitetty, kuinka peti käyttäytyy eri tavoin näissä neljässä tavassa. Kiinteässä pedissä puhallettavan kaasun nopeus on pienempi kuin minimileijutusnopeus. Näin ollen kaasun ja kiintoaineen sekoittuminen pedissä on hyvin vähäistä. Tämä tekniikka on käytössä esimerkiksi kaasutuksessa ja sama ilmiö toimii myös arinapoltossa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 289 - 290.)

Kuplivan pedin tekniikka on yleinen leijutustapa polttolaitoksissa. Kuplivassa pedissä kaasun nopeus on yhdestä kolmeen metriä sekunnissa ja pedin korkeus 0,5 - 1,0 metriä. Minimileijutusnopeuden ylittävä ilmamäärä kulkee leijukerrosken läpi kuplina, jolloin koko leijukerros alkaa kuplia. Petimateriaalin hiukkasten koko on tyypillisesti 1 - 3 millimetriä.

Turbulentti leijupeti muodostuu, kun kaasun virtausnopeus on noin kolmesta neljään metriä sekunnissa. Tällöin kaasun virtausnopeus saavuttaa osittain hiukkasten vapaan putoamisnopeuden. Tämän vuoksi kuplat häviävät ja osa petimateriaalista virtaa kaasun mukana pois pedistä, jolloin kaasu kulkee tasaisesti leijupedin läpi.

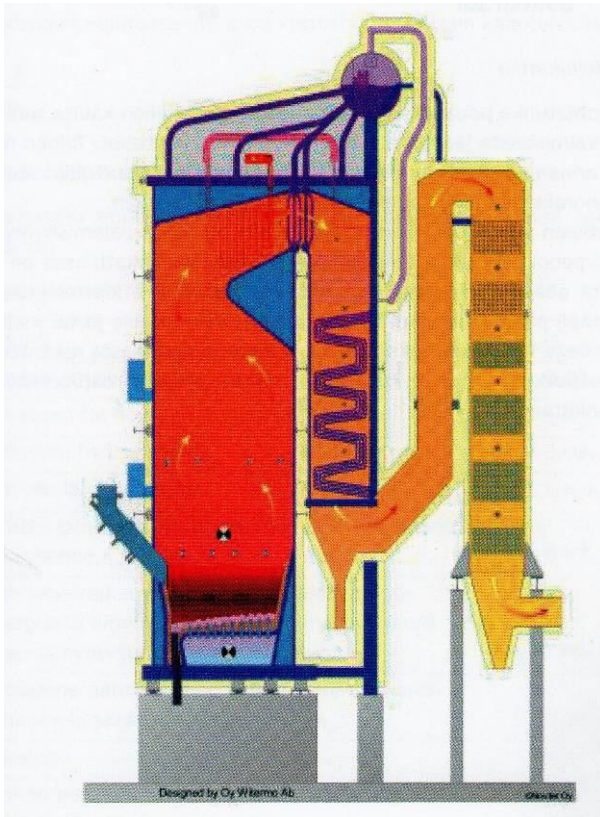
Leijukerrosken läpi menevän kaasun virtausnopeutta kasvatettaessa yhä suurempi osa hiukkasista kulkeutuu kaasun mukana pois pedistä, joka täyttää koko tulipesän. Kiertopedissä nämä leijupedistä pois kulkeutuvat hiukkaset palauteetaan esimerkiksi syklonin avulla takaisin pedin alaosaan. Kaasun virtausnopeus on yleensä neljästä kymmeneen metriä sekunnissa. Petimateriaalina käytetään kiertoleijupedissä 0,1 - 0,5 millimetrin hiukkasia.



KUVA 6. Leijupetityypit (Hyppänen - Raiko 1995)

3.3.1 Kerrosleijukattila

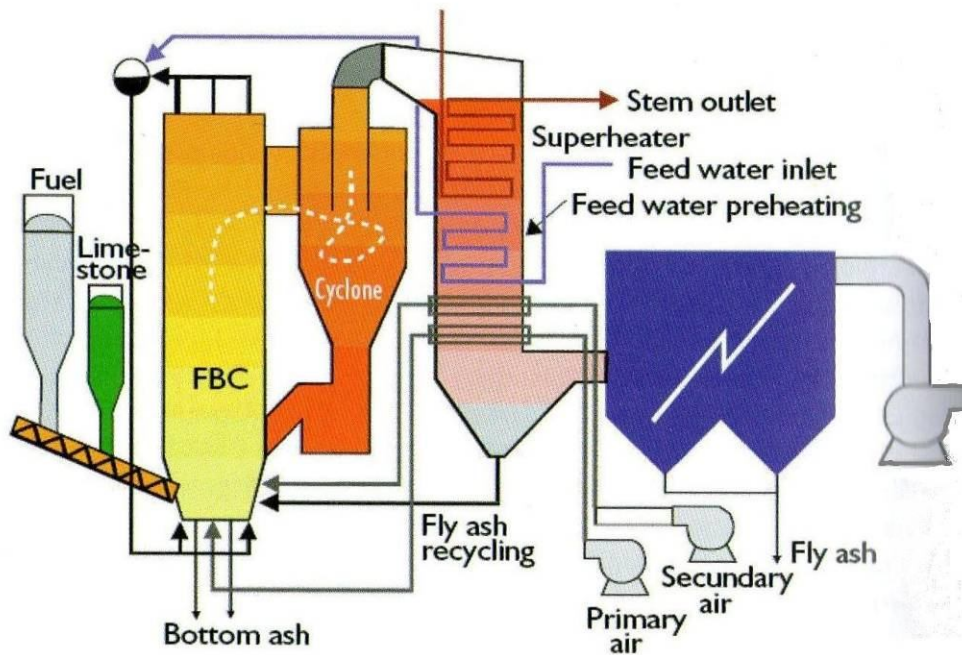
Kerrosleijukattilassa (kuva 7) hiukkaset ja petimateriaali pysyvät leijukerroksessa. Leijutusilman nopeus on alle 3 m/s. Nopeus määritellään siten, että polttoaine ja petimateriaali muodostavat kuplivan leijukerroksen tulipesään. Polttoaine syötetään yleensä tulipesään leijupedin yläpuolelta. Polttoaineen pienhiukkasten poltto ja kuivatus alkaa jo ylhäällä jälkipalotilassa, kun taas painavimmat polttoainehiukkaset palavat hiekkakerroksen sisällä. Palamisessa leijupetiin muodostunut tuhka poistetaan kattilan pohjasta päästämällä hiekkaa pois. Tuhka-hiekkaseoksesta seulotaan pois hiekka, joka voidaan palauttaa takaisin kattilaan. Hienojakoinen tuhka poistuu savukaasujen mukana kattilasta. Kerrosleijupolton polttoaineeksi käyvät lähes kaikki kiinteät polttoaineet, ja usein kerrosleijukattilassa poltetaan monen polttoaineen sekoitusta. Erityisen suosittua on puun ja turpeen yhteispoltto, koska kattilan rikkipäästöt ovat tällöin pienemmät kuin ainoastaan turvetta poltettaessa. Turpeen poltto alentaa lisäksi korrosioriskiä ja vähentää lämpöpintojen likaantumista. Kerrosleijukattilan etuina kierto-leijukattilaan verrattuna ovat halvempi hinta sekä parempi soveltuvuus märille ja matalalämpöarvoisille polttoaineille. (VTT 2004, 238 - 239; Voimalaitosautomaatio 2011, 44 - 47; Kaukolämmön käsikirja 2006, 290 - 292; MW Power 2012; Huhtinen ym. 2000, 158.)



KUVA 7. Kerrosleijukattila (Kaukolämmön käsikirja 2006, 291)

3.3.2 Kiertoleijukattila

Kiertoleijukattiloissa (kuva 8) leijutusilman nopeus (5 - 10 m/s) on suurempi verrattuna kerrosleijutukseen. Näin ollen saadaan petimateriaali ja palamaton polttoaine menemään kaasutusvirran mukana tulipesän jäljessä olevaan sykloniin. Syklonissa petimateriaali ja palamaton polttoaine erotetaan savukaasuista, jonka jälkeen ne palautetaan takaisin petiin. Polttoaineen syöttö toteutetaan joko syöttämällä se kattilan seinämistä tai sekoittamalla syklonilta palaavan petimateriaalin sekaan. Kerrosleijukattiloihin verrattuna kierto-leijukattiloilla on pienemmät rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöt. Kiertoleijukattiloissa on myös mahdollista polttaa pääpolttoaineena hiiltä. (VTT 2004, 238 - 239; Voimalaitosautomaatio 2011, 44 - 47; Kaukolämmön käsikirja 2006, 290 - 292.)



KUVA 8. Kiertoleijukattila (Kaukolämmön käsikirja 2006, 292.)

3.4 Haapajärven biolämpölaitos

Tämä opinnäytetyö tehtiin Haapajärven Lämpö Oy:n omistamaan 15 megawatin lämpölaitokseen Haapajärven Rantakadulla. Lämpölaitos koostuu seitsemän MW:n KPA-kattilasta sekä kahdeksan MW:n öljykattilasta. Öljykattila on tarkoitettu vara- ja huippukäyttöä varten. Lämpölaitos otettiin käyttöön vuonna 2008 ja sen valmisti MW BioPower Oy Kiuruvedeltä. Pääsääntöisesti lämpölaitoksen tuottamalla energialla lämmitetään läheisen sahan kuivaamoja, mutta tarvittaessa lämpöä voidaan siirtää myös kaukolämpökuluttajille. (Haapajärven Lämpö Oy 2012.)

Polttoaineena KPA-kattilassa käytetään sahanpurua, kutteria, puunkuorta, haketta sekä palaturvetta. Kattila on tyypiltään mekaaninen pyörivä kekoarinakattila. Polttoaine syötetään ruuvilla alhaalta päin arinan keskiosaan. Arinan keskellä oleva polttoaine kuivuu tehokkaasti, koska etupesän muuraukset säteilevät lämpöä. Näin ollen polttovyöhykkeessä oleva kuiva polttoaine palaa häiriöttä ja puhtaasti. Kattilassa on kolme pyörivää arinakehää sekä 2 kiinteää

arinakehää. Arinat siirtävät tietyin väliajoin polttoainetta kauemmas kehällä, ja kun polttoaine on kokonaan palanut, tuhka putoaa arinan kehältä vedellä täytettyyn tuhka-altaaseen. Kattilassa kiertävällä vedellä lämmitetään kaukolämpövetä lämmönvaihtimen avulla. Kaukolämpöpumput tuottavat tarvittavan paineen kaukolämpöverkkoon, jotta vesi saadaan kiertämään linjastossa. Pumput sijaitsevat kaukolämpöverkon paluupuolella. Kattilavedellä on omat kiertovesipumpunsa kattilapiirissä.

Lämpölaitoksen ohjausjärjestelmä koostuu kenttälaitteista, logiikkakeskuksesta sekä valvomossa sijaitsevasta valvomotietokoneesta. Ohjausjärjestelmä on varustettu UPS-laitteistolla sähkökatkojen varalta. Kenttälaitteita ovat esimerkiksi taajuusmuuttajat, magneettiventtiilit, mittausanturit, rajakytkimet, säätömootorit sekä kenttäohjauskytkimet ja -painikkeet. Lämpölaitoksen logiikkakeskukseen kuuluu Siemensin S7-400 ohjelmoitava logiikka sekä langoitetut reletekniikalla tehdyt ohjaukset, kuten kattilasuoja.

Laitteiden käyttötavat valitaan pääsääntöisesti valvomotietokoneen ruudulta avautuvan ohjausikkunan avulla. Ohjausikkunasta laite voidaan valita joko automaatti- tai käsiajolle tai pysäyttää se. Normaalitilanteessa laitteet pidetään automaattiajolla. Tällöin valvomosta annetaan asetusarvot ajoa varten ja kenttälaitteita ohjataan sovellusohjelman mukaisesti. Joitakin lämpökeskuksen laitteita on mahdollista käyttää käsiohjauksella. Esimerkiksi kiertovesipumpuille, kaukolämpöpumpuille, polttoaineenkäsittelylaitteille ja arinoille on olemassa käsiohjauskytkimet. Laitteiden toimintakuvauksissa mainitut käynti- ja toimintaehdot käsittävät automaattikäytön. Käyntisekvenssiehdot eivät siis ole voimassa käsikäytöllä. Luonnollisesti kaikki ehdot, jotka ovat johdotetulla puolella, vaikuttavat myös käsiohjauksiin. Laitos on varustettu varavoimageneraattorilla, joka käynnistyy automaattisesti verkkojännitteen katketessa. Varavoimakäytöllä varmistetaan laitoksen hallittu alasajo.

4 HAAPAJÄRVEN LÄMPÖLAITOKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Ohjelmoitavana logiikkana Haapajärven lämpölaitoksella käytetään Siemensin Simatic S7 -tuoteperheen logiikkaohjainta. Prosessori on S7-400-sarjaa, joka on Siemensin TIA-konseptin tehokkain logiikkaohjainsarja. Automaatiojärjestelmässä on käytetty hajautettua I/O:ta ja se on toteutettu Siemensin ET200M-hajautusasemien avulla. Hajautusasemat on liitetty logiikkaohjaimen Profibus DP -kenttäväylän avulla. Kenttäväylään on lisäksi liitetty 13 Vaconin NX-sarjan taajuusmuuttajaa, PMA:n KS94-yksikkösäädin sekä kaksi kappaletta Siemensin paikallisohjauspaneeleita. Prosessia ohjataan Citect-valvomo-ohjelmiston avulla.

4.1 Logiikkaohjain S7-414-2 DP

S7-400-sarjan logiikkaohjaimet on suunniteltu vaativien ja laajojen prosessien ohjaukseen. S7-400-logiikat voidaan jakaa tavallisiin, kahdennettuihin sekä turvalogiikoihin. Turvalogiikalla S7-400F voidaan toteuttaa ohjauksia, jotka täyttävät koneturvallisuuden vaatimukset. Samassa ohjaimessa voidaan suorittaa sekä tavallista että turvaohjelmaa. I/O-liitynnät turvalogiikassa voidaan toteuttaa turvahyväksytyillä ET200-aseilla. Turvalogiikkaa käytetään tilanteissa, joissa normaalien ohjaustehtävien lisäksi edellytetään turvallisuusteknisiä ominaisuuksia. Näitä tarvitaan, kun on varmistettava koneiden, ihmisten ja ympäristön turvallisuus, esimerkiksi tavarankuljetinjärjestelmissä, prässeissä, ihmisten kuljetusjärjestelmissä tai tuotantolinjoissa. Kriittisen tilanteen sattuessa ohjaus menee ennalta määritettyyn turvalliseen tilaan ja pysyy siinä. Simatic S7-400F-järjestelmät yhdistetään keskenään Profibus DP -kenttäväylän vikasietoisella Profisafe-versiolla. (Siemens S7-400 2012.)

S7-400H-sarjan CPU:ta voidaan käyttää kahdennettuna prosessiasemana sekä myös kahdennettuna turvaprozessiasemana. Nämä logiikkaohjaimet koostuvat kahdesta samanlaisesta CPU:sta, jotka suorittavat samaa logiikkasovellusta.

Väylän tai laitteiston vikaantuessa järjestelmää vaihtaa prosessin ohjauksen vikaantuneelta ohjaimelta toimivalle.

Logiikkaohjaimena lämpölaitoksessa käytetään S7-414-2 DP:tä. Prosessiaseman runkona on S7-400-sarjan kehikko, johon kaikki komponentit liitetään. Virtalähteenä on paristovarmennettu PS 407 -sarjan neljän ampeerin virtalähde. Prosessorissa on 512 kilotavua (KB) ohjelmamuistia sekä 512 kilotavua datamuistia. Prosessorissa itsessään on Profibus DP- ja MPI -tietoliikenneportit. Ethernet-liikennöintiä varten CPU:hun on lisätty Siemensin CP443-1-kommunikointikortti.

4.2 Hajautettu I/O

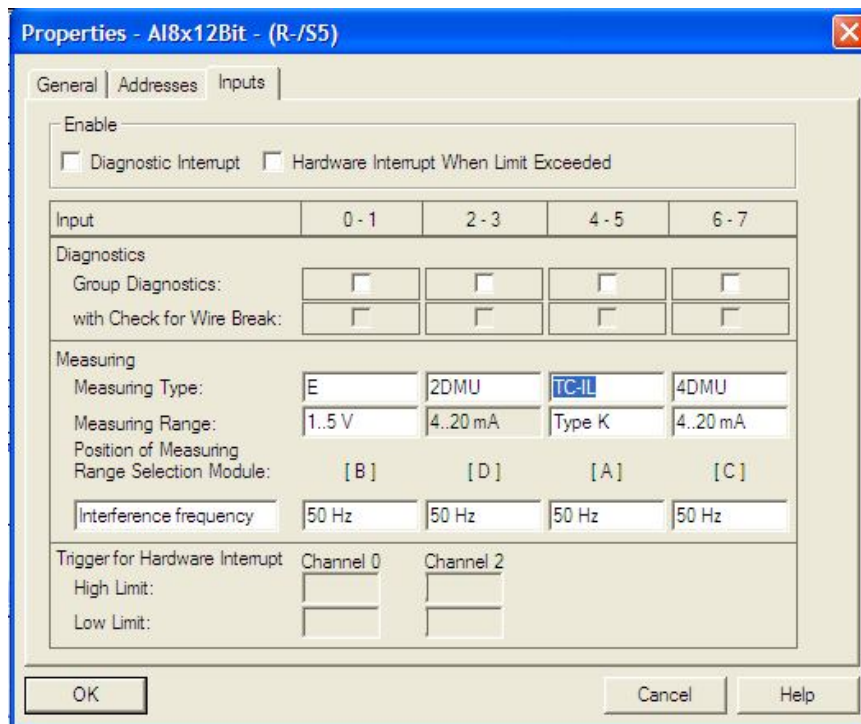
Hajautetun I/O:n tarkoitus on viedä I/O-yksiköt lähelle prosessia, jolloin kaapelointimatka mittaus- ja toimilaitteilta I/O-yksikölle vähenee huomattavasti. Kommunikointi hajautetun I/O-aseman ja prosessiaseman välillä toteutetaan kenttäväylällä. Hajautetun I/O:n käytöllä säästetään kaapelointikustannuksissa. Siemensin S7-järjestelmissä hajautettu I/O on yleensä toteutettu käyttäen ET200-sarjan hajautusasemia. Jokainen hajautusasema määritellään Profibus-kenttäväylään yksilöllisellä osoitteella. Näin CPU tunnistaa useat ET200-yksiköt toisistaan. Profibus-osoite täytyy määritellä dippikytkimien avulla yksikölle sekä logiikkaohjelmaan. ET200-hajautusasemiin käyvät kaikki S7-300-sarjan I/O-yksiköt.

4.3 I/O-yksiköt

I/O-yksiköiden tehtävänä on kerätä tietoja kentältä sekä ohjata laitteita. Tulokorteilta tiedot kerätään CPU:lle, jossa logiikkaohjelma käsittelee tiedot ja ohjaa prosessia niiden avulla. Lähtökortit saavat ohjauksikäskyä CPU:lta, jolloin nämä kortit antavat moottoreille esimerkiksi käynnistymiskäskyjä sekä moottoreiden taajuusmuuttajille nopeuden ohjearvoja. Digitaalitulokorttina projektissa käytettiin SM 321 DI32xDC24V -korttia. Kortilla on 32 digitaalista tulokanavaa. Digitaaliset tulot ovat yleensä käyntitietoja, rajatietoja tai tilatietoja ohjauksytkimistä sekä toisista järjestelmistä. Tuloyksiköitä on saatavilla erilaisia malleja,

jotka poikkeavat toisistaan lähinnä tulojen ryhmittelyn ja tulon määrän osalta. Digitaalitulokortteja oli projektissa yhteensä seitsemän kappaletta. Digitaalilähtökorttina oli SM 322 DO32xDC24V/0.5A. SM 322 -kortilla on 32 digitaalista lähtökanavaa. Digitaalisen lähdön tehtävänä yleensä on käynnistää laite tai ohjata laitetta. Lähdöt aktivoituvat CPU:ssa pyörivän sovellusohjelman ohjauksien mukaan.

Analogiatulokortin virkaa projektissa hoiti SM 331 AI8x12bit. Analogiset tulot koostuvat enimmäkseen prosessimittauksista, kuten lämpötilan tai paineen mittaustuksista. Analogiatulon tehtävä on antaa tietoa prosessin tilasta. Analogiatulokortti muuttaa esimerkiksi 4 - 20 milliampeerin (mA) virtaviestin 12-bittiseksi digitaalisiksi. Analogia-digitaali muunnoksessa käytettävien bittien määrä vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Mitä enemmän muunnoksessa käytetään bittejä, sitä tarkempi arvo saadaan logiikkaan. Siemensiltä löytyy vaihtoehtoja 12-bittisestä kortista aina 16-bittiseen korttiin saakka. Analogiatulokortti SM 331 sisältää kahdeksan analogista tulokanavaa. Analogiset tulot on jaoteltu kahden tulon ryhmiin, jotka täytyvät määritellä mittalaitteen mukaan. Analogiatulokortin pohjassa on valintakytkin, jossa on neljä eri vaihtoehtoa: A, B, C ja D. Tavallisimmin näistä käytetään C- ja D-vaihtoehtoja, jotka on tarkoitettu virtaviestille. Se, kumpaa näistä käytetään, riippuu mittalaitteesta. Aktiivisen mittalaitteen tapauksessa syöttö tulee ulkoiselta jännitelähteeltä, jolloin käytetään vaihtoehtoa C. Tästä tavasta käytetään HW-configissa lyhennettä 4DMU. Passiivisen mittalaitteen tapauksessa jännitteen syöttö tulee analogiakortilta ja tällöin tulee käyttää vaihtoehtoa D:tä. Vaihtoehto B on ajankohtainen silloin, kun käytetään jännitesignaalia. A-vaihtoehtoa käytetään silloin, kun termopari tai resistori kytketään analogiatulokortille. Kuvassa 9 on esitelty eri vaihtoehdot HW-config-konfigurointiympäristössä.



Kuva 9. Analogiatulojen määrittely (Simatic Step7 HW-config)

Analogialähtökortin SM 332 AO4x12bit avulla 12-bittinen digitaalisana muutetaan analogiaviestin muotoon. Myös tässä kortissa muunnoksessa käytettyjen bittien määrä vaikuttaa muunnoksen tarkkuuteen. SM332 on analogialähtökortti, jossa on neljä analogista lähtöä. Analogisella lähdöllä voidaan säätää moottorin nopeutta taajuusmuuttajan avulla tai ohjata venttiili haluttuun asentoon. Kortin jokaisen kanava pystytään ohjelmoimaan erikseen joko jännite- tai virtalähdöksi. Tässä projektissa kaikki analogialähdöt oli määriteltä 4 - 20 mA:n virtalähdöiksi.

4.4 Citect-valvomo-ohjelma

Citect on nykyisin Schneider Electricin omistama valvomo-ohjelmisto. Vuonna 1973 Citect perustettiin Alfa Lavalin tytäryhtiöksi. Tuohon aikaan yhtiön nimi oli Control Instrumentation. Vuonna 1989 yhtiö vaihtoi nimeään. Nimenmuutoksen jälkeen yritys tunnettiin nimellä Ci Technologies. Citect liitettiin osaksi Schneider Electric -ryhmää vuonna 2006. Vuonna 2008 Citect lakkautti itsenäisen kaupanteon, ja kaikki toiminta siirrettiin Schneider Electricille. (History of Citect 2012.)

Citect on client/server-tyyppinen valvomo-ohjelmisto, jonka avulla on mahdollista toteuttaa laajatkin järjestelmät. Client/server -tyyppisessä ohjelmassa client tekee kyselypyynnön serverille, jonka serveri toteuttaa. Citectissa I/O-server hoitaa kommunikoinnin PLC:n kanssa. Control clientin avulla tieto haetaan valvomo-ohjelmaan I/O-serveriltä. Järjestelmässä voidaan käyttää kahta erityyppistä clientia: control-client mahdollistaa järjestelmän ohjauksen Citectin kautta, kun taas view-clientilla on mahdollista vain seurata prosessia. Molempia clienteja on mahdollista käyttää selaimen kautta. Liikennöinti valvomo-ohjelmiston ja ohjelmoitavan logiikan välillä tapahtuu ohjelmassa olevien eri logiikoiden ajurien tai OPC-serverin kautta. Citect on yhteensopiva kaikkien yleisimpien logiikoiden kanssa. Uusin versio, 7.20, on myös yhteensopiva Windows 7 -käyttöjärjestelmän kanssa. (Vijeo Citect 2012.)

Citect-suunnitteluohjelma sisältää kolme erilaista työkalua. Explorerin avulla voidaan luoda uusia, ja muokata jo olemassa olevia projekteja. Tällä ohjelmalla voi tehdä projekteista varmuuskopioita, ja sen avulla tehdään projektin runtime-konfigurointi. Graphics Builder on graafinen suunnittelutyökalu, jolla suunnitellaan valvomokuvat. Project Editor -sovelluksella määritellään tagit ja valvomo-yhteyden konfiguraatio.

5 TYÖN SUORITTAMINEN

Projekti aloitettiin tutustumalla lämmöntuottoon prosessiin sekä etenkin palamisilmajärjestelmän toimintaan käymällä Rantakadun lämpölaitoksella Haapajärvellä. Haapajärven Lämpö Oy:n toimitusjohtaja Janne Alpua antoi tarvittavat tiedot projektin suorittamisesta. Tarkoituksena oli nostaa biokattilan tehoa sahan kivaamojen lisääntyneen tehontarpeen takia. Kattilan tehonnosto oli tarkoitus toteuttaa kasvattamalla palamisilmajärjestelmän kapasiteettia, minkä ansiosta voitaisiin lisätä kattilaan puhallettavan palamisilman kokonaismäärää. Kapasiteetin nosto suoritettaisiin lisäämällä oma puhallin sekundääri-ilman tuottamiseen. Muutoksessa alkuperäinen palamisilmapuhallin siirrettäisiin primääriilmakanavaan.

Alun perin biokattilan primääri- ja sekundääri-ilma oli tuotettu yhdellä puhaltimella, jolloin ilman virtausta kattilaan oli säädelty palamisilmakanavassa sijaitsevilla säätöpelleillä. Primääri- ja sekundäärikanavissa oli molemmissa omat säätöpeltinsä. Muutoksen jälkeen palamisilmojen virtauksen määrää säädettäisiin puhaltimien nopeuksia muuttamalla. Palamisilmapuhaltimet ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä, ja tiedonsiirto logiikan ja taajuusmuuttajien välillä tapahtuu Profibus DP -kenttäväylällä pitkin. Käyttöhenkilökunnan pyynnöstä primääriilmapelti jätettäisiin primäärikanavaan, ja sitä voisi ohjata antamalla asento-ohjeasetuksen valvomosta käsin. Muutosprosessin aikana sekundääriilmapelti poistettaisiin kanavasta, koska sille ei enää olisi järkevää käyttöä. Tähän insinööriyötyöhön kuului logiikkasovelluksen sekä valvomo-ohjelman ohjelmointi muutoksen osalta.

5.1 Alkuperäinen palamisilmajärjestelmä

Palamisilmajärjestelmässä oli vain yksi puhallin, jolla tuotettiin tarvittavat ilmavirtaukset primääri- ja sekundäärikanavaan. Palamisilmapuhaltimen nopeutta säädettiin palamisilmakanavan paineen säätimellä (kuva 10). Säädin sai asetusarvokseen teho-/palamisilmakanavan painekäyrältä saadun arvon, jota korjattiin kattilavedenlämpötilansäätimen ohjauksella palamisilman lämpötilakor-

jausprosentin määrittelemällä suuruudella. Nelipisteinen teho-/palamisilmakanavan painekäyrä oli käyttäjän määriteltävissä. Asetusarvo laskettiin käyrältä lineaarisesti.



KUVA 10. Palamisilmakanavan asetusravokäyrä (Citect-valvomo-ohjelma)

5.1.1 Primääri-ilmakanava ennen muutostöitä

Kattilaan menevien primääri- ja sekundääri-ilmojen määrää säädettiin säätöpelileillä. Primääri-ilmakanavan kautta kattilaan tuotettiin palamisilmaa, joka syötettiin polttoaineen palamisvyöhykkeelle. Primääri-ilma vastasi suurelta osin polttoaineen palamisesta. Primääri-ilmamäärän säädin sai asetusravonsa teho-/primääri-ilmamääräkäyrältä (kuva 11) korjattuna kattilavedenlämpötilan säätimen antamalla lämpötilakorjauksella, jonka suuruus puolestaan määriteltiin tehon lämpötilan korjausprosentilla. Korjausprosentti on käyttäjän määriteltävissä. Primääri-ilmamäärän säätö toimi, kun palamisilmapuhallin kävi automaattiajolla ja primääri-ilmamäärän säätöpelti oli valittu automaattikäytölle. Primääri-ilmamäärä vaikutti myös polttoaineensyötön nopeuteen, koska polttoainetta syötetään arinoille suhteessa primääri-ilmamäärään.



