

Kaukolämpökeskuksen automaatiuusinnan esisuunnittelu

Markus Parkatti

Opinnäytetyö

Joulukuu 2015

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Parkatti, Markus	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 12.12.2015
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kaukolämpökeskuksen automaatiuusinnan esisuunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen, Ari Kuisma		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän Energia Oy, Erillistuotanto		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Jyväskylän Energia Oy ja sen alaisuuteen kuuluva Erillistuotanto. Opinnäytetyössä suoritettiin Kuokkalan 40 MW:n kaukolämpökeskuksen automaatiuusinnan esisuunnittelu.</p> <p>Työn tavoitteena oli kerätä ajantasaiset tiedot laitoksen nykyisestä automaatiojärjestelmästä ja sen laitteistosta. Työssä oli lisäksi tavoitteena kartoittaa eri vaihtoehtoja nykyisen automaatiojärjestelmän tilalle hankittavaksi järjestelmäksi. Tavoitteena oli myös tehdä kerättyjen tietojen pohjalta tarjouspyynnöt suunnittelutoimistoille eri järjestelmävaihtoehtoja.</p> <p>Lähtötiedot kerättiin kokoamalla arkistosta ja laitokselta löytyvät paperidokumentit ja skannaamalla ne sähköiseen muotoon. Lähtötietojen paikkansapitävyys pyrittiin varmistamaan vertailemalla dokumentteja laitoksella olevaan todelliseen laitteistoon. Kerättyjen lähtötietojen pohjalta tehtiin tarjouspyynnöt suunnittelutoimistoille. Kerätyt lähtötiedot ja saadut tarjoukset kerättiin osaksi Jyväskylän Energia Oy:lle jäävää loppuraporttia.</p> <p>Työn tuloksena Jyväskylän Energia Oy sai käytettäväkseen loppuraportin, jossa oli koottuna laitoksesta uusintaa varten kerätyt lähtötiedot, selvitykset eri järjestelmävaihtoehtoja ja suunnittelutoimistoilta saadut tarjoukset eri toteutusvaihtoehtoja.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Esisuunnittelu, automaatiosuunnittelu, automaatiuusinta		
Muut tiedot		

Author(s) Parkatti, Markus	Type of publication Bachelor's thesis	Date 12.12.2015 Language of publication: Finnish
	Number of pages 47	Permission for web publication: x
	Title of publication Preliminary design of automation renewal of district heating plant	
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Veli-Matti Häkkinen, Ari Kuisma		
Assigned by Jyväskylän Energia Oy, Erillistuotanto		
Abstract <p>The bachelor's thesis was assigned by Erillistuotanto, a department of Jyväskylän Energia Oy. The preliminary design of the automation renewal of Kuokkala 40 MW district heating plant was conducted during the thesis project.</p> <p>The goal of this thesis was to collect up-to-date data about the plant's current automation system and its equipment. Additionally, the thesis was to chart different automation systems that could replace the old system in use at the moment and to make requests of quotations to chosen engineering offices about the chosen automation systems based on the collected data.</p> <p>The initial data was collected from the archive and the plant by gathering and scanning the paper documents into electronic form. The validity of the initial data was tested as thoroughly as possible by comparing the documents to the actual system at the plant. Requests of quotations to engineering offices were made based on the collected initial data. The collected initial data and the received quotations were added to the final report for Jyväskylän Energia Oy.</p> <p>As a result of the thesis, Jyväskylän Energia Oy got a final report for their use including all the collected initial data, report on the different automation systems for the renewal, and the quotations received from different engineering offices.</p>		
Keywords/tags (subjects) Preliminary design, automation design, automation renewal		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	3
2	JE-konserni ja Jyväskylän Energia Oy	4
	2.1 Tytäryhtiöt	6
	2.2 Erillistuotanto	6
3	Kuokkalan kaukolämpökeskus	8
4	PIPO-asetus ja uuteen polttoöljyyn siirtyminen	14
5	Automaatiosuunnittelu ja sen vaiheet	15
	5.1 Esisuunnitteluvaihe	19
	5.2 Lähtötiedot ja vaatimukset	21
	5.3 Esisuunnittelu tässä uusintaprojektissa	23
6	Järjestelmävaihtoehdot	24
	6.1 Siemens S7-400 -logiikkasarja	24
	6.2 Metso DNA -automaatiojärjestelmä	27
7	Kaukolämpökeskuksen laitteiston muutokset	29
8	Esisuunnitteluprojektin aloitus	31
9	Lähtötietojen kerääminen	33
10	Alustavat tarjouspyynnöt	36
11	Lopulliset tarjoukset automaatiouusinnasta	37
12	Tarjosten esittely	38
13	Toteutusvaihtoehtojen vertailu	39
14	Loppuraportti Jyväskylän Energia Oy:lle	42
15	Yhteenveto ja pohdinta	42
	15.1 Ongelmat	44
	15.2 Mitä opin	45
	Lähteet	46

Kuviot

Kuvio 1. Jyväskylän Energia -konsernin rakenne.....	4
Kuvio 2. Kuokkalan kaukolämpökeskus	9
Kuvio 3. Kaukolämpökeskuksessa nyt käytössä oleva Siemens S5 135U -logiikka	10
Kuvio 4. Kaukolämpökeskuksen nykyinen paikallisvalvomo.....	11
Kuvio 5. Tehdasmallin periaatteellinen jäsennys.....	15
Kuvio 6. Suunnittelun sisällön painottuminen elinkaaren eri vaiheisiin.....	17
Kuvio 7. Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet.....	18
Kuvio 8. Esimerkki Siemens S7-400 -sarjan logiikasta.....	25
Kuvio 9. Esimerkki Metso DNA -järjestelmän arkkitehtuurista.....	28

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee kaukolämpökeskuksen automaatiuusinnan esisuunnittelua. Työn tilaajana toimi Jyväskylän Energia Oy:n alaisuuteen kuuluva Erillistuotanto, joka vastaa omaan vastualueeseensa kuuluvien laitosten kunnossapidosta. Työn kohteena on Jyväskylän Kuokkalassa sijaitseva 40 MW:n Kuokkalan kaukolämpökeskus.

Tarpeen tälle opinnäytetyölle loi Kuokkalan kaukolämpökeskuksessa lähivuosien aikana toteutettava automaatiuusinta. Automaatiojärjestelmän uusinta laitoksella on noussut ajankohtaiseksi, koska laitoksella nyt käytössä oleva alkuperäinen automaatiojärjestelmä on tulossa elinkaarensa päähän, mistä johtuen sen varaosia on huonosti saatavilla ja ne ovat kalliita. Varaosien huonosta saatavuudesta johtuen laitoksen toimintavarmuus on alentunut. Lisäksi automaatiuusinnalla halutaan nostaa laitoksen automaatioastetta, jolloin laitoksen toimintavarmuus ja käytettävyys nousee.

Opinnäytetyön aikana tehtävän esisuunnittelun tavoitteena on kerätä työn kohteena olevan Kuokkalan kaukolämpökeskuksen automaatiojärjestelmän lähtötiedot, kartoittaa eri järjestelmävaihtoehdot uudeksi automaatiojärjestelmäksi ja tehdä alustavat tarjouspyynnöt eri toteutusvaihtoehdoista valituilta suunnittelutoimistoilta.

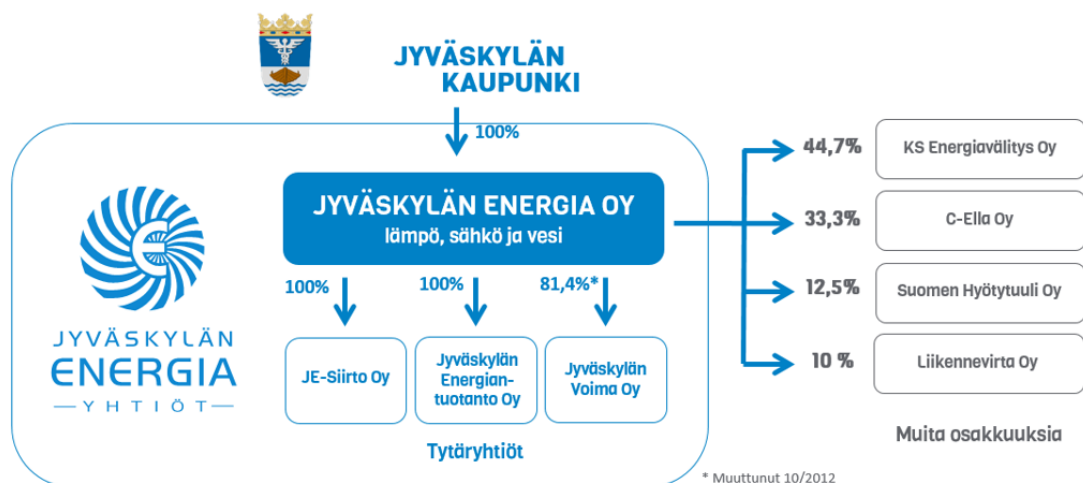
Työn toteutus tapahtui pääasiallisesti Erillistuotannon toimistolla Jyväskylässä Savelan voimalaitoksella. Tämän lisäksi työtä tehtiin itse Kuokkalan kaukolämpökeskuksella sekä Rauhalahden voimalaitoksen ja Savelan voimalaitoksen arkistoissa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi Jyväskylän Energia Oy:lle loppuraportti, jossa on koottuna kaikki esisuunnittelun aikana kerätyt ja mahdollisuuksien mukaan varmennetut lähtötiedot, eri järjestelmävaihtoehtojen vertailu ja kaikki työn aikana suunnittelutoimistoilta saadut tarjoukset automaatiuusinnasta. Jyväskylän Energia Oy ja

Erillistuotanto voivat hyödyntää syntyneitä loppuraporttia tehdessään päätöksiä automaatiouusinnan toteutuksesta ja käytettävästä automaatiojärjestelmästä. Raportin sisältöä voidaan hyödyntää myös itse automaatiouusinnan suunnittelu- ja toteutusvaiheissa.

2 JE-konserni ja Jyväskylän Energia Oy

Jyväskylän Energia Oy toimii nykyään Jyväskylän Energia -konsernin emoyhtiönä. Alun perin 1902 perustettu ja Jyväskylän kaupungin omistama Sähkölaitos tuotti Jyväskylässä sähköä aluksi vain höyryvoimalla. Kaukolämpöä ryhdyttiin tuottamaan Jyväskylässä vuonna 1960. Sähkölaitos nimi jäi historiaan 1980, kun toiminta muuttui liikelaitokseksi ja uudeksi nimeksi valittiin Energialaitos. Vuonna 1997 Energialaitos muutettiin osakeyhtiöksi ja syntyi Jyväskylän Energia Oy. Vesiliiketoiminta siirtyi Jyväskylän Energia Oy:lle 2006, kun se osti toiminnan omistajaltaan. (JE-yhtiöt 2015.) Kuvio 1 havainnollistaa Jyväskylän Energia -konsernin nykyistä rakennetta.



Kuvio 1. Jyväskylän Energia -konsernin rakenne (Jyväskylän Energia Yhtiöiden Energiantuotanto 2014)

Nykyisin Jyväskylän Energia Oy yhdessä tytäryhtiöidensä kanssa tuottaa, jakelee ja myy omistamissaan verkoissa vettä, lämpöä ja sähköä. Sähköä Jyväskylän Energia Oy myy maanlaajuisesti. JE-konsernin tavoitteena on olla energia-alan palveleva osaaja, joka kehittää alan osaamista ja edistää maakunnan kilpailukykyä ja työllisyyttä. Tavoitteisiinsa päästäkseen JE-yhtiöt kehittävät palvelujaan asiakastarpeet ja ekologia huomioiden. (JE-yhtiöt 2015.)

JE-konserniin kuuluvia tytäryhtiöitä ovat JE-Siirto Oy, Jyväskylän Energiatuotanto Oy ja Jyväskylän Voima Oy. Tämän lisäksi JE-konsernin osakkuusyhtiöitä ovat KS Energia-välitys Oy (JE - osakkuus 44,66 %), C-Ella Oy (JE - osakkuus 33,3 %), Suomen Hyötytuuli Oy (JE - osakkuus 12,5 %) ja Liikennevirta Oy. Jyväskylän Energia Oy:n omistaa kokonaisuudessaan Jyväskylän kaupunki. Tytäryhtiöistä Jyväskylän Energia Oy omistaa kokonaisuudessaan JE-Siirto Oy:n ja Jyväskylän Energiatuotanto Oy:n. Jyväskylän voima Oy:stä Jyväskylän Energia Oy omistaa 81,4 %. (Tytär- ja osakkuusyhtiöt 2015.)

JE-yhtiöt lukuina:

- Liikevaihto 2014 noin 183 miljoonaa euroa
- Henkilökuntaa noin 240
- Myynti:
 - Sähkön vähittäismyynti 829 GWh
 - Sähkön tukkumyynti 626 GWh
 - Sähkön siirto, oma jakelualue 660 GWh
 - Lämpö 1024 GWh
 - Laskutettu vesi 7,4 miljoonaa m³

(JE-yhtiöt 2015.)

2.1 Tytäryhtiöt

JE-Siirto Oy toimii Jyväskylän kantakaupungin verkonhaltijana ja palvelee verkkoalueensa sähkön siirron asiakkaita. JE-Siirto Oy:n toimintaan kuuluu sähköverkon suunnittelua, rakentamista, asiakkaiden liittämistä verkkoon, käyttöä ja ylläpitoa, sähkön mittausta, sekä muita sähkön siirtoon liittyviä tehtäviä. (Tytär- ja osakkuusyhtiöt 2015.)

Jyväskylän Energiatuotanto Oy on vuonna 1996 perustettu Jyväskylän Energia Oy:n tytäryhtiö. Jyväskylän Energiatuotanto Oy tuottaa höyryä, kaukolämpöä ja sähköä pääasiallisesti omasta maakunnasta saatavalla turpeella ja puulla. Yhtiö toimittaa kaukolämpöä Jyväskylän Energia Oy:n ja Elenia Oy:n verkkoihin Jyväskylässä. Yhtiön tuottama sähkö menee käyttöön pääasiassa Jyväskylässä sekä muualla Keski-Suomen maakunnassa. Jyväskylän Energiatuotanto Oy:n alaisuuteen kuuluvia voimalaitoksia ovat Rauhalahden ja Savelan voimalaitokset, sekä kymmenen kappaletta aluelämpökeskuksia Jyväskylässä ja sen lähiympäristössä. Yhtiöllä on sähkötuotannon kapasiteettia yhteenlaskettuna 115 MW, kaukolämmön kapasiteettia 570 MW ja teollisuushöyryn kapasiteettia 110 MW. (Tytär- ja osakkuusyhtiöt 2015.)

Jyväskylän Voima Oy on vuonna 2006 perustettu yhtiö, joka perustettiin Keljonlahden biovoimalaitoksen toimintaa varten. Keljonlahden voimalaitos vihittiin käyttöön kesällä 2010. Jyväskylän Voima Oy on ainoa tytäryhtiö, jota Jyväskylän Energia Oy ei omista kokonaisuudessaan. Yhtiöstä vain 81,4 % kuuluu Jyväskylän Energia Oy:lle ja loput osakkeet ovat jakautuneet Jyväskylän Energia Oy:n kumppaneiden kesken. (Tytär- ja osakkuusyhtiöt 2015.)

2.2 Erillistuotanto

Erillistuotanto on Jyväskylän Energia Oy:n alaisuuteen kuuluva osasto joka vastaa Jyväskylän alueen varakaukolämpölaitoksista, kaukolämpöpumppaamoista ja muista

pienemmistä laitoksista, kuten Keltinmäen CHP laitos ja vesivoimalaitos. Osa näistä laitoksista kuuluu Jyväskylän Energia Oy:lle ja osa Jyväskylän Energiatuotanto Oy:lle, eli Erillistuotanto suorittaa näiden laitosten kunnossapitoa yhteisesti. Erillistuotannon pääasiallinen tehtävä on sen vastuulla olevien laitosten ennakoiva kunnossapito, jotta Rauhalahden ja Keljonlahden päälaitosten ongelmatilanteissa voidaan riittävä sähkön ja kaukolämmön tuotanto taata varalaitoksilla. (Erillistuotannon henkilökunta 2015.)

Erillistuotantojen alaisuuteen kuuluu yhteensä 20 laitosta: 7 kaukolämpöpumppaamo, 10 kaukolämpölaitosta, vesivoimalaitos, Savelan voimalaitos ja Keltinmäen CHP laitos. Laitoksia ohjataan etänä sekä Keljonlahden, että Rauhalahden valvomoista käsin. Laitokset on jaettu näiden kahden valvomon kesken jolloin niitä ajetaan normaalitytilanteessa aina samasta paikasta. Tämän lisäksi Erillistuotannon laitoksia voi tietysti ajaa paikallishjauksilla. (Erillistuotannon henkilökunta 2015.)

Lista Erillistuotannon alaisuuteen kuuluvista laitoksista:

- Länsiväylän kaukolämpöpumppaamo
- Kinkovuoren kaukolämpöpumppaamo
- Sarvivuoren kaukolämpöpumppaamo
- Keljonkankaan kaukolämpöpumppaamo
- Vaajakoskentien kaukolämpöpumppaamo
- Kangasvuoren kaukolämpöpumppaamo
- Heinälammen kaukolämpöpumppaamo
- Savelan voimalaitos
- Härköojan kaukolämpökeskus
- Korpilahden KPA kaukolämpökeskus
- Korpilahden POK kaukolämpökeskus
- Kuokkalan kaukolämpökeskus
- Halssilan kaukolämpökeskus
- Varikon kaukolämpökeskus
- Lohikosken kaukolämpökeskus
- Keski-Palokan kaukolämpökeskus

- Kortepohjan kaukolämpökeskus
- Nisulan kaukolämpökeskus
- Keltinmäen CHP laitos
- Vesivoimalaitos

(Erillistuotannon henkilökunta 2015.)

3 Kuokkalan kaukolämpökeskus

Kuokkalan kaukolämpökeskus (ks. kuvio 2) on vuonna 1989 käyttöön otettu 40 MW:n miehittämätön varakaukolämpökeskus Jyväskylän Kuokkalassa. Laitos käyttää polttoaineena raskasta polttoöljyä ja sytytykseen kevyttä polttoöljyä. Laitosta käytettiin ennen säännöllisesti kaukolämmön kulutushuippujen aikana, mutta nykyään laitos on Keljonlahden voimalaitoksen valmistumisen myötä jäänyt pelkän varalaitoksen asemaan. Laitosta ajetaan nykyisin ajallisesti vain vähän alkuperäiseen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että kyseessä on varakaukolämpölaitos ja molempien Keljonlahden ja Rauhalahden päälaitosten yhtäaikaiset vikatilanteet ovat harvinaisia. Kuokkalan kaukolämpölaitoksen tehtävä on siis nostaa kaukolämmön tuotannon toimintavarmuutta omalla toiminta-alueellaan.



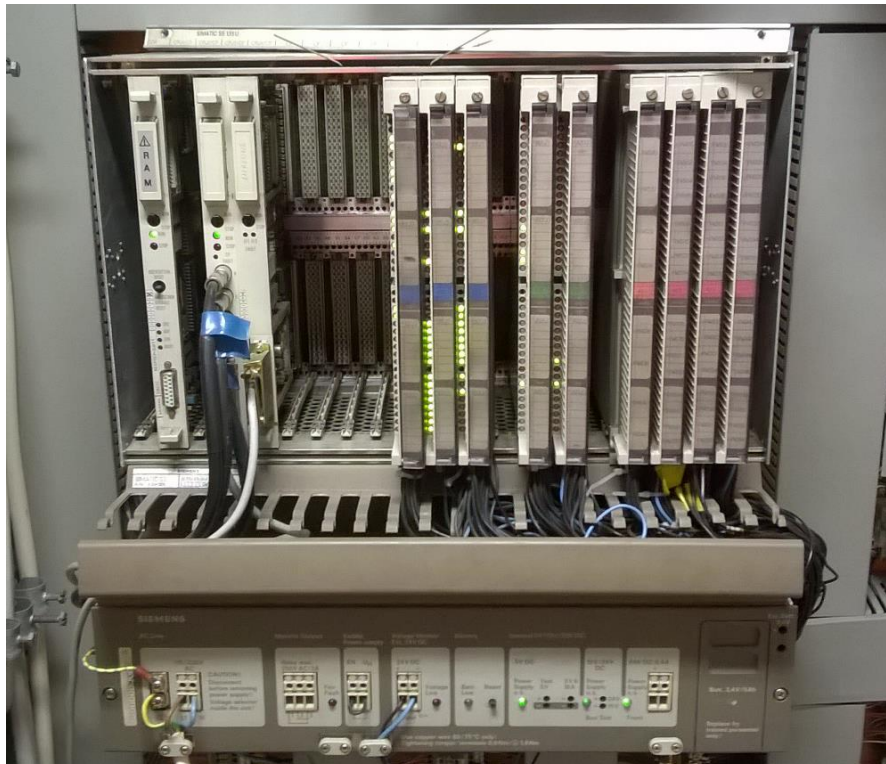
Kuvio 2. Kuokkalan kaukolämpökeskus

Kuokkalan kaukolämpölaitoksen tärkeimmät laitteet/osat:

- 40MW kaukolämpökattila, jossa Saacken raskasöljypoltin ja poltinlogiikka
- Raskaspolttoöljysäiliö, 2000 m³
- 2 x POR siirtopumppu
- 2 x Öljy/vesi lämmönsiirrin
- Öljyn sähkölämmitin
- Kevytöljysäiliö, 5 m³
- Kevytöljypumppu
- Palamisilmapuhallin
- 2 x kaukolämpöpumppu, FLUIDRIVE nestekytkimet
- Kattilan sunttipumppu
- 2 x omakäyttöpumppu
- Korvausilmapuhallin
- 4 x kiertoilmakoje

Listattujen laitteiden lisäksi laitoksessa on tietysti lukuisia muitakin laitteita kuten, sulku- ja säätöventtiilejä, lämmönvaihtimia ja pienempiä pumppuja. Nykyisin laitoksen alkuperäisestä laitteistosta on osa jo poistettu käytöstä. Tällaisia laitteistoja ovat esimerkiksi lisävesi- / paisuntasäiliö toimilaitteineen ja emulsiovesiyksikkö. Näitä käytöstä poistettuja laitteistoja ei oteta automaatiuusinnassa huomioon millään tavalla, vaikka niistä osa vielä laitokselta löytyykin.

Laitoksessa on käytössä alkuperäinen vuonna 1989 käyttöönotettu Siemensin S5 135U -erillislogiikka (Ks. kuvio 3). Logiikassa on 922 R -prosessori, CP526-näytönohjauskortti sekä CP524-sarjaliikennekortti nykyistä kaukokäyttöliityntää varten. Logiikkaan on kytketty I/O-kortteja seuraavasti: 3kpl 430-4UA12 digitaalitulokortteja, 2kpl 451-4UA12 digitaalilähtökortteja, 460-4UA12 analogiatulokortti ja 3kpl 465-4UA12 analogiatulokorttia. Tämän lisäksi laitoksesta löytyy ASPON -tarkkuusgrafiikkamonitori ja Siemensin Braumat -prosessiohjausnäppäimistö laitoksen paikallista valvomonäyttöä ja paikallisohjausta varten (Ks. kuvio 4).



Kuvio 3. Kaukolämpökeskuksessa nyt käytössä oleva Siemens S5 135U -logiikka



Kuvio 4. Kaukolämpökeskuksen nykyinen paikallisvalvomo

Laitoksen nykyinen automaatiojärjestelmä poikkeaa uudemmissa järjestelmistä siten, että siinä ei ole käytössä minkäänlaista väyläratkaisua, eikä järjestelmässä ole myöskään analogisia lähtöjä ohjauksia varten. Kaikki logiikan ohjaukset kentälle tapahtuvat siis nykyisessä järjestelmässä digitaalilähtöjen välityksellä. Säättötoimenpiteet on toteutettu siten, että laitteen binäärilähtöjä ohjaamalla logiikka lisää tai vähentää toimilaitteen ohjausta. Yksi esimerkki tämän ohjaustavan aiheuttamista ongelmista nähdään laitoksen kaukolämpöpumppujen nestekytkimissä. Kaukolämpöpumppujen nestekytinten portaittainen ohjaus logiikan binäärilähdöillä nykyisessä järjestelmässä on säädettävyydeltään huono. Osittain tästäkin johtuen kaukolämpöpumppuja ajetaan nykyisin käytännössä vain täydellä teholla tai ei ollenkaan. Logiikka saa laitoksessa paluutietoja kentältä useimmista ohjattavista laitteista esimerkiksi analogisten asentotietojen muodossa, mutta muutamista ohjatuista magneettiventtiileistä ei ole

saatavilla todellista paluutietoa, sen sijaan on vain tieto siitä mihin asentoon venttiilit on sillä hetkellä ohjattu.

Paluutietojen puutteiden ja joidenkin säätöjen vaikeuksien lisäksi nykyisen automaatiojärjestelmän pääongelma on logiikan huollettavuudessa. Nykyiseen elinkaarensa päässä olevaan Siemensin S5-sarjan logiikkaan on vaikea löytää sopivia varaosia, kun esimerkiksi jokin logiikan I/O-korteista hajoo vanhuuttaan. Huonosta saatavuudesta johtuen kyseisen logiikan varaosat ovat myös kalliita. Kun varaosien huono saatavuus yhdistetään jo hyvin iäkkääseen ja pitkään käytössä olleeseen logiikkaan, laitoksen toimintavarmuus laskee merkittävästi. Esimerkiksi jo yksittäisen logiikan kortin hajoaminen voi johtaa todella pitkään huoltokatkoon laitoksella, jos kyseistä logiikan korttia ei löydy Jyväskylän Energia Oy:n omista varaosavarastoista.

Kaukolämpökattilan raskasöljypoltinta ohjaa Saacken valmistama poltinlogiikka, joka toimii muusta automaatiosta lähes täysin erillisenä yksikkönä. Poltinlogiikka on toteutukseltaan relepohjainen ja siltä saadaan hyvin rajoitettu määrä tietoa muuta laitteistoa ohjaavalle logiikalle. Poltinlogiikan yhteydessä on myös toteutettu laitoksen turvapuoli niin sanotusti ”kovalla” puolella, eli varsinaisessa automaatiojärjestelmässä ei ole varsinaisia turvatoimintoja ollenkaan. Poltinlogiikan mahdollisista muutoksista/päivityksestä vastaa logiikan toimittanut taho, eikä sen päivitys kuulu tämän opinnäytetyön piiriin, lukuun ottamatta sen aiheuttamaa lisääntyntä I/O:n tarvetta varsinaisessa automaatiojärjestelmässä.

Laitoksen automaatioon on vuosien aikana tehty lukuisia pieniä lisäyksiä ja muutoksia. Useimmat näistä lisäyksistä ovat hyvinkin pieniä, kuten ulkona olevien viemärikaivojen öljyhälytykset ja kulunvalvonnan hälytys. Tämän lisäksi automaatiojärjestelmään on lisätty yksittäisiä mittauksia vuosien aikana.

Nykyisen automaatiojärjestelmän Siemensin logiikkaohjelma on kirjoitettu STL muodossa, eli ohjelmakoodi on rivimuotoista. Itse logiikkaohjelma sisältää muutamia OB

ja PB-blokkeja sekä noin 75 FB- ja 45 DB-blokkia. Säättöpiirejä ja sekvenssejä ohjelma pitää sisällään kymmenisen kappaletta kumpiakin.

