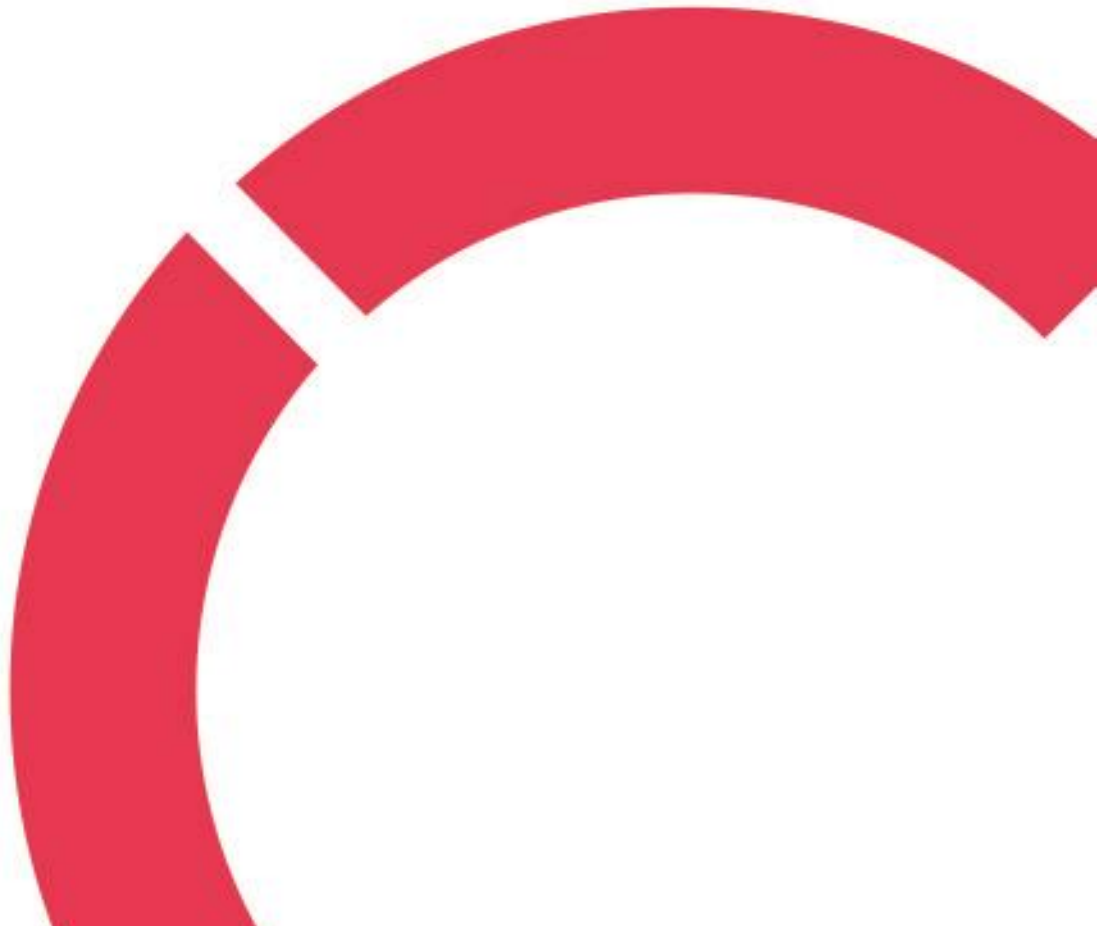


Jarkko Kerttula

**JOLMANKOSKEN VESIVOIMALAITOKSEN AUTOMAATIO
REVISIO**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Marraskuu 2023**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

| | | |
|---|--|--|
| Centria-ammattikorkeakoulu | Aika Marraskuu 2023 | Tekijä/tekijät Jarkko Kerttula |
| Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka | <input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK | |
| Työn nimi JOLMANKOSKEN VESIVOIMALAITOKSEN AUTOMAATIO REVISIO | | |
| Työn ohjaaja Kari Saaranen | Sivumäärä 47 | |
| Työelämäohjaaja Teemu Takkunen | | |
| <p>Opinnäytetyö toteutettiin PVO-Vesivoima Oy:n ja Tornionlaakson Sähkö Oy:n toimeksiantosta Jolmankosken vesivoimalaitokselle. Jolmankosken vesivoimalaitos on rakennettu 1955 ja sen omistavat puoleksi PVO-Vesivoima Oy ja Tornionlaakson Sähkö Oy.</p> <p>Laitoksen automaatiojärjestelmä ennen revisiota oli toteutettu vanhalla logiikalla vuodelta 2006. Vanhan logiikan automaatio-osaajien puute, sekä se että laitos haluttiin liittää UPM Energyn valvoman kaukokäyttöjärjestelmän piiriin, joka vaatisi logiikalta kehittyneemmän tiedonsiirtoprotokollan, päättivät omistajayritykset uusia automaatiojärjestelmän ja siihen liittyvät oheislaitteistot. Kaukokäyttöjärjestelmään liittyvät työt rajattiin pääosin opinnäytetyön ulkopuolelle.</p> <p>Teoriaosuudessa käydään läpi vesivoiman toimintaa ja vaikutuksia yleisesti, vesivoimaloiden rakennetta, esitellään omistajayritysten historiaa, sekä käydään tarkemmin läpi projektin kohteena olevan Jolmankosken vesivoimalaitoksen rakennetta ja laitteistoa. Työn käytännön osuudessa käydään läpi uudistuksessa vaadittuja laitteistojen purkutoimenpiteitä, uusien asennustoimenpiteitä sekä niiden yhteydessä ilmenneitä vikoja ja korjaustoimenpiteitä, valmiiden asennettujen laitteistojen testaamista sekä laitoksen käyttöönottoa ja uudistuneen laitoksen dokumentoinnin muokkaamista ja päivittämistä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin onnistunut vesivoimalaitoksen automaatiojärjestelmän revision dokumentointi. Projektin onnistumisen myötä uuden kattavamman ja laadukkaamman automaatiojärjestelmän ansiosta laitosta on mahdollista kehittää ja uudistaa jatkossakin.</p> | | |

Asiasanat

Automaatio, dokumentti, generaattori, kenttälaitte, logiikka, sekvenssit, vesivoima

ABSTRACT

| | | |
|---|------------------------------|----------------------------------|
| Centria University of Applied Sciences | Date November 2023 | Author Jarkko Kerttula |
| Degree programme Electrical and automation engineering | | |
| Name of thesis JOLMANKOSKI HYDROPOWERPLANT AUTOMATION REVISION | | |
| Centria supervisor Kari Saaranen | Pages 47 | |
| Instructor representing commissioning institution or company Teemu Takkunen | | |
| <p>The thesis was carried out on behalf of PVO-Vesivoima Oy and Tornionlaakson Sähkö Oy at the Jolmankoski hydroelectric power plant. The Jolmankoski hydroelectric power plant was built in 1955 and is jointly owned by PVO-Vesivoima Oy and Tornionlaakson Sähkö Oy.</p> <p>The automation system of the plant, prior to the revision, was implemented using outdated logic from 2006. Due to the lack of expertise in the old logic among automation specialists, and the desire to integrate the plant into UPM Energy's monitored remote control system, which required a more advanced data transmission protocol from the logic, the owning companies decided to renew the automation system and its related peripheral equipment. Tasks related to the remote control system were mostly excluded from the scope of the thesis.</p> <p>The theoretical part covers the operation and general impacts of hydroelectric power, the structure of hydroelectric power plants, presents the history of the owning companies, and delves deeper into the structure and equipment of the Jolmankoski hydroelectric power plant targeted in the project. The practical part of the work includes dismantling procedures required for the renovation, installation procedures for new equipment, encountered faults and corrective actions during their installation, testing of installed equipment, commissioning of the plant, and the modification and updating of documentation for the renewed facility.</p> <p>As a result of the thesis, successful documentation of the revision of the hydroelectric power plant's automation system was achieved. With the success of the project and the implementation of a new, more comprehensive and higher-quality automation system, it is now possible to continue developing and modernizing the plant in the future.</p> | | |
| Key words Automation, document, field device, generator, hydro power, logic, sequences | | |

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

| | |
|---------------|--|
| DWG-tiedosto | AutoCAD-suunnitteluohjelmiston käyttämä alkuperäinen tiedostomuoto |
| I/O | Tulot ja lähdöt. (Input/Output) |
| MW | Megawatti |
| OPC | Open platform communications, yksi automaatio-sovelluksissa käytetyistä tiedonsiirto-standardeista |
| Putouskorkeus | Vesivoimalaitoksen ylä- ja ala-altaan välinen korkeusero |
| VDC | Tasajännite |

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 VESIVOIMA..... | 2 |
| 2.1 Vesivoima säätövoimana | 2 |
| 2.2 Vesivoima ja ympäristö | 3 |
| 3 VESIVOIMALAITOKSEN RAKENNE | 4 |
| 3.1 Kaplan turbiini | 5 |
| 3.2 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät..... | 6 |
| 4 POHJOLAN VOIMA OY..... | 8 |
| 4.1 Pohjolan Voiman perustaminen | 8 |
| 4.2 Pohjolan Voiman vesivoimalaitokset | 9 |
| 5 TORNIONLAAKSON VOIMA OY | 10 |
| 5.1 Tengeliönjoen vesivoimalaitokset..... | 10 |
| 5.2 Tornionlaakson Sähkö Oy..... | 11 |
| 6 JOLMANKOSKEN VESIVOIMALAITOS | 12 |
| 6.1 Säännöstely ja kalatalousvelvoitteet | 13 |
| 6.2 Generaattori ja turbiini | 13 |
| 6.3 Laitoksen automaatiosta ennen uudistamista | 15 |
| 7 AUTOMAATION UUDISTAMINEN | 21 |
| 7.1 Signaalilistat..... | 21 |
| 7.2 Tasasähköjärjestelmä | 22 |
| 7.3 Logiikka | 25 |
| 7.4 Operointipaneeli | 28 |
| 8 KYLMÄTESTAAMINEN | 30 |
| 8.1 Digitaliset tulot..... | 30 |
| 8.2 Analogiset tulot | 31 |
| 8.3 Digitaliset lähdöt..... | 34 |
| 8.4 Ohjelmalliset ja operointipaneelin testaukset | 34 |
| 9 KUUMATESTAAMINEN | 36 |
| 9.1 Käynnistyssekvenssit | 36 |
| 9.2 Käynnistys verkkoon ja pysäytyssekvenssit | 37 |
| 10 DOKUMENTOINTI..... | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 11 JOHTOPÄÄTÖKSET | 43 |
| LÄHTEET..... | 45 |
| LIITTEET | |
| KUVIOT | |
| KUVIO 1. Vesivoimalaitos | 5 |
| KUVAT | |
| KUVA 1. Jolmankosken vesivoimalaitos..... | 12 |
| KUVA 2. Generaattorin arvokilpi..... | 14 |
| KUVA 3. Johtopyörän säätäjämekanismi ja ohjaushydrauliikka..... | 15 |
| KUVA 4. Vanha SLC 500-logiikka | 16 |
| KUVA 5. Vanha automaatiokaappi releineen..... | 17 |
| KUVA 6. RSLinx Classic Lite-ohjelma | 19 |
| KUVA 7. Siemens OP270-operointipaneeli | 20 |
| KUVA 8. Uusi 24 ja 60 voltin tasasähköjärjestelmä..... | 24 |
| KUVA 9. Uusi automaation ohjauslogiikka analogiatulojen johtoterminaali irrallaan..... | 27 |
| KUVA 10. Simatic ProTool -paneelin ohjelmointiohjelma..... | 29 |
| KUVA 11. Analogisen tehoarvon simuloiminen..... | 33 |
| KUVA 12. Hälytyspiirikaavio SACO 16D3 hälytysyksiköllä | 40 |
| KUVA 13. Hälytyspiirikaavio ilman SACO 16D3 hälytysyksikköä..... | 41 |
| TAULUKOT | |
| TAULUKKO 1. Ote signaalilistasta tarvittavine tietoineen..... | 22 |
| TAULUKKO 2. Ote mittasignaaliavikojen testaamisesta operointipaneelille | 35 |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli osallistua Caverion Industrian työntekijänä PVO-Vesivoima Oy:n ja Tornionlaakson Sähkö Oy:n puoleksi omistaman Jolmankosken vesivoimalaitoksen automaation revisioon. Työ kattoi laitoksen automaatiojärjestelmän päivittämisen uudempaan sekä lisäämisen UPM Energyn etänä operoiman Valmetin toiminnanhallintajärjestelmän piiriin. Opinnäytetyö rajattiin laitoksella tapahtuvaan vanhojen automaatiolaitteistojen purkamiseen sekä uusien asentamiseen, vanhojen dokumenttien päivittämiseen sekä uusien luomiseen sekä testaus ja käyttöönottovaiheeseen. Itse en osallistunut laitoksen saattamiseen Valmetin kaukokäyttöjärjestelmän piiriin enkä siihen tarvittavien tehtävien tekemiseen. Ainoastaan työssä tehtävän dokumentaation osalta omaan työhöni liittyi Valmetin järjestelmän osuus.

Sain loistavan mahdollisuuden vuoden 2022 lopussa, kun pääsin töihin Caverion Industrialle automaatioinsinööriksi ja omaksi työhönottopaikakseni määrittyi Iin Raasakka. Caverionin puolesta vastaamme asiakkaamme PVO-Vesivoima Oy:n Iijoella, Kemijoella sekä Kokemäenjoella omistamien ja Tornionjoen sivujoella Tengeliönjoella puoliksi omistamien vesivoimalaitosten käynnissäpidosta, huolloista ja toiminnan kehittämisestä. Hyvin nopeasti työni aloitettua sain kuulla, että Tengeliönjoella olisi uudistamisprojekti alkamassa ja se voisi olla minulle mainio mahdollisuus sekä lisätä omaa osaamista automaatiojärjestelmistä, niiden suunnittelemisesta, asentamisesta ja käyttöönotosta että myös hyvä aihe toteuttaa opinnäytetyö.

Työ toteutettiin PVO-Vesivoima Oy:n ja Tornionlaakso Sähkö Oy:n yhteisestä toimeksianosta. Työn toteutuksesta vastasi Caverionin henkilöstö sekä jo aiemmista yhteistyöprojekteista tuttu, erityisesti Allen Bradley'n järjestelmiin perehtynyt automaatio-ohjelmoija. Lisäksi PVO-Vesivoima Oy:n sekä Tornionlaakso Sähkö Oy:n henkilöstö konsultoi projektia automaatioasiantuntijan, sähköasennusten ja tilaajien roolissa ja vastasi laitoksen liittämisestä Valmetin kaukokäyttöjärjestelmän piiriin yhteistyössä Valmetin henkilöstön kanssa.

2 VESIVOIMA

Jo hyvin pitkiä aikoja on veden liike-energiaa valjastettu mekaaniseksi energiaksi, jonka avulla on voitu esimerkiksi jauhaa viljaa, sahata puuta tai takoa rautaa. Tämän päivän vesivoiman peruseriaatteena on vesivoimalaitosten läpi virtaavan veden liike-energian muuttaminen sähkögeneraattoreiden avulla sähköenergiaksi. (Vesivoiman historiaa.) Yksinkertaistettuna tämä tapahtuu patoamalla vesi voimalaitoksen yläpuolelle, minkä jälkeen vesi pudotetaan voimalaitoksen läpi padon alapuolelle. Veden putoamisvoima pyörittää tällöin laitoksen turbiinia, joka puolestaan pyörittää siihen kiinnitettyä generaattoria, joka taas muuntaa tämän voiman sähköksi. Vesi on myös tehokas tapa varastoida energiaa. Keväisin sulava vesi sekä sadevesi varastoidaan voimalaitosten ja patojen yläpuolisiin järviin ja varastoaltaisiin, jossa sitä on käytettävissä myös kuivalla säällä sekä talvella. Näitä altaita käytetään vuodenaikojen vaihteluiden tuomiin tuotantotarpeiden muutoksiin esimerkiksi talvisin sekä kuivina kesäaikoina. (Vesivoiman tuotanto.)

2.1 Vesivoima säätövoimana

Vesivoima toimii myös erinomaisena säätövoimana. Tällä tarkoitetaan sähkön tuotannon lisäämistä silloin, kun kulutus on suurinta, sekä vähentämistä silloin, kun kysyntä pienenee. Sähkön kulutuksen vaihteluihin pystytään vesivoimalla vastaamaan selvästi muita tuotantomuotoja nopeammin ja näin ollen myös takaamaan Suomen huoltovarmuutta sekä kilpailukykyä. Vesivoimalla voidaan reagoida myös erilaisiin sähköverkon häiriötilanteisiin muutamissa sekunneissa, mistä johtuukin, että sähköhuolto äkillisissä häiriötilanteissa hoidetaan Suomessa 90 prosenttisesti vesivoimalla. Myös jatkuva tuulivoiman rakentamisen kasvu lisää entisestään nopean tehonsäädön tarvetta, mikä taas edellyttää toimivaa ja riittävää vesivoiman tuotantoa myös tulevaisuudessa. (Säätövoima.)

2.2 Vesivoima ja ympäristö

Yksi ilmastonmuutoksen tehokkaimpia torjuntakeinoja on tähtääminen entistä hiilineutraalimpaan yhteiskuntaan, joka taas käytännössä tarkoittaa uusiutuvien ja kestävien energiantuotantomuotojen lisäämistä ja fossiilisten polttoaineiden vähentämistä. Energiayhtiöt ovatkin nykyään ensi sijassa investoimassa ennen kaikkea puhtaaseen energiaan. Tässä vesivoima onkin yksi keskeisempiä tekijöitä uusiutuvalla, kotimaisella sekä päästöttömällä energiallaan. (Miksi vesivoima?.)

Vaikka vesivoima onkin uusiutuvana ja päästöttömänä energian tuotantomuotona yksi puhtaimmista, ei sen ympäristövaikutukset kuitenkaan täysin olemattomat ole. Merkittävimmät vesivoimasta aiheutuvat ympäristövaikutukset syntyvät jo rakennusvaiheessa. Padot sekä säännöstelyaltaat vaikuttavat luonnollisiin kalakantoihin ja kalastukseen, koska niiden takia kalojen ja muiden eliöiden kulkeminen vesistöissä vaikeutuu. Etenkin vaelluskalat kuten lohi sekä meritaimen kärsivät tästä, koska niiden vaellus kuta- sekä syöntialueille estyy. Vesivoimayhtiöt tekevät kuitenkin monenlaisia toimenpiteitä kalakantojen ja niiden elinolojen parantamiseksi. Tällaisia ovat muun muassa erilaiset ohitusratkaisut, istutukset, kunnostukset sekä kalastusrajoitukset. (Miksi vesivoima?.)

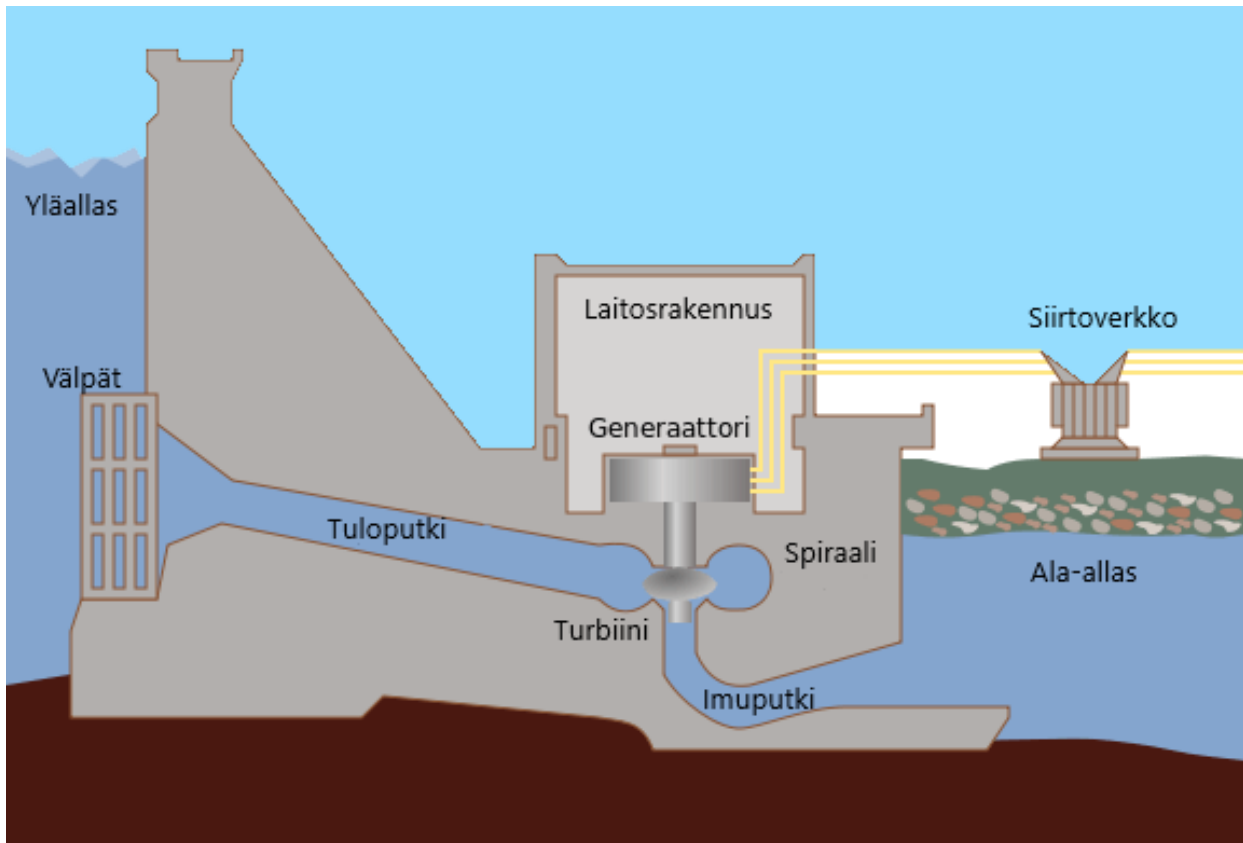
Myös tuotannon säännöstelystä aiheutuvat vedenkorkeuden sekä virtaaman muutokset aiheuttavat erilaisia haittoja rantakasvillisuudelle sekä linnustolle ja tämä voi näkyä esimerkiksi rantojen eroosiona. Vesivoimayhtiöt pyrkivätkin erilaisilla ekosysteemipalveluilla pitämään huolta itse vesistöjen lisäksi myös lähialueiden ympäristönhoidosta. Rantoja myös suojataan eroosiolta vahvistamalla niitä soran ja louheen tai pohjakivien avulla. Koko vesivoimala on myös sitoutunut kalojen elinolojen parantamiseen, sekä yhtiöt ovat mukana erilaisissa kehittämishankkeissa, joissa säännöstelyä pyritään jatkuvasti kehittämään yhteistyössä eri tarpeet huomioiden. Lisäksi vesivoiman avulla kyetään myös torjumaan tulvien aiheuttamaa vedennousua sekä niistä aiheutuvia vahinkoja. (Miksi vesivoima?.)

3 VESIVOIMALAITOKSEN RAKENNE

Vesivoimalaitoksen rakenne kokonaisuutena koostuu laitosrakennuksen yhteydessä olevasta padosta, sen takana olevasta pato- eli yläaltaasta, padon alla sijaitsevasta imuaukosta ja sen jälkeisestä tulokanavasta eli tuloputkesta, jota pitkin putoukskorkeuden määrittelemällä paineella tuleva vesi virtaa laitoksen alapuolella sijaitseville turbiineille. Itse laitosrakennuksen suurimpia mekaanisia komponentteja ovat turbiini sekä generaattori. (Vesivoimalan toiminta 2023.)

Laitoksen tuloputken suulla sijaitsevat välpät, eli turbiinia suojaavat vahvasta teräksestä valmistetut ritilät, jotka estävät suurimpien kappaleiden pääsyn turbiiniin sekä tuloputken luukut, joilla voidaan sulkea turbiinin vesitie mahdollisten huolto- ja korjaustöiden ajaksi. Tuloputken turbiinin puoleisessa päässä sijaitsee spiraali, jolla pystytään ohjaamaan turbiinille tuleva vesimassa turbiinin pyörimissuunnan suuntaisesti ja näin ollen saamaan enemmän irti veden liike-energiasta. (Haapakoski 2011, 38, 34, 17.)

Turbiinin läpi virtaava vesi putoaa imuputkeen, josta se siirtyy ala-altaaseen ja jatkaa luonnollista kulkuaan joen alavirtaan. Imuputken päässä sijaitsevat tuloputken luukkujen kanssa samantapaiset imuputken luukut, joiden käyttötarkoitus on myös huolloissa ja erilaisissa korjaustilanteissa, jotta turbiinin vesitiet voidaan saada täysin tyhjäksi. (Haapakoski 2011, 35.)



KUVIO 1. Vesivoimalaitos (mukaillen Wikipedia 2023)

3.1 Kaplan turbiini

Tässä tarkastelussa keskitytään Kaplan-malliseen turbiiniin, koska sen eräs variaatio on tämän opinnäytetyön aiheena olevassa laitoksessa. Turbiini koostuu itse turbiiniakselista, joka alkaa laitoksen sisätiloista generaattorin roottorin korkeudelta ja jatkuu laitoksen koon mukaan aina useita metrejä vesiteihin asti, jossa sen päässä sijaitsee veden liike-energian vastaanottava ja sen vääntömomentiksi muuttava juoksupyörä (Haapakoski 2011, 14). Juoksupyörässä on yleensä neljä tai viisi säädettävää siipeä, joilla saadaan säädettyä virtaavan veden paineesta muodostuvaa kierrosnopeutta (Czech inventors).

Turbiinikokonaisuuteen kuuluvaa johtopyörää voidaan kuitenkin pitää sen tärkeimpänä komponenttina. Johtopyörä sijaitsee vesiteissä juoksupyörän ympärillä ja on johtosiipineen

eli solukkoineen ainoa kanava, jonka läpi virtaava vesi pääsee juoksupyörää pyörittämään. Johtopyörän rakenne koostuu yleensä 12–24 kiertyvästä johtosiivestä ja näitä ohjaavista säätövivusta sekä lenkeistä. (Haapakoski 2011, 15.) Johtopyörän tehtävänä on johtosiipien kulmaa säätämällä veden tulovirran muuttaminen, toiminta tilavuusvirran säätävänä osana sekä turbiinin tehon säätäjänä (Korpinen 1998). Yhdessä juoksupyörän kääntyvien siipien kanssa, johtopyörän solukoiden sopivalla avauksella sekä putouskorkeudella voidaan optimoida laitoksen hyötysuhdetta halutulla tavalla

3.2 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät

Vesivoimalaitoksen sähkö- ja automaatiojärjestelmän tärkeimmät komponentit koostuvat generaattorista, keski- ja pienjännitejärjestelmästä, tehomuuntajasta verkkoon liittymistä varten, omakäyttömuuntajasta, apusähköjärjestelmästä sekä erilaisista valvonta-, ohjaus- ja suojausjärjestelmistä (Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja 2003, 1). Nykyaikaisissa vesivoimalaitoksissa ohjaus- ja suojausjärjestelmät toteutetaan automaatiojärjestelmien avulla, jotka koostuvat useimmiten paikallisväylien avulla toisiinsa liitetyistä ohjelmoitavista prosessiohjausasemista (Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja 2003, 2). Tämän takia on voimaloiden käyttö ja valvonta pystytty siirtämään suurilta osin etänä tapahtuvaksi.

Ohjausjärjestelmät ja niissä tapahtuvat tehtävät on yleensä jaettu vielä yhteisiin sekä koneistokohtaisiin toimintoihin. Laitoksella tapahtuviin yhteisiin toimintoihin kuuluvat muun muassa kytkinlaitosten ja tulvaluukkujen ohjaukset, pinta- ja virtaamasäädöt, tehonjako koneistojen välillä sekä energian laskenta. Koneistokohtaisiin toimintoihin lukeutuvat puolestaan käynnistys- ja pysäytyssekvenssit, turbiinin ja jännitteen säädöt, hydrauliiikan automatiikka, lämpötilavalvonnat sekä koneistojen sulkuluukkujen ohjaukset. (Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja 2003, 2–3.)

Vesivoimalaitosten ohjausjärjestelmien kanssa yhteistyössä toimiva relesuojaus muodostaa sen sähköisen suojauksen kokonaisuuden. Relesuojaus voidaan jakaa eristysvikoja sekä käyttöä valvoviin suojiin. Johtuen pitkälti nykyisten laitosten etäkäytettävyydestä sekä miehittämättömyydestä on vesivoimalaitoksille asetettu suuret kestävyysvaatimukset. Tämä tarkoittaa käytännössä myös sitä, että ohjaus- ja suojausjärjestelmien on oltava sekä käytettävyydeltään että luotettavuudeltaan erittäin hyviä. (Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja 2003, 3.)

4 POHJOLAN VOIMA OY

Puolet tämän opinnäytetyön aiheena olevasta Jolmankosken vesivoimalaitoksesta omistaa PVO-Vesivoima Oy, joka on Pohjolan Voima -konsernin yksi tytäryhtiöistä (Tytär- ja osakkuusyhtiöt 2023). Tässä luvussa tutustutaan Pohjolan Voiman historiaan ja vesivoiman kehitykseen.

4.1 Pohjolan Voiman perustaminen

Pohjolan Voima Osakeyhtiö perustettiin 1943 tarkoituksenaan hankkia vesivoimaa ja rakentaa sen käyttämiseksi voimalaitoksia kytkinlaitoksineen, joista annetaan sähköenergiaa ensisijassa yhtiön osakkaiden käytettäväksi. Yhtiön kotipaikkana toimii Helsinki. (Gullman 2018, 17.) Vuoden 1943 alkupuolella sodan lopputulos alkoi hämmöttää ja Suomessa pelättiin, että valtakunnan rajan mahdollisen siirtymisen takia Neuvostoliitolle jäisi mm. voimalaitoksia. Näin kävikin ja lopulta yli 10 prosenttia kaikesta sähköntuotannosta jäi uuden rajan taakse. (Gullman 2018, 25.)

Käytännössä yhtiön alullepanijana toimi Yhtyneet Paperitehtaat Oy, nykyinen UPM, sekä heidän pyrkimyksensä vapaiden koskiosuuksien investoimiseksi ja uusien vesivoimalaitosten rakentamiseksi. Koskiostot herättivätkin nopeasti myös muut vesivoimasta kiinnostuneet yhtiöt ja lopulta Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Ab Kemi Oy, Kajaanin Puutavara Oy, Kymi Oy, Veitsiluoto Oy, Rauma-Raahe Oy, Enzo-Gutzeit Oy ja Oulu Oy olivat ensimmäiset osakkaat ja perustajat ja yhtiön perustamiskokous pidettiin 13.7.1943. Lopulta Pohjolan Voiman hallussa koskiostojen jälkeen oli 70 prosenttia Kemijoen, eli Kemijärven ja meren välisen uoman vesivoimasta sekä Iijoella kolme neljäsosaa Taivalkosken ja meren välisen uoman vesivoimasta. (Gullman 2018, 25.)

4.2 Pohjolan Voiman vesivoimalaitokset

Ensimmäiseksi Pohjolan Voiman vesivoimalaitokseksi päätettiin lopulta rakentaa Isohaaran voimalaitos Kemijoelle. Kemijoki valikoitui paikaksi, koska sodan loppupuolella vetäytyvät saksalaiset olivat räjäyttäneet joen ylittävät sillat ja tuhonneet näin ainoan rautatieyhteyden sen yli. Pohjolan Voima lupasi rakentaa vuodessa rautatie- sekä maantiesillat joen yli, jos se saisi samaan yhteyteen rakentaa myös vesivoimalaitoksen sekä käyttää sillan rakenteita osana säännöstelypatoa. Isohaaran ensimmäinen koneisto saatiin lopulta käyttöön joulukuussa 1948 ja sähköntoimitukset alkoivat 23.12.1948. (Gullman 2018, 25–26.) Yhtiön toista voimalaitosta alettiin suunnitella 1951 Jumiskojoen vesistöalueelle Kemijärveen. Jumiskon voimalaitos valmistui 1954. Se rakennettiin kallion sisään ja 96 metrillä sillä on edelleen Suomen suurin putouskorkeus. (Gullman 2018, 33.)

Seuraavaksi Pohjolan Voiman vesivoimarakentaminen siirtyi Iijoelle, jonne ensimmäinen Pahkakosken voimalaitos valmistui 1961. Iijoella voimalaitokset rakennettiin nopeaan tahtiin, joka käytännössä tarkoitti päätöstä seuraavan laitoksen rakentamisesta jo ennen edellisen laitoksen valmistumista. Tällä varmistuttiin työmiesten, koneiden ja parakkien järkevästä siirtämisestä aina seuraavalle työmaalle. Pahkakosken jälkeen Iijoelle rakentui vielä neljä voimalaitosta lisää, Haapakosken 1963, Kierikin 1965, Maalismaan 1967 ja Raasakan voimalaitos 1971. (Gullman 2018, 45.) Tultaessa 1980-luvulle Pohjolan Voimalla oli valmisteilla uusia säännöstely- ja rakentamissuunnitelmia Ijoen keskijuoksulle, mutta vuonna 1986 eduskunnan hyväksymä koskiensuojelulaki torppasi nämä suunnitelmat ja käytännössä lopetti vesivoiman rakentamisen laissa säädetyllä 53 vesistöllä, joista Iijoki oli yksi. (Gullman 2018, 59.)

Tänä päivänä Pohjolan Voimalla on yhteensä 18 voimalaitosta ja yhteensä se tuottaa noin viidenneksen Suomessa tuotetusta sähköstä. Vuonna 2022 sähköntuotantomäärän ollessa 12,2 terawattituntia ja lämmön 3,1 terawattituntia. (Tuotamme sähköä ja lämpöä 2023.) Vesivoimalaitoksia näistä voimalaitoksista on yhteensä 13 kpl.

5 TORNIONLAAKSON VOIMA OY

Tornionlaakso Voima Oy perustettiin 1980. Yhtiö on tasapainoyhtiö, jonka osakkeet omistavat puoleksi PVO-Vesivoima Oy sekä Tornionlaakson Sähkö Oy. Yhtiöllä ei ole omaa henkilökuntaa, vaan sen palvelut hoitaa Tornionlaakson Sähkön henkilökunta. (Tornionlaakson Voima Oy 2023.) Opinnäytetyön kohteena olevan projektin myötä entisten Tornionlaakson Sähkön henkilökunnan kunnossapitämien PVO-Vesivoiman kanssa yhteisomistajuudessa olevien vesivoimalaitoksien kunnossapidosta vastaa jatkossa Caverion.

5.1 Tengeliönjoen vesivoimalaitokset

Ab Aavasaksa Oy, entinen Ab Tengeliö Oy, rakensi 1920-luvulla Tengeliönjoen Haapakoskeen puuhiomon, jonka käyttövoimaksi tuli kolmiturbiininen Haapakosken voimalaitos. Myöhemmin suomalainen poliittinen taustavaikuttaja eversti Ragnar Nordström osti Ab Aavasaksa Oy:n ja muutti sen nimeksi Aavasaksa Oy. Nordström perusti myös toisen yhtiön, Länsi Lapin Voima Oy:n, jonka nimissä hän alkoi rakentamaan toista voimalaitosta Tengeliönjokeen. Näin alkunsa saanut Kaaraneskosken voimalaitos valmistui 1954. Tämän jälkeen Nordström rakennutti joen pienimmän, Jolmankosken voimalaitoksen, joka valmistui 1955. (Honka & Pikkupirtti 2017, 26–27.)

Myöhemmin Nordströmin yhtiöt ajautuivat rahoitusvaikeuksiin ja useammat vakuutusyhtiöt ostivat ne. Viimeisin Tengeliönjoen vesivoimalaitoksista valmistui 1987 Haapakosken vanhan voimalaitoksen alapuoliseen suvantoon, jolloin putouskorkeus saatiin nostettua 16,5 metriin. Voimalaitos on nimeltään Portimokosken voimalaitos ja sen myötä vanha Haapakosken voimalaitos jäi käyttämättömäksi. Tengeliönjoen vesistöalue on tämän jälkeen suojeltu koskiensuojelulailla ja näin ollen sinne ei lain mukaan saa myöntää uutta voimalaitoksen rakennuslupaa. (Honka & Pikkupirtti 2017, 27.)

5.2 Tornionlaakson Sähkö Oy

Tornionlaakson Sähkö Oy perustettiin 1947 ja vuodesta 1995 lähtien se on toiminut verkko-yhtiönä Tornion, Ylitornion, Pellon ja Kolarin kuntien alueella sekä osassa Muoniota (Tornionlaakson Sähkö Oy 2023). Tornionlaakson Sähkön emoyhtiönä toimii Pellon Sähkö Oy ja vuonna 2016 Tornionlaakson Sähkö vuokrasikin Pellon sähkön omistaman sähköverkon ja sen alueen kaikki verkkotoiminta siirtyi Tornionlaakson Sähkön vastuulle. Tämä ei sinällään käytännön toimintaan kuitenkaan tuonut suuria muutoksia, koska konsernisuhteessa oli jo aikaisemmin hyödynnetty Tornionlaakson Sähkön olemassa olevan henkilöstön osaamista. (Pellon Sähkö Oy 2023.)

6 JOLMANKOSKEN VESIVOIMALAITOS

Projektin keskiössä oleva Jolmankosken vesivoimalaitos sijaitsee Ylitorniolla Raanujärven Kyläniemessä, Raanujärven ja Vietosen välisessä Jolmankoskessa. Tämä taas on osa Tornionjoen vesistön sivujokea, Tengeliönjokea. (Vesivoimalaitokset 2023.) Laitos on hyvin pieni vesivoimalaitos niin kooltaan kuin teholtaankin, tuottaen keskimäärin vain 0,5 MW:n tehon. Putouskorkeus laitoksella on 5 metriä. Laitos rakennettiin vuonna 1955 ja sen omistavat puoleksi Pohjolan Voiman vesivoimayhtiö, PVO-Vesivoima Oy sekä Tornionlaakson Sähkö Oy. (Jolmankoski 2023.)



KUVA 1. Jolmankosken vesivoimalaitos

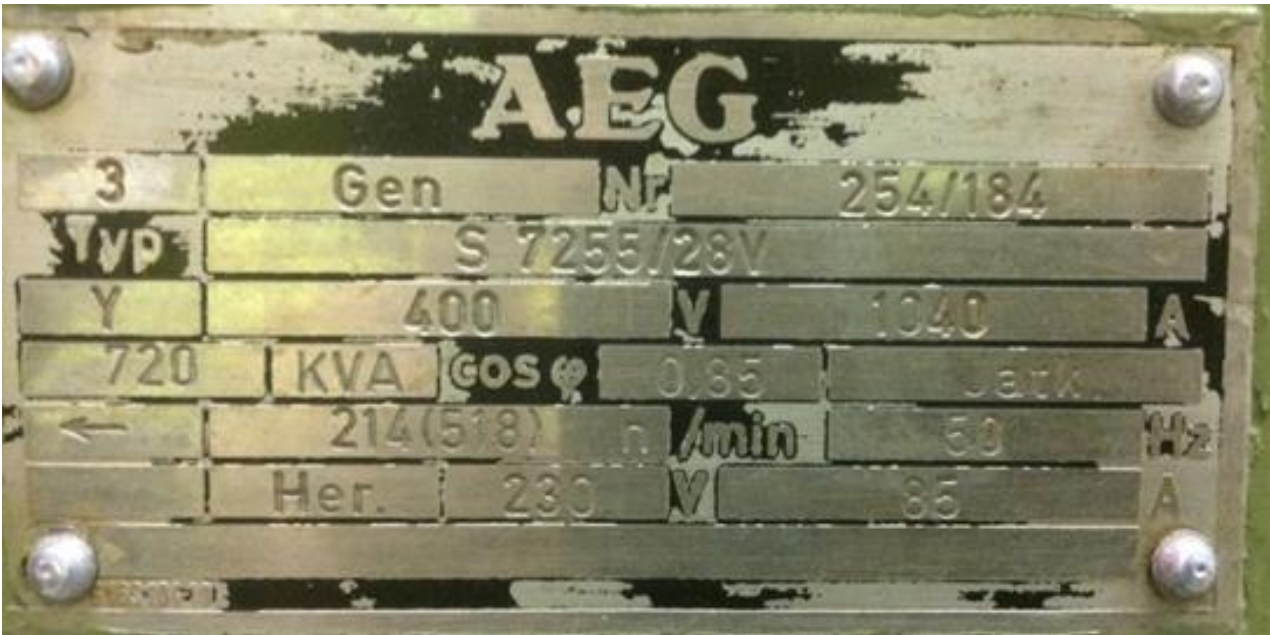
6.1 Säännöstely ja kalatalousvelvoitteet

Johtuen voimalaitoksen sijainnista ja Jolmankosken koosta ei voimalaitokselle ole voitu rakentaa kalatietä turvaamaan vaelluskalojen nousureittiä laitoksen kohdalla. Tämän takia laitoksen omistajille on määrätty Pohjois-Suomen ympäristölupaviraston 13.9.2005 antamassa päätöksessä istutusvelvoite. Käytännössä tämä tarkoittaa vuosittaista Lapin työvoima- ja elinkeinokeskuksen hyväksymien kalalajien istuttamista riittävän kalakannan turvaamiseksi. (Linnunmaa Oy 2017, 122.)

Lisäksi laitos kuuluu säännöstelyyn piiriin. Tällä tarkoitetaan molempien, sekä ylä- että alaltaan, Raanujärven ja Vietosen pinnankorkeuden säännöstelyä laitoksen avulla. Säännöstelyä tarvitaan, koska Tornionjoki sekä myös sen sivujoet ovat suuren tulvariskin aluetta. Tulvat taas voivat aiheuttaa mittavia vahinkoja uomien läheisyydessä oleville rakennuksille sekä tiestölle. (Honka & Pikkupirtti 2017, 17–20, 28)

6.2 Generaattori ja turbiini

Jolmankosken laitoksen generaattorina toimii AEG:n S 7255/28V-tyyppinen generaattori. Generaattorin tuottama maksimiteho on 720 kVa 0,85:n tehokertoimella ja 400 V:n jännitteellä, mutta pääsääntöisesti koneella tuotetaan n. 500 kVa:n tehoa. Näin tehdään, koska turbiinin mekaaninen kapasiteetti ei mahdollista enempää tehoa, vaikka generaattorin myötä se olisi-kin mahdollista. Laitoksen puistomuuntamolla koneen tuottama 400 V:n jännite muunnetaan laitoksen vieressä sijaitsevan sähköaseman haluttuun 20 kV:n jakeluverkon jännitteeseen, josta se edelleen muunnetaan sähköaseman 20/45 kV:n muuntajalla alueen siirtoverkkoon. (Määttä 2017.)



KUVA 2. Generaattorin arvokilpi

Laitoksen voimakoneena toimii Maier-merkkinen, puoli-kaplan-tyyppinen turbiini. Turbiinin nimellispyörimisnopeus on 214 r/min, ryntäysnopeus 518 r/min ja maksimivesimäärä 13 m³/s. Laitoksen putouskorkeus vaihtelee 3,5 metristä 5,5 metriin, mutta suurin osa sen tuottamasta energiasta tuotetaan noin 4–5 metrin putouskorkeudella. (Määttä 2017.) Turbiinin johtopyörän ohjaus on toteutettu hydraulikalla, mikä tarkoittaa käytännössä koneen tehon säätelyä tämän hydraulikan avulla, koska koneen juoksupyörän asennon muuttaminen tapahtuu ainoastaan käsin säätökammesta. (Miettinen 2017, 3.) Tämä tarkoittaa myös sitä, että koneen kombinointia, eli johtopyörän asennosta riippuvaista juoksupyörän asennon muuttamista putouskorkeuden funktiona ei tällä laitoksella tapahdu. Näin ollen laitoksen valvojien ja operaattoreiden on oltava aina tietoisia koneen juoksupyörän asennosta, mikäli johtopyörän asentoa tai putouskorkeutta muutetaan, jottei koneen juoksupyörä ja sitä kautta koko turbiini joutuisi liian suuren rasituksen alle ja vaurioituisi. Käytännössä vaurioitumisen vaara on kuitenkin suhteellisen pieni, koska kyseessä on teholtaan ja putouskorkeudeltaan niin pieni laitos.



KUVA 3. Johtopyörän säätjämekanismi ja ohjaushydrauliikka

6.3 Laitoksen automaatiosta ennen uudistamista

Automaatiojärjestelmä oli laitoksella toteutettu ennen uudistusta Rockwell automationin Allen-Bradley SLC 500-logiikalla (KUVA 4). vuodelta 2006. Logiikan prosessorina toimi 1747-L531 -mallin SLC5/03-prosessori tehollähteenään 19,2–28,8 voltin tasajännitteellä toimiva 1746-P3 -malli. I/O laitoksella koostui 16:sta 1746-NI16I-tyyppin analogisesta tulokanavasta, 32:sta 1746-IB32-tyyppin digitalisesta tulokanavasta sekä 32:sta 1756-OB32-tyyppin digitalisesta lähtökanavasta. Lisäksi operointipaneelina laitoksella toimi Siemensin OP270 -mallin näyttöpaneeli. Jolmankosken laitoksen koon takia on se toteutettu vain yhdellä operointipaneelilla. (Määttä 2017.)

SLC 5/03 kuuluu niin sanottujen mikrologiikoiden sarjaan, joka tarkoittaa siihen kytkettävien sisään- ja ulostulopisteiden pientä rajallista määrää sekä huonompaa muistia kehittyneimpiin logiikoihin verrattuna (SLC 5/03, SLC 5/04, and SLC 5/05 Modular Processors 2008). Koska aikaisemmasta automaatiosta vastannut vanhentunut ja heikompileatuinen logiikka ei ole pystynyt käsittelemään monimutkaisia ohjelmallisia sovelluksia, oli laitoksella toteutettu automatiikka suurimmilta osin relelogiikkana.



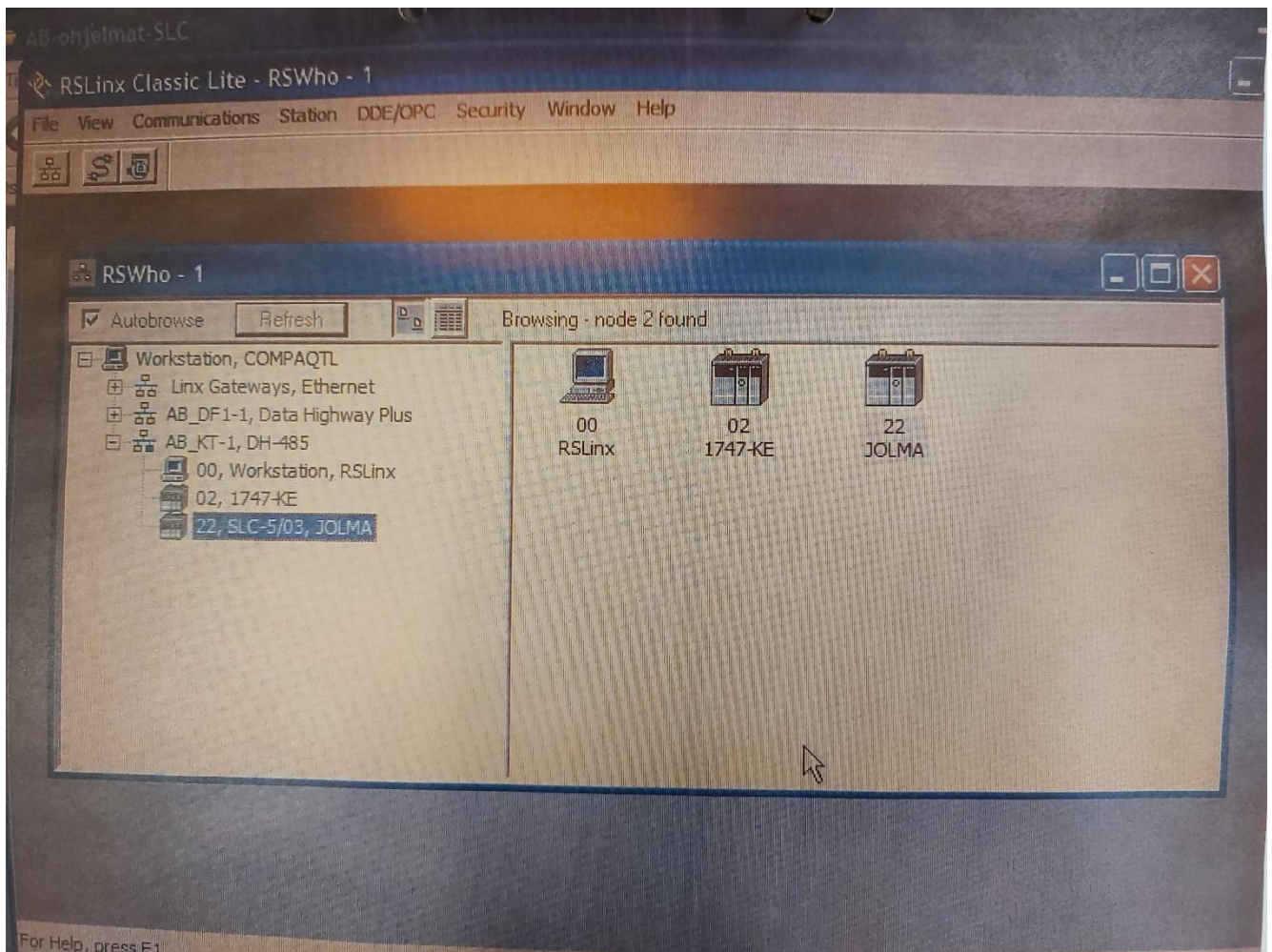
KUVA 4. Vanha SLC 500-logiikka



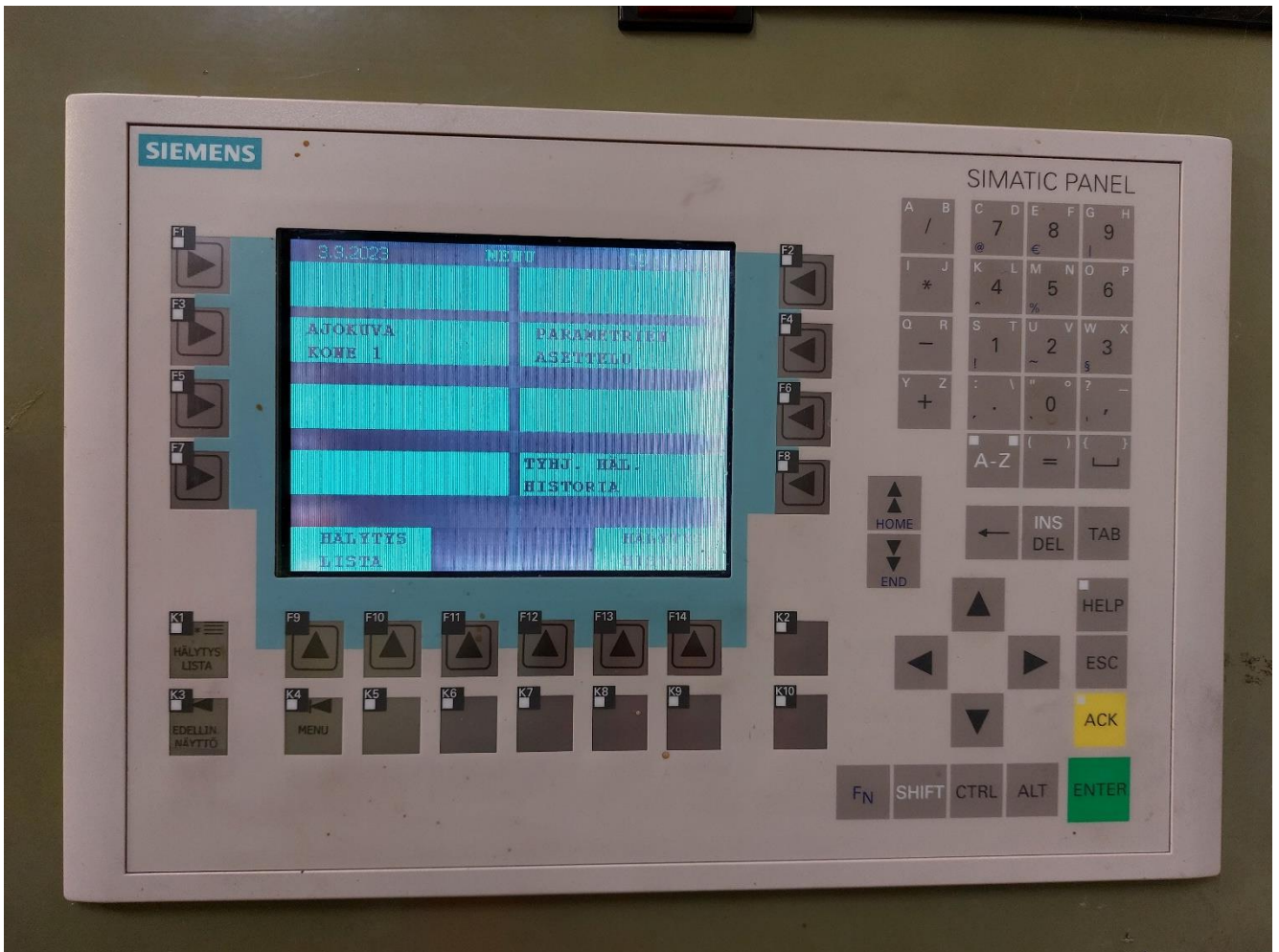
KUVA 5. Vanha automaatiokaappi releineen

Laitoksella sijaitseva laitos-PC on toiminut ohjelmointi-PC:nä, jolla on voitu toteuttaa muutoksia ohjelmaan ja päästä tutkimaan ja selvittämään laitoksella tapahtuvia vikatilanteita ohjelmallisesta näkökulmasta. Laitos-PC on varustettu RSLogix 500-ohjelmalla, joka takaa työkalut ohjelmien konfigurointiin, testaukseen ja diagnostiikkaan. RSLogix 500 onkin suunniteltu erityisesti SLC 500- sekä MicroLogix-sarjojen ohjainalustojen ohjelmointiin (Allen-Bradley PLCs 2014). Toisena ohjelmana automaatiojärjestelmän tukena laitos-PC:llä vastasi kuvassa 6 näkyvä RSLinx Classic Lite-ohjelma. Tällä ohjelmalla hoidetaan pääsääntöisesti automaatiolaitteiden kommunikointia, tässä tapauksessa OPC yhteyttä laitos-PC:n ja ohjainten välillä (Allen-Bradley PLCs 2014).

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, laitoksen ainoana paikallisena operointipaneelina toimi Siemensin OP270 -mallin näyttöpaneeli, jolla voitiin tutkia paikallisesti hälytys- ja tapahtumalistoja sekä asetella ja muuttaa tiettyjä koneen parametrejä, joille on ohjelmassa annettu lupa niitä paneelilta muutettavan. Sama operointipaneeli kuvassa 7 jäi myös uudistuksen jälkeen laitokselle toimintaan, toki uudelleen konfiguroituna ja uusilla asetuksilla.



KUVA 6. RSLinx Classic Lite-ohjelma



KUVA 7. Siemens OP270-operointipaneeli

7 AUTOMAATION UUDISTAMINEN

Jolmankosken vesivoimalaitoksen automaation uudistamista oli suunniteltu jo pitkälle ja näin ollen muun muassa osat sekä uudistuksien alaisena olevat kohteet olivat jo hyvin tiedossa ennen aloittamistani projektin parissa. Oman työni osuus projektissa alkoi Valmetin kaukokäyttöön liittyvillä töillä, muun muassa laitoksen signaalilistan tekemisellä ja jatkui tästä laitoksella tapahtuvien käytännön töiden parissa. Näihin töihin kuului automaatiojärjestelmään kuuluvien laitteistojen asennukseen ja ohjelmointiin osallistumista, riittävien kylmä- sekä kuumatestien tekemistä sekä valmiin laitoksen käyttöönottoa. Lopuksi työhöni kuului päivittää laitoksen dokumentaatio muutosten osalta sekä koko dokumentaation tallentaminen.

7.1 Signaalilistat

Vaikka osuus laitoksen liittämisestä Valmetin kaukokäyttöjärjestelmän piiriin sekä sen kehitys ja käyttöönotto onkin suurimmilta osin rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, oli signaalilistan teko laitoksen automaation ja Valmetin kaukokäyttöjärjestelmän välillä ensiarvoisen tärkeä osa projektia, jotta koko kaukokäyttöjärjestelmä voitiin saada toimimaan.

Signaalilistan tekeminen vaati viimeisimmän version laitoksen I/O-listasta, jotta varmasti kaikki automaatioon liitetyt toiminnot tuli listattua myös signaalilistaan ja tätä kautta myös Valmetin järjestelmään. I/O-listaan on listattu kaikki laitoksen automaatioon liitetyt toiminnot ja tapahtumat, mitä tietoja automaation analogiakorteille tulee ja mitä niiltä lähtee, mitä tietoja automaation binäärikorteille tulee ja mitä niiltä lähtee sekä erilaiset tapahtuma- ja hälytystiedot. Kaikilla näillä automaation toiminnoilla on I/O-listassa jonkunlainen tunnus. Tunnukset koostuvat yleensä laitoksen koneen positiosta, kenttälaitteen positiosta, mittauk-

sen ollessa kyseessä sen laadusta sekä kirjain- ja numeroyhdistelmästä, jolla ilmaistaan esimerkiksi pintakytkimen ylä- tai alaraja. Kaikille näille tunnuksille oli signaalilistaa tehdessä luotava toinen tunnus, jolla paikalliseen automaatioon tuleva tieto voitiin viedä kaukokäyttöjärjestelmään. Tunnukset pysyivät kaukokäyttöön siirrettäessä pitkälti samoina, ainoastaan Jolmankosken laitoksen tapauksessa tunnuksen eteen lisättiin JOL-alku, jotta kaukokäyttöjärjestelmässä voitiin tunnistaa, mille laitokselle mikäkin tunnus kuului.

Lisäksi erilaisille tapahtumille ja hälytyksille oli luotava omat tunnuksensa signaalilistaan. Monet näistä olivatkin huomattavasti haastavampia toteuttaa, koska tapahtumat ja hälytykset olivat I/O-listassakin pelkkänä kuvaavana tekstinä, esimerkiksi ”Pikasulku voimassa” tai ”Öljysäiliön pinta hälyttää”. Koska Valmetin järjestelmään ei pystynyt lisäämään kuin maksimissaan 20 merkkisiä tunnuksia, oli näitä hälytys- ja tapahtumatekstejä lyhenneltävä runsaasti, kuitenkin niin että eteen saatiin mahdutettua laitosta kuvaava JOL-positio ja koko tunnuksen kuvaus oli silti edelleen tunnistettavissa.

TAULUKKO 1. Ote signaalilistasta tarvittavine tietoineen

| | VALMET TAG | TAG LENGTH | SIGNAALI | NAME 20 | DESCR. LENGTH | NAME 40 | NAME LENGTH | IEC-104 OSOITE | SKAALAUUS | I/O |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------------|---------------|------------------------|-------------|----------------|-----------|-------------------|
| JOL | JOL_GEN_JANNITE | 15 | 4-20mA | GEN. JÄNNITE | 12 | GENERAATTORIN JÄNNITE | 21 | 10012 | | AI = ANALOG INPUT |
| JOL | JOL_GEN_VIRTA | 13 | 4-20mA | GEN. VIRTA | 10 | GENERAATTORIN VIRTA | 19 | 10013 | | AI = ANALOG INPUT |
| JOL | JOL_TURP_AVAUS | 14 | 4-20mA | TURPIININ AVAUS | 15 | TURPIININ AVAUS | 15 | 10014 | | AI = ANALOG INPUT |
| JOL | JOL_GEN_TAAJUUS | 15 | 4-20mA | TAAJUUS | 7 | TAAJUUDEN ASETUS | 16 | 10015 | | AI = ANALOG INPUT |
| JOL | JOL_RAAN_PINTA | 14 | 4-20mA | RAANUJÄRVEN PINTA | 17 | RAANUJÄRVEN VEDENPINTA | 22 | 10016 | | AI = ANALOG INPUT |
| JOL | JOL_VIET_PINTA | 14 | 4-20mA | VIETONEN PINTA | 14 | VIETONEN VEDENPINTA | 19 | 10017 | | AI = ANALOG INPUT |

7.2 Tasasähköjärjestelmä

Käytännön asennustyöt laitoksella käynnistyivät vanhojen osien purkamisella. Purkutyöt kattoivat laitoksen vanhan logiikan lisäksi myös vanhan tasasähköjärjestelmän purun varajineen. Koska monet laitoksen turvallisen käytön sekä riittävän toimintakyvyn mahdollistavista ohjaus- ja suojausjärjestelmistä ovat muista järjestelmistä riippumattoman tasajännitejärjestelmän piirissä, ovat tälle asetellut vaatimukset toimivuuden kannalta hyvin korkeat (Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja 2003, 2). Näin ollen uuden automaation asennuksen

myötä haluttiin varmistua myös riittävästä 24 ja 60 voltin tasajännitteen syötöstä, ja siksi vanhat akustot sekä varaaja vaihdettiin uusiin (KUVA 8). Koska Jolmankosken laitoksella tasasähköjärjestelmää ei ole toteutettu kahdennettuna järjestelmänä, lisättiin uutena lisäyksenä tasasähköjärjestelmään myös jännitteen valvonta- ja maasulunvalvontareleet molemmille, sekä 24 että 60 voltin tasajännitepuolille. Uuden tasasähköjärjestelmän vaihdosta ja asennuksesta vastasi Tornionlaakson Sähkö Oy:n henkilöstö.



KUVA 8. Uusi 24 ja 60 voltin tasasähköjärjestelmä

7.3 Logiikka

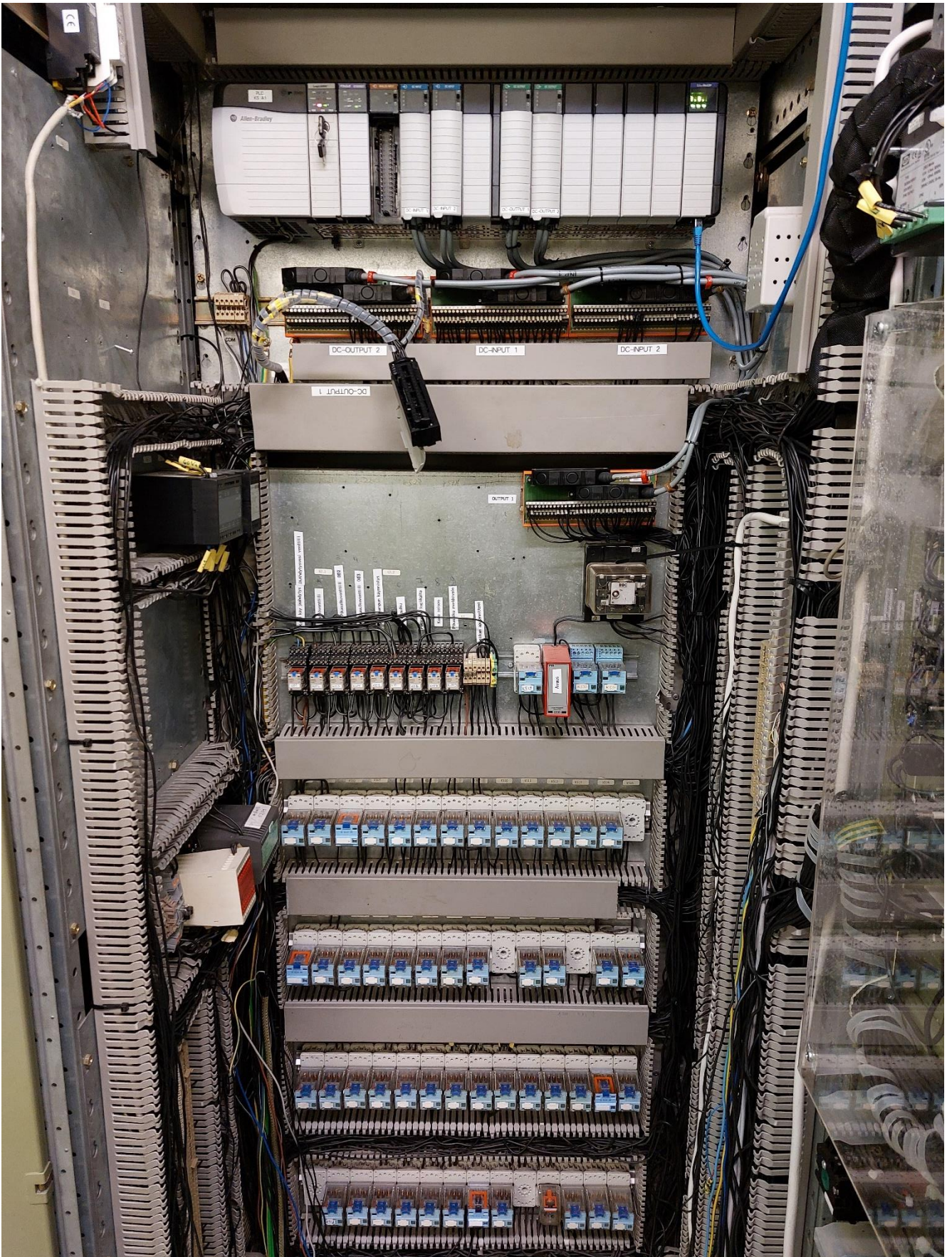
Seuraavaksi aloitimme uusimaan laitoksen automaation ydintä, sen ohjauslogiikkaa. Logiikan uusimisen yhteydessä poistimme paljon vanhaa johdotusta, koska monet johdotuksista olivat jo huomattavan huonossa kunnossa ja uusien komponenttien lisäys vaati joka tapauksessa uutta johdotusta tehtäväksi. Jolmankosken laitoksen automaation uudeksi logiikaksi vaihtui Rockwell automationin Allen Bradley'n ControlLogix 5555. Logiikka oli ollut käytössä aiemmin Pohjolan Voiman omistamalla Jumiskon voimalaitoksella, mutta vapautui sieltä pari vuotta aikaisemman automaation uudistamisprojektin yhteydessä. Teholähteenä logiikassa toimii 1756-PB75-malli, prosessorina 1756-L55/A-mallin prosessori sekä 1756-mallin I/O-moduulit.

Jolmankosken laitoksen pienestä koosta ja yksinkertaisuudesta johtuen ei myöskään ohjauslogiikkaan tarvinnut varata suuria määriä I/O:ta. Logiikkaan tuli ainoastaan yksi 16-kanavaisten analoginen tulomoduuli, kaksi 32-kanavaista digitalista tulomoduulia, sekä kaksi 32-kanavaista digitalista lähtömoduulia. Analogisia lähtömoduuleja laitokselle ei tullut ollenkaan. Logiikan I/O-moduulit ovat johtoterminaalien välityksellä yhteydessä kunkin omaan, joko analogiseen tai digitaliseen I/O-korttiin, jolle käytännön mittaustieto, hälytys tai tapahtuma ensin tuodaan kenttälaitteilta. Näiltä korteilta tieto sitten siirtyy itse moduuleille, jotka ovat osa logiikkaa, ja logiikan ohjelman mukaan näiden tuotujen tietojen pohjalta tapahtuu ohjelmassa tiettyjä toimintoja.

Vaikka laitokselle ei mittauksien mahdollistavia kortteja tämän enempää tullutkaan, ei näilläkään tulo- ja lähtökorteilla kaikki kanavat tulleet käyttöön. Käyttöön tulleita analogisia tulokanavia tuli yhteensä 12 kpl. Nämä analogiset mittauspisteet kattavat tehon-, jännitteen-, virran-, lämpötilojen-, pinnanmittauksien-, kierrosluvun- sekä erilaiset avaus- ja painemittaukset. Digitalisia tulokanavia tuli käyttöön yhteensä 50 kpl ja digitalisia lähtökanavia yhteensä 22 kpl. Digitaliset tulot kattavat erilaiset tulevat hälytys- ja tilatiedot laitokselta ja digitaliset

lähdöt erilaiset lähtevät tila- sekä ohjaustiedot. Jatkoa ja laitoksen kehitystä ajatellen on automaatioissa siis hyvinkin tilaa lisätä uusia tulokanavia käyttöön niin analogiselle kuin digitaalisellekin puolelle.

Logiikan ohjelmapohjana Jolmankosken laitoksella käytetään samaa pohjaa kuin ennen uudistamista vanhassa logiikassakin, koska uusia mittauksia ei uudistuksessa ole laitokselle tuotu. Näin ollen ohjelmallisesti uudistuksessa vältyttiin suurelta työltä, koska uutta ohjelmaa ei tarvinnut alkaa kirjoittamaan. Erona aikaisempaan tuli ainoastaan se, että uuteen ohjelmapohjaan tuotiin toiselta Pohjolan Voiman omistamalta, Haapakosken voimalaitokselta, tarvittavat IEC-104-kommunikointiprotokollan käskyt, jotka liittyivät Jolmankosken laitoksen siirtämiseen Valmetin kaukokäyttöjärjestelmän piiriin.

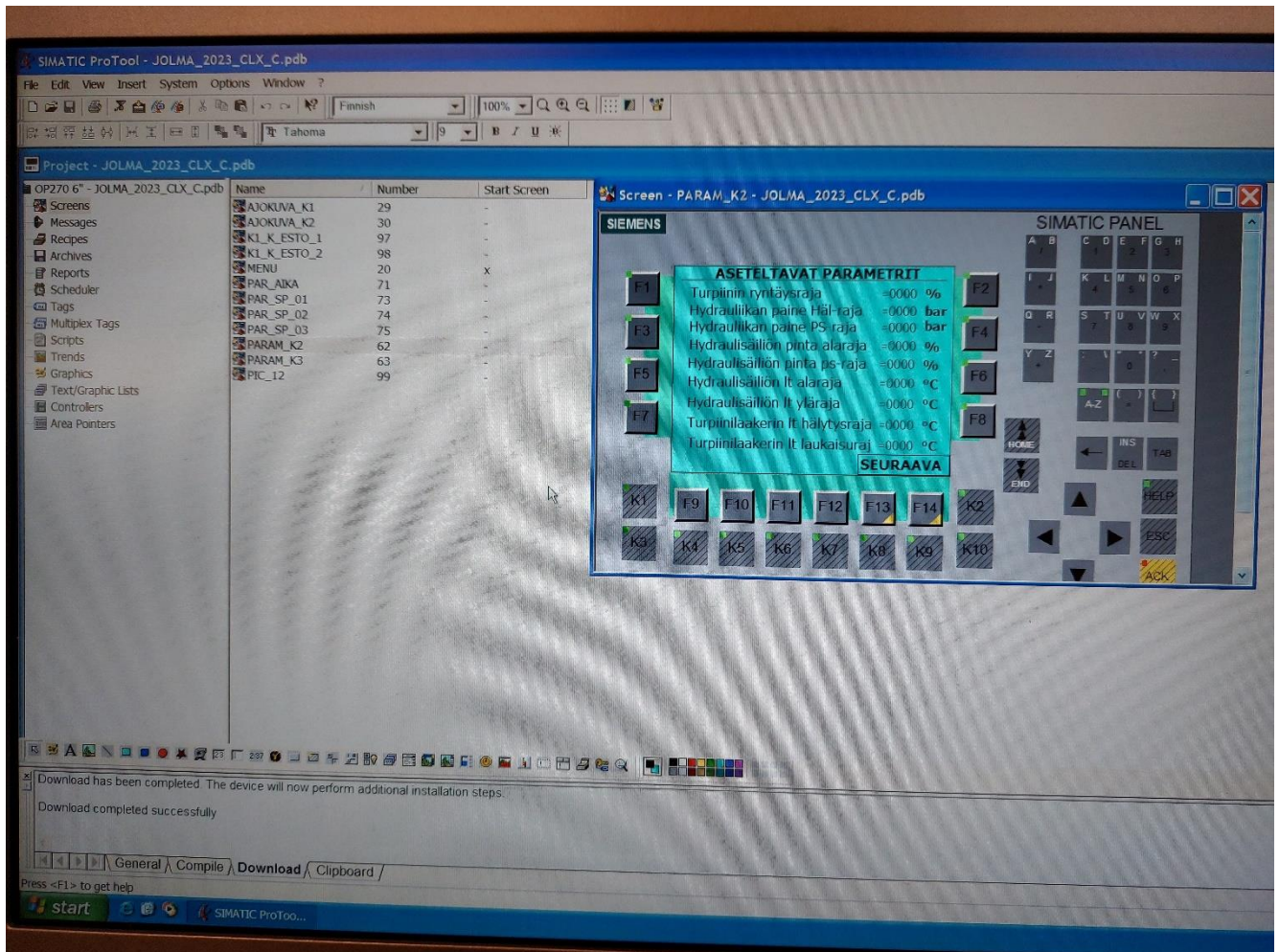


KUVA 9. Uusi automaation ohjauslogiikka analogiatulojen johtoterminaali irrallaan

7.4 Operointipaneeli

Kun laitoksen uusi logiikka oli asennettu ja kytketty paikalleen, voitiin myös operointipaneeli kytkeä logiikkaan kiinni ohjelmointia varten. Operointipaneelina jatkoi sama Siemensin OP270-mallin paneeli, joka oli jo ollut käytössä vanhemman logiikan aikana. Koska uudistuksessa ei kasvatettu I/O:n lisäksi myöskään paneelilla käsiteltävien tietojen määrää, oli vanha paneeli riittävä täyttämään tehtävänsä eikä uudelle nähty tarvetta. Kuitenkin jos jatkossa halutaan lisätä tietoa automaatioon ja sitä kautta myös paneelille, käy uudempaan versioon vaihtaminen huomattavasti pienemmällä vaivalla, kuin koko logiikan korvaaminen uudella.

Paneelille jouduttiin uuden logiikan myötä kuitenkin ohjelmoimaan uusien kanavien mitauspisteiden paikat sekä parametrit ja tässä käytimme Simaticin ProTool -paneelin ohjelmointiohjelmaa (KUVA 10). Simatic ProTool -ohjelman käyttö oli kohtalaisen yksinkertaista, ja ohjelmoiminen olikin pääasiassa parametrien yksiköiden sekä ulkonäön päivittämistä, jotta kaikki tarvittava tieto olisi mahdollisimman selkeästi näkösällä paneelin näytöllä sekä paneelissa sivujen välillä liikkuminen olisi loogista ja mutkatonta.



KUVA 10. Simatic ProTool -paneelin ohjelmointiohjelma

8 KYLMÄTESTAAMINEN

Automaation uudistamisen kattaessa pääpiirteittäin uuden logiikan ja tasasähköjärjestelmän uusimisen oli niiden asennustöiden jälkeen aika siirtyä automaatiojärjestelmän kylmätestaamiseen. Kylmätestauksen periaatteena on suorittaa testauksia mahdollisimman pitkälle prosessin ollessa turvallisessa tilassa. Kylmätestaus sisältää muun muassa erilaisten hälytys- ja lukitusrajojen tarkastuksia sekä lukitusten ja suojausten testauksia. Turvalaitteistojen testaukset tulee dokumentoida ja mikäli primääriset testaukset eivät ole mahdollisia, tehdään testaukset simuloimalla. (Suomen Automaatioseura ry. 2001, 72–73.)

Ennen automaation testaamista oli kaikki tulo- ja lähtökortit kytketty niille tuleviin mittauspisteisiin ja automaation ohjelma ladattu prosessorille. Testaamista kuitenkin aloittelimme joidenkin pienempien asennustöiden aikana niiltä osin, miten se oli mahdollista ja testaaminen auttoikin tuomaan esiin joitakin toimimattomia komponentteja sekä vaadittavia lisäasennuksia laitoksella.

8.1 Digitaliset tulot

Automaation testaukset aloitimme logiikan laitteiston puolelta, tarkemmin ottaen digitalisista tulokanavista. Digitalisten tulokanavien testaus tapahtui kenttälaitteelta automaatioon päin, eli sen tarkoituksena oli seurata, tuleeko kenttälaitteelta binääritieto 1 tai 0 aina automaation ohjelmalle saakka. Digitalisia tuloja olivat muun muassa kaikki laitoksen ohjauskaapin ovissa olevat keinukytkimet, esimerkiksi automaattiajaja, käsiajaja, käynnistyskäskyä ja pysäytyskäskyä ohjaavat kytkimet. Nämä olivatkin helpoin ja nopein osa digitalisten tulokanavien testauksia tehdessä. Koska testaaminen aloitettiin asennustöiden ollessa osaksi vielä kesken, jouduimme osan digitalisista kanavista testaamaan niin sanotusti jompittamalla, eli simuloimalla tuleva jännitetieto tulokortille ja tätä kautta katsomaan, meneekö tieto

aina logiikalle ja ohjelmalle saakka. Myös osa digitalisista kanavatiedoista oli sellaisia, joita ei voitu testata seisovalla koneella, ja näissä tilanteissa jouduttiin myös käyttämään simulointitapaa testauksessa.

Suurin osa ongelmista, joita digitalisten kanavien testauksessa nousi esiin, johtui vanhoista hapettuneista liittimistä tai edelleen paikoillaan olevista jo huonokuntoisista johdotuksista. Esimerkiksi hydraulijärjestelmästä tulevan pikasulku tiedon kanssa oli yhteneväisyysongelmia logiikan pikasulkuun, joka myöhemmin todettiin yhdessä venttiilissä sijainneeksi kosketusongelmaksi, joka häiritsi tiedon kulkua logiikalle.

8.2 Analogiset tulot

Digitalisten tulokanavien testaamisen jälkeen siirryimme testaamaan laitoksen analogisia tulokanavia. Vaikka analogisten kanavien testaamisessa periaate on sama kuin digitalisten kanavienkin, niin siinä missä digitaliset kanavat lukevat kenttälaitteelta tulevaa jännitetietoa ja ovat arvoltaan joko 1 tai 0, lukevat analogiset kanavat virtatietoa ja voivat olla mitä vain 0–20 mA:n tai yleisimmin 4–20 mA:n välillä. Jolmankosken laitoksen automaation ohjelma on rakennettu niin, että analogiset mittaustiedot ovat jaettu 0–4095 bitin väliin, eli mittausalueen ollessa 4–20 mA, pitää näiden milliampeerilukemien väliin mahtua 4096 eri mittausarvoa. Esimerkiksi laitoksen pätöteho, joka on ohjelmassa skaalattu 0–700 kW:n alueelle, voidaan analogisella mittausviestillä lukea tuolta alueelta yhteensä 4096 eri tehon arvoa.

Analogisten tulojen mittausviestin raja-arvojen oikein asettaminen on myös hyvin tärkeää kunnossapidollisesta näkökulmasta ja laitteiden huoltotarpeiden seurattavuuden kannalta. Jos milliampeeriviestiksi asetellaan 0–20 mA:n raja-arvot, ei tällöin voida varmuudella sanoa, toimiiko mittaus oikein ollessaan pienimmässä mahdollisessa arvossaan, koska saman 0

mA:n arvon mittaus antaa myös piirin ollessa kokonaan poikki. Tämän takia yleensä suositetaan 4–20 mA:n raja-arvoja, jolloin mittauksen pienimmätkin arvot antavat noin 4 mA:n virta-arvon, ja heti jos lukemat putoavat noltaan, voidaan piirin todeta olevan epäkunnossa.

Analogisia mittauksia tehdessä käytimme simulointitapaa, koska suurin osa analogisten mitausten toimivuuden tarkastamisesta ja niiden testaamisesta voidaan toteuttaa vasta käyvällä koneella. Analogisten kanavien virtaviestiä simuloimme piirin kenttälaitteen paikalle asetettavalla virtaviestiä simuloivalla pihtimittarilla, jolla saatiin syötettyä analogiselle kortille erilaisia milliampeerilukemia. Seurasimme sitten näistä virtaviesteistä skaalattuja bittilukemia logiikan ohjelmalta ja totesimme lukemien raja-arvot sekä virtaviestin muuttuessa myös niiden muuttumisen ja näin ollen piirin ja kortin toimivuuden (KUVA 11). Oleellista oli myös simuloida kanavavika sekä analogisen tulokortin vika syöttämällä liian suurta milliampeerimäärää ja todeta myös näistä tulevien hälytysten toimivuus.

Ongelmia analogisten kanavien mittauksissa aiheuttivat muun muassa hydraulioöljysäiliöstä tuleva maasulkuvika, joka sekoitti kanavaa niin, ettei mittaukseen päästy tekemään ollenkaan. Asennettuaamme hydraulioöljysäiliön painelähettimen virransyöttöpuolelle uuden 24 VDC:n teholähteen ja johdotettuaamme siitä tiedon analogia kortