

Henna Luostarinen

PROFINET-TIEDONSIIRRON TOTEUTUS OSANA NUOHOUKSEN OPTIMOINTIPROJEKTIA

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Robottiikan ja tekoälyn koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Henna Luostarinen
Työn nimi	Profinet-tiedonsiirron toteutus osana nuohouksen optimointiprojektia
Toimeksiantaja	Valmet Automation Oy
Vuosi	2025
Sivut	50 sivua
Työn ohjaajat	Teemu Jokela (XAMK), Petri Hänninen ja Antti Myller (Valmet Automation Oy)

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Profinet-tiedonsiirto osana nuohoukseen liittyvää optimointiprojektia. Projektin päämääränä oli tehostaa asiakkaan soodakattilan nuohousprosessia uuden optimointijärjestelmän avulla, joka hankittiin toiselta toimittajalta. Olemassa oleva Valmet DNA -järjestelmä ja toisen toimittajan uusi ABB-pohjainen laitteisto tuli yhdistää Profinet-väylää käyttäen ja saavuttaa niiden välille toimiva tiedonsiirto.

Opinnäytetyö on toteutettu konstruktivisena tutkimuksena. Tavoitteena oli hankkia hyvä tietopohja sekä soodakattilan toiminnasta ja nuohousprosessista että Profinetin toimintaperiaatteista. Tämän lisäksi Valmet DNA:n toiminnoista ja sovellussuunnittelun periaatteista hankittiin tietoa sisäisiä lähteitä käyttäen. Hankitun tiedon pohjalta pyrittiin toteuttamaan hyvälaatuinen lopputuote, eli tilaajan ja toisen toimittajan kanssa sovittujen erittelyjen mukainen ja toimiva tiedonsiirto.

Opinnäytetyön toteutus kattaa tiedonsiirron sovelluksellisen tason sekä verkon konfiguraation Valmet DNA -ympäristössä. Tiedonsiirron toteutuksen prosessi oli tarkoitus kuvata kronologisessa järjestyksessä suunnittelusta käyttöönottoon, ja mahdollisimman selkeästi. Työn lisätavoitteena oli koostaa prosessin vaiheet ohjemaiseen muotoon, jotta työtä voidaan hyödyntää jatkossa vastaavien projektien tukena.

Työn produktiivinen osuus toteutettiin Valmet DNA -työkaluja käyttäen. Verkkokonfiguraatio rakennettiin yhdessä tilaajan ja toisen toimittajan kanssa sovittujen määrittelyjen mukaisesti ja toteutettiin Fieldbus Configurator -ohjelmalla. Sovellussuunnittelu toteutettiin Valmetin Function Block CAD -työkalulla ja DNA Explorer suunnitteluympäristössä. Valmiit sovellukset ja konfiguraatio testattiin Valmetin testauksiloissa Tampereella yhdessä tilaajan ja toisen toimittajan kanssa. Hyväksytyen testauksen jälkeen uusi järjestelmä ja tiedonsiirtoverkko otettiin käyttöön tilaajan laitoksella vuosihuoltoseisokin yhteydessä.

Työn lopputuloksena saatiin aikaan hyvin toimiva ja sovittujen määrittelyjen mukainen tiedonsiirto. Työn toteutuksesta saatiin tilaajalta hyvää palautetta. Tiedonsiirron avulla tilaaja sai käyttöönsä uuden optimointijärjestelmän, joka tehostaa nuohousprosessia ja vähentää soodakattilan höyrynkulutusta. Sivutuotteena työn kirjallinen osuus on koostettu niin, että sitä voi hyödyntää ohjeena vastaavissa projekteissa.

Asiasanat: prosessiautomaatio, DCS, Profinet

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Henna Luostarinen
Thesis title	Implementation of Profinet data transfer as part of soot blowing process optimization
Commissioned by	Valmet Automation Oy
Time	2025
Pages	50 pages
Supervisor	Teemu Jokela (XAMK), Petri Hänninen and Antti Myller (Valmet Automation Oy)

ABSTRACT

The objective of the thesis was to carry out a Profinet data transfer as part of a soot blowing optimization project. The target of the project was to enhance the soot blowing process of the customer's recovery boiler with a new optimization system provided by another supplier. To achieve this, the existing Valmet DNA system and ABB hardware of the other supplier had to be linked by using Profinet and implement a working data transfer between them.

The thesis was executed as a constructive study. The main subjects such as the soot blowing process and Profinet principles were studied to achieve a good knowledge base of them. Information about Valmet DNA tools was researched from internal sources and manuals. Based on all the gathered information, the aim was to create a high-quality product that was adequate to the set specifications with the customer and another supplier. The thesis covers the network's configuration and application design in Valmet DNA environment. The process was intended to be presented in chronological order from designing to commissioning. An additional aim was to create an instructive description of the process so the thesis could be used as a guide in similar projects later.

The productive part of the thesis was implemented by using Valmet DNA Engineering tools. The network configuration was constructed by the specifications agreed with the customer and another supplier and created with Valmet DNA Fieldbus Configurator tool. The application design was implemented with Function Block CAD tool and DNA Explorer environment. The configuration and applications were tested in Valmet's testing premises together with the customer and another supplier. After validated tests, the new system and data transfer network was commissioned in the customer's site during an annual maintenance shutdown.

As the result, a well working and specifications meeting data transfer was achieved. The customer gave positive feedback on the results of the project. Through the new data transfer network, the customer can use a new optimization system that enhances the soot blowing process and reduces the steam consumption of the recovery boiler. As a by-product, the thesis can be used as instructions in similar Profinet related projects.

Keywords: process automation, DCS, Profinet

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TOIMEKSIANTO.....	7
2.1	Toimeksiantaja.....	7
2.2	DCS.....	8
3	PROSESSIYMPÄRISTÖ.....	8
3.1	Soodakattila.....	9
3.2	Nuohousprosessi.....	10
3.3	HISS-sootblowing.....	12
4	PROFINET TIEDONSIIRTOVÄYLÄNÄ.....	13
4.1	Kommunikaatio.....	14
4.2	Fyysinen taso.....	15
4.3	Profinet IO-laitteisto.....	16
4.4	Konfigurointi.....	16
5	PROJEKTIN LAITEYMPÄRISTÖ.....	17
5.1	Alkutilanne.....	18
5.2	Muutokset.....	18
6	PROFINET-KONFIGUROINTI VALMET-JÄRJESTELMÄSSÄ.....	20
6.1	Laitteiden määrittäminen.....	21
6.2	IO-moduulit.....	23
6.3	Osoitteisto.....	25
6.4	Tallennus, lataus ja aktivointi.....	27
7	SIGNAALINVAIHTO.....	27
8	SOVELLUSSUUNNITTELU.....	31
8.1	Signaalien lähetys.....	32
8.2	Signaalien vastaanotto.....	34
8.3	Binääritietojen lähetys ja vastaanotto.....	36
9	TESTAUS.....	40

9.1	Livelist.....	40
9.2	Pnmon-työkalu.....	41
9.3	Function test-työkalu ja DNA Operate	42
10	KÄYTTÖÖNOTTO	44
11	LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	45
12	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET.....	47
	KUVALUETTELO	

1 JOHDANTO

Soodakattilan nuohouksen optimointi on merkittävää sekä taloudellisen edun, että prosessin tehokkuuden ja jatkuvuuden kannalta. Valmetin asiakkaan laitoksella sijaitsevan soodakattilan nuohousprosessia lähdettiin optimoimaan uuden HISS (High Impact Sootblowing System) -järjestelmän avulla. Uudistusten tarkoituksena oli saavuttaa säästöjä höyrynkulutuksessa ja tehostaa kattilan puhdistustehokkuutta. HISS-järjestelmän toimittajana toimi ruotsalaislähtöinen yritys Wave Impact Heat Management AB. Projektin toisena toimittajana ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Automation Oy.

Tilaaajan soodakattilan automaatiojärjestelmä on Valmet DNA -pohjainen. Uuden nuohousoptimoinnin myötä ympäristöön tuli lisätä toisen toimittajan laitteistoa. Uusi laitteisto oli ABB-pohjaista, joten kahden automaatiojärjestelmän toimiva yhteensovitus oli ratkaisevaa uuden optimointijärjestelmän toiminnalle. Kommunikaatio olemassa olevan järjestelmän ja ABB-laitteiden välillä toteutettiin käyttäen Profinet-väylää. Tavoitteena tiedonsiirrolla oli antaa HISS-järjestelmälle tarvittavaa dataa nuohousjärjestelmän tilasta ja mahdollistaa sen ulkoinen ohjaus. Osana koko projektin skaalaa jokaista nuohointa varten asennettiin myös oma taajuusmuuttajansa, jotka liitettiin Profinet-väylälle omaan verkkoonsa.

Opinnäytetyö keskittyy projektin tiedonsiirto-osuuteen Valmet DNA:n ja HISS-optimoinnin välillä. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, kuinka Profinet-tiedonsiirto toteutetaan Valmet DNA -järjestelmässä ja toteuttaa se yhdessä tilaaajan ja toisen toimittajan kanssa sovittujen erittelyjen mukaisesti. Tiedonsiirron ohjelmalliseen kokonaisuuteen kuuluu sekä verkon konfigurointi, että uuden järjestelmän toiminnan mahdollistavat tiedonsiirtosovellukset. Työssä sivutaan myös verkon fyysistä tasoa.

Opinnäytetyössä kuvaillaan koko tiedonsiirron toteutuksen prosessi Valmet DNA -ympäristössä. Jatkossa sitä voidaan käyttää ohjeena vastaavissa projekteissa, joissa Profinet-tiedonsiirto on tarve toteuttaa. Henkilökohtaisina tavoitteina työssä on myös oppia uutta soodakattilan toiminnasta sekä Profinet-väylän toimintaperiaatteista.

2 TOIMEKSIANTO

Opinnäytetyön produktiivinen osa on toteutettu osana Valmetin toimitusprojektiä. Toimin produktiivista osuutta tehdessäni projektin DCS-sovellussuunnittelijana osana projektiryhmää. Koko projektin laajuus oli kohtalaisen suuri, joten opinnäytetyö on rajattu koskemaan yhtä prosessiasemaa keskittyen siihen tehtyihin muutoksiin ja Profinet-tiedonsiirron toteutukseen.

Tiedonsiirron toteutuksen prosessiin kuuluu Profinet-verkon konfigurointi Valmet DNA-järjestelmässä, Signaalinvaihtolistan ylläpito toisen toimittajan kanssa projektin aikana sekä Valmet DNA-sovellussuunnittelu. Sovellussuunnittelun osuus on rajattu muutamaankin sovellusesimerkkiin. Toteutusosuuden jälkeen työssä kuvataan järjestelmän testaus- ja käyttöönottoprosessit.

Opinnäytetyö on toteutettu konstruktiiivisena tutkimuksena. Pääpaino työllä on tutkia aiheen teoriapohjaa ja toteuttaa toimiva lopputuote – tässä tapauksessa toimiva Profinet-tiedonsiirto, joka on asiakkaan toiveiden mukainen. Lopputuotteen tarkoituksena on kehittää olemassa olevaa prosessia entistä paremmaksi. Konstruktiiivisen tutkimusotteen mukaisesti työn vaiheisiin kuuluvat tiedon hankinta kehittämisen kohteesta, uusien ratkaisujen laatiminen sekä niiden toimivuuden testaus (Ojasalo ym. 2015, 67).

Tarkoitukseni opinnäytetyön tekemisen lomassa on oppia uutta sekä Profinetin toimintaperiaatteista että soodakattilan toiminnasta. Tutkin aiheita kirjallisista lähteistä saadakseni hyvän kokonaiskuvan ja tietopohjan projektin aihepiiristä. Näiden aiheiden lisäksi kerään tietoa Valmet DNA:sta Valmetin sisäisistä lähteistä konfiguroinnin ja sovellussuunnittelun tueksi. Opinnäytetyön tavoitteena on myös sivutuotteena luoda helposti ymmärrettävissä oleva kuvaus tiedonsiirron toteutuksen prosessista Valmet DNA -ympäristössä, jotta sitä voidaan hyödyntää jatkossa ohjeena vastaavissa projekteissa.

2.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Valmet Automation Oy, joka on osa Valmet Oyj:tä. Valmet Oyj on suomalainen yhtiö, joka tarjoaa asiakkailleen kestäviä teknologiaratkaisuja ympäri maailmaa. Valmet on maailman johtavia

automaatio- ja prosessiteknologian toimittajia sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Valmetilla työskentelee ympäri maailmaa yli 19 000 henkilöä, joista suurin osa asettuu EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka) -sektorille. Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa. (Valmet 2025b.)

Valmetin keskeiset toimialat ovat metsäteollisuus, energiantuotanto ja muu prosessiteollisuus. Valmetin liiketoiminnot on jaettu viiteen liiketoimintalinjaan: sellu ja energia, paperit, palvelut, automaatiojärjestelmät ja virtauksensäätö. Metsäteollisuuden ja energian lisäksi Valmet palvelee myös monia muita toimialoja, kuten kaivos-, meri- ja kemianteollisuutta. (Valmet 2025b.)

2.2 DCS

Hajautettu ohjausjärjestelmä eli DCS (Distributed Control System) on teollisuuden prosesseissa käytetty ohjausarkkitehtuuri, jolla voidaan monitoroida ja hallita komplekseja kokonaisuuksia. Siinä missä ohjelmoitavat logiikat (PLC) ovat keskitetympiä, DCS hajauttaa ohjaus- ja säätötoiminnot monen ohjaimen ylitse ja laajalle alueelle. Tämä mahdollistaa korkean skaalautuvuuden, luotettavuuden ja tehokkuuden suurissa ohjaus- ja säätökokonaisuuksissa. (Valmet 2025a.)

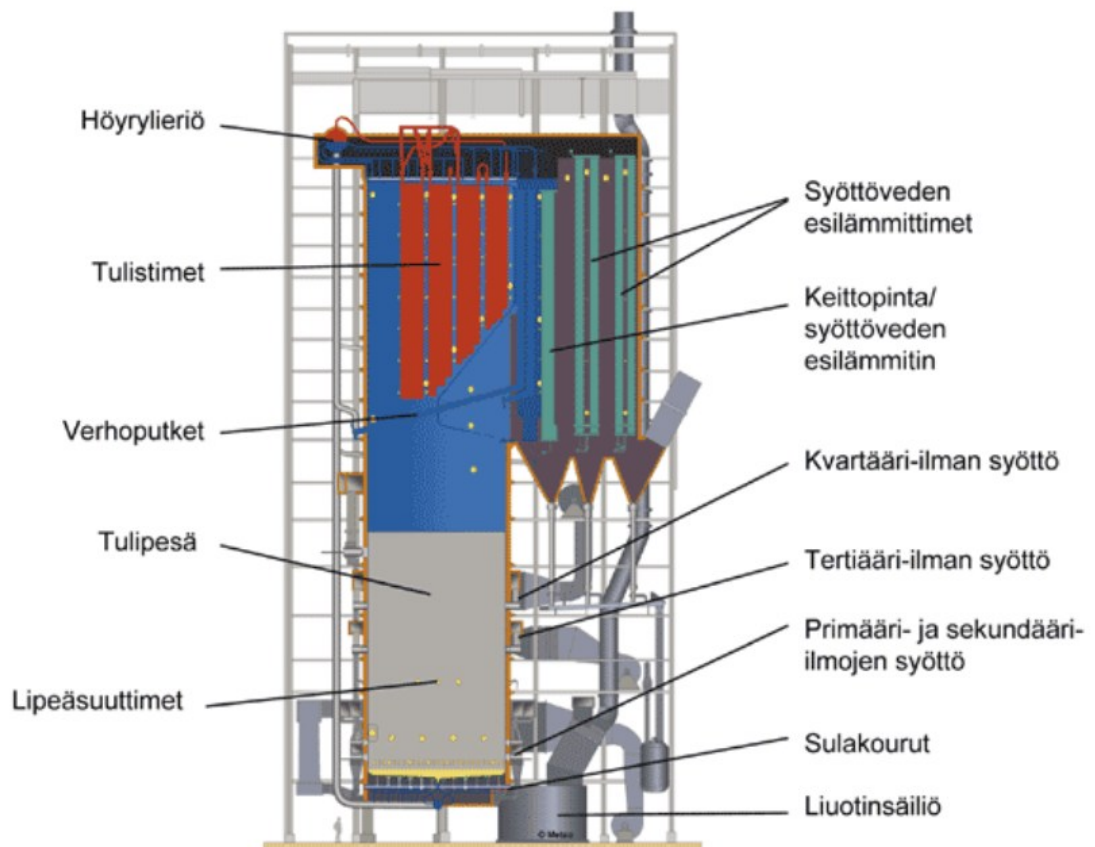
DCS mahdollistaa reaaliaikaisen datan keruun ja prosessoinnin laajalta alueelta, ja pystyy yhdistämään samaan järjestelmään monet osat, kuten HMI-käyttöliittymät, yleiset tietokannat, historiatoiminnot ja hälytysten hallinnan. Valmet DNA Distributed Control System on Valmetin kehittämä DCS-järjestelmä. (Valmet 2025a.)

3 PROSESSIYMPÄRISTÖ

Optimointiprojektin kohteena toimii Valmetin asiakkaan sellutehtaalla sijaitseva soodakattila, joka on otettu käyttöön vuonna 1992. Sen kuiva-aineen polttokapasiteetti on 3 300 tonnia kuiva-ainetta päivässä ja toiminta-aika vuodessa noin 8 300 tuntia (Heat Management 2024). Kattilan nuohousjärjestelmä koostuu 90:stä nuohoimesta. Nuohointen keskimääräinen höyrynkulutus on lähtötilanteessa ollut noin 7 kg/s. (Valmet 2024c.)