Kaukolämpökeskusta voidaan etäohjata sekä Rauhalahden, että Keljonlahden voimalaitoksilta käsin. Pääasiallisesti ja normaalitilanteissa lämpökeskusta ohjataan etänä Keljonlahden valvomosta käsin. Laitoksen etäohjaus tapahtuu Metso DNA -prosessin ohjauskuvan kautta. Nykyisen etäohjauksen operointimahdollisuudet ovat hyvin rajatut, eikä yksittäisiin toimilaitteisiin päästä etäohjauksen avulla käsiksi kummaltakaan isommalta voimalaitokselta.

Laitoksen ylösajo tapahtuu kolmen eri sekvenssin kautta, jotka ovat: öljylaitteiden sekvenssi, kattilan sekvenssi ja kaukolämmön sekvenssi. Kaikki kolme sekvenssiä on siis suoritettava onnistuneesti laitoksen ylösajossa. Sekvensseistä ei saada tarkempia tietoja virhetilanteissa, vaan mahdollinen ongelma on aina käytävä selvittämässä paikkan päällä ja ilman tarkempaa osviittaa ongelman laadusta, on sekvenssin pysäyttäneen ongelman selvittäminen usein hidasta ja työlästä. Käytännön kokemus laitoksella on myös osoittanut, että suurimman osan aikaa käyttämättömänä seisova laitos käynnistyy harvoin ilman ongelmia. Tästä johtuen laitoksella joudutaan käymään paikkanpäällä lähes joka kerta, kun laitos tarvitsee ajaa ylös tuotantoa varten. Alasajoa varten on olemassa jokaista käynnistyssekvenssiä vastaava pysäytyssekvenssi. Tämän lisäksi on vielä erikseen seisokkia varten olemassa sekvenssi, jolla pumpataan raskasöljyputkistoon kevyttä polttoöljyä pidempää seisokkia varten. Etäohjauksen ja sekvenssien puutteet ovat yksi tärkeä kehittämiskohde, joiden korjaaminen on uusin esisuunnittelun aikana pyritty ottamaan huomioon.

4 PIPO-asetus ja uuteen polttoöljyyn siirtyminen

Pieniä polttolaitoksia koskevan PIPO-asetuksen mukaiset vaatimukset olemassa oleville laitoksille astuvat voimaan vuoden 2018 alusta. (PIPO-asetus 2015.) Uusien vaatimusten mukaisesti raskasta polttoöljyä käyttävän Kuokkalan kaukolämpökeskuksen rikkidioksidipäästöt pitäisi käytännössä puolittaa nykyisestä. Käytännössä tämä päästöjen puolittaminen tapahtuu siirtymällä käyttämään uutta vähemmän rikkiä sisältävää polttoöljyä. Kuokkalan kaukolämpökeskuksessa uutta polttoöljyä testattiin ensimmäistä kertaa lokakuun 2015 puolivälissä.

Uuteen polttoöljyalaatuun siirtyminen vaikuttaa hieman myös laitoksen automaation toimintaan, sekä tulevaan automaatiuusintaan. Uuden polttoöljyn viskositeetti poikkeaa perinteisestä raskaasta polttoöljystä huomattavasti ja muistuttaa huomattavasti enemmän kevyttä polttoöljyä, kuin raskasta polttoöljyä. Uusi polttoöljy myös pysyy juoksevana huomattavasti alemmissa lämpötiloissa, kuin vanha öljy ja sen leimahduspiste on myös huomattavasti alhaisempi. Tämä viskositeetin muutos aiheuttaa nykyisessä järjestelmässä eniten ongelmia öljyn lämmityksen ja esilämmityksen osalta, sillä vanhaa raskasta polttoöljyä jouduttiin lämmittämään paljon, jotta se olisi riittävän juoksevaa ja jotta sen lämpötila kattilalle mennessä olisi riittävän korkea.

Nykyisten öljyn lämmitykseen ja paineensäätöön liittyvien säätöventtiilien ja automaation säätimien pitäisi teoriassa kyetä mukautumaan myös uuteen notkeampaan ja vähemmän lämmitystä vaativaan öljyyn. Käytännössä kuitenkin nykyiset öljyn lämpötilan säätöön käytettävät säätöventtiilit ovat huonohkoja uusien huomattavasti pienempien virtausten säätämiseen. Esimerkiksi öljyn lämpötilan säätämiseen tarkoitettut säätöventtiilit päästävät ”kiinni” ollessaankin lämmitysvettä virtaamaan vaihtimien läpi, mikä uuden öljyn tapauksessa riittää lämmittämään sitä, olosuhteista riippuen, jo turhan paljon.

5 Automaatiosuunnittelu ja sen vaiheet

Yleisellä tasolla suunnittelulla tarkoitetaan suunnittelun kohteena olevan laajennettavan tai rakennettavan järjestelmän kuvaamista tavalla, joka mahdollistaa järjestelmän toteuttamisen, käytön ja ylläpidon. Suunnittelun lopputuloksena syntyy järjestelmän malli, joka yleensä tarkoittaa joukkoa dokumentteja tai suunnittelijoiden yhteistä tietokantaa, josta kaikki tarvittavat dokumentit löytyvät. Tätä dokumenttien joukkoa tai tietokantaa kutsutaan tehdasmalliksi. Tehdasmalli on siis eräänlainen lokerikko, johon kerätään tietoa suunnittelun edetessä ja sen jälkeen myös käytön ja ylläpidon aikana. Kuviossa 5 on kuvattu tehdasmallin periaatteellinen jäsenys. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 13.)

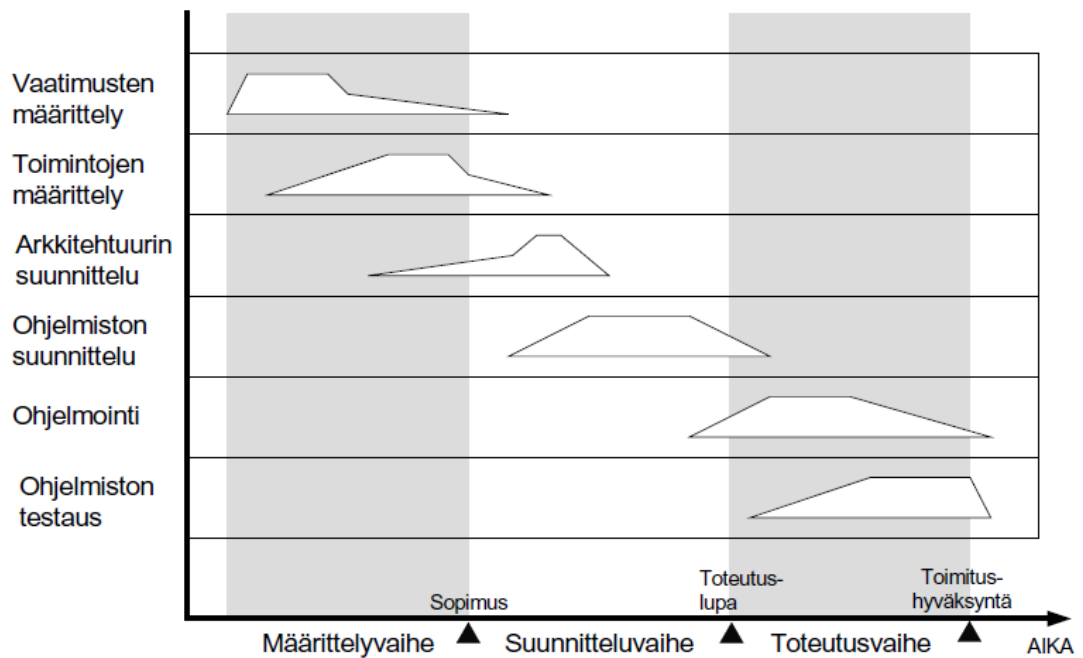
	Tuotanto-prosessi	Henkilöstö	Toiminta-ympäristö	Automaatio-järjestelmä
Yleiset vaatimukset ja reunaehdot	Kapasiteetti Turvallisuus Laatu	Määrä Koulutustaso	Ympäristö-olosuhteet	Hinta Käytettävyys Standardit
Toiminnot	Valmistus-vaiheet	Tehtävät	Tuuletus Lämmitys	Ohjaus-toiminnot
Toteutus	Laitteet	Osastot Vuorot	Rakennukset Huoneet Alueet	Laitteet Ohjelmistot

Kuvio 5. Tehdasmallin periaatteellinen jäsenys (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 13).

Suunnittelussa on yleensä syytä lähteä liikkeelle käyttäjän ja asiakkaan tarpeista ja halutuista toiminnoista ja vasta sen jälkeen siirrytään laitteiston ja ohjelmiston yksityiskohtiin. Riskialttiit tekniset osuudet ja yleiset ratkaisumallit on kuitenkin syytä sopia ajoissa, jotta vältetään mahdolliset yllätykset toteutusvaiheessa. Suunnittelu on

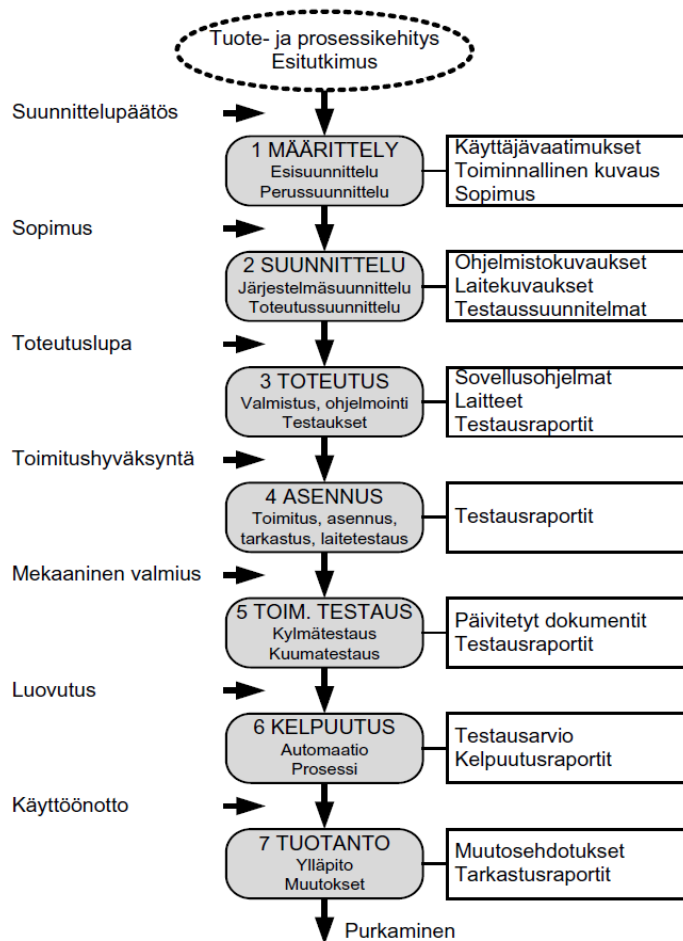
toimintaprosessi, joka voidaan jakaa pienempiin osiin, joita kutsutaan suunnittelu-tehtäviksi. Kukin suunnittelutehtävä tuottaa tietyn osan järjestelmän mallista, esimerkiksi laitekuvauksen. Nämä suunnittelutehtävät käyttävät aikaisempien tehtävien tuloksia lähtötietoinaan, mikä johtaa usein saman tehtävän suorittamiseen useaan kertaan, koska tieto voi olla puutteellista ja muutokset ovat yleisiä. (Mts. 13-14.)

Suunnitteluprojektin hallitsemiseksi sen edistymistä on seurattava ja projektin jatkoa koskevia päätöksiä on tehtävä projektin tietyissä pisteissä. Tästä johtuen suunnittelu-projekteissa käytetään usein elinkaarimallia, jossa suunnittelu jaetaan peräkkäisiin elinkaarivaiheisiin, joiden välillä on useimmiten tarkistuspiste (etappi/milestone). Laajoissa projekteissa ja järjestelmissä järjestelmän eri osat voivat edetä eri aikataulussa ja eri nopeuksilla. Tästä johtuen osa elinkaarimallin vaiheista ja tarkistuspisteistä koskee vain tiettyä suunnittelun osa-aluetta, esimerkiksi automaatioprojektilla voi olla oma aikataulunsa ja koko hankkeella omansa. Käytännön projekteissa järjestelmän mallin tiedot voivat muuttua ja täydentyä myös rinnakkain. Vaikka tietyt asiat pyritään ratkaisemaan projektin ennalta määrätyssä vaiheessa, voi asioiden käsittely venyä pidemmälle ajanjaksolle tai myöhemmät suunnittelutehtävät voivat täydentää aikaisempaa materiaalia. Kuviossa 6 on nähtävillä esimerkki suunnittelun sisällön painottumisesta elinkaaren eri vaiheisiin. (Mts. 14.)



Kuvio 6. Suunnittelun sisällön painottuminen elinkaaren eri vaiheisiin (Automaatio-suunnittelun prosessimalli 2007, 14).

Automaatiosuunnittelussa automaatiojärjestelmän elinkaari jaetaan useimmiten peräkkäisiin vaiheisiin. Eri aloilla ja eri standardeissa automaatiojärjestelmän elinkaari esitetään kuitenkin eri tavoin. Erilaisia standardeja automaatiojärjestelmän elinkaari-mallin kuvaamiseen ovat esimerkiksi automaatioalan IEC 61506 ja ohjelmistotekniikan SPICE. Käytännön projekteissa on syytä sovittaa käytettävä elinkaarimalli kulloiseenkin projektiin sopivalla tavalla. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 15.) Tässä opinnäytetyössä käytän esimerkkinä Suomen Automaatioseura ry:n ”Automaatiosuunnittelun prosessimalli” julkaisun elinkaarimallia automaatiojärjestelmille. Kuviossa 7 esitellään automaatiojärjestelmän elinkaarimallin eri vaiheet.



