Jani Mustonen

Savion voimalaitoksen automaatiojärjestelmän uusinnan selvitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.3.2018

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Mustonen Savion voimalaitoksen automaatiojärjestelmän uusinnan selvitys 58 sivua + 13 liitettä 6.3.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Rakennuttamispäällikkö Heikki Leskinen Lehtori Kai Virta

Insinöörityössä selvitettiin Keravan Energia Oy:n Savion voimalaitoksen nykyisen pääautomaatiojärjestelmän elinkaaren tila. Työn tavoitteena oli selvitystyön pohjalta punnita eri vaihtoehtoja, automaatiojärjestelmän uudistamiselle.

Insinöörityössä käydään lävitse systeemin hahmottamisen vuoksi Savion voimalaitoksen pääkomponentit, yleisimmät laitteet ja kenttäinstrumentit. Tärkeimmät komponentit energian tuotannon kannalta ovat kaasuturbiini ja suurvesikattila, joilla tuotetaan sähkö- ja lämpöenergiaa. Lisäksi työssä käsitellään voimalaitoksen prosessin operointi- ja hallintatavat.

Varsinaisessa työssä perehdyttiin Savion voimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmään ja sen laitteisiin. Järjestelmän kaikkien moduulien elinkaaren vaihe selvitettiin ja tulokset listattiin taulukkoihin. Tuloksista huomattiin osan laitteistosta olevan elinkaarensa lopussa, minkä takia insinöörityössä selvitettiin korvaavat vaihtoehdot automaatiojärjestelmän uudistamiseksi. Uudistamisella pyritään parantamaan automaatiojärjestelmän käyttöikää ja saamaan laitteisto elinkaaren aktiiviselle vaiheelle. Osana automaatiojärjestelmän käytön luotettavuutta työssä käsiteltiin kunnossapitoa. Kunnossapito mahdollistaa pitkän laitteiston käyttöiän ja katkeamattoman prosessin.

Insinöörityössä pohdittiin kahden laitevalmistajan tuotteita uudistamaan automaatiojärjestelmää. Ensimmäinen vaihtoehto oli Siemens, jota käytetään nykyisessä järjestelmässä. Toinen vaihtoehto oli uusia automaatiojärjestelmä Valmet DNA:lla. Keravan Energia Oy:n tehtäväksi jää pohtia, kumpaan ratkaisuun päädytään.

Työn loppuvaiheessa insinöörityötä käytettiin Siemensin tuotteiden tarjouskyselyyn, sekä Valmetin automaatiojärjestelmän tarjouskyselyn pohjana. Lisäksi laitos esiteltiin Keravan Energia Oy:n edustajan kanssa Valmetin edustajalle.

Avainsanat	voimalaitos, automaatio, elinkaari

Author Title Number of Pages Date	Jani Mustonen Automation System Renewal of Savio Power Plant 58 pages + 13 appendices 3 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructors	Heikki Leskinen, Construction Manager Kai Virta, Senior Lecturer

This study concerns the status of the lifespan of Keravan Energia Ltd's current main automation system. The aim of this study was to compare different options based on research for the renewal of the automation system.

This thesis concentrates on Keravan Energia's power plant in Savio. The most common equipment, field instruments and the main components of the power plant are described in detail for better understanding of the system. The most important components in production of energy are the gas turbine and the boiler, with which electrical and thermal energy are produced. In addition, operation of the plant's process and management policies are explored in this study.

The Savio power plant automation system and its other devices were studied in detail. The lifespan of each module in the system was clarified and the results were listed into a table. The results showed that some of the equipment are at the end of their lifespan, and because of this, options to replace the old automation system were also explored. The goal of renewing the automation system is to improve the lifespan of it and to get the equipment into an active phase of the lifespan. As a part of the reliability of the automation system's use, maintenance of hardware will also be included in this work. Maintenance enables the long lifespan of equipment and an uninterruptible process.

The possibilities of two different automation system for renewal purposes were researched. The first option was Siemens which is used in the current system. The other option was to renew the automation system with Valmet DNA. It is up to Keravan Energia Ltd to decide which option they would prefer.

At the end of the study, the thesis was used for the offer inquiry for Siemens' products and also as a base for an offer inquiry of Valmet's automation system. Also, the Savio's power plant was presented with a representative of Keravan Energia Ltd to a Valmet's representative.

Keywords	power plant, automation, lifespan

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Keravan Energia -yhtiöt 2

3 Savion voimalaitos 3

3.1 Kaasuturbiini ja generaattori 4
3.2 Lämmöntalteenottokattila 8
3.3 Suurvesikattila 9
3.4 Kaukolämmönvaihdin 10
3.5 Kuumavesiakku 13
3.6 Biolämmön vastaanottolaitteisto 13
3.7 Paineenpitolaitteisto 14
3.8 Pumput 15

4 Voimalaitoksen käyttö 18

5 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä 21

5.1 Yleisesti 21
5.2 Nykyinen automaatiojärjestelmä 22
5.2.1 Prosessiasema 22
5.2.2 Prosessiliitännät 24
5.2.3 Varajärjestelmä 26
5.2.4 Kuumavesikattila ohjaus 27
5.2.5 Väyläjärjestelmät 28
5.2.6 Käyttöliittymä 31

6 Laitteet ja instrumentointi 32

6.1 Mittaukset 32
6.1.1 Lämpötilamittaukset 32
6.1.2 Painemittaukset 33
6.1.3 Virtausmittaukset 34
6.2 Toimilaitteet 35
6.3 Taajuusmuuttajat 36

7 Elinkaari 37

7.1 Automaatiojärjestelmän elinkaarimalli 37
7.2 Nykyisen automaatiojärjestelmä elinkaari 41

8 Kunnossapito 43

8.1 Järjestelmien kunnossapito 43
8.2 Kunnossapitosuunnitelmat 44
8.3 Ohjausjärjestelmien kunnossapito 45

9 Automaatiosuunnittelun lähtötiedot ja vaatimukset 47

10 Automaatiojärjestelmän jatkuvuus 50

10.1 Nykyisen automaatiojärjestelmän päivittäminen 50
10.2 Uuden automaatiojärjestelmän valinta 51
10.3 Valmetin automaatiojärjestelmä 53

11 Yhteenveto 55

Lähteet 56

Liitteet

Liite 1. Savion voimalaitoksen näyttökuvat

Liite 2. Savion voimalaitoksen väylän periaatekuva

Lyhenteet

A/D	Analog-to-digital. Analogia-digitaalimuunnin on laite, joka muuntaa analogisen signaalin digitaaliseen muotoon.
CAN	Controller Area Network. Automaatioväylä, jossa sanoma lähetetään kaikille väylässä oleville laitteille.
CHP	Combined Heat and Power. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto, jossa samassa prosessissa tuotetaan samanaikaisesti sähköä ja lämpöä.
CPU	Central Processing Unit. Keskusyksikkö on automaatiojärjestelmän se osa, joka suorittaa konekieliset käskyt.
D/A	Digital-to-analog. Digitaali-analogiamuunnin on laite, joka muuntaa digitaalisen signaalin analogiseen muotoon.
DNA	Dynamic Network of Applications. Dynaaminen sovellusverkko, jonka tehtävä on verkottaa automaatio- ja informaatiotoiminnot kentältä yritysjohdon, hallinon ja tuotannonohjauksen toiminnan tuoksi.
HMI	Human Machine Interface. Käyttöliittymä, jota käytetään ihmisen ja koneen välisenä rajapintana.
I/O	Input/Output. Tulo/Lähtö on yleisnimitys automaatiossa tulo- ja lähtöporteille.
IM	Interface Module. Liitäntäyksikkö, jolla voidaan hajauttaa Siemensin automaatiolaitteita.
MTBF	Mean Time Between Failures. Vikojen välinen keskimääräinen aika, ennakkohuoltosuunnitelmissa käytetty arvo.
MTTR	Mean Time To Repair. Keskimääräinen aika, joka kuuluu vian korjaamiseen sisältäen odotusajan, varaosien arviointiin käytetty arvo.

PCS	Process Control Station. Prosessiasema muodostaa automaatiojärjestelmän ytimen, jossa varsinaiset toiminnot tapahtuvat.
PI-kaavio	Piping and Instrumentation diagram. Putkisto- ja instrumentointikaavio, jota käytetään prosessin havainnollistamiseen.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa.
RS-232	Recommend standard 232. Suositeltu standardi 232 on kahden laitteen väliseen tiedonsiirtoon tarkoitettu sarjamuotoinen kommunikointiväylä.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition. Valvomo-ohjelmisto, jota käytetään käyttäjän ja ohjausjärjestelmän välisen kommunikoinnin toteuttamiseksi.
SIL	Safety Integrity Level. Turvallisuuden eheystaso, joka on määritelty SFS-EN 61508- ja SFS-EN 62061 -standardeissa.
TCP	Transmission Control Protocol. Tietoliikenneprotokolla, joka on luotettava kuljetuskerroksen protokolla.

1 Johdanto

Energian tuottaminen on teollistuneessa yhteiskunnassa hyvin keskeisessä asemassa. Kaiken toiminnan kannalta hyvin toimiva sähkön ja lämpöenergian tuotantojärjestelmä on välttämättömyys. Voimalaitostekniikassa automaation rooli on merkittävässä asemassa laadukkaan toiminnan ja lopputuotteen kannalta.

Tässä insinöörityössä käsitellään Keravan Energia Oy:n Savion voimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmän elinkaaren tilaa. Tutkimuksen pohjalta on tarkoitus selvittää laadukkaan automaatiojärjestelmän jatkuvuus. Savion voimalaitos toimii Sinebrychoffin tiloissa Keravalla. Voimalaitoksen sähkön, kaukolämmön ja prosessilämmön tuotannoista vastaavat kaasuturbiini ja kaksi kuumavesikattilaa. Insinöörityössä käsitellään voimalaitoksen automaatiojärjestelmää ja prosessin tärkeimpiä laitteita, sekä yleisimpiä prosessiin vaikuttavia ja mittaavia komponentteja. Lisäksi toiminnan laadun säilymisen kannalta työssä on pohdittu automaatiojärjestelmän kunnossapitoa.

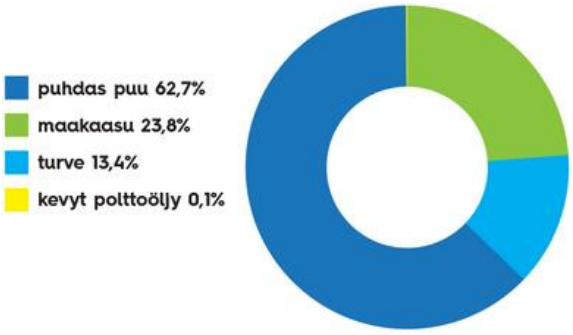
Työn aihe valittiin, koska Savion voimalaitoksen on pystyttävä tuottamaan prosessilämpöä Sinebrychoffin panimolle luotettavasti ja katkeamatta. Nykyisen automaatiojärjestelmän elinkaaren vaihetta ei tiedetä, mikä saattaa vaikeuttaa järjestelmän elpymistä vikatilanteissa. Selvittämällä automaatiojärjestelmän elinkaaren voidaan varautua esimerkiksi tuen ja varaosien saatavuuteen pitkällä aikavälillä.

Työ rajattiin koskemaan ainoastaan Savion voimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmää, joka vastaa kaukolämmön ja prosessilämmön tuotannosta. Työssä ei siis käsitellä Savion voimalaitoksen kaasuturbiinin automaatiojärjestelmää, jonka päätarkoitus on tuottaa sähköä.

2 Keravan Energia -yhtiöt

Keravan Energia -yhtiöt muodostuu emoyhtiöstä Keravan Energia Oy:stä ja sen tytäryhtiöistä Etelä-Suomen Energia Oy ja Keravan Lämpövoima Oy. Keravan kaupunki ja Sipoon kunta omistavat Keravan Energia Oy:n. Omistussuhde Keravan kaupunki 96,5 % ja Sipoon kunta 3,5 %. Kuntaomistajien kautta Keravan Energia Oy on asiakkaidensa omistama yhtiö. (1.)

Keravan Energia -yhtiöt ovat täyden palvelun energian tarjoaja, ja yhtiölle on tärkeää monipuoliset energiapalvelut. Tuotannossa käytetään kotimaista uusiutuvaa biopolttoainetta, lisäksi ne ovat mukana tuuli- ja ydinvoimahankkeissa, sekä tuottaa päästötöntä sähköä Keravan aurinkovoimalalla. Keravan Energia -yhtiöt myy sähköä, kaukolämpöä ja maakaasua. Sähköä myydään koko Suomen alueella, maakaasun jakelu-, sähkö- ja kaukolämpöverkko ulottuvat Keravan ja Sipoon alueelle. Keravan Energia -yhtiölle kuuluu tuotantolaitoksia yhteensä 16 kappaletta, niistä suurin osa on lämpökeskuksia, joita on 12 kappaletta, sekä neljä voimalaitosta ja yksi aurinkovoimalaitos. Neljästä voimalaitoksesta yksi on biovoimalaitos, kahdessa käytetään maakaasua, yhdessä hyödynnetään maakaasua ja varakäytöllä kevyttä polttoöljyä. Energiantuotannon polttoaineiden jakauma vuonna 2016 esitetty kuvassa 1, jossa näkyy puupolttoaineen olevan kaikista polttoaineista 62,7 %. (1; 2.)



Kuva 1. Energiantuotannon polttoaineet 2016 (2).

Polttoaineilla tuotettu energia: sähkö 76 GWh, kaukolämpö 350 GWh ja prosessilämpö 60 GWh. Tulevaisuudessakin Keravan Energia tulee jatkamaan kotimaisten polttoaineiden puolestapuhujana, sekä painottamaan polttoainevalinnoissaan uusiutuvaa ja kotimaista energiaa. Keravan Energia keskittyy energiatehokkuuteen ja uusien alueiden kokonaisratkaisuihin, joissa kaukolämmön rinnalla on myös muita taloudellisia energiamuotoja. (2.)

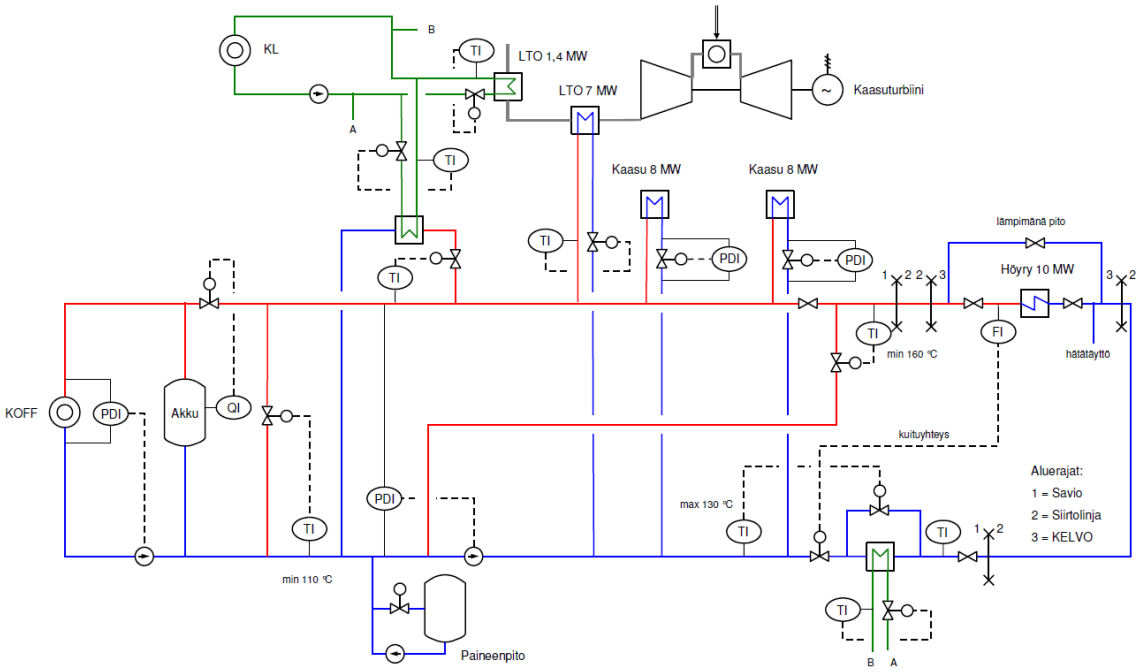
3 Savion voimalaitos

Savion voimalaitos sijaitsee Keravalla Lahden moottoritien varressa, Sinebrychoffin panimossa. Sinebrychoff muutti Helsingin Hietalahdesta Keravalle vuonna 1992, kun Hietalahden tuotantotila jäi liian pieneksi. Kerava tarjosi loistavalla sijainnilla olevan tontin, jolla on hyvä kasvumahdollisuus ja hyvät liikenneyhteydet etelään ja pohjoiseen. Vesi on oluen valmistuksen kannalta tärkein raaka-aina. Sinebrychoff käyttää juomienvalmistuksessa Tuusulan seudun vesilaitoksen Päijänne-tunnelista saatua vettä, joka täyttää kaikki laatukriteerit. (3, s. 14–15.)

Keravan Energia Oy ja Sinebrychoff ovat keskenään sopineet yhteistyöstään, että Keravan Energia Oy toimittaa niille tarvittavan prosessilämmön. Savion voimalaitos tuottaa prosessilämmön lisäksi myös sähköä ja kaukolämpöä. Voimalaitoksella siis yhdistyvät sähkön ja lämmön tuotanto (CHP, Combined Heat and Power), jolla parannetaan hyötysuhdetta. Voimalaitoksen pääkomponentit ovat

- kaasuturbiini ja generaattori
- lämmöntalteenottokattila
- suurvesikattila
- kaukolämmönvaihdin
- kuumavesiakku
- biolämmön vastaanottolaitteisto
- paineenpitolaitteisto
- pumput.

Kuvan 2 PI-kaavio (PI-kaavio, putkisto- ja instrumenttikaavio) havainnollistaa komponenttien paikat prosessissa.



Kuva 2. Savion voimalaitoksen PI-kaavio.

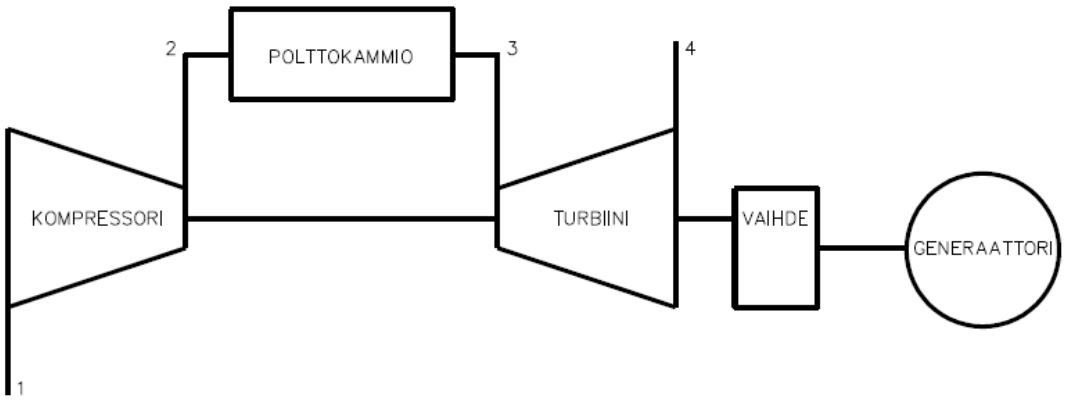
Kuten kuvasta 2 nähdään, Savion voimalaitoksen prosessi on jaettu kahteen osaan. Sininen ja punainen putkiston väri kuvaa kuumavesiosaa ja vihreä putkisto esittää KL (kaukolämpö) -osaa. Prosessit on yhdistetty kaukolämmönvaihtimella, joka siirtää kuumavesiosasta lämpöenergiaa kaukolämpö prosessiin. Lämpöenergiaa tuotetaan kahdella 8 MW:n suurvesikattilalla, sekä lämmöntalteenottokattilalla. Lämmöntalteenottokattilan ja kaasuturbiinin tuotantokapasiteetti sähkölle on 4,2 MW ja lämmölle se on n. 12 MW.

Prosessilämpöä tuotetaan Sinebrychoffin panimolle 165-asteisena ja paluulämpö saa olla minimissään 110 °C. Kaukolämpövesi ja sähkö toimitetaan Keravan Energia -yhtiön kaukolämpö- ja sähköverkkoon. Kaukolämpöveden menolämpötila on 80–115 °C ja paluulämpötila on 40–60 °C. (4.)

3.1 Kaasuturbiini ja generaattori

Savion voimalaitoksen sähköntuotannosta vastaa kaasuturbiini ja siihen liitetty generaattori. Lisäksi kaasuturbiini yhdessä lämmöntalteenottokattilan kanssa tuottavat lämpöenergiaa.

Kaasuturbiini on lämpövoimakone, jossa polttoaine muutetaan kuumaksi kaasuksi, joka käyttää turbiinia. Kaasuturbiinin samalle akselille on asennettu turbiini ja kompressori. Kompressorin tehtävänä on tuottaa korkeapaineista ilmaa, polttokammioon missä polttoaine poltetaan ylipaineessa, joka on 10–20 bar. Savion voimalaitoksella polttoaine voi olla joko maakaasua tai kevytöljyä. Polttokammiossa poltetaan nesteen tai kaasun muodossa olevaa polttoainetta korkeassa lämpötilassa, joka voi nousta 1 300 °C:seen. Muodostuneet savukaasut johdetaan polttokammiosta turbiiniin, jossa kaasut laajenevat ja paine sekä lämpötila laskevat. Vapautuvasta energiasta saadaan höyrytehoa, joka käytetään turbiinin, kompressorin ja generaattorin pyörittämiseen. Savion voimalaitoksen kaasuturbiinin tyyppi on Solar Centaur H ja sen sähköntuotannon hyötysuhde on 28–30 %. Kaasuturbiinin pienten investointikustannuksien, huonon sähköntuotannon hyötysuhteen ja suurten polttoainekustannusten takia Savion voimalaitoksen kaasuturbiinia käytetään huippu- ja varavoimalaitoksena. Kaasuturbiinin periaate esitetty kuvassa 3. (5, s. 122; 6, s. 17–18; 7, s. 204–205; 8, s. 5.)



Kuva 3. Savion voimalaitoksen kaasuturbiinin periaatekuva.

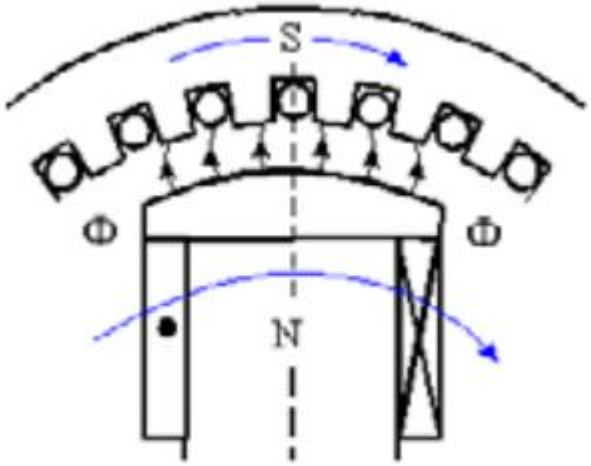
Kaasuturbiinin pääkomponentit ovat kompressori, polttokammio, turbiini, vaihteisto ja generaattori. Turbiinin tekniset tiedot

- kierrosluku 15 000 r/min
- painesuhde 10,2
- pakokaasuvirtaus 17,75 kg/s
- pakokaasulämpötila 515 °C.

Jokaista roottori ja staattori yhdistelmää kutsutaan vaihteeksi. Kompressorin tyyppi on aksiaalinen, jossa on 11 vaihetta. Turbiini on kolmevaiheinen ja sen roottorit on valmistettu korkean lämpötilan kestävistä materiaaleista. Polttokammio on rengastyyppinen, jossa on 12 suutinta ja polttoaineena voidaan käyttää maakaasua tai kevytöljyä. (7, s. 213–214; 8, s. 5–6.)

Turbiinin ja generaattorin välissä on vaihde. Vaihteen tarkoitus on alentaa turbiinin 15 000 rpm, generaattorille sopivaksi, joka on 1 500 rpm. Vaihde yhdistetään generaattoriin kytkimen kautta. Kytkimen tehtävänä on yhdistää vaihteiston akseli generaattorin roottorin akseliin. Kytkimen paino on noin 200 kg. (8, s. 22.)

Kaasuturbiinin generaattori on ABB Strömbergin 3-vaiheinen harjaton tahtigeneraattori, joka vastaa Savion voimalaitoksen sähköenergiasta. Tahtigeneraattorin mekaanisen voiman tuottaa turbiini, joka pyörittää roottorin akselia. Roottorin käämitykseen johdetaan tasavirtaa, joka synnyttää roottorin magneettinapaan pysyvän magneettivuon. Harjattomassa tahtigeneraattorissa magnetointivirta saadaan akselilta, joka tasasuunnataan roottorin tasasuuntaajasillalla. Tahtikoneessa toimintaideana on luoda staattorin ja roottorin magneettinapojen välille magneettinen kytkentä. Kuva 4 havainnollistaa kytkennän, missä staattorin ja roottorin vastakkaismerkkiset magneettiset navat ovat vastakkain. (7, s. 297–298; 8, s. 22; 9, s.1–4.)



Kuva 4. Staattorin ja roottorin magneettiset navat vastakkain (9, s. 3).

Tällä saadaan tahtigeneraattorin nimensä mukainen yhtenäinen tahti verkon kanssa, jossa staattorin magneettikenttä ja roottori pyörivät samalla nopeudella. Tahtikoneen kolmivaiheinen sähkö saadaan, kun staattorin käämit ovat 120°:n kulmassa toisiinsa nähden. Savion voimalaitoksen tahtigeneraattorin tekniset tiedot.

- tyyppi HSG 710 MM4
- teho 5 600 kVA
- cos φ 0,8
- jännite 6,3 kV
- taajuus 50 Hz
- virta 513 A
- kierrosluku 1 500 rpm
- ryntäysnopeus 1 800 rpm
- eristysluokka F
- suojausluokka IP 21
- hitausmomentti 225 kgm²
- paino 10 800 kg
- normit IEC 34.

Tahtigeneraattorin pyörimisnopeus määräytyy syöttävän verkon taajuuden f ja napaparuluvun p mukaan. Tahtikoneen pyörimisnopeus on yhtälön 1 mukainen:

$$n = \frac{f}{p} \quad (1)$$

n on kierrosluku
f on taajuus
p on generaattorin napapariluku.

Savion voimalaitoksen generaattorin pyörii 1 500 rpm ja nimellistaajuus on 50 Hz, mistä seuraa, että napaluku p on kaksi. (8, s. 22; 9, s.1–4.)

3.2 Lämmöntalteenottokattila

Savion voimalaitoksella on käytössä lisäpoltolla varustettu lämmöntalteenottokattila. Se toimii lämmönsiirtimenä, missä lämmittävänä aineena toimivat kaasuturbiinin savukaasut. Kaasuturbiinin polttokammiossa käytetään enemmän ilmaa, mitä palamiseen tarvitaan. Ilmamäärän täytyy olla suuri kaasuturbiinissa, koska sillä jäähdytetään polttokammiota ja turbiiniin meneviä savukaasuja. Ilmakerroin on tämän takia noin kolme. Lämmöntalteenottokattilalla savukaasuissa on 14–16 % happea, joten sitä voidaan käyttää lämmöntalteenottokattilan polttimen palamisilmana. Lisäpolttimella parannetaan hyötysuhdetta, lisäämällä lämmöntalteenottokattilan savukaasun lämpötilaa. Lisäpolttimen erittely taulukossa 1. (6, s. 174–175; 7, s. 207–208; 10, s. 121–122.)