3.1 Soodakattila

Soodakattila on tärkeä osa sellutehtaan talteenottolinjaa. Sen perustehtäviä ovat keittokemikaalien sekä prosessissa syntyvän palamislämmön talteenotto. Prosessissa rikki ja natrium vapautuvat kattilassa poltettavasta mustalipeästä ja ne otetaan jatkokäsiteltäviksi. Samanaikaisesti palamisessa vapautuva lämpöenergia hyödynnetään höyryntuotantoon. (KnowPulp 2025.) Kuvassa 1 on esitetty soodakattilan perusrakenteet.



Kuva 1. Soodakattilan osat (KnowPulp 2025)

Selluntuotannon sivutuotteena syntyy mustalipeää. Kun haketta keitetään, puun kuidut erottuvat toisistaan, ja kuitujen välissä oleva ligniini sekä muut kemikaalit liukenevat. Sellun pesuvaiheessa liennut aines erotetaan massasta ja viedään jatkokäsiteltäväksi. Mustalipeä viedään ensin haihduttamoon ylimääräisen veden poistamiseksi, ja tuodaan sitten soodakattilaan poltettavaksi. Tässä vaiheessa mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on yleensä yli 75 prosenttia. (KnowPulp 2025.)

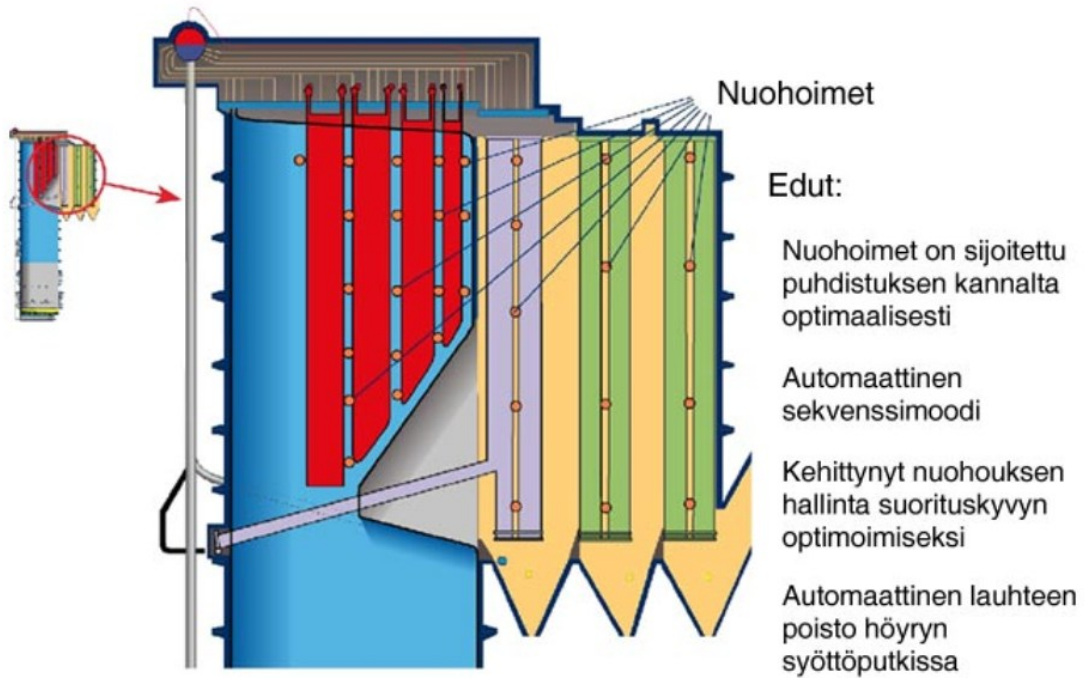
Sakea mustalipeä ruiskutetaan soodakattilan tulipesään lipeäsuuttimien avulla. Poltossa mustalipeästä haihtuu vettä ja orgaaninen aines palaa. Mustalipeä sisältää natriumia ja rikkiä, joka vapautuu polton aikana. Tässä vaiheessa rikki pelkistyy natriumsulfaatista natriumsulfidiksi. Jäljelle jäänyt epäorgaaninen aines johdetaan sularännejä pitkin pois kattilasta. Kemikaalisula käytetään viherlipeän valmistukseen, ja näin aines saadaan hyödynnettyä prosessikierrossa uudelleen. (KnowPulp 2025.)

Polttoprosessissa syntyy paljon lämpöenergiaa, joka hyödynnetään höyryntuotantoon kattilan vesi- ja höyryjärjestelmässä. Järjestelmään kuuluu muun muassa syöttöveden esilämmittimet eli ekonomaiserit (economizer), jonne syöttövesi ensin ohjataan ja lämmitetään lähelle kiehumispistettä. Tämän jälkeen vesi kulkeutuu pintajähdyttimelle ja höyrylieriöön. Lieriössä oleva höyrystymätön vesi syötetään päälaskuputkiin, jotka johdattavat veden alas kattilan pohjan putkiin ja takaisin ylös verhoputkia pitkin keittopinnalle. (KnowPulp 2025.)

Tulipesän lämpö ja keittopinnalle nouseva lämpö höyrystävät vettä. Höyry-vesiseos ohjataan takaisin höyrylieriöön eroteltavaksi. Vedestä erotettu höyry viedään tulistimiin, joissa sen lämpötila ja paine nousevat entisestään. Tulis-tettu korkeapainehöyry viedään päähöyrylinjaa pitkin turbiinille, ja siitä tuotetaan sähköä generaattorin avulla. Osa höyrystä hyödynnetään kattilan nuohoukseen. (KnowPulp 2025.)

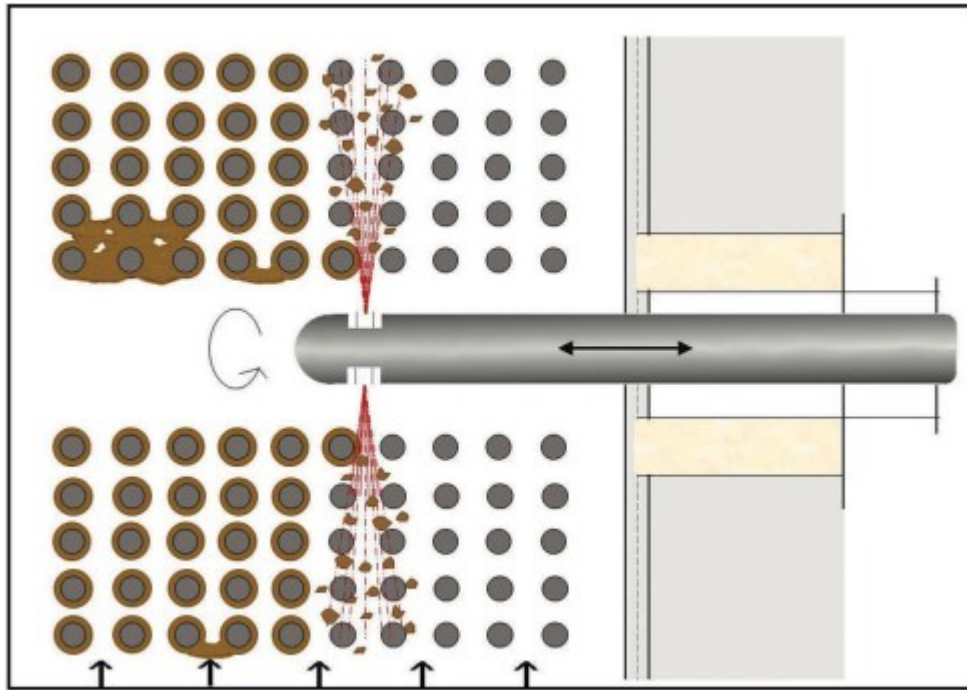
3.2 Nuohousprosessi

Lipeän polton seurauksena soodakattilan lämmönsiirtopinnat likaantuvat. Tätä likaantumista hallitaan ja ennaltaehkäistään nuohoimilla. Nuohointen tehtävänä on puhdistaa kattilan yläosan pintoja, kuten tulistimia ja keittopintaa tuh-kasta höyryn avulla. (KnowPulp 2025.) Ne jaotellaan mahdollisimman opti-maalisesti lämmönsiirtopintojen väleihin (kuva 2).



Kuva 2. Nuohousjärjestelmä (KnowPulp 2025)

Yleisimmin nuohoimen operaatiosykli on seuraava: Nuohoimen nk. ”lanssi” (eng. ”lance”) ohjataan sisään kattilaan, ja sen päässä olevat suuttimet suihkuttavat paineistettua höyryä tuhkan peittämiin putkiin. Höyryn paine on normaalisti 16–22 baaria. Suuttimet tekevät spiraalinmuotoista liikettä ajon aikana puhdistuksen tehostamiseksi. Näin höyryä saadaan suihkutettua tasaisesti joka pinnalle. Kun puhdistus on suoritettu, nuohoin ajaa takaisin ulos kattilasta, ja höyryvirtaus lakkautetaan. Normaalisti nuohointen käynnistykset, ajon kesto ja ajosekvenssit tapahtuvat automaattisesti – valitun ajotavan mukaan. (KnowPulp 2025; Paoliello 2021.) Kuva 3 havainnollistaa nuohoimen operaatiosykliä.



Kuva 3. Kokonaan ulosvedettävän nuohoimen operaatiosykli (Paoliello 2021)

Pintoja puhdistamalla nuohoimet tehostavat kattilan lämmönsiirtoa sekä estävät sitä tukkeutumasta (KnowPulp 2025). Kattilan korkea lämpötila muuttaa pehmeän tuhkan ajan kuluessa koviksi kerrostumiksi. On tärkeää, että puhdistus tehdään, kun tuhka on vielä pehmeää. (Heat Management 2024.) Jos nuohoin on poissa käytöstä liian kauan, paksut tuhkakertymät voivat johtaa suunnittelemattomiin seisokkeihin. Nuohous on siis välttämätöntä kattilan jatkuvalla toiminnalle. (Paoliello 2021.)

3.3 HISS-sootblowing

HISS (High Impact Sootblowing System) on Heat Managementin kehittämä järjestelmä nuohouksen optimointiin. HISS:n tarkoituksena on saavuttaa parempi puhdistustehokkuus entistä vähemmällä höyrynkulutuksella. Tämä tapahtuu säätämällä höyrynkäyttöä nuohoussyklin eri vaiheissa.

Heat Managementin mukaan (2025) yli 90 prosenttia nuohoimen puhdistustehosta saavutetaan siinä vaiheessa, kun nuohoin ajetaan sisäänpäin kattilaan. Nuohoimen ulosajovaiheessa puolet höyrystä käytetään turhaan, kun se voitaisiin hyödyntää muualla. Kun höyryvirtaus pysäytetään puolessa välissä

nuohoussyклиä, voidaan seuraava nuohoin jo käynnistää toisessa osassa kattilaa. Näin aktiivisten nuohointen määrä voidaan tuplata. (Heat Management 2025.)

HISS-järjestelmä mahdollistaa operaattorin täyden hallinnan, jolloin nuohointen ajojärjestystä voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Järjestelmä seuraa myös nuohointen tilaa, ja tekee varoituksen, jos nuohoimen toiminta vaikuttaa epänormaalilta. Tämä auttaa ennaltaehkäisemään nuohointen rikkoutumista ja minimoimaan seisokkeja. (Heat Management 2024.)

Heat Managementin arvion (2024) mukaan uusi järjestelmä vähentää soodakattilan höyrynkulutusta vähintään 30 prosenttia, ja säästetyn höyryn määrä vuodessa on noin 76 000 tonnia. Energiaa säästetyssä höyryssä on noin 63 500 MWh/vuosi. Uusi järjestelmä kykenee laskemaan nuohouksen kustannuksia yli kolmanneksella lähtötilanteesta, mikä on taloudellisesti hyvin merkittävää. (Heat Management 2024.)

4 PROFINET TIEDONSIIRTOVÄYLÄNÄ

Profibus & Profinet Internationalin (PI) kehittämä Profinet on teollisuus-ethernet kommunikaatioprotokolla, joka mahdollistaa tehokkaan kommunikaation monenlaisissa automaatiosovellutuksissa. Profinet omaa pitkälti samat ominaisuudet kuin tavanomainen Ethernet, mutta soveltuu paremmin teollisuuden automaation vaatimuksiin täsmällisyytensä ja nopeutensa ansiosta. Tämän lisäksi Profinet on suunniteltu vaativampiin olosuhteisiin, mikä tekee siitä hyvän kommunikaatioratkaisun tehtaiden ja tuotantolaitosten tarpeisiin. (PI North America 2025.) Profinet IO -protokolla mahdollistaa suoran liittymän kenttälaitteiden välillä Ethernetin välityksellä. Se on suunniteltu nopeaan tiedonsiirtoon ja perustuu ”provider/consumer”-tiedonsiirtomalliin. (Pigan & Metter 2008, 19–20.)

Profinet on seuraaja PI:n 1980-luvulla kehittämälle Profibus-kenttäväylästandardille, joka on vuosien saatossa hyvin yleistynyt prosessiautomaatioympäristöissä. Kenttäväyläteknologia mahdollistaa keskitetyn ja kaksisuuntaisen sarjaliikennekommunikoinnin lukuisille laitteille samanaikaisesti. (PI North America 2020.) Tässä suhteessa Profinet ja Profibus ovat samanlaisia, mutta

ne myös eroavat toisistaan merkittävästi. Profinet-tiedonsiirto perustuu Ethernetiin, toisin kuin Profibus, joka perustuu RS-485 tiedonsiirtometodiin. Standardit eroavat toisistaan myös kaapeloinnissa ja liitännöissä. (PI North America 2020.)

Profinet-standardin tuominen markkinoille on tehostanut tiedonsiirtoa merkittävästi entisestä. Ethernet-protokolla mahdollistaa kymmenkertaisen tai jopa suuremman tiedonsiirtonopeuden Profibus-väylään verrattuna. Nopeutensa lisäksi Profinet tarjoaa Profibus-väylää laajemmat mahdollisuudet verkon suunnitteluun. Se mahdollistaa monet erilaiset verkkotopologiat ja tukee myös langatonta tiedonsiirtoa. Siirtymä RS-485-metodista Ethernetiin on siirtymä modernimpaan tiedonsiirtoon. Koska Profinet perustuu tavalliseen Ethernetiin, sillä on hyvät tulevaisuudennäkymät. Kaupallisen Ethernetin kehittyessä myös Profinet-verkot hyötyvät. (PI North America 2020.)

4.1 Kommunikaatio

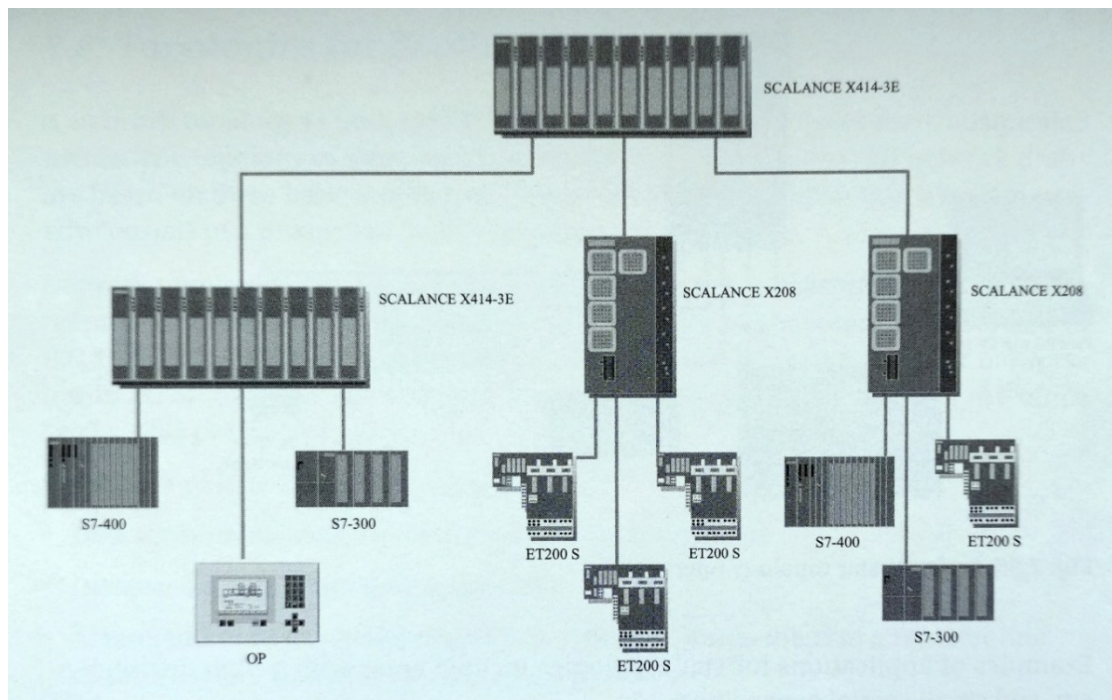
Profinet IO -laitteet tukevat RT- (Real Time) eli reaaliaikaista kommunikaatiota prosessidatan välitykseen. Tämä mahdollistaa jopa 10 millisekunnin sykliajan. Myös IRT-kommunikaatio (Isochronous real-time communication) on mahdollinen. Sillä voidaan saavuttaa jopa 1 ms:n sykli aika. Tämä on hyödyllistä esimerkiksi tarkoissa liikeohjauksissa. (Pigan & Metter 2008, 20.) Data, joka ei vaadi nopeaa reaaliaikaista välitystä, lähetetään omassa kanavassaan (standard channel). Tiedonvälitys voidaan toteuttaa siis kahdessa rinnakkaisessa kanavassa, joissa välitys voi tapahtua samanaikaisesti. (Pigan & Metter 2008, 47.)