KUVA 11. Teho-/primääri-ilmakäyrä (Citect-valvomo-ohjelma)

5.1.2 Sekundääri-ilmakanava ennen muutostöitä

Sekundääri-ilma syötetään kattilaan tulipesän yläpuolelle. Sekundääri-ilman syötöllä varmistetaan polttoaineen ja savukaasujen vielä palamatta jääneiden osien palaminen loppuun asti. Sekundääri-ilmamäärän syöttöä säädettiin primääri-ilmamäärän mukaan. Käyttäjä määrittelee kuvassa 12 näkyvän nelipisteisen käyrän, jonka pisteiden välissä logiikka laskee säätimen asetusarvon lineaarisesti. Asetusarvoa korjataan savukaasun jäännöshapen säätimeltä saatavalla happikorjausprosentilla. Käyttäjä pystyy itse määrittämään happikorjauksen vaikutuksen suuruuden asetusarvoon. Korjauksen avulla voidaan kasvattaa tai vähentää savukaasun jäännöshapen säätimen vaikutusta sekundääri-ilman määrään. Sekundääri-ilmamäärän säädin oli toiminnassa, kun palamisilmapuhallin ja sekundääri-ilman säätöpelti olivat automaattiajolla.



KUVA 12. Primääri- /sekundääri-ilmakäyrä (Citect-valvomo-ohjelma)

5.2 Uusi palamisilmajärjestelmä

Modernisoinnissa palamisilmajärjestelmään lisättiin toinen puhallin; vanha palamispuhallin siirrettiin primääri-ilmakanavaan tuottamaan primääri-ilmaa ja uusi puhallin tuli vastaamaan sekundääri-ilman tuotosta. Sekundääri-ilman säätöpelti purettiin pois, mutta primääri-ilman säätöpelti jätettiin kanavaan. Primääri-ilman säätöpellille ei tehty mitään erityistä säätöä, vaan käyttäjä pystyi määrittelemään sille valvomo-ohjelmasta kiinteän asentoarvon.

5.2.1 Primääri-ilmakanavan muutos

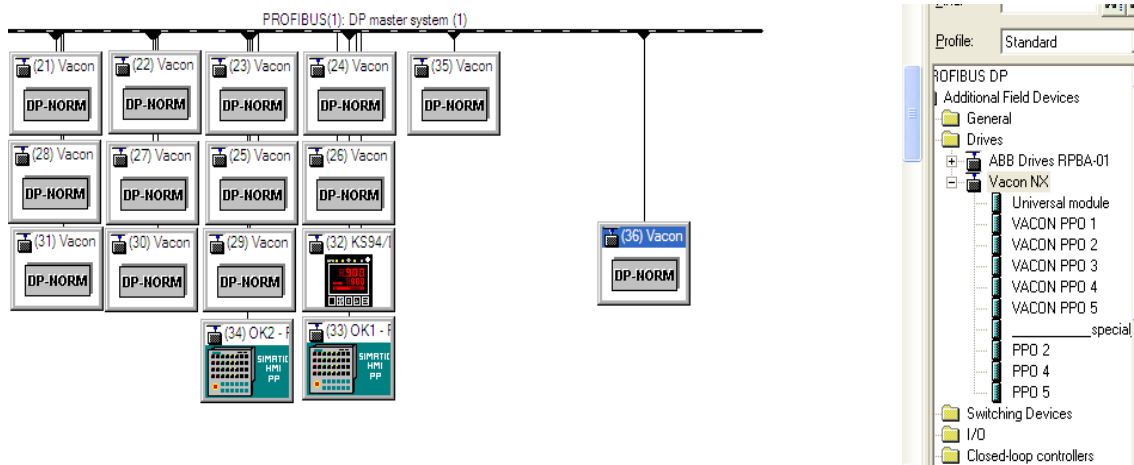
Primääri-ilman virtausta säädetään primääri-ilmapuhaltimen nopeutta muuttamalla. Muutoksessa primääri-ilmamäärän säätimen ohjaus siirrettiin säätöpelliltä primääri-ilmapuhaltimelle. Puhallinta aikaisemmin ohjannut palamisilmakanavan paineen säädin poistettiin kokonaan käytöstä. Primääri-ilmapuhaltimen ohjaukseen lisättiin käynnistysviive siitä hetkestä alkaen, kun sekundääri-ilmapuhallin käynnistetään, koska on tärkeää tuulettaa tulipesää savukaasu- ja sekundääri-ilmapuhaltimen avulla ennen kuin primääri-ilman puhaltaminen kattilaan aloitetaan. Primääri-ilmapuhaltimelle tuli määritellä lukitukset uudelleen, koska alkuperäisessä järjestelmässä primääri-ilman syöttö kattilaan estettiin säätöpellillä. Nyt ilmansyöttö täytyi lopettaa sammuttamalla puhallin. Samalla täytyi miettiä, mitkä entisen palamisilmapuhaltimen lukituksista täytyi siirtää koskemaan primääri-ilmapuhallinta. Esimerkiksi aikaisemmin primäärisäätöpellillä olleet lukitukset takapalotermostaateilta siirrettiin primääri-puhaltimen lukituksiin sekä happilukitukset liian alhaisesta savukaasun jäännöshapen tasosta siirrettiin myös primääri-ilmapuhaltimen lukitusehtoihin.

5.2.2 Sekundääri-ilmakanavan muutos

Ensimmäiseksi täytyi lisätä uusi sekundääri-ilmapuhaltimen taajuusmuuttaja Siemensin Simatic Step7 -ohjelmointiohjelmaan, jotta tiedonsiirto logiikan taajuusmuuttajan välillä kenttäväylää pitkin olisi mahdollista. Määrittelyssä käytetään hyväksi Step7:n HW Config-ohjelmaa. HW-konfiguroinnilla tarkoitetaan toimenpidettä, jossa määritellään logiikan kokoonpano, logiikassa käytettävät

väylät sekä väyliin asennetut laitteet. Hardwaren konfigurointi on vaivatonta HW-managerin laajan laitekirjaston ansiosta. Konfigurointi tapahtuu vedä ja pudota -menetelmän avulla: kirjastosta valitaan haluttu komponentti, joka voidaan siirtää raahaamalla logiikan kokoonpanoon halutulle paikalle.

Kuvassa 13 on nähtävissä Profibus DP -kenttäväylä, johon on liitetty lämpölaitoksen taajuusmuuttajat sekä öljykattilan PMA:n KS94-yksikkösäädin ja kaksi Siemensin paikallisohjauspaneelia. Jokaisen laitteen kohdalla laatikossa suluisa oleva numero tarkoittaa laitteen väyläosoitetta, ja yksilöllisen väyläosoitteen ansiosta Profibus DP -väylän isäntälaitte erottaa orjalaitteet toisistaan. Kuvassa 13 on lisätty sekundaari-ilmapuhaltimen taajuusmuuttaja, jonka väyläosoite on 36. HW-config antaa automaattisesti laitteelle seuraavan vapaana olevan väyläosoitteen, kun se lisätään väylään. Vaconin taajuusmuuttajat löytyvät kuvassa 13 oikealla olevasta katalogista Profibus DP -alasetoalikon alta. Aukeavasta hakemistopuusta valitaan Additional Field Devices -kohta, joka löytyy Drives-kansiosta. Kansio sisältää eri taajuusmuuttajien GSD-tiedostot. GSD-tiedostolla tarkoitetaan sähköistä laitetiedostoa. Se pitää sisällään esimerkiksi väyläparametreja, tiedonsiirtonopeuden ja tietoja valmistajasta.



KUVA 13. Sekundaari-ilmapuhaltimen taajuusmuuttajan lisäys väylään (Simatic Step7 HW -config)

Kun taajuusmuuttaja oli saatu konfiguroitua järjestelmään, täytyi taajuusmuuttajan tulot ja lähdöt määrittellä. HW-config määrittelee automaattisesti laitteen tulo- ja lähtöosoitteet, kun se lisätään HW-konfiguraatioon. Osoitteita on myös mahdollista vaihtaa itse, mutta helpoimmalla pääsee, kun käyttää oletusosoitteita. Kuvassa 14 on HW-config:n määrittelemät sekundääri-ilmapuhaltimen taajuusmuuttajan I/O-osoitteet.

Slot	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address
1	2AX	PPO 4	808...811	572...575
2	24X	-> PPO 4	812...815	576...579
3	24X	-> PPO 4	816...819	580...583
4				
5				

KUVA 14. HW-config:n määrittelemät I/O-osoitteet lisätylle taajuusmuuttajalle (Simatic Step7 HW-config)

PPO 4:lla tarkoitetaan taajuusmuuttajan kommunikointiobjektin tyyppiä eli sillä määritellään, mitä arvoja taajuusmuuttajalta luetaan sekä mitä sille kirjoitetaan. Kuvassa 15 osoitetaan Vacon NX-sarjan PPO-tyypit sekä niiden sisältämät parametrit. PPO 4 -tyyppiin sisältyy tilasanan eli status wordin sekä taajuusmuuttajan taajuuden oloarvon siirto orjalaitteelta isännälle. Isäntälaitteelta on PPO 4:ä käytettäessä mahdollista kirjoittaa orjalaitteelle ohjaussana eli control word sekä antaa muuttajalle taajuuden ohjearvo.

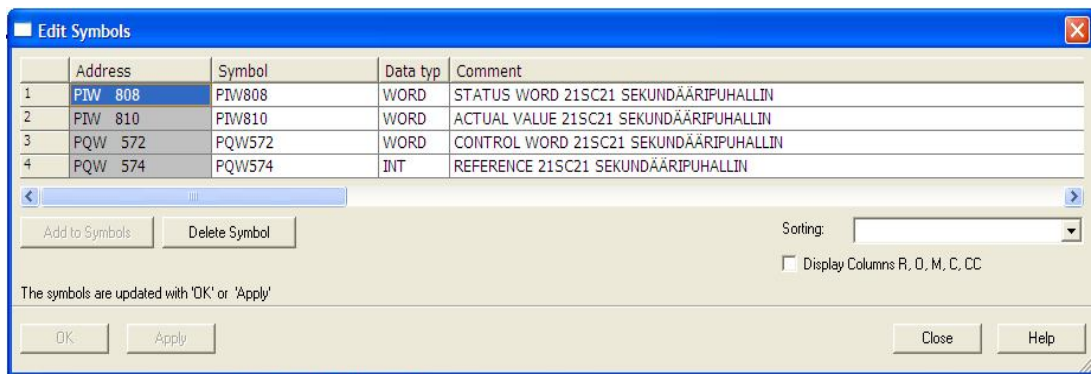
Parametrikenttä			Prosessidatakenttä									
ID	IND	VALUE	CW	REF	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8
			SW	ACT	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8
PP0 1												
PP0 2												
PP0 3												
PP0 4												
PP0 5												

Kuvaukset:

<input type="checkbox"/>	Tavu
ID	Parametrin tyyppi ja numero
IND	Parametrin alaindeksi
VALUE	Parametrin arvo
CW	Ohjaus-sana
SW	Tila-sana
REF	Ohjearvo
ACT	Oloarvo
PD	Prosessidata

KUVA 15. Vacon NX-sarjan taajuusmuuttajien PPO-tyypit (Vacon Oyj, 2012)

Tyypillisesti laitteen käynnistys ja pysäytys toteutetaan ohjauksella. Kirjoittamalla heksaluku 047F CW -lähtöön annetaan taajuusmuuttajalle käynnistyskäsky. Tilasana kertoo laitteen sen hetkisen tilan, eli onko laite esimerkiksi käynnissä vai pysähtyneenä tai onko laite vikatilassa. Puhaltimen nopeus asetetaan ohjearvon REF avulla. Oloarvo ACT ilmaisee laitteen nopeuden, ja prosessidatoilla PD1-PD4 voidaan tarkkailla tai asettaa muita muuttajan arvoja, kuten moottorin virta tai vääntö. Kuvassa 16 on HW-config:n määrittelemiä taajuusmuuttajan tuloja ja lähtöjä, jotka on nimetty ohjelmoinnin helpottamiseksi havainnollisin nimin. Tulot ja lähdöt ovat 16-bittisiä, ja niillä on määrätty järjestys. Ensimmäinen tulo on tilasana ja toinen on laitteen oloarvo. Ensimmäisellä lähdöllä laite saadaan käynnistymään eli ensimmäinen lähtö on CW, ohjauksilähtö. Järjestyksessään toisella 16-bittisellä lähdöllä saadaan asetettua laitteen nopeus.



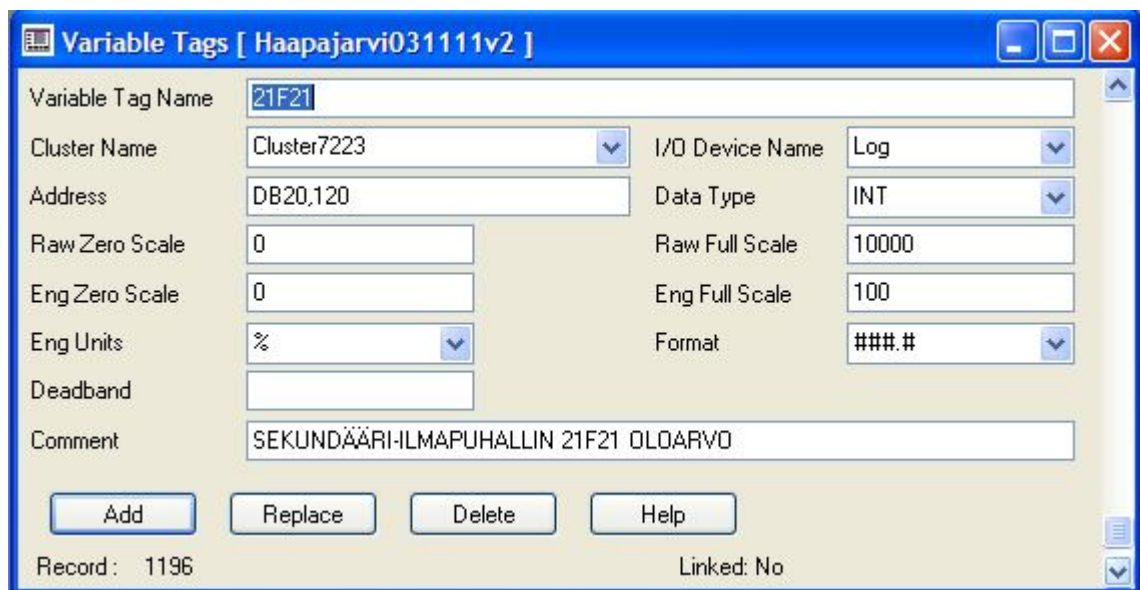
KUVA 16. Määriteltyjä osoitteita sekundääri-ilmapuhaltimen taajuusmuuttajalle (Simatic Step7 HW-config)

Sekundääri-ilmapuhaltimelle lisättiin logiikkaohjelmaan ohjaus. Ohjaus toteutettiin käyttämällä moottoritoimilohkoa. Sekundääri-ilmapuhallinta ohjattiin muutoksen jälkeen ainoastaan savukaasun jäännöshapen säätimellä. Jäännöshapen säätimelle annetaan kiinteä asetusarvo, jota sekundääri-ilmapuhaltimen nopeutta säätämällä yritetään saavuttaa. Jos prosessiarvo on alle asetusarvon, puhallin nostaa kierroksia. Tällöin tulipesään virtaavan sekundääri-ilman määrä kasvaa, ja näin ollen myös savukaasun jäännöshapen määrä.

5.3 Valvomo-ohjelma

Ensimmäiseksi valvomo-ohjelmaan tuli lisätä sekundääri-ilmapuhaltimen tagit. Tagien avulla saadaan siirrettyä tiedot logiikalta valvomo-ohjelmaan ja yksilöityä ne. Tagien arvot haetaan logiikan osoitteiden avulla, jotka täytyy asetella tagien määrittämisen aikana. Myöhemmin valvomo-ohjelmassa käytetään tagien nimiä hyväksi, kun halutaan käyttää jotain tiettyä tietoa. Kuvassa 17 on määritelty sekundääri-ilmapuhaltimen nopeuden oloarvon tagi. Variable Tag Name -kohtaan määritellään tagin nimi, jonka avulla tagi tunnistetaan ohjelmassa. Tätä taginimeä käytetään aina, kun halutaan viitata tähän tietoon. Cluster Name -kohtaan lisätään clusterin nimi, johon tämä tagi liittyy. I/O Device Name -valikkoon syötetään sen logiikan nimi, josta tieto haetaan. Logiikan määrittäminen tehdään, kun valvomo-ohjelman suunnittelu aloitetaan. Address -kohtaan kirjoitetaan haettavan tiedon osoite logiikassa. Tässä esimerkissä tieto haetaan data block 20:sta ja osoitteesta dbw120. Data block 20:een on logiikkaohjelmassa siirretty kaikki

taajuusmuuttajalta kenttäväylää pitkin saadut tiedot. Data type -kohtaan määrittään tiedon tyyppi. Esimerkissämme se on integer-arvo eli kokonaisluku. Raw Zero Scale ja Raw Full Scale määrittelevät tiedon skaalauksen logiikalla, ja Eng Zero Scale ja Eng Full Scale määrittelevät arvon skaalauksen valvomo-ohjelmassa. Eng units -kohdassa määrittään sen arvon yksikkö, joka näkyy valvomon näytöllä. Tässä tagissa se on %-merkki, koska nopeus esitetään suhteellisena nopeutena taajuuden maksimiarvosta. Format-alasvetovalikosta määrittään arvon muoto eli se, miten se näytetään näytöllä. Määrittämisellä ###.# esimerkiksi luku 100 näkyy valvomo-ohjelman näytöllä muodossa 100.0 %. Comment-kohtaan voidaan laittaa jokin tagia hyvin kuvaava kommentti, jonka avulla tiedetään, minkä tiedon tagi on kyseessä. Kuvan 17 vasemmassa alareunassa oleva Record-kohta näyttääkin, kuinka mones tagi on kyseessä.



Variable Tags [Haapajarvi031111v2]

Variable Tag Name: 21F21

Cluster Name: Cluster7223 I/O Device Name: Log

Address: DB20,120 Data Type: INT

Raw Zero Scale: 0 Raw Full Scale: 10000

Eng Zero Scale: 0 Eng Full Scale: 100

Eng Units: % Format: ###.#

Deadband:

Comment: SEKUNDÄÄRI-ILMAPUHALLIN 21F21 OLOARVO

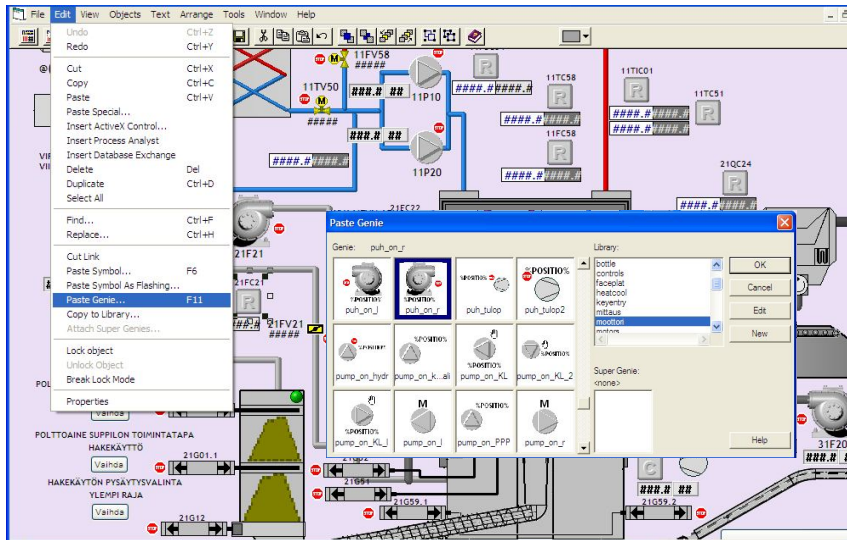
Add Replace Delete Help

Record: 1196 Linked: No

KUVA 17. Sekundääri-ilmapuhaltimen nopeuden oloarvon tagi (Citect valvomo-ohjelma)

Valvomo-ohjelman prosessikuvaan tuli lisätä sekundääri-ilmapuhallin ja poistaa kuvasta sekundääri-ilmapelti. Puhaltimen lisäys tapahtuu paste genie -komennolla. Geniellä tarkoitetaan ohjelmoitua symbolia. Genieiden hyöty korostuu projekteissa, joissa valvomo-ohjelmaan tulee paljon samanlaisia laitteita: jokaista samanlaisen laitteen symbolia ei tarvitse erikseen määrittää, vaan riit-

tää, että syöttää tagin nimen genien liittämisen aikana. Kuvassa 18 on nähtävillä, mistä valikosta on mahdollista liittää genie projektiin. Avautuvasta paste genie -ikkunasta valitaan haluttu genie, jonka jälkeen se liitetään projektiin.

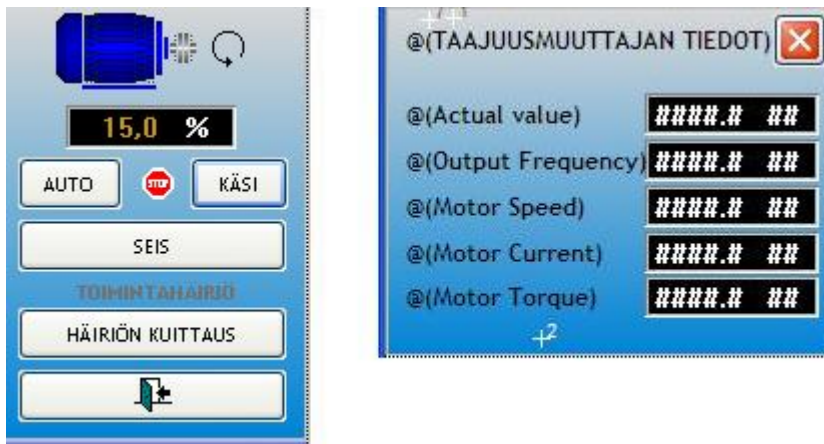


KUVA 18. Genien liittäminen projektiin (Citect valvomo-ohjelma)

Genieiden lisäksi Citectissa on olemassa super genieitä, jotka ovat toiminnaltaan samanlaisia kuin genietkin. Super genieiden avulla on helppoa toteuttaa erilaisia popup-ikkunoita, jotka ponnahtavat näkyviin esimerkiksi klikkaamalla hiiren vasemmalla painikkeella moottorin kuvaa. Popup-ikkunat ovat siitä hyödyllisiä, että ne eivät vie tilaa näytöltä, sillä ne eivät ole koko ajan näkyvillä. Tämä edesauttaa sitä, että yhdelle näytölle saadaan kerättyä suurempi osa prosessista, jolloin prosessin kokonaistilanne on helppo hahmottaa.

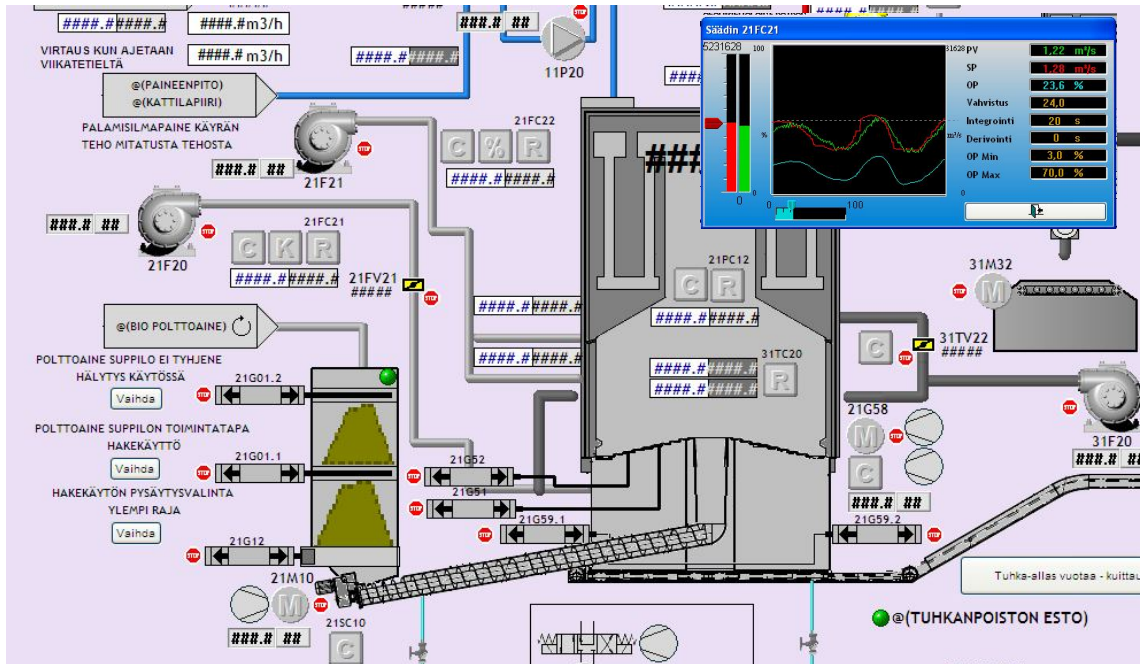
Tässä projektissa puhallin-genielle oli määritelty kaksi erilaista super genietä, joista toisen sai auki hiiren vasemmalla näppäimellä ja toisen oikealla näppäimellä. Se, mitä tietoja super genieihin viedään, määritellään samalla, kun puhallin-genie liitetään projektiin. Kuvassa 19 on näkyvillä puhallin-genien kaksi erilaista super genietä. Vasemmalla oleva popup-ikkuna avautuu hiiren vasemmalla näppäimellä. Sen avulla puhaltimen voi laittaa automaatti- tai käsiajolle, pysäyttää puhaltimen tai kuitata vikatilanteessa toimintahäiriön. Popup-ikkunasta voi myös katsoa, onko puhallin käynnissä ja tarkastaa puhaltimen

nopeuden. Oikeanpuoleinen ikkuna näyttää taajuusmuuttajan erilaisia arvoja, kuten lähtötaajuuden tai moottorin virran.



KUVA 19. Puhaltimen super geniet (Citect valvomo-ohjelma)

Kuvassa 20 näkyy päivitetty kuva valvomo-ohjelman prosessinäytöstä. Positiolla 21F20 oleva puhallin on primääri-ilmapuhallin. Sekundääri-ilmapuhallin on kuvassa primääri-ilmapuhaltimen yläpuolella, ja sen positio on 21F21. Kuvassa näkyvät harmaat laatikot ovat genieitä, joita klikkaamalla saadaan auki PID-säätimiä, käyriä sekä ikkunoita, joihin voi syöttää korjauskertoimia. Kuvan oikeassa yläkulmassa näkyy PID-säätimen super genie, joka saadaan auki klikkaamalla harmaata R-kirjaimella merkittyä laatikkoa.



KUVA 20. Sekundääri-ilmapuhallin lisätty prosessinäytölle (Citect valvomo-ohjelma)

Sekundääri-ilmapuhaltimen uudet hälytykset lisättiin valvomo-ohjelmaan viimeisinä. Ensiksi hälytyksille täytyy määrittellä tagit. Sen jälkeen tagien avulla on mahdollista määrittellä hälytykset. Kuvassa 21 on määritelty sekundääri-ilmapuhaltimen turvakytinhälytys. Jos kentällä oleva turvakytin on väännetty päälle, tulee siitä hälytys järjestelmään. Alarm tag -kohtaan määritellään hälytyksen tagin nimi tai tässä tapauksessa hälytyksen järjestysnumero. Cluster Nameen laitetaan sen clusterin nimi, jonka ryhmän alle hälytyksen halutaan kuuluvan. Alarm name -kohtaan voidaan kirjoittaa hälytyksen nimi. Tässä projektissa alarm name -kohtaan on määritelty, tuleeko hälytys biokattilan vai öljykattilan puolelta. Alarm Desc -kohtaan voi kirjoittaa kuvauksen hälytyksestä. Variable tag A -kohtaan tulee määrittää se tagi, johon tämä hälytys liittyy, sekä se, onko hälytys aktiivinen "ykkösellä" vai "nollalla". Tässä tapauksessa hälytys annetaan, jos tagi A_21F21_TURVAK on nolla. Variable Tag B:hen voi määrittellä toisen tagin, joka otetaan myös huomioon hälytyksen aktivoinnissa. Jos kohtaan A ja B määritellään tagit, täytyy molempien kohtien olla tosi, ennen kuin hälytys annetaan.

Alarm Tag	<input type="text" value="A258"/>		
Cluster Name	<input type="text" value="Cluster7223"/>		
Alarm Name	<input type="text" value="BIO-KATTILA"/>		
Alarm Desc	<input type="text" value="SEKUNDÄÄRI-ILMAPUHALLIN 21F21 TURVAKYTKIN"/>		
Variable Tag A	<input type="text" value="NOT A_21F21_TURVAK"/>		
Variable Tag B	<input type="text"/>		
Category	<input type="text" value="1"/>	Help	<input type="text"/>
Delay	<input type="text"/>		
Comment	<input type="text"/>		

KUVA 21. Turvakytkin-hälytyksen määrittely Citectissa (Citect valvomo-ohjelma)

Primääri-ilmapellin jäädessä palamisilmajärjestelmään tehtiin sille ohjaus, jossa pellille voidaan antaa kiinteä asento-ohje. Sitä ei säädetä lainkaan sovellusohjelmasta käsin. Tälle ohjaukselle tuli lisätä syöttöikkuna (kuva 22) valvomo-ohjelman asetukset-sivulle. Ikkunaan syötetään asento-ohje säätöpellille. Tällekin asento-ohjeelle on määritelty oma tagi, jotta arvo saadaan siirrettyä logiikalle.

@(VENTTIILIT)

@(BIOKATTILAN VIRTAUSSÄÄTÖVENTTIILIN
 11FV51 MINIMI ASENTO)

@(ÖLJYKATTILAN VIRTAUSSÄÄTÖVENTTIILIN
 12FV01 MINIMI ASENTO)

@(PRIMÄÄRI-ILMAVENTTIILIN 21FV21
 ASENNON KÄSIOHJEASETUS)

KUVA 22. Primääri-ilmaventtilin asento-ohjeen asetus-ikkuna (Citect valvomo-ohjelma)

Jotta puhaltimen toimintaa voitaisiin seurata pitkällä aikavälillä, lisättiin sekundääri-ilmapuhaltimen nopeudelle vielä trenditagin. Kuvassa 23 on määritelty trenditagin sekundääri-ilmapuhaltimen nopeuden oloarvolle. Trenditagin avulla voidaan piirtää trendiä erityiselle trendi-sivulle. Trendit ovat hyvä apu seurattaessa prosessia sekä selvitetessä, mistä jokin vikatilanne prosessissa on saanut alkunsa. Trenditagille määritellään nimi, jonka avulla siihen viitataan myö-

hemmin. Lisäksi täytyy määrittellä Sample Period eli näytteenottoväli. Esimerkissä se on 30 sekuntia. Trendin tyyppi -kohdassa valitaan, onko trendin piirto jatkuva vai piirretäänkö sitä vain jonkin tietyn tapahtuman aikana. File name -kohtaan kirjoitetaan määränpää, johon trendin historiatiedosto tallennetaan. No. Files -kohdassa (Number of Files) määritetään, kuinka monta historiatiedostoa määränpäähän kerätään. Kun määrä on täyttynyt, viimeinen historiatiedosto korvataan uusimmalla tiedostolla. Time -kohdan avulla määrätään, mihin kelloaikaan uusi historiatiedosto luodaan, ja Period -kohdassa määritellään yhden historiatiedoston aikajakso. Tässä tapauksessa se on viikko. Yhteenvetona voidaan siis sanoa, että joka maanantai kello 0.00 luodaan uusi historiatiedosto. Näitä tiedostoja luodaan 104 ennen kuin viimeinen tiedosto korvataan. Vuodessa on viikkoja 52, joten trendidatat ovat tallessa valvomo-koneella kahden vuoden ajalta.

KUVA 23. Sekundääri-ilmapuhaltimen nopeuden trenditagin luonti (Citect valvomo-ohjelma)

Edellä kuvattujen työvaiheiden lisäksi valvomo-ohjelman näytöiltä poistettiin tarpeettomia symboleja, joita ei muutoksen jälkeen enää tarvittu. Sekundääri-ilmanakanavan säätöpelti poistettiin prosessikuvasta ja kaikki palamisilmanakanavan paineen säätöön liittyvät asiat, kuten palamisilmanakanavan paineen pid-säätimen geniet sekä palamisilmanakanavan paineen mittauksen oloarvo.

5.4 Palamisilmajärjestelmän käyttöönotto modernisoinnin jälkeen

Palamisilmajärjestelmän käyttöönotto tapahtui kesän huoltokatkoksen jälkeen. Tällöin muutos oli helppo testata, koska laitos ei ollut vielä käynnissä. Puhaltimien ohjaukset voitiin testata huolella ja ilman pelkoa kattilan alasajosta. Ensimmäiseksi testattiin puhaltimien käyntiin/seis -ohjaukset sekä lukitukset ja turvakytimen toiminnan. Lukituksen sattuessa laitteen tulee pysähtyä välittömästi. Sitten tarkastettiin, että valvomo-ohjelman puhallinsymbolien käyntitietojen animoinnit toimivat ja kaikki popup-ikkunat avautuvat oikein. Lisäksi varmistettiin, että arvojen syöttäminen toimii ja ne ohjautuvat oikeisiin muistipaikkoihin.

Kun puhaltimien kylmäkäyttö oli testattu, kattila ajettiin ylös. Tämän jälkeen täytyi säätöpiirit, joihin palamisilmajärjestelmän muutos vaikutti, virittää uudestaan. Viritettäviä säätöpiirejä olivat primääri-ilman määrän säätö, savukaasun jäännöshapen säätö sekä kattilaveden lämpötilasäätö. Säätimet viritettiin yrityserhdys -menetelmällä. Eniten aikaa vei savukaasun jäännöshapen säätimen virittäminen, koska jäännöshapetta ei tahdottu saada millään pysymään asetusarvossa. Sillä oli taipumus laskea lähelle nolaa, jolloin happilukitus lukitsee primääri-ilmapuhaltimen, jotta savukaasun jäännöshappi saataisiin taas nousuun. Ongelmana oli se, että suoraa happisäätöä käytettäessä primääri-ilman määrän vaikutusta ei oteta ollenkaan huomioon, vaikka sillä on suuri merkitys jäännöshapen määrään. Tehon noustessa primääri-ilmamäärä kattilaan kasvaa ja tästä johtuen palaminen tehostuu. Yhä suurempi osa hapesta kuluu palamiseen, jolloin savukaasun jäännöshappi alkaa laskea.

Suoraa happisäätöä käytettäessä puhaltimen ohjaus reagoi paljon hitaammin palamisessa tapahtuviin muutoksiin kuin käyräsäädöllä ajettaessa, koska primääri-ilman määrän kasvu ei näy heti savukaasun jäännöshapen laskuna, vaan jäännöshappi alkoi laskea lyhyen viiveen jälkeen. Kääntyessään laskuun jäännöshapen prosessiarvo laskee verrattain nopeasti, jolloin sekundääri-

ilmapuhallin ei enää ehtinyt korjata arvoa halutulla tavalla. Näin ollen biokattilan tehon noustessa ja primääri-ilman virtauksen määrän kasvaessa sekundääri-ilmapuhallin ei ehtinyt korjata arvoa tarpeeksi. Toisin sanoen säädettäessä sekundääri-ilmapuhallinta savukaasun jäännöshapen avulla reagointi palamisessa tapahtuviin muutoksiin on hitaampaa.

Jotta säätö saatiin toimimaan, täytyi siitä tehdä nopea. Näin puhallin ehtii reagoida palamisessa tapahtuviin muutoksiin. Säädön vaikutusta parannettiin myös säätämällä sekundääri-ilmakanavissa olevia käsisäätöpeltejä, koska vaikutti siltä, että suuri osa sekundääri-ilmasta syötettiin tulipesään liian alas. Muutoksen ansiosta pienempi osa sekundääri-ilmasta kului palamiseen. Tämän ansiosta sekundääri-ilman syötöllä saatiin vaikutusta savukaasun jäännöshapen säätöön.

Kattilaveden lämpötilan säätimen I-arvoa kasvatettiin hieman, jotta prosessiarvo saatiin pysymään hyvin asetusarvossaan. Kattilaveden lämpötilan säätö saa olla rauhallinen, koska kattilaveden lämpötilan muutos on hidas prosessi verrattuna moneen muuhun lämpölaitoksen säätöpiiriin. Primääri-ilman säädössä täytyi ensimmäiseksi muuttaa teho-/primääri-ilmakäyrää, jolta primääri-ilman pid-säädin saisi asetusarvonsa. Kattilan tehon kasvaessa käyrän viimeistä eli korkeinta pistettä tuli muuttaa: sekä tehoarvoa että sitä vastaavaa primääri-ilman määrää nostettiin. Primääri-ilmamäärän pid-säätimen arvoihin ei tarvinnut tehdä suuria muutoksia. Tärkeintä tällä säätimellä nimittäin on, että puhallettavan ilman määrä seuraa tarpeeksi nopeasti asetusarvon muutoksia.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Työssä tavoitteena ollut biokattilan tehonnosto saatiin toteutettua onnistuneesti. Talven kovien pakkasten aikana biokattilan teho oli noin kaksi megawattia suurempi kuin ennen muutosta. Ainoa asia, joka vaati hienosäätöä, oli sekundääri-ilman/savukaasun jäännöshapen säätö. Käyttöönoton jälkeen teimme yhdessä Haapajärven Lämpö Oy:n toimitusjohtajan Janne Alpuan kanssa ohjelmaan lisäyksen, jossa käyttäjän on mahdollista valita, käytetäänkö sekundääri-ilmapuhaltimen ohjaukseen edellä mainittua suoraa happisäätöä vai alkuperäisessä järjestelmässä ollutta säätötapaa. Alkuperäisessä säädössä asetusarvona oli sekundääri-ilman määrä, joka saatiin primääri-/sekundääri-ilmakäyrältä. Tätä asetusarvoa korjattiin jäännöshapen säätimeltä saatavalla happikorjausprosentilla. Mahdollisuus säätötavan valitsemiseen tehtiin, koska suora happisäätö ei toiminut niin hyvin kuin aluksi oli ajateltu eikä savukaasun jäännöshapen säätimen parametrien virityksellä päästy haluttuun lopputulokseen.

Primääri-ilman vaikutus savukaasun jäännöshapen muutokseen on suuri, eikä suoralla happisäädöllä ajettaessa primääri-ilman vaikutusta oteta mitenkään huomioon. Suoraa happisäätöä käytettäessä puhaltimen ohjaus reagoi paljon hitaammin palamisessa tapahtuviin muutoksiin kuin käyräsäädöllä ajettaessa, koska primääri-ilman määrän kasvu ei näy heti savukaasun jäännöshapen laskuna, vaan jäännöshappi alkaa vähentyä viiveen jälkeen. Kääntyessään laskuun jäännöshapen prosessiarvo laskee verrattain nopeasti, jolloin sekundääri-ilmapuhallin ei enää ehdi korjata arvoa halutulla tavalla. Näin ollen biokattilan tehon noustessa ja primääri-ilman virtauksen määrän kasvaessa sekundääri-ilmapuhallin ei ehtinyt korjata arvoa tarpeeksi. Osasyynä tähän ongelmaan saattoi olla myös sekundääri-ilmapuhaltimen pieni teho verrattuna primääri-ilmapuhaltimeen. Savukaasun jäännöshapen laskiessa tarpeeksi alas happilukitus aktivoituu, jolloin primääri-ilmapuhallin sammuu varotoimenpiteenä. Tämä ei ole toivottavaa, sillä se haittaa prosessia. Lisäksi se kuormittaa lämpölaitoksen päivystäjiä, koska lämpölaitoksen hälyttäessä heidän on käytävä aina tarkistamassa tilanne paikan päällä.

Kun sekundääri-ilmapuhallinta ohjataan primääri-/sekundääri-ilmakäyrällä, tehon noston takia kasvava primääri-ilma vaikuttaa heti myös sekundääri-ilmapuhaltimen ohjaukseen. Tästä johtuen sekundääri-ilmapuhallin alkaa korjata ohjaustaan aikaisemmin haluttuun suuntaan, ja näin ollen korjaus on paljon rauhallisempi ja stabiilimpi. Happikorjausprosentilla voidaan vielä korjata asetusarvoa polttoaineen laadun tai kosteuden muuttuessa. Tämä säätötapa ottaa paremmin huomioon kattilan tehon noususta aiheutuvat muutokset polttoprosessissa.

Marraskuussa 2011 palamisilmajärjestelmää muutettiin vielä uudestaan, sillä sekundääri-ilmapuhaltimen tehot eivät riittäneet sekundääri-ilman tuottoon ja savukaasun jäännöshapen pitämiseen halutulla tasolla. Näiden ongelmien vuoksi suurempi primääri-ilmapuhallin vaihdettiin sekundääri-ilmapuhaltimeksi ja pienempi sekundääri-ilmapuhallin primääri-ilmapuhaltimeksi. Edellä kuvattu muutos auttoi huomattavasti mainittuihin vikoihin. Tässä vaihdossa korostuivat kenttäväylän hyödyt, koska ainoa muutos, mikä täytyi tehdä ohjelmointipuolella, oli vaihtaa taajuusmuuttajilta väyläosoitteet keskenään sekä turvakytkimien osoitteet logiikkaohjelmassa.

Kovimpien tehojen aikaan tuli esille myös se seikka, että palamisilmajärjestelmän kapasiteetin noston takia savukaasupuhallin oli jäänyt pieneksi. Koska muutoksen jälkeen tulipesään syötetään enemmän palamisilmaa, tarvitaan myös savukaasupuhaltimelta enemmän tehoa, jotta tulipesä saadaan pidettyä alipaineen puolella. Ylipainehälytys pysäyttää palamispuhaltimet ja polttoaineen syötön, jotta tulipesän paine saataisiin alipaineen puolelle. Tämä haittaa lämmöntuottoprosessia, sekä lisää tuntuvasti päivystäjien tarkistuskäyntejä ja siten työtaakkaa.

7 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tehdä muutos Haapajärven Lämpö Oy:n Rantakadun lämpölaitoksen biokattilan palamisilmajärjestelmään. Tilaus muutokselle tuli kaukolämpöverkon tehontarpeen kasvun vuoksi. Suoritettujen toimenpiteiden ansiosta biokattilan huipputehoa saatiin kasvatettua: yhdellä palamisilmapuhaltimella toimiva palamisilmajärjestelmä korvattiin kahden puhaltimen palamisilmajärjestelmällä, eli nykyisin sekä primääri- että sekundääriilmakanavalla on omat puhaltimensa. Työhön kuului logiikan ja valvomo-ohjelman ohjelmointi sekä palamisilman syöttöön liittyvien säätöpiirien virittäminen.

Työssä tutustuttiin myös yleisesti kaukolämmöntuotantoon sekä kiinteän polttoaineen polttotekniikoihin. Nämä tiedot antoivat hyvän yleiskuvan prosessista ja erilaisista tavoista tuottaa lämpöä kuluttajille ja teollisuuden käyttöön. Prosessin kokonaisvaltainen ymmärtäminen helpotti ohjelmointia huomattavasti, sillä yhden prosessiarvon muuttuminen voi vaikuttaa hyvinkin moneen asiaan lämmöntuotantoprosessissa. Insinööriyön aikana tutustuttiin perusteellisesti Siemensin Step7-ohjelmointiympäristöön, erityisesti toimilohko-ohjelmointiin, online-muutosten tekoon sekä muutosten lataukseen ohjelmointikoneelta CPU:lle. Oulun seudun ammattikorkeakoulussa käydyistä Step7 -harjoituksista oli hyötyä, sillä suunnitteluohjelman perusteet olivat minulla näin ollen hallussa jo ennen työn aloittamista. Työn edetessä taitoni jalostuivat ja sovellusohjelman käytöstä tuli rutiinia. Citect oli täysin tuntematon ohjelma ennen projektia, joten siihen jouduttiin paneutumaan huolellisesti. Valvomo-ohjelman päivityksen aikana Citectin suunnitteluympäristö tuli verrattain tutuksi, ja varsinkin prosessissa käytettyjen genieiden ja super genieiden hyödyllisyys korostui. Niiden avulla valvomo-ohjelman suunnittelusta tulee paljon nopeampaa ja helpompaa ja ohjelmasta saadaan aikaan yhtenäinen ja helppokäyttöinen valvomosovellus.

Kaiken kaikkiaan työn tavoitteet saavutettiin erinomaisesti. Biokattilan tehoa saatiin nostettua ja insinööriyön tekijänä sain arvokasta kokemusta Siemensin

Step7- ja Schneider Electricin Citect -sovelluksien käyttämisestä. Insinööryöprosessi antoi kattavan kuvan siitä, mitä esimerkiksi automaatioinsinöörin toimenkuvaan kuuluu. Työ lämpölaitosten parissa on todella mielenkiintoista, koska siinä voi päivittäin kohdata uusia haasteita ja ongelmia. Vaikeista työtehtävistä suoriutuminen ja siitä kumpuava onnistumisen tunne innostavat jatkamaan eteenpäin sekä ottamaan asioista enemmän selvää. Mitä enemmän työssään joutuu pohtimaan toimintamalleja erityyppisiin ongelmiin, sitä enemmän oppii uutta ja kasvattaa ammattitaitoaan.

LÄHTEET

Alapere, Ari - Roppola, Jonne - Hietanen, Tero. 2009. Profibus väyläanalyysi.

Saatavissa:

www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/Labrat/C_analyysi.doc. Hakupäivä 25.4.2012.

BioGrate-polttotekniikka. MW Power Oy. Saatavissa:

http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-

[F2C82?OpenDocument&mid=FFCD8DB23A9DBD2CC22575A000499593](http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-F2C82?OpenDocument&mid=FFCD8DB23A9DBD2CC22575A000499593). Hakupäivä 28.03.2012.

Enelec Oy. Palvelut. Saatavissa:

http://www.enelec.fi/enelec_oy__palvelut1.htm. Hakupäivä 19.4.2012.

Energiavuosi 2011 - Kaukolämpö. 2011. Energiateollisuus ry. Saatavissa:

<http://www.slideshare.net/energiateollisuus/energiavuosi-2011-kaukolmp>. Hakupäivä 28.03.2012.

Haapajärven Lämpö Oy. Lämpölaitokset. Saatavissa:

<http://www.haapajarvenlampo.fi/lampolaitos.htm>. Hakupäivä 28.03.2012.

Hellgren, Matti - Heikkinen, Lauri - Suomalainen, Lauri. 1996. Energia ja ympäristö. Helsinki: Opetushallitus.

History of Citect. 2012. Schneider Electric. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.com.au/sites/australia/en/company/about-us/global-history/citect-history.page>. Hakupäivä 9.4.2012.

Huhtinen, Markku - Kettunen, Arto - Nurminen, Pasi - Pakkanen, Heikki. 2000.

Höyrykattilatekniikka. 5. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Hyppänen, Timo - Raiko, Risto. 1995. Leijupoltto. Teoksessa Poltto ja palaminen. Raiko, Risto - Kurki-Suonio, Ilmari - Saastamoinen, Jaakko - Hupa, Mikko. (toim.). Teknillisten Tieteiden Akatemia (TTA).

Kahdennetut S7-400H-logiikkaohjaimet uudistuvat. Siemens automaatio. Saatavissa: http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuus/tuoteuutiset/kahdennetut_s7-400h_logiikkaohjaimet_uudistuvat.htm. Hakupäivä 04.04.2012.

Kara, Mikko. 2004. Energia Suomessa 2004. 3.painos. Helsinki: Edita.

Kaukolämmitys. 2012. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>. Hakupäivä 25.3.2012.

Kaukolämmitys toimintaperiaate. 2012. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>. Hakupäivä 25.3.2012.

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

Kaukolämpö. 2012. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://www.kaukolampo.fi/toimintaperiaate2.html>. Hakupäivä 25.3.2012.

Kaukolämpö. 2012. Oy Danfoss Ab. Saatavissa: <http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfm/docs/index.cfm?ID=867>. Hakupäivä 28.03.2012.

Kerrosleijuteknologia. MW Power. Saatavissa: http://www.mwpower.fi/mwpower/fi/mwpower_pages_fi.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-10279?OpenDocument&mid=FFCD8DB23A9DBD2CC22575A000499593. Hakupäivä 30.03.2012.

Kuvapankki. 2012. Oy Danfoss Ab. Saatavissa:

http://www.lpm.danfoss.fi/kuvat/paino/HKL-2_03.jpg. Hakupäivä 29.03.2012.

Poltinpoltto. 2011. Bioenergiatieto. Saatavissa:

http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/poltinpoltto/. Hakupäivä 29.03.2012.

Profibus DP -optiokortti. Vacon Oyj. Saatavissa:

<http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=465761>. Hakupäivä 25.4.2012.

Prosessiautomaatio. Saatavissa: http://heikki.pp.fi/abb/240_0007.pdf. Hakupäivä 2.4.2012.

Siemens S7-400. Siemens automaatio. Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7-400.php. Hakupäivä 4.4.2012.

Vijeo Citect. 2012. Schneider Electric Finland. Saatavissa:

<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductGroup.aspx?groupid=32584&navid=24710&navoption=1>. Hakupäivä 9.4.2012.

Voimalaitosautomaatio. Voimalaitosautomaation kurssimateriaali 2011. Saatavissa:

<http://cc oulu.fi/~lauraloh/Voimalaitosautomaatio%20kurssimateriaali%202011.pdf>. Hakupäivä 28.03.2012.