



# **Voimalaitoksen polttoaineen syöttölaitteiden modernisointi**

Automaation suunnittelu

Pauli Tenhunen

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka

TENHUNEN, PAULI:

Voimalaitoksen polttoaineen syöttölaitteiden modernisointi  
Automaation suunnittelu

Opinnäytetyö 27 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Maaliskuu 2023

---

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun Energia Oy:lle. Opinnäytetyössä suunniteltiin Oulun energian Toppila 2 -voimalaitosyksikön polttoainekuljettimien modernisointiprojektin yhteydessä tarvittavat automaatiosovellukset. Laitteistoon sisältyi modernisoitavan polttoaineen syöttölaitteiston syöttöruuvit ja tasaustaskut apulaitteineen sekä uutena prosessin osana rikinsyöttöjärjestelmä.

Toppila 2 -voimalaitoksella on käytössä Valmet DNA -prosessinohjausjärjestelmä sekä Valmetin Centralized I/O että ACN I/O -automaatiokaappeja, joista kaikkiin tehtiin muutostöitä projektissa. Työhön kuului näyttökuvien suunnittelua sekä automaatiosovellusten suunnittelua ja testausta. Työssä tutustuttiin laajasti voimalaitoksen automaatiojärjestelmän rakenteeseen ja muutostyössä tarvittavien työkalujen käyttöön. Valmet DNA -suunnittelutyökaluista käytettiin sovellusten suunnitteluun FbCAD -sovellusta ja näyttökuvien suunnitteluun Picture Designer -sovellusta. Sovellukset ja näyttökuvat sisältävää sovellustietokantaa hallittiin DNA Explorer -sovelluksella.

Sovelluksia suunnitteli pääosin Oulun Energian järjestelmäosasto ja polttoaineen syöttölaitteiston säätöpiirien suunnitteluun osallistui lisäksi Valmetin asiantuntija. Opinnäytetyössä suunniteltujen polttoaineen syöttölaitteiden ja rikinsyöttöjärjestelmän sovellukset saatiin suunniteltua ja testattua ennen voimalaitoksen käynnistystä. Laitteiston käyttöönotto viimeisteltiin polttoainekuljettimien säätimien osalta voimalaitoksen käynnistyessä suunnitellun aikataulun mukaisesti, mutta rikinsyöttöjärjestelmän laitteiston lopullinen testaus voidaan suorittaa vasta, kun voimalaitoksen polttoaineenseokseen saadaan riittävä osuus vähärikkistä polttoainetta rikin syötön mahdollistamiseksi. Modernisointiprojektin myötä Toppila 2 -voimalaitosyksiköllä voidaan lisätä puupolttoaineen määrää halutusti. Laitteistoa on mahdollista jatkokehittää tulevien käyttökokemusten perusteella niin, että turpeesta on tulevaisuudessa mahdollista luopua täysin.

---

Asiasanat: automaatiojärjestelmä, automaatio suunnittelu, Valmet DNA

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

TENHUNEN, PAULI:  
Modernization of the Fuel Supply Equipment of the Power Plant  
Automation Design  
Bachelor's thesis 27 pages, appendices 3 pages  
March 2023

---

This thesis was commissioned by Oulun energia Oy. The objective of the bachelor's thesis was to design the automation applications needed with the modernization project of the fuel conveyor system of the Toppila 2 -power plant unit. The fuel supply equipment to be modernized included supply screws and equalization pockets with auxiliary equipment, as well a new part of the process, namely a sulfur supply system.

The Toppila 2 power plant has the Valmet DNA process control system with the Valmet Centralized I/O and ACN I/O automation cabinets, all of which some parts were modified in the project. The work included picture design as well as the design and testing of automation applications. The structure of the power plant's automation system and the use of the tools needed in the modification work were widely explored. FbCAD and Picture Designer applications were used from the Valmet DNA design tools.

The design of the applications was mainly done by the personnel of Oulun energia, and an expert from Valmet was used to assist in the case of the fuel supply equipment control circuits. The designed applications in this thesis were completed when the power plant started up in the planned schedule.

---

Key words: automation system, automation design, Valmet DNA

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	MUUTOSTYÖN TAUSTAT .....	7
2.1	Oulun Energia Oy.....	7
2.2	Voimalaitokset.....	7
2.3	Muutostarve .....	8
3	OHJAUSJÄRJESTELMÄ JA OHJELMAT .....	9
3.1	Hajautettu ohjausjärjestelmä .....	9
3.2	Työkalut .....	11
4	PROJEKTIN TOTEUTUS .....	13
4.1	Toimintakuvaus.....	13
4.2	Näyttökuvat .....	14
4.3	Kenttälaitteiden tuominen järjestelmään .....	16
4.4	Rikinsyöttöjärjestelmän automaatiosovellukset.....	17
4.5	Polttoaineensyöttölaitteiden automaatiosovellukset .....	17
4.6	Säätöpiirit .....	20
4.7	Käyttöönotto .....	21
5	YHTEENVETO .....	23
	LÄHTEET.....	24
	LIITTEET .....	25
	Liite 1. Rikinsyöttölaitteiston näyttökuva .....	25
	Liite 2. Polttoaineensyötön näyttökuva.....	26
	Liite 3. Rikkipitoisuusmittauksen sovelluskaavio .....	27

## LYHENTEET JA TERMIT

ACU-kortti	Analog Control Unit. Analoginen ohjauskortti.
ALS	Alarm Server, Hälytyspalvelin.
BU	Backup Server, Varmennuspalvelin.
CFB	Circulation fluidised bed boiler, Kiertoileijupetikattila.
CHP	Combined heat and power, Vastapainevoimalaitos.
CIO	Centralized I/O, Valmetin vanha I/O-sarja.
DCS	Distributed control system, Hajautettu ohjausjärjestelmä.
Debugger	Valmet DNA tekstipohjainen testaustyökalu.
DNA Explorer	Valmet DNA sovellustietokannan ylläpito työkalu.
EAC	Engineering Activity Client, Suunnittelutyöasema.
EAC	Engineering Activity Server, Suunnittelupalvelin.
FbCAD	Function block CAD, Valmet DNA -suunnitteluohjelma.
I/O	Input/Output, Automaatiojärjestelmän tulot- ja lähdöt.
MIO	Metso I/O, Valmetin uudempi I/O-sarja.
OPS	Operator Server, Operointipalvelin.
PCS	Process Control Server, Prosessinohjauspalvelin.
Picture designer	Valmetin näyttökuvien suunnitteluohjelma.
PLU-kortti	Prosessiasemasta riippumaton logiikkayksikkö, jota käytetään venttiili- ja moottorihjauksissa.
STO	Safe Torque Off, Taajuusmuuttajan käynnistykseen estävä suojaus toiminto.
Tasaustasku	Polttoaineen syöttöruuvia edeltävä pieni polttoainesilo millä tasataan polttoaineen syötön epätasaisuutta.
TLJ	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä. Järjestelmä, jonka tarkoitus on häiriötilanteessa saattaa prosessi turvalliseen tilaan.
Valmet DNA	Valmet dynamic network of applications, Valmetin automaatiojärjestelmä.

## 1 JOHDANTO

Oulun Energia Oy:n vuonna 1995 valmistuneella Toppila 2 voimalaitoksella on tavoitteena lisätä puun osuutta polttoaineessa ja jatkossa poistaa turve kokonaan laitoksen energianlähteistä. Voimalaitoksen polttoaineen syöttölaitteiston modernisointiprojekti on yksi osa kohti tavoitteen saavuttamista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Toppila 2 voimalaitosyksikön polttoaineen syöttölaitteiden modernisointiprojektin myötä laitoksella tapahtuvien muutostöiden yhteydessä tarvittavat automaatiosovellukset. Valmet DNA -automaatiojärjestelmään suunniteltavien sovellusten laitteistoon sisältyy modernisoitavan polttoaineen syöttölaitteiston syöttöruuvit ja tasaustaskut apulaitteineen sekä uuden rikinsyöttöjärjestelmän laitteisto kokonaisuudessaan. Projektin alkuvaiheessa rajattiin opinnäytetyöstä pois kattilalaitoksen tehonsäätöön liittyvien polttoaineensyötön säätöpiirien suunnittelu ja työhön sovittiin käytettäväksi Valmetin asiantuntijaa.

Automaatiosovelluksia lähdettiin toteuttamaan aluksi toimintakuvauksen, piirikaavioiden ja PI-kaavioiden perusteella. Suunnittelutyötä tehtiin Valmet DNA työkaluilla, joista sovellukset suunniteltiin FbCAD- ohjelmistolla ja prosessinohjauksessa käytettävät näyttökuvat Picture Designer- sovelluksella. Modernisointiprojektin käyttöönottovaiheessa tehdyt sovellukset testataan mahdollisimman pitkälle ja havaitut ongelmat korjataan tarpeiden mukaan. Voimalaitoksen käynnistyksen yhteydessä viritetään polttoaineensyötön säätimet ja pyritään saattamaan laitos tuotantoon aikataulussa.

## 2 MUUTOSTYÖN TAUSTAT

### 2.1 Oulun Energia Oy

Oulun Energia on perustettu vuonna 1889. Oulun Energia -konserniin kuuluvat emoyhtiö Oulun Energia Oy:n lisäksi Oulun Energia Sähköverkko Oy, Syklo Oy, Turveruukki Oy ja Huoltovoima Oy. Oulun kaupunki omistaa kokonaan konsernin emoyhtiö Oulun Energian. Emoyhtiö puolestaan omistaa sataprosenttisesti kaikki tytäryhtiönsä. (Oulun Energia Oy 2022.)

Oulun Energian perustana on sähköntuotanto, lämmöntuotanto ja jakelu sekä sähköverkkopalvelut. Yhtiö rakentaa myös kestäväää tulevaisuutta kiertotaloudesta ja päämääränä on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. (Oulun Energia Oy 2022.)

### 2.2 Voimalaitokset

Energiantuotannon perustana toimivat Oulun energian omat voimalaitokset, mitkä takaavat yhtiön asiakkaille vastuullisesti tuotettua sähköä ja lämpöä. Yhtiön uusin, vuonna 2020 valmistunut Laanilan biovoimalaitos tuottaa sähköä, kaukolämpöä ja prosessihöyryä Laanilan teollisuuspuistossa. Energianlähteinä laitoksella voidaan käyttää monipuolisesti eri polttoainekoostumuksia kuten puun erilaisia jakeita, kierrätyspolttoaine SRF:ää (Solid recovered fuel) sekä tarvittaessa myös turvetta. Samalla tehdasalueella toimii lisäksi Laanilan ekovoimalaitos, missä kierrätykseen kelpaamaton jäte jalostetaan lämmöksi ja höyryksi mikä hyödynnetään alueen teollisissa prosesseissa. Merikosken vesivoimalaitos puolestaan tuottaa Oulujoesta päästötöntä energiaa kolmen turbiinin voimin. (Oulun energia voimalaitokset 2022.)

Toppilan voimalaitosten Toppila 2-voimalaitosyksikkö tuottaa lämmityskaudella merkittävän osan yhtiön hankkimasta sähköstä ja kaukolämmöstä. Toppila 2 on polttoaineteholtaan 315 MW:n vastapainevoimalaitos (CHP), joka on otettu käyttöön vuonna 1995. Laitoksen sähköteho on 120 MW ja kaukolämpöteho 175 MW.

Laitoksella on käytössä kiertoleijupetikattila (CFB), jossa kiinteä polttoaine syötetään tulipesän alaosaan petimateriaalina käytettävän hiekan joukkoon. Tarvittava leijuminen ylläpidetään arinan suuttaminen läpi puhallettavalla primääri-ilmalla. Sekundääri-ilmaa syötetään kattilaan sivuseiniltä, jolloin palaminen saadaan vaiheistettua optimaalisesti. Kattilasta poistuvien savukaasujen mukana kulkeutuvia kiintoaineita poistetaan kolmella syklonilla, joista ne palautuvat takaisin tulipesän alaosaan. Kattilasta poistuvat savukaasut johdetaan kolmikenttäiseen sähkösuodattimeen, joissa hiukkaset erotetaan kaasuista. Sähkösuodattimelta savukaasut ohjataan savukaasulauhdutuslaitokseen, jossa vähennetään savukaasujen hiukkas-, rikkidioksidi ja raskasmetallipäästöjä. Lisäksi laitoksella otetaan talteen savukaasuihin jäljelle jäänyt lämpö ja siirretään kaukolämpöveeten. Toppila 2-voimalaitoksen pääpolttoaineina käytetään turvetta ja puuta. Käynnistyspolttoaineena käytetään kevyt- ja raskaspolttoöljyä. (Toppila 2 Pyroflow käyttö- ja hoito-ohjeet.)

### 2.3 Muutostarve

Tällä hetkellä Toppila 2-voimalaitosyksikön polttoaineesta 60 % on turvetta ja 40 % puuta. Yhtiön hiilineutraaliustavoitteen sekä turpeen verotuksen ja päästöoikeuksien hintojen nousun myötä laitokselle on tullut tarve lisätä puupolttoaineen määrää ja lopulta luopua fossiiliseksi polttoaineeksi lasketusta turpeesta kokonaan. Laitoksen tämänhetkinen tekniikka ei mahdollista turpeen osuuden vähentämistä, sillä turpeen mukana olevan rikin poistuminen prosessista aiheuttaisi kattilaan korroosiota ja tulipesän korkeat lämpötilat mahdollisia tukkeumia puun tuhkan tarttuessa herkemmin lämmönsiirtopintoihin.

Lisäksi polttoaine tulee määrällisesti lisääntymään, jotta saadaan korvattua turpeen sisältämä suurempi energiamäärä pelkällä puulla. Laitoksen polttoaineen-syöttölaitteistoa muokataan lisäämällä kattilan polttoainekuljettimille tasaustaskut sekä yhdet uudet syöttöruuvit. Kuljettimen muutostyöllä pyritään tasoittamaan polttoaineen syöttöä kattilaan sekä hallitsemaan palamista entistä tarkemmin ja sitä kautta helpottamaan polttoaineen vaihtumista täysin puuhun. Muutoksessa turpeen mukana tuleva rikki korvataan rakentamalla laitokselle rikinsyöttölaitteisto, millä voidaan säätää poltossa olevan rikin määrää halutusti.

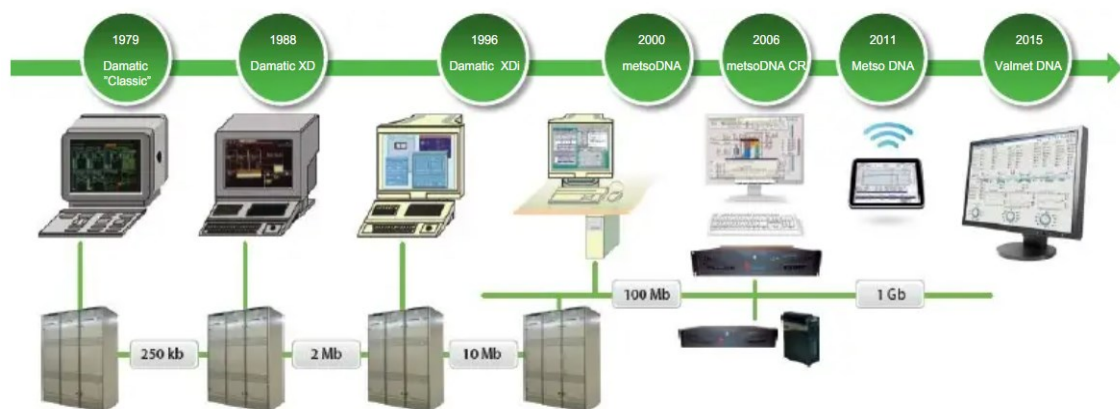


### 3 OHJAUSJÄRJESTELMÄ JA OHJELMAT

#### 3.1 Hajautettu ohjausjärjestelmä

DCS-järjestelmällä (Distributed control system) tarkoitetaan tyypillisesti hajautettua prosessiautomaation ohjausjärjestelmää. Järjestelmään kuuluu prosessi-, valvomo-, historia ja raportointiasemia, järjestelmäväyliä ja ohjelmointikoneita. Hajautettu automaatiojärjestelmä kykenee hoitamaan mittaustiedon käsittelyn, ohjausten laskennan ja ohjausten tekemisen paikan päällä. Tällöin ei tarvitse lähettää mittaustietoja jollekin keskustietokoneelle laskentaa varten ja sitten palauttaa ohjausarvoja takaisin. (Prosessiautomaatio 2000.)

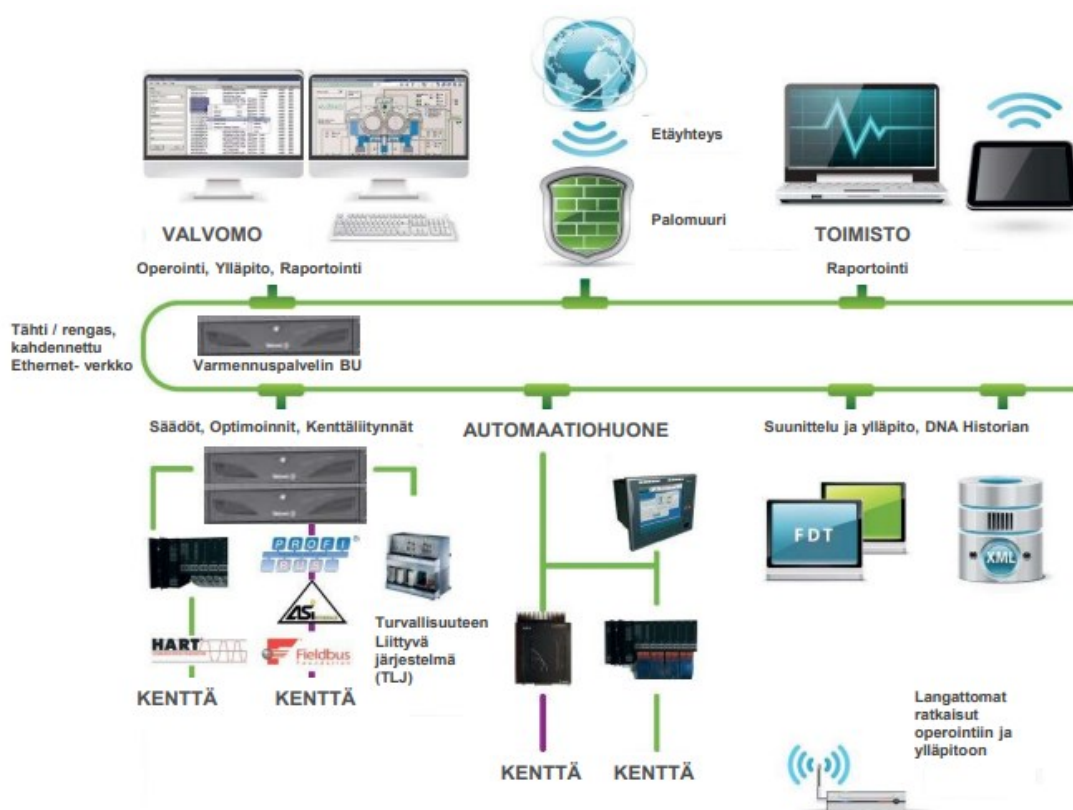
Valmet DNA on Valmetin hajautettu automaatiojärjestelmä. Järjestelmän historia ulottuu kuvan 1 mukaisesti 1970-luvun loppuun ensimmäisen järjestelmän kulkiessa tuotenimellä Damatic.



KUVA 1. Valmet DNA historia (Valmet DNA yleisesittely 2015)

Järjestelmä on kehittynyt vuosien varrella Damatic XD 1988, Damatic XD i 1996, MetsoDNA 2000, MetsoDNA CR 2006 ja Metso DNA 2011 tuotenimien kautta Valmet DNA:ksi 2015. (Valmet DNA yleisesittely 2015.)

Valmet DNA-järjestelmän rakenne perustuu kuvan 2 kaltaiseen Ethernet-pakettipohjaiseen tietoverkkoon. Verkkoon liittyy yleensä mm. prosessinohjauspalvelimia, operointipalvelimia, hälytyspalvelin, varmennuspalvelin, historiapalvelin ja suunnittelupalvelin.



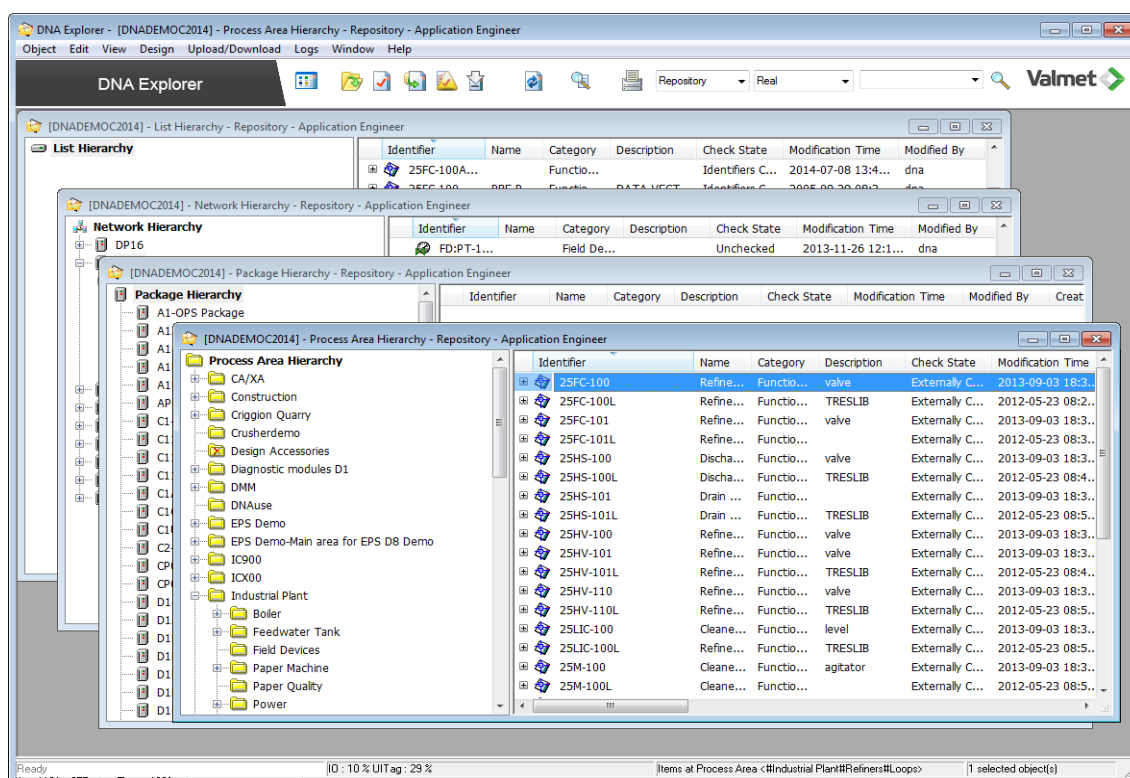
KUVA 2. Valmet DNA verkko. (Valmet DNA yleisesittely 2015)

Prosessinohjauspalvelin (Process Control Server, PCS) huolehtii prosessin ohjauksesta ja prosessi on yleensä hajautettu osiin niin, että prosessiasemilla on kullakin tietty osa prosessista ohjattavana. Prosessinohjauspalvelin liittää Valmet DNA-järjestelmän ohjattavaan prosessiin erilaisten kenttäliittymöiden kautta. Operointipalvelimen (Operator Server, OPS) kautta operaattori saa tietoa prosessista ja voi operoida prosessia. Hälytyspalvelin (Alarm Server, ALS) kerää prosessin hälytystietoja sekä lähettää hälytykset operointipalvelimen kautta operaattorille. Varmennuspalvelimen (BU) kautta siirretään aina kaikki sovellusmuutokset kohdeasemille. Varmennuspalvelimella on tallessa jokaisen järjestelmään liitetyn palvelimen sovellukset. Historiapalvelin (Info Server) kerää prosessi-, operointi- ja hälytystietoja muistiin, josta prosessin tilaa ja järjestelmän toimintaa voidaan tutkia jälkikäteen Valmet DNA:n historiatyökaluilla. Suunnittelupalvelin (Engineering Activity Server, EAS) ja suunnittelutyöasemat (Engineering Activity Client, EAC) muodostavat yhdessä Valmet DNA -suunnitteluympäristön. (Valmet DNA Yleisesittely 2015.)

### 3.2 Työkalut

**FbCAD** -sovelluksella (Function Block CAD) suunnitellaan Valmet DNA-järjestelmässä käytettävät automaatiosovellukset. FbCAD:ia käytetään toimintolohko-kaavioiden suunnittelussa, jotka ovat Valmet DNA:n ohjaaman prosessin ohjaamiseen ja valvontaan liittyviä sovelluksia. Toimintolohkokaaviot koostuvat pienemmistä moduuleista, jotka yhdistetään viivoilla toisiinsa graafisessa suunnitteluympäristössä. Toimintolohkokaaviot sisältävät mm. jatkuvat ohjaukset, I/O-toiminnot sekä tunnistet-, toiminta-, tapahtuma- ja historiatoiminnot. (Valmet DNA manuals 2019.)

**DNA Explorer** on työkalu, jolla voidaan ylläpitää Valmet DNA-järjestelmän suunnittelutietokantaa (KUVA 3). Työkalulla voidaan hallita järjestelmään tehtyjä sovelluksia, kuten tarkistaa ja ladata suunnitellut sovellukset Valmet DNA:n ajon aikaiseen ympäristöön. (Valmet DNA manuals 2019.)



KUVA 3. DNA Explorer -työkalu (Valmet DNA manuals 2019)

**Debugger** -virheenkorjaustyökalu on kuvan 4 kaltainen tekstipohjainen ohjelma mikä on suunniteltu Valmet DNA-järjestelmän ja sovellusten testaamiseen. Työkalulla voidaan muuttaa ja tutkia järjestelmän sisäisiä tietoja. (Valmet DNA manuals 2019.)

```

Reading typefiles C:\dna\Shared\types\dna_types

1a% p v :e:pr:31NDC01AP001:ins

    Print Variable

Lid CP03 found.
IS bin <1>

2a% p v :e:pr:2NM03U110Z7.LF:fcf:fo:ch0

    Print Variable

Lid AP23 found.
IS bin <0>

3a% p v :e:pr:2NM03U110Z7.LF:fcf:status

    Print Variable

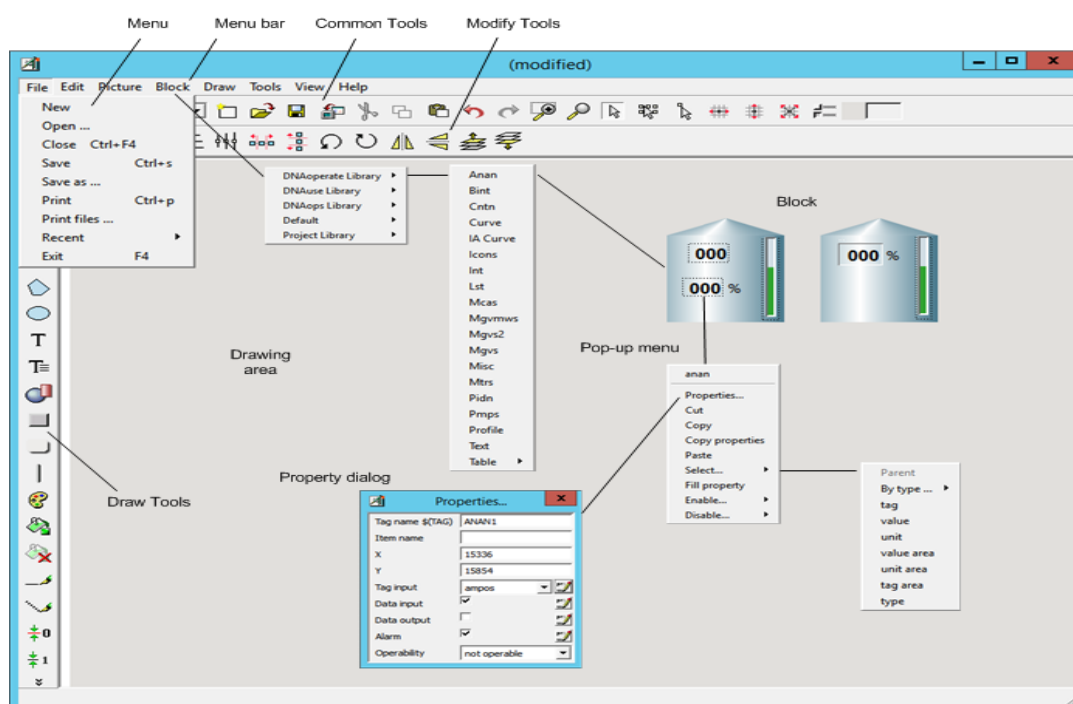
Lid AP23 found.
IS ints <0> <0x0>

4a%

```

KUVA 4. Debugger -ohjelma

**Picture Designer** -työkalulla suunnitellaan Valmet DNA -ympäristössä operointiin käytettäviä näyttökuvia (KUVA 5). Näyttökuvissa esitetään graafisesti prosessin rakenne, laitteet ja operoinnissa tarvittavat säätimet. (Valmet DNA manuals 2019.)



KUVA 5. Picture Designer -sovelluksen ominaisuuksia (Valmet DNA manuals 2019)

## 4 PROJEKTIN TOTEUTUS

### 4.1 Toimintakuvaus

Projektin toteutukseen opinnäytetyön sisällön osalta kuului tarvittavien näyttökuvien suunnittelu, uusien ja muuttuvien kenttälaitteiden tuominen järjestelmään sekä säätöpiirien suunnitteleminen rikinsyöttölaitteiston osalta. Toimintakuvauksen toimitti ulkopuolinen urakoitsija ja kuvausta muokattiin yhteisessä tarkastelussa ilmenneiden tarpeiden mukaan.

Toimintakuvauksen perusteella saatiin määriteltyä pääosa automaatiossa tarvittavista sovelluksista, mutta lopullinen dokumentaatio on käytännössä ohjelmointityökaluilla tehdyt automaatiopiirit. Toimintakuvauksessa määritellään mm. laitteiden lukituksia, hälytysrajoja ja prosessissa tarvittavien säätimien toimintoja. Kuvassa 6 näkyy ote toimintakuvauksesta rikkidioksidimittauksen osalta. Kuvauksen perusteella järjestelmään ja näyttökuviin tuotiin tarvittavia toimintoja, kuten mittalaitteen mittausravon mittausalue, hälytysrajat ja laitteen tilan hälytystiedot.

#### 2.2 2NR33Q006 Savukaasun rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) pitoisuus ennen pesuria

##### Toiminto

Mitataan savukaasun SO<sub>2</sub> pitoisuus ennen savukaasupesuria.  
Mittausta käytetään rikin rajoitussäädön 2NR33C006 mittauksena.

##### Mittausalue

- 0-500 mg/m<sup>3</sup>

##### Hälytysrajat

- HH: 200
- H: 180
- L: 80
- L: -

##### Mittausyksikön hälytykset

- Mittalaitteiston vika.
- Mittalaitteiston huoltopyyntö.
- Huoltia päällä.

##### Lukitukset muihin piireihin

- Ei lukituksia.

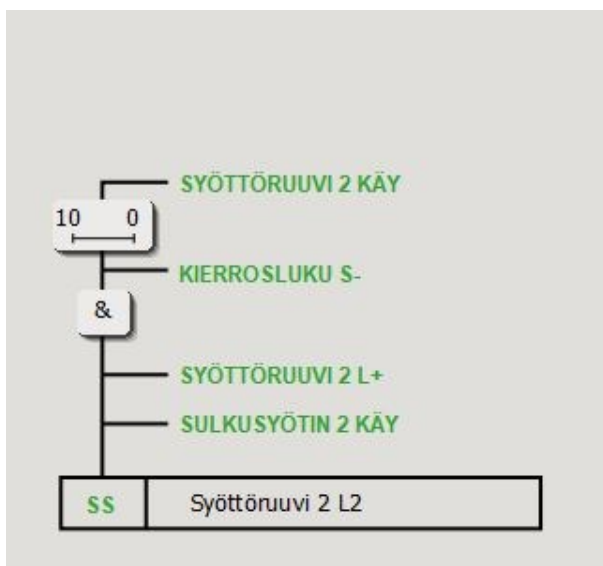
KUVA 6. Rikkidioksidin pitoisuusmittauksen toimintakuvaus

## 4.2 Näyttökuvat

Prosessinohjauksessa käytettävien näyttökuvien suunnittelussa käytettiin Picture Designer-sovellusta. Rikinsyöttöjärjestelmän ollessa täysin uusi osa prosessia, aloitettiin työ piirtämällä tälle osaprosessille uusi näyttökuva (LIITE 1.) ja lisäämällä se hierarkiaan. Kuvan pohjana käytettiin kyseisen osaprosessin PI-kuvaa ja kuvaan liittyvät laitteet lisättiin toimintakuvauksen määrittelyjen perusteella. Laitteistoon kuuluu rikinsyötön säkkiasema ja sen itsenäisesti toimiva lähetyslaitteisto, vakuumpuhallin, rikin annostelusäiliö sekä annostelusäiliön pintakytkin, sekoitin sekä granulointua rikkiä polttoainekuljettimille syöttävä syöttöruuvi. Lisäksi laitteistoon kuuluu savukaasukanavaan asennettu rikkidioksidipitoisuusmittaus. Rikinsyötön näyttökuvaan tuotiin tarvittavat binääritiedot kuten tieto vakuumpuhaltimen turvakytimestä ja rikkidioksidimittauksen vika- ja huoltotilatiedoista.

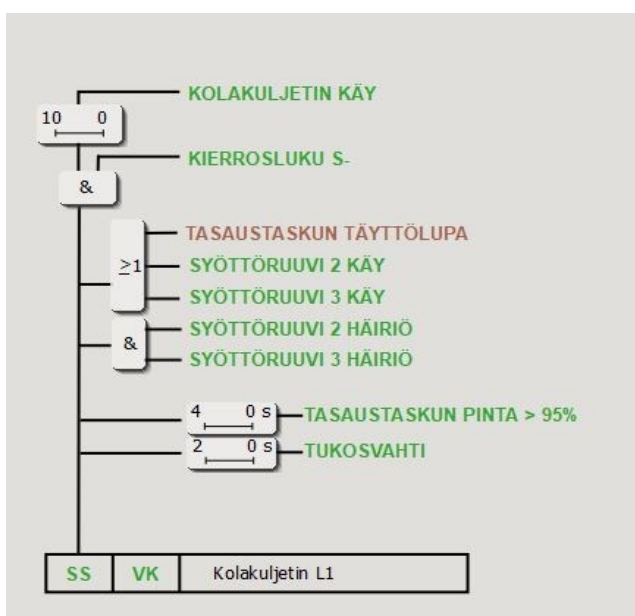
Rikinsyöttölaitteiston lisäksi muokattiin jo olemassa olevaa voimalaitoksen polttoaineensyöttöjärjestelmän näyttökuvaa (LIITE 2.) uusien laitteiden osalta. Tähän laitteistoon kuuluu polttoainekuljettimien tasaustaskut pinnanmittauksineen, uudet syöttöruuvit, tukosvahdit ja pyörintävahdit. Uusina säätiminä kuvaan lisättiin tasaustaskun pintasäädöt sekä kiinteän polttoaineen uudet käsisasemat.

Jokaisella polttoaineensyöttöön liittyvällä laitteella on olemassa lukitusikkuna millä esitetään kyseiseen laitteeseen liittyvät vapautukset ja lukitukset. Laitteiston muuttuessa vanhoja lukitusikkunoita muokattiin vastaamaan nykyhetkeä ja uusille laitteille tehtiin vastaavat lukitusikkunat. Uudistetuille syöttöruuveille on modernisoinnin yhteydessä asennettu tukosvahti mikä toimiessaan pysäyttää polttoaineensyötön kyseiseltä ruuvilta. Kuvassa 7 nähdään uudistetun syöttöruuvin 2NP22N003 lukitusikkuna, johon on lisätty tieto tukosvahdistä nimellä ”Syöttöruuvi 2 L+”.



KUVA 7. Uudistetun syöttöruuvin 2NP22N001 lukitusikkuna

Tukosvahdin tilaa ilmaisevan tekstin ollessa väriltään vihreä, tukosvahti on hyvässä tilassa ja värin vaihtuessa ruskeaksi se tarkoittaa tukosvahdin olevan huonossa tilassa. Sama logiikka värien suhteen toteutuu myös muiden tietojen kohdalla. Polttoainekuljettimien alkuperäisiin lukitusikkunoihin tehtiin uusien polttoaineen tasaustaskujen asentamisesta johtuen useita lisäyksiä ja muutoksia. Kuvassa 8 nähtävään lukitusikkunaan on tuotu näkyviin ehto mikä sallii kuljettimen käydä, mikäli vähintään toinen syöttöruuveista on käynnissä.



KUVA 8. Kolakuljettimen 2NP10N001 lukitusikkuna

Tasaustaskujen täyttämistä kiinteän polttoaineen käynnistymisvaiheessa helpottamaan suunniteltiin taskun täyttölupa-toiminto, joka tuotiin myös lukituskuvaan. Luvan ollessa voimassa kattilan polttoaineen kolakuljetin voidaan käynnistää ilman, että tasaustaskun kumpikaan syöttöruuvi käy. Taskun täytyessä täyttölupa poistuu ja kolakuljetin pysähtyy. Taskun ollessa täynnä polttoainetta saadaan kattilaan syötettyä kiinteää polttoainetta heti kun järjestelmä antaa luvan kiinteän polttoaineen syöttämiseen. Syöttöruuvien tukosvahdin rinnalle tuotiin lukitusikkunaan näkyville myös tieto uudesta kuljettimen 4 sekunnin viiveellä pysäyttävästä lukituksesta, kun tasaustaskun pinta on yli 95 %.

### **4.3 Kenttälaitteiden tuominen järjestelmään**

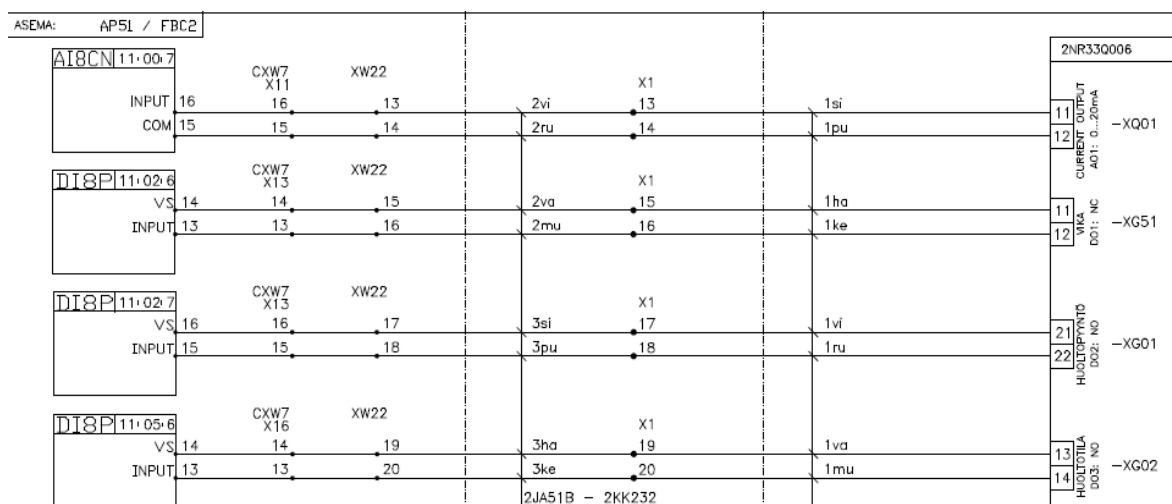
Näyttökuvien valmistumisen jälkeen jokaiselle yksittäiselle laitteelle tehtiin oma automaatiosovellus toimintakuvauksen mukaisen position ja piirikaavioissa esitettyjen I/O-korttien osoitteiden perusteella. Toimintakuvauksesta saatujen kuvauksen perusteella laitteille suunniteltiin tarpeelliset prosessi- ja suojalukitukset. Polttoaineensyötön laitteissa tuli ottaa huomioon turvalaitevaatimukset, mitkä osaltaan vaativat muutoksia laitteiden sijoitteluun I/O-kaapeilla. Asennetut kenttälaitteet pyrittiin tuomaan pääasiassa uudempaan ACN I/O (MIO) yksikön kaappiin, mutta kattilasuojan turvalogiikassa mukana olevat laitteet apulaitteineen täytyi siirtää vanhemman Centralzed-I/O (CIO) järjestelmän PLU-korteille, sillä uudempien ACN I/O järjestelmän MIO korttien eheystaso ei ole riittävä kyseiseen tarkoitukseen.

Kaikki sovellukset tallennettiin ensin erilliseen projektikansioon missä toiminnot testattiin mahdollisimman pitkälle. Sovellusten valmistuttua piirit siirrettiin projektikansiosta järjestelmän pääkansioon, missä piirit vielä kertaalleen tarkistettiin ja ilmenneet ongelmat korjattiin. Onnistuneen tarkistuksen jälkeen piirit ladattiin määrätylle prosessiasemalle DNA explorer-työkalun avulla.



#### 4.4 Rikinsyöttöjärjestelmän automaatiosovellukset

Rikinsyöttölaitteistoa suunniteltaessa piirikaavioista saatiin jokaiselle tiedolle oikea positio, korttityyppi ja I/O-osoite. Kuvassa 9 on esitetty rikkipitoisuusmittauksen piirikaaviosta osa mistä kyseiseen sovellukseen tarvittavat tiedot ilmenevät.



KUVA 9. Rikkipitoisuusmittauksen piirikaavio

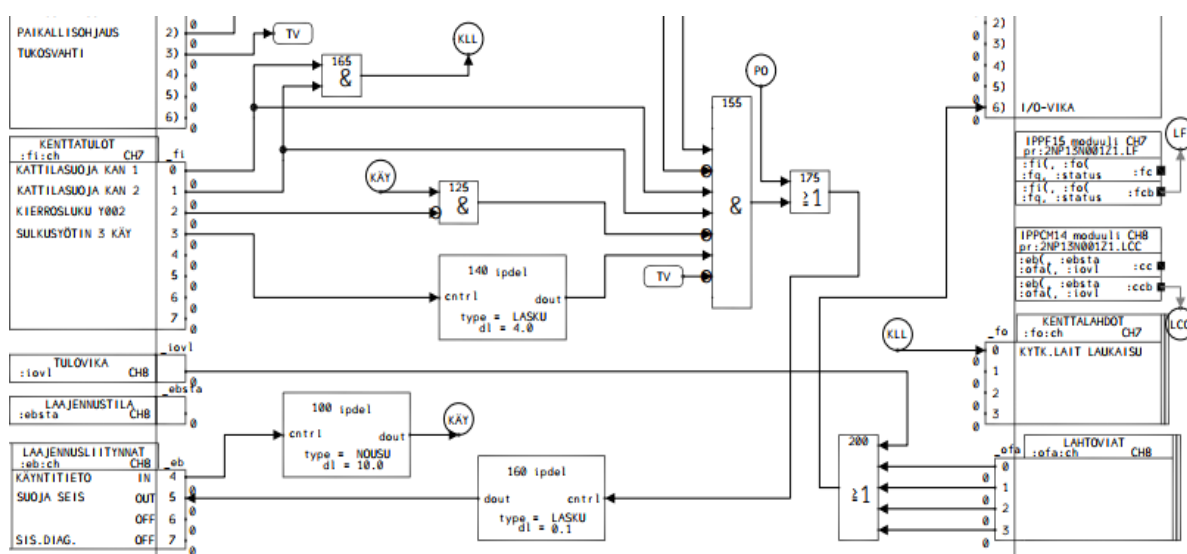
Rikinsyöttöjärjestelmän laitteiston piireihin kuului binääri- ja analogiatuloja ja näiden piirien suunnittelussa käytettiin alustana jo olemassa olevien laitteiden sovelluksia. Liitteessä 3 nähtävään rikkipitoisuusmittauksen sovellukseen on määriteltä kyseessä olevan analogiatieto ja sovelluksen asetuksiin on määriteltä kaikki toimintakuvauksesta ja piirikaaviosta saadut tiedot, kuten mittausalue ja hälytysrajat.

Rikinsyöttöruuvien käynnistymistä helpottamaan tehtiin toiminto mikä ohjaa syöttöruuvien hetkellisesti täydelle nopeudelle. Toiminto ohjaa ruuvien käyntitiedon saadessaan nopeussäätimen minimiohjauksen 100 prosenttiin 5 sekunnin pulssin ajaksi, minkä jälkeen ohjaus vapautuu normaalille säädölle.

#### 4.5 Polttoaineensyöttölaitteiden automaatiosovellukset

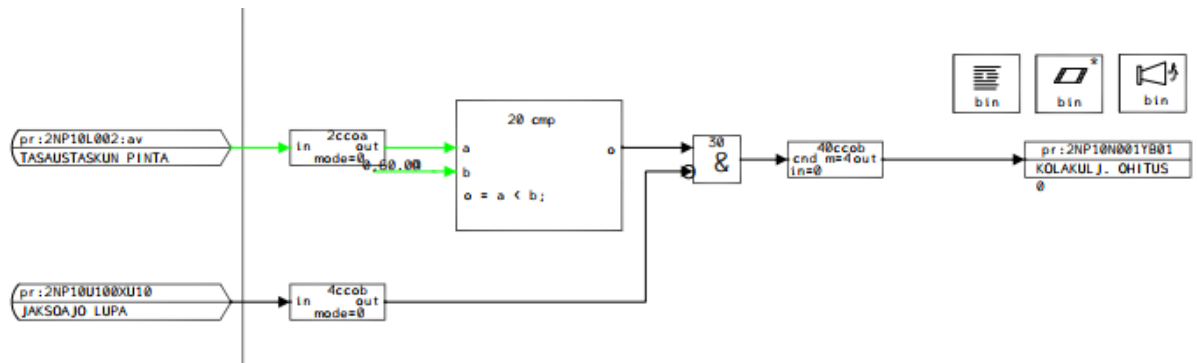
Polttoaineensyötön vanhat turvalogiikat on toteutettu CIO-sarjan PLU-korteilla, joten myös uudet kattilan turvalogiikkaan liittyvät polttoaineen syöttölaitteet toteu-

tettiin samalla tavalla kuin jo olemassa olevat laitteet. Polttoaineen syöttölaitteiden apulaitteista pääosa tuotiin CIO-sarjan automaatiokaapeille AP21 ja AP22, jotta vältetään viiveet eri prosessiasemien välisessä tiedonsiirrossa sekä vähennetään polttoaineen syöttölaitteiden häiriöalttiutta kyseisten prosessiasemien ollessa kahdennettuja. Polttoaineen syöttöruuvien PLU-kortille langoitettiin tieto kattilasuojan tilasta, jota käytettiin kuvassa 10 nähtävällä polttoaineen syöttöruuvien PLU-kortilla suoritettavan automaattiosovelluksen lukituksissa. Kyseinen kattilasuojan tilatieto vietiin lisäksi PLU-kortin kenttälähdöltä langoitettuna suoraan syöttöruuvien taajuusmuuttajan STO-piiriin, jolloin saavutettiin haluttu suojaalogian varmuustaso.



## KUVA 10. Polttoaineen syöttöruuvien suojalukitukset

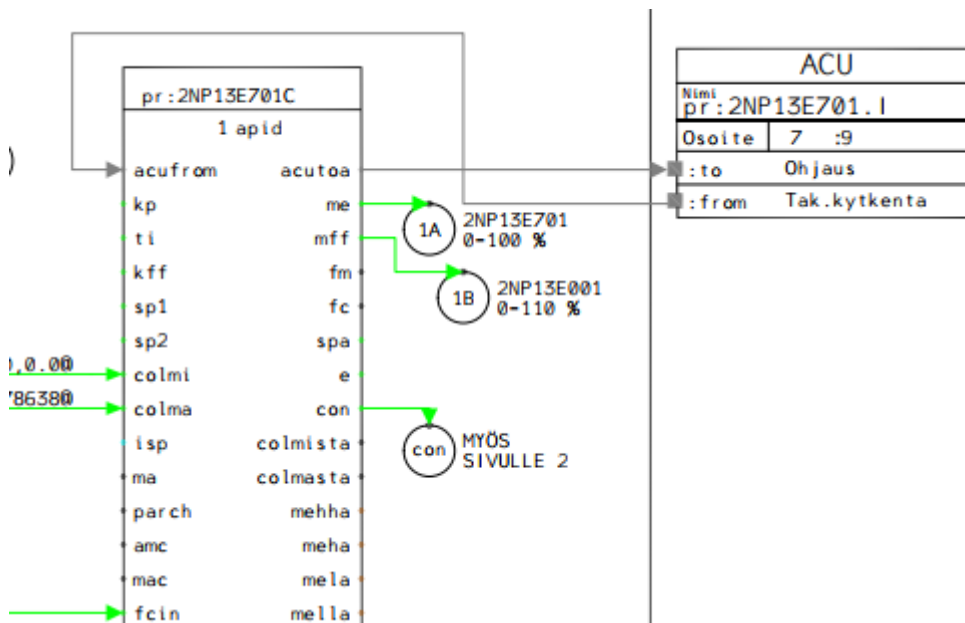
Uudistuksessa vanhoja lukituksia poistui mm. polttoainekuljettimilta, joten kyseisten laitteiden sovelluksia muokattiin muutostyön tarpeiden mukaan. Voimalaitoksen käynnistystilannetta ja kiinteän polttoaineen syötön aloittamista sujuvoittamaan tehtiin tasaustaskujen täyttötoiminto, millä taskut saadaan täytettyä ennakoon ennen varsinaisen kiinteän polttoaineen syöttämisen aloittamista. Täyttötoiminto aktivoidaan käyttäjän toimesta polttoaineen syötön näyttökuvasta ja toiminto pysähtyy, kun kuvassa 11 nähtävästä sovelluksesta poistuu vähintään toinen vaadituista ehdoista.



KUVA 11. Tasaustaskun täyttölupa

Täyttötoiminto ohittaa tilapäisesti kolakuljettimen lukituksista vaatimuksen tasaustaskussa sijaitsevien syöttöruuvien käyntiehdosta ja lukitus palautuu käyttöön tasaustaskun pinnan noustua yli 60 prosentin.

Uusien polttoaineen syöttöruuvien taajuusmuuttajien analogiatiedot liitettiin järjestelmään ACU-korttien kautta. ACU-kortti suorittaa kortille ladattua sovellusta riippumatta prosessiaseman toiminnasta. Yhdellä ACU-kortilla saatiin tuotua järjestelmään taajuusmuuttajan taajuuden oloarvo ja virran oloarvo sekä vietyä järjestelmästä taajuusmuuttajalle taajuuden haluttu ohjearvo. Kuvassa 12 on esitetty osa polttoaineen syöttöruuvin ACU-kortille ladatusta sovelluksesta.



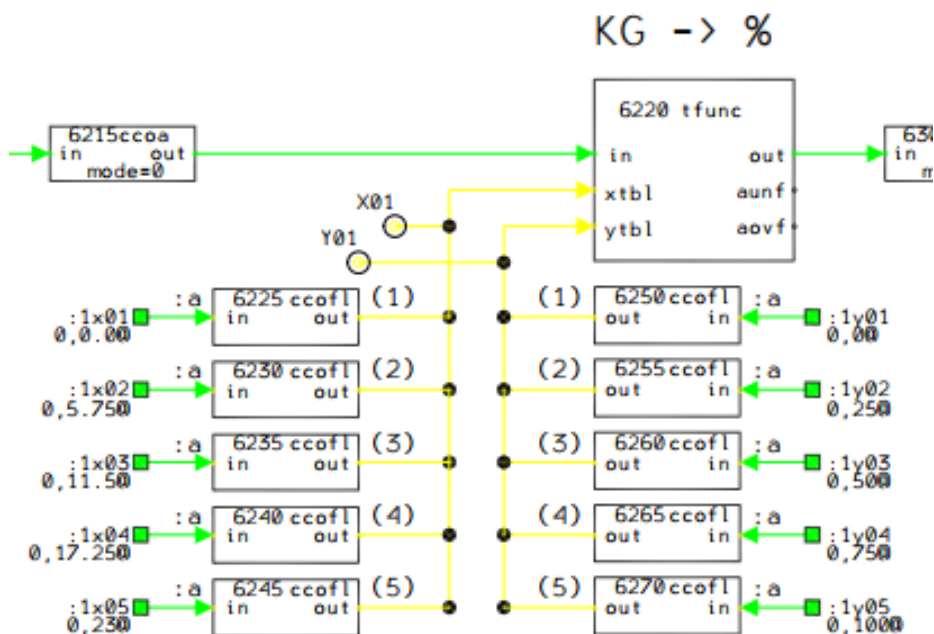
KUVA 12. ACU-kortin apid-toimilohko

Taajuuden ohjearvo tuotiin erilliseltä nopeussäätimeltä apid-toimilohkolle, josta ohjearvo lähtee toimilohkon acutoa-liityntäpisteestä ACU-kortin I/O-lähdön kautta taajuusmuuttajalle.

#### 4.6 Säätöpiirit

Rikinsyöttölaitteiston säätöpiirit tehtiin tämän opinnäytetyön sisällä, mutta kattilan muutostöiden vaativuudesta johtuen polttoaineensyötön säädöissä käytettiin apuna Valmetin asiantuntijaa, joka toimitti tasaustaskujen pintasäädöt ja kaikki polttoainetehon säätöön tarvittavat sovellukset.

Rikinsyötön määräsäätimellä lasketaan syötettävän rikin kokonaismäärä kattilan polttoainetehon mukaan. Polttoainetehon mukaan laskettu syötön määrä jaetaan kahden rikinsyöttölinjan välillä polttoainekuljettimien polttoaineen syöttösuhteen mukaan. Yhdelle linjalle lasketun syöttömäärän mukaan ohjataan rikin syöttöruuveja, joiden pyörimisnopeuden ohjearvo saadaan sovellukseen kuvassa 13 näkyvällä tfunc-toimilohkolla toteutetusta muunnoskäyrästä. Toimilohkossa syöttöruuvin ohjearvo saadaan ruuvilta pyydetävän syöttömäärän funktiona.



KUVA 13. Nopeuden ohjearvon muunnoskäyrä tfunc-toimilohkolla

Muunnoskäyrä muodostetaan viidellä mittapisteellä, joista toimilohkon x-akselille on määritelty rikin pyydetty kilomäärä alueella 0–23 kg ja y-akselille sitä vastaava ruuvien pyörimisnopeus alueella 0–100 %. Y-akselin arvo mikä vastaa pyydettyä rikin syöttömäärää kiloissa on myös toimilohkon ulostulon arvo.

Liiallista rikin syötön määrää hallitaan erillisellä rajoitussäätimellä missä rikki-  
toisuusmittauksen mittauservon ylittäessä säätimelle asetetun raja-arvon rajoite-  
taan määräsäädön asetusarvoa, kunnes rikki-  
toisuusmittaus saavuttaa rajoitus-  
säätimen asetusarvon. Rajoituksen poistuessa määräsäädin jatkaa säätöä siitä  
arvosta mikä säätimellä on rajoituksen poistumishetkellä.

#### **4.7 Käyttöönotto**

Yksittäisten sovellusten ja laitteiden testaaminen suoritettiin voimalaitoksen ollessa alhaalla ja testaus pyrittiin suorittamaan mahdollisimman nopeasti asennusten valmistuttua. Kenttälaitteiden testaus suoritettiin yhteistyössä Oulun energian sähköosaston kanssa ja havaitut virheet pyrittiin korjaamaan heti niiden ilmettyä. Toimintaa testattiin kenttälaitteen ja automaatiojärjestelmän välillä simuloimalla ensin tiedot kentältä ja varmistamalla järjestelmään tulevien tietojen oikeellisuus. Lisäksi testattiin simuloimalla järjestelmästä lähtevien tietojen toiminta. Järjestelmästä simulointi tapahtui FbCADin testitilassa muuttamalla testattavaa arvoa halutuksi. PLU-korteilla olevien piirien testaamisessa käytettiin tekstipohjaista Debugger-sovellusta. Onnistuneen testauksen jälkeen tarvittavat laitteet koekäytettiin vielä suoraan automaatiojärjestelmästä ja varmistettiin samalla näyttökuvien tietojen sekä hälytysten toimivuus.

Voimalaitoksen käynnistyksen yhteydessä polttoaineen syöttölaitteiston käyttöönottoa jatkettiin yhteistyössä Valmetin asiantuntijan kanssa. Kiinteän polttoaineen syötön aloituksen yhteydessä päästiin testaamaan tasaustaskujen pinta-  
tasäätöjä ja polttoaineen syöttöruuvien nopeussäätöjä. Käynnistyksen edetessä testausta jatkettiin kiinteän polttoaineen tehonsäädön testauksilla. Kun säädöt oli todettu toimiviksi, testattiin vielä mahdollisia polttoaineen syötön häiriötilanteita pysäyttämällä prosessista ensin yksittäisiä laitteita ja lopulta kerralla puolet koko polttoaineensyöttölaitteista eri tehoalueilla.

Kun automaation toiminta häiriötilanteissa onnistui sujuvasti, voitiin voimalaitoksen polttoaineensyöttö asettaa painesäädölle ja jatkaa käyttöönottoa tarkkailemalla syötön toimintaa tasaisella ajolla sekä tehonmuutostilanteissa. Syöttöruuvien tehonlaskennassa käytettävän polttoaineen lämpöarvon laskentaa muokattiin käyttöönoton aikana, jolloin saavutettiin syöttöruuvien säädössä mahdollisimman optimaalinen reagointi tehonmuutosten ja polttoaineen laatuvariaatioiden suhteen. Sovelluksia korjattiin myös käyttöhenkilökunnalta saadun palautteen perusteella. Käyttöhenkilökunnan koulutus uusien automaatio-sovellusten käyttöön toteutettiin luomalla lyhyt kirjallinen ohjeistus prosessiin tehdyistä muutoksista ja käymällä ohjeistus läpi jokaisen vuoron kanssa käyttöönoton yhteydessä.

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Toppila 2 voimalaitosyksikön polttoaineen syöttölaitteiden modernisointiprojektin muutostöiden yhteydessä tarvittavat automaatiosovellukset. Valmet DNA -järjestelmään suunniteltavien sovellusten laitteistoon sisältyi modernisoitavan polttoaineen syöttölaitteiston syöttöruuvit ja tasaustaskut apulaitteineen sekä uuden rikinsyöttöjärjestelmän laitteisto kokonaisuudessaan. Projektin alkuvaiheessa opinnäytetyöstä rajattiin pois kattilalaitoksen tehonsäätöön liittyvien polttoaineensyötön säätöpiirien suunnittelu ja työhön käytettiin Valmetin asiantuntijaa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin rikinsyöttöjärjestelmän ja polttoainekuljettimien modernisoinnin vaatimat automaatiosovellukset suunniteltua ja testattua. Käyttöönotossa sovelluksista korjattiin testauksien yhteydessä havaittuja puutteita. Voimalaitoksen käynnistuksen yhteydessä polttoaineen syöttölaitteiston säätöpiirit viritettiin toimintakuntoon ja saatettiin laitos tuotantoon. Rikinsyöttöjärjestelmän laitteiston lopullinen testaus voidaan suorittaa vasta, kun voimalaitoksella käytettävään polttoaineseokseen saadaan riittävästi vähärikkistä polttoainetta, jotta riikin syöttö polttoon olisi mahdollista.

Käyttöhenkilökunnalle järjestettiin käyttöönoton aikana vuorokohtaista koulutusta, jossa käytiin läpi modernisoinnin aikana tehtyjä muutoksia automaatiojärjestelmään. Projektin aikana tutustuttiin monipuolisesti sovellusten ja näyttökuvien suunnitteluun Valmet DNA -ympäristössä sekä suunnittelun perustana oleviin piirikaavioihin ja toimintakuvauksiin. Modernisointiprojektin myötä Toppila 2 -voimalaitosyksiköllä voidaan lisätä puupolttoaineen määrää halutusti. Laitteistoa on mahdollista jatkokehittää tulevien käyttökokemusten perusteella niin, että turpeesta on tulevaisuudessa mahdollista luopua täysin.

## LÄHTEET

Oulun Energia Oy. Verkkosivu. Viitattu 1.8.2022.

<https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia/tietoa-meista/>

Oulun Energia voimalaitokset. Verkkosivu. Viitattu 1.8.2022.

<https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia/energiantuotanto/voimalaitokset/>

Prosessiautomaatio, ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 24. Helsinki: ABB Oy. Viitattu 1.10.2022.

<http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/>

Toppila 2 Pyroflow käyttö- ja hoito-ohjeet. 1995. Ahlström Höyrykattilat.

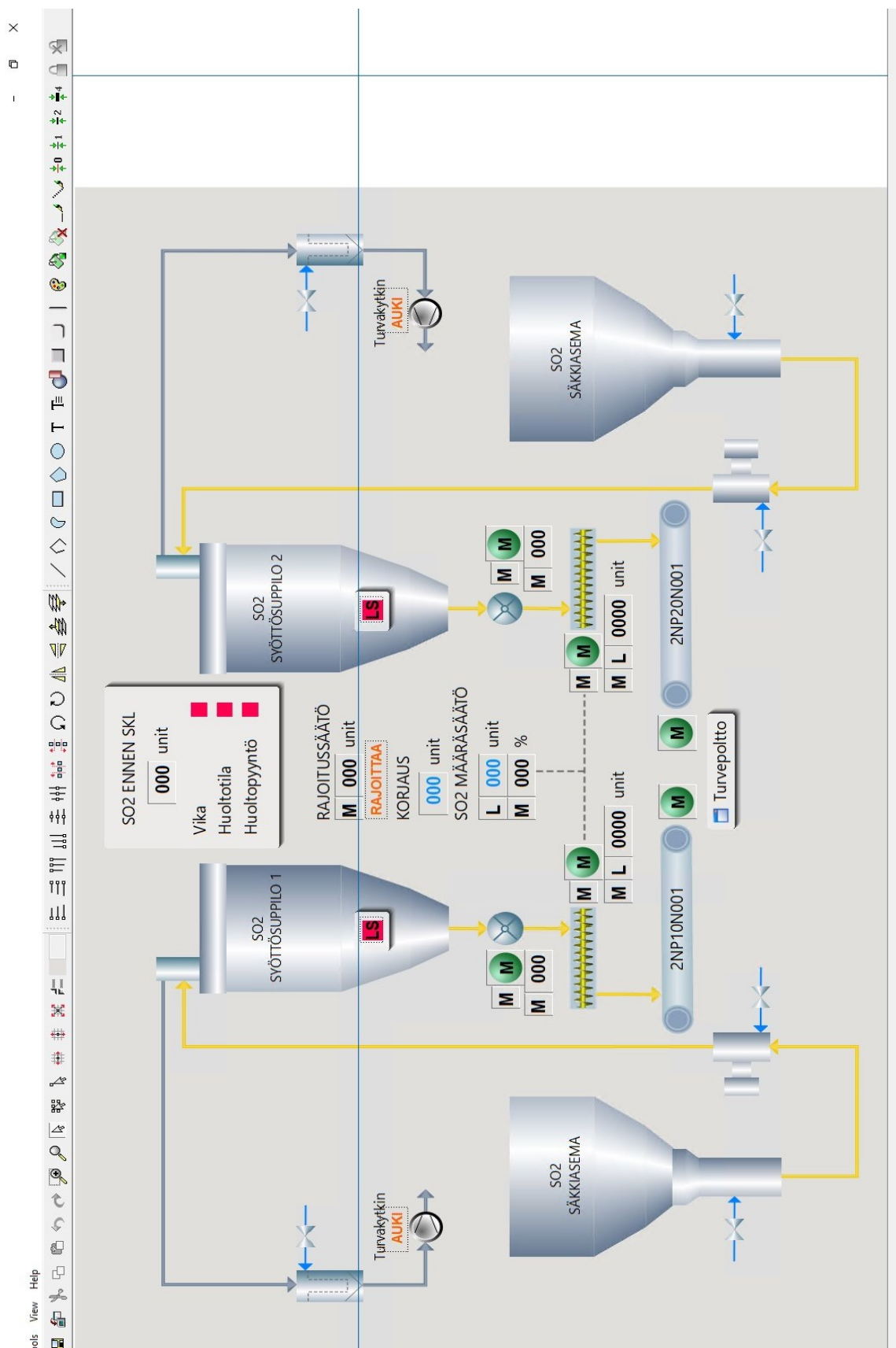
Valmet DNA Manuals Collection. 2019. Valmet Automation Oy.

Valmet DNA yleisesittely. 2015. Valmet Automation Oy.



## LIITTEET

Liite 1. Rikinsyöttölaitteiston näyttökuva



Liite 2. Polttoaineensyötön näyttökuva