Taulukko 1. Lisäpolttimen erittely (8, s. 33).

valmistaja	Rodenhuis & Verloop
poltin tyyppi	MG-3.75
polttoaine	maakaasu / 4 bar
suurin käyttöteho	4,6 MW
min teho	0,5 MW
max teho	5,0 MW
sytytysjärjestelmä	sähkö / kaasu
polttimen kaasunpaine	360-440 kpa
polttimen säätöalue	10:1

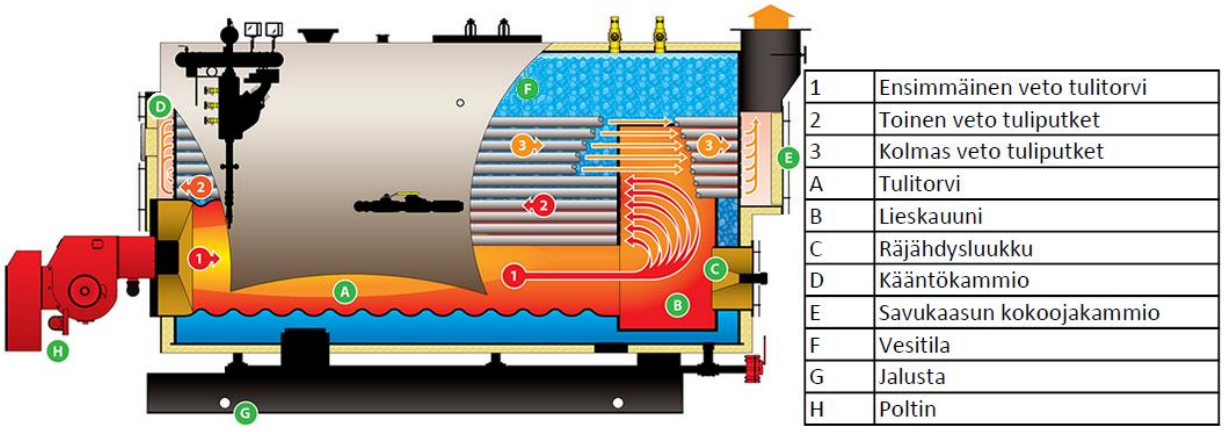
Lämmöntalteenottokattila on A. Ahlström Oy:n nykyisin Ahlstrom Oyj:n toimittama, ja se koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa sijaitsee kuumavesiekonomaiseri ja toisessa osassa kaukolämpöekonomaiseri. Kaasuturbiinista savukaasut virtaavat lisäpolttimen läpi konvektio-osaan. Virratessaan putkien väleissä ne jäähtyvät luovuttaen lämpöä sisäpuolella olevaan veteen. Poistuvat savukaasut virtaavat kuumavesiekonomaiserin jälkeen kaukolämpöekonomaiserin läpi ja jatkavat äänenvaimentimen kautta savukaasukanavaan, josta ne päätyvät savupiippuun. Savukaasun lämpötila ilman lisäpolttoa on ennen kuumavesiosaa noin 510 °C ja kuumavesiosan jälkeen noin 160 °C. Savukaasun lämpötila lisäpoltolla ennen kuumavesiosaa on noin 700 °C ja kuumavesiosan jälkeen 167 °C. Kaukolämpöekonomaiserin lämpötila ilman lisäpolttoa on 78 °C ja lisäpoltolla 79 °C. Sähkön ja lämmön yhteistuotolla päästään noin 90 prosentin kokonaishyötysuhteeseen, kun käytetään polttoaineena maakaasua. (6, s. 175; 8, s. 30–33.)

Kuumavesiekonomaiseri on sijoitettu turbiinin ja lisäpolttimen jälkeen savukaasujen virtaussuunnassa ensimmäiseksi. Sen jälkeen sijaitsee kaukolämpöekonomaiseri. Ekonomaiserit muodostuvat spiraaliripaputkista, jotka on kannatettu seinästä. Kuumavesiosan teho, ilman lisäpolttoa on 6,9 MW ja lisäpoltolla 10,9 MW. Kaukolämpöosan teho ilman lisäpolttoa on 1,55 MW ja lisäpoltolla 1,7 MW. Lähtevän veden lämpötila kuumavesiosassa on 165 °C ja kaukolämpöosassa 85 °C. (8, s. 30.)

3.3 Suurvesikattila

Pääsääntöisesti Savion voimalaitoksella lämpöenergia tuotetaan kahdella suurvesikattilalla. Kattiloiden tarkoitus on tuottaa kaukolämpöä Keravan Energia Oy:n Keravan kaukolämpöverkkoon ja prosessilämpöä Sinebrychoffin panimolle.

Molemmat kuumavesikattilat ovat teholtaan 8 MW:n suurvesikattiloita, joita kutsutaan tulitorvi-tuliputkikattiloiksi. Nimitys tulee siitä, että polttoaine palaa tulitorvessa, josta sen savukaasut kulkeutuvat lieskauunin kautta tuliputkiin. Voimalaitoksen kattilat ovat kolmivetoisia, jolloin savukaasun virtaus kääntyy vielä kerran toiseen suuntaan kääntökammion kautta. Kolmannen vedon jälkeen savukaasut kulkeutuvat kokoojakammioon, josta savukaasut kulkeutuvat savukaasukanavaan ja sen jälkeen piippuun. Kattilat ovat muodoltaan lieriön muotoisia ja poltin sijaitsee kattilan edessä. Kuvassa 5 on esitetty tulitorvi-tuliputkikattilan periaate. (6, s. 111–112.)



Kuva 5. Tulitorvi-tuliputkikattila (11).

Tulitorvi on kattilan vesiosan alimmaisena, toisen ja kolmannen vedon tuliputket ovat sen yläpuolella. Tulitorvea ja tuliputkia ympäröi vesi, jota ne lämmittävät. Kattila on täynnä

vettä, eikä se höyrysty kovan paineen takia. Kattilan yläosassa olevan vesitilankautta kuumavesi johdatetaan 165-asteisena prosessiin. (6, s. 112.)

Molemmat kattilat ovat Vaporin valmistamia. Toinen kattiloista uusittiin vuonna 2014 ja sen tilavuus on 15 400 l. Lisäksi kattilan jälkeiseen savukaasukanavaan asennettiin ekonomaiseri, joka parantaa hyötysuhdetta. Vanhemman kattilan valmistusvuosi on 1991 ja sen tilavuus on 18 600 l.

Molempiin kattiloihin on asennettu Oilonin GKP-1000 M WD200 -tyypin yhdistelmäpoltin, jolla pystytään polttamaan kaasua tai öljyä. Polttimen tehoalue maakaasukäytöllä on 1,8–11,1 MW ja kevytöljykäytöllä 260–785 kg/h. Ensisijaisena polttoaineena käytetään maakaasua. Polttimen säätötapa on portaaton eli moduloiva, jossa on neljä säätömoottoria. Polttimien puhallinmoottorien tekniset tiedot esitetty taulukossa 2. (12, s. 3–5.)

Taulukko 2. Puhallinmoottorin tekniset tiedot.

Tyyppi 3~Moottori	Jännite (V)	Virta (A)	Teho (kW)	Cos φ	rpm	Eristysluokka
HMC3-200L2-2	400	65	37	0,88	2965	F
HMC2:200L2-2	400	65	37	0,89	2950	F

Eristysluokka F tarkoittaa, että moottorin suurin sallittu käämin lämpötila on 155 °C.

3.4 Kaukolämmönvaihdin

Lämmönvaihdinta eli lämmönsiirrintä käytetään Savion voimalaitoksella lämmön siirtämisessä kahden ainevirran välillä. Ainevirtoina ovat Sinebrychoffin prosessivesi ja Keravan Energian kaukolämpövesi. Ainevirrat on erotettu toisistaan lämmönsiirtimellä, jonka lämpöpintoja käytetään epäsuorana lämpöenergian siirtona. Lämpöenergia siirtyy prosessivedestä kaukolämpöverkkoon, jolloin prosessiveden lämpötila on korkeampi, kuin kaukolämpöverkon. Lämpötilaenergian siirtymisestä johtuen prosessiveden lämpötila laskee, kun kaukolämpöveden lämpötila kohoaa. Lämpöenergia ei koskaan siirry itsestään ilman työtä, alemmasta lämpötilasta korkeampaan lämpötilaan. Lämpöenergiaa voidaan siirtää kolmella eri tavalla:

- johtumalla

- konvektiolla
- säteilyllä.

Lämpöenergia usein siirtyy kaikkia kolmea tapaa käyttäen. (6, s. 204–205; 13, s. 22–23.)

Lämmönsiirtimet voidaan luokitella neljään perustyyppiin, levy-, spiraali-, lamelli- ja vaippaputkilämmönsiirtimiin. Toiminta periaatteeltaan lämmönsiirtimet voidaan jakaa vastavirta-, myötävirta- ja ristivirtalämmönsiirtimiin. Savion voimalaitoksen kaukolämmönvaihdin on tyypiltään vaippaputkilämmönsiirrin ja toimintaperiaatteeltaan vastavirtainen. Vaippaputkilämmönsiirtimessä ainevirrat kulkevat putkessa ja sen ympäröivässä vaipassa vastakkaisiin suuntiin. Lämmönsiirrin on Vaporin vuonna 1991 valmistama ja teholtaan se on 16 MW. (14, s. 104–107.)

Kun kiinteän aineen lämpötilaerot pyrkivät tasaantumaan korkeammasta lämpötilasta alempaan, kutsutaan sitä johtumiseksi. Konduktiolla eli johtumalla tapahtuvaa lämpövirran tiheyden (W/m²) siirtymistä materiaalin lävitse voidaan, kuvataan Fourierin yksidimensioisessa lämmönjohtumisyhtälössä, joka on esitetty yhtälössä 2.

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \qquad (2)$$

q on lämpövirran tiheys (W/m²)
λ on lämmönjohtavuus (W/mK)
$\frac{\partial T}{\partial x}$ on lämpötilagradientti K/m.

Lämmönjohtavuuden etumerkki on miinusmerkkinen, koska lämpötilan johtuminen tapahtuu korkeammasta lämpötilasta alempaan lämpötilaan. Lämmönsiirrinmateriaaleilla on erilaisia lämmönjohtavuuksia, esimerkiksi kuparilla 370 ja eristeillä 0,03–0,1. Suurella lämmönjohtavuuslukemalla oleva materiaali johtaa lämpöä paremmin. (6, s. 204–205; 13, s. 22–23.)

Konvektiolla eli kulkeutumisella tarkoitetaan lämpövirtausta, missä kiinteän pinnan ja fluidin välillä on lämpötilaero, minkä seurauksena lämpöenergiaa virtaa matalamman lämpötilan suuntaan. Fluidi on väliaine, millä tarkoitetaan nestettä tai kaasua. Konvektiota ilmenee kahdella tavalla, vapaana ja pakotettuna. Vapaassa konvektiossa fluidi on

paikoillaan kiinteän materiaalin ympärillä ja lämmön siirtävä virtaus muodostuu lämpötilaerosta johtuvien tiheyserojen takia, eikä näin ollen siirry johtumalla. Pakotetussa konvektiossa parannetaan lämpövirtausta, jollain ulkoisella laitteella esimerkiksi pumpulla tai puhaltimella. Yhtälössä 3 on määritelty lämmön siirtymistä virtaavasta fluidista kiinteään seinämään, kun lämpötilat ovat vakioita.

$$q = \alpha(T_{fluid} - T_{pinta}) \quad (3)$$

q on lämpövirran tiheys (W/m²)
α on lämmönsiirtokerroin (W/m²K)
T_{fluid} on ympäröivän fluidin lämpötila (K)
T_{pinta} on materiaalin pinnan lämpötila (K).

Lämmönsiirtokertoimen α (W/m²K) arvo riippuu fluidin aineesta, virtausnopeudesta, paineesta, sekä muista tekijöistä. (6, s. 205; 13, s. 23.)

Säteily on sähkömagneetista säteilyä, jota lähettävät kaikki kappaleet, joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen (273,15 °C). Lämpösäteilyksi yleensä sanotaan säteilyä, jonka aallonpituus (λ) on 0,8–400 μm. Näkyvän valon aallonpituusalue on 0,4–0,78 μm. Korkeissa lämpötiloissa säteily muuttuu näkyväksi ja sen energia kasvaa voimakkaasti. Lämpötilasäteily ei tarvitse väliainetta siirtyäkseen. Säteilyn osuessa kappaleeseen se joko absorboituu siihen, heijastuu siitä tai menee sen lävitse. Musta kappale absorboi kaiken siihen kohdistuvan säteily eikä heijasta mitään ulos. Täysin mustaa kappaletta ei ole olemassa. Yhtälössä 4 on esitetty kappaleen pinnan säteilemisvoimakkuus.

$$M_m = \varepsilon\sigma T_s^4 \quad (4)$$

M_m on säteilemisvoimakkuus (W/m²)
ε on emissiokerroin
σ on Stefan-Boltzmannin vakio, 5,67*10^{-8} (W/m^2K^4)
T_s on kappaleen pinnasta lähtevä lämpötila (K).

Täysin mustan kappaleen emissiivisyys on yksi. Emmisiivisyys kuvaa kappaleen säteilytehon suhdetta täysin mustan kappaleen säteilytehoon, missä lämpötila ja aallonpituus ovat samoja. (6, s. 206; 13, s. 24; 15, s. 258.)

3.5 Kuumavesiakku

Savion voimalaitoksen kuumavesiakku on otettu käyttöön panimon suurten kulutusmuutosten takia. Kuumavesiakku on lieriönmuotoinen suuri terässäiliö, jossa varastoidaan kuumaavettä, jota käytetään panimon kulutuksen kasvaessa.

Keravan Energia Oy ja Sinebrychoff ovat sopineet, että vesi toimitetaan 165 °C:n lämpöisenä panimolle. Panimon kulutuksen noustessa rupeaa kuumavesiakku purkaantumaan ja samalla se pienentää kaasuturbiinin ja suurvesikattiloiden kuormanmuutosnopeutta. Säiliössä tapahtuu veden tiheyserosta johtuvaa kerrostumista. Kuuma vesi nousee säiliön yläosaan, koska veden lämmetessä se laajenee eli veden tiheys pienenee ja tiheämpi viileä vesi painuu säiliön alaosaan. Kuumavesiakku on asennettu panimon meno- ja paluulinjojen väliin. Kuumavesiakun tilavuus on 100 m^3 ja energiakapasiteetti on 5,5 MWh. (4, s. 38; 16, s. 386.)

3.6 Biolämmön vastaanottolaitteisto

Biolämmön vastaanottolaitteisto on rakennettu Savion voimalaitokselle vuonna 2009. Laitteiston tarkoituksena on vastanottaa prosessilämpöä Keravan lämpövoiman biovoimalaitokselta. Laitteistoon kuuluu lämmönsiirrin, paisuntasäiliö ja kaksi paineenpitopumppua. Prosessilämpöä voidaan syöttää Keravan lämpövoiman voimalaitokselta maksimissaan 10 MW:n teholla, jolloin virtaus on 70 kg/s. Minimi teho jolla voidaan tuottaa prosessilämpöä, on 2,5 MW virtauksen ollessa 20 kg/s.

Lämmönsiirrin on asennettu kaukolämmönvaihtimen ja lämmöntalteenottokattilan rinnalle. Prosessiveden paluulämpötila Keravan lämpövoimalle ei saa ylittää paluulinjan suunnittelulämpötilaa 138 °C. Panimon prosessilämmön kulutuksen ollessa vähäistä voi paluuveden lämpötila nousta 155 °C:seen. Lämmönsiirtimellä jäähdytetään prosessiveden paluulinjaa kaukolämpövedellä. Lämmönsiirrin koostuu hitsatusta levypakasta, jota ympäröi vaipparakenne. Rakenteessa yhdistyvät putki- ja levylämmönsiirtimen parhaat ominaisuudet. Levy- ja vaippapuolen ainevirrat virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Lämmönsiirtimen levypuolelle eli ensiöpuolelle on kytketty kaukolämpövesi ja toisiopuolelle eli vaippapuolelle on kytketty prosessivesi. Ainevirrat virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Levylämmönsiirtimen mitoitusarvot esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Levylämmönsiirtimen mitoitusarvot.

Lämpöteho	1713	kW
Vaippapuoli		
Virtaus	19,9	kg/s
lämpötila sisään	155	°C
Lämpötila ulos	135	°C
painehäviö	24	kPa
Levypuoli		
Virtaus	7,4	kg/s
lämpötila sisään	65	°C
Lämpötila ulos	120	°C
painehäviö	4,1	kPa

Levylämmönsiirtimen tyyppi on PSHE 3LL ja valmistaja Vahterus Oy.

3.7 Paineenpitolaitteisto

Savion voimalaitoksen paineenpitojärjestelmällä pidetään minimipaine putkistossa, ettei vesi pääse siellä höyrystymään. Paineenpitopumpuilla pumpataan vettä verkostoon, jos lämmön tuotannon häiriön takia verkosto jäähtyy ja paine rupeaa laskemaan. Lisäksi paineenpitojärjestelmällä pyritään korvaamaan putkistovuodon takia putkistosta poistuvaa vettä. Paineenpitojärjestelmään lisätään vettä, kun paisuntasäiliön pinta on alarajalla. Lisävetenä käytetään pehmennettyä vettä, jota syötetään lisävesisäiliöstä paisuntasäiliöön.

Paineenpitojärjestelmä kostuu paisuntasäiliöstä ja kahdesta rinnakkain olevasta paineenpitopumpusta. Paisuntasäiliö on mitoitettu kompensoimaan verkon tilavuuden vaihtelua. Tilavuuden vaihtelu määritellään verkon keskilämpötilaerojen perusteella. Systeemin kokonaistilavuus on noin 500 m³ ja keskilämpötila on 125–160 °C. Prosessin tilavuuden vaihtelu on noin 17 m³. Paisuntasäiliön korkeus on 4 m, halkaisija 2,6 m ja tilavuus 25 m³. Paineenpitopumpuilla pidetään prosessipumppujen imupaine vakiona, arvossa 9,8 bar suhteellista painetta, sekä reagoidaan verkon 1 °C/min keskilämpötilan muutoksiin. Paineenpitopumput ovat CRE 32-8 -tyypin pystymallisia monivyöhykepumppuja, joiden valmistaja on Grundfos. Taajuusmuuttaja, moottori ja pumppu on integroitu yhteen. (17.)

3.8 Pumput

Savion voimalaitoksen suurimmat pumput ovat kaukolämpö-, tuotanto- ja prosessipumput. Pumput on kahdennettu ja rinnankytketty, jolloin niiden tilavuusvirtaukset summautuvat, mutta nostokorkeus pysyy samana. Pumppuja ei pääsääntöisesti käytetä samaan aikaan vaan toinen on varalla. Kahdella pumpulla saavutetaan hyvä toimintavarmuus, jos toinen pumpuista hajoaa. Pumppujen tarkoituksena on kierrättää vettä asetetun paine-eron mukaisesti. Pumput ovat Ahlström Machineryn ja käyttömoottorit Siemensin valmistamat.

Kaukolämpöpumput, tuotantopumput ja prosessipumput kuuluvat toimintaperiaatteeltaan dynaamisiin keskipakopumppuihin. Dynaamisessa pumpussa mekaaninen energia tai liike-energia muutetaan paine- ja liike-energiaksi.

Oikosulkumoottori muuttaa sähköenergian mekaaniseksi energiaksi ja pyörittää akselia. Oikosulkumoottorin ja keskipakopumpun akselit on yhdistetty kytkimellä. Akseli pyörittää pumpun juoksupyörää, joka antaa nesteelle kehän tangentin suuntaisen nopeuskomponentin. Juoksupyörän pyöriessä syntyy keskipakovoiman aiheuttama painelisä, jonka ansiosta neste tunkeutuu kaukolämpöputkeen. Nesteen poistuessa juoksupyörän kehältä virtaa uutta nestettä juoksupyörän keskustaan imuyhteen paineen vaikutuksesta. Imu- ja painepuolen paine-erolla saadaan nesteen virtaus pumpun lävitse jatkuvaksi. (7, s. 134–136.)

Pumpun valinnassa otetaan huomioon tarvittava nostokorkeus ja tilavuusvirtaus. Nostokorkeudella tarkoitetaan, kun pumppu siirtää nesteen alemmalta tasolta ylemmälle ja voittaa korkeuserosta johtuvan vesipatsaan paineen, sekä virtauksesta johtuvan imu- ja paineputken painehäviöt. Tilavuusvirtauksella tarkoitetaan nestetilavuutta, jonka pumppu siirtää tietyssä ajassa. Pumpun nostokorkeus ja tilavuusvirtaus saadaan selville valmistajan tekemästä ominaiskäyrästä, johon on piirretty nostokorkeuden käyrä tilavuusvirran funktiona H=f(Q). (5, s. 94; 7, s.137–139; 16, s. 169.)

Kaukolämpöpumppujen tarkoitus on kierrättää vettä Keravan kaukolämpöverkossa. Vesi kiertää Savion voimalaitoksen lämmönvaihtimen ja lämmöntalteenottokattilan lävitse kaukolämpöverkkoon. Veden kierto perustuu kaukolämpöpumpun paine- ja imupuolen paine-eroon. Kaukolämpöverkon normaalin ja huippukulutuksen takia on valittu kaksi erikokoista kaukolämpöpumppua. Pienempää pumppua käytetään normaalin kulutuksen

yhteydessä ja kun virtaus on pieni. Normaalissa käytössä pumppu on toimintapisteessään ja hyötysuhde on suurimmillaan. Suurempaa pumppua käytetään huippukulutuksen aikana, kun tarvitaan suurempia virtausnopeuksia. Pumppuja ei käytetä samaan aikaan, jolloin systeemin käytettävyys pysyy yksinkertaisena. Pumppujen ja käyttömoottorien tekniset tiedot esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Kaukolämpöpumpun ja käyttömoottorin tekniset tiedot.

Suurempi pumppu			Pienempi pumppu		
Tyyppi	APP53-150		Tyyppi	APP53-100	
Nostokorkeus	70	m	Nostokorkeus	70	m
Tilavuusvirtaus	150	l/s	Tilavuusvirtaus	80	l/s
Pyörimisnopeus	1485	rpm	Pyörimisnopeus	1478	rpm
Käyttömoottori			Käyttömoottori		
Teho	200	kW	Teho	110	kW
Jännite	380D/660Y	V	Jännite	380D/660Y	V
Virta	365/210	A	Virta	205/118	A
Taajuus	50	Hz	Taajuus	50	Hz
cos φ	0,87		cos φ	0,86	
Pyörimisnopeus	1486	rpm	Pyörimisnopeus	1485	rpm

Molempien pumppujen valinnassa on otettu huomioon kokonaisnostokorkeus (H) 70 m. Tilavuusvirtaukset eroavat toisistaan, suuremman pumpun tilavuusvirtaus (Q) on 150 l/s ja pienemmän pumpun 80 l/s.

Tuotantopumput ovat Savion voimalaitoksen kuumavesipiirissä ja niiden tehtävä on kierrättää vettä Sinebrychoffin panimolle. Vesi kiertää kuumavesikattiloiden ja lämmöntalteenottokattilan kautta. Tuotantopumpuilla pidetään panimon meno- ja paluuputken välinen paine-ero asetusarvossaan. Paine-eron avulla varmistetaan, että kuumavesipiirin virtaus on häiriötöntä. Pumppujen ja käyttömoottorien tekniset tiedot esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Tuotantopumppujen ja käyttömoottoreiden tekniset tiedot.

Pumppu		
Tyyppi	EPP53-250	
Nostokorkeus	62	m
Tilavuusvirtaus	318	l/s
Pyörimisnopeus	1487	rpm
Käyttömoottori		
Teho	315	kW
Jännite	380D/660Y	V
Virta	570/330	A
Taajuus	50	Hz
cos φ	0,87	
Pyörimisnopeus	1488	rpm

Pumpun tyypissä EPP tarkoittaa, että pumppu kuuluu kuumanestepumppu-tuoteryhmään, joka on suunniteltu kestämään järjestelmän korkeaa painetta, paineiskuja ja äkillisiä lämpötilanvaihteluja.

Prosessipumput on asennettu sarjaan tuotantopumppujen kanssa. Prosessipumppujen tarkoitus on purkaa kuumavesiakkua siten, että sen aikaansaama nostokorkeus kumoutuu kattiloissa, sekä kuumavesiakun latausventtiilissä. Kulutuksen kasvaessa prosessipumppu lisää pyörimisnopeutta, jonka seurauksena käynnistyy virtaus kuumavesiakun lävitse.

Taulukko 6. Prosessipumppujen ja käyttömoottoreiden tekniset tiedot.

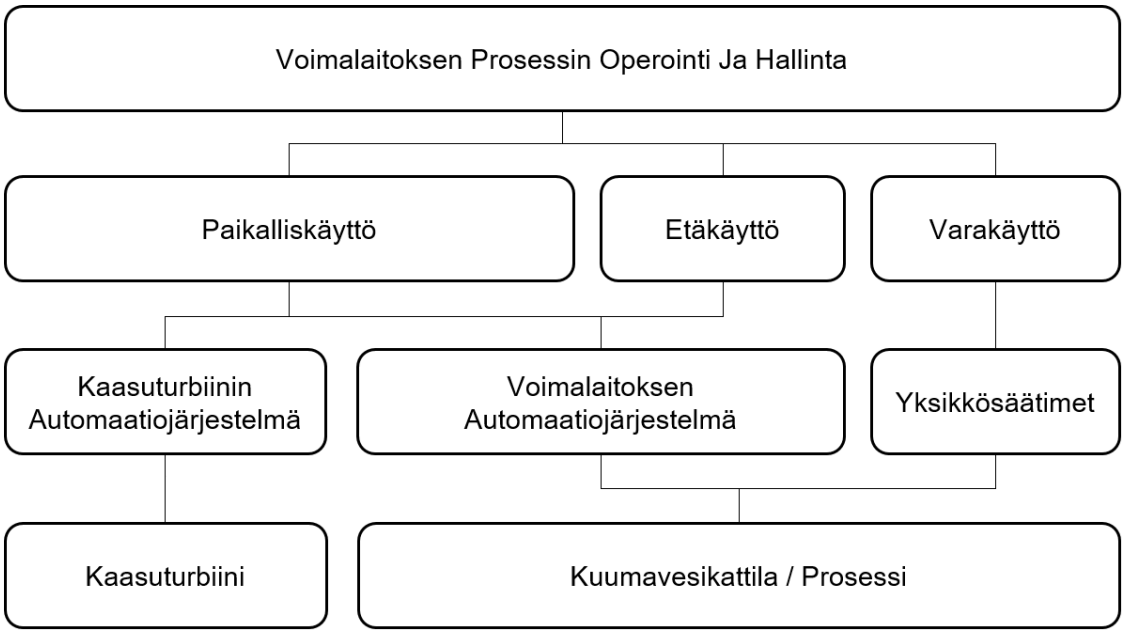
Pumppu		
Tyyppi	EPP42-200	
Nostokorkeus	38	m
Tilavuusvirtaus	214	l/s
Pyörimisnopeus	1500	rpm
Käyttömoottori		
Teho	132	kW
Jännite	380D/660Y	V
Virta	240/140	A
Taajuus	50	Hz
cos φ	0,87	
Pyörimisnopeus	1485	rpm

Liitteen 1 sivuilla 1 ja 2 on esillä kuumavesiakku ja prosessipumput.

4 Voimalaitoksen käyttö

Keravan lämpövoiman biovoimalaitoksen valvomo toimii oman toimintansa lisäksi myös Keravan Energia Oy:n laitosten prosessin valvonta- ja ohjauspaikkana. Keravan lämpövoiman valvomon hallintajärjestelmään kuuluu kahden eri valmistajan automaatio- ja tietojärjestelmän käyttöliittymä, sekä hätäseis-painikkeet ja merkkilamput. Valvomossa on kolme ohjauspaikkaa, joihin on sijoitettu käyttöliittymälaitteita. Käyttöliittymälaitteella operaattorin on tarkoitus välittää käskyjä automaatiojärjestelmään ja vastaanottamaan tietoja automaatiojärjestelmästä. Käyttöliittymälaitteisiin kuuluvat tarvittavat ohjelmistot, useita näyttöjä, sekä hiiri ja näppäimistö. Lisäksi valvomon seinälle on asennettu suurkuvanäyttöjä, jotka toimivat yleiskuvan antajana ja yhteistyön tukena. Laitoksia ohjataan biovoimalaitoksen valvomon lisäksi myös paikallisesti.

Savion voimalaitoksen prosessia voidaan ohjata kolmella eri tavalla. Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty kolme operointitapaa, jotka ovat paikalliskäyttö, etäkäyttö ja varakäyttö. Paikallis- ja etäkäytöllä voidaan operoida voimalaitoksen kuumavesikattilaa ja siihen liittyvää prosessia, sekä kaasuturbiinia. Varakäytöllä voidaan operoida vain kuumavesikattilaa ja siihen liittyvää prosessia.



Kuva 6. Voimalaitoksen prosessin operointi- ja hallintatavat.

Savion voimalaitoksen valvomoa käytetään paikallis- ja varakäyttöpaikkana, jolloin ollaan lähellä prosessia ja voidaan myös tehdä näkö- ja kuulohavaintoja. Paikalliskäyttöä

käytetään kunnossapidon tukena, häiriötilanteissa ja kaasuturbiinin käynnistämisen yhteydessä. Valvomossa on kaksi ohjauspaikkaa, joista hallinnoidaan voimalaitosta. Ensimmäistä ohjauspaikkaa käytetään pääsääntöisesti vesiprosessin käytössä ja toista ohjauspaikkaa käytetään vain kaasuturbiinin käytössä. Valvomon lisäksi voimalaitoksessa on kaksi paikallisohjauspaikkaa kuumavesikattiloille. Molempien kattiloiden ohjauskeskuksen ovessa on operointipaneeli, käyttökytkimet ja merkkilamput, joilla voidaan käyttää kuumavesikattilaa.

Paikallis- ja etäkäytössä käytetään GE:n (General Electric) tarjoamaa PC-pohjaista Proficy iFIX HMI/SCADA -ohjelmistoa. HMI (Human Machine Interface) on lyhenne käyttöliittymästä, jota käytetään ihmisen ja automaatiojärjestelmän väliseen vuorovaikutukseen. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) tarkoittaa valvomo-ohjelmistoa, joka tarvitaan käyttäjän ja ohjausjärjestelmän välisen kommunikoinnin toteuttamiseksi. Ohjelmiston avulla tuodaan operaattorille tietoa prosessista, esittämällä se näyttösivuilla graafisilla symboleilla, numeroilla, teksteillä, käyrillä ja väreillä. Prosessista on yksi pääsivu, joka näyttää yleiskuvan prosessista. Pääsivu ei ole yksityiskohtainen vaan yksityiskohdat esitetään pääsivusta aukeavissa alasivuissa, joissa prosessi on pilkottu havainnollisiin alikokonaisuuksiin. Savion voimalaitoksesta on yhteensä 12 näyttösivua. Viidessä kuvassa on staattista tietoa, kuten putkilinjoja, säiliöitä ja nimitekstejä, sekä muuttuvaa tietoa prosessimittauksista. Loput seitsemän kuvaa pitää sisällään säätö- ja rajoitinpiirit. Savion voimalaitoksen näyttökuvat esitetty liitteessä 1. Lisäksi Proficy iFIX HMI/SCADA -ohjelmisto tarjoaa kaikkien Keravan energia Oy:n laitosten hälytyslistan, sekä historiatietojen keruu- ja trendinäytöt. Prosessidataa analysoidaan esimerkiksi trendityökalulla, missä kerätty historiadata esitetään trendikäyrässä. Data voi olla online-dataa tai vanhempaa, käyttäjä voi vapaasti valita, mitä dataa ja miltä aikaväliltä tahtoo sitä tarkastella.

Varajärjestelmää käytetään, jos pääjärjestelmä ei ole käytettävissä. Varajärjestelmä on sijoitettu Savion voimalaitoksen valvomoon. Operointi tapahtuu sähkökeskuksen oveen sijoitetun kosketusnäytöllisen ohjauspaneelin avulla. Varajärjestelmällä on oma käyttöliittymänsä ja sen tehtävänä on esittää graafisesti lämpökeskusprosessin ja Sipart-yksikkösäätimien tila varakäyttötilanteessa. Lisäksi järjestelmä näyttää laitoksen hälytykset ja välittää yhteishälytyksen pääjärjestelmään.

Operointipaneelissa on kuusi näyttökuvaa PI-kaavio, hälytykset, trendit, säätimet, hälytyskeskukset ja käyttäjät. PI-kaavio on pääsivu ja sillä on esitetty järjestelmään liitettyjen

Sipart-yksikkösäätimien mittaus ja ohjaustiedot, sekä kuumavesiakun lämpötilan mittaukset. Koskettamalla päänäytön jotain mittauskenttää tai säätöarvokenttää, tulee näkyviin kyseisen mittauksen tai säätimen ikkuna. Mittausikkunasta voidaan mittauksille asettaa hälytysrajoja, viive ja hystereesi. Säätöikkunassa on esitetty mittaus, asetusarvo, säätimen ohjausarvo ja ohjauspaikka. Ohjauspaikka voi olla pääjärjestelmä, Sipart tai manuaali. Ohjauspaikkana Sipart voidaan säätimelle antaa asetusarvo varajärjestelmän kautta. Hälytykset-näyttökuvasta voidaan tutkia voimalaitoksen aktiivisia, poistuneita ja kuitattuja hälytyksiä. Trendit-näyttökuvassa on kaikkien järjestelmään liitettyjen säätimien trendinäyttö, jossa näytetään mittaus, asetusarvo ja säätimen lähtö. Lisäksi kuumavesiakun lämpötilamittauksista on tehty omat trendinäytöt. Säätimet-näyttökuvassa on esitetty kaikki varajärjestelmään liitetyt yksikkösäätimet graafisesti. Hälytyskeskuksetnäyttökuvassa on esitetty järjestelmään liitetyt erilliset hälytykset. Käyttäjät-sivulla määritetään operointipaneelin käyttäjät ja oikeudet. (18.)

5 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä

5.1 Yleisesti

Automaatiolla tarkoitetaan mittauksiin perustuvaa ohjelmallista säätöä, joka toimii itsenäisesti. Automaatio-sana voidaan kyseenalaistaa, jos ohjelmasta puuttuu mittaus tai säätö. Mittauksen puuttuessa puhutaan ohjelmallisesta säädöstä, jossa päätöksen teko ei perustu reaaliaikaiseen mittaukseen. Säädön puuttuessa, puhutaan ”automaattisesta” tiedonkeruuasemasta, joka kerää reaaliaikaista dataa, laskee, taltioi ja raportoi. (19, s. 7.)

Voimalaitoksien korkea automaatioaste ja varmuusvaatimukset asettavat automaatiojärjestelmille omat haasteensa. Järjestelmältä vaaditaan myös suorituskykyä ja kykyä hallita voimalaitosprosessin häiriö- ja vaaratilanteet. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä on pääsääntöisesti sama kuin prosessiteollisuudessa, mutta esimerkiksi korkeiden vasteaikavaatimusten vuoksi kaikkia järjestelmiä ei pystytä käyttämään. Automaation näkökohdasta katsottuna voimalaitos on verrattain nopea prosessi, jonka tehoa pitää voida säätöjen avulla muuttamaan vastaamaan kulutusta. Lisäksi voimalaitoksen ylös- ja alasajon on tapahduttava riittävällä nopeudella. Voimalaitosprosessi sisältää usein suoraan tai prosessin kautta vuorovaikutuksessa olevia säätöjä, jotka muodostavat melko monimutkaisen kokonaisuuden. (20, s. 184–185.)

Prosessiteollisuuden automaatiossa säädöt tapahtuvat prosessista saatujen mittauksien perusteella. Prosessiin asennetut mittalaitteet lähettävät koko ajan viestiä prosessiautomaatiojärjestelmään. Prosessista saatuja mittaustietoja verrataan vertailusignaaliin eli asetusarvoon. Mittaustiedon ja vertailusignaalin erosuuretta käytetään säätöalgoritmissa, kun lasketaan uutta ohjaussignaalia toimilaitteelle, jonka tehtävä on pitää mittaus mahdollisimman lähellä vertailusignaalia.

Prosessiautomaatiojärjestelmä harvoin toteutetaan vain yhdellä järjestelmällä, yleensä siihen on myös liitetty muita järjestelmiä, jotka suorittavat omia tehtäviään. Järjestelmät ovat yhteydessä toisiinsa tietoverkkojen avulla. Lisäksi voidaan käyttää hajautettuja tulo- ja lähtöyksiköitä (I/O, Input/Output, Tulo/Lähtö) viemällä ne lähemmäksi prosessia ja tuomalla yhdellä runkokaapelilla mittaustietoja järjestelmään. Tätä kutsutaan hajauttamiseksi. (19, s. 13.)

5.2 Nykyinen automaatiojärjestelmä

Savion voimalaitoksella on kaksi eri automaatiojärjestelmää, joista toinen on rajattu tästä työtä pois. Työstä on siis rajattu pois kaasuturbiinin automaatiojärjestelmä, joka ohjaa ja valvoo koko kaasuturbiinia ja sen laitteistoa. Voimalaitoksen prosessiautomaatiojärjestelmällä hallinnoidaan pääprosessia. Pääprosessilla tässä työssä tarkoitetaan kaukolämpö- ja kuumavesilaitteita. Prosessiautomaatiojärjestelmän ytimen muodostaa prosessiasema (PCS, Process Control Station), jonka tehtävä on yhdistää järjestelmä ohjattavaan prosessiin, sekä suorittaa itsenäisesti mittaus-, säätö-, logiikka- ja ohjaustoiminnot. Väyläjärjestelmät mahdollistavat tiedonkulun järjestelmien välillä, aina prosessista valvomon käyttöliittymään. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan lähemmin Savion voimalaitoksen automaation arkkitehtuuria.

5.2.1 Prosessiasema

Prosessiasema välittää prosessista saadut mittaustiedot laitoksen muille asemille ja operaattorille valvomoon, sekä saa vastaavasti itse muilta asemilta prosessitietoa ja operaattorilta asetusarvot ja muut prosessia koskevat ohjaukset. Prosessiaseman täytyy kyetä toimimaan itsenäisesti, vaikka yhteys muihin asemiin tai valvomoon katkeaa.

Savion voimalaitoksen prosessiasema on sijoitettu valvomon automaatiokeskukseen ja se koostuu Siemens SIMATIC S7-400 -keskusyksiköstä (CPU, Central Processing Unit), erilaisista I/O-yksiköistä sekä väyläkorteista. Prosessiasemaan on liitetty suoraan pääprosessin mittauksia, ohjauksia ja säätöjä, sekä laajennettuja I/O-yksiköitä, hajautettua I/O:ta ja yksittäisiä ohjelmoitavia logiikoita (PLC, Programmable Logic Contoroller). Liitetyt ohjelmoitavat logiikat hoitavat itsenäisesti tiettyä osaa prosessista, ladatun sovellusohjelman mukaisesti.

Alle on listattu prosessiaseman korttikehikko ja käytössä olevat kortit

- UR1 Rack -korttikehikko (6ES7400-1TA01-0AA0)
- PS 407 10 A:n virtalähde optiolla (6ES7407-0KA01-0AA0)
- CPU 416-2 -keskusyksikkö (6ES7416-2XK04-0AB0)
- CP 441-2 -tiedonsiirtokortti point-to-point RS232 (6ES7441-2AA04-0AE0)

- CP 443-1 -tiedonsiirtokortti Ethernet (6GK7443-1EX11-0XE0)
- SM 431 -analogiatuloyksikkö (6ES7431-1KF00-0AB0)
- SM 432 -analogialähtöyksikkö (46ES732-1HF00-0AB0)
- SM 421 -digitaalituloyksikkö (6ES7421-1BL01-0AA0)
- SM 422 -digitaalilähtöyksikkö (6ES7422-1BL00-0AA0)
- Liitäntäyksikkö K-väylä lähetys-IM (6ES7460-0AA01-0AB0).

Prosessiaseman virtalähteen optio pitää sisältää kaksi puskuriparistoa, joilla puskuroidaan latausmuistin integroitu ja ulkoinen osa, sekä työmuistin tiedosto-osuus ja koodiosa. Puskuripariston tarkoitus on siis puskuroida CPU:n RAM-alueelle tallennettu käyttäjäohjelma, säilyttää merkkerit, ajat, laskurit, systeemidata, sekä pitää eri tiedostoyksiköiden tiedot tallessa.

Kuvassa 7 on esitetty prosessiasema ja korttien asettelu. Korttien järjestys vasemmalta oikealle on virtalähde, keskusyksikkö, tiedonsiirtokortti (point-to-point), tiedonsiirtokortti (Ethernet), analogiatuloyksikkö, analogialähtöyksikkö, digitaalilähtöyksikkö, kolme digitaalituloyksikköä, digitaalilähtöyksikkö ja viimeisenä liitäntäyksikkö K-väylään.

Kuva 7. Savion voimalaitoksen prosessiasema S7-400.

Siemensin S7-400-sarja on modulaarinen, eli kortteja voidaan lisätä myös jälkikäteen. Kortit asennetaan korttikehikkoon (Rack), virtalähteestä aloittaen. Korttikehikossa on 18 liitäntäpaikkaa erilaisille korteille, joten on käytetty laajennusyksiköitä. Laajennusyksiköillä nimensä mukaisesti laajennetaan prosessin tarvitsemaa korttien määrää. Prosessiasemaan eli keskuslaitteeseen on liitetty kaksi lähialueen laajennuslaitetta, jotka ovat S7-400-sarjaa ja kummankin laajennuksen korttikehikossa on 18 liitäntäpaikkaa. Lähialueen laajennuslaitteet ovat myös automaatiokeskuksessa ja ne on liitetty prosessiasemaan kommunikaatioväylällä (K-väylällä), käyttämällä keskuslaitteessa IM460-0-lähetys-liitäntäyksikköä (IM, Interface Module) ja laajennuslaitteissa IM461-0-vastaanotto-liitäntäyksikkö. Lisäksi prosessiasemaan on liitetty kaksi kappaletta hajautettuja I/O-yksiköitä, jotka ovat Siemensin SIMATIC ET 200M -sarjaa. Hajautusasemat sijaitsevat kuumavesiakun läheisyydessä olevassa keskuksessa ja ne on liitetty prosessiasemaan käyttäen Profibus DP -väylää.

5.2.2 Prosessiliitännät

Prosessiliitännällä tarkoitetaan rajapintaa prosessin ja järjestelmän välillä. Prosessiasema siis liittyy prosessiin erillisillä prosessiliitäntäyksiköillä, joita kutsutaan I/O-yksiköiksi, joista tavallisimmat ovat

- BI (Binary Input) binäärinen tuloyksikkö
- BO (Binary Output) binäärinen lähtöyksikkö
- AI (Analog Input) analoginen tuloyksikkö
- AO (Analog Output) analoginen lähtöyksikkö.

Lisäksi näistä liitäntäyksiköistä on saatavilla useita eri vaihtoehtoja, jotka eroavat esimerkiksi I/O-pisteiden määrällä ja analogisen signaalin osalta. (19, s. 49.)

Savion voimalaitoksen prosessiaseman, laajennuslaitteiden ja hajautettujen I/O-yksiköiden I/O-pisteiden määrä on yhteensä 644 kpl, joka koostuu seuraavista

- binäärisiä tuloja on 320 kpl
- binäärisiä lähtöjä on 144 kpl
- analogisia tuloja on 136 kpl

- analogisia lähtöjä on 44 kpl.

Prosessiaseman ja laajennuslaitteiden liitäntäyksiköt ovat samanlaiset, eli S7-400-sarjaa. Mutta ET 200M -sarjan hajautusasemien tulo- ja lähtökortit ovat samoja, joita käytetään S7-300-sarjassa. Alla olevaan taulukkoon 7 eritelty tarkemmin korttien sarja, tyyppi, määrä, sekä yksittäisen kortin kanavamäärä.

Taulukko 7. Savion voimalaitoksen prosessiliitäntäyksiköt.

Sarja	Korttityyppi	Tuotenumero	Korttien Määrä	Kanava Määrä	I/O-pisteet yht.
S7-400	Digitaalitulo	6ES7421-1BL01-0AA0	9	32	288
S7-400	Digitaalilähtö	6ES7422-1BL00-0AA0	4	32	128
S7-400	Analogiatulo	6ES7431-1KF00-0AB0	13	8	104
S7-400	Analogialähtö	6ES7432-1HF00-0AB0	4	8	32
S7-300	Digitaalitulo	6ES7321-1BH02-0AA0	2	16	32
S7-300	Digitaalilähtö	6ES7322-1BH01-0AA0	1	16	16
S7-300	Analogiatulo	6ES7331-7KF02-0AB0	4	8	32
S7-300	Analogialähtö	6ES7332-5HD01-0AB0	3	4	12

Binääristen tuloliityntöjen on otettava vastaan avautuvista ja sulkeutuvista koskettimista saatu viesti. Binääritulossa on kaksi eri tasoa, jännitteinen ja jännitteetön, joita yleensä kuvataan numeroilla 1 ja 0. Binäärilähtö voi olla tasajännitettä 24 VDC tai kosketinlähtö. Binäärisiä lähtöjä käytetään ohjauskäskyjen antoon ja merkkivalojen ohjaukseen. Kosketinlähtöjä käytetään useimmiten vierasjärjestelmien ohjauksessa, jolloin vierasjännite syöttää koskettimet. (20, s. 192–193.)

Savion voimalaitoksen analogiset tulo- ja lähtöyksiköt käyttävät A/D- (A/D, Analog-to-digital, analogia-digitaalimuunnin) ja D/A-muuntimia (D/A, Digital-to-analog, digitaali-analogiamuunnin), jotka muuntavat analogisen signaalin digitaalisen muotoon ja päinvastoin. A/D- ja D/A-muuntimen resoluutio eli erottelukyky kertoo, kuinka monella bitillä muunnin muuntaa analogisen signaali digitaaliseksi arvoksi ja päinvastoin. Analogisissa liitännöissä resoluutio tasot vaihtelevat, esimerkiksi Siemensin S7-400-sarjan analogisissa tulo- ja lähtöyksiköissä resoluution on 13-bittinen, jolla voidaan esittää 8 192 eri arvoa. Muuntimissa käytetään 4–20 mA:n virtaviestiä tuloissa ja lähdöissä. Analogiset tuloliittymät voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Aktiivista tuloliityntää voidaan käyttää, jos kenttälaitteen tehoksi riittää 96 mW. Aktiivisessa tuloliitynnässä kortti syöttää 24 VDC:n jännitettä kenttälaitteelle, jolloin voidaan käyttää kaksijohdinkytkentää. Passiivisessa tu-

loliitynnässä kenttälaite tarvitsee ulkoisen tehonlähteen. Mittauspiiriä valvotaan ja suoritetaan hälytys, jos tapahtuu johtokatkos, maasulku tai viestialueen ylitys tai alitus virtaviestin ollessa 4–20 mA. (19, s. 50–52; 20, s. 192.)

5.2.3 Varajärjestelmä

Voimalaitoksen vikasietoisuutta on parannettu redundanssilla, jolla varmistetaan prosessin turvallinen toiminta, jos prosessiasema tai toinen kuumavesikattiloista vikaantuu. Normaalitilanteessa pääjärjestelmä ohjaa toimilaitteita Sipart-yksikkösäätimien läpi ja säätimen asetusarvo seuraa säätöpiirin mittausarvoa. Mikäli pääjärjestelmä lakkaa säätämästä, rupeaa varajärjestelmän Sipart-yksikkösäädin itsenäisesti säätämään säätöpiiriä sen hetkisen asetusarvon mukaisesti. Varajärjestelmä on uusittu 2013 ja sen päälaitteet on esitetty taulukossa 8. Varajärjestelmän PLC:hen on liitetty 18 kappaletta Sipart-yksikkösäätimiä, yhdeksän kappaletta kuumavesiakun lämpötilan mittauksia ja 50 yksittäistä hälytystä kentältä.

Taulukko 8. Varajärjestelmän päälaitteet.

Valmistaja	Laite	Malli	Tuotenumero	Kpl
Siemens	Operointipaneeli	MP 377 15“ Touch	6AV6644-0AB01-2AX0	1
Siemens	Keskusyksikkö	S7-300 CPU 315-2 PN/DP	6ES7315-2EH14-0AB0	1
Siemens	Digitaalitulokortti	S7-300 SM 321 32DI	6ES7321-1BL00-0AA0	4
Siemens	Digitaalilähtökortti	S7-300 SM 322 32DO	6ES7322-1BL00-0AA0	1
Siemens	Analogiatulokortti	S7-300 SM 331 8AI	6ES7331-7KF02-0AB0	1
Siemens	Analogiatulokortti	S7-300 SM 331 2AI	6ES7331-7KB02-0AB0	1
Siemens	Yksikkösäädin	SIPART DR21	6DR2100-5	1
Siemens	Yksikkösäädin	SIPART DR22	6DR2210-5	16
Siemens	Yksikkösäädin	SIPART DR24	6DR2410-5	1

Siemensin Sipart-yksikkösäätimet ovat modulaarisia, eli niihin voidaan lisätä tarpeen vaatiessa tarvittavia komponentteja. Lisäksi yksikkösäätimet hoitavat prosessin säädön itsenäisesti.

Varajärjestelmän keskusyksikössä S7-300 CPU 315-2 PN/PD on Profinet- ja Profibus DP -liitännät, joita käytetään laitteiden liittämiseen. Profinet-väylää käytetään Operointipaneelin ja keskusyksikön väliseen tiedonsiirtoon. Keskusyksikkö ja Sipart-yksikkösäätimet kommunikoivat keskenään Profibus DP -väylän välityksellä. Yksikkösäätimiin on

erikseen kytketty prosessin paine- ja lämpötilamittauksia, jotka välitetään keskusyksikölle Profibus DP -väylän avulla. (18.)

5.2.4 Kuumavesikattila ohjaus

Kummallakin kuumavesikattilalla on oma ohjauskeskuksensa, jossa on puhallinpolttimille tarkoitettu poltinohjaus- ja turvajärjestelmä. Molempien kattiloiden ohjauskeskukset ovat samanlaisia, eli niissä on myös samat ohjauslaitteet. Taulukossa 9 on esitetty polttimen ohjausjärjestelmän päälaitteet.

Taulukko 9. Polttimen ohjausjärjestelmän päälaitteet.

Valmistaja	Laite	Malli	Tuotenumero	Kpl
Siemens	Operointipaneeli	AZL 52.02	Oilon 36106022	1
Siemens	Keskusyksikkö	LMV 52.200B2	Oilon 36106017	1
Siemens	Turvalogiikka	ET 200S IM151-7 F-CPU	6ES7151-7FA21-0AB0	1
Siemens	Tehomoduuli	ET 200S PM-E	6ES7138-4CA01-0AA0	1
Siemens	Kommunikointimoduuli	ET 200S 1SI MODBUS/USS	6ES7138-4DF11-0AB0	1
Siemens	Digitaalitulokortti	ET 200S 8DI	6ES7131-4BF00-0AA0	1
Siemens	Digitaalilähtökortti	ET 200S 8DO	6ES7132-4BF00-0AA0	1
Siemens	Turva yhdistelmäkortti	PROFIsafe 4F-DI/3F-DO	6ES7138-4FC01-0AB0	1
Siemens	Turva relelähtökortti	PROFIsafe 1F-RO	6ES7138-4FR00-0AA0	1

Operointipaneelista monitoroidaan järjestelmän tilaa ja säädetään asetusarvoja. Operointipaneeli toimii myös keskusyksikön ja turvalogiikan välisenä rajapintana. Väyläliitäntäyksikön ja operointipaneelin välinen yhteys on toteutettu Modbus-väylällä, kun keskusyksikkö ja operointipaneeli kommunikoivat CAN-väylän (CAN, Controller Area Networ) avulla. Operointipaneelissa on paristovarmennettu muisti, johon keskusyksikön parametrit tallennetaan ja tarvittaessa palautetaan sen kautta.

Ohjauskeskuksen keskusyksikkö on mikroprosessoripohjainen, missä on polttimen ohjaus- ja turvatoiminnot. Keskusyksikössä on seuraavat ominaisuudet

- sähköinen seossuhdesäätö
- kaasuventtiilien tiiviydentestaus
- tehonsäädin
- puhaltimen taajuusmuuttajaohjaus

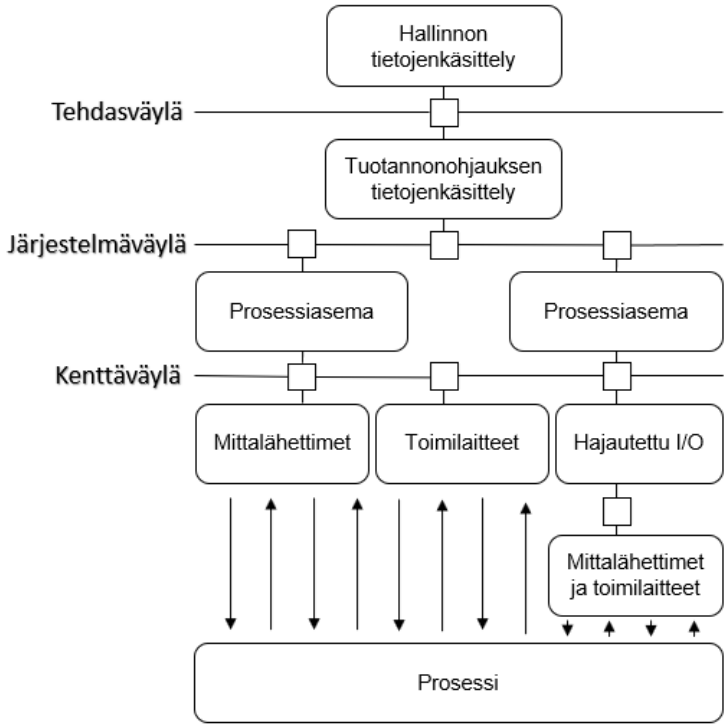
- jäännöshappikontrolli
- kattilan lämpötilarajoitin
- kattilan kylmäkäynnistyssuojaus
- polttoaineen kulutusmittari
- polttimen hyötysuhteen mittaus.

Lisäksi keskusyksiköltä saadaan käynnistyskerta- ja käyntituntilaskuri, sekä vika- ja häiriöhistoria tiedot. Keskusyksiköön on integroitu useita liityntöjä, esimerkiksi binäärisiä ja analogisia tuloja sekä lähtöjä. Myös osa polttimen laitteista on liitetty keskusyksikköön CAN-väylällä.