Kuvio 7. Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 16)

Automaatiosuunnittelun prosessimalli julkaisussa (2007, 16–17) elinkaarimalli osat määriteltiin seuraavalla tavalla:

- **Määrittelyvaihe** (specification phase): Automaatiojärjestelmän toiminnot ja vaatimukset määritellään toimittajan tekemää suunnittelua ja toteutusta varten.
 - **Esisuunnittelu** (preliminary design): Asiakas määrittelee järjestelmän käyttäjävaatimukset ja laatii alustavan kelpuutussuunnitelman. Lisäksi arvioidaan järjestelmän hyödyt ja kustannukset investointipäätöstä varten.
 - **Perussuunnittelu** (basic design): Asiakas ja toimittaja kuvaavat automaatiojärjestelmän toiminnot sopimusta, tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten.

- **Suunnitteluvaihe** (system design): Toimittaja tarkentaa perussuunnittelun aineistot järjestelmän toteutusta varten. Suunnitteluvaiheen päätehtäviin kuuluu **toteutus-suunnittelu, järjestelmäsuunnittelu** ja testaus suunnitelmien laatiminen. Etappina tässä vaiheessa on useimmiten toteutuslupa järjestelmän osalle tai koko järjestelmälle.
- **Toteutusvaihe** (implementation phase): Järjestelmän toimittaja valmistaa, kokoaa ja testaa järjestelmän. Toteutusvaihe päättyy tehdastestien hyväksymiseen ja etappiin toimituslupa, jossa toimittaja ja asiakas toteavat järjestelmän valmiuden asennuspaikalle siirrettäväksi.
- **Asennusvaihe** (installation phase): Automaatiojärjestelmä kaikkine komponentteineen ja ohjelmistoineen asennetaan oikealle paikalleen. Tässä vaiheessa toteutetulla laitteistotestauksella tarkistetaan järjestelmän toimivuus ja suunnittelukuvausten mukaisuus.
- **Toiminnallinen testausvaihe** (commissioning): Toimittaja osoittaa kylmä- ja kuumates- tausten avulla, että asennettu järjestelmä vastaa sopimusta ja toiminnallista ku- vausta. Hyväksytyjen testausten jälkeen järjestelmä luovutetaan asiakkaalle.
- **Kelpuutusvaihe** (validation phase): Muodostuu automaation teknisestä loppukelpuu- tuksesta ja prosessikelpuutuksesta. Käytetään erityisesti turvallisuuden kannalta vaa- tivissa sovelluksissa, kuten voimalaitosten suojausjärjestelmissä.
- **Tuotantovaihe** (production phase, operation phase): Lopullista kelpuutettua auto- maatiojärjestelmää käytetään normaalissa tuotannossa.
- **Purkuvaihe.**

5.1 Esisuunnitteluvaihe

Esisuunnitteluvaiheessa järjestelmän tilaajan, eli asiakkaan tulee selvittää järjestel- män vaatimukset, ratkaisumahdollisuudet ja uuden järjestelmän kustannukset sekä hyödyt. Näitä tietoja käytetään investoinnin toteutuspäätöstä tehdessä, sekä myö- hemmin tarjouspyyntöjen teossa. Esisuunnittelua voi edeltää myös erillinen esitutki- musvaihe (feasibility study), jonka aikana tehtyä kannattavuuslaskelmaa käytetään asiakkaan organisaatiossa suunnitteluprojektin aloitusluvan saamiseen. (Laatu auto- maatiossa – Parhaat käytännöt 2001, 32.)

Esisuunnitteluvaihe aloitetaan tarvemäärittelyllä, jossa selvitetään työn kohteena olevan prosessin ja sen käyttäjäryhmien asettamat tarpeet. Tarpeita voidaan tässä vaiheessa karsia tai muuttaa muilla tavoin ratkaistaviksi. Tämän karsinnan jälkeen erilaiset tarpeet tarkentuvat käyttäjävaatimuksiksi, jotka voidaan ratkaista sopivalla automaation tasolla ja/tai tietyn tyyppisellä automaatiolla. Erityisesti suunniteltavassa laitoksessa valmistettavat tuotteet määrittelevät esisuunnittelussa ilmi tulevia tarpeita. Tämän lisäksi esisuunnitteluvaiheessa tulisi tarkastella mm. prosessin toimintoja, prosessilaitteiston rakennetta, käyttöympäristöä, järjestelmän käyttäjiä, automaatioastetta, tarvittavia ohjaustoimintoja, laatu- ja turvallisuusnäkökohtia sekä automaation kustannuksia. Muita huomioon otettavia asioita ovat esimerkiksi liitynnät muihin järjestelmiin ja mittausten historiatietojen kerääminen. Näiden selvittämiseen tarvitaan usein tietoteknistä osaamista konsultoimaan, kuinka ne voidaan toteuttaa ja millaisia yhteyskäytäntöjä ja verkkoja tulisi käyttää. Automaation näkökannalta esisuunnitteluvaiheen päätökset ovat erittäin tärkeitä, elleivät jopa kaikkein tärkeimpiä. Tästä syystä lopullisen järjestelmän käyttäjien olisi hyvä olla mukana viimeistään tässä vaiheessa suunnittelua, jolloin käyttäjien kokemukset saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. (Laatu automaatiossa – Parhaat käytännöt 2001, 34.)

Esisuunnitteluvaiheessa tulevan automaatiojärjestelmän ominaisuuksia kuvataan käyttäjälähtöisesti, mutta tavoitteena on olla asettamatta suunnittelulle tarpeettomia reunaehtoja. Suunnittelulle ja toteutukselle voidaan kuitenkin asiakkaan toimesta pätevin syin asettaa rajoituksia. Tällaisia päteviä syitä suunnittelun rajoittamiseen voivat olla esimerkiksi yrityksen standardit, yleistyneet toimintamallit tai esimerkiksi yhteistyökuviot muiden yritysten kanssa. (Laatu automaatiossa – Parhaat käytännöt 2001, 35; Erillistuotannon henkilökunta 2015.)

Automaatiojärjestelmälle asetettujen vaatimusten ja rajoitusten sekä prosessin kuvauksen perusteella laaditaan lopulta käyttäjävaatimukset-dokumentti. Tätä dokumenttia käytetään tarjouspyyntöjen tekemisessä, sekä tietojen siirtämisessä tulevan järjestelmän toimittajille. Käyttäjävaatimukset kootaan ryhmätyönä asiakkaan toi-

mesta asiakkaan laatu järjestelmän vaatimusten mukaisella tavalla. Käyttäjävaatimukset kokoavaan ryhmään tulisi ensisijaisesti kuulua tulevan järjestelmän käyttäjiä ja tarvittaessa eri asiantuntijoita. (Laatu automaatioissa – Parhaat käytännöt 2001, 35.)

Käyttäjävaatimusten lisäksi esisuunnitteluvaiheessa laaditaan alustava kelpoistussuunnitelma. Kelpoistussuunnitelma on asiakkaan dokumentti, eli se laaditaan asiakkaan laatu järjestelmän mukaisesti. Kelpoistussuunnitelmassa määritellään menettelyt joilla automaatio järjestelmän laatu varmistetaan ja testataan. Siinä kuvataan kuinka automaatio järjestelmä osoitetaan käyttötarkoitukseensa sopivaksi ja luotettavaksi. Kelpoistussuunnitelmaa laadittaessa on syytä kiinnittää huomiota automaatio järjestelmän koko elinkaareen. Esisuunnitteluvaiheessa menettelyjä käsitellään vain karkealla tasolla menemättä yksityiskohtiin. Tämän dokumentin tarkoituksena on antaa tarjouspyynnön kohteena olevalle toimittajalle tieto siitä, millä tavalla kelpoistus vaikuttaa toimittajan työhön sekä kuvata toimittajalta erikseen vaadittavat laatutoimet. Toimittajan tulee mainita tarjouksessaan, jos jotkut kelpoistussuunnitelmassa mainitut kelpoistustoimet tai laatuvaatimukset eivät sille sovi. Kelpoistussuunnitelmassa mainittuja keskeisiä asioita voivat olla mm. toimittajan auditointi, toimittajan työn katselmukset, toimittajalta vaadittavat testaukset, testausdokumentaatio ja vaatimus toimittajan osallistumisesta kelpoisuustestaukseen. (Mts. 35.)

5.2 Lähtötiedot ja vaatimukset

Automaatioprojektin tärkeimmät vaatimukset ja lähtötiedot syntyvät useimmiten esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnitteluvaiheessa näitä tietoja kerätään investointipäätöstä varten. Esisuunnittelun tuloksien tulee kertoa mahdollisuudet hankkeen toteuttamiseksi, siihen liittyvät turvallisuus- ja riskitekijät ja alustava kustannusarvio. Esisuunnitteluun ei kuitenkaan ole olemassa yhtä yleistä ohjetta tai mallia. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 20.)

Esisuunnittelun tekee joko asiakas tai asiakkaan konsultti. Esisuunnittelu saatetaan tilata myös toimittajalta.

Esisuunnittelun lähtökohtana käytetään uusien laitojen tapauksissa tehdas- ja prosessisuunnittelun tuottamia (tehdasmallin) tietoja. Automaation uusintojen ja laajennusten tapauksissa lähtökohtana on olemassa olevan laitoksen dokumentaatio, jonka taso voi vaihdella runsaasti.

Nykyisin esisuunnittelun tuloksia on monissa eri asiakirjoissa, joista tärkeimmät ovat sopimus ja sen liitteinä olevat PI-kaaviot, ajotapakuvaukset, lähtötiedot ja muut vaatimukset.

Perussuunnittelu jatkaa siitä, mihin esisuunnittelu jää. Perussuunnittelun tavoitteena on tuottaa tarkemmat toiminnalliset määrittelyt sekä järjestelmän toteutusperiaatteet. Perussuunnittelu tuottaa myös usein tilojen varaukset.

Esisuunnittelu tarkastelee automaatiohanketta käyttäjän näkökulmasta, kun taas perussuunnittelu tarkastelee sitä automaatio suunnittelijan näkökulmasta.

(Automaatio suunnittelun prosessimalli 2007, 20.)

Lähtötiedot:

Automaation määrittely lähtee liikkeelle tuotteesta, tuotannosta, henkilöstöstä ja prosessikuvauksesta. Prosessikuvaus kuvaa prosessia tai sen osaa, jota automaation on tarkoitus hallita. Kuvaus sisältää mm. seuraavia asioita:

- PI-kaaviot
- ajotapakuvaukset
- eri konfiguraatiot ja käynnistyssekvenssit
- lukitukset
- eri tuotantotilanteet ja niiden vaihtoon liittyvät toimenpiteet
- normaalit ja hätäpysäytykset
- laitoksen purkaminen käyttöiän lopulla.

Vaatimukset:

Automaatiojärjestelmän suunnittelun lähtötiedot syntyvät esisuunnitteluvaiheessa prosessikuvauksen perusteella. Nykyisin niillä tarkoitetaan mm. seuraavia seikkoja:

- I/O-lukumäärät
- säätöpiirien lukumäärät
- toimilaitteiden mitoitus tiedot
- erilaisten näyttöjen lukumäärät
- tiedot henkilöstöstä, laitoksesta ja muista ulkoisista asennuksista, jotka on otettava huomioon.

(Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 20–21.)

Lähtötietojen oikeellisuudella ja oikea-aikaisuudella on suuri merkitys projektin tai hankkeen onnistumiselle. Vanhoja laitoksia uusittaessa lähtötietojen hankinta tarkoittaa huonoimmassa tapauksessa olemassa olevan laitoksen käymistä läpi tietojen oikeellisuuden varmistamiseksi. Virheet ja puutteet lähtötiedoissa aiheuttavat turhaa työtä ja viivästyksiä. Optimaalisessa tilanteessa tiedot tulevat oikein ja oikeaan aikaan. Tästä huolimatta automaatiosuunnittelu voi myös edetä epävarman suuruusluokkatiedon perusteella. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 21.)

5.3 Esisuunnittelu tässä uusintaprojektissa

Kuokkalan kaukolämpökeskuksen automaatiuusinta on teollisuuden mittakaavassa suhteellisen pieni. Laitoksella ei ole suurta määrää I/O:ta, eikä laitoksen automaatiojärjestelmä ole ohjelmiston tai muiden osien osalta erityisen laaja. Tämän lisäksi johtuen laitoksen luonteesta varalaitoksena, on automaatiuusinta laitoksella mahdollista toteuttaa aikataulunsa puolesta joustavasti. Nämä ovat kaikki osaltaan syitä siihen, miksi uusinnan esisuunnittelussa ei täysin noudateta isommissa projekteissa tarpeellisia ja/tai hyväksi havaittuja käytäntöjä.