Reaaliaikainen kommunikaatio toimii ”provider/consumer”-mallilla, jossa lähettäjälaite (provider) lähettää tietoa – kuten prosessidataa – syklisesti tietyn ajan välein vastaanottajalaitteelle (consumer). Vastaanottajalaite ei tyypillisesti lähetä lähettäjälaitteelle vahvistusta siitä, tuliko datapaketti perille, vaan sen tehtävänä on ainoastaan vastaanottaa viesti. Laitteet voivat kuitenkin toimia samanaikaisesti sekä lähettäjinä, että vastaanottajina. Näin tarvittavaa dataa voidaan välittää molempiin suuntiin prosessiympäristössä. Tätä kaksisuuntaisuutta kutsutaan nimityksellä Full Duplex. Full Duplex -käytännön etuina ovat

vakaus, törmäysvapaa tiedonvälitys ja mahdollisuus verkon kovaan kuormitukseen. Koska datan törmäyksiä ei voi tapahtua, välitetyn datan määrä voidaan tuplata nominaalisen siirtonopeuden määrästä. (Pigan & Metter 2008, 28–47.)

4.2 Fyysinen taso

Profinet-tiedonvälitys perustuu lähtökohtaisesti Fast Ethernet -standardiin, jonka siirtonopeus on 100 Mbit/s. Tätä alemmat siirtonopeudet eivät sovellu kovin hyvin automaatiojärjestelmien suorituskykyvaatimuksiin. Tiedonsiirrossa voidaan käyttää kupari- tai kuituoptisia (fiber optic) kaapeleita, jotka täyttävät tämän nopeusvaatimuksen. Suurten koneiden läheisyydessä kuituoptiset kaapelit ovat suositeltuja, ja yleensä paras ratkaisu, sillä ne ovat immuuneja sähkömagneettisten kenttien aiheuttamille häiriöille. (Pigan & Metter 2008, 306–317.)



Kuva 4. Profinet-laitteet asetettuna puutopologiaan (Pigan & Metter 2008)

Profinet tukee 100Base-TX- ja 100Base-FX-kaapeleita nopeudelle 100 Mbit/s. Nopeampaa tiedonvälitystä varten voidaan valita myös 1000Base-TX-, 1000Base-SX- tai 1000Base-LX-kaapeli, joilla saavutetaan jopa 1000 Mbit:n siirtonopeus sekunnissa. Liittimiksi sopivat RJ45- tai M12-liittimet. (Pigan & Metter 2008, 307.) Profinet-verkko voidaan toteuttaa tähti-, puu-, linja- tai rinki-

topologiana, joten verkon suunnittelussa on paljon valinnanvaraa ja mahdollisuuksia (Pigan & Metter 2008, 382–386). Kuvassa 4 on esimerkki Profinet-verkosta, jossa laitteet on asetettu puutopologiaan.

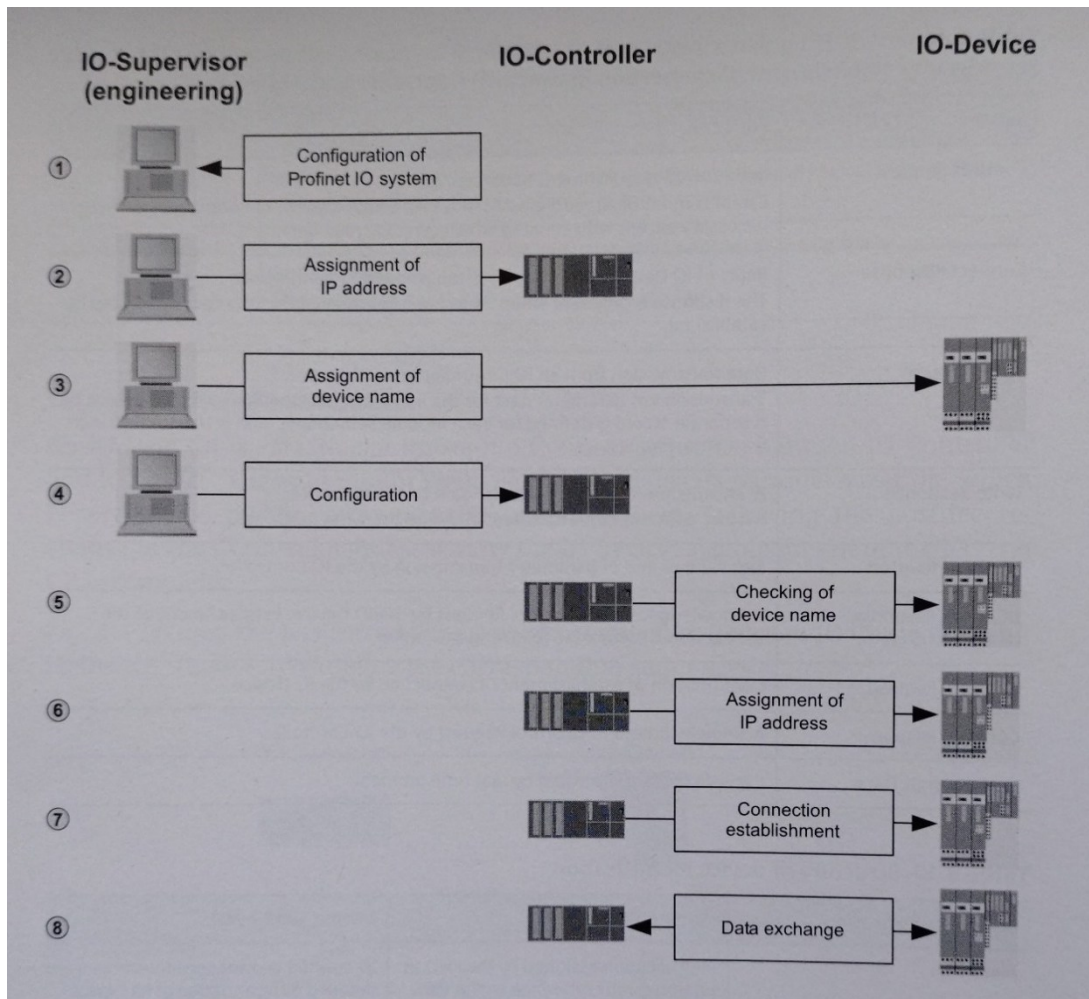
4.3 Profinet IO-laitteisto

Profinet IO -laitteet jaetaan neljään laiteluokkaan, jotka ovat IO-Controller, IO-Device, IO-Supervisor ja IO-Parameter server. IO-Controller on prosessia hallitseva osapuoli. Se on tyypillisesti ohjelmoitava logiikka tai DCS-prosessiasema, jossa automaattiorutiini tai -sovellukset suoritetaan. Profinet IO -konfiguraatiossa tulee olla vähintään yksi IO-Controller. IO-Device sen sijaan on kenttälaite, joka vastaanottaa ja välittää dataa IO-Controller-laitteen kanssa. Myös IO-kentälaitteita on aina vähintään yksi, mutta usein yhden controller-laitteen alaisuudessa on useampia kenttälaitteita. Controller-device pari on verrannollinen Profibus DP -järjestelmän master-slave-dynamiikkaan. (Pigan & Metter 2008, 71.)

IO-Supervisor on suunnittelulaite tai -asema, eli yleensä henkilökohtainen tietokone, HMI-ohjauspaneeli tai muu ohjelmointilaite. IO-Supervisor-laite on kytkettynä verkkoon prosessin suorituksen aikana, mutta toimenpiteitä laitteella tarvitsee tehdä yleensä käyttöönottovaiheessa ja vianmäärityksessä. Neljännä mahdollisena laitetyyppinä on IO-Parameter server, joka on palvelinasema – yleensä henkilökohtainen tietokone –, johon voidaan ladata ja tallentaa IO-laitteiden konfiguraatiodataa. (Pigan & Metter 2008, 71.)

4.4 Konfigurointi

Kun Profinet-verkkoa lähdetään toteuttamaan, verkon laitteet konfiguroidaan, eli niiden attribuutit määritellään ja ne alustetaan yhteydenluontia varten. Profinet-verkon konfiguraatiossa määritellään IO-Controller -laite, ja hajautetut kenttälaitteet (IO-Device) asetetaan niitä hallitsevan IO-Controller-laitteen alaisuuteen. Tämän lisäksi laitteiden nimet ja IP-osoitteet määritetään, jotta ne pystyvät luomaan yhteyden toisiinsa. Konfigurointi tapahtuu IO-Supervisor-laitteella eli suunnitteluasemalla. (Pigan & Metter 2008, 69–88.) Kuvassa 5 on esitetty konfiguroinnin vaiheet.



Kuva 5. Konfiguraation vaiheet (Pigan & Metter 2008)

Sekä Profinet- että Profibus-laitteiden konfigurointia varten tarvitaan laitekohtainen "GSD"-tiedosto, joka sisältää tiedot kyseisen laitteen ominaisuuksista. Laitteet joko toimitetaan GSD-tiedoston kanssa, tai tiedosto voidaan ladata laitevalmistajan nettisivulta. Profinetin tapauksessa puhutaan "GDSML"-tiedostoista, jotka ovat tekstimuotoisia GSD-tiedostoja XML-formaatissa. Tiedosto sisältää kaikki laitekohtaiset ominaisuudet, joita konfiguraatioon tarvitaan. Tiedostoa voidaan muokata millä tahansa XML-tiedoston muokkaukseen soveltuvalla editorilla. (PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2025.)

5 PROJEKTIN LAITEYMPÄRISTÖ

HISS-järjestelmän käyttöönottamiseksi olemassa olevaan nuohousjärjestelmään tehtiin muutoksia sekä järjestelmä- että sovellustasolla. Kokonaisuudessaan soodakattilan automaatiojärjestelmään tuli muutoksia kolmen prosessiaseman laajuisesti. Näistä kaksi prosessiasemaa on tarkoitettu nuohointen moottorihjauksiin ja lukituksiin. Osa nuohointen ohjauksista siirrettiin Profinet-

väylälle, ja ohjauslogiikat muuttuivat. Lähtötilanteessa nuohointen ohjaukseen käytettiin neljää taajuusmuuttajaa, mutta uutta järjestelmää varten jokaista nuohointa varten asennettiin omat taajuusmuuttajansa, jotka liitettiin Profinet-väylälle.

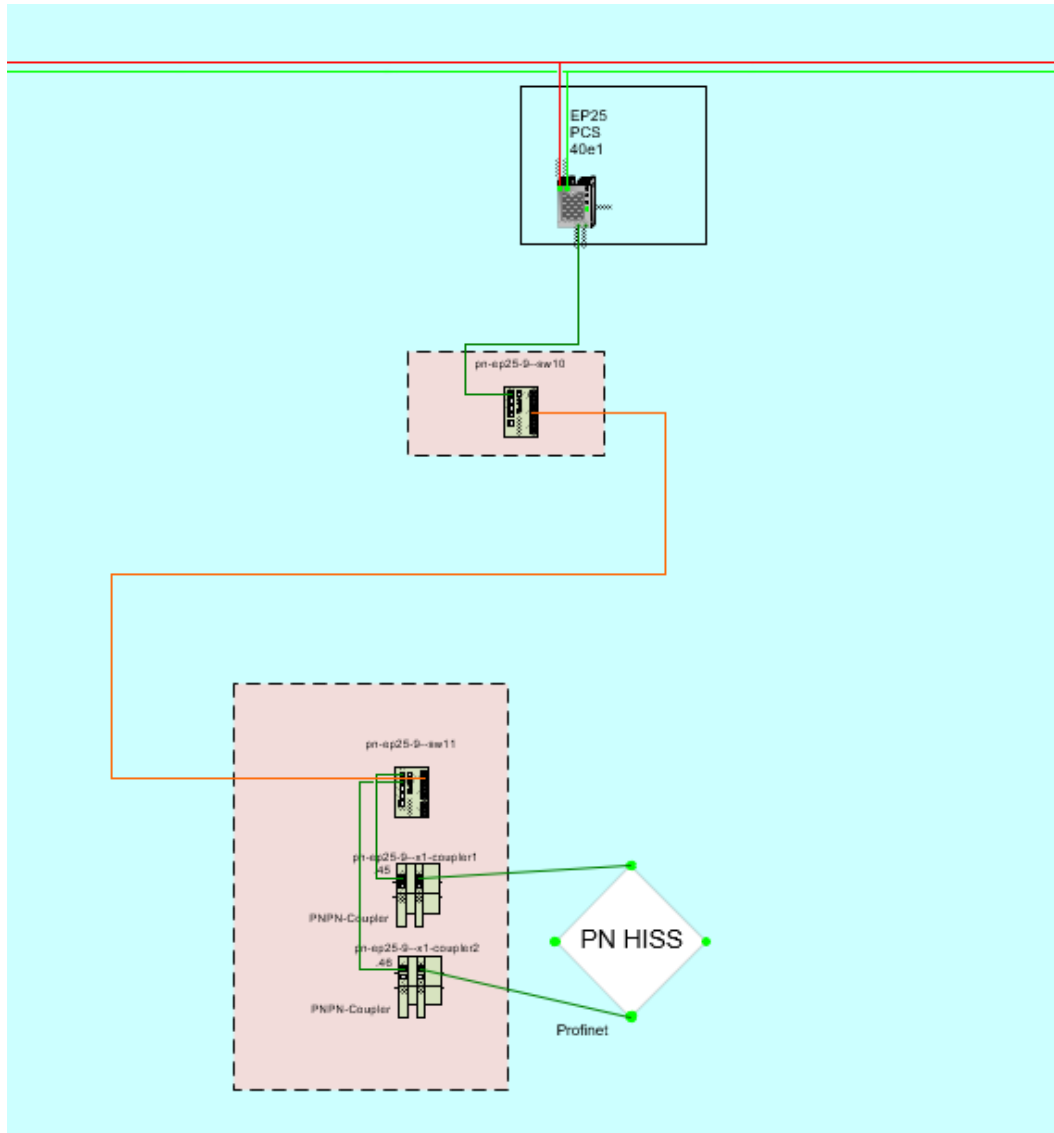
Opinnäytetyön osuus keskittyy näistä kolmanteen prosessiasemaan, EP25:een. Tälle prosessiasemalle luotiin HISS-järjestelmän ohjauksiin ja tiedonsiirtoon liittyvät sovellukset sekä oma Profinet-verkko. Tämän prosessiaseman kautta oli tarkoitus toteuttaa siis kaikki Valmet DNA:n ja uuden HISS-järjestelmän välinen kommunikaatio.

5.1 Alkutilanne

EP25 on sijoitettuna optimointiasemien ja nuohointen ohjauksista vastaavien asemien yhteyteen automaatiotilaan. Kyseisellä prosessiasemalla oli jo entuudestaan joitakin sovelluksia lähinnä soodakattilan rassainten ohjauksiin. Se soveltui hyvin HISS-kommunikaation asemaksi, koska kuului samaan osajärjestelmään nuohoinohjausten kanssa sekä saatavilla olevan tilan vuoksi.

5.2 Muutokset

Kommunikaatiota varten EP25-prosessiaseman alaisuuteen luotiin suhteellisen yksinkertainen ja suoraviivainen Profinet-verkko. Valmetin puoli verkosta koostuu prosessiasemasta, kahdesta kytkimestä ja kahdesta PN/PN Couplerista. Kytkimet ovat Siemensin mallia Scalance XB205. PN/PN Couplerit ovat Siemensin SIMATIC PN/PN Coupler -laitteita malliltaan 6ES7158-3AD10-0XA0. Toisen puolen Coupler-laitteita automaatiotilaan asennettiin HISS-järjestelmän laitteet, jotka ovat ABB:n valmistamia. Kuvassa 6 on esitetty uuden Profinet-verkon rakenne ja sen sisältämät laitteet järjestelmäkaaviossa.



Kuva 6. Rajattu järjestelmäkaavio (Valmet 2024)

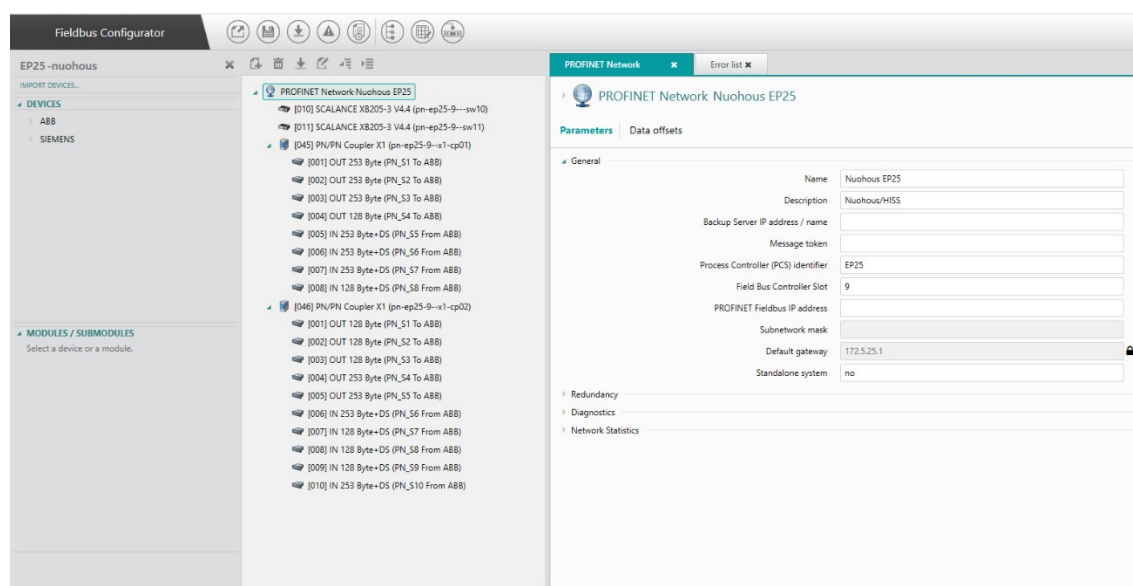
PN/PN Coupler -laitteet ovat tarkoitettu tiedonsiirtoon Profinet-verkon osien välillä (Siemens 2025a). Projektissa ne toimivat yhdyskäytävänä Valmet DNA järjestelmän ja ABB-laitteiden välillä. ABB-laitteiston kautta tiedot siirtyvät edelleen toisen toimittajan HISS järjestelmään ja automaatiologiikoihin.

Kyseinen PN/PN Coupler-malli sisältää paikat maksimissaan 16 tiedonsiirto-moduulille. Yhden moduulin maksimitila on 254 tavua Input-datalle ja 253 tavua Output-datalle. Maksimitila sekä Output- että Input-puolilla on kuitenkin rajoitettu 1440 tavuun, jolloin couplerin jokaista moduulipaikkaa ei voi täyttää 254 tavun moduulilla. Coupler toimii full duplex -menettelyllä ja nopeudella

100 Mbit/s. (Siemens 2025a.) Myös verkon Scalance-kytkimet toimivat nopeudella 100 Mbit/s. Molemmat komponentit tukevat 100BaseFX-kaapeleita ja RJ45-liittimiä. (Siemens 2025a; Siemens 2025b.)

6 PROFINET-KONFIGUROIINTI VALMET-JÄRJESTELMÄSSÄ

Profinet-verkkoa varten prosessiasemalle on luotava konfiguraatiotiedosto. Konfiguraation tarkoituksena on kuvata verkon rakenne ja siihen lukeutuvat laitteet IO-controller laitteelle, jotta verkko voidaan alustaa. Valmet DNA-järjestelmässä Profinet-verkot konfiguroidaan Fieldbus configurator -ohjelmalla. Konfiguraatiotiedosto on tietotyyppiltään tekstipohjainen XML-tiedosto. Se tallennetaan DNA Explorer -suunnittelutyökaluun, josta sen voi ladata ajoympäristöön. (Valmet 2017.) Kuvassa 7 on esitetty Fieldbus Configurator -ohjelman käyttöliittymä kuvakaappauksena.

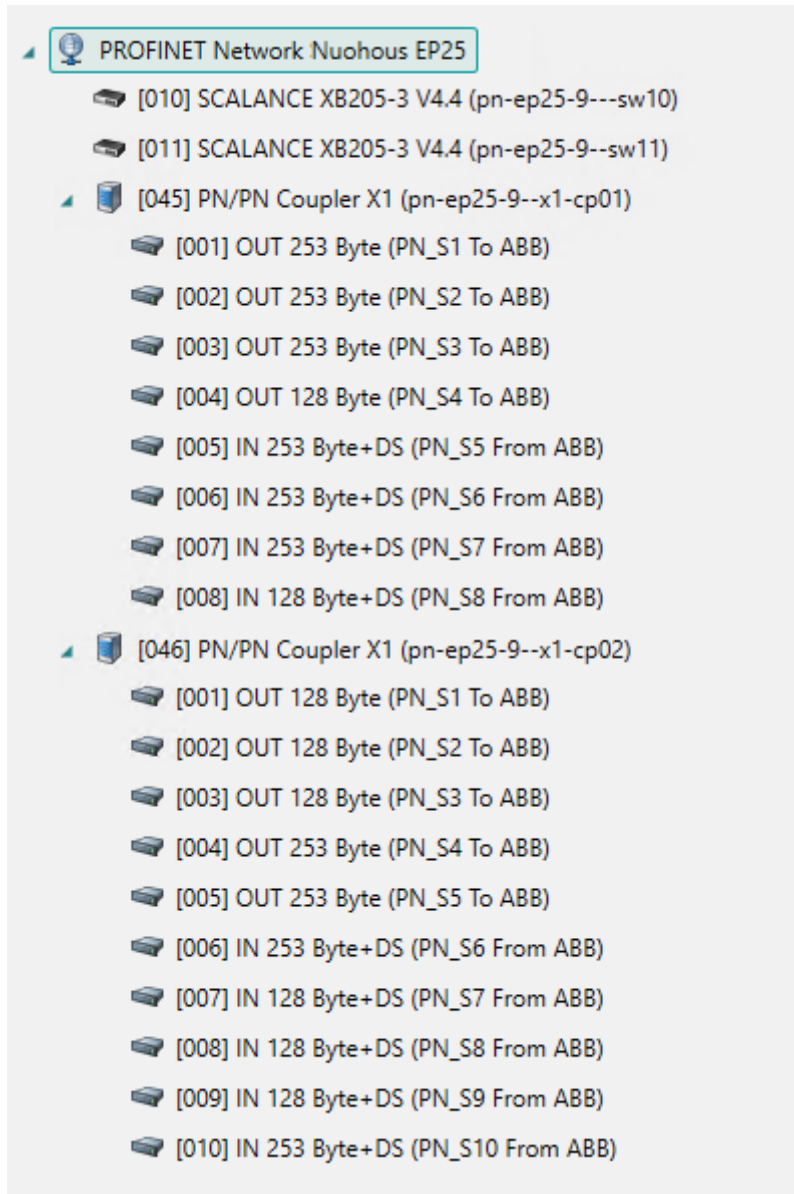


Kuva 7. Kuvakaappaus Fieldbus configurator -ohjelmasta.

Konfigurointi lähtee liikkeelle GSDML-tiedoston lisäämisestä ohjelmaan. GSDML-tiedosto on laitevalmistajan tiedosto, jolla ohjelmaan määritellään käytettävät laitteet. Tekstipohjainen tiedosto sisältää kenttälaitteiden laitekohdaiset ominaisuudet ja määrittelyt konfiguraatiota varten. (Valmet 2017.) Kun GSDML-tiedosto on lisätty Fieldbus configurator -ohjelmaan, tiedoston sisältämät laitteet ilmestyvät laiteluetteloon Devices-näkymän vasempaan reunaan (Kuva 7). Suunnittelija saa käyttöönsä laitemoduulit, joista verkko voidaan kasata haluttuun muotoon.

6.1 Laitteiden määrittäminen

Verkkohierarkiassa (kuva 8) ensimmäisenä on määritetty Profinet IO-Controller. Tässä tapauksessa controller-laitteena toimi EP25-prosessiasema.



Kuva 8. Verkkohierarkia.

Kun ylintä jäsentä klikataan, näkymän oikeaan laitaan avautuvat controllerin tiedot (Kuva 9). Ohjelmaan on syötettävä prosessiaseman parametrit, kuten nimi, prosessiaseman tunnus, Backup-aseman tunnus, Fieldbus controller slot-arvo, sekä laitteen IP-osoite. Näkymässä on myös muita lisäasetuksia,

kuten redundanttisuuden, eli kahdennetun aseman valinta sekä diagnostiikka-parametrit. (Valmet 2017.) Tämän prosessiaseman tapauksessa redundanttisuutta ei käytetty.

PROFINET Network Nuohous EP25

Parameters | Data offsets

General

Name	Nuohous EP25
Description	Nuohous/HISS
Backup Server IP address / name	
Message token	
Process Controller (PCS) identifier	EP25
Field Bus Controller Slot	9
PROFINET Fieldbus IP address	
Subnetwork mask	
Default gateway	172.5.25.1
Standalone system	no

Redundancy

Diagnostics

Network Statistics

Kuva 9. Controller-laitteen määrittäminen.

Fieldbus controller slot -arvo on olennainen osa verkon tulojen ja lähtöjen osoitteistusta. Se on ensimmäinen osa jokaisen verkossa lähetettävän signaalin Profinet-osoitetta. Numero voi olla mikä vain väliltä 1–16. Tässä tapauksessa käytettiin lukua 9. Yhteyden luomiseksi kontrollerin IP-osoite on välttämätön. Sen avulla kontrolleri ja laitteet luovat yhteyden toisiinsa. Näiden parametrien lisäksi tärkeää on Backup-aseman määrittäminen, jotta konfiguraatio voidaan varmuuskopioida talteen. (Valmet 2017.)

IO-Controllerin alle on listattu kaikki verkon IO-Device -laitteet, eli tässä tapauksessa Scalance XB205-3 -kytkimet ja PN/PN Couplerit (kuva 8). Listassa on osoitettu kunkin laitteen laitetunnus. Tässä konfiguraatiossa kytkimet on määritetty numeroilla 10 ja 11. Coupler-laitteet sen sijaan on määritetty numeroilla 45 ja 46. Kun laitetta klikataan listasta, avautuu samantyyppinen näkymä, kuin controller-laitteen tapauksessa (kuva 10).

[045] PN/PN Coupler X1 (pn-ep25-9--x1-cp01)

Parameters | Data offsets

General

Name: pn-ep25-9--x1-cp01

Description:

Application ID: 45

IP address:

IO Cycle: 512 ms

Watchdog Time [ms]: 1536

X1 P1: Port 1 (2xRJ45)

X1 P2: Port 2 (2xRJ45)

Diagnostics

Application tag:

Ring Redundancy

MRP role: Not in the ring

MRP domain: <Select MRP ring>

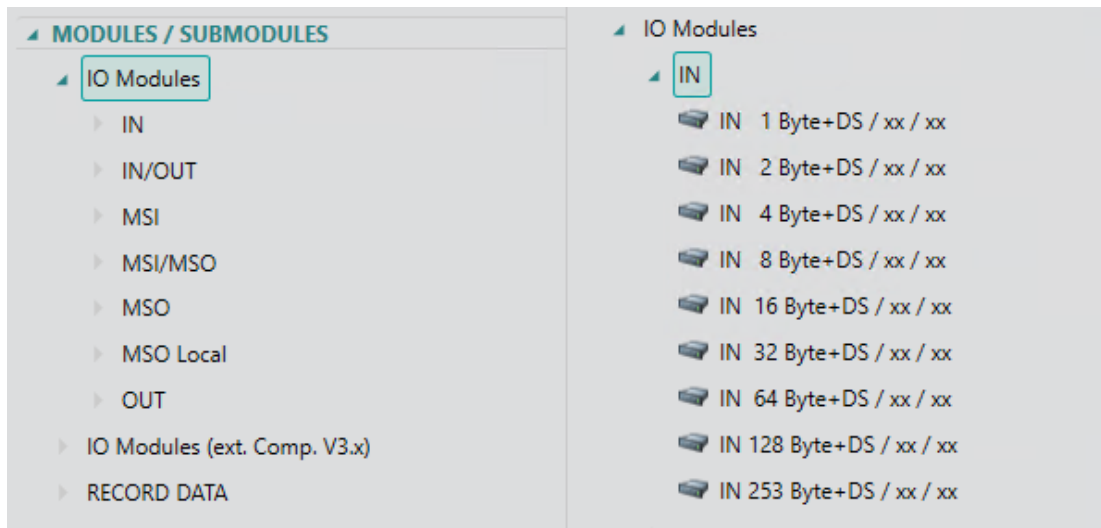
General head parameters

Kuva 10. PN/PN Couplerin määrittäminen.

Laitemäärittelyssä parametroidaan laite samalla periaatteella kuin controller-laitteen tapauksessa. Laitteelle annetaan nimi, IP-osoite ja Application ID eli laitteen tunnus. Laitetunnuksella on edellä mainitun Fieldbus controller slot -arvon tavoin tärkeä rooli osoitteiden muodostumisessa. Jokaiseen couplerin läpi kulkevan signaalin osoitteeseen tarvitaan sen tunnus. Parametreissa on lisäksi määriteltäviä mm. laitteen portit ja IO-sykliäika, joka määrittää minkä ajan välein dataa välitetään. (Valmet 2017.)

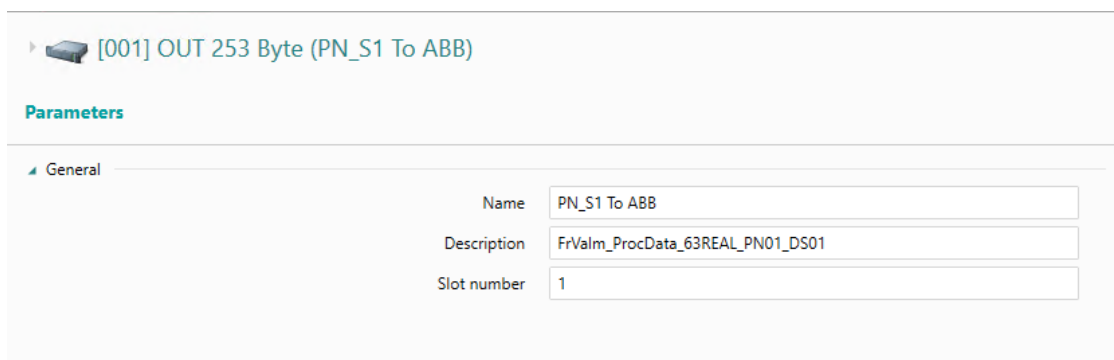
6.2 IO-moduulit

Tiedonsiirron toteutusta varten coupler-laitteisiin tulee määrittellä IO-moduulit. Moduulien avulla määritetään, kuinka paljon ja millaista dataa couplerin läpi siirretään. Lähteville ja tuleville signaaleille on omat moduulinsa. Halutut moduulit valitaan Modules/Submodules -listasta näkymän vasemmasta reunasta (kuva 11) ja lisätään konfiguraatioon klikkaamalla. Listassa lukee moduulin tyyppi, sekä moduulin koko tavuissa. (Valmet 2017.)



Kuva 11. IO-moduulien valinta.

Tässä vaiheessa on olennaista tietää mahdollisimman tarkkaan, minkä tyyppistä tietoa halutaan siirtää ja kuinka paljon, sillä tietotyypit vaikuttavat vaadittuun tavumäärään. Esimerkiksi suuri määrä reaalityyppisiä signaaleja voi helposti vaatia 253 tavun moduulin, kun taas kokonaisluvulle voi riittää hyvin 128 tavun moduuli. Tämän projektin konfiguraatiossa onkin menetelty niin, että 2 tavua vievät kokonaisluvut siirretään 128 tavun moduuleissa ja 4 tavua vievät reaalityyppiset siirretään 253 tavun moduuleissa. IN-tyyppiset moduulit sisältävät normaalien tavujen lisäksi yhden lisätavun, joka on ilmoitettu ohjelmassa lyhenteellä "DS". DS-tavu toimii statustietona sisäänpäin tulevalle datalle ja sitä ei tule käyttää tiedonsiirtoon (Siemens 2024).



Kuva 12. IO-moduulin määrittäminen.

PN/PN Coupleriin sisältyvien IO-moduulien parametointi (kuva 12) on varsin yksinkertaista. Moduulille voi antaa haluamansa nimen ja kuvauksen. Oleellinen parametri on Slot number, jolla määritetään moduulin järjestysnumero

couplerin sisällä. Ohjelma numeroi moduulit automaattisesti siinä järjestyksessä, kuin ne lisätään, mutta suunnittelija voi muokata moduulien järjestystä jälkikäteen muuttamalla Slot number -arvoa. Slot number -arvolla on merkitystä lopullisen osoitteiston kanssa, sillä Fieldbus configurator luo osoitteiston juoksevalla numeroinnilla siinä järjestyksessä, missä moduulit ovat (Valmet 2017).

Kuvassa 8 näkyy verkon lopullisen konfiguraation rakenne. Coupler 1 sisältää neljä tulo- sekä lähtömoduulia eli yhteensä kahdeksan moduulia. Moduuleista kuusi kappaletta on 253 tavun kokoisia ja kaksi kappaletta 128 tavun kokoisia. Coupler 2 sisältää viisi tulo- sekä lähtömoduulia eli yhteensä kymmenen moduulia. Niistä neljä on 253 tavun kokoisia ja loput kuusi ovat 128 tavun kokoisia. Vaikka Coupler 1 sisältää vähemmän moduuleja kuin Coupler 2, niistä suurin osa on isompikokoisia. Lopputuloksena couplereissa mahtuu kulkemaan lähes yhtä paljon dataa, kussakin lähes 1800 tavua.

6.3 Osoitteisto

Kun moduulit on lisätty couplerin alaisuuteen, ohjelma laatii laitteelle osoitteiston tehtyjen määritysten perusteella. Osoitteisto saadaan näkyviin klikkaamalla parametrien viereistä välilehteä "Data offsets" (kuva 13). Taulukko osoittaa kunkin signaalin tyypin (IN/OUT), signaalin koon tavuissa, moduulin tyypin, sekä "IO-Address" arvon eli IO-osoitteen. Osoite koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen luku on Fieldbus controller slot, joka määriteltiin kontrollerin parametrintivaiheessa, tässä tapauksessa 9. Osoitteen toinen luku on laitetunnus. (Valmet 2017.) Kuvassa 13 tarkastellaan Coupler 1:n osoitteita, joten sen alaisten signaalien laitetunnus on 45.

[045] PN/PN Coupler X1 (pn-ep25-9--x1-cp01)

Parameters | **Data offsets**

[045] PN/PN Coupler X1 (pn-ep25-9--x1-cp01)

Export to Excel Including bits

FILTER: **All** Inputs Outputs

Device	Type (device/module)	IO Address	Role	Size	Data Description
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:0	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:0	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:4	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:4	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:8	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:8	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:12	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:12	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:16	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:16	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:20	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:20	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:24	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:24	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:28	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:28	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:32	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:32	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:36	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:36	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:40	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:40	Output	4	Output
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler IN 253 Byte+DS	9:45:44	Input	4	Input
45 pn-ep25-9--x1-cp01	PN-PN-Coupler OUT 253 Byte	9:45:44	Output	4	Output

Kuva 13. Couplerin Data offsets -taulukko.

Kolmas osa osoitetta on yksittäisen signaalin Offset-arvo, joka on juokseva arvo alkaen numerosta 0. Coupler pystyy käsittelemään lähtö- ja tulomodulien osoitteet erillään toisistaan, joten niiden molempien offset -arvot voivat kulkea rinnakkain saman arvoisina. Offset-numerointi noudattaa määriteltujen moduulien järjestystä, alkaen IN ja OUT puolien ensimmäisistä moduuleista. Numerointi etenee jatkuvana moduulien yli aina viimeisten moduulien viimeisiin tavuihin saakka. Taulukossa (kuva 13) on esitetty signaalit niin, että joka toinen on tulo- ja joka toinen lähtömoduulista.

Tässä konfiguraatiossa Data offsets -taulukko osoittaa numeroinnit neljän tavun välein lukuun ottamatta 253 tavun kokoisten moduulien viimeistä tavua ja DS-tavuja, joiden offset arvot on merkitty yhden tavun välein. Taulukon "size" -arvo on käytännössä vain tapa esittää Offset-arvot taulukossa, eikä se estä suunnittelijaa ns. "pilkkomasta" Offset-arvoja osiin sovellussuunnittelun aikana. Esimerkiksi Offset-välin 4–8 ei ole pakko sisältää yhtä tuplasanan ko-

koista tietoa kuten reaalitylukua, vaan se voi sisältää myös esimerkiksi kaksi sanan kokoista tietoa kuten kaksi kokonaislukua. Näin signaalit voidaan lähettää tai vastaanottaa myös offset -välein 4, 6, 8... jne.

Fieldbus configurator mahdollistaa osoitetaulukon lataamisen Excel-muodossa xlsx. -tiedostona (Valmet 2017). Tiedosto sisältää täysin samat tiedot kuin ohjelmassa olevat, mutta se osoittautui hyödylliseksi signaalinvaihtolistan laadinnassa ja yhteydenpidossa toisen toimittajan kanssa. Tiedosto on helppo jakaa yhteistyökumppaneiden kanssa ja siitä on myös helppo poimia osoitteita ja muita arvoja ylös.

6.4 Tallennus, lataus ja aktivointi

Kun konfiguraatio oli valmis, se tallennettiin Valmetin omaan DNA Explorer -suunnittelu ympäristöön. Käyttöönottoa edeltävässä FAT-testauksessa konfiguraatio ladattiin väliaikaiselle testaukseen tarkoitettulle prosessiasemalle, jotta verkon toiminta ja osoitteiden oikeellisuus voitiin testata. Konfiguraatio ladattiin myöhemmin käyttöönoton yhteydessä asiakkaan suunnittelu ympäristöön sekä varsinaiselle prosessiasemalle.

Fieldbus configuratorissa konfiguraation lataus erotetaan kahteen osaan: lataukseen ja aktivointiin. Lataustoiminto eli "download" vie profinet controllerin konfiguraation Valmet DNA Backup-palvelimelle, mutta ei vaikuta käynnissä olevaan prosessiin. Latauksen jälkeen suoritettava aktivointi eli activate-komento alustaa segmentin uudelleen ja aiheuttaa katkon ohjaustoiminnoissa. Tämän jälkeen verkko on käyttövalmis. (Valmet 2017.)

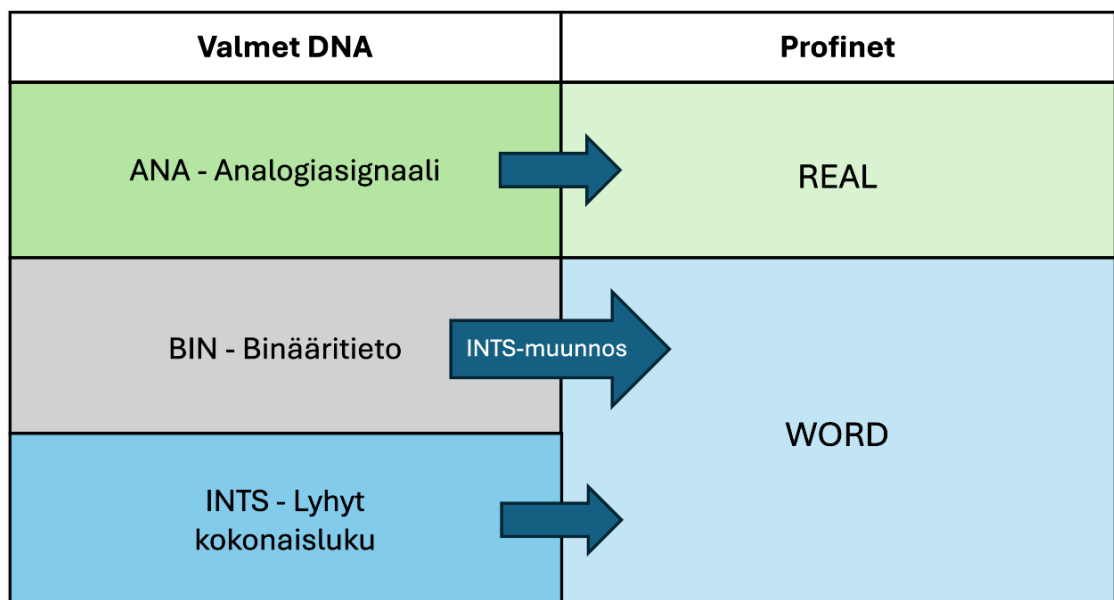
7 SIGNAALINVAIHTO

Tärkeä osa tiedonsiirron toteutusta on tarkka ja ajantasainen signaalinvaihtolista. Ylläpidin EP25:n Profinet-verkon excel-pohjaista signaalinvaihtolistaa yhdessä Heat Managementin suunnittelijoiden kanssa koko projektin ajan. Heat Management laati alkuperäisen suunnitelman siirrettävistä signaaleista ja prosessidatasta. Tämän jälkeen lähdettiin määrittelemään ja toteuttamaan tarvittavia signaaleja tarkemmin yhdessä. Heat Management oli tehnyt alustavan arvion tarvittavasta datan määrästä, eli myös siitä, kuinka monta ja minkä

tyyppiset moduulit couplereiden alaisuuteen tarvitaan. Tein tämän perusteella konfiguraation (kuva 8), jota muutettiin tarpeen mukaan projektin edetessä.

Signaalien kokonaisuus oli määrältään kohtalaisen laaja. Siirrettäviä tietotyyppisiä oli kolme: reaali-, binääri- ja kokonaisluvut. Valmet DNA:ssa käsiteltävät binäärimuotoiset tiedot muunnettiin kokonaisluvuiksi lähetystä varten ja sisäänpäin tulevat vastaavasti purettiin kokonaisluvuista binääreiksi. Lopulta järjestelmien välillä kulkevia tietotyyppisiä oli siis kaksi: reaali- ja kokonaisluvut.

Valmet DNA:ssa reaali- ja kokonaisluvut käsitellään analogiasignaaleina, ja niistä käytetään lyhennettä "ana". Kun signaali siirretään Profinet-väylälle, käytetään DCS-sovelluksessa "ana -> REAL" IO-moduulia. Kokonaisluvut voidaan Valmet DNA:ssa käsitellä joko yhden sanan kokoisina "integer short" -tyyppinä, tai tuplasanan kokoisina "integer long" -tyyppinä. Tässä projektissa kaikki siirrettävät kokonaisluvut olivat integer short tyyppisiä. Siirrettäessä Profinet-väylälle, niitä varten käytetään "ints -> WORD" IO-moduulia. Signaalien vastaanotto väylältä tapahtuu samoin, mutta peilaavasti. (Valmet 2024d.) Kuvassa 14 on havainnollistettu erityyppisten signaalien lähetys väylälle.



Kuva 14. Signaalien lähetys Valmet DNA:sta Profinet -väylälle.

HISS-järjestelmän toimintaa varten soodakattilan ja nuohointen toiminnasta tarvittiin jo valmiiksi olemassa olevaa prosessidataa, kuten lämpötila-, paine-

ja virtausmittauksia. Olemassa olevien mittausten lisäksi laadittiin 4 uutta höyryvirtausmittausta tulistinten ja ekonomaiserin alueille. Nämä lähetettiin myös HISS-järjestelmään tarkempaa höyryn virtauksen seurantaan varten. Suurin osa lähetettävästä prosessidatasta oli reaalityyppistä, mutta myös joitakin boolean arvoja tarvittiin, kuten käynnistystietoja ja venttiileiden asentotietoja.

Suurin osa signaalinvaihtolistan signaaleista oli kokonaan uusia. Kokonaisuuteen kuului paljon uusien logiikoiden vaatimia ohjaus- ja säätösignaaleja sekä HISS-järjestelmästä saatavia prosessin tilaa kuvastavia tietoja, jotka lisättiin uusille operointinäyttöille. Uutta järjestelmää varten suunniteltiin 4 uutta operointinäyttöä, ja muutoksia tehtiin myös kolmeen olemassa olevaan näyttöön. Nuohointen yksilöllistä ohjausta varten HISS-järjestelmään lähetettiin niiden binäärityyppisiä tilatietoja ja niille vastaanotettiin binäärityyppisiä komentoja.

Kokonaisuuden parempaa hahmottamista varten tarvittavat signaalit listattiin omalle välilehdelle sen mukaan, mihin näyttö- tai toimintakokonaisuuteen ne kuuluvat. Näitä olivat muun muassa HISS-järjestelmän päätoiminnallisuudet, nuohointen ajojono, sekä informatiiviset näytöt nuohointen tilasta ja puhdistustehokkuudesta. Näyttökokonaisuudet toimivat myös pohjana sovellussuunnittelulle, sillä se teki työstä järjestelmällistä.

Kun signaalien kokonaisuus oli selvillä, uusille sovelluksille ja niiden sisältäville porteille laadittiin alustavat nimet. Tämän jälkeen ne lisättiin signaalinvaihtolistaan. Lista jaettiin kahteen osaan, toiselle puolel Valmetilta ABB:lle lähetettävät signaalit ja toiseen osaan ABB:ltä Valmetille päin saapuvat signaalit. Kuhunkin taulukkoon lisättiin allekkain Coupler 1 ja Coupler 2.

PN-Coupler	Slot	ABB Index	Valmet index/Offset	BoolBit
01	01	00	00	
01	01	01	04	
01	01	02	08	
	01	03	12	
01	01	04	16	
01	01	05	20	
01	01	06	24	
01	01	07	28	
01	01	08	32	
01	01	09	36	
01	01	10	40	
01	01	11	44	
01	01	12	48	
01	01	13	52	
01	01	14	56	
01	01	15	60	
01	01	16	64	
01	01	17	68	
01	01	18	72	
01	01	19	76	
01	01	20	80	
01	01	21	84	
01	01	22	88	
01	01	23	92	
01	01	24	96	
01	01	25	100	

Kuva 15. Signaalivaihtolistan rakenne.

Kuvassa 15 näkyy signaalivaihtolistan rakennetta. Jokaisen signaalin riville lisättiin couplerin numero ja Slot (IO-moduuli), johon signaali kuuluu. Sen jälkeen listattuna olivat toisen toimittajan oma ABB Index-numero ja Valmet järjestelmän sisäinen Offset-numero, jotka määriteltiin konfiguraatiossa. Offset-numerointi merkattiin joko kahden tai neljän tavun välein, riippuen signaalin tyypistä. Reaaliluvut veivät neljä tavua ja kokonaisluvut kaksi tavua tilaa.

Lisätietona listaan merkittiin myös "BoolBit" -sarake kertomaan kokonaislukuihin pakatuista yksittäisistä boolean-arvoista eli binääritiedoista. Kuvassa 16 on esitetty kaksi tavua tilaa vievä nuohojen tilasana. Se on kokonaisluku, joka sisältää 16 pakattua boolean arvoa. Bitit etenevät juoksevalla numeroinnilla luvusta 0 lukuun 15. Vasemmassa reunassa näkyvät allekkain kunkin signaalin "tag"-nimet, jotka viittaavat Valmet DNA -automaatiosovelluksen sisäisiin portteihin ja tietopisteisiin.

STATUS WORD	763-501A.STA				02	01	00	00	
Example of bits	pr:763-501A-U05				02	01	00	00	00
	pr:763-501A:e2				02	01	00	00	01
	pr:763-501A-U03				02	01	00	00	02
	pr:763-501A-U04				02	01	00	00	03
	pr:763-501A-U				02	01	00	00	04
	pr:763-501A-S				02	01	00	00	05
	pr:763-501A.HS.OWC				02	01	00	00	06
	pr:763-501A.HS.CD				02	01	00	00	07
	pr:763-501A.HISS.OW.DA				02	01	00	00	08
	pr:763-501A.HISS.OW.EM				02	01	00	00	09
	pr:763-501A:curha				02	01	00	00	10
	(reserved)				02	01	00	00	11
	(reserved)				02	01	00	00	12
	(reserved)				02	01	00	00	13
	(reserved)				02	01	00	00	14
	(reserved)				02	01	00	00	15

Kuva 16. Tilasana, joka koostuu 16 bitistä.

Signaalilista muutti muotoaan jonkin verran projektin edetessä. Signaalien kokonaisuuteen tuli ajan kanssa erilaisia muutoksia, kuten turhien signaalien ja signaalipaikkojen karsimista, sekä uusien signaalien lisäämistä tarpeen mukaan. Konfiguraatitiedostoa muokattiin näiden muutosten mukaan, kun oli tarve. Listaan ja konfiguraatioon jätettiin varatilaa uusille signaaleille, jos järjestelmään on tarve tehdä muutoksia myöhemmin.

8 SOVELLUSSUUNNITTELU

Valmet DNA -automaatiojärjestelmän automaatiosovellukset suunnitellaan Function Block CAD (FBCAD) -työkalulla. Työkalua voidaan käyttää suunnittelupalvelimella (EAS), suunnittelutyöasemalla (EAC) tai itsenäisellä windows-pohjaisella (stand alone) työasemalla. FBCAD-työkalulla suunnitellut automaatiosovellukset ovat graafisia toimilohkokaavioita, jotka ohjaavat ja säätävät prosessia. Niitä kutsutaan toimintansa mukaisesti myös ohjaus- ja säätöpiireiksi. Toimilohkokaaviot tallennetaan suunnittelupalvelimen tietokantaan ja niitä voidaan hallita DNA-Explorer-suunnittelutyökalulla. DNA-Explorer-työkalulla sovellukset voidaan ladata lopulliseen ajoympäristöön prosessiase-malle. (Valmet 2023a; Valmet 2023b.)

Projektin uudet sovellukset suunniteltiin sen perusteella, millaisia toiminta- ja näyttökokonaisuuksia tarvittiin. Kun tiettyyn toimintakokonaisuuteen sidotut toiminnot sijoitettiin samaan piiriin, ne oli helppo löytää suunnittelu-ympäristöstä, ja niitä oli helppo lähteä myös myöhemmin muokkaamaan.

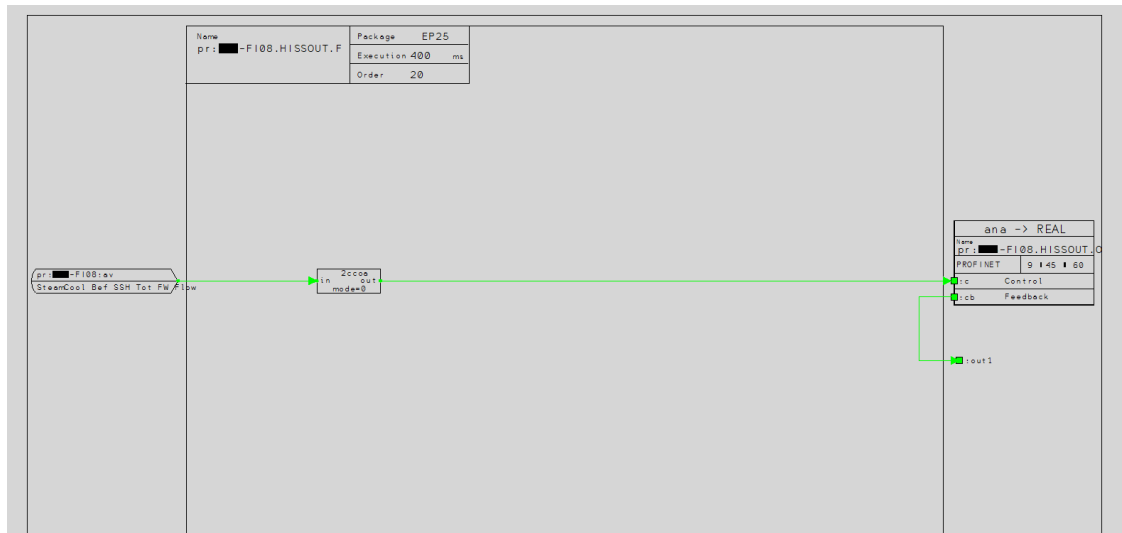
HISS tiedonsiirron kannalta oleellisimpia toimintakokonaisuuksia olivat:

- HISS-toimintojen pääpiiri (Järjestelmän käynnistys, nuohouksen kokonaisvaltainen asetusarvo, toimintamoodit, resetointi)
- HISS One-way cleaning -näyttö (Nuohointen puhdistussuunnan ja asetusarvojen yksilöllinen säätö)
- HISS suoritusjono (Osoittaa ajojärjestyksen seuraavalle 10:lle nuohoillemme)
- Kuormitusohjaus (Mahdollistaa nuohoukselle mukautetun asetusarvon kattilan kuormituksen perusteella)
- Virtauksen valvonta (Osoittaa höyryvirtaustietoja trendikäyrinä)
- Multidata-näyttö (Osoittaa monia eri statistiikkoja nuohointen tilasta operaattorin tekemän valinnan mukaan)
- Likaantumisindeksit-näyttö (Osoittaa HISS-järjestelmän laskemaa statistiikkaa soodakattilan tilasta, kuten likaantumisesta ja lämmönsiirrostasta)
- Nuohointen tila- ja komentosanat (HISS järjestelmään lähetettävät nuohointen tilatiedot ja järjestelmästä saapuvat komennot nuohointen ohjaukseen)

Piirit ja niiden alaiset moduulit nimettiin lyhenteillä, jotka kuvaisivat mahdollisimman hyvin niiden toimintaa. Olemassa olevalle prosessidatalle ja binäärityyppiselle tiedolle luotiin omat lähetyspiirinsä. Valmiit sovellukset tallennettiin DNA-Explorer työkaluun projektin omaan virtuaaliseen suunnittelu-ympäristöön.

8.1 Signaalien lähetys

HISS-järjestelmän laskentaa ja ohjausta varten DCS:stä tuli lähettää prosessidataa eri osista soodakattilaa. Näitä olivat pääasiassa erilaiset virtauksen ja paineen mittaukset, jotka ovat tyypiltään analogiasignaaleja. Jokaiselle tarvittavalle analogiamittaukselle luotiin oma erillinen tiedonsiirtopiirinsä. Kuvassa 17 näkyy esimerkki yhden virtausmittauksen tiedonsiirtopiiristä ja Function Block Cadin käyttöliittymästä.

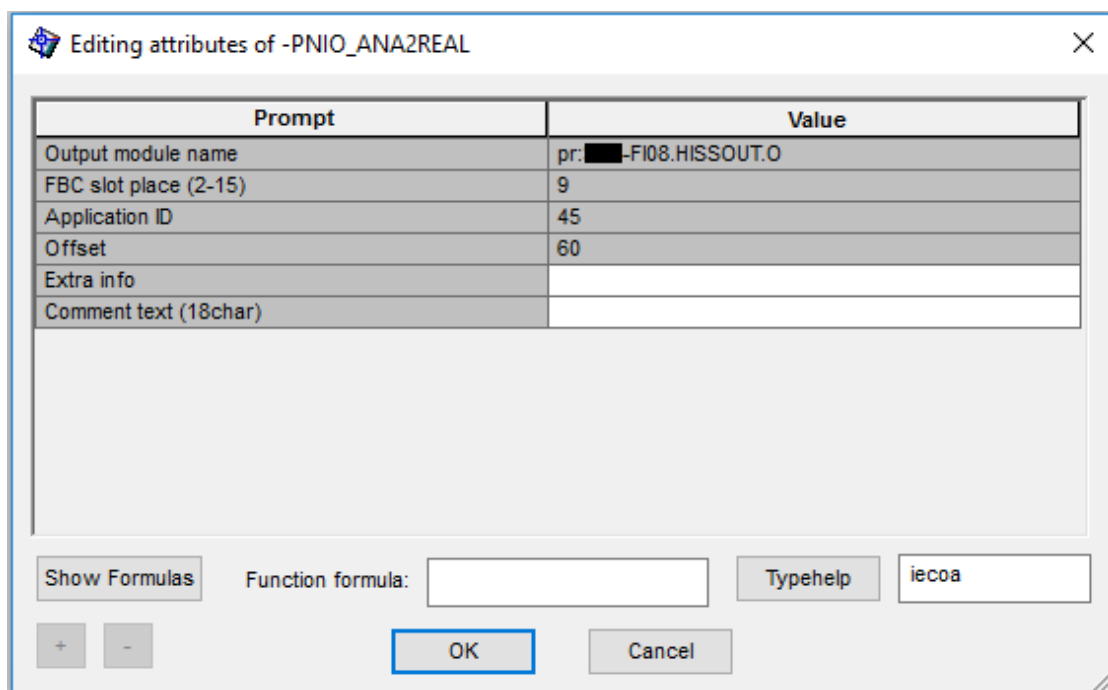


Kuva 17. Analogiasignaalin tiedonsiirtopiiri.

Nämä tiedonsiirtopiirit (kuva 17) ovat rakenteeltaan varsin yksinkertaisia. Varsinaisesta mittauspiiristä tieto saadaan piiriin ulkoisen tietopisteen (external in continuous) kautta, joka sijaitsee piirin vasemmassa laidassa (Valmet 2023b). Ulkoinen tietopiste on nimetty mittauksen tunnuksen eli tagin mukaan. Lisäksi on määritetty, että pisteeseen luetaan kyseisen moduulin "av" mittautietopistettä. Piirissä kulkevan signaalin vihreä väri kuvaa sen tietotyyppiä "ana" (Valmet 2023b).

Tietopisteestä saapuva signaali kulkee ensin kopiointilohkon "coa" läpi. Kopiointilohkon avulla signaalin kulku voidaan niin halutessa katkaista muuttamalla kopiointiehtoa (mode), ja tilalle voidaan simuloida haluttua arvoa kopiointilohkon "out" -tietopisteestä (Valmet 2024b). Tämä on hyödyllistä esimerkiksi signaalien testauksessa. Kopiointilohkosta signaali siirtyy suoraan Profinet-väyläliittymän I/O moduuliin (oikea laita) (Valmet 2023b).

Profinet IO-moduulit toimivat sovelluksessa rajapintana kaikille profinet verkkoon lähetettäville ja sieltä vastaanotettaville signaaleille. Profinet IO-moduulin attribuuteissa määritellään, mihin osoitepaikkaan signaali lähetetään, tai mistä se vastaanotetaan. Attribuutit voidaan määrittellä FBCAD:n "edit -> values" -toiminnolla. Kuvassa 18 on esitetty kuvakaappaus attribuuttien muokkausnäkyvästä. Attribuutteihin kuuluvat mm. moduulin nimi ja kolmiosainen Profinet-osoite.



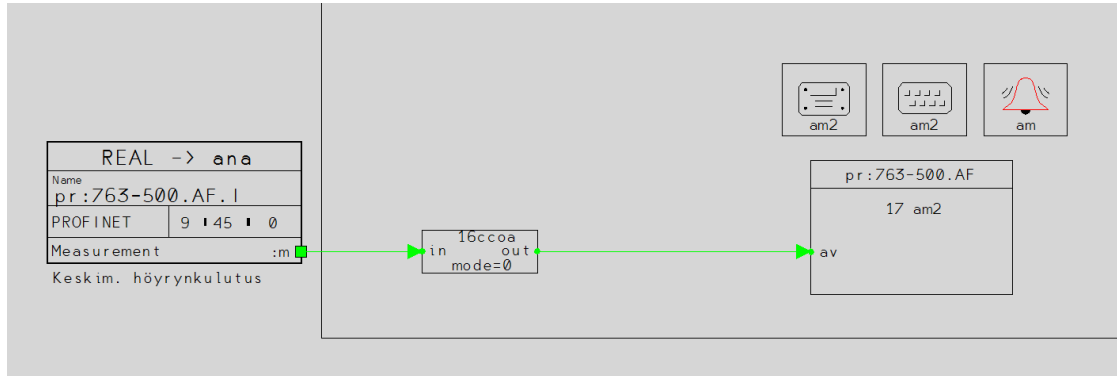
Kuva 18. IO-moduulin attribuutit.

Ensimmäinen osa osoitetta on Field Bus Controller (FBC) slot, joka määriteltiin controller-laitteen konfiguraatiossa (kuva 9). Toinen osa osoitetta on Application ID, joka viittaa konfiguraatiossa määriteltyyn Profinet device-laitteen tunnukseseen (kuva 10). Tässä tapauksessa on valittu, kulkeeko signaali Coupler 1 vai Coupler 2 laitteeseen. Tämän tiedonsiirtopiirin signaali kulkee coupler 1 laitteeseen, jolloin ID-luvuksi on asetettu 45. Kolmas osa osoitetta on yksilöllinen Offset-arvo. Käytettävissä olevat offset arvot on määritelty konfiguraation osoitteistolistassa (kuva 13). Tämä analogiasignaali päätettiin asettaa Coupler 1 laitteen ensimmäiseen moduuliin, joka kattaa 253 tavua. Signaali asetettiin lähetettäväksi alkaen tavusta 60. Se merkataan täten myös IO-moduulin offset arvoksi.

8.2 Signaalien vastaanotto

Projektin kokonaisuuteen kuului monia erilaisia vastaanotettavia signaaleja. Suuri osa näistä oli HISS-järjestelmän laskemaa dataa prosessin tilasta, jotka haluttiin esittää operointinäytöillä. Valtaosa näistä tiedoista olivat tyypiltään analogiasignaaleja. Kuvassa 19 on esitetty automaatiopiirin osa, johon kuuluu sekä analogiasignaalin vastaanotto IO-moduulista, että sen toiminnallisuudet. Vastaanotettaessa Profinet IO-moduuli sijaitsee piirin vasemmassa laidassa.

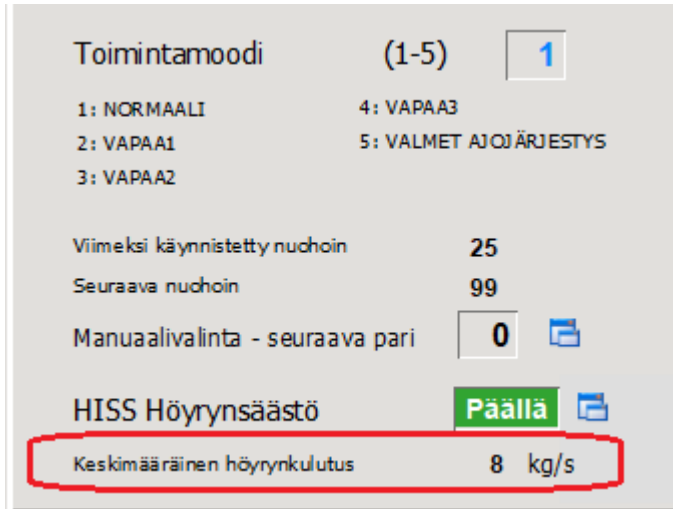
Attribuutit ja osoite määritellään samoin, kuin lähetyksen tapauksessa. Esimerkin IO-moduulilla on lisäksi kuvaava teksti, joka kertoo kyseessä olevan keskimääräisen höyrynkulutuksen arvo. Se siirtyy kopiointilohkon "coa" kautta "am2" toimilohkoon. Am2 on analogiamittaustoimilohko (Valmet 2023b). Se sisältää yhden tulopisteen "av", joka lukee saapuvaa analogiasignaalia.



Kuva 19. Analogiasignaalin vastaanotto ja am2 moduuli.

Toimilohkoon on liitetty myös konfigurointitoimintoja, jotka sijaitsevat toimilohkon yläpuolella. Nämä ovat (vasemmalta oikealle) positio-, operointi- ja tapahtumatoiminnot. Positiotoiminnon attribuuteissa määritetään position ominaisuudet, kuten sen tunnus, mittausalue, mittauksen yksikkö ja position operoitavuus. Nämä kaikki vaikuttavat lopulliseen käyttöliittymään operointinäytössä. Operointimoduulin attribuuteissa generoidaan tunnukset operointitoiminnoille ja sijoitetaan ne oikean valvomotunnuksen alle. Tapahtumatoimintojen attribuuteissa määritellään mittaukseen liittyvät hälytykset ja ilmoitukset. (Valmet 2023b.)

Projektin aikana HISS-järjestelmästä saapuvat signaalit liitettiin operointinäyttöihin yhdessä toimittajien ja asiakkaan kesken määritettyjen kokonaisuuksien mukaan. Näyttösuunnittelu toteutettiin Valmetin Picture Designer -ohjelmalla. Ohjelma tarjoaa laajan skaalan erilaisia graafisia elementtejä prosessin kuvaamiseen. Picture Designerin kirjastosta voidaan valita tietotyypeittäin lohkoja, joihin automaatiosovellusten sisältämät moduulit liitetään. Lohkojen attribuutteja voidaan muokata halutun esitysmuodon saavuttamiseksi. Näitä ovat mm. tekstin tyyli, mittauksen yksikkö ja lohkon operoitavuus. Valmis kuva tallennetaan suunnitteluympäristöön, josta se voidaan ladata lopulliseen ajoympäristöön. Näyttökuvia tarkastellaan ja operoidaan Valmetin DNA Operate -ohjelmalla. (Valmet 2024f.)



Kuva 20. Kuvakaappaus HISS-järjestelmän operointinäytöstä.

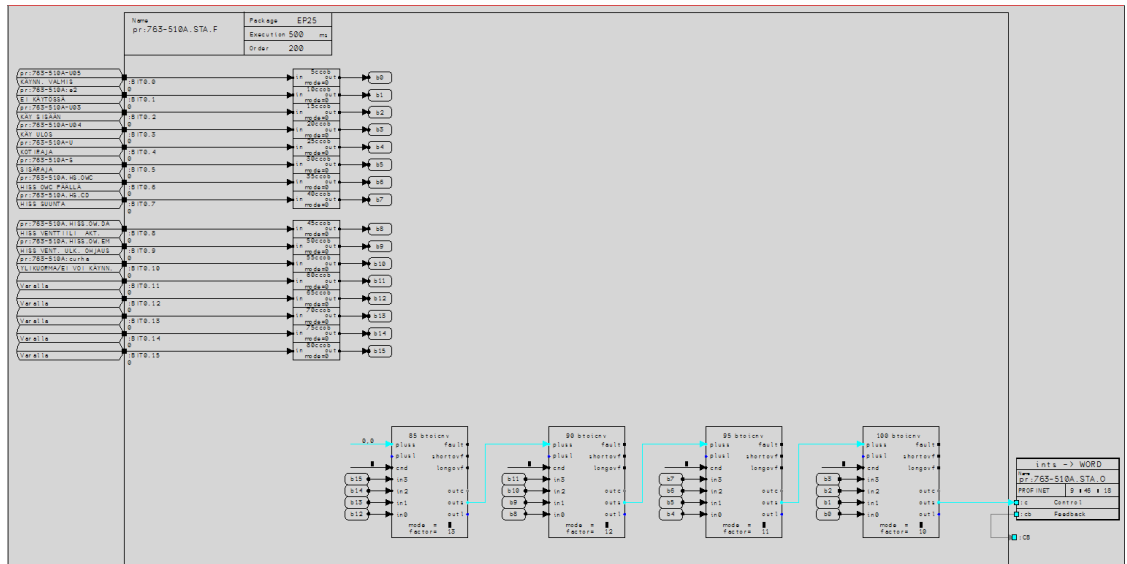
Kuvassa 20 näkyy punaisella ympyröitynä mittaus "763-500.AF" (kuva 19) lopullisessa operointinäytössä. Kuvassa näkyy myös HISS-järjestelmästä vastaanotettuja kokonaislukuja, jotka kertovat viimeksi käynnistetyn nuohoimen ja seuraavaksi käynnistettävän nuohoimen numerot. DCS:stä Profinet verkkoon lähteviä signaaleja esimerkkikuvassa ovat Toimintamoodin valinta (ints), Höyrinsäästömodin aktivointi (bin) sekä manuaalisesti valittava seuraava nuohoinpari (ints).

8.3 Binääritietojen lähetys ja vastaanotto

HISS-järjestelmän toimintaa varten tuli välittää runsaasti myös binäärityypisiä signaaleja. DCS:stä Profinet-verkkoon lähteviä binääritietoja olivat mm. Ulkoisen ohjausjärjestelmän käynnistys- ja pysäytyskäskyt, järjestelmän nollaus ja höyrinsäästömodin päälle/pois -kytkin (kuva 20). Myös yksittäisten nuohointien HISS-moodia voitiin säätää omasta operointinäytöstään ja valita, kumpaan ajosuuntaan höyryvirtaus katkaistaan. Nämä kaikki binääritiedot siirrettiin Profinet-verkkoon erillisten tiedonsiirtopiirien välityksellä. Myös vastaanotettavat binääritiedot tuotiin Valmetin järjestelmään samanlaisella tiedonsiirtopiirillä, mutta käänteisesti.

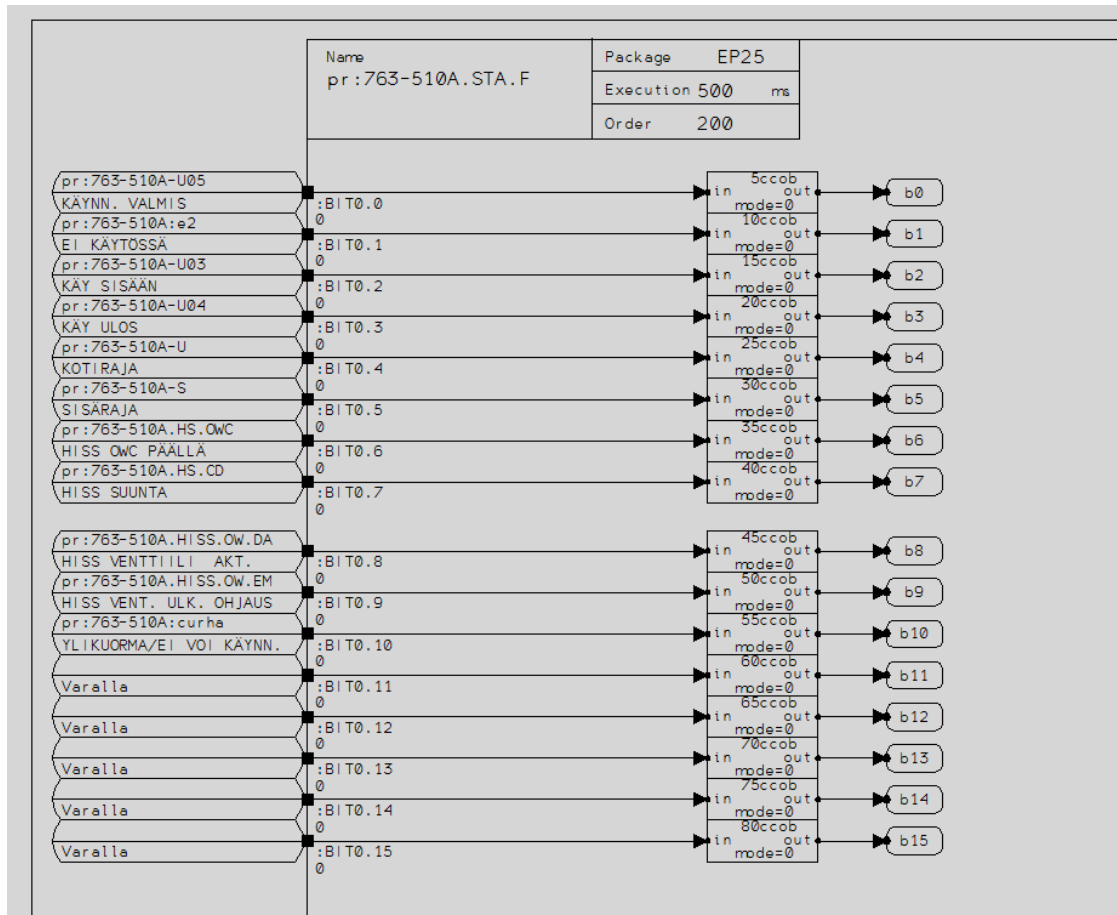
Suurena kokonaisuutena järjestelmässä olivat nuohointen tila- ja komentosana-sovellukset. Ne ovat binääristen tietojen tiedonsiirtopiirejä, joiden kautta nuohointien yksilöllisiä tilatietoja lähetettiin HISS-järjestelmään, ja vastaavasti vastaanotettiin niille ohjauskomentoja. Jokaista 90 nuohointa varten laadittiin

oma tilasana- sekä komentosana-sovellus, eli yhteensä 180 sovellusta. Rakenteeltaan nämä olivat samanlaisia, kuin projektin muutkin binääritiedonsiirtosovellukset. Kuvassa 21 näkyy nuohoimen tilasana -sovellus.



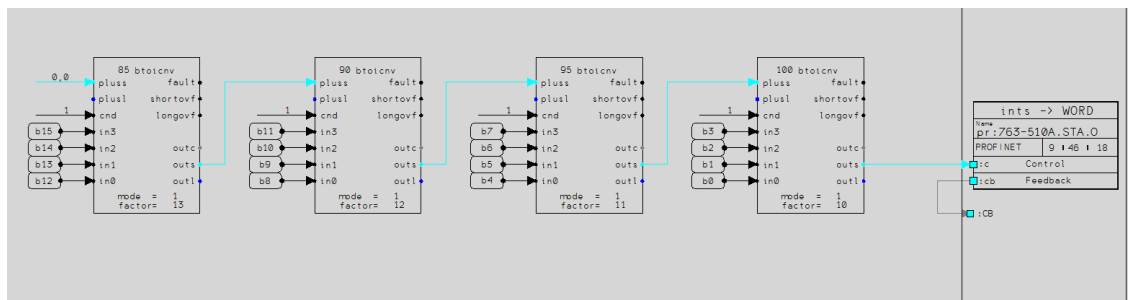
Kuva 21. Nuohoimen tilasana-sovellus

Tiedonsiirtopiirissä (kuva 21) binääristen tietojen siirto suoritetaan muuntamalla ne ensin kokonaisluvuksi (ints) ennen lähetystä. Yhteen tiedonsiirtopiiriin tuodaan maksimissaan 16 binääritietoa eli 16 bittiä, ja sovellus kokoaa ne kokonaislukuna esitettävään muotoon. Kuvassa 22 on esitetty piiriin tulevat binääritiedot lähempää. Jokainen binääritieto tuodaan piiriin omalla tuloportillaan, johon on määritelty luettavan suorasaantiportin tai tietopisteen nimi, kuvausteksti ja kyseisen bitin järjestysnumero. Bitit siirtyvät kopiointilohkojen "ccob" kautta referenssipisteisiin, jotka on nimetty bitin järjestysnumeron mukaan: "b0, b1, b2...". Nuohoimen tilasanaan sisältyviä binäärisiä tietoja ovat mm. nuohoimen koti- ja sisäraja, ajosuunnan tiedot, ja erilaiset HISS-ohjaustiedot.



Kuva 22. Binääritietojen tuonti tiedonsiirtosovellukseen.

Binääritietojen pakkaus suoritetaan käyttäen "btoicnv" -toimilohkoa. Se on muunnostoimilohko, jonka tarkoituksena on muuntaa binääriluvut kokonaisluvuiksi. Lohkolla voidaan käsitellä sekä lyhyitä (ints) että pitkiä (intl) kokonaislukuja. (Valmet 2024a.) Tämän projektin muunnokset on tehty ints-muotoon. Kuvasssa 23 on esitetty tilasana-sovelluksen neljä ketjutettua btoicnv-toimilohkoa, joista signaali siirtyy Profinet IO-lähtömoduuliin. Yhdessä btoicnv-toimilohkossa on binääritiedoille neljä tulopistettä, jonka vuoksi 16 bittiä varten niitä on ketjutettava neljä kappaletta.



Kuva 23. btoicnv-toimilohkot ja IO-moduuli.

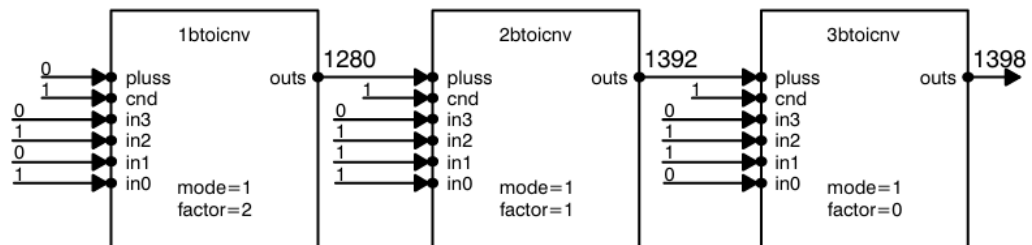
Binääritiedot siirretään referenssipisteiden avulla toimilohkoihin. Toimilohko lukee tulot "in0-in3" ja muodostaa niistä 4-bittisen kokonaisluvun, joista tulo in3 vastaa eniten merkitsevää bittiä. Luku lähetetään eteenpäin lähtöpisteestä "outs". Tulopiste "pluss" mahdollistaa lohkojen ketjutuksen, kun siihen tuodaan aikaisemman muunnoslohkon lähtöarvo. Toimilohkon "factor"-parametrin määrittäminen on ketjutuksessa tärkeää, sillä se erottaa luvuista 2:n potenssit ($2^0, 2^4, 2^8, \dots$). Factor-arvot ovat 0–7, joista arvo 0 vastaa binääriä 1, arvo 1 vastaa binääriä 2^4 , arvo 2 vastaa binääriä 2^8 jne. Factor-arvoja 10–17 käytetään samalla periaatteella, mutta muunnettava luku voi olla negatiivinen. (Valmet 2024a.)

Toimilohkon lopullinen muunnoskaava on:

$$outs = (bin. tulon arvo) * 2^{4*factor} + pluss$$

Kuvassa 24 on muunnosesimerkki, jossa 12-bittinen binääriluku muutetaan kokonaisluvuksi ketjuttamalla 3 muunnostoimilohkoa.

Kytöntäperiaate 12-bittisen binääriluvun (tässä 010101110110) muuntamiseksi kokonaisluvuksi



Kuva 24. btoicnv-esimerkkikytkentä (Valmet 2024).

Projektin binäärimuunnosten ketjutuksessa (kuva 23) on menetelty niin, että luvun eniten merkitsevät bitit eli "b15, b14, b13, b12" on asetettu ensimmäisen muunnostoimilohkon tuloihin, edeten järjestyksessä vähiten merkitsevään bittiin "b0". Factor-arvot etenevät järjestyksessä 13,12,11 ja 10. Ketjun viimeisestä toimilohkosta kokonaisluku siirtyy "ints->WORD" IO-moduuliin ja sen kautta Profinet-verkkoon. HISS-järjestelmässä kokonaisluku puretaan takaisin binäärimuotoiseksi, jotta jokaisen erillisen bitin tila voidaan lukea.

HISS-järjestelmästä saapuvat nuohointen komentosanat ja muut binääritiedot siirrettiin samalla periaatteella, kuin esimerkin tilasana, mutta binääri-kokonaislukumuunnos toimii käänteisesti. Tällöin sovelluksessa on Profinet IO-tulo-moduuli, josta kokonaisluku siirtyy käänteisiin muunnostoimilohkoihin. Muunnoksesta muodostuneet bitit ohjataan omiin lähtöpuolen rajapintaportteihinsa, ja näin ne voidaan lukea muualla DCS-järjestelmässä.

9 TESTAUS

Tärkeä osa automaation toimitusprojektia on huolellinen testaus ennen käyttöönottoa. FAT (Factory acceptance test) testauksen avulla selvitetään, että suunniteltu järjestelmä toimii, kuten tilaajan ja toimittajan kesken on sovittu ja se kattaa kaikki toiminnalliset vaatimukset suorituskykyisesti. Ennen FAT:n aloitusta on varmistettava, että testit tehdään asianmukaisella järjestelmäkokoonpanolla, joka vastaa oikeaa, lopullista järjestelmää. (Padilla 2015, 209.) Projektin FAT-testaus suoritettiin Valmetin tiloissa Tampereella. Testauksen laajuuteen kuuluivat sekä nuohointen uudet ohjauslogiikat, että HISS-optimoinnin ja -tiedonsiirron toiminta. Myös tilaaja ja toinen toimittaja Heat Management osallistuivat testaukseen.

Testausta varten laitteisto ja Profinet-verkko rakennettiin sellaiseen muotoon, kuin se on lopullisessakin tehdasympäristössä (kuva 6). Tämä mahdollistaa mm. Profinet-konfiguraation kokonaisvaltaisen toiminnan testauksen, sekä sujuvan siirtymisen käyttöönottoon, riskit minimoiden. HISS-tiedonsiirron testauksen keskiössä oli osoitteiston paikkaansa pitävyys ja yhtäläinen rakenne kummankin toimittajan Profinet-konfiguraatioissa. Tämä varmistettiin yhteistyöllä Heat Managementin kanssa.

9.1 Livelist

Valmet DNA:n Fieldbus Configurator -ohjelmasta löytyvä ominaisuus "livelist" näyttää profinet verkon laitteiden tilan reaaliajassa. Livelist näyttää tiedot kaikista verkon laitteista, niiden osoitteista ja diagnostisesta statuksesta. Kun verkkoon tehdään muutoksia, livelist tulee päivittää uudelleen "Scan" -toiminnolla. (Valmet 2017.) Ennen signaalien testausta livelist-työkalulla voitiin tarkistaa, että verkon laitteet ovat aktiivisia ja ne eivät ole vikatilassa.

Scan

Displaying devices from 'FP06' slot '3' (5 found)

FILTER: All Active Inactive

	Name	IP Address	MAC Address	Device Type	IO Cycle (ms)		
✓	simo10	172.16.172.10	00:0e:8c:e6:ed:8f	SIMOCODE pro V PN	128	🔄	🔍
+	simo11	172.16.172.11	00:0e:8c:e6:ed:92	SIMOCODE pro V PN	0	🟢	
+	simo13	172.16.172.13	00:0e:8c:e6:ed:9e	SIMOCODE pro V PN	0	🟢	
+	simo14	172.16.172.14	00:0e:8c:e6:ee:ce	SIMOCODE pro V PN	0	🟢	
+	scalance100	172.16.172.100	00:1b:1b:c9:ba:10	V5.1.1	0	🟢	

Device Status

The device is in data exchange.

Device Details

Vendor name: SIEMENS AG

Vendor id: 42

Device id: 2308

Module ident number: 0x00000010

Software version: V1.2.0

Hardware version: 0x0005

Order number: 3UF7 011-1AU00-0

Diagnostics

Device has no active diagnostics.

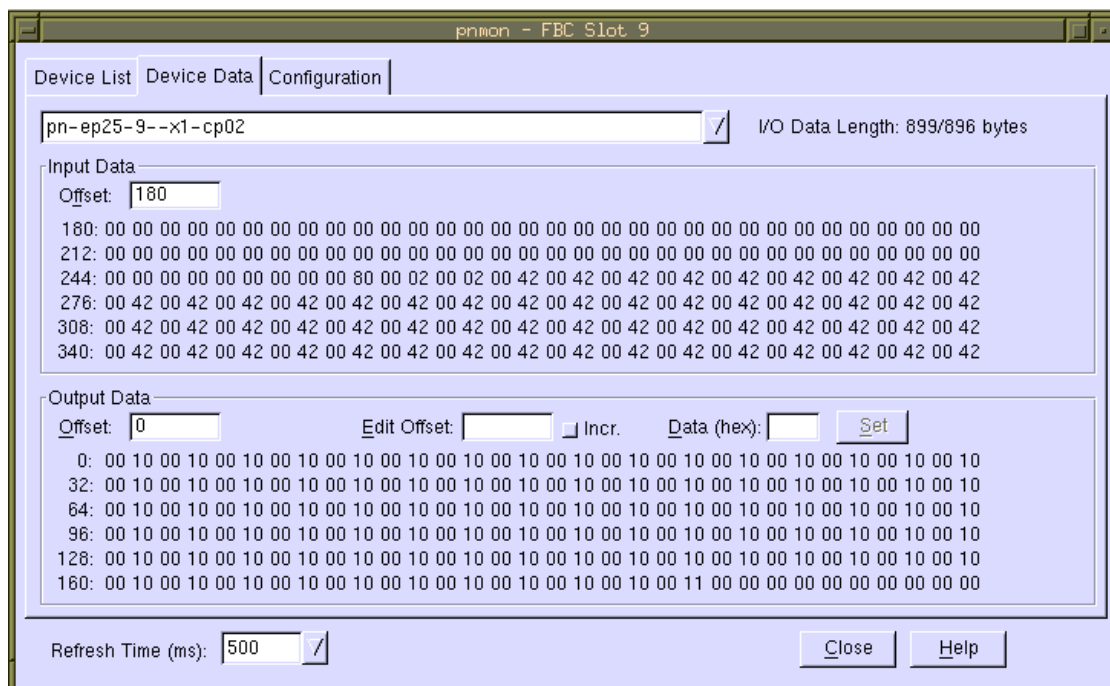
[Open device web interface](#)

Kuva 25. Livelist. (Valmet 2017)

Kuvassa 25 on esimerkinäkymä livelist-välilehdestä. Verkon laitteet ovat listattuna sivulle allekkain, jokainen omalle rivilleen. Aktiivinen ja toimiva laite on merkitty vihreällä kuvakkeella. Kun laite vaatii kunnossapitoa, laitteen rivillä näkyy oranssi tai keltainen kuvake. Vikatilanteessa kuvake on punainen. (Valmet 2017.) Kun livelist-näkymässä kaikkien laitteiden tila näytti hyvältä, voitiin siirtyä signaalien testaukseen.

9.2 Pnmon-työkalu

Signaalien testaamisessa käytettiin apuna pnmon-ohjelmaa (kuva 26), joka oli saatavilla testiympäristön prosessiasemalla. Ohjelma käynnistettiin ottamalla ensin suunnitteluasemalta etäyhteys prosessiasemaan. Pnmon-ohjelmalla voidaan lukea Profinet-verkon laitteiden tulojen ja lähtöjen tilaa. Tällä työkalulla pystyttiin mm. näkemään, että Valmetin puoli verkosta toimii oikein, eli tieto kulkee couplereilta prosessiasemalle ja toisin päin. "Device Data" -välilehden pudotusvalikosta valitaan kyseisen IO-Controllerin alaisuudessa oleva laite eli IO-Device, jonka toimintaa halutaan seurata. Kuvan 26 esimerkissä on valittuna coupler 2.



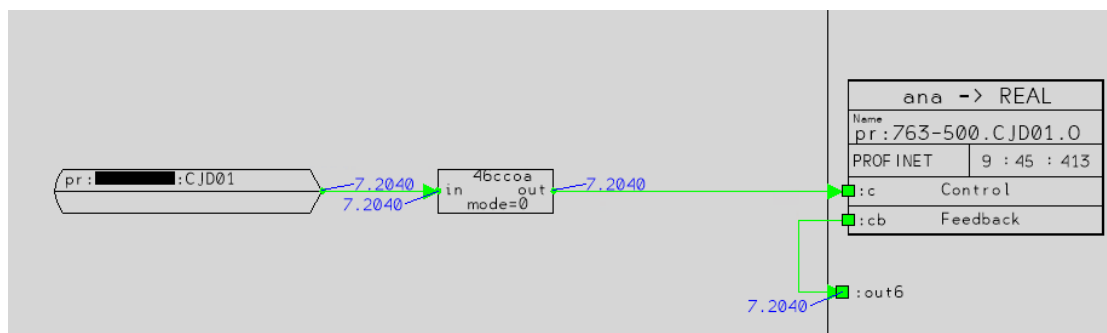
Kuva 26. Pnmon -työkalu.

Pudotusvalikon alapuolelle avautuvat omat luettelot input- ja output -datalle. Kussakin joukossa näkyy maksimissaan 192 tavua kerrallaan. Offset-kenttään voidaan syöttää haluttu tavu, josta lähtien tietoliikennettä halutaan tarkastella. Kuvassa 26 Offset-kenttään on syötetty tavu 180, josta alkaen nähdään tavut juoksevana eteenpäin. Ohjelma ilmoittaa 8 bittiä suuren tavun sisällön kahden merkin pituisella heksadesimaaliluvulla.

Pnmon-ohjelmalla voitiin signaalien testauksen alkuvaiheessa nähdä, että laitekonfiguraatiot vastaavat toisiaan kussakin automaatiojärjestelmässä. Heat Management lähetti järjestelmästäan paljon signaaleja massana, joita voitiin tutkia pnmonin käyttöliittymästä ja todeta osoitteiston paikkansa pitävyyttä.

9.3 Function test-työkalu ja DNA Operate

Pnmon-ohjelman lisäksi signaaleja testattiin ja tarkasteltiin käyttäen DNA Operate -ohjelmaa sekä Function Block CAD ympäristön Function test -työkalua. Function test -työkalulla voidaan testata toimilohko- ja sekvenssikaavioita, jotka on ladattu todelliseen tai virtuaaliseen ajoympäristöön. Automaatiopiiriin päivittyvät arvot nähdään toimilohkojen kytkennöissä testauspisteiden avulla. Testauspisteiden arvoja voi muokata, ja piiri reagoi niihin, kuten todellisessa ajotilanteessa. (Valmet 2024e.)



Kuva 27. Analogiasignaali ja testauspisteet.

Valmetilta lähtevät signaalit voitiin testata joko muuttamalla arvoja suoraan operointinäytöstä, tai simuloimalla ne Function test -työkalulla. Signaalit, joilla ei ollut suoraa yhteyttä operointinäyttöön, testattiin käyttäen Function test:iä. Kuvassa 27 näkyy Function test -tilasta otettu rajattu kuvankaappaus, jossa näkyvät aktiiviset testipisteet.

Halutun arvon simulointi testityökalulla tapahtuu esimerkiksi muokkaamalla suorasaantiportin tietopisteen arvoa tai muokkaamalla kopiointilohkon attribuutteja. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa kopiointilohkosta otetaan kopiointiehto pois päältä, jolloin se ei kopioi tuloa "in" lähtöön "out". Tällöin "out" pisteeseen voidaan syöttää haluttu arvo, joka lähetetään niin edelleen Profinet IO-moduuliin. Kaikki suoraan operointinäyttöön yhteydessä olevat signaalit olivat nopein ja tehokkain testata muuttamalla arvoja DNA Operate -ohjelmassa. Näitä olivat esimerkiksi kuvassa 20 näkyvät "Toimintamoodi" ja "Manuaalivalinta".

Suurin osa HISS-järjestelmästä saapuvista signaaleista olivat operointinäyttöihin lähetettäviä tietoja, joten ne olivat helposti tarkistettavissa DNA Operate -ohjelmaa käyttäen. Osa signaaleista tarkistettiin myös Function test -työkalulla. Kuvassa 28 näkyy rajattu kuvankaappaus DNA Operaten näkymästä signaalitestauksen aikana. Kuvassa näkyvät soodakattilan rakennetta kuvaava kattilapohja, sekä HISS-järjestelmästä saapuvaa tietoa jokaista nuohoinparia kohden.

1 - 2 0.0 0.0 0.0	9 - 10 20.0 3.0 3.0	21 - 22 20.0 3.0 3.0	31 - 32 20.0 3.0 3.0	39 - 40 20.0 3.0 3.0	49 - 50 19.0 4.0 2.9	47 - 48 19.0 4.0 2.9	89 - 90 0.0 0.0 0.0	65 - 66 20.0 3.0 3.0	77 - 78 19.0 3.0 2.9
3 - 4 0.0 0.0 0.0	11 - 12 21.0 4.0 3.2	23 - 24 20.0 3.0 3.0	33 - 34 20.0 3.0 3.0	41 - 42 19.0 4.0 2.9	69 - 70 19.0 4.0 2.9	51 - 52 19.0 4.0 2.9		67 - 68 19.0 4.0 2.9	79 - 80 19.0 4.0 2.9
5 - 6 20.0 3.0 3.0	13 - 14 24.0 5.0 3.6	25 - 26 20.0 3.0 3.0	35 - 36 19.0 4.0 2.9	43 - 44 20.0 3.0 3.0	53 - 54 20.0 3.0 3.0		83 - 84 19.0 3.0 2.9		
7 - 8 20.0 3.0 3.0	15 - 16 19.0 4.0 2.9	27 - 28 19.0 4.0 2.9	37 - 38 20.0 3.0 3.0	45 - 46 20.0 3.0 3.0		55 - 56 19.0 3.0 2.9			81 - 82 19.0 4.0 2.9
	17 - 18 19.0 4.0 2.9	29 - 30 20.0 3.0 3.0			59 - 60 20.0 3.0 3.0			71 - 72 19.0 4.0 2.9	
	19 - 20 25.0 16.0 3.8					61 - 62 20.0 3.0 3.0		73 - 74 20.0 3.0 3.0	85 - 86 20.0 3.0 3.0
						63 - 64 20.0 3.0 3.0		75 - 76 20.0 3.0 3.0	87 - 88 19.0 4.0 2.9

Kuva 28. Vastaanotetut testausarvot operointinäytössä.

Testauksen aikana tehtiin yhdessä toisen toimittajan kanssa vielä joitakin muutoksia signaaleihin ja niiden osoitteisiin, mutta kokonaisuudessaan testaus onnistui erittäin hyvin. Testausympäristöön rakennettu Profinet-verkko toimi asianmukaisesti, eikä testaus myöhästynyt alkuperäisestä aikataulusta. Järjestelmä oli käyttöönottoa vaille valmis.

10 KÄYTTÖÖNOTTO

Projektin käyttöönotto suoritettiin asiakkaan tiloissa vuosihuoltoseisokin yhteydessä. FAT-vaiheessa nuohointen ohjelmallinen taso oli testattu simulaatioiden avulla ja taajuusmuuttajan tasolla, mutta käyttöönottovaiheessa ohjelmaa päästiin ajamaan itse nuohoimella. Kun soodakattilan prosessi oli pysähdyksissä, mahdollistui nuohointen laajamittainen ja vapaa testaus. Nuohointen ajossa on otettava huomioon ajoajan pituus, sillä soodakattilan korkeat lämpötilat voivat ajan kanssa vaikuttaa haitallisesti nuohoimen lanssiin. Ei ole siis ideaalia, että nuohoin pysäytetään pitkäksi aikaa kattilan sisälle testien vuoksi. Seisokkitilanteessa tästä ei tarvinnut huolehtia.

EP25 eli HISS-tiedonsiirtoaseman osalta testit oli tehty jo FAT-vaiheessa. Niiden osalta käyttöönotossa tarvitsi enää suorittaa vain lataukset järjestelmään, jotta nuohoimia päästiin testiajamaan uudella järjestelmällä. Ladattavaan kokonaisuuteen kuuluivat kaikki uudet automaatiosovellukset sekä uudet ja muutetut operointinäytöt. Sovellukset siirrettiin asiakkaan suunnittelutietokannan

makasiiniin DNA Explorer -ohjelmalla. Piirit tarkastettiin ensin ”Check Function” -toiminnolla. Toiminto tarkastaa suunnitteluoliot virheiden varalta, jotka voisivat vaikuttaa niiden toimintaan. Kaikkien ladattavien suunnitteluolioiden tulee olla sisäisesti, tunnus- ja IO-osoitetarkistettuja. Kun piirit menivät tarkastuksesta läpi, ne ladattiin ajoympäristöön ”Download To” -toiminnolla. Toiminnon aikana automaatiosovellus latautuu sovelluspalvelimelle ja Backup-palvelimelle. Latauksen jälkeen automaatiopiiri lähtee suoritukseen. (Valmet 2023a.)

Kun HISS-tiedonsiirtopiirit ja operointinäytöt olivat ladattu järjestelmään, voitiin nuohoimille tehdä toiminnalliset testaukset. Testausten aikana selvitettiin ensin, että Valmetin ohjauspuoli toimii kuten pitää, ja tämän jälkeen Heat Management aloitti omat testauksensa HISS-järjestelmän osalta. Tiedonsiirto toimi käyttöönoton aikana asianmukaisesti. Huoltoseisokin päättyessä soodakattila ylösajettiin ja nuohoimet otettiin ajoon vielä vähäksi aikaa Valmetin omalla optimointimoodilla. HISS-järjestelmän lopullinen startti tapahtui muutamaa viikkoa myöhemmin tilaajan ja toisen toimittajan yhteisessä käyttöönotossa.

11 LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Sekä teoreettisen että produktiivisen osuuden laadinnassa on käytetty luotettavia lähteitä. Monia erilaisia lähdetyyppejä on hyödynnetty työssä kirjoista nettisivuihin ja PDF-tiedostoihin. Opinnäytetyössä on pyritty käyttämään mahdollisimman tuoreita lähteitä ja uusimpia revisioita.

Fyysisen tason tiedot ja laitteiden tekniset tiedot on hankittu suoraan laitevalmistajien lähteistä, ja Valmet DNA:han liittyvä tietopohja perustuu suoraan Valmetin omiin manuaaleihin. Profinetista hankittu tieto perustuu Siemensin ja PI-organisaation lähteisiin. Kaiken kaikkiaan lähdetiedot ovat hankittu alan tunnetuimmilta ja merkittävimmiltä organisaatioilta. Opinnäytetyössä esitettyjä tietoja ja produktiivisessa osassa tehtyjä ratkaisuja voi täten pitää suhteellisen luotettavina.

12 YHTEENVETO

Lopputuloksena EP25-aseman yhteyteen saatiin aikaan toimiva Profinet-tiedonsiirto, niin konfiguraatio- kuin sovellustasolla. Lopullisen Profinet-verkon toteutus oli yleisten käytäntöjen ja suositusten mukainen, sekä vastasi tilaajan vaatimuksia ja toiveita. Yhteistyö toisen toimittajan kanssa onnistui hyvin koko projektin aikajänteellä, ja oli oleellista laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Myös tilaajalta saatu palaute oli hyvää, joten projektia ja opinnäytetyön lopputulosta voi pitää hyvin onnistuneena.

Laitteistotasolla verkko oli suhteellisen yksinkertainen, mutta konfiguraatio- ja sovellustasolla se tarjosi paljon tehtävää ja myös haastetta hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Tiedonsiirron täysi sovelluskokonaisuus oli melko laaja ja moninainen, mutta prosessin selkeyttämiseksi valitsin esimerkeiksi työhöni yksinkertaiset tiedonsiirtopiirit. Tämä auttaa lukijaa paremmin ymmärtämään tiedonsiirron toteutuksen keskeiset periaatteet. Opinnäytetyön kirjallinen osuus on hyödynnettävissä jatkossa ohjeena vastaavanlaisten projektien tukena.

Opinnäytetyön tekeminen antoi minulle paljon uutta tietoa selluntuotannon talteenottolinjasta ja soodakattilan toimintaperiaatteista. Tämän lisäksi Profinet-väylä ja protokollat tulivat tutuiksi, sillä en ollut aiemmin tehnyt niihin liittyviä töitä. Sain paljon kokemusta Profinetiin liittyvästä sovellustyöstä ja verkon konfiguroinnista Valmet DNA -ympäristössä. Näiden teoriakokonaisuuksien lisäksi sain tärkeää kokemusta automaatiojärjestelmiin liittyvästä projektitoiminnasta, josta on varmasti hyötyä myös jatkossa.

Profinet on moderni tiedonsiirtoväylä, joka vaikuttaa yleistyvän entisestään. Se ei ole mikään ihme, sillä Profinet tarjoaa prosessille sekä tehokkuutta ja nopeutta että laajat topologiavaihtoehdot ja hyvät kustomointimahdollisuudet. Oman kokemukseni mukaan Profinet-osaamiselle on paljon kysyntää myös jatkossa. Se on vahvasti tämän päivän ja myös tulevaisuuden tiedonsiirtoratkaisu.

LÄHTEET

Heat Management. 2024. Supplier's technical specification. PDF-dokumentti.

Heat Management. 2025. Optimized Steam Sootblowing. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://heatmanage.com/solutions/optimized-steam-sootblowing/> [viitattu 13.1.2025].

KnowPulp. 2025. Versio 22.0. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.knowpulp.com/> [viitattu 7.1.2025].

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät: Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 3.–4. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/kaakkuri.224794?sid=4978134556> [viitattu 12.3.2025].

Padilla, E. 2015. Substation automation systems: Design and implementation. 1.painos. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated. E-kirja. Saatavissa: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/xamk-ebooks/detail.action?docID=4183004> [viitattu 14.3.2025].

Paoliello, F.A. 2021. Corrosion damage and in-service inspection of retractable sootblower lances in recovery boilers. *TAPPI J.* 10, 655–662. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.32964/TJ20.10.655> [viitattu 8.1.2025].

Pigan, R & Metter, M. 2008. Automating with PROFINET: industrial communication based on industrial Ethernet. 2. painos. Erlangen: Publicis Pub.

PI North America. 2020. The Difference between PROFIBUS and PROFINET. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://us.profinet.com/the-difference-between-profibus-and-profinet/> [viitattu 5.3.2025].

PI North America. 2025. Profinet Technology. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://us.profinet.com/technology/profinet/> [viitattu 8.1.2025].

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2025. GSD-files. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.profibus.com/products/gsd-files> [viitattu 5.3.2025].

Siemens. 2024. SIMATIC - Bus links - PN/PN coupler - Hardware Installation and Operating Manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/44319532/pn_pn_coupler_hardware_manual_en-US_en-US.pdf [viitattu 4.2.2025].

Siemens. 2025a. Data sheet 6ES7158-3AD10-0XA0. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7158-3AD10-0XA0> [viitattu 29.1.2025].

Siemens. 2025b. Data sheet 6GK5205-3BD00-2AB2. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6GK5205-3BD00-2AB2> [viitattu 29.1.2025].

Valmet. 2017. Valmet DNA Engineering PROFINET Network Configuration Manual. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2023a. Valmet DNA Engineering DNA Explorer –käyttöohje. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2023b. Valmet DNA Engineering Function Block CAD käyttöohje. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2024a. btoicnv - BCD-/binääriluku -> kokonaisluku-muunnostoimilohko. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2024b. ccoa, ccob, ccobe, ccobo, ccofa, ccofl, ccol, ccos - Ehdolliset kopiointitoimilohkot. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2024c. HISS, projektin pääkohdat. Sisäinen materiaali. Power-Pointesitys.

Valmet. 2024d. Valmet DNA Engineering Automaatiokieli. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2024e. Valmet DNA Engineering Function Test -käyttöohje. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2024f. Valmet DNA Engineering Picture Designer -käyttöohje. Sisäinen materiaali. PDF-dokumentti.

Valmet. 2025a. Distributed control systems (DCS). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.valmet.com/automation/control-systems/> [viitattu 12.3.2025].

Valmet. 2025b. Valmet yrityksenä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/> [viitattu 6.3.2025].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Soodakattilan osat. KnowPulp. 2025. Soodakattilan rakenne. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/recovery_boiler/2_structure/frame.htm [viitattu 8.1.2025]

Kuva 2. Nuohousjärjestelmä. KnowPulp. 2025. Käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/recovery_boiler/6_sootblowing/frame.htm [viitattu 8.1.2025]

Kuva 3. Kokonaan ulosvedettävän nuohoimen operaatiosykli. Paoliello, F. A. 2021. Corrosion damage and in-service inspection of retractable sootblower lances in recovery boilers. *TAPPI J.* 10, 656. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.32964/TJ20.10.655> [viitattu 8.1.2025]

Kuva 4. Profinet-laitteet asetettuna puutopologiaan. Pigan, R & Metter, M. 2008. Automating with PROFINET: industrial communication based on industrial Ethernet. 2. painos. Erlangen: Publicis Pub.

Kuva 5. Konfiguraation vaiheet. Pigan, R & Metter, M. 2008. Automating with PROFINET: industrial communication based on industrial Ethernet. 2. painos. Erlangen: Publicis Pub.

Kuva 6. Rajattu järjestelmäkaavio. Valmet. 2024.

Kuva 7. Kuvakaappaus Fieldbus configurator -ohjelmasta.

Kuva 8. Verkkohierarkia.

Kuva 9. Controller-laitteen määrittäminen.

Kuva 10. PN/PN Couplerin määrittäminen.

Kuva 11. IO-moduulien valinta.

Kuva 12. IO-moduulin määrittäminen.

Kuva 13. Couplerin Data offsets -taulukko.

Kuva 14. Signaalien lähetys Valmet DNA:sta Profinet -väylälle.

Kuva 15. Signaalivaihtolistan rakenne.

Kuva 16. Tilasana, joka koostuu 16 bitistä.

Kuva 17. Analogiasignaalin tiedonsiirtopiiri.

Kuva 18. IO-moduulin attribuutit.

Kuva 19. Analogiasignaalin vastaanotto ja am2 moduuli.

Kuva 20. Kuvakaappaus HISS-järjestelmän operointinäytöstä.

Kuva 21. Nuohoimen tilasana-sovellus.

Kuva 22. Binääritietojen tuonti tiedonsiirtosovellukseen.

Kuva 23. btoicnv-toimilohkot ja IO-moduuli.

Kuva 24. btoicnv-esimerkkikytkentä. Valmet. 2024.

Kuva 25. Livelist. Valmet. 2017.

Kuva 26. pnmon -työkalu.

Kuva 27. Analogiasignaali ja testauspisteet.

Kuva 28. Vastaanotetut testausarvot operointinäytössä.