Turvalogiikka on ET 200 S -sarjaa, johon on integroitu CPU, sekä Profibus DP -liityntä. Turvalogiikan avulla prosessiasema ja kuumavesikattilan ohjauskeskus kommunikoivat keskenään. Turvalogiikka on modulaarinen ja sen moduulit on esitetty taulukossa 9. Kahden alimman taulukkosolun taustaväri on muutettu keltaiseksi, koska nämä moduulit kuuluvat Siemens PROFIsafe-turvatuotteisiin. Turvakortteihin on kytketty kattilan kuivakiehuntasuojat, korkean lämpötilan kytkin sekä lukitukset. Näillä turvakorteilla saavutetaan turvallisuuden eheystaso SIL 2 (SIL, Safety Integrity Level).

5.2.5 Väyläjärjestelmät

Automaatiojärjestelmässä tietoliikenneväyliä käytetään laitteiden ja järjestelmien yhdistämisessä. Tietoliikenneväylät voidaan jakaa pystysuuntaisella integroinnilla seuraaviin ryhmiin: kenttäväylä, järjestelmäväylä ja tehdasväylä. Kuvassa 8 on esitetty väyläjärjestelmät tasoittain.



Kuva 8. Väyläjärjestelmän integrointi

Kenttäväylällä tarkoitetaan sarjamuotoista digitaalista tietoliikenneyhteyttä, joka on kaksisuuntainen ohjausjärjestelmän ja kenttälaitteiden välillä. Kenttäväylä mahdollistaa yhden johdinparin käytön monelle laitteelle, sekä suuren informaatiomäärän välittämisen. Markkinoilla on useita eri kenttäväyläprotokollia. Protokolla tarkoittaa kieltä tai kielioppia, jota laitteet käyttävät kussakin kenttäväylässä. Useimmissa kenttäväyläratkaisuissa voidaan käyttää erilaisia väylärakenteita, eli topologioita. Yleisimmät ratkaisut ovat väylä- tai puutopologia, myös näiden yhdistäminen on mahdollista. Väylätopologiassa pääkaapeli kulkee ohjausjärjestelmästä kentän kaukaisimmalle laitteelle sivuten jokaista laitetta. Puutopologiassa pääkaapeli kulkee ohjausjärjestelmästä kytkentärasiaan, josta yksittäiset kaapelit kytketään puumaisesti laitteille.

Savion voimalaitoksen yleisin kenttäväylä on Profibus DP, jolla yhdistetään prosessiasemaan voimalaitoksen taajuusmuuttajia, kuumavesiakun keskuksen hajautetut I/O-yksiköt, kanavapolttimen ohjauskeskus ja molempien kuumavesikattiloiden ohjauskeskukset. Lisäksi Profibus DP -väylällä on toteutettu varajärjestelmän PLC:n ja Sipart-yksikkösäätimien kommunikointi. Molemmissa väylärakenteissa on käytetty väylätopologiaa, joka vähentää kaapelinkäyttöä. Profibus DP -liitännällä olevia laitteita on liitetty proses-

siasemaan seitsemän kappaletta ja varajärjestelmään 18 kappaletta. Profibus DP -väylään voidaan liittää 32 laitetta yhteen segmenttiin ja toistimilla voidaan laajentaa maksimissaan 126 laitteeseen. Väylänopeudella ja parikaapelinpituudella on riippuvuus, jossa matkan kasvaessa nopeus vähenee. Suurimmillaan väylän nopeus on 12 Mbit/s, kun väyläkaapelin pituus on enintään sata metriä ja hitaimmillaan se on 9,6 kbit/s, kun matkan pituus on 1200 m.

Molemman kuumavesikattilan polttimen ohjauksessa on käytössä CAN-väylä. CAN-väylä on automaatioväylä, jossa kaikki viestit kulkevat jokaisen väylässä olevan laitteen kautta. Vastaanottava laite tarkastaa sanomatunnisteen ja päättää, kuuluuko viesti myös sille. CAN-väylän tarkoitus on siirtää tietoa reaaliaikaisille ja hajautetuille säätöjärjestelmille. Kuumavesikattiloiden keskusyksikössä on CAN-väyläliitäntä, jota käytetään polttimen ohjauksissa. Keskusyksikköön on liitetty kuusi CAN-väylälaitetta, joista neljä on säätömoottoreita, jotka säätävät kaasua, ilmapeltiä, öljyä ja palopäätä. Lisäksi operointipaneeli ja 02-moduuli on liitetty CAN-väylään.

Järjestelmäväylä on automaatiojärjestelmän sisäinen väylä, eli paikallinen tietoverkko, johon on kytketty kaikki prosessi- ja valvomoasemat. Ala-asemat kommunikoivat valvomoon, eli SCADA-järjestelmään Ethernet-verkon välityksellä, mutta prosessiasemat voivat välittävät tietojaan keskenään käyttämällä myös muita tiedonsiirtoverkkoja.

Savion voimalaitoksen järjestelmäväylänä toimii Modbus-protokollan Ethernet- ja sarjaportti-versiot. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmän ja iFIX SCADA -järjestelmän välinen yhteys on toteutettu 6GK7443-1EX11-0XE0-tiedonsiirtokortilla, joka käyttää Modbus TCP -protokollaa. Kaasuturbiinin automaatiojärjestelmä ja voimalaitoksen automaatiojärjestelmän välinen kommunikointi on tehty 6ES7441-2AA04-0AE0-tiedonsiirtokortilla, johon on lisätty RS232-moduuli. Modbus-sarjaliikennepohjaisessa RS232-järjestelmässä käytetään yhtä isäntää ja yhtä orjaa, joka muodostaa kaksipisteyhteyden (Point-to-point).

Tehdasväylä yhdistää voimalaitoksen eri prosessien osat ja niiden automaatiojärjestelmät ja valvomot, sekä tuotannonohjauksen, -suunnittelun, -seurannan ja yrityksen hallinnolliset toiminnot keskenään. Tehdasväylänä käytetään Ethernet-tekniikkaa. (19, s. 76; 20, s. 198–199; 21, s. 162–163.)

5.2.6 Käyttöliittymä

Käyttöliittymälaitteet edustavat fyysistä rakennetta, eli ihmisen ja tekniikan välisen vuorovaikutuksen käsin kosketeltavaa toteutusta. Käyttöliittymä tarjoaa kehyksen ohjelmistotyökaluille, jotka esittävät käyttäjälle prosessista tarvitseman informaation ja mahdollistavat vuorovaikutuksen sen kanssa. Käyttöliittymä tarjoaa operaattorille tietoa prosessista, sen historiasta, tilasta ja tavoitteista. Lisäksi käyttöliittymän avulla voidaan vaikuttaa prosessin ohjaukseen. Käyttöliittymän näyttösivujen tulee olla selkeät ja helposti hahmotettavissa. Koska kaikkea tietoa ei ole mahdollista sovittaa yhtä aikaa pääsivulle, tiedot jaetaan useille näyttösivuille. Savion voimalaitoksen näyttösivut on toteutettu Proficy iFIX HMI/SCADA -ohjelmistolla, näyttösivut on esitetty liitteessä 1. Näyttösivuissa putkistojen virtaavat aineet on piirretty SFS 3701 -standardin mukaan, jossa vesi nestemäisessä muodossa piirretään vihreällä ja maakaasu keltaisella värillä. (22, s. 24–27; 23, s. 2–4.)

6 Laitteet ja instrumentointi

Prosessin tilaa seurataan mittausantureiden ja lähettimien avulla, kuten lämpötila, paine ja virtaus. Prosessiin vaikutetaan venttiileillä ja pumpuilla, joita ohjataan automaatiolaitteilla, esimerkiksi toimilaitteella ja taajuusmuuttajalla.

6.1 Mittaukset

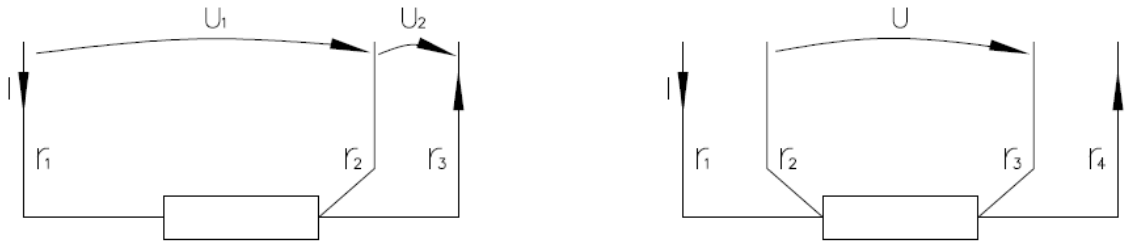
Mittausanturit ovat informaatiota vastaanottavia laitteita, missä fysiikan ilmiöt ovat informaatiovirran lähteinä. Mittausanturi on siis laite, joka koostuu tuntoelimestä, viestimuuntimesta ja lähettimestä. Mittausanturi muuntaa fysikaalisen prosessisuureen toiseksi fysikaaliseksi suureeksi useimmiten sähköiseksi. Usein mittausanturissa on mittauslähetin, joka muuttaa mittaustiedon standardiksi mittausviestiksi, jota käytetään automaatiojärjestelmässä. Tärkeimpiin prosessin mittauksiin kuuluu lämpötila-, paine- ja virtausmittaukset. Mittauksien tarkka mittaaminen on tärkeää säätötekniikan, sekä taloudellisten syiden vuoksi.

6.1.1 Lämpötilamittaukset

Savion voimalaitoksen lämpötila-anturit ovat PT-100-tyyppisiä vastuslämpötila-antureita, jotka on valmistettu platinasta. Vastuslämpötila-antureiden toiminta perustuu metallien resistanssin kasvuun lämpötilan noustessa. PT-100-antureissa vastus 0 °C:n lämpötilassa on 100 ohmia. Platina on stabiili ja kemiallisesti kestävä jalometalli korkeissakin lämpötiloissa ja se on käyttökelpoinen -250…850 °C:n lämpötila-alueella. Yksittäiset lämpötila-anturit on asennettu suojaputkeen, joka suojaa mittausanturia mekaanisilta ja kemiallisilta rasituksilta. Lisäksi suojaputki mahdollistaa lämpötila-anturin vaihdon prosessin käydessä.

Lämpötila-anturin standardiviesti 4–20 mA saadaan viestimuuntimella, eli lämpötilalähettimellä. Lämpötilalähetin voi olla lämpötila-anturin kytkentäkopassa tai esimerkiksi kenttäkotelossa. Usein lämpötila-anturin sijoituspaikka on liian kuuma lämpötilalähettimen elektroniikalle, jolloin se sijoitetaan viileämpään paikkaan. Samaan paikkaan voidaan asentaa useampi lämpötilalähetin, joka helpottaa luoksepäästävyyttä ja säästää tilaa. Yleensä anturit kytketään kolmi- tai nelijohdinkytkennällä, jolla saavutetaan riittävä tark-

kuus. Harvoin käytetään kaksijohdinkytkentää, koska mittaustuloksessa on myös mittajohtimien resistanssi, jotka myös muuttuvat ympäristön lämpötilan mukaan. Kuvassa 9 esitetään vastuslämpötila-anturin kolmi- ja nelijohdinkytkentä.



Kuva 9. Vastusanturin kolmi- ja nelijohdinkytkentä.

Kolmijohdinkytkennässä anturivirta tuodaan anturille erillisellä johtimella (r3). Lämpötilalähetin mittaa mittajohtimien aiheuttaman resistanssin, sekä anturin resistanssin ja vähentää ne toisistaan. Mittajohtimien r1 ja r2 johdinresistanssit eivät vaikuta mittausarvoon, jos ne ovat yhtä suuret. Nelijohdinkytkennässä lämpötilalähetin syöttää vakiovirtaa mittausanturille johdinparia pitkin ja toisella johdinparilla mitataan jännite anturin yli. Tällä tavalla mittausarvoon ei tule ollenkaan mittajohtimien resistanssia. (6, s. 286; 19, s.62–63; 21, s. 172–174.)

6.1.2 Painemittaukset

Savion voimalaitoksella painetta mitataan paine- ja paine-erolähettimillä. Painelähettimellä mitataan nesteiden ja kaasujen yli- ja alipainetta. Painelähettimet on asennettu kierteelliseen painemittausyhteeseen tai impulssiputkeen. Kaikissa asennuksissa on sulkuventtiili. Nesteen painemittauksessa välitysputki on täynnä nestettä ja se on ilmattu. Kaasun painemittauksessa anturi on asennettu kaasuputken yläpuolelle. Tällä tavalla estetään epäpuhtauksien ja nestepisaroiden kulku anturille.

Paine-erolähettimiä käytetään pumppujen ohjauksessa, pinnankorkeuden- ja virtausmittauksissa. Paine-erolähettimiin on asennettu kolmitieventtiiliryhmä, jossa on erilliset sulkuventtiilit lähettimen suuremman ja pienemmän paineen puolella, sekä yhteysventtiili suuren ja pienen paineen välille. Paine-eromittauksissa käytetään impulssiputkia, jotka on kiinnitetty venttiiliryhmään. Kaikissa paine-eromittauksissa putket ovat täynnä nestettä ja ne on ilmattu paine-erolähettimelle asti.

Painetta mitataan kahdella tavalla, suhteellisena mittauksena, jossa painetta mitataan suhteessa ilmanpaineeseen, ja paine-eromittauksena, jolloin painetta verrataan toiseen paineeseen. Paineantureissa mekaaninen liike, joka syntyy paineenvaikutuksesta, muutetaan sähköiseksi signaaliksi. Sähköinen signaali muodostuu anturin tuntoelimeen liitetystä venymäliuska-, pietsoresistiivisestä- tai siirtymää tunnustelevasta -anturista. Kaikista painealueista saadaan sähköinen signaaliviesti, joka on 4–20 mA. (21, s. 178–182.)

6.1.3 Virtausmittaukset

Virtausmittauksella tarkoitetaan putkessa virtaavan fluidin virtausnopeuden, tilavuusvirran tai massavirran määrittämistä. Virtausnopeus tarkoittaa virtauksen etenemisnopeutta ja sen yksikkö on esimerkiksi m/s. Tilavuusvirta ilmoittaa virtauskanavan poikkileikkauksen läpi tietyn ajan kuluessa virranneen ainemäärän tilavuuden, sen yksikkönä voi olla esimerkiksi m^3/s. Massavirta ilmoittaa virtauskanavan poikkileikkauksen läpi tietyn ajan kuluessa virranneen ainemäärän massan, jolloin yksikkönä voi olla esimerkiksi kg/s. Savion voimalaitoksella virtausta mitataan nesteestä ja kaasusta. Virtauksen mittaukseen on monia tapoja, ja näistä kolmea mittaustapaa käytetään Savion voimalaitoksella, jotka ovat ultraäänimittaus, magneettinen virtausmittaus ja siivikkomittari eli pyörivä virtausmittaus. Laitteiden ulostulosignaali on pääsääntöisesti analoginen standardiviesti 4–20 mA, mutta osasta siivikkomittareista saadaan ulostulosignaali vain pulsseina. (20, s. 84; 21, s. 183.)

Ultraäänimittaus perustuu ihmisen kuuloalueen yläpuolella olevilla taajuuksilla esiintyvään akustiseen aaltoliikkeeseen, jonka kulkuaika mitataan väliaineessa. Savion voimalaitoksen ultraäänimittauksissa putken ulkovaippaan on asennettu sähköakustiset muuntimet, jotka toimivat lähettiminä ja vastaanottimina. Putken fluidista mitataan äänipulssien kulkuaika myötä- ja vastavirtauksessa ja kun tiedetään muuntimien välinen etäisyys, voidaan laskea virtausnopeus. (20, s. 93–94; 21, s. 188.)

Magneettinen virtausmittaus perustuu sähkömagneettiseen induktioon, jossa nesteen täytyy johtaa sähköä. Lisäksi edellytetään, että nesteen johtavuus on noin 5 µS/cm, jotta voidaan mitata syntyvä jännite. Mitattava neste virtaa putkessa, jonka sisäpinta on peitetty eristekerroksella. Putken vastakkaisille puolille on sijoitettu käämit, joissa kulkeva sähkövirta synnyttää nesteen virtaussuuntaa vastaan kohtisuorassa olevan magneettikentän. Putken sivuille vastakkaisille puolille on sijoitettu kaksi eristettyä elektrodia, jotka

ovat kohtisuorassa magneettikenttää ja virtausta vastaan. Mitä nopeampaa neste virta magneettikentässä, sitä suurempi jännite siihen indusoituu. (6, s. 282; 21, s. 190.)

Savion voimalaitoksen siivikkomittarit ovat tyypiltään turbiinimittareita. Turbiinimittarin toiminta perustuu virtauksen kanssa yhdensuuntaisesti laakeroidun siivikon pyörimisnopeuden mittaamiseen. Mikäli kitka ja muut häviöt ovat tarpeeksi pieniä, roottorin pyörimisnopeus on laajalla alueella suoraan verrannollinen läpivirtaavaan tilavuusvirtaan, jolloin mittausalue on lineaarinen. Pyörimisnopeutta mitataan induktiivisella tuntoelimellä. Vähintään yhdessä siivikon siivessä on ferromagneettinen metallipala, kun siipi ohittaa tuntoelimen, magneettivuon tiheys ferromagneettisessa sauvassa kasvaa ohimenevästi ja, sen seurauksena kelaan indusoituu jännitepulssi. Turbiinin roottorin pyöriessä syntyy pulssijono, jonka taajuus ilmaisee virtausnopeuden. (6, s. 281.)

6.2 Toimilaitteet

Toimilaitteiden avulla optimoidaan prosessin toimintaa, pitämällä virtaukset, paineet, pinnankorkeudet ja lämpötilat halutuissa arvoissa. Toimilaite ohjaa toimielintä esimerkiksi säätö- ja sulkuventtiiliä. Toimilaitteen tehtävä on muuttaa toimielimen, eli venttiilin asentoa lineaarisesti pystysuoralla tai kiertävällä liikkeellä. Savion voimalaitoksella on käytössä pneumaattisia ja sähkökäyttöisiä toimilaitteita. Toimilaitteita ohjataan automaatiojärjestelmältä tulevilla ohjaussignaaleilla. Signaali on binäärinen tai analoginen. Binäärisessä ohjauksessa toimilaitteelle annetaan kiinni- tai auki-käsky, jonka jälkeen toimilaite rupeaa ajamaan venttiiliä kiinni- tai auki-suuntaan. Toimilaitteelta saadaan automaatiojärjestelmään kiinni- tai auki-rajatilatieto. Analogisessa ohjauksessa toimilaitteessa on asennoitin, joka säätää venttiilin avautumaa ohjaussignaalin mukaisesti. Asennoitin on venttiilin asennon säätäjä, joka saa automaatiojärjestelmältä standardiviestin 4–20 mA:n venttiilin toivotusta asennosta. Asennoitin mittaa venttiilin todellisen asennon ja antaa toimilaitteelle takaisinkytkentätiedon asennon korjaamiseksi. (19, s. 64–65; 21, s. 202.)

Pneumaattista toimilaitetta käytetään säätö- ja sulkuventtiileissä. Lisäksi toimilaitteet ovat suhteellisen halpoja, nopeita ja varmatoimisia. Niihin on myös saatavilla turvatoimintoja, jolloin toimilaite ajaa venttiilin turvalliseen tilaan, kun ohjaussignaali katkeaa. Pneumaattisia toimilaitteita voi olla yksi- tai kaksitoimisina ja ne ovat yleensä mäntä- tai

kalvotyyppisiä. Yksitoimisissa toimilaitteissa on turvatoiminto, jossa jousi palauttaa venttiilin kiinni- tai auki-asentoon. (20, s. 124.)

Sähkötoimilaitteita käytetään prosessin venttiilien ja peltien säätö- ja sulkukäytössä. Sähkötoimilaitteet ovat tarkkoja, mutta hitaita ja kalliimpia kuin pneumaattiset toimilaitteet. Savion voimalaitoksen toimilaitteet ovat Auman valmistamia ja toimivat 400 V:n vaihtojännitteellä. Toimilaitteen kolmivaiheisen sähkömoottorin ja vaihteiston avulla saadaan hyvin suuria ulostulomomentteja. Myös sähkötoimilaitteissa on turvatoiminto, joka jännitteen katkettua pysäyttää tai ajaa venttiilin haluttuun turva-asentoon. (21, s. 206.)

6.3 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on tehoelektroniikan laite, jolla säädetään portaattomasti oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Toimintaperiaate on muuttaa tasasuuntaajalla vaihtovirta sykkiväksi tasavirraksi, joka välipiirissä stabiloidaan ja vaihtosuuntaajalla tasavirta muutetaan jälleen kolmivaiheiseksi moottorille meneväksi vaihtovirraksi. Yleisin toimintajännite on 380-690 VAC kolmivaiheinen vaihtojännite. Taajuusmuuttajalla saavutetaan huomattavaa energiansäästöä, kun moottorin pyörimisnopeutta säädetään prosessin tarpeen mukaan. Moottorin käynnistyksessä pyörimisnopeutta nostetaan prosessin kannalta edullisesti, mikä vähentää mekaanista rasitusta ja sähköverkon jännitteen alenemaa. Savion voimalaitoksella taajuusmuuttajia käytetään puhallin- ja pumppusovelluksissa. Niissä myös saavutetaan suurimmat energiansäästöt. Koska kuormamomenttikäyrä on neliöllinen, kuormitus lisääntyy pyörimisnopeuden neliöön ja tehon kulutus pyörimisnopeuden kuutioon. Puhallinta käytetään kuumavesikattila polttimen ohjauksessa, missä taajuusmuuttaja säätää puhalluspainetta tehon mukaan muuntelemalla puhaltimen pyörimisnopeutta. Pumppukäytössä taajuusmuuttajalla voidaan säätää prosessin virtausnopeutta, muuten pumppu pyörii vakionopeudella ja virtausnopeuden säätö tehdään säätöventtiilillä. Lisäksi taajuusmuuttaja poistaa nesteiden paineiskut putkistossa, kun pumppua kiihdytetään hitaasti haluamaan pyörimisnopeuteen. (21, s. 139–140.)

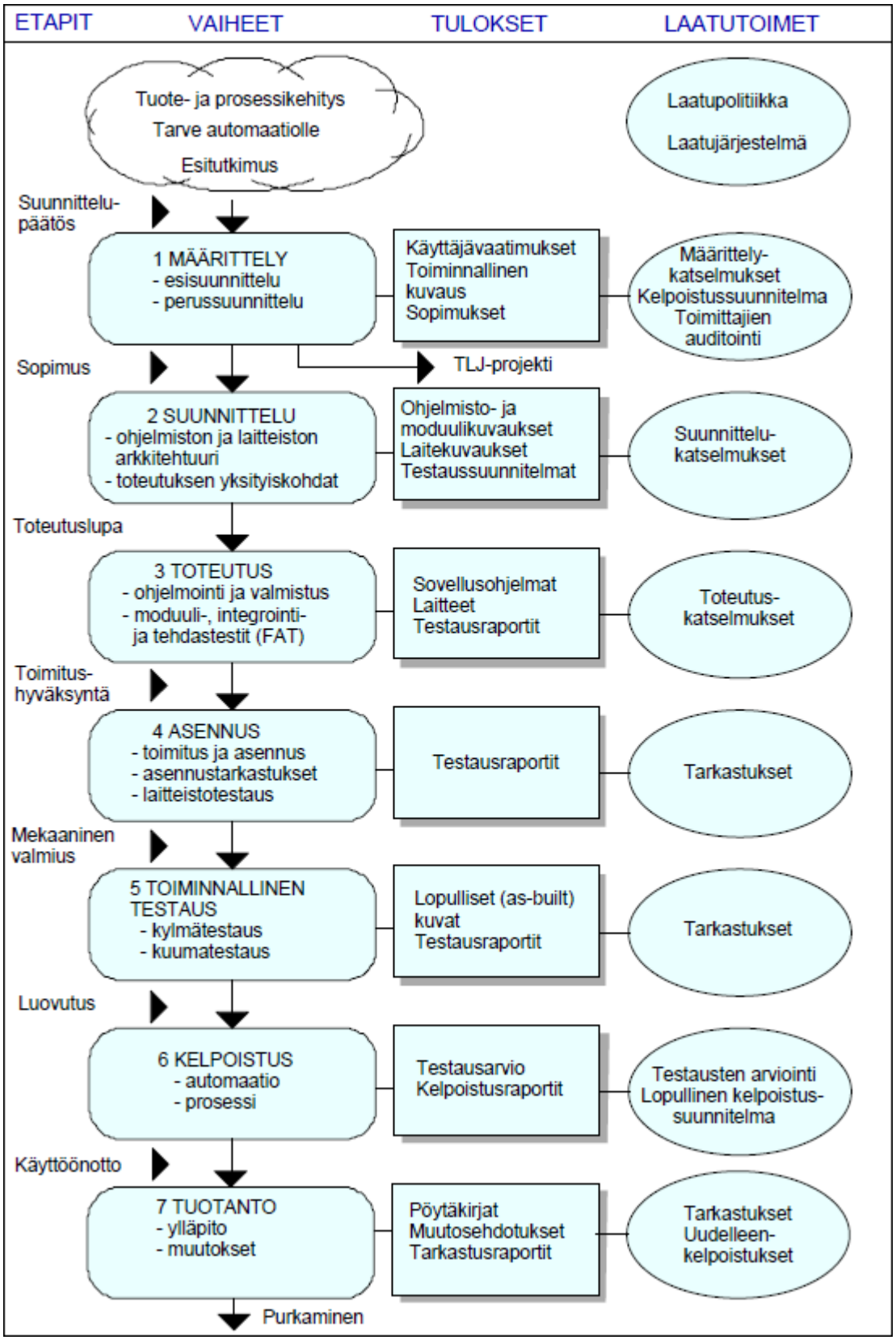
Savin voimalaitoksen taajuusmuuttajat ovat Vaconin valmistamia. Taajuusmuuttajan ohjauspaikkana voi olla paneeli, kenttäväylä tai riviliitin. Savion voimalaitosten taajuusmuuttajien ohjauspaikaksi on valittu riviliitin. Riviliitinohjauksessa automaatiolaitteiden ja

taajuusmuuttajien välinen liitäntärajapinta on toteutettu instrumentointikaapelilla. Automaatiolaitteella ohjataan taajuusmuuttajaa binäärisillä käy-, seis- ja häiriönkuittaussignaaleilla, sekä analogisella ohjearvolla. Taajuusmuuttajalta saadaan binääriset tilatiedot käy, seis ja häiriö, sekä analoginen oloarvo automaatiolaitteelle. Ohjearvolla ohjataan moottorin pyörimisnopeutta, eli taajuutta standardiviestillä 4–20 mA. Oloarvo on takaisinkytkentätieto moottorin pyörimisnopeudesta, joka on myös 4–20 mA:n virtaviesti.

7 Elinkaari

7.1 Automaatiojärjestelmän elinkaarimalli

Tässä luvussa käsitellään yleisesti automaatioprojekteissa käytössä olevaa elinkaarimallia, joka on tarkoitettu vaativiin järjestelemähankintoihin. Vaativissa järjestelmänhankinnoissa vaaditaan dokumentoitu laadun osoittaminen. Vaativia kohteita ovat esimerkiksi korkean hankintahinnan ja laatuvaatimusten systeemit, johon liittyy vaaratekijöitä. Menettelyitä voidaan keventää, prosessin kriittisyyden mukaan. Automaatiojärjestelmän elinkaarimallit on määritelty eri tavoilla eri lähteissä. Automaatioalan standardeissa SFS-IEC 61506 (Teollisuusprosessin mittaus ja ohjaus. Sovellusohjelmiston dokumentaatio) ja SFS-EN 61508-1 (Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus.) käsitellään elinkaareen liittyvät ohjelmistodokumentit ja kokonaisuuden turvallisuuden elinkaaren vaatimukset. Automaatiojärjestelmän elinkaari voidaan jakaa peräkkäisiin vaiheisiin, jotka on esitetty kuvassa 9. Vasemmalla on etapit ja keskeiset elinkaarivaiheet, keskellä tärkeimmät dokumentit laadun osoittamiseksi ja oikealla vaiheisiin liittyvät laadunvarmistustehtävät. (24, s. 16; 25, s. 30; 26, s. 30.)



Kuva 10. Automaatiojärjestelmän suositeltava elinkaarimalli laadun kannalta vaativiin kohteisiin (24, s. 17).

Automaatiojärjestelmän elinkaarimallin vaiheet määritellään seuraavasti

- Määrittelyvaihe: Elinkaaren määrittelyvaiheessa automaatiojärjestelmän vaatimukset ja toiminnot kuvataan niin tarkasti, että yksityiskohtainen tekninen suunnittelu voidaan aloittaa. Määrittelyvaihe voidaan jakaa kahteen alavaiheeseen, esisuunnittelu ja perussuunnittelu.
    - Esisuunnittelu: Tarkoituksena on koota aineistoa investointipäätöksen tekemistä varten. Materiaaleihin kuuluvat automatisoinnin tarve, hyöty, tarjonta ja kustannukset. Asiakaan tehtävä on määritellä käyttäjävaatimukset, sekä laatia kelpuutussuunnitelman, jonka avulla valvotaan ja ohjataan laadun toteutusta. Esisuunnittelun vastuu kuuluu asiakkaalle, jonka takia suurissa projekteissa usein käytetään konsulttia. Esisuunnitteluvaihe päättyy usein asiakkaan tekemään investointipäätökseen.
    - Perussuunnittelu: Tarkoituksena kuvata automaatiojärjestelmän toiminnot ja toteutusperiaatteet, sekä prosessin ajotavat. Lisäksi sopimusneuvottelut, tarjouspyyntö ja tarjoukset kuuluvat perussuunnitteluun. Toimittajan tekemään tarjoukseen kuuluu automaatiojärjestelmän toiminnallinen kuvaus sekä projekti- ja laatusuunnitelma. Toiminallinen kuvaus kuvaa lyhyesti yksittäiset toiminnot, laitteiston, ohjelmiston rakenteen ja kuinka ne täyttävät asiakkaan vaatimukset. Perussuunnittelu vaatii paljon yhteistyötä asiakkaalta ja toimittajalta. Vaihe päättyy allekirjoitettuun toimitussopimukseen.
- Suunnitteluvaihe: Tarkennetaan määrittelyvaiheen vaikutuksia, että voidaan aloittaa automaatiojärjestelmän toteutus. Suunnitteluvaiheen kulku on kokonaisuudesta yksityiskohtien suunnitteluun. Tärkeimmät tehtävät ovat järjestelmäsuunnittelu, toteutussuunnittelu, sekä testaussuunnitelmien laatiminen. Ensin tarkennetaan sovelluksen arkkitehtuuria järjestelmäsuunnittelulla. Suunnittelun tulokset kuvataan ohjelmisto- ja laitteistokuvauksessa. Toteutussuunnittelu täsmentää yksityiskohtaisia tietoja moduulitasolle. Samaan aikaan tuotetaan piirikohtaiset toimintakuvaukset ja sekvenssikuvaukset, sekä laaditaan piirikohtaiset testaussuunnitelmat. Suunnitteluvaiheen vastuu kuuluu toimittajalle, mutta ajotapakeskustelut jatkuvat toimittajan, prosessisuunnittelun ja asiakkaan välillä. Vaihe loppuu järjestelmän tai sen osan toteutuslupaan.
- Toteutusvaihe: Toimittaja hankkii, valmistaa, kokoaa ja testaa automaatiojärjestelmän suunnitelmien mukaan. Toteutusvaiheessa suoritetaan testausta ja katselmuksia toimittajan tiloissa, jonka jälkeen tehdään tehdastestit, joihin myös asiakkaan on hyvä osallistua. Saman aikaisesti laaditaan erilaisia dokumentteja laadun osoittamiseksi. Tärkeimpiä dokumentteja ovat asennus- ja käyttöohjeet, testaussuunnitelmat sekä tehdastestien dokumentaatio ja katselmusraportit. Toteutusvaihe päättyy automaatiojärjestelmän toimituslupaan, kun asiakas ja toimittaja toteavat järjestelmän olevan valmis siirrettäväksi asennuspaikalle ja tehdastestit on hyväksytty.
- Asennusvaihe: Tehdastestattu automaatiojärjestelmä, sekä siihen kuuluvat komponentit kuljetetaan käyttöympäristöön, asennetaan ja kytketään. Laitteistotestauksella tarkastetaan järjestelmän toiminta mekaanisesti ja sähköisesti. Lisäksi todetaan sen olevan suunnittelukuvausten mukainen. Asennusvaihe loppuu asennusraportin hyväksyntään, jolloin järjestelmä on

mekaanisesti valmis toiminnallista testausta varten ja laitoksen operointivastuu usein siirtyy toimittajalta ja projektihenkilökunnalta asiakkaan käyttöhenkilökunnalle.

- Toiminnallinen testausvaihe: Varmistetaan, että automaatiojärjestelmä vastaa toiminnallista kuvausta ja sopimusta. Järjestelmän toiminnallisen testauksen vaiheet ovat kylmä- ja kuumatestaus. Testauksessa saaduilla tuloksilla osoitetaan asiakkaalle järjestelmän olevan toiminnallisen kuvauksen mukainen. Testausvaihe päättyy järjestelmän luovutukseen, kun testaukset on hyväksytty.
    - Kylmätestaus: Testataan hälytykset, lukitukset, suojaukset ja muut turvallisuuteen liittyvät toiminnot, sekä yksittäisiä toiminnallisia kokonaisuuksia, jotka liittyvät normaaliin prosessiin. Testauksessa käytetään mahdollisimman vaarattomia prosessiaineita. Testauksen lopuksi automaatiojärjestelmä ja prosessi ovat valmiita ylösajoon. Kylmätestauksen jälkeen siirrytään kuumatestaukseen.
    - Kuumatestaus: Tavoitteena on testata prosessi todellisilla prosessiaineilla ja todeta kokonaisuuden toimivan suunnitelmien mukaisesti. Kuumavesitestauksessa prosessi on ajettu ylös ja jokainen prosessinosa testataan. Myös yhteydet muihin järjestelmiin tarkastetaan esimerkiksi tiedonkeruu.
- Kelpuutusvaihe: Automaatiojärjestelmän luovuttamisen jälkeen, aloitetaan kelpuutusvaihe, joka muodostuu kahdesta vaiheesta, automaation teknisestä loppukelpuutuksesta ja prosessikelpuutuksesta. Kelpuutusvaiheen tavoite on näyttää koko prosessin toimivan suunnitellulla tavalla ja täyttävän sille asetetut vaatimukset. Loppukelpuutus päättyy, kun loppukelpuutusraportti on hyväksytty. Kelpuutusvaiheen aikana muokkaantunut automaatiojärjestelmän sovellusversio voidaan ottaa tuotantokäyttöön.
    - Automaation tekninen kelpuutusvaihe: Asiakas osoittaa dokumenttien ja testien avulla, että järjestelmä on suunniteltu ja tehty vaatimusten mukaisesti. Loppukelpuutusvaiheen aikana suoritetaan suorituskykytestaus, jonka tarkoituksena on todentaa esimerkiksi kuormitettavuuden ja vasteaikojen toteutuminen.
    - Prosessikelpuutusvaihe: Tavoitteena on näyttää koko prosessin ja sillä valmistettujen tuotteiden vastaavan spesifikaatiota. Koeajojen aikana tapahtuu prosessin lopullinen viritys, sekä kelpoisuusraportin laatiminen.
- Tuotantovaihe: Kelpuutusvaiheen jälkeen aloitetaan tuotantovaihe automaatiojärjestelmällä. Automaatiojärjestelmän elinkaareen kuuluu pienet muutokset, jotka alkavat määrittelyvaiheesta.
- Purkuvaihe: Automaatiojärjestelmän elinkaareen kuuluu myös sen purkaminen, eli elinkaaren loppu.

Edellä olevia vaiheita voidaan käyttää prosessilaitoksen ohjausjärjestelmän elinkaarimallina, jossa on käytössä hajautettu digitaalinen automaatiojärjestelmä tai ohjelmoitavia logiikoita. (24, s. 16–22; 27, s. 16–17.)

7.2 Nykyisen automaatiojärjestelmä elinkaari

Kaikki automaatiolaitteet vanhenevat jossain vaiheessa. Alla olevassa kuvassa 11 on esitetty automaatiojärjestelmän komponenttien elinkaari. Elinkaaren ensimmäisessä vaiheessa tuote julkaistaan ja hyvin nopeasti sen jälkeen aloitetaan myynti. Tämä on niin sanottu aktiivinen vaihe. Toisessa vaiheessa valmistaja ilmoittaa tuotteen lopettamisesta. Tuotetta myydään vielä uusiin järjestelmiin, mutta tuote on poistunut aktiivisesta myynnistä. Kolmannessa vaiheessa tuote siirtyy varaosamyyntiin, jolloin sen valmistusta vähennetään, eikä sitä enää myydä uusiin järjestelmiin. Viimeinen vaihe saavutetaan, kun tuote on ollut kymmenen vuotta varaosana. Valmistaja lopettaa tuotteen myynnin ja tuen.

Kuva 11. Automaatiojärjestelmän komponentin elinkaari.

Yleensä, kun valmistaja ilmoittaa tuotteen lopettamisesta, samalla aktiiviseen myyntiin tulee korvaava malli. Tätä kutsutaan järjestelmäkehitykseksi. (28, s. 527.)

Savion voimalaitoksen ensimmäinen automaatiojärjestelmä oli toteutettu Siemensin Simatic S5 -tuoteperheellä. Automaatiojärjestelmän elinkaari oli vuodesta 1991 vuoteen 2006, jolloin otettiin käyttöön nykyinen Siemens Simatic S7 -tuoteperhe käyttöön.

Tässä työssä on selvitetty pääprosessin automaatiojärjestelmän komponenttien tämänhetkinen elinkaari. Prosessiaseman ja laajennusyksiköiden komponentit ovat S7-400-sarjaa ja hajautetut I/O-yksiköt ovat S7-300-sarjaa. Taulukossa 10 on esitetty S7-400-sarjan komponenttien tällä hetkellä oleva elinkaari.

Taulukko 10. S7-400 automaatiojärjestelmän komponenttien elinkaaren vaiheet.

Tuotenumero	Laite	Tuotteen julkistaminen	Myynnin aloitus	Ilmoitus tuotteen lopettamisesta	Valmistuksen lopettaminen	Tuote lopetettu
6ES7407-0KA01-0AA0	Virtalähde	1.4.1998	1.4.1998	15.2.2007	15.2.2007	15.2.2017
6ES7416-2XK04-0AB0	Keskusyksikkö	20.2.2004	2.8.2004	19.2.2007	19.2.2007	19.2.2018
6GK7443-1EX11-0XE0	Tiedonsiirtokortti (Ethernet)	1.10.2000	1.11.2000	1.10.2008	1.10.2009	1.10.2019
6ES7441-2AA04-0AE0	Tiedonsiirtokortti (Point to point)	10.12.2005	15.12.2005	1.10.2012	1.10.2013	1.10.2023
6ES7421-1BL01-0AA0	Digitaalituloyksikkö	1.5.2000	1.8.2000			
6ES7460-0AA01-0AB0	K-väylä lähetys-IM	1.10.2000	1.1.2001			
6ES7461-0AA01-0AA0	K-väylä vastaanotto-IM	1.10.2000	1.1.2001			
6ES7431-1KF00-0AB0	Analogiatuloyksikkö	15.12.2005	15.12.2005			
6ES7432-1HF00-0AB0	Analogialähtöyksikkö	15.12.2005	15.12.2005			
6ES7422-1BL00-0AA0	Digitaalilähtöyksikkö	15.12.2005	15.12.2005			

Taulukosta 10 nähdään, että neljälle ylimmäiselle laitteelle on ilmoitettu tuotteen lopetus päivämäärä. Yksi laitteista on jo lopetettu vuonna 2017, eli samanlaista ei enää saa eikä vanhaa korjata. Seuraavaksi automaatiojärjestelmästä poistuva laite on keskusyksikkö, joka on ollut jo vuodesta 2007 varaosana. Myös S7-300-sarjasta löytyy yksi lopetettu tuote, joka on esitetty taulukossa 11. Muut komponentit ovat aktiivisessa myynnissä, eikä niistä ole ilmoitettu seuraavaa elinkaaren vaihetta.

Taulukko 11. S7-300 automaatiojärjestelmän komponenttien elinkaaren vaiheet.

Tuotenumero	Laite	Tuotteen julkistaminen	Myynnin aloitus	Ilmoitus tuotteen lopettamisesta	Valmistuksen lopettaminen	Tuote lopetettu
6ES7307-1EA00-0AA0	Virtalähde					10.1.2011
6ES7321-1BH02-0AA0	Digitaalituloyksikkö	15.3.2000	15.3.2000			
6ES7153-1AA03-0XB0	Hajautusasema (IM) (Profibus DP)	15.1.2000	1.5.2000			
6ES7331-7KF02-0AB0	Analogiatuloyksikkö	1.1.2000	15.3.2001			
6ES7332-5HD01-0AB0	Analogialähtöyksikkö	15.12.2005	15.12.2005			
6ES7322-1BH01-0AA0	Digitaalilähtöyksikkö	15.12.2005	15.12.2005			

Edellä olevista taulukoista 10 ja 11 nähdään, että olisi hyvä varautua tärkeiden komponenttien rikkoutumiseen, koska samanlaisen laitteen saaminen voi olla vaikeaa tai mahdotonta.

8 Kunnossapito

8.1 Järjestelmien kunnossapito

Automaatiojärjestelmän kunnossapito on koko elinkaaren ajan tärkeää, prosessin luotettavuuden ja tuottavuuden kannalta. Laadukas kunnossapito edellyttää pitkäaikaista sitoutumista elinjakson aikaisiin toimiin, budjetointiin ja koulutukseen. Kunnossapidon ja käytön tavoitteena on minimoida komponenttien viat, haitalliset häiriöt ja niiden vaikutukset, sekä analysoida vikojen perussyyt ja suorittaa korjaavat toimenpiteet loppuun. Kunnossapitosuunnitelma pitää sisällään eri kunnossapitomenetelmiä. Järjestelmien kunnossapitotapoja ovat ennustava, reaktiivinen, ennakoiva ja ehkäisevä kunnossapito, sekä järjestelmän uusinta.

Ennustava kunnossapito perustuu tarkkaan ja systemaattiseen järjestelmäosien ja komponenttien toiminnan seurantaan. Lisäksi tunnetaan prosessin tai valmistajan historiatietoon perustuva analyysi, laskenta ja kokemus. Järjestelmästä kerätään tietoa komponenteista, omavalvontaa ja laskentakapasiteettia hyväksikäyttäen. Tällä menetelmällä voidaan optimoida ja pidentää kunnossapitovälejä ja säästää kustannuksia, sekä vähentää prosessihäiriöitä.

Reaktiivisessa kunnossapidossa, eli korjaavassa kunnossapidossa reagoidaan akuutteihin vikoihin ja toimintahäiriöihin. Tarkoituksena on palauttaa epäkunnossa olevan järjestelmän komponentti tai koko prosessin toiminta ennalleen.

Ennakoivassa ja ehkäisevässä kunnossapidossa pyritään estämään järjestelmän komponenttien ja prosessin häiriöt. Kunnossapidon tehtävät ajoitetaan valmistajan ilmoittamien vikaantumisvälien ja ohjeiden mukaan. Kunnossapidossa hyödynnetään prosessista kerättyjä historiatietoja häiriöiden aikaväleistä ja laadusta, sekä kestosta. Kunnossapito pyritään aloittamaan ennen näitä tapauksia. Ennakoivan kunnossapidon etuja ovat suunniteltavuus, ajankohdan valinta, varaosien hallinta, resurssien ohjaus, sekä

vastaa lakien ja laatujärjestelmien vaatimuksiin. Ennakoiva kunnossapito ei kuitenkaan poista kokonaan vikoja.

Järjestelmän uusiminen tulee ajankohtaiseksi, kun on tarvetta muuttaa prosessia ja vanha järjestelmä ei sitä pysty toteuttamaan tai kun automaatiojärjestelmä vanhenee. Prosessiautomaatiojärjestelmät ovat hyvin luotettavia ja kestäviä, minkä takia niihin lisätään ja niistä uusitaan yksittäisiä komponentteja. (29, s. 145–147.)

8.2 Kunnossapitosuunnitelmat

Kunnossapidon suunnittelussa tulee ottaa huomioon prosessin luonne, osaaminen, varaosien tarve ja itsediagnostiikka.

Prosessin luonteella tarkoitetaan tässä sen säätö-, ohjaus-, turvallisuus ja taloudellisia vaikutuksia koko yrityksen toimintaan. Vaativat ja tärkeät prosessit, jotka tarvitsevat toimitusvarmuutta, on hyvä kahdentaa. Redundanttisuus, eli kahdennus vaikuttaa kunnossapitotarpeeseen ja varaosien hankintaan, sekä siihen kuinka nopeasti kunnossapidon toimen on aloitettava ja kuinka pikaisesti ne on suoritettava.

Yrityksen on arvioitava, mitkä prosessijärjestelmän osaamisalueet kuuluvat sen kunnossapidon vahvuuksiin. Prosessijärjestelmän osaaminen voidaan jakaa seuraaviin kohtiin:

- laitteisto
- ohjelmointi
- digitaalinen
- analoginen
- kenttälaite
- prosessin toiminnallisuus
- diagnostiikka.

Prosessijärjestelmän kunnossapidon osaaminen voidaan ulkoistaa toimittajalle ja yhteistyökumppaneille. Tällöin on erikseen arvioitava toisen osapuolen apu ja osaaminen

muun muassa henkilönvaihdoksissa, korjausajassa, prosessin tuntemuksessa ja etäyhteyksien takana oleva osaaminen, ottaen huomioon mahdollinen vasteaika, sekä sen vaikutukset prosessiin. Lisäksi on arvioitava, onko tarvetta 24/7 varallaololle.

Varaosien saatavuudella on suuri merkitys prosessijärjestelmän elpymiseen ja palautumiseen normaalikäyttöön eri vikatilanteissa. Prosessijärjestelmän kannalta tärkeimpien varaosien saatavuus tulee olla taattu, jotta mahdolliset vikatilanteet eivät vaikuta itse prosessiin. Varaosien tarve perustuu riskianalyysin siitä, minkä tasoinen vika on siedettävä ja mikä aiheuttaa prosessin keskeytyksen. Varaosien arvioinnissa voidaan käyttää useita kriteerejä. Arvioinnissa voidaan käyttää järjestelmän asennettua laajuutta, redundanttisuutta, seisokin kestoa, varaosien toimitusaikaa ja kustannusta, sekä toimittajan suositusta ja kokemusta. Lisäksi voidaan käyttää valmistajan luotettavuuslaskelmia. Esimerkiksi vikojen välistä keskimääräistä aikaa MTBF (MTBF, Mean Time Between Failures) ja aikaa, joka kuuluu vian korjaamiseen sisältäen odotusajan MTTR (MTTR, Mean Time To Repair).

Automaatiojärjestelmät sisältävät laitteita ja ohjelmia, joita hyödynnetään itsediagnostiikassa. Niiden avulla pystytään indikoimaan yksittäisten komponenttien vikoja ja esittämään niitä ledien ja ohjelmiston kautta. Ledit moduuleissa osoittavat järjestelmän toimivuuden. (29, s. 146–149.)

8.3 Ohjausjärjestelmien kunnossapito

Yleisin ohjausjärjestelmien kunnossapitomenetelmä on vaihtaa tai korjata rikkoutunut yksikkö laitetoimittajalla. Kunnossapito siis pohjautuu moduulien vaihtoon, koska komponentin korjaaminen paikan päällä on harvoin taloudellista. Ohjausjärjestelmiin on saatavana erilaisia ylläpitotyökaluja, joita käytetään ennakoivassa kunnossapidossa ja diagnostiikassa.

Ennakoiva kunnossapito on tehokkain kunnossapitomenetelmä, jolla pyritään varmistamaan laitteiden kestävyys koko elinkaaren ajan. Näin ehkäistään odottamattomia käyttökatkoja, seisokkeja ja korjauskustannuksia. Ennakoivassa kunnossapidossa tarkastettavia kohteita ovat

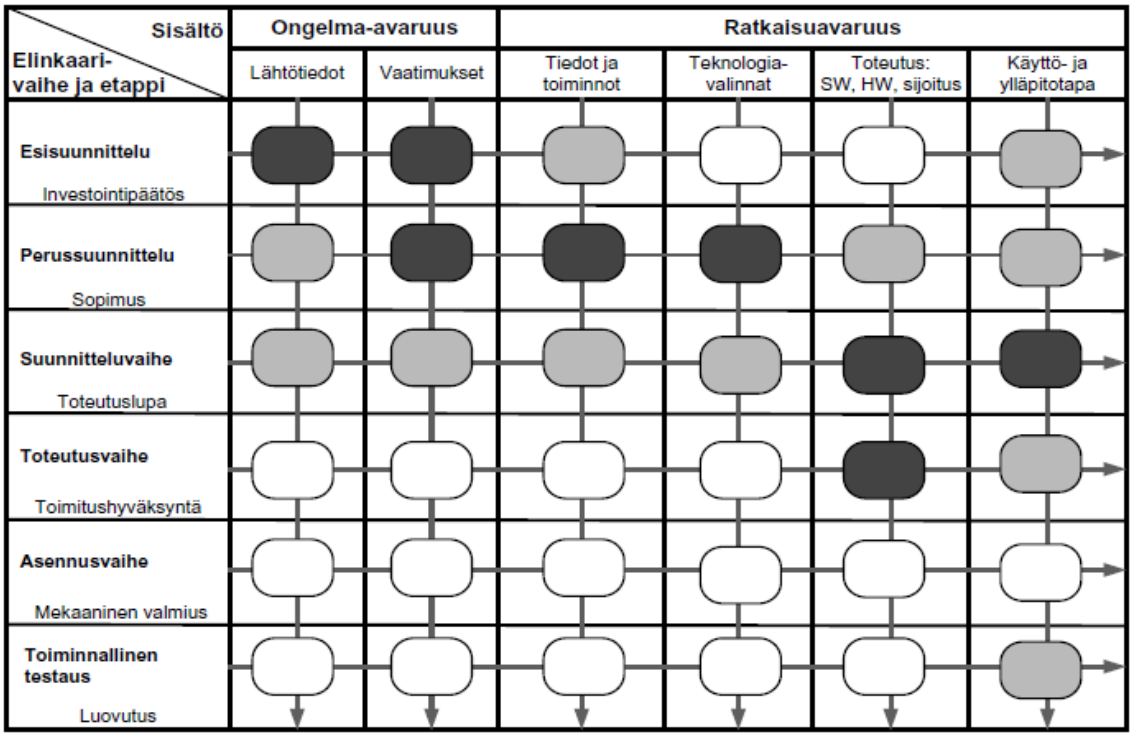
- keskuksen, kaapeloinnin ja johtimien kunto

- kaapeleiden ja johtimien kytkentöjen oikeellisuus
- moduulien, ohjelmasekvenssien ja turvalukitusten toiminta
- jännitetasojen oikeellisuus
- tietoliikenteen toiminta.

Lisäksi järjestelmän häiriö- ja poikkeamalokien tarkastus ja niihin reagoiminen tarvitulla tavalla kuuluu ennakoivaan kunnossapitoon. (29, s. 161–163.)

9 Automaatiosuunnittelun lähtötiedot ja vaatimukset

Automaatiosuunnittelu on monivaiheinen kokonaisuus, joka yleensä jaetaan ajallisiin etappien ryhmittämiin elinkaarivaiheisiin, jota kuva 12 havainnollistaa. Kaksi ensimmäistä pystysaraketta esittää automaatiojärjestelmän lähtötiedot ja vaatimukset, jotka edustavat järjestelmän käyttäjien ja asiakkaan näkökulmaa eli ongelma-avaruutta. Seuraavilla pystysarakkeilla pyritään ratkaisemaan automaatiojärjestelmän käsittelemät tiedot ja toiminnot, sekä järjestelmän fyysisen toteutuksen kuvaukset. Lisäksi automaatiosuunnittelussa on selvitettävä automaatiojärjestelmän ympäristö ja se, kuinka järjestelmää käytetään ja ylläpidetään. Kuvan sarakkeita luetaan vasemmalta oikealle ja yleensä asiat etenevät rinnakkain ja iteratiivisesti. (27, s.18.)



Kuva 12. Automaatiosuunnittelun elinkaarivaiheet muodostavat ongelma-avaruuden ja ratkaisuavaruuden leikkauskohdassa suunnittelukokonaisuuksia (27, s. 19).

Tietyn sisällöllisen kokonaisuuden tuottaminen tai tarkentaminen tietyn elinkaarivaiheen aikana muodostaa suunnittelukokonaisuuden, joka koostuu selvärajaisista, projektisuunnittelun ja työnjaon pohjana olevista suunnittelutehtävistä. Suunnittelutehtävistä tummat muuttavat järjestelmän mallia enemmän kuin vaaleat. Suunnittelu on iteratiivista elinkaarivaiheiden sisällä ja niiden välillä. Sisältökokonaisuuksien informaatiot vaihtuvat ja täsmentyvät suunnittelun edistyessä. Hyvä tapa on tarkastaa kaikki mallin osat jokaisen

elinkaarivaiheen aikana, koska myös käyttäjän vaatimukset vaihtuvat ja tarkentuvat vaiheittain projektin edistyessä. (27, s.18–19.)

Automaatiosuunnittelun tärkeimmät lähtötiedot ja vaatimukset syntyvät usein esisuunnitteluvaiheessa, jonka perusteella tehdään investointipäätös. Esisuunnittelun tuloksista on selvittävä edellytykset projektin toteuttamiseksi, siihen liittyvät riski- ja turvallisuustekijät ja niiden hallittavuus, sekä alustava kustannusarvio. Automaatiojärjestelmän uusinnoissa ja laajennuksissa esisuunnittelun perusteena käytetään olemassa olevan laitoksen dokumentaatiota. Laitoksesta riippuen voi dokumenteissa esiintyä puutteita. (27, s. 20.)

Automaatiojärjestelmän suunnittelu aloitetaan määrittämällä lähtötiedot tuotteesta, tuotannosta, henkilöstöstä ja eritoten prosessikuvauksesta. Prosessikuvauksen tarkoitus on kuvata prosessia tai sen osia, joita automaation on tarkoitus hallita. Sovellussuunnittelun lähtötietojen kuvaus sisältää

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

Projektin onnistumiselle on tärkeää, että lähtötiedot ovat virheettömät ja ne saadaan oikeaan aikaan. Projektin viivästyminen ja turha työ johtuvat yleensä puutteellisista lähtötiedoista. Automaatiosuunnittelussa pyritään edullisimpaan vaihtoehtoon missä lähtötiedot tulevat oikein ja ajallaan, mutta välillä projektin etenemisen kannalta tähän ei päästä ja edetään epävarman suuruusluokkatiedon pohjalta. (27, s. 20–21.)

Automaatiosuunnittelun esisuunnitteluvaiheessa saadaan prosessikuvauksen perusteella, asetettua järjestelmälle seuraavia vaatimuksia

- I/O-lukumäärä

- säätöpiirien lukumäärä
- toimilaitteiden mitoitustiedot
- erilaisten näyttöjen lukumäärät
- tiedot henkilöstöstä, laitoksesta ja muista ulkoisista asennuksista, jotka on otettava huomioon.

Vaatimuksilla pyritään esittämään ympäristöön, toimintaan ja käyttöön liittyvät merkittävät ominaisuudet, jotka toimituksen pitää täyttää. Vaatimuksiin usein sisältyy myös suorituskyvyn, käytettävyyden, luotettavuuden, päästöihin ja turvallisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Lisäksi vaatimuksiin voi kuulua velvoite tiettyjen standardien noudattamisesta, sekä toimituksen laadunvarmistuksesta ja dokumentoinnista. (27, s. 21.)

Projektin alussa kuvatut vaatimukset täsmentyvät hankkeen edistyessä. Yhtenäistä vaatimusmäärittelydokumenttia ei kirjoiteta kovinkaan usein. Vaatimusten jäädyttäminen tapahtuu yleensä kohtalaisen nopeasti hankkeen aloittamisen jälkeen. Jäädyttämisen ajankohtaan vaikuttaa esimerkiksi tilaustyönä valmistettavien laitteiden toimitusaikataulut. Vaatimusmäärittely on jatkuvaa yhteistyötä asiakkaan kanssa, eikä projektin alussa tiukasti lukkoon lyöty dokumentti, vaan siihen voi tulla muutoksia. Hankkeen onnistumisen vuoksi on sovittu vaatimusten hallintamenettelyistä. (27, s. 21.)

10 Automaatiojärjestelmän jatkuvuus

Savion voimalaitoksen nykyinen automaatiojärjestelmä on ollut käytössä vuodesta 2006, ja tällä hetkellä osa komponenteista on saavuttanut elinkaarensa päätepisteen. Automaatiojärjestelmään kuuluu Siemens S7-400-sarjan prosessiasema ja laajennusyksiköt, sekä ET 200M -hajautusyksiköt, joiden I/O-kortit ovat S7-300-sarjaa.

Lähitulevaisuudessa on hyvä punnita, ylläpidetäänkö vanhaa automaatiojärjestelmää vai päädytäänkö vaihtamaan koko automaatiojärjestelmä uuteen. Nykyisen automaatiojärjestelmän kaksi moduulia on lopetettu ja kolme on elinkaaren varaosavaiheessa. Päivittämällä nämä viisi moduulia kaikki automaatiojärjestelmän yksiköt olisivat aktiivisessa vaiheessa elinkaartaan. Tällä saataisiin varmistettua automaatiojärjestelmän varaosien saatavuus, sekä toimintavarmuus vähintään kymmeneksi vuodeksi. Tämä tarkoittaa, että elinkaaren aktiivisesta vaiheesta tuotteen lopettamiseen on minimissään kymmenen vuotta. Toinen vaihtoehto olisi Valmet DNA:n (DNA, Dynamic Network of Applications, Dynaaminen sovellusverkko) automaatiojärjestelmä, joka on käytössä Keravan lämpövoima Oy:n voimalaitoksella ja Keravan energia Oy:n lämmönsiirrinasemalla.

10.1 Nykyisen automaatiojärjestelmän päivittäminen

Nykyisen automaatiojärjestelmän päivittäminen ei vaatisi suuria muutoksia. Automaatiojärjestelmästä vaihdettaisiin seitsemän moduulia. Prosessiasemaan vaihdettaisiin neljä moduulia, jotka olisivat virtalähde, keskusyksikkö, tiedonsiirtokortti (Ethernet) ja tiedonsiirtokortti (Point to point). Molemmista laajennusyksiköistä vaihdettaisiin sama virtalähde, joka on prosessiasemassa. Myös ET 200M -hajautusyksiköiden virtalähde vaihdettaisiin. Selvitetyt korvaavat vaihtoehdot on esitetty taulukossa 12. Kyseisistä moduuleista ei ole ilmoitettu tuotteen lopettamisesta, joten kaikki nämä olisivat elinkaarensa aktiivisella vaiheella.

Taulukko 12. Automaatiojärjestelmän päivityksen korvaavat moduulit.

Tuotenumero	Laite	Tuotteen julkistaminen	Myynnin aloitus
6ES7407-0KA02-0AA0	Virtalähde	26.6.2006	1.7.2006
6ES7416-2XP07-0AB0	Keskusyksikkö	2.3.2016	16.3.2016
6GK7443-1EX30-0XE0	Tiedonsiirtokortti (Ethernet)	19.4.2012	11.5.2012
6ES7441-2AA05-0AE0	Tiedonsiirtokortti (Point to point)	26.6.2012	29.6.2012
6ES7307-1EA01-0AA0	Virtalähde	1.7.2009	1.10.2009

Taulukon neljä ensimmäistä riviä on tarkoitettu prosessiaseman päivitystä varten ja alin rivi on hajautusyksiköiden virtalähde. Mikäli halutaan vaihtaa vain keskusyksikkö, myös Ethernet-tiedonsiirtokortti pitää vaihtaa. Tiedonsiirtokortin Point to point yhteydessä pitää myös uusia liitäntäyksikkö IF 963 RS-232, joka asennetaan tiedonsiirtokorttiin. Nykyisen IF 963 RS-232 -liitäntäyksikön tuotenumero on 6ES7 963-1AA00-0AA0, jonka korvaava tuotenumero 6ES7 963-1AA10-0AA0. Nykyisessä tiedonsiirtokortissa on kaksi liitäntäyksikkö, joista toinen on varalla. Myös tulevaisuudessa voisi olla kaksi liitäntäyksikköä, mikä olisi mahdollista toteuttaa kyseisellä tiedonsiirtokortilla.

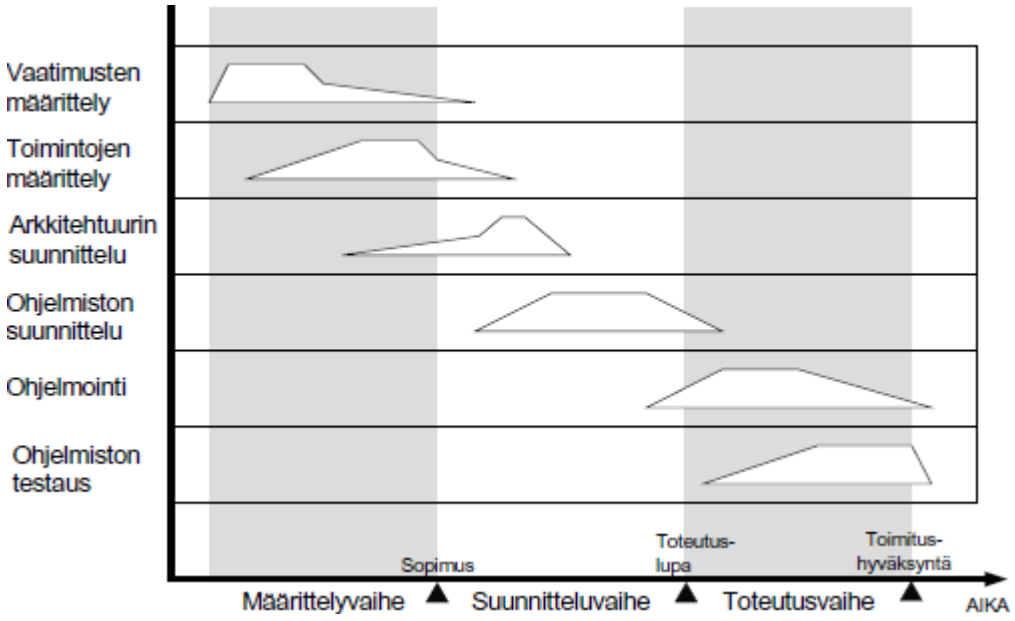
Uusi keskusyksikkö vaatii STEP 7 V5.4:n tai uudemman ohjelmaversion ja HSP 261 -laitteistoluettelon. Savion voimalaitoksella on käytössä uudempi ohjelmaversio V5.5, joten sitä ei tarvitse päivittää. Keskusyksikön muuttuessa uudempaan, luonnollisesti CPU:n nopeus on huomattavasti nopeampi ja joissain sovelluksissa joudutaan sen takia tekemään ohjelmaan muutoksia.

10.2 Uuden automaatiojärjestelmän valinta

Mikäli automaatiojärjestelmä vaihdettaisiin, todennäköisin vaihtoehto olisi Valmet DNA -automaatiojärjestelmä. Suuresti valintaa vaikuttaa, että Keravan Energia -yhtiöllä ja Valmet Oyj:llä on pitkäaikainen sopimus jo olemassa olevien laitosten järjestelmien ylläpidosta. Valmet DNA -automaatiojärjestelmä on käytössä kahdella Keravan Energia -yhtiön laitoksella. Valitsemalla Valmet DNA -automaatiojärjestelmän siirtyisi voimalaitoksen käyttöliittymä iFIX SCADA -järjestelmästä, Valmet DNA:n käyttöliittymään. Savion voimalaitoksen prosessi on myös osa suurempaa prosessikokonaisuutta, jonka takia yhden käyttöliittymän hallinta helpottaa prosessikokonaisuuden käytettävyyttä ja ylläpitoa. Yhden järjestelmän etuja ovat muun muassa prosessin säätöpiirien seuranta ja asetusar-

vojen hallinnan helpottuminen, mikä on tärkeää taloudellisen prosessin kannalta. Käyttämällä yhden toimittajan automaatiojärjestelmää saavutetaan myös taloudellisia säästöjä kunnossapidossa. Yhdellä huoltosopimuksella varmistetaan automaatiojärjestelmän jatkuva ylläpito ja osaaminen. Lisäksi varaosien tarve on pienempi, kun samat osat käyvät eri laitoksille. (30.)

Vaihto uuteen automaatiojärjestelmään vaatisi nykyisen järjestelmän purkamista, sekä uuden automaatiojärjestelmän laitteisto- ja ohjelmistosuunnittelua. Automaatiojärjestelmän uusimisen yhteydessä automaatiokeskus olisi hyvä uusia kokonaisuudessaan. Vanhat käytöstä poistetut laitteet tulisi purkaa kokonaan pois ja automaatiokeskuksen johdotus siistiä. Kaikki I/O-liitynnät tulisi uudelleen johdottaa riviliittimiltä uuden automaatiojärjestelmän korteille. Mekaanisten asennustöiden lisäksi uusi automaatiojärjestelmä vaatii ohjelmistosuunnittelua. Kuvassa 13 on havainnollistettu, miten ohjelmistosuunnittelutoiminnassa mallin tiedot täydentyvät ja muuttuvat iteratiivisesti ja rinnakkain (27, s. 14).



Kuva 13. Suunnittelun sisällön painottuminen elinkaaren eri vaiheisiin (27, s. 14).

Myöhempi suunnitteluvaihe voi myös täydentää aiemman vaiheen materiaalia (27, s. 14).

Automaatiojärjestelmän vaihdon suuria muutoksia olisi, että voimalaitoksen valvonta ja ohjaus siirtyisi iFIX SCADA -järjestelmästä, Valmet DNA:n käyttöliittymään. Tämä tarkoittaa, että Valmet DNA:han luodaan uudet näyttösivut ja nykyiset poistettaisiin iFIX SCADA -järjestelmästä. Lisäksi prosessin säätö- ja ohjauspiirit tehtäisiin uudelleen Valmet DNA:n Function Block CAD -suunnittelutyökalulla.

10.3 Valmetin automaatiojärjestelmä

Valmetilta pyydettiin tarjous Savion voimalaitoksen automaatiojärjestelmän uusintaa varten. Tarjous perustuu insinöörityön aikana tehtyyn selvitystyöhön, PI-kaavioon, päälogiikan ja varajärjestelmän piirikaavioihin, sekä palaveriin laitoksella.

Automaatiojärjestelmän vaihtaminen Valmet DNA -järjestelmään toteutettaisiin purkamalla nykyinen pääautomaatiojärjestelmä ja varajärjestelmä. Siemensin ET 200M -sarjan hajautusasemia kuumavesiakun läheisyydessä ei tarvitsisi purkaa. Varajärjestelmä korvataan kahdennetulla prosessiohjaimella. Vikasietoisuuden saavuttamiseksi kytketään kahdennetut mittaukset ja ohjaukset eri I/O-ryhmiin, lisäksi prosessiasemalta lähtee kahdennettu Profibus DP-väylä, joka jaetaan kahteen kuparisegmenttiin. Ensimmäisessä segmentissä on kuumavesikattiloiden poltinohjausjärjestelmät ja taajuusmuuttajat. Toisessa segmentissä on Siemensin ET 200M -hajautusasemat. Kaasuturbiinin ja prosessiaseman välinen tiedonsiirto toteutetaan erillisellä Ethernet-sarjaliikennemuuntimella. Liitteessä 2 esitetty väylän periaatekuva.

Valmet ACN M80 -sarjan prosessinohjauslaitteet asennettaisiin nykyisen prosessiaseman ja sen yläpuolella olevan laajennusyksikön tilalle. Toisen laajennusyksikön tilalle varataan tilaa kahdelle lisä I/O-ryhmälle. Uusi automaatiojärjestelmä pitäisi sisällään neljä 16 I/O-kortin ACN M80 -ryhmää, jossa kortit asennetaan asennusalustalle. Jokainen I/O-ryhmä pitää sisällään väyläohjaimen, teholähteen ja vapaasti valittavia ACN M80 -sarjan I/O-kortteja. IBC-väyläohjain yhdistää prosessiohjainpalvelimen ja I/O-ryhmät Ethernet-liitynnän avulla. Teholähde muodostaa väyläohjaimelle ja I/O-korteille tarvitseman jännitteen. Yhden väyläohjaimen ja teholähteen perään voidaan laittaa maksimissaan 16 I/O-korttia. Prosessinohjauksen analogiatuloyksiköissä on kahdeksan 16-bittistä tuloa, joita voidaan käyttää 0/4–20 mA:n standardi virtaviestin mittaamiseen. Analogia-

lähtöyksiköissä on neljä 14-bittistä lähtöä, jotka antavat 0/4–20 mA:n virtasignaalin. Digitaaliset tulo- ja lähtöyksiköt ovat 16-kanavaisia. Taulukossa 13 on esitetty Valmetin ACN M80 -prosessinohjauslaitteet ja niiden määrä.

Taulukko 13. Valmet ACN M80 -prosessinohjauslaitteet.

Valmistaja	Laite	Malli	kpl
Valmet	MIO-teholähde	IPSP	4
Valmet	Prosessinohjainpalvelin, kahdenettu	ACN MR	1
Valmet	Väyläohjain	IBC	4
Valmet	Analogiatuloyksikkö	AI8C	19
Valmet	Analogialähtöyksikkö	AO4C	14
Valmet	Digitaalituloyksikkö	DI16P	16
Valmet	Digitaalilähtöyksikkö	DO16P	7

ACN 80 -sarjan prosessiliityntöjä on yhteensä 576 kpl. Prosessiliitynnät johdotetaan nykyisiltä riviliittimiltä, I/O-kortin FCS-jousiliityntämoduuliin. Automaatiojärjestelmän prosessiliityntöjä kaiken kaikkiaan olisi 636 kpl. Johon kuuluu Valmetin ACN 80 -sarjan liitynnät ja Siemensin ET 200M -sarjan hajautusasemien I/O:t.

Savion voimalaitoksen DNA-järjestelmä kytketään osaksi olemassa olevaa Keravan lämpövoiman biovoimalaitoksen DNA-järjestelmää. Voimalaitoksen varsinainen operointi tapahtuu Keravan lämpövoiman biovoimalaitoksen valvomon nykyisiltä Valmet DNA -operointiasemilta. Paikalliskäyttöä varten Savion voimalaitoksen valvomoon asennetaan kahden monitorin operointiasema.

Nykyiset piirikaaviot tarkastetaan, jonka jälkeen suunnitellaan uudet piirikaaviot vastaamaan ACN I/O -kokoonpanoa. Piirikaavion tarkoitus on näyttää käytettyjen komponenttien, riviliittimien ja laitteiden välinen kytkentä yksinkertaisesti. Tavoitteena on saada johdonmukainen ja yhtenäinen dokumentointi automaatiojärjestelmästä kentällä oleville laitteille asti. (31, s. 1–2; 32, s. 1–3).

11 Yhteenveto

Insinöörityössä selvitettiin nykyisen automaatiojärjestelmän elinkaaren tila ja kuinka tärkeä se on tietää laadukkaan järjestelmän ylläpitämiseksi. Työssä esiteltiin automaatiojärjestelmän lisäksi myös voimalaitoksen tärkeimmät laitteet, sekä yleisimmät prosessiin vaikuttavat ja mittaavat komponentit kokonaisuuden ymmärtämiseksi. Insinöörityössä myös pohdittiin automaatiojärjestelmän kunnossapitotapoja ja mitä asioita yrityksen pitää ottaa huomioon suunnitellessa kunnossapitoa.

Insinöörityössä selvisi, että nykyisessä automaatiojärjestelmässä on useita vaihdon tarpeessa olevia moduuleja. Osa moduuleista on saavuttanut jo elinkaarensa lopun ja osalle on jo ilmoitettu lopetuspäivämäärä. Katkeamattoman prosessin kannalta on tärkeää varautua tärkeimpien komponenttien saatavuuteen. Insinöörityön aikana tehtyjen selvitysten perusteella pyydettiin tarjous kokonaan uusitusta automaatiojärjestelmästä, joka tehtäisiin Valmet DNA -järjestelmällä. Samalla on tiedusteltu nykyisen automaatiojärjestelmän komponenttien päivitysmahdollisuutta. Molemmat ratkaisut ovat mahdollisia toteuttaa.

Keravan Energia Oy:lle jää pohdittavaksi, kumpaan ratkaisuun päädytään. Päivittämällä nykyiset moduulit Siemensin korvaaviin vaihtoehtoihin selvitään huomattavasti lyhemmällä prosessin katkolla, kuin vaihtamalla koko järjestelmä uuteen. Hinnallisestikin nykyisen automaatiojärjestelmän päivittäminen on edullisempaa. Valmet DNA -järjestelmän suurimmat edut olisivat prosessikokonaisuuden helpompi hallittavuus ja kunnossapidettävyys.

Insinöörityön aikana selvitettyjen laitteiden teknisiä tietoja voidaan hyödyntää jatkossa esimerkiksi laitehankinnoissa ja kunnossapitosuunnitelmissa.

Lähteet

1 Keravan Energia -yhtiöt. 2017. Verkkodokumentti. Keravan Energia -yhtiöt. <https://www.keravanenergia.fi/fi/keravan-energia/>. Luettu 2.8.2017.

2 Tuotantokatsaus. 2016. Verkkodokumentti. Keravan Energia -yhtiöt. <http://valkky.keravanenergia.fi/vuosikertomukset/vuosikertomus2016/tuotanto/>. Luettu 2.8.2017.

3 Vastuullisuus Sinebrychoffilla. 2009. Verkkodokumentti. Sinebrychoff. <http://prod.fi.carlsberggroup.com/SiteCollectionDocuments/SFF_yhteiskunta-vastuu_2009_lores.pdf>. Luettu 3.8.2017.

4 Ohjaus- ja säätöselostukset. 2006. Keravan Energia Oy:n dokumentti.

5 Perttula, Jarmo. 2000. Energiatekniikka. Porvoo: WSOY.

6 Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. höyrykattilatekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab.

7 Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

8 Heiskala, Jorma. 1993. Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma Savion voimalaitokselle. Insinöörityö. Helsingin teknillinen oppilaitos.

9 Silvennoinen, S., Lehtelä, R., Havunen, I., Kaartinen, S. & Korpinen, L. 1998. Verkkodokumentti. Sähkövoimatekniikkaopus. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf>. Luettu 5.8.2017.

10 Wikstén, Ralf. 2009. Lämpövoimaprosessit. Helsinki: Otatieto Helsinki University Press.

11 Powermaster WB-A2-3P. 2015. Verkkodokumentti. Tulitorvi-tuliputkikattila. <http://www.powermaster.com.mx/en/producto/p-wb-a2-3p/>. Luettu 9.8.2017.

12 Kaasu- ja yhdistelmäpolttimet. 2017. Verkkodokumentti. Poltinsarjat Monox. <https://filebrowser.oilon.com/www/uploadedfiles/Oilon/Materials/Oilon_4A_Monox_FI.pdf>. Luettu 11.8.2017.

13 Lampinen, Markku J. 2010. Termodynamiikan perusteet. Helsinki: Otatieto Helsinki University Press.

14 Pihkala, Jussi. 2011. Prosessitekniikka: Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Helsinki: Opetushallitus.

15 Fagerholm, Nils-Erik. 1994. Termodynamiikka. Tampere: Otatieto Oy.

16 Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.

17 Prosessilämpöjärjestelmän toimintakuvaus. 2009. Keravan Energia Oy:n Dokumentti.

18 Varajärjestelmä. 2013. FAP Automation Oy:n Dokumentti.

19 Kippo, Asko K. & Tikka, Aimo. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita.

20 Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

21 Mäkinen, M., Kallio, R. & Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki: Otava

22 Heimbürger, H., Markkanen, P., Norros, L., Paunonen, H., Savioja, P., Sundquist, M. & Tommila, T. 2010. Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

23 SFS 3701. Putkistojen merkintä virtaavien aineiden tunnuksin. Tunnusvärit ja -kilvet. 1995. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

24 Ajo, Risto. 2001. Laatu automaatiossa: parhaat käytännöt. Helsinki: Suomen automaatioseura.

25 SFS-IEC 61506. Teollisuusprosessin mittaus ja ohjaus. Sovellusohjelmiston dokumentaatio. 1998. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

26 SFS-EN 61508-1. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. 2011. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

27 Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Verkkodokumentti. Suomen automaatioseura. <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf>. Luettu 19.11.2017.

28 Love, Jonathan. 2007. Process automation handbook: a guide to theory and practice. London: Springer-Verlag london limited.

29 Heinonkoski, Risto. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.

30 Tuomainen, Eka. 2017. Käyttömestari, Keravan Energia Oy, Kerava. Sähköposti-viesti 29.12.2017.

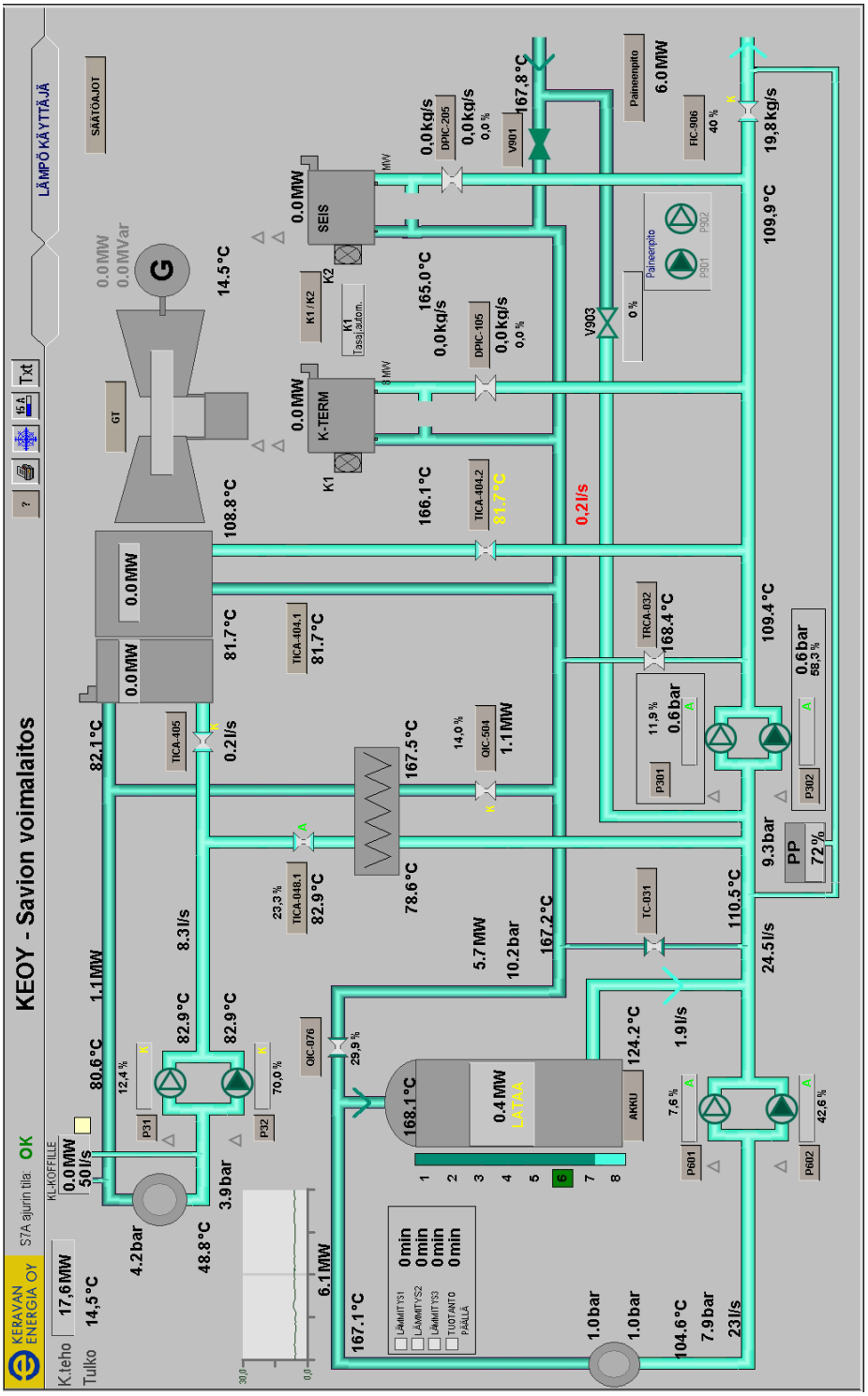
31 Oikari, Jussi. 2018. Tarjous. Valmet.

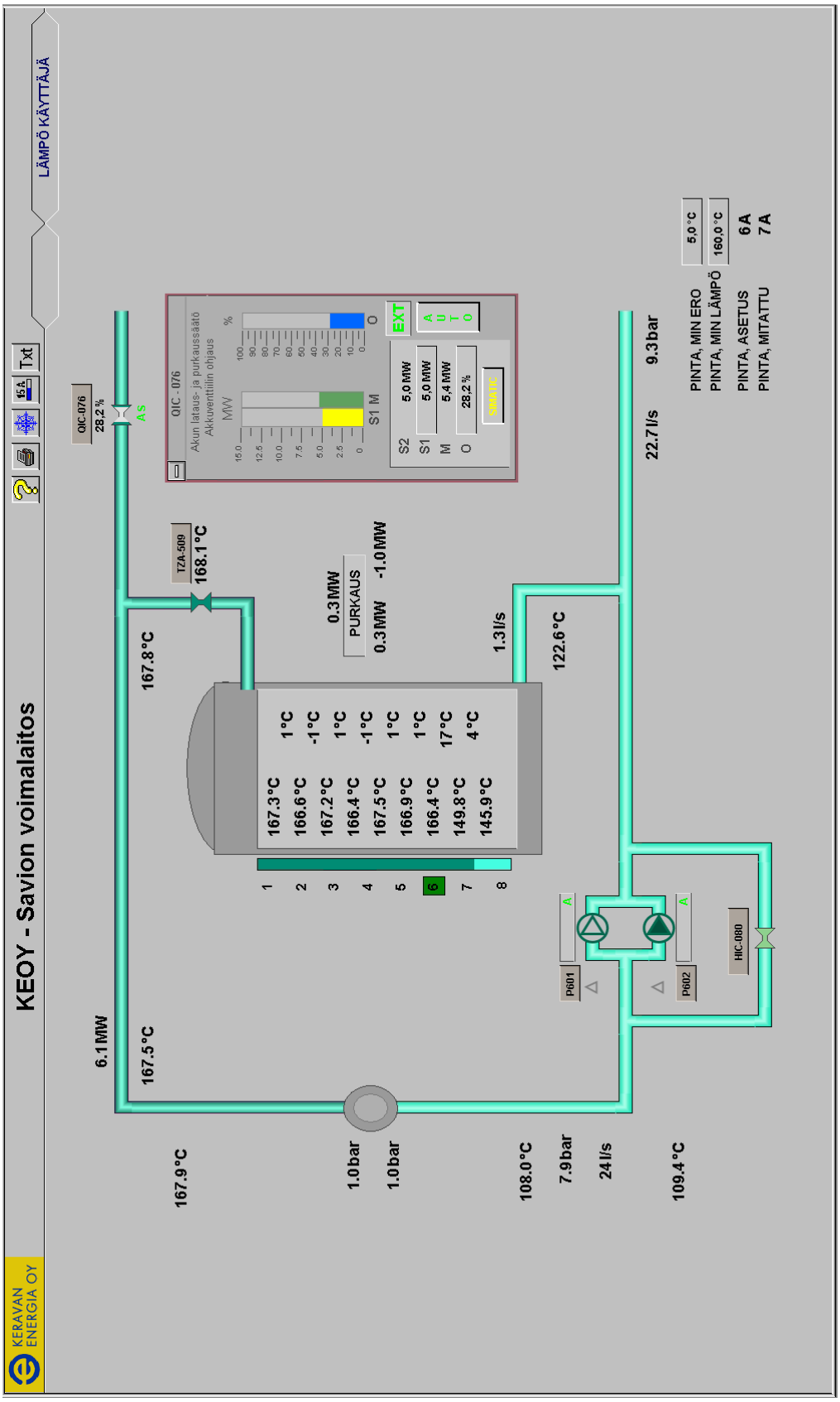
32 Oikari, Jussi. 2018. Tekninen erittely. Valmet.

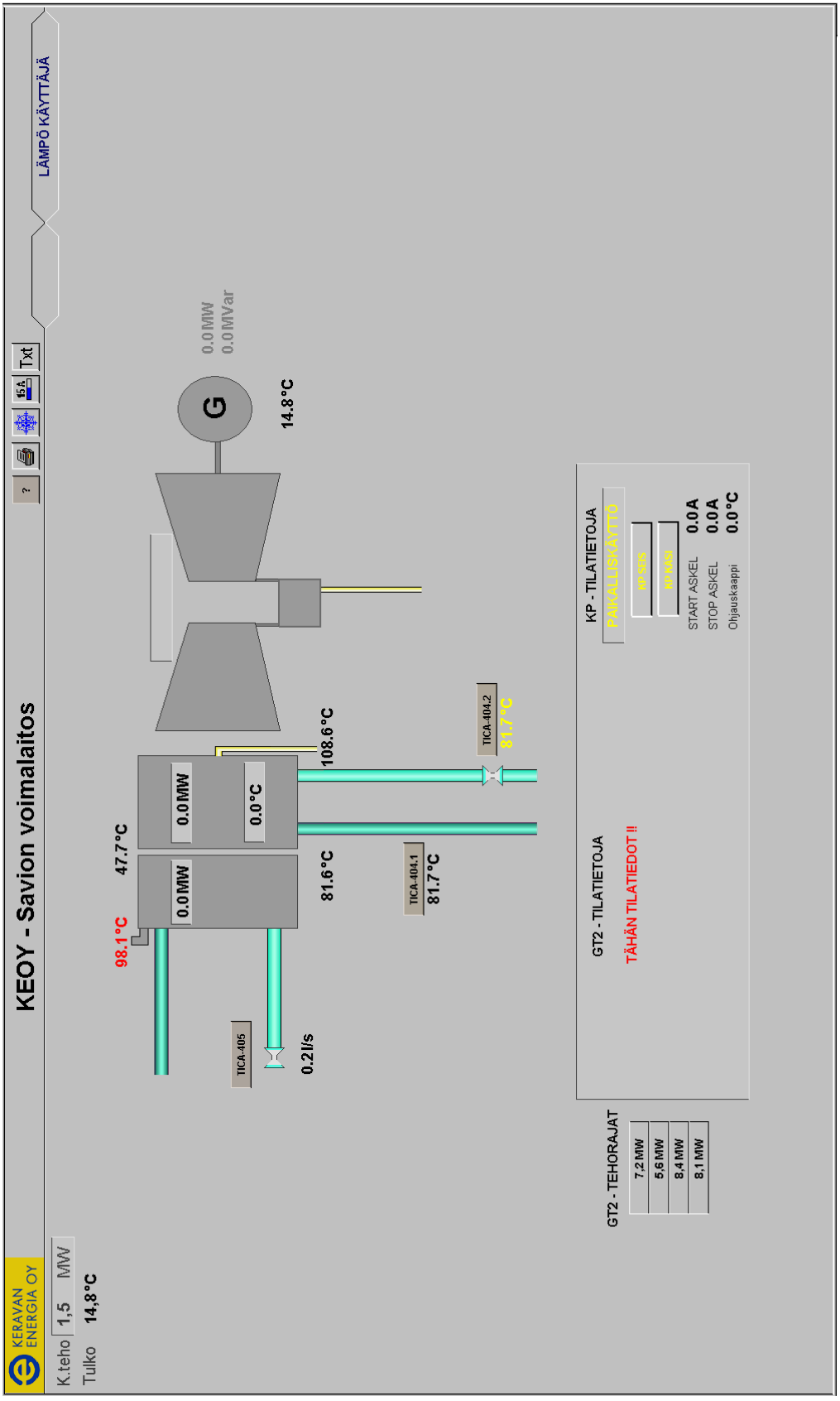
33 Oikari, Jussi. 2018. Savion uusinta periaatekuva. Valmet.

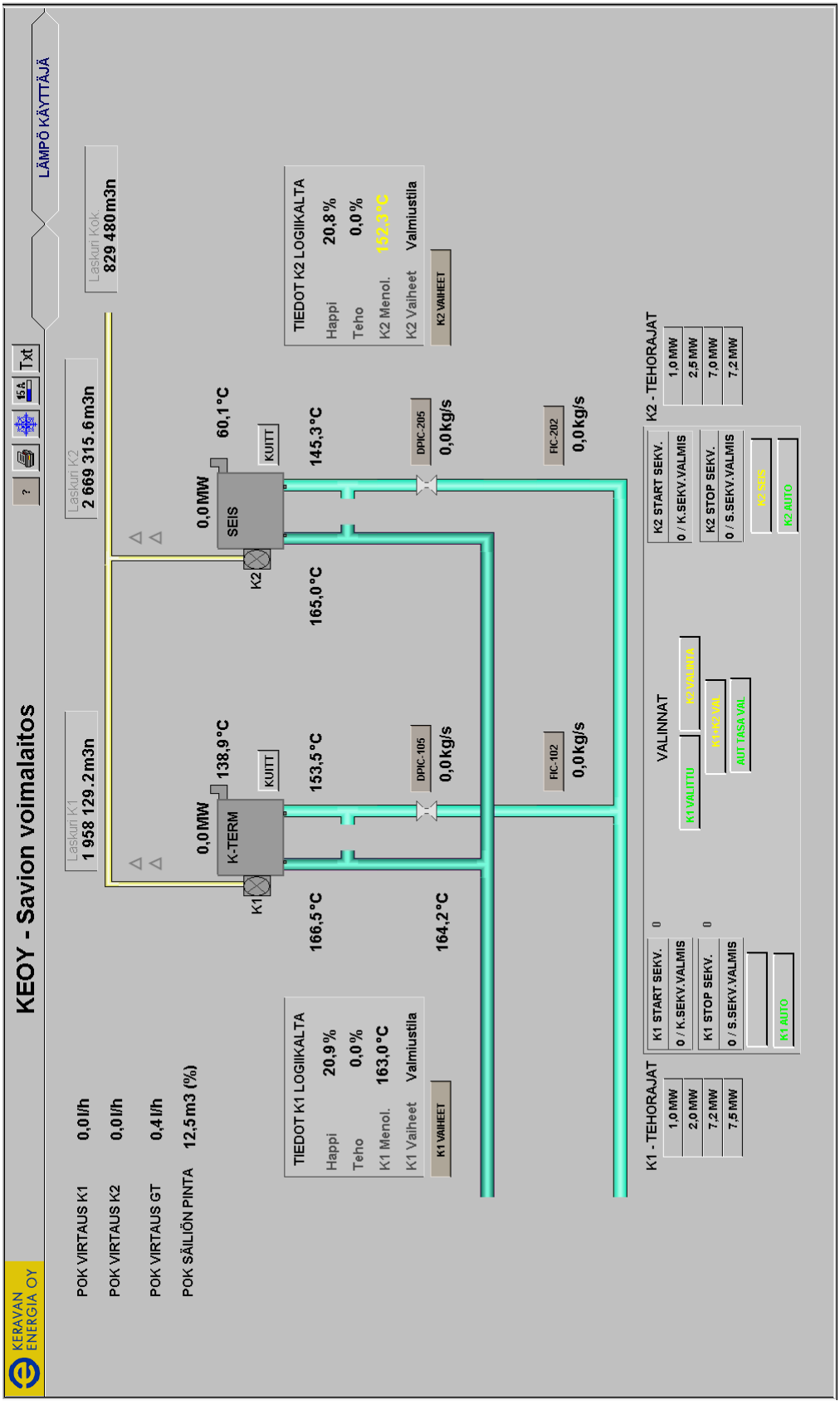
Savion voimalaitoksen näyttökuvat

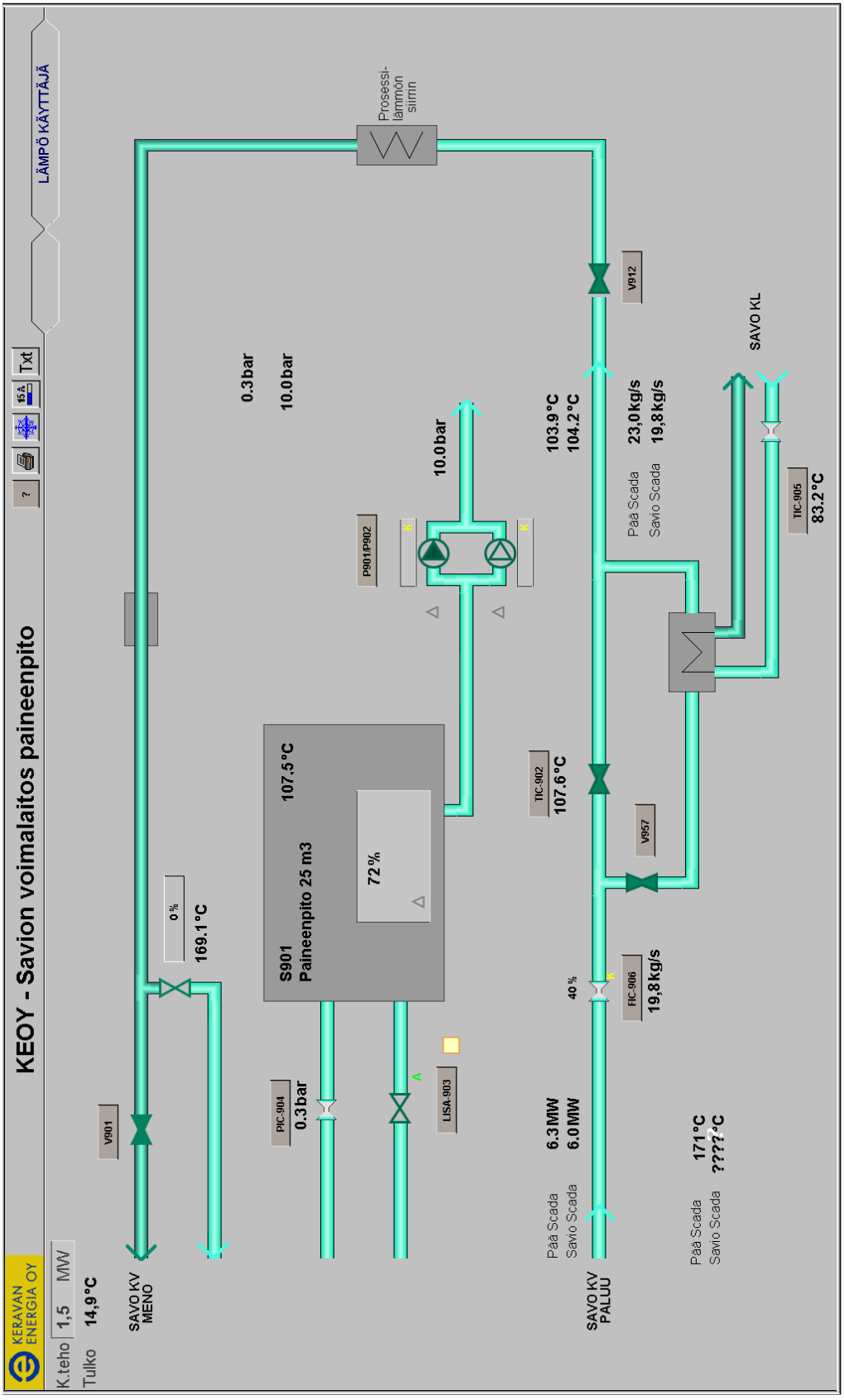
Liitteessä on esitetty Savion voimalaitoksen iFIX-järjestelmän näyttökuvat.

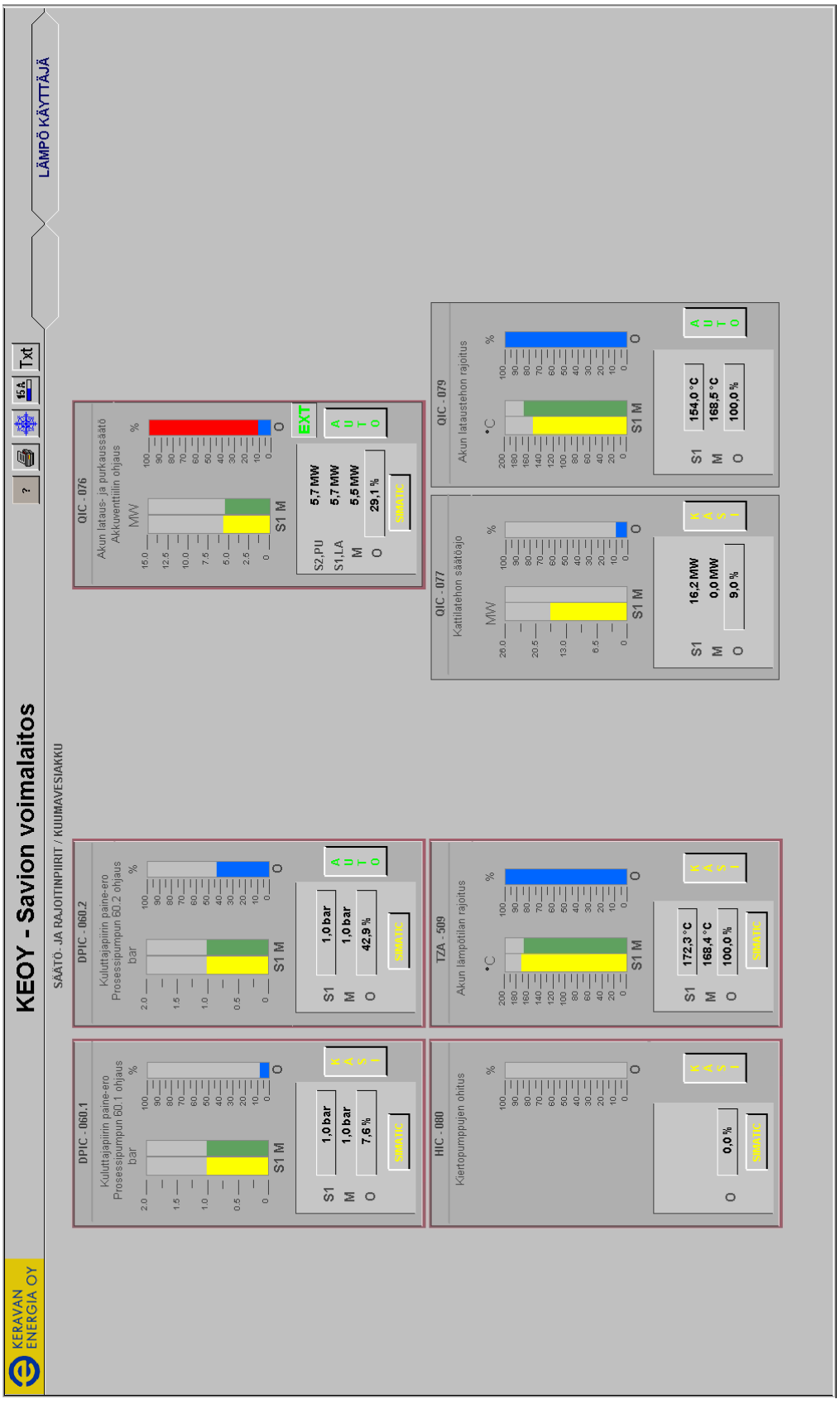


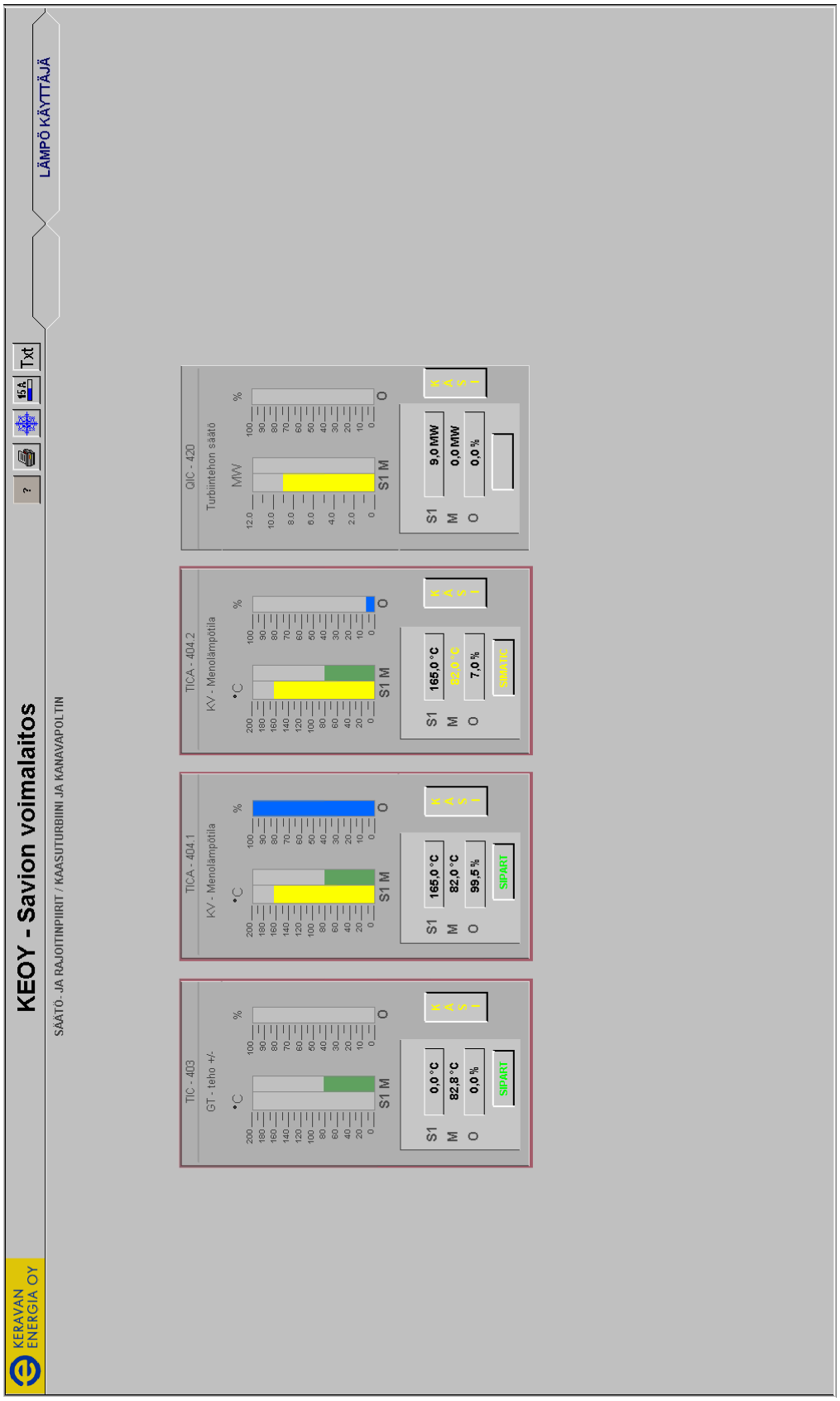

KEOY - Savion voimalaitos
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
KERAVAN ENERGIA OY
QIC-076
28,2 %
AS
QIC - 076
Akun lataus- ja purkausasäätö
Akkuventtiilin ohjaus
MW
%
S1 M
O
EXT
AUTO
S2 5,0 MW
S1 5,0 MW
M 5,4 MW
O 28,2 %
MANUAL
TZA-509
168.1°C
167.8°C
0.3MW
PURKAUS
0.3MW -1.0MW
1.3 l/s
122.6°C
22.7 l/s
9.3bar
PINTA, MIN ERO 5,0 °C
PINTA, MIN LÄMPÖ 160,0 °C
PINTA, ASETUS 6A
PINTA, MITATTU 7A
167.3°C 1°C
166.6°C -1°C
167.2°C 1°C
166.4°C -1°C
167.5°C 1°C
166.9°C 1°C
166.4°C 17°C
149.8°C 4°C
145.9°C
1 2 3 4 5 6 7 8
6.1MW
167.5°C
167.9°C
1.0bar
1.0bar
108.0°C
7.9bar
24 l/s
109.4°C
P601
P602
HIC-080

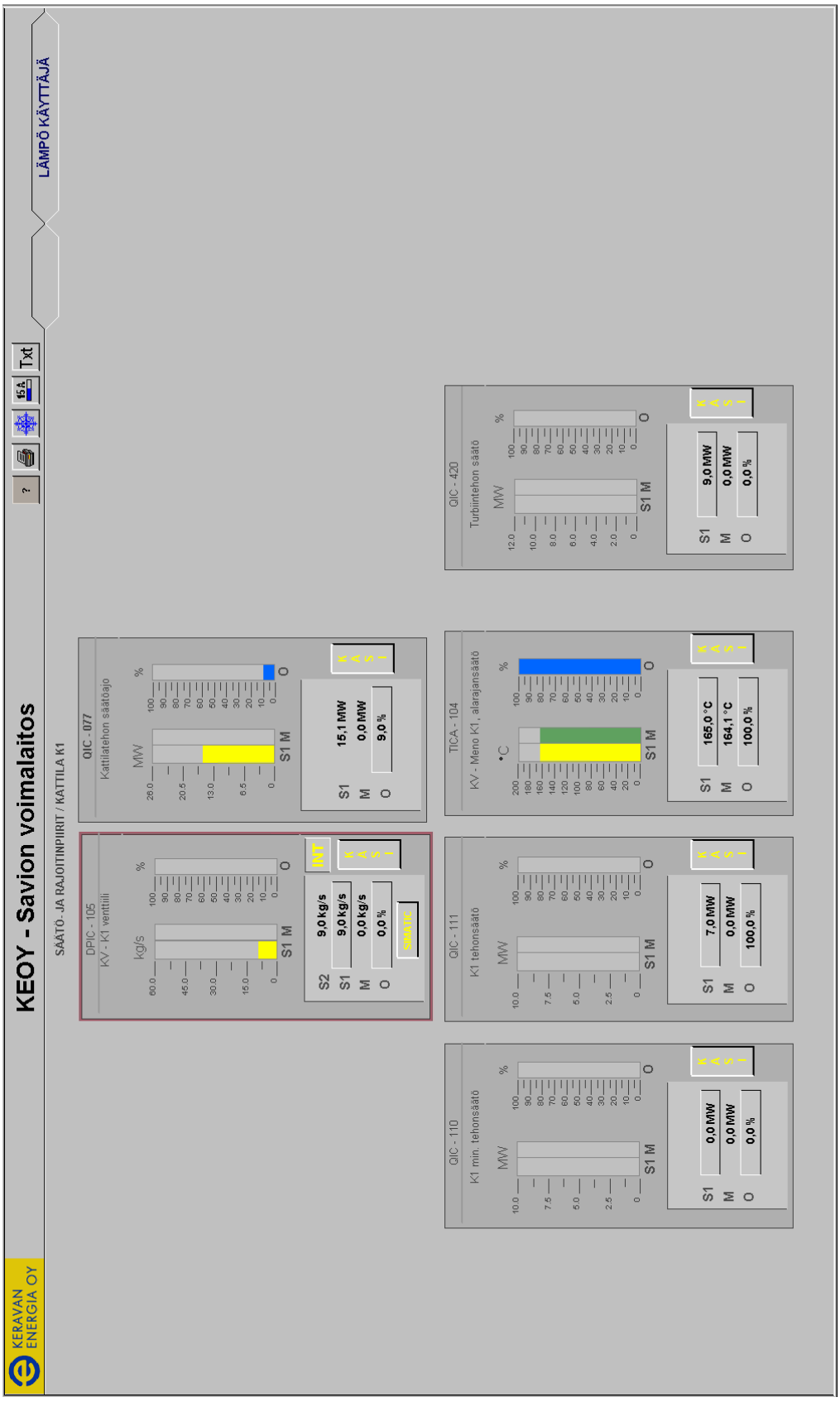

KERAVAN ENERGIA OY
KEOY - Savion voimalaitos
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
K.teho 1,5 MW
Tulko 14,8°C
0.0MW
0.0MVar
G
14.8°C
98.1°C
47.7°C
0.0MW
0.0MW
0.0°C
108.6°C
81.6°C
TICA-405
0.2l/s
TICA-404.1
81.7°C
TICA-404.2
81.7°C
KP - TILATIETOJA
PÄIKÄLLISKÄYTTÖ
START ASKEL 0.0A
STOP ASKEL 0.0A
Ohjauskaappi 0.0°C
GT2 - TILATIETOJA
TÄHÄN TILATIEDOT !!
GT2 - TEHORAJAT
7.2 MW
5.6 MW
8.4 MW
8.1 MW