Johtuen projektin koosta ja luonteesta, ei esisuunnittelun aikana laadittu esimerkiksi käyttäjävaatimukset-dokumenttia. Automaatiuusinnassa oli erilaisia vaatimuksia, toiveita ja rajoituksia uudelle järjestelmälle. Nämä vaatimukset, toiveet ja rajoitukset käsiteltiin kuitenkin Erillistuotannon sisällä eri tapaamisten, palaverien ja keskustelujen aikana. Erityisesti näitä asioita käsiteltiin työn aloitusvaiheessa pidetyissä aloituspalavereissa. Johtuen projektin koosta ja siinä osallisena olevien henkilöiden suhteellisen pienestä määrästä, ei merkittävää tarvetta tai hyötyä kokonaisen dokumentin kokoamiseen käyttäjävaatimuksista ollut. Lähes samoista syistä kuin käyttäjävaatimukset-dokumentin kanssa, ei projektin aikana laadittu tarkkaa kelpoistussuunnitelmaa. Yksityiskohtaisen kelpoistussuunnitelman tekemättä jättämiseen vaikutti myös

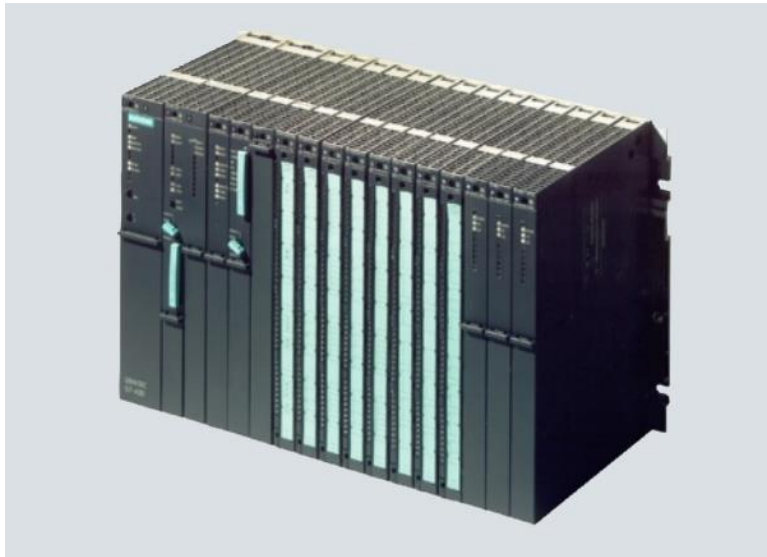
varmasti laitoksen ja projektin koon lisäksi se, että kyseessä on olemassa olevan laitoksen uusinta, eikä uuden automaatiojärjestelmän toimintaan ole tulossa laajoja muutoksia vanhaan järjestelmään verrattuna.

Tässä esisuunnitteluprojektissa esisuunnittelun pääpaino keskittyi lähtötietojen keräämiseen nykyisestä järjestelmästä ja eri järjestelmävaihtoehtojen kartoittamiseen. Lisäksi ehkä hieman isommista projekteista poiketen tämän esisuunnitteluprojektin aikana tehtiin myös tarjouspyyntöjä uusinnan suunnittelusta ja toteutuksesta valituilla automaatiojärjestelmillä.

6 Järjestelmävaihtoehdot

6.1 Siemens S7-400 -logiikkasarja

Siemens S7-400 -logiikkasarjan ohjelmoitavat logiikat sijoittuvat Siemensin SIMATIC-tuoteperheen raskaaseen päähän ja ne on lähtökohtaisesti tarkoitettu keskisuuriin ja suuriin tuotanto- ja prosessiautomaation sovelluksiin. Kuviossa 8 on nähtävillä esimerkki Siemens S7-400 -sarjan logiikasta. S7-400-sarjan logiikoiden tärkeimmät tunnusmerkit ovat korkea suorituskykyisyys ja modulaarisuus, sekä yksinkertainen rakenne ilman liikkuvia osia, kuten tuulettimia. Johtuen niiden yksinkertaisesta rakenteesta S7-400-sarjan logiikat kestävät hyvin teollisen ympäristön fyysisiä rasitteita, kuten tärinää. Tämän lisäksi logiikan rakenne mahdollistaa signaalimoduulien lisäämisen tai poistamisen logiikan ollessa käynnissä ilman tarvetta koko logiikan sammuttamiselle. (S7-400/S7-400H/S7-400F/FH Product Catalogue 2015; Products for Totally Integrated Automation 2013, 6/2.)



Kuvio 8. Esimerkki Siemens S7-400 -sarjan logiikasta (Products for Totally Integrated Automation 2013, 6/2)

S7-400-sarjan logiikat ovat pitkälle yksilöllistettävissä modulaarisen rakenteen vuoksi, jolloin laajasta moduuli- ja prosessorivalikoimasta voidaan valita aina tiettyyn tarpeeseen sopivimmat vaihtoehdot. Modulaarisuus mahdollistaa myös järjestelmän helpon laajentamisen tai muokkaamisen tulevaisuudessa ilman tarvetta suurille investoinneille tai koko logiikan uusimiselle. S7-400-logiikkasarja tukee myös rinnakkaisprosessointia, jolloin samassa S7-400-sarjan keskusyksikössä voidaan käyttää yhtä aikaa useampaa prosessoria, jolloin suurissa sovellutuksissa voidaan jakaa logiikan tehtäviä eri prosessorien suoritettaviksi ja näille prosessoreille voidaan vielä määritellä omat paikalliset lähtönsä ja tulonsa. Modulaaristen osien lisäksi S7-400-sarjan logiikoihin voidaan lisätä yhteensä jopa 21 lisäosaa liitäntämoduulien välityksellä. Tämän lisäksi S7-400-sarjan jokaisesta logiikasta löytyy yhdistetty MPI- ja DP-master liitäntä. Prosessorista ja kommunikointimoduuleista riippuen S7-400-sarjan logiikoiden kanssa voidaan käyttää useita eri väylä- ja yhteysratkaisuja, kuten PROFIBUS DP ja Industrial Ethernet. (S7-400/S7-400H/S7-400F/FH Product Catalogue 2015; Products for Totally Integrated Automation 2013.)

S7-400 logiikoita on saatavilla seuraavina versiona:

- S7-400-sarja:
 - Perusversio, tarkoitettu tavallisiin sovellutuksiin, joissa ei tarvetta korkeammalle SIL tasolle tai redundanttisuudelle.
- S7-400H-sarja:
 - Redundanttinen versio logiikasta sovellutuksiin, joissa on esimerkiksi korkeat uudelleenkäynnistys- ja seisokkikustannukset tai joissa huoltomahdollisuudet ovat rajatut.
- S7-400F/FH-sarja:
 - SIL 3 tasoon yltävä versio, joka on tarkoitettu korkean turvatason vaativiin sovellutuksiin.

Lopullinen S7-400-sarjan logiikka voi muodostua seuraavista modulaarisista osista:

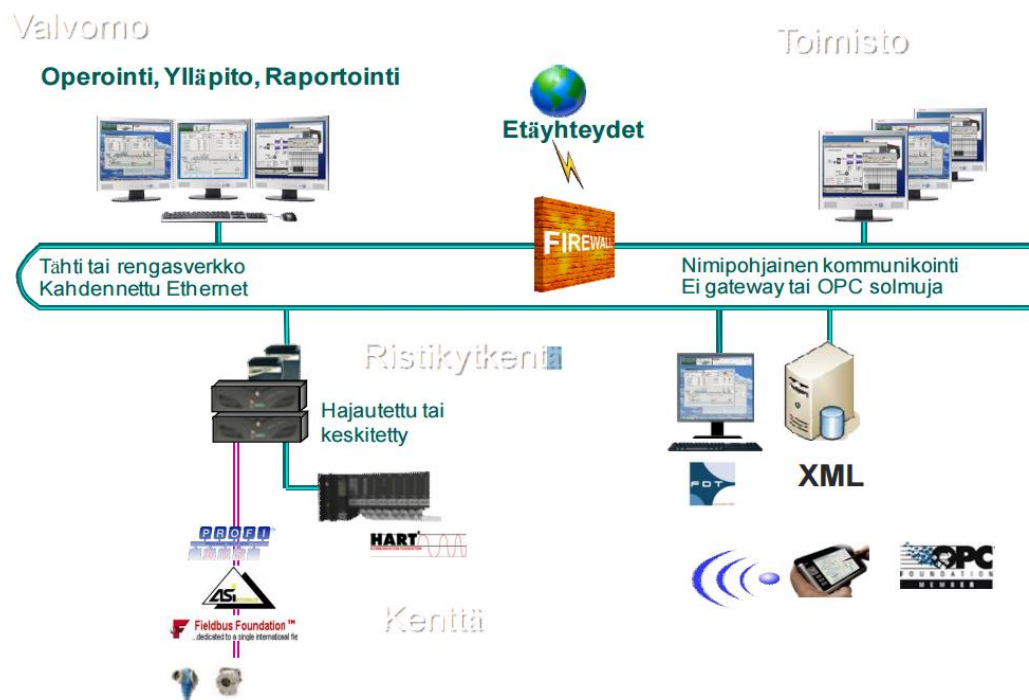
- Virtalähde (PS)
- Prosessori (CPU)
- Signaalimoduuli (SM), digitaaliset ja analogiset tulo- ja lähtökortit
- Kommunikointiprosessori (CP)
- Funktiomoduuli (FM)
- Liitäntämoduuli (IM)
- SIMATIC S5 moduulit: SIMATIC S5 logiikkasarjan tulo- ja lähtökortteja voidaan käyttää sopivan laajennusosan avulla käyttää myös S7-400-sarjan logiikoissa.

(S7-400/S7-400H/S7-400F/FH Product Catalogue 2015; Products for Totally Integrated Automation 2013.)

6.2 Metso DNA -automaatiojärjestelmä

Metso DNA, joka nykyään tunnetaan nimellä Valmet DNA, on kokonaisvaltainen automaatiojärjestelmä, joka voi kattaa mm. prosessinohjaukset, laiteohjaukset, moottoriohjaukset, laadunvalvonnan ja raportoinnin. Valmet DNA -järjestelmät ovat skaalattavissa pienistä mikrokokoisista järjestelmistä kokonaisen tuotantolaitoksen kattaviin suuriin kokonaisuuksiin. Nykyiset Valmet DNA ACN-tuotteet sopivat sekä keskitettyihin, että hajautettuihin sovellutuksiin. (Valmet DNA DCS 2015; Valmet's ACN Controls 2015)

Kuviossa 9 on nähtävillä esimerkki Metso DNA -pohjaisen automaatiojärjestelmän arkkitehtuurista. Valvomosta löytyvät järjestelmän ohjaamiseen käytettävät operointikuvat sekä prosessin analysointiin ja hallintaan käytettävät suunnittelupalvelimet. Ristikytkentälevyt, I/O-kortit ja prosessinohjauspalvelimet löytyvät automaatio-/ristikytkentätilasta. Prosessinohjauspalvelimet keräävät kentältä tulevien mittausten tiedot ja ohjaavat kentällä olevia prosesseja. Tässä esimerkissä prosessia voidaan analysoida ja hallita myös etäyhteydellä toimiston suunnittelupalvelimilta. Metso DNA järjestelmässä käytettävien prosessinohjain- ja automaatiopalvelinten määrä riippuu ohjattavan prosessin koosta. (Friman 2014, 10–12)



Kuvio 9. Esimerkki Metso DNA -järjestelmän arkkitehtuurista (Friman 2014, 10)

Kuokkalan kaukolämpökeskuksen tapauksessa Metso DNA -järjestelmä voisi muodostua esimerkiksi seuraavista pääosista:

- ACN WS teollisuus-PC laitokselle
- ACN MR prosessiohjainpalvelin
- ACN M80 I/O räkät ja kortit
- Ethernet/valokuitu muunnin etäyhteyttä varten

Kuokkalan kaukolämpökeskuksen tapauksessa on useita eri mahdollisuuksia, miten lopullinen järjestelmä voitaisiin toteuttaa. Järjestelmään voitaisiin ottaa pieni prosessiasema, kuten ACN MR, itse laitokselle tai järjestelmän I/O:ta voitaisiin ohjata valokuituyhteyden välityksellä etänä esimerkiksi Savelan voimalaitoksella olevalta prosessiohjainpalvelimelta. Tässä vaihtoehdossa Kuokkalan päähän jäisi siis vain I/O räkät kortteineen ja virtalähteineen, sekä I/O:n etäohjausta varten ethernet/valokuitu muunnin.

7 Kaukolämpökeskuksen laitteiston muutokset

Kun automaatiuusinta tulee aiheelliseksi laitoksessa, siellä käydään usein läpi myös mahdolliset muut tarpeet laitteistojen uusintojen osalta. Kuokkalan kaukolämpökeskuksen automaatiuusintaprojekti ei ole tämän suhteen poikkeus, vaan projektin aikana harkittiin lukuisia laitteiston muutoksia ja päivityksiä, koska niiden toteuttaminen automaatiuusinnan yhteydessä olisi kustannustehokkain keino toteuttaa kyseiset muutokset.

Kuokkalan kaukolämpökeskuksen osalta harkittiin esisuunnittelun alkuvaiheessa lukuisia lisäyksiä ja muutoksia laitteistoon, näitä olivat esimerkiksi:

- Kaukolämpöpumppujen nestekytöntien korvaaminen taajuusmuuttajilla
 - Pumppujen säädettävyys paranisi ja taajuusmuuttajilta saataisiin enemmän ja tarkempaa paluutietoa pumppujen toiminnasta
- Käsitöimisten tiivistevesiventtiilien vaihtaminen magneettiventtiileiksi ja niiden liittäminen automaatiojärjestelmään
 - Laitoksesta tulisi täysin etäkäytettävä.
- Käsikäyttöisten kaukolämpöventtiilien muuttaminen AUMA-toimilaitteella ohjattaviksi
 - Laitoksen automaatioaste nousisi ja käyttö ja kunnossapitohenkilökunnan tarve paikanpäällä käymiseen vähenisi
- Raskasöljysäiliön pinnankorkeuden mittauksen muuntaminen sähköiseksi
 - Nykyinen mekaaninen mittaus on vain paikanpäällä luettavissa
- Poltinlogiikan uusiminen tarkempien paluutietojen saamiseksi
 - Automaatioaste ja käytettävyys nousisivat, kun ongelmatilanteissa saataisiin tarkempaa tietoa esimerkiksi käynnistyssekvenssin pysäyttäneestä ongelmasta.
- Poltinlogiikan reletietojen tuominen varsinaiseen automaatiojärjestelmään
 - Saadaan käytännössä samat hyödyt kuin poltinlogiikan uusinnassa, mutta ilman tarvetta koko poltinlogiikan uusimiselle.
- Polttoöljyn lämmitykseen liittyvien säätöventtiilien uusiminen

- Uusi polttoöljy vaatii vähemmän lämmitystä, jolloin isoille lämmitysvesivirtauksille tarkoitetut säätöventtiilit voivat toimia huonommin pienien virtaus-ten kanssa. Tämän lisäksi vanhat venttiilit ovat olleet jo todella pitkään käytössä, jolloin ne alkavat muutenkin olla elinkaarensa lopussa.
- Kenttäväylän, esimerkiksi Profibus DB, lisääminen uusia laitteita varten
 - Automaatioaste nousee, kun laitteilta saataisiin esimerkiksi enemmän ja tarkempia paluutietoja. Uusien laitteiden liittäminen automaatiojärjestelmään onnistuisi helposti.

Laitokselta löytyy lisäksi tällä hetkellä yksi toimimaton seisokkiventtiili, joka tullaan korvaamaan uudella AUMA-toimilaitteellisella venttiilillä automaatiuusinnan yhteydessä. Esisuunnittelun aikana käytiin läpi eri toimilaitteiden lähettämiä paluutietoja ja kartoitettiin tarvetta lisäpaluutiedoille sekvenssien uusintaa silmälläpitäen. Yleisellä tasolla näiden uusintojen tavoitteena on automaatioasteen nostaminen uusinnan yhteydessä, jolloin esimerkiksi uusitun järjestelmän sekvenssit voitaisiin toteuttaa niin, että virhetilanteissa saadaan käyttäjän tietoon välittömästi sekvenssin pysäyttäneen ongelma. Tämä nostaisi laitoksen käytettävyyttä huomattavasti ja parantaisi samalla käyttäjäystävällisyyttä.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan valtaosa aikaisemmin mainituista lisäyksistä ja muutoksista oli tarkoitus toteuttaa automaatiuusinnan yhteydessä. Kustannussyistä johtuen jouduttiin kuitenkin kaikki laitteiston uusinnat ja muutokset harkitsemaan myöhemmin uudelleen. Uuden tarkistelun jälkeen suurin osa alun perin mukana olleista uusintoista jouduttiin jättämään kokonaan uusittavien laitteiden listan ulkopuolelle, tai niiden uusintaa joudutaan lykkäämään. Uusintojen lykkäyksistä johtuen joudutaan automaatiuusinnassa ottamaan huomioon tarve ylimääräiselle I/O:lle jälkikäteen tehtäviä laiteuusintoja ja lisäyksiä varten. Lopulta päädyttiin siihen, että uusittuun logiikkaan otettaisiin vähintään 15 %:in verran ylimääräistä I/O:ta, jotta kaikki mahdolliset tulevat lisäykset pystyttäisiin toteuttamaan ilman, että logiikkaan jouduttaisiin lisäämään jälkikäteen esimerkiksi hajautettua I/O:ta.

Automaatiouusinnan yhteydessä välittömästi toteutettavia muutoksia tulisivat näit-
ten päätösten perusteella lähtökohtaisesti olemaan: tiivistevesiventtiilien vaihtami-
nen magneettiventtiileiksi, poltinlogiikan uusiminen tai sen mitta-/tilatietojen liittä-
minen automaatiojärjestelmään ja rikkinäisen seisokkiventtiilin korvaaminen uudella.
Kaikki muut laitteiston muutokset ja uusinnat jätetään tekemättä, tai ne toteutetaan
jälkikäteen ennalta määrittelemättömällä aikataululla.

8 Esisuunnitteluprojektin aloitus

Kuokkalan kaukolämpökeskukseen tehtävän automaatiouusinnan esisuunnittelu al-
koi omalta osaltani osittain jo ennen varsinaisen opinnäytetyön aloittamista, suorit-
taessani lyhyttä harjoittelujaksoa Jyväskylän Energia Oy:lle. Tutustuin tämän harjoit-
telujakson aikana Kuokkalan kaukolämpökeskukseen paikan päällä, ensin pelkästään
itse prosessiin sekä laitoksen toimintaan ja myöhemmin myös itse automaatiolait-
teistoon. Harjoittelun aikana olin mukana toteuttamassa laitetunnusten päivittämistä
Jyväskylän Energia Oy:llä käytössä olevaan KKS järjestelmään. Vaikka tunnuksia ei lo-
pulta päädyttykään vaihtamaan käytännön syistä, tuli itse laitos ja sen sisältämä lait-
teisto hyvin tutuksi prosessin aikana, mikä helpotti varsinaisen opinnäytetyön aloitta-
mista merkittävästi.

Varsinaisen opinnäytetyön alkaessa pidettiin Erillistuotannon puolella aloituspalave-
rit, joissa käytiin läpi Jyväskylän Energia Oy:n tavoitteet ja tarpeet automaatiouusin-
nassa. Lisäksi palaverissa käsiteltiin opinnäytteen työalueen rajaukset, rajaukset au-
tomaatiouusinnan eri järjestelmävaihtoehdoille ja listattiin uusintaprojektissa mah-
dollisesti käytettävät suunnittelutoimistot.

Esimieheni Erillistuotannon puolella oli jo hyvin varhaisessa vaiheessa sopinut projek-
tin aloittamista varten alkutapaamiset Kuokkalan kaukolämpökeskuksella projektissa

mukana olevien suunnittelutoimistojen kanssa. Näiden alkutapaamisten ajatuksena oli antaa suunnittelutoimistojen edustajille mahdollisuus käydä tutustumassa itse laitokseen jo projektin varhaisessa vaiheessa, jotta kaikilla osapuolilla olisi selkeä näkemys laitoksen ja uusintaprojektin koosta. Samalla suunnittelutoimistojen edustajat voisivat esittää tarkentavia kysymyksiä laitoksesta ja minä puolestani voisin koota listaa suunnittelutoimistojen tarvitsemista tiedoista, ensin karkeaa suunnittelun ja uusinnan kustannusarviota varten, ja myöhemmin lopullista uusinnan suunnittelua koskevaa tarjousta varten.

Esimieheltäni ja ohjaajaltani saamieni vinkkien perusteella kokosin alkutapaamisten pohjaksi karkean yhteenvedon Kuokkalan kaukolämpölaitoksen nykyisestä automaatiojärjestelmästä, sisältäen esimerkiksi Siemensin logiikan tarkan kokoonpanon, I/O määrien arvion ja kuvauksen nykyisen logiikkaohjelman laajuudesta. Lisäksi yhteenvedossa oli listattuna automaatiuusinnan reunaehtoja ja laitteistovaihtoehtoja, sekä Jyväskylän Energia Oy:n toiveita uusitulta automaatiojärjestelmästä.

Tapaamisissa oli suunnittelutoimistojen edustajien ja minun lisäksi paikalla Erillistuotannon puolelta aina vähintään toinen ohjaajistani. Alkutapaamiset olivat kestoiltaan noin puolitoista tuntia. Tapaamisissa käytiin läpi itse kohteena oleva laitos ja sen tärkeimmät laitteistot, nykyinen automaatiojärjestelmä ja suunnittelutoimistojen kysymyksiä laitteistosta. Lisäksi käytiin läpi mitä dokumentaatiota suunnittelutoimistot tarvitsevat laitoksesta uusinnan budjettiarvioiden tekemiseen ja myöhemmin itse uusinnan suunnitteluun.

Lopputuloksena tapaamisista minulle jäi selkeämpi kuva siitä, mitkä tiedot ja dokumentit ovat suunnittelutoimistoille oleellisia uusinnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Suunnittelutoimistot halusivat tietysti ylipäänsä saada mahdollisimman laajasti laitoksen nykyistä dokumentaatiota, mutta painopiste oli nykyisen logiikan, instrumentoinnin ja toimilaitteiden dokumentaatiossa, kuten piirikaavioissa, laite- ja I/O-luetteloissa ja toimintakuvauksissa. Tämän lisäksi suunnittelutoimistoja kiinnostivat

mm. erillislogiikan merkki-/mallisarjakohtaiset rajaukset, etäyhteyden toiminta, turvatoimintojen tarve laitoksella, laitoksen käyttöikä, mahdollisuus uusinnan toteuttamiseen pidemmällä aikavälillä ja nykyinen logiikkaohjelma.

Itse uusintaprojektin etenemisestä syntyi minulle tapaamisten yhteydessä myös parempi ja konkreettisempi kuva. Suunnittelutoimiston edustajat puolestaan saivat kattavan yleiskuvan itse laitoksesta ja automaatiojärjestelmän laajuudesta, mikä varmasti auttoi ja nopeutti järjestelmäehdotusten, alustavien budjettiarvioiden ja lopullisten tarjousten tekemisessä. Monet näiden tapaamisten pohjana olleet lähtötiedot esimerkiksi laiteuusintojen suhteen kävivät myöhemmin läpi isojakin muutoksia. Lähtötietoihin tulleet muutokset käsiteltiin suunnittelutoimistojen kanssa sähköpostin ja puhelimen välityksellä sitä mukaa kun niitä tuli ilmi.

9 Lähtötietojen kerääminen

Yksi olennaisimmista osista tämän opinnäytteen aiheena olevassa uusintaprojektissa oli nykyisen laitoksen tietojen kerääminen ja selvittäminen. Projektin alkaessa oli tiedossa, että Kuokkalan kaukolämpökeskuksesta pitäisi löytyä kattavasti dokumentaatiota, mutta se on ripoteltuna useampaan eri paikkaan ja suurimmilta osin se on saatavilla vain paperimuodossa. Joitakin laitoksen dokumentteja oli saatavilla sähköisessä muodossa, mutta vain hyvin pieni osa.

Johtuen siitä, että laitoksen dokumentaatio oli saatavilla pääasiallisesti vain paperimuodossa, ei dokumenttien ajantasaisuudesta voinut koskaan mennä täydelliseen takuuseen. Koska kyseessä on vuona 1989 käyttöönotettu laitos, on laitoksen laitteistoon ja automaatiojärjestelmään ehditty vuosien aikana tekemään lukuisia pieniä muutoksia. Laitokseen tehdyt muutokset on pääasiallisesti dokumentoitu valitetta-

van huonosti ja huonoimpana esimerkkinä muutokset on merkitty vain nopeasti vanhoihin kuviin käsin piirtämällä, ilman merkintöjä muutoksen tekijästä tai toteutusajasta. Tällaiset merkinnät on lisäksi usein tehty vain laitoksella oleviin dokumentteihin, jolloin esimerkiksi arkistossa tai muilla laitoksilla olevat dokumentit eivät ole ajan tasalla. Pahimmassa tapauksessa samasta dokumentista voi löytyä jopa kolme eri versiota eri paikoista, ilman mahdollisuutta tietää, mikä vaihtoehto on uusin tai ajantasaisin.

Lähtötietojen keräämistä vaikeuttivat osin puutteelliset merkinnät automaatiolaitteistossa, vaikka kaikista laitoksen laitteista löytyikin nimikilvet positiotunnuksineen ja kentältä tulevat ja sinne lähtevät kaapelit oli nimetty ja merkitty selkeästi. Laitoksen automaatiojärjestelmässä ei ole varsinaista ristikytkeä, vaan kentältä tulevat johtimet on yhdistetty logiikkakaapissa yksittäisten riviliitinrimojen kautta suoraan logiikan tulo- ja lähtökorteille. I/O-korteilta tulevien ja lähtevien johdinten merkinnät olivat kuitenkin puutteelliset. Riviliittimen päässä oli merkittynä vain riviliittimen numero ja logiikkakortin päässä vain etupistokkeen numero. Tästä johtuen logiikan kytkentöjen tarkistaminen olisi vaatinut kaikkien logiikan I/O:n johtonippujen purkamista ja johdinten käymistä läpi yksitellen. Neuvoteltuani asiasta muiden Erillistuotannon työntekijöiden ja esimieheni kanssa päädyimme siihen, että kytkentöjen tarkistamisesta ei saataisi merkittävää hyötyä suhteessa siihen kuluvaan aikaan. Tästä johtuen kytkentöjen tarkistaminen jäi pintapuoliseksi kentältä tulevien johdinten ja olemassa olevien kuvien vertailuksi. Laitokseen tehtyjen muutosten vähyydestä ja I/O:n suhteellisen pienestä määrästä johtuen uskoimme kuitenkin, että tämä vertailu oli riittävä toimenpide tietojen varmentamiseksi.

Lähtötietojen kerääminen painottui ajallisesti projektin alkuun, jolloin vietin paljon aikaa itse Kuokkalan kaukolämpökeskuksessa ja Rauhalahden voimalaitoksen arkistossa, joissa dokumentteja säilytettiin. Uusintaprojektin kannalta oleelliset dokumentit skannattiin sähköiseen muotoon, jotta ne olisivat jatkossa helpommin käytettävissä ja toimitettavissa suunnittelutoimistoille tarjouspyyntöjä ja lopulta itse suunnit-

telua varten. Oleellisimpia lähtötietoja uusintaprojektissa olivat tietysti itse automaatiojärjestelmään, instrumentointiin, toimilaitteisiin ja logiikkaohjelmaan liittyvät luettelot, piirikuvat ja kuvaukset.

Esisuunnitteluprojektin aikana uusintaa varten kerätyt lähtötiedot/dokumentit:

- Kaikki laitoksen PI-kaaviot
- Pumppu- ja puhallinluettelo
- Laiteluettelo
- Putkivarusteluettelot
- Toteutustapakuvaus: sähköistys, instrumentointi ja automaatio
- Nykyisen logiikan/logiikkaohjelman dokumentteja mm:
 - I/O lista
 - Lista kaukokäytön toiminnoista
 - Blokkilistat logiikkaohjelmasta
 - Logiikkaohjelman poikittaislistaus
 - Ohjelmalistaukset: OB:t, PB:t, FB:t ja DB:t (Alkuperäinen logiikkaohjelma kommentoituna)
 - Lukitus kuvat
 - Nykyisen logiikan ja sen osien käyttö- ja huolto-ohjeet
- Instrumentoinnin dokumentteja mm:
 - Hälytysluettelo
 - Liitântätaulukko
 - Kaapeliluettelot
 - Piirikaaviot
 - Piiriluettelot
 - Asennustyyppikuvat
 - KytKentäkoteloiden johdotustaulukot
 - Logiikkakeskuksen kalustus ja kojeluettelo
 - Jännitteenjako
- Sähköistuksen dokumentteja mm:
 - Kuormitustaulukko
 - Sähkönjakelun periaatekaavio
 - Kenttälaiteluettelo
 - Kaapeliluettelot

- Sähkökeskusten kalustuspiirrustukset ja kojeluettelot

Vaikka tässä listattujen lähtötietojen kerääminen painottui projektin alkupäähän, tapahtui tietojen keräämistä käytännössä koko projektin ajan sitä mukaan kun tietoja tarvittiin, tai ne tulivat esimerkiksi arkistoa läpikäydessä vastaan. Tästä johtuen tein jo projektin alkuvaiheessa päätöksen, että en ripottele dokumentteja suunnittelutoimistoille vähän väliä, vaan kokosin dokumenteista suurempia paketteja, jotka sitten toimitettiin yhtä aikaa projektissa mukana olleille suunnittelutoimistoille. Tällä toimintatavalla välttyttiin siltä, että osa dokumenteista jäisi kokonaan toimittamatta tai ne päätyisivät vain yhdelle suunnittelutoimistolle. Tämän lisäksi välttyttiin siltä, että samoja dokumentteja lähetettäisiin turhan takia useamman kerran.

10 Alustavat tarjouspyynnöt

Suunnittelutoimistojen kanssa pidettyjen aloitustapaamisten jälkeen ryhdyttiin selvittämään lähtötietoja, joita käytettiin alustavien tarjouspyyntöjen tekemiseen. Tämä tarkoitti käytännössä laitoksella olemassa olevien dokumenttien skannaamista sähköiseen muotoon suunnittelutoimistoille toimittamista varten. Näihin dokumentteihin kuuluivat esimerkiksi osittain tai kokonaan tarkastamattomat I/O-listat, piirikaa- viot, kaapeliluettelot ja PI-kaaviot. Samalla kävimme vielä yhdessä esimieheni kanssa läpi tapaamisessa suunnittelutoimistoilta saatuja kysymyksiä, sekä uusinnan osittain muuttuneita tavoitteita ja lähtökohtia Jyväskylän Energia Oy:n puolelta.

Kaikille suunnittelutoimistoille lähetettiin tässä vaiheessa kattavat paketit laitoksen dokumentaatiota sähköiseen muotoon skannattuna. Samassa paketissa oli myös päivitetty yhteenveto Jyväskylän Energia Oy:n tavoitteista ja prioriteeteista uusinnassa, lista mahdollisista laitteistovaihtoehdoista ja uusinnan toteutusaikataulu karkealla tasolla. Näiden tietojen pohjalta suunnittelutoimistoilta pyydettiin noin kolmen viikon kuluessa heidän ehdotuksensa valittavaksi uudeksi automaatiojärjestelmäksi, sekä

alustavat tarjoukset uusinnan suunnittelusta ja karkeat arviot uusinnan kokonaiskustannuksista.

Kaukolämpökeskuksen poltinlogiikan uusinnasta vastaavan yrityksen edustajan kanssa keskusteltaessa nousi esiin vaihtoehto, jossa koko laitoksen automaatiojärjestelmä toteutettaisiin yhdellä laajemmalla poltinlogiikalla. Tässä vaihtoehdossa paikallishjaus ja paikallinen valvomo toteutettaisiin poltinlogiikassa olevalla kosketusnäytöllä ja poltinlogiikka ohjaisi samalla kaikkia laitoksen pumppuja, toimilaitteita ja säätimä. Sovittiin, että poltinlogiikan uusinnasta vastaava yritys selvittää tämän laajemman poltinlogiikan käyttämistä ja sen kustannuksia samalla, kun he valmistelevat tarjousta mahdollisesti toteutuvasta poltinlogiikan uusinnasta. Tämä toteutusvaihtoehto rajattiin lopulta pois, koska se olisi johtanut täysin uuden automaatiojärjestelmän käyttämiseen. Jyväskylän Energia konsernissa on pyritty pääsemään eroon useista eri automaatiojärjestelmistä ja käyttämään suuremmillakin laitoksilla käytössä olevia Metso DNA -järjestelmiä kaikissa laitoksissa.

11 Lopulliset tarjoukset automaatiouusinnasta

Suunnittelutoimistoilta pyydettiin alun perin vain alustavia tarjouksia uusinnasta, mutta mahdollisesti projektin kohtuullisen pienestä koosta johtuen yksi suunnittelutoimistoista toimitti tarjouspyynnön pohjalta täysimittaisen tarjouksen. Tässä tarjouksessa ehdotettiin toteutusvaihtoehdoksi Siemens S7-400 -sarjan logiikkaa, joka oli haarukoitunut jo aiemmin keskusteluissa todennäköiseksi vaihtoehdoksi Metso DNA -järjestelmän rinnalle. Tämän tarjouksen jälkeen pyysimme samalta suunnittelutoimistolta myös karkeaa budjettihintaa uusinnan toteutuksesta Metso DNA -järjestelmällä. Metso DNA -järjestelmää käytettäessä laitteiston hankkiminen jäisi tilaajan, eli Jyväskylän Energia Oy:n vastuulle ja suunnittelutoimisto toteuttaisi vain suunnittelun, dokumenttien päivittämisen, käyttöönoton sekä toiminnalliseen testaamiseen liittyvät tehtävät.

Yksi mukana olleista suunnittelutoimistoista olisi halunnut suorittaa maksullista esisuunnittelua omalta osaltaan ennen tarjouksen tekemistä. Tähän ei kuitenkaan suostuttu Jyväskylän Energia Oy:n puolelta. Lopulta päädyttiin siihen, että saadun S7-400 pohjaisen tarjouksen pohjalta tehtiin uudet tarjouspyynnöt muille mukana oleville suunnittelutoimistoille. Tämän uuden tarjouspyynnön tavoitteena oli saada mahdollisimman vertailukelpoiset tarjoukset S7-400 pohjaisesta toteutusvaihtoehdosta.

Toisen tarjouspyyntökierroksen jälkeen kaikilta mukana olevilta suunnittelutoimistoilta saatiin tarjoukset Siemens S7-400 -sarjaan pohjautuvasta toteutuksesta. Tämän lisäksi saatiin vertailukohdaksi pyydetty budjettihinta Metso DNA -järjestelmään pohjautuvan toteutuksen suunnittelusta ja käyttöönotosta. S7-400 sarjaan pohjautuvat tarjoukset olivat lopulta hyvin yhteneväiset sisällöltään, mistä johtuen tarjoukset olivat erittäin hyvin vertailtavissa keskenään.

12 Tarjousten esittely

Suunnittelutoimistoilta saadut tarjoukset esiteltiin esimieheni koolle kutsumassa palaverissa Keljonlahden voimalaitoksella. Paikalla palaverissa olivat minun lisäksi esimieheni ja ohjaajani Erillistuotannon puolelta, sekä Keljonlahden ja Rauhalahden voimalaitosten kunnossapitomestarit. Palaverissa käytiin läpi suunnittelutoimistoilta saatuja tarjouksia, esisuunnittelun siihenastisia tuloksia ja automaatiuusinnan eri toteutusvaihtoehtoja. Ennen tätä palaveria näytti vielä siltä, että Siemens S7-400 pohjainen toteutus tulisi olemaan todennäköisin vaihtoehto sen edullisuudesta johtuen ja esisuunnittelua oli tähän asti tehty osittain tämän oletuksen pohjalta. Palaverissa keskusteltiin eri toteutusvaihtoehdoista ja todettiin, että isossa mittakaavassa automaatiojärjestelmien yhtenäistämisen kannalta Metso DNA -järjestelmän käyttäminen olisi ehdottomastiärkevin vaihtoehto, mutta tämän vaihtoehdon suurimaksi ongelmaksi tiedettiin projektin alusta lähtien kalliit toteutuskustannukset.

Palaverissa kävi ilmi, että Rauhalahden voimalaitokselta oli jäänyt ylimääräiseksi Metso DNA -järjestelmän laitteistoa, jota voitaisiin käyttää Kuokkalan kaukolämpökeskuksen automaatiouusinnassa, mikä alentaisi tämän vaihtoehdon kustannuksia merkittävästi. Tämän lisäksi keskustelussa tuli ilmi, että Metso DNA -järjestelmää käytettäessä ainakin osa uusinnan suunnittelusta, ohjelmointityöstä ja asennustöistä voitaisiin toteuttaa talon omalla henkilökunnalla ja resursseilla, mikä entisestään alentaisi tämän toteutusvaihtoehdon kustannuksia. Nämä todella myöhäisessä vaiheessa projektia ilmi tulleet faktat vaikuttavat todennäköisesti todella merkittävästi lopulliseen järjestelmävalintaan, kun uusintaprojekti aikanaan etenee seuraavaan vaiheeseensa.

13 Toteutusvaihtoehtojen vertailu

Esisuunnitteluprojektin alusta lähtien uuden automaatiojärjestelmän keskeisin prioriteetti oli kustannustehokkuus. Tämä näkyi projektin alussa esimerkiksi siten, että jo aloitustapaamisissa suunnittelutoimistojen kanssa keskusteltiin eri logiikkavaihtoehdoista juuri kustannustehokkuuden näkökulmasta. Tämä prioriteetti johti myös jo varhaisessa vaiheessa siihen päätelmään, että Metso DNA -järjestelmän käyttäminen varsinaisessa uusinnassa olisi melko epätodennäköistä kustannussyistä. Työn loppuvaiheessa tilanne kuitenkin muuttui merkittävästi, kun tuli ilmi, että Jyväskylän Energia konsernin sisältä löytyikin ylimääräiseksi jäänyttä Metso DNA laitteistoa. Järjestelmien vertailu perustui alun perin siis molempien järjestelmien kohdalla siihen, että ne toteutettaisiin täysimittaisesti uusilla laitteilla. Tästä johtuen esittelen tässä vertailun tuloksia näkökulmasta, jossa molemmat laitteistot olisivat uusia ja vasta lopuksi otan vertailuun mukaan jo olemassa olevan Metso DNA laitteiston ja sen vaikutukset vertailun lopputulokseen.

Siemens S7-400 -järjestelmän suurin etu Metso DNA:han nähden on sen edullisuus laitteistonsa ja asennusten osalta. Tähän edullisuuteen vaikuttaa merkittävästi se, että S7-400-sarjan logiikkaa käytettäessä, voidaan nykyisen logiikan I/O-korttien etupistokkeet irrottaa ja siirtää uuteen S7-400-sarjan logiikkaan. Tämän etupistokkeiden siirron mahdollistavat S7-400-sarjan I/O-kortteihin saatavilla olevat adapterit. Adapterien käyttö mahdollistaa siis olemassa olevien kytkentöjen hyödyntämisen, jolloin esimerkiksi virhekytkentöjen mahdollisuus saadaan karsittua kokonaan pois. Samalla tämä toimenpide säästää huomattavasti aikaa, kun I/O-kytkentöjä ei tarvitse purkaa ja uudelleen kytkeä uuteen logiikkaan ja säästää siten siis myös asennuskustannuksissa. Siemensin järjestelmää käytettäessä paikallisvalvomoksi riittäisi tavallinen toimisto-pc, johon asennettaisiin WinCC-valvomosovellus paikallisohjauksia varten. Tämä laskee entisestään järjestelmän hankintakustannuksia.

Suurimpana haittana tai miinuksena Siemensin erillislogiikassa on juurikin erillinen pääautomaatiojärjestelmästä poikkeava järjestelmä. Sen yhteyteen jouduttaisiin hankkimaan erillinen WinCC-valvomosovellus, jonka näyttökuva ei tietenkään voisi olla täysin identtinen toiminnoiltaan Metso DNA -etävalvomon kanssa, mikä aiheuttaisi hieman uuden opettelua laitoksen käytöstä vastaavalle henkilökunnalle. Jyväskylän Energia konsernissa ei ole muualla käytössä Siemens S7-400 -sarjan logiikoita, joten kyseisen logiikan kanssa käytettäviin ohjelmistoihin pitäisi hankkia lisenssit ja mahdollisesti lisäkoulutusta henkilökunnalle näiden ohjelmistojen käytöstä. Lisäksi logiikkaa varten täytyisi hankkia omat varaosansa varastoon toimintavarmuuden säilyttämiseksi.

Metso DNA -järjestelmän suurin etu on se, että Metso DNA -pohjaiset järjestelmät ovat laajasti käytössä Jyväskylän Energia konsernin muilla laitoksilla. Tästäkin johtuen konsernin sisältä löytyy runsaasti järjestelmään liittyvää osaamista, järjestelmän yhteydessä käytettävien ohjelmistojen lisenssit ja valmis varaosakanta järjestelmän laitteille. Käytettävyyden kannalta Metso DNA olisi myös parempi vaihtoehto, koska järjestelmän valvomo olisi esimerkiksi täysin identtinen niin paikanpäällä, kuin etänä.

Jyväskylän Energia -konsernissa on myös ollut tavoitteena päästä eroon pienten laitteiden erillislogiikoista ja siten yhtenäistää automaatiojärjestelmäkanta konsernissa. Metso DNA pohjainen järjestelmä oli myös käyttöhenkilökunnalta kuulluissa kommentteissa toivotuin toteutusvaihtoehto.

Metso DNA -järjestelmän suurin ja oikeastaan ainut miinus vaihtoehtona on sen hankintakustannus. Metso DNA -järjestelmää käytettäessä laitteiston hankinta jää itse tilaajalle ja mahdollinen suunnittelu, asennusvalvonta ja käyttöönotto olisi tilattava suunnittelutoimistolta erikseen. Metso DNA -laitteisto on hankintakustannuksiltaan kalliimpi, eikä sitä välttämättä saataisi mahtumaan nykyiseen logiikkakaappiin laitoksella. Tämän lisäksi Metso DNA -järjestelmää käytettäessä laitokselle jouduttaisiin hankkimaan Metso DNA -järjestelmän tietokone (esimerkiksi ACN WS) paikallisvalvomoksi ja automaatiopalvelimeksi, mikä entisestään nostaa laitteiston hankintakustannuksia.

Työn loppuvaiheessa tietoon tullut vapaana oleva Metso DNA -laitteisto muuttaa tämän vertailun lopputulosta merkittävästi. Jyväskylän Energia -konsernin muilta laitoksilta löytyi ylimääräiseksi jääneenä mm. ACN I/O-räkkejä tarvikkeineen, suuri määrä I/O kortteja, ethernet/valokuitumuuntimia ja muuta laitteistoa. Tämän lisäksi työn loppuvaiheen palavereissa tuli ilmi, että uusintaa lykkäämällä voitaisiin siihen liittyvä suunnittelutyö suorittaa suurilta osin konsernin sisältä löytyvillä resursseilla ja osaamisella. Kun tämä yhdistetään jo valmiiksi löytyvään laitteistoon, on Metso DNA järjestelmän käyttäminen kustannuksiltaan Siemens-vaihtoehtoa edullisempi. Kaikilta näkökulmilta katsottuna Metso DNA -pohjainen järjestelmä on selkeästi suositeltavin toteutusvaihtoehto, kun otetaan huomioon työn loppuvaiheessa ilmi tulleet seikat.

14 Loppuraportti Jyväskylän Energia Oy:lle

Esisuunnitteluprojektin lopputuloksena syntyi tämän opinnäytetyön lisäksi raportti esisuunnittelusta Jyväskylän Energia Oy:lle. Tämän raportin tavoitteena oli koota kaikki esisuunnittelun aikana kerätyt ja selvitettyt tiedot, sekä tarjoukset ja vertailut yhteen loppuraporttiin. Tätä raporttia Jyväskylän Energia Oy ja sen alaisuuteen kuuluva Erillistuotanto voivat käyttää pohjana, kun he tekevät lopullisia päätöksiä uusinnassa käytettävästä järjestelmästä ja uusinnan toteutustavoista. Lisäksi he voivat halutessaan hyödyntää raporttiin koottuja eri suunnittelutoimistoilta saatuja tarjouksia, joko suoraan tai käyttämällä niitä esimerkiksi vertailukohtana muille toteutusvaihtoehtoille.

Loppuraportti piti sisällään listan kaikista esisuunnittelun aikana kerätyistä lähtötiedoista, jotka oli skannattu sähköiseen muotoon. Tämän lisäksi loppuraporttiin koottiin lista automaatiojärjestelmään tehdyistä muutoksista, koska monet näistä muutoksista oli dokumentoitu erittäin huonosti tai esimerkiksi vain laitoksella oleviin dokumentteihin. Tällä tavoin pyrittiin varmistamaan, että lähtötiedot ovat mahdollisimman ajantasaiset uusinnan edetessä aikanaan toteutusvaiheeseensa. Raportissa myös esitellään lyhyesti eri toteutusvaihtoehdot ennen niistä koottua vertailua ja eri vaihtoehtoja saatuja tarjouksia. Raportin lopuksi esitetään suositus valittavaksi järjestelmävaihtoehtoksi Kuokkalan kaukolämpökeskuksen automaatiouusinnassa.

15 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössäni käsiteltiin kaukolämpökeskuksen automaatiouusinnan esisuunnittelua. Tässä uusintaprojektissa esisuunnitteluun kuului laitoksen lähtötietojen selvittelyä, eri automaatiojärjestelmävaihtoehtojen kartoittamista, tarjouspyyntöjen teke-

mistä ja eri toteutusvaihtoehtojen vertailua saatujen tarjousten ja järjestelmien ominaisuuksien pohjalta. Työn aikana selvitettyt lähtötiedot, saadut tarjoukset ja järjestelmävaihtoehtojen vertailu koottiin osaksi Jyväskylän Energia Oy:lle jäävää loppuraporttia. Työn tavoitteena oli siis saada Jyväskylän Energia Oy:lle ja sen alaisuuteen kuuluvalla Erillistuotannolle ajantasaista ja mahdollisuuksien mukaan varmennettua tietoa laitoksesta ja nykyisestä automaatiojärjestelmästä, kartoittaa vaihtoehdot uudeksi automaatiojärjestelmäksi, sekä tehdä tarjouspyynnöt valituille suunnittelutoimistoille eri järjestelmävaihtoehdoista.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin mielestäni hyvin. Laitoksen nykyisestä automaatiojärjestelmä kerättiin kattavat lähtötiedot, jotka on nyt myös koottu ja skannattu sähköiseen muotoon. Näiden lähtötietojen paikkansapitävyys varmistettiin työn aikana mahdollisuuksien mukaan, mutta kaikkien järjestelmän tietojen täydellinen varmentaminen olisi vaatinut laitoksen nykyisen automaatiojärjestelmän kytkentöjen osittaista purkamista. Tähän ei kuitenkaan aika ja resurssi syistä tämän opinnäytetyön aikana ryhdytty. Työn aikana kerättyjen lähtötietojen pohjalta tehtiin eri järjestelmävaihtoehdoista tarjouspyyntöjä, joiden pohjalta saatiin lopulta hyvin vertailukelpoisia tarjouksia ja budjettitarjouksia uusinnan toteutuksesta. Kaikki työn aikana saadut tarjoukset ovat Jyväskylän Energia Oy:n hyödynnettävissä uusintaprojektin edetessä aikanaan seuraavaan vaiheeseensa. Vaikka työn aikana tulikin uusinnan prioriteetteihin ja lähtötilanteeseen merkittäviäkin muutoksia, sai Jyväskylän Energia Oy työn loppuraportin muodossa erittäin kattavan selvityksen laitoksen lähtötiedoista sekä eri järjestelmävaihtoehtojen ominaisuuksista ja kustannuksista. Jyväskylän Energia Oy pystyy hyödyntämään loppuraportin sisältöä, kun yrityksen sisällä aikanaan tehdään lopulliset päätökset automaatiuusinnan toteutuksesta. Raportin sisältöä pystytään hyödyntämään myös varsinaisen automaatiuusinnan ja sen suunnittelun aikana.

15.1 Ongelmat

Työskentely projektin parissa Erillistuotannon puolella oli usein melko itsenäistä joh-tuen yksikön pienestä työntekijämäärästä ja muista konsernin osista erillään sijaitse-vasta toimistosta. Tämä vaikutti työn tekemiseen esimerkiksi siten, että paikalla ei usein ollut muita automaatiopuolen osajia, joilta voisi kysyä apua tai neuvoja itse automaatioon liittyvissä asioissa. Tämä oli tietysti pieni haaste työtä tehdessä verrat-tuna vaikkapa siihen, että tekisin vastaavaa työtä jossain alan suunnittelutoimistossa, jossa varmasti löytyisi automaatiopuolen osajia joilta kysyä apua tarvittaessa. Muilta osin sain työtä tehdessäni kaiken mahdollisen tuen ohjaajiltani ja muilta erillistuotan-non työntekijöiltä.

Olemassa oleva laitoksen dokumentaatio oli suurimmaksi osaksi paperimuodossa ja hajautunut useampaan paikkaan, eri laitoksille ja arkistoihin, mikä vaikeutti lähtötie-tojen selvittelyä. Tämän lisäksi lähtötietojen selvittelyä hankaloittivat puutteelliset merkinnät tehdyistä muutoksista. Muutokset oli usein merkitty vain laitoksella ole-viin dokumentteihin ja joissain tapauksissa vieläpä lyijykynällä, jolla tehdyt merkinnät säilyvät muutenkin huonosti. Logiikan kytkentöjen puutteelliset merkinnät puoles-taan aiheuttivat päänvaivaa dokumenttien oikeellisuutta tarkistettaessa.

Jyväskylän Energia konserni itsessään aiheutti jonkin verran ongelmia rakenteellaan, jossa eri voimalaitokset tai osa-alueet on eritelty omiin tytäryhtiöihinsä. Tämä erit-tely johtaa siihen, että tietotaito, osaaminen ja resurssit ovat jakautuneet eri tytäryh-tiöiden kesken. Vaikka nämä erilliset osat konsernia tekevätkin keskenään paljon tii-vistä yhteistyötä, ei tieto välttämättä aina kulje eri osien välillä ja ajatukset tai suun-nitelmat voivat mennä ristiin tai poiketa toisistaan. Tämän työn osalta hyvänä esi-merkinä oli se, että vasta aivan tämän opinnäytetyön toteutuksen loppupuolella kävi yhteisessä palaverissa ilmi, että toiselta päälaitoksista oli jäänyt Metso DNA -au-tomaatiojärjestelmän laitteistoa vapaaksi. Tämä tieto olisi tietysti ollut erittäin mer-

kittävää saada selville jo heti projektin alkuvaiheessa, mutta johtuen konsernin rakenteesta ja varmasti myös vähän omasta kokemattomuudestani, tätä tietoa ei saatu aikaisemmin.

15.2 Mitä opin

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni opin paljon Jyväskylän Energia Oy:n toiminnasta, sekä kaukolämmön tuotannosta, tuotantolaitoksista ja kunnossapidosta yleisesti. Sain hyvän yleiskuvan siitä, kuinka kaukolämmöntuotanto, kaukolämpöverkko ja varatehon tuotanto toimii Jyväskylän kokoisessa kaupungissa. Tutustuin työn aikana tarkemmin itse Kuokkalan kaukolämpökeskukseen ja sen laitteistoon, jolloin sain hyvän kuvan pienen kaukolämpölaitoksen osista ja prosessin sekä laitteiston toiminnasta. Laitoksella käytössä oleva alkuperäinen Siemensin S5-sarjan logiikka oli myös itselleni uusi järjestelmä, enkä aikaisemmin ole näin iäkkäiden järjestelmien kanssa ollut tekemisissä. Mielestäni oli oman osaamiseni kannalta hyvä päästä tutustumaan vanhemman sukupolven automaatiolaitteistoon, joita kuitenkin on yhä varmasti teollisuuden piirissä käytössä runsaasti.

Suunnittelutoimistojen kanssa pidetyissä alkutapaamisissa ja niitä seuranneissa sähköpostikeskusteluissa sain itselleni selkeämmän kuvan siitä, mitkä lähtötiedot ja rajoitteet ovat tällaisessa automaatiuusintaprojektissa oleellisia. Myöhemmin tämän opinnäytetyön aikana tein yhdessä esimieheni kanssa tarjouspyyntöjä suunnittelutoimistoille uusinnan toteutuksesta. Tämä oli minulle täysin uutta osuutta, sillä en koskaan aikaisemmin ole ollut mukana tekemässä oikeita tarjouspyyntöjä. Tämä oli ehkä yksi suurimmista ja omasta mielestäni tärkeimmistä asioista, joita tämän työn aikana olin oppimassa. Lisäksi työn aikana kehittämiäni käytännön työelämän taitoja olivat erilaisiin palavereihin osallistuminen, niiden valmistelu ja raportointi. Opin myös tämän opinnäytetyön aikana sen, kuinka yrityksen rakenne voi aiheuttaa haasteita projektissa, jossa on mukana ja johon vaikuttavat eri yrityksen osat, sekä kuinka tällaisessa tilanteessa kannattaisi toimia. Uskon, että tämän opinnäytetyön aikana oppimani asiat ovat kasvattaneet omaa ammattitaitoani merkittävästi.

Lähteet

Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Suomen Automaatioseura ry. Viitattu 10.12.2015. <http://www.automaatioseura.com/automaatio/tiedostot/finish/17/36>

Erillistuotannon henkilökunta. 2015. Projektin aloituspalaverit. Jyväskylä, Savelan voimalaitos. Palaverit lokakuussa 2015.

Friman, P. 2014 Automaatioprojektin luovutus logistiikalta testaukseen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 10.12.2015. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014052710233>

JE-yhtiöt. N.d. JE-konsernin yleisesittely yhtiön kotisivuilla. Viitattu 6.10.2015. <http://www.jyvaskylanenergia.fi/je-yhtiot>

Jyväskylän Energia Yhtiöiden Energiatuotanto 2014. 2014. PowerPoint-diaesitys. Materiaali Jyväskylän Energia konsernin Einari järjestelmässä.

Laatu automaatiassa – Parhaat käytännöt. 2001. Suomen Automaatioseura ry. Viitattu 10.12.2015. <http://www.automaatioseura.com/automaatio/tiedostot/finish/17/188>

PIPO-asetus. N.d. Pipo-asetuksen sisällön esittely polttavamuutos.fi sivustolla. Viitattu 15.10.2015. <http://www.polttavamuutos.fi/pipo-asetus/>

Products for Totally Integrated Automation. 2013. Tuoteluettelo Siemensin kotisivuilla. Viitattu 7.12.2015. http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/palvelut_ja_koulutus/tekninen_tuki/tuoteluettelot/st70.pdf

S7-400/S7-400H/S7-400F/FH Product Catalogue. N.d. Tuote-esittely Siemensin Industry Mall sivustolla. Viitattu 7.12.2015. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/5000014?activeTab=order®ionUrl=WW>

Tytär- ja osakkuusyhtiöt. N.d. JE-konsernin tytä- ja osakkuusyhtiöiden esittely yhtiön kotisivuilla. Viitattu 6.10.2015. <http://www.jyvaskylanenergia.fi/je-yhtiot/tytar-ja-osakkuusyhtiot>

Valmet DNA DCS. N.d. Valmet DNA järjestelmän yleisesittely Valmetin kotisivuilla. Viitattu 7.12.2015. <http://www.valmet.com/products/automation/valmet-dna-dcs/>

Valmet's ACN Controls. N.d. Valmet CAN prosessinohjainten yleisesittely Valmetin kotisivuilla. Viitattu 7.12.2015. <http://www.valmet.com/products/automation/valmet-dna-dcs/valmet-dna-products/controls/>