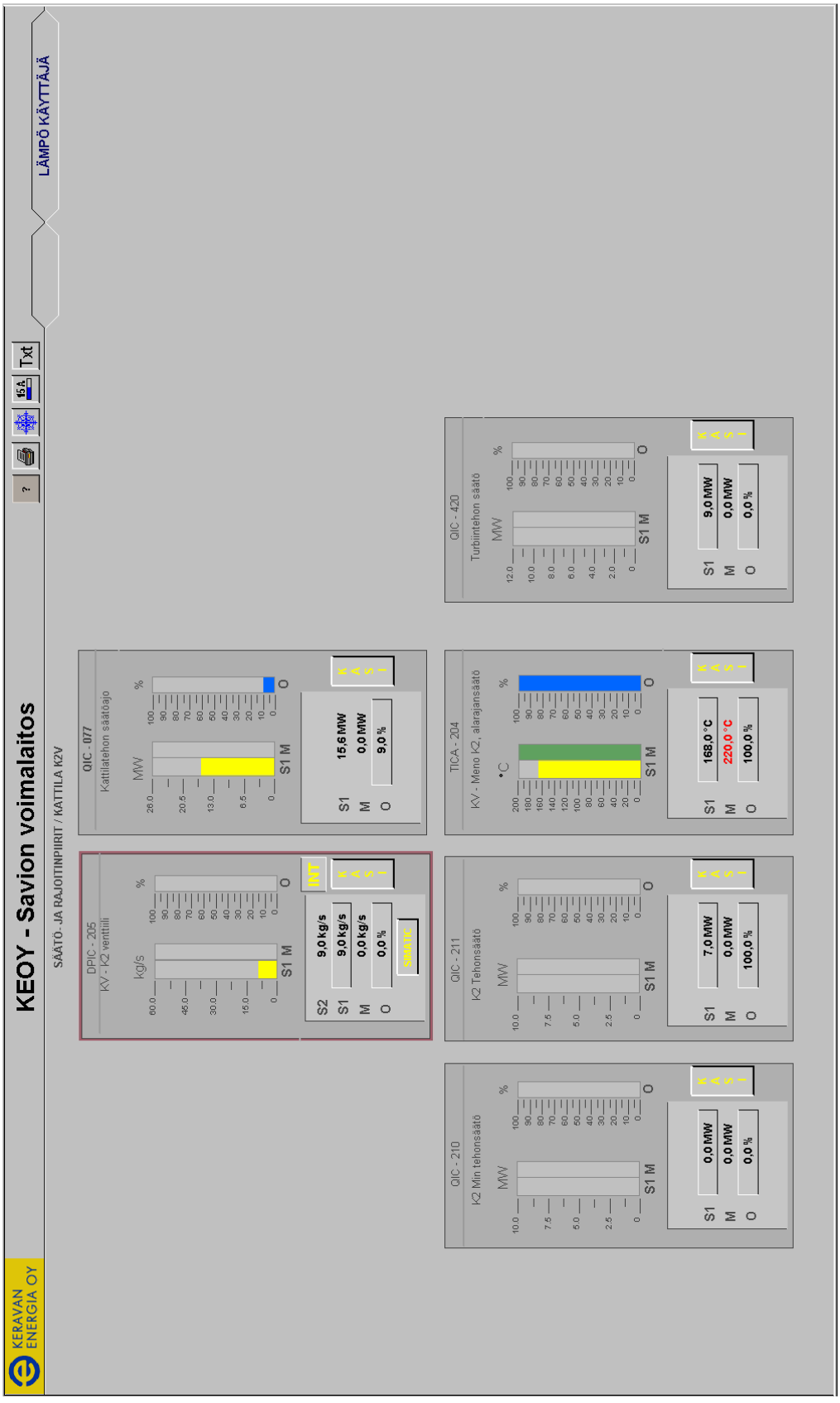

KEOY - Savion voimalaitos
KERAVAN ENERGIA OY
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
Txt
POK VIRTAUS K1 0,0 l/h
POK VIRTAUS K2 0,0 l/h
POK VIRTAUS GT 0,4 l/h
POK SÄILIÖN PINTA 12,5 m3 (%)
Laskun K1 1 958 129.2 m3n
Laskun K2 2 669 315.6 m3n
Laskun Kok. 829 480 m3n
K-TERM
0,0 MW
138,9 °C
KUITT
K1
166,5 °C
153,5 °C
DPIC-105
0,0 kg/s
FIC-102
0,0 kg/s
164,2 °C
SEIS
0,0 MW
60,1 °C
KUITT
K2
145,3 °C
165,0 °C
DPIC-205
0,0 kg/s
FIC-202
0,0 kg/s
TIEDOT K1 LOGIIKALTA
Happi 20,9 %
Teho 0,0 %
K1 Menol. 163,0 °C
K1 Vaiheet Valmiustila
K1 VAIHEET
TIEDOT K2 LOGIIKALTA
Happi 20,8 %
Teho 0,0 %
K2 Menol. 152,3 °C
K2 Vaiheet Valmiustila
K2 VAIHEET
VALINNAT
K1 VALITTU
AUT TASA VAL
K1 - TEHORAJAT
1,0 MW
2,0 MW
7,2 MW
7,5 MW
K1 START SEKV. 0
0 / K.SEKV.VALMIS
K1 STOP SEKV. 0
0 / S.SEKV.VALMIS
K1 AUTO
K2 - TEHORAJAT
1,0 MW
2,5 MW
7,0 MW
7,2 MW
K2 START SEKV.
0 / K.SEKV.VALMIS
K2 STOP SEKV.
0 / S.SEKV.VALMIS
K2 AUTO

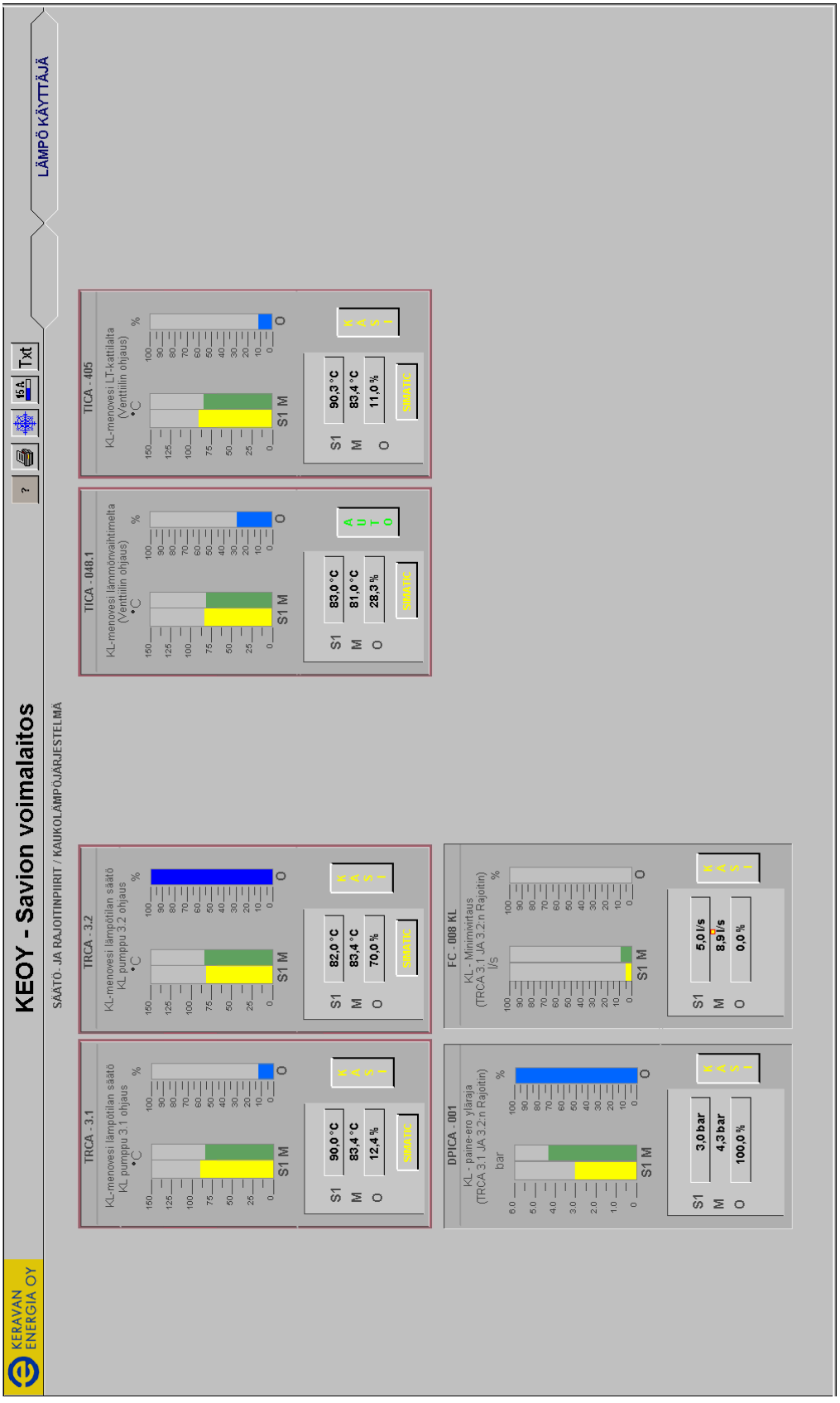

KEOY - Savion voimalaitos paineenpito
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
KERAVAN ENERGIA OY
K.teho 1,5 MW
Tulko 14,9°C
SAVO KV MENO
V901
0 %
169.1°C
S901
Paineenpito 25 m3
107.5°C
72 %
PIC-904
0.3bar
LISA-903
0.3bar
10.0bar
P901,P902
10.0bar
Prosessi-lämmön siirrin
103.9°C
104.2°C
Pää Scada
Savio Scada
23,0kg/s
19,8kg/s
V912
SAVO KL
TIC-905
83.2°C
TIC-902
107.6°C
V957
40 %
FIC-906
19,8kg/s
Pää Scada
Savio Scada
6.3MW
6.0MW
SAVO KV PALUU
Pää Scada
Savio Scada
171°C
???°C

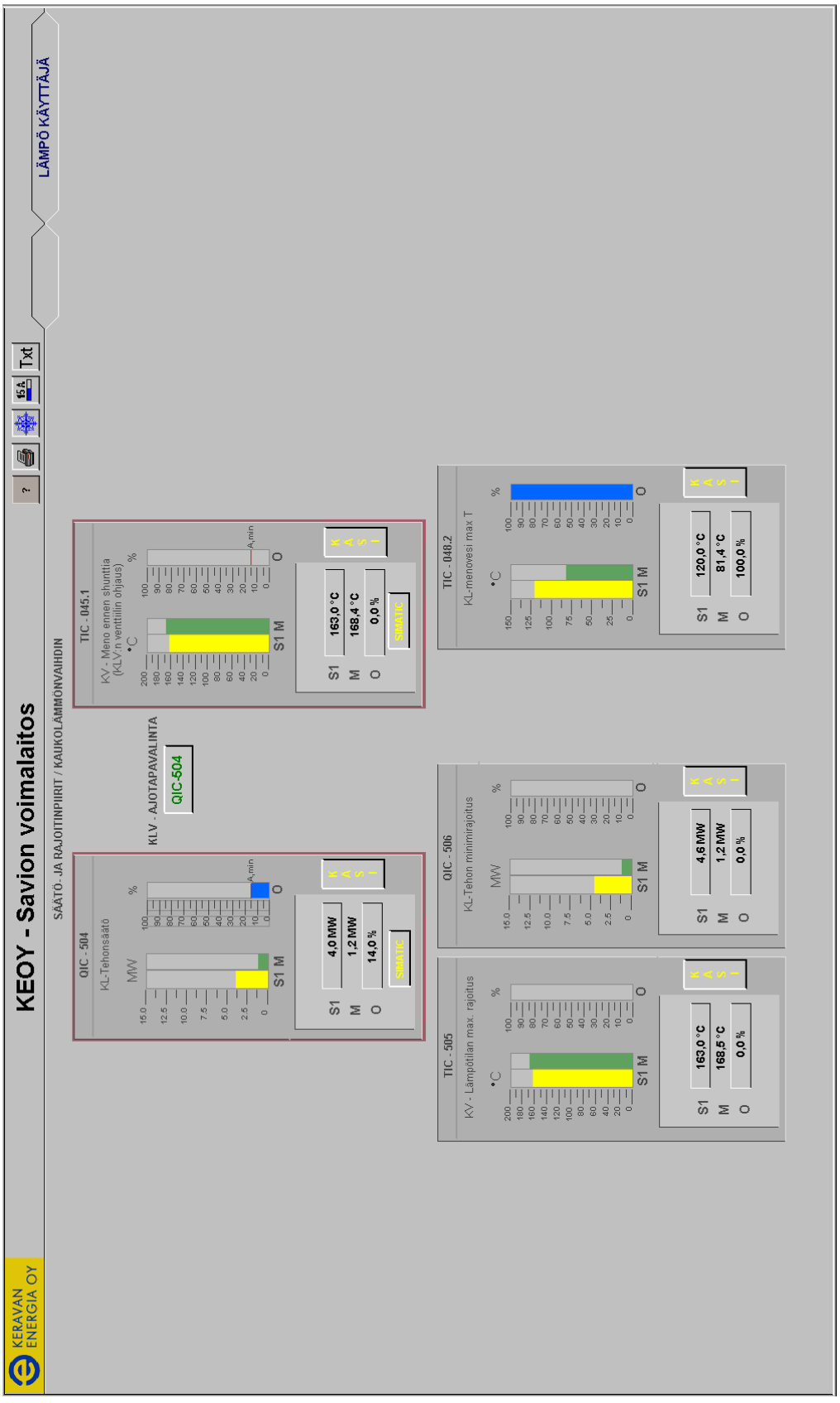

KERAVAN ENERGIA OY
KEOY - Savion voimalaitos
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KUUMAVESIAKKU
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
Txt
DPIC - 060.1
Kuluttajapiirin paine-ero
Prosessipumpun 60.1 ohjaus
bar
%
S1 M
S1 1,0 bar
M 1,0 bar
O 7,6 %
MAN
AUTO
DPIC - 060.2
Kuluttajapiirin paine-ero
Prosessipumpun 60.2 ohjaus
bar
%
S1 M
S1 1,0 bar
M 1,0 bar
O 42,9 %
MAN
AUTO
QIC - 076
Akun lataus- ja purkaussäätö
Akkuventtiilin ohjaus
MW
%
S1 M
S2.PU 5,7 MW
S1.LA 5,7 MW
M 5,5 MW
O 29,1 %
EXT
MAN
AUTO
QIC - 077
Kattilatehon säätöajo
MW
%
S1 M
S1 16,2 MW
M 0,0 MW
O 9,0 %
MAN
AUTO
QIC - 079
Akun latausteho rajoitus
°C
%
S1 M
S1 154,0 °C
M 168,5 °C
O 100,0 %
MAN
AUTO
HIC - 080
Kiertopumppujen ohitus
%
O 0,0 %
MAN
AUTO
TZA - 509
Akun lämpötilan rajoitus
°C
%
S1 M
S1 172,3 °C
M 168,4 °C
O 100,0 %
MAN
AUTO

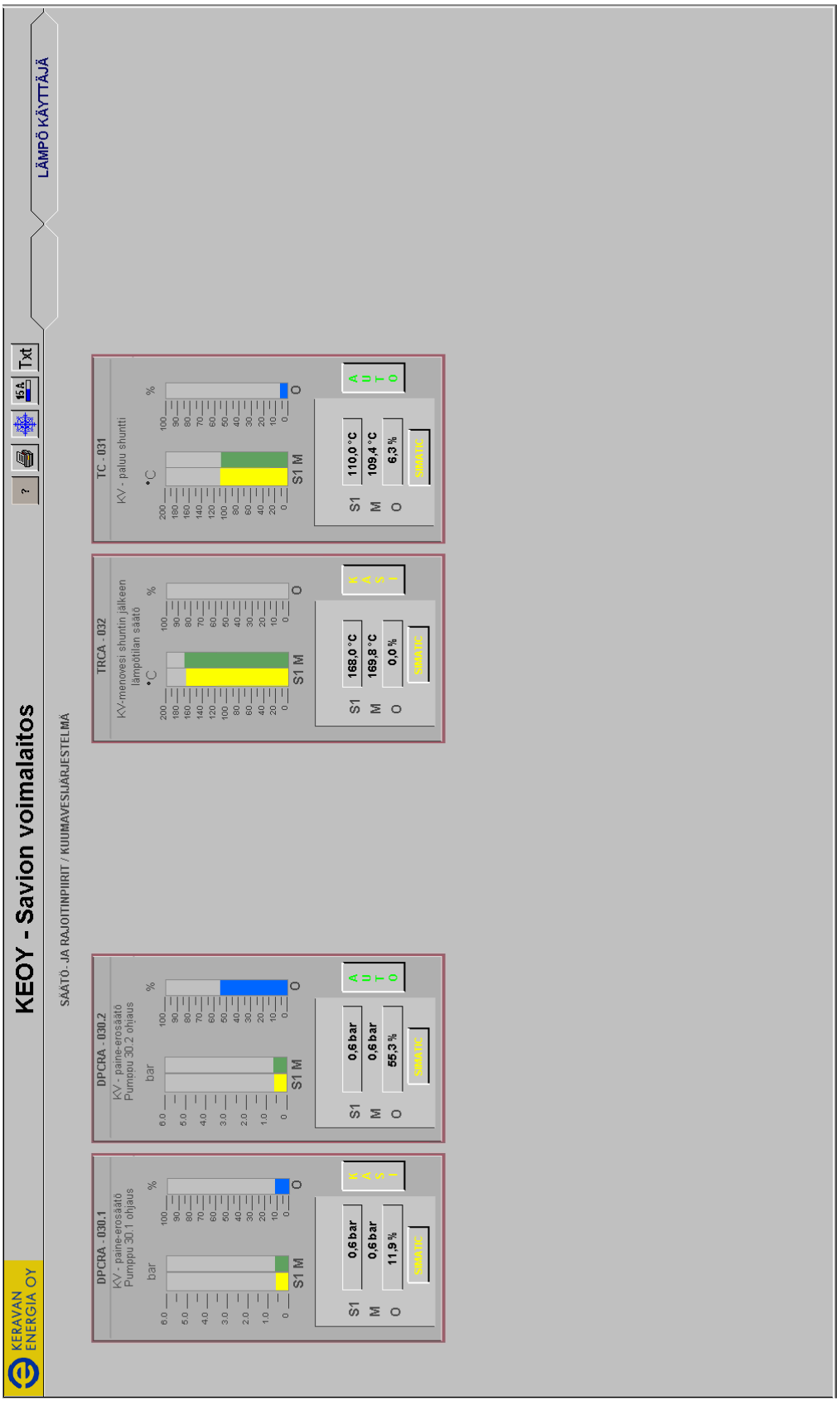

KERAVAN ENERGIA OY
KEOY - Savion voimalaitos
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KAASUTURBIINI JA KANAVAPOLTIN
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
TIC - 403
GT - teho +/-
TICA - 404.1
KV - Menolämpötila
TICA - 404.2
KV - Menolämpötila
QIC - 420
Turbiintehon säätö
MW
S1 M
S1
M
O
0,0 °C
82,8 °C
0,0 %
SIPART
165,0 °C
82,0 °C
99,5 %
SIPART
165,0 °C
82,8 °C
7,0 %
SIMATIC
9,0 MW
0,0 MW
0,0 %
MASSI


KERAVAN ENERGIA OY
KEOY - Savion voimalaitos
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KATTILA K1
QIC - 077
Kattilatehon säätöjärjestelmä
MW
S1 15,1 MW
M 0,0 MW
O 9,0 %
DPIC - 105
KV - K1 venttiili
kg/s
S2 9,0 kg/s
S1 9,0 kg/s
M 0,0 kg/s
O 0,0 %
TICA - 104
KV - Meno K1, alarajansäätö
°C
S1 165,0 °C
M 164,1 °C
O 100,0 %
QIC - 420
Turbiinitehon säätö
MW
S1 9,0 MW
M 0,0 MW
O 0,0 %
QIC - 111
K1 tehonsäätö
MW
S1 7,0 MW
M 0,0 MW
O 100,0 %
QIC - 110
K1 min. tehonsäätö
MW
S1 0,0 MW
M 0,0 MW
O 0,0 %


KEOY - Savion voimalaitos
KERAVAN ENERGIA OY
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KATTILA K2V
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
Txt
DPIC - 205
K2 - K2 venttiili
kg/s
S1 M
S2 9,0 kg/s
S1 9,0 kg/s
M 0,0 kg/s
O 0,0 %
INT
QIC - 077
Kattilatehon säätöajo
MW
S1 15,6 MW
M 0,0 MW
O 9,0 %
QIC - 210
K2 Min tehonsäätö
S1 0,0 MW
M 0,0 MW
O 0,0 %
QIC - 211
K2 Tehonsäätö
S1 7,0 MW
M 0,0 MW
O 100,0 %
TICA - 204
K2 - Meno K2, alarajansäätö
°C
S1 168,0 °C
M 220,0 °C
O 100,0 %
QIC - 420
Turbiinitehon säätö
S1 9,0 MW
M 0,0 MW
O 0,0 %

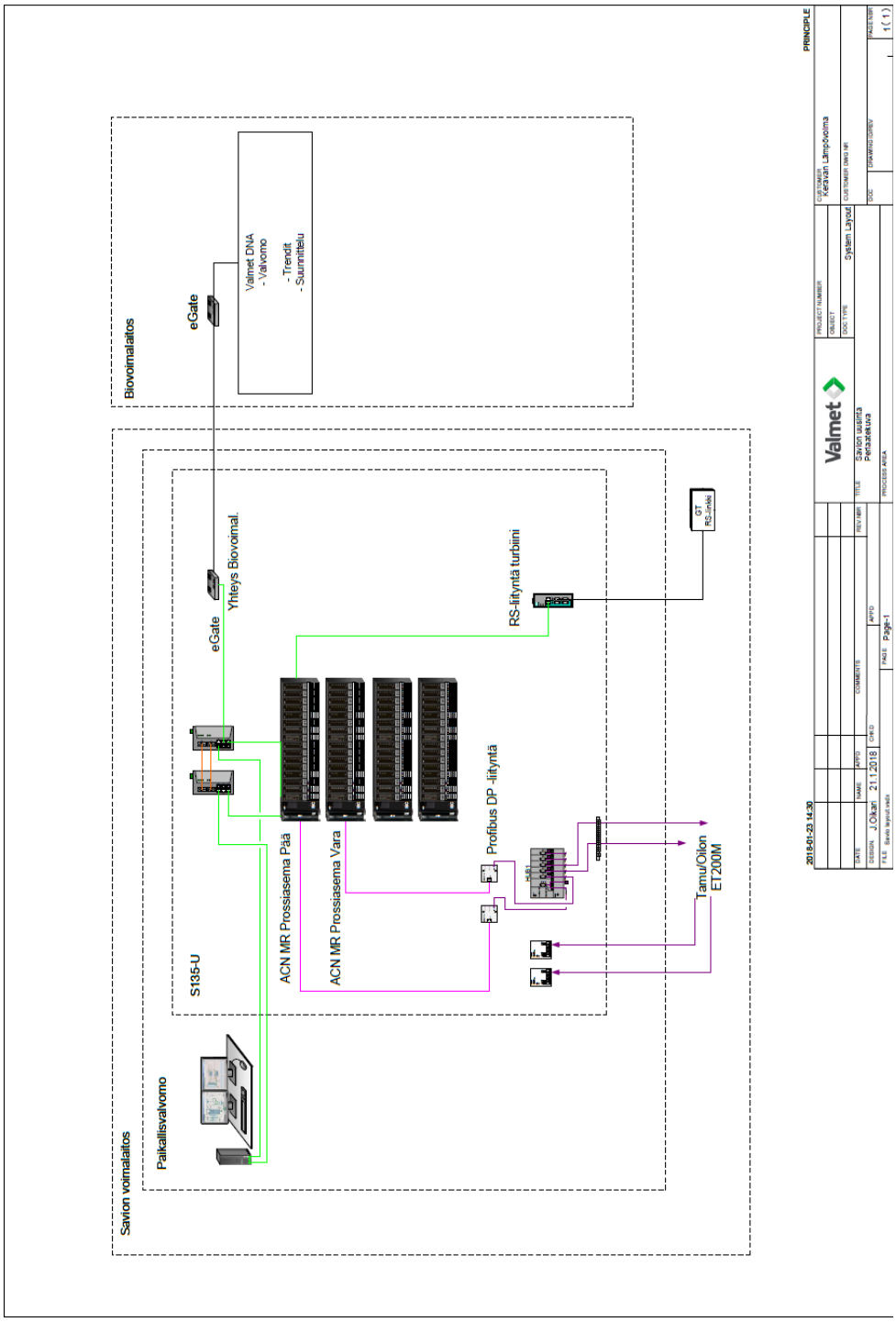

KERAVAN ENERGIA OY
KEOY - Savion voimalaitos
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
TRCA - 3.1
KL-menovesi lämpötilan säätö
KL pumppu 3.1 ohjaus
S1 90,0 °C
M 83,4 °C
O 12,4 %
TRCA - 3.2
KL-menovesi lämpötilan säätö
KL pumppu 3.2 ohjaus
S1 82,0 °C
M 83,4 °C
O 70,0 %
TICA - 048.1
KL-menovesi lämmönvaihtimelta
(Venttiilin ohjaus)
S1 83,0 °C
M 81,0 °C
O 28,3 %
TICA - 405
KL-menovesi LT-kattilalta
(Venttiilin ohjaus)
S1 90,3 °C
M 83,4 °C
O 11,0 %
DPICA - 001
KL - paine-ero ylaraja
(TRCA 3.1 JA 3.2 :n Rajoitin)
S1 3,0 bar
M 4,3 bar
O 100,0 %
FC - 008 KL
KL - Minimivirtaus
(TRCA 3.1 JA 3.2 :n Rajoitin)
S1 5,0 l/s
M 8,9 l/s
O 0,0 %


KEOY - Savion voimalaitos
KERAVAN ENERGIA OY
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KAUKOLÄMMÖNVAIHDIN
KLV - AJOTAPAVALINTA
QIC-504
QIC - 504
KL-Tehonsäätö
MW
%
A,min
S1 M
S1 4,0 MW
M 1,2 MW
O 14,0 %
MAN
AUTO
TIC - 045.1
KV - Meno ennen shunttia (KLV:n venttiilin ohjaus)
°C
S1 163,0 °C
M 168,4 °C
O 0,0 %
TIC - 048.2
KL-menovesi max T
S1 120,0 °C
M 81,4 °C
O 100,0 %
QIC - 506
KL-Tehon minimirajoitus
S1 4,6 MW
M 1,2 MW
O 0,0 %
TIC - 505
KV - Lämpötilan max. rajoitus
S1 163,0 °C
M 168,5 °C
O 0,0 %


KEOY - Savion voimalaitos
KERAVAN ENERGIA OY
LÄMPÖ KÄYTTÄJÄ
SÄÄTÖ- JA RAJOITINPIIRIT / KUUMAVESIJÄRJESTELMÄ
DPCRA - 030.1
KV - paine-erosäätö
Pumppu 30.1 ohjaus
DPCRA - 030.2
KV - paine-erosäätö
Pumppu 30.2 ohjaus
TRCA - 032
KV-menovesi shuntin jälkeen
lämpötilan säätö
TC - 031
KV - paluu shuntti
bar
°C
%
S1 M
S1
M
O
0,6 bar
11,9 %
55,3 %
168,0 °C
169,8 °C
0,0 %
110,0 °C
109,4 °C
6,3 %
KÄSI
AUTO
SIMATIC

Savion voimalaitoksen väylän periaatekuva

Savion voimalaitoksen väylän periaatekuva, mikäli nykyinen automaatiojärjestelmä vaihdetaan Valmetin DNA-järjestelmään.



Kuva 1. Savion voimalaitoksen väylän periaatekuva (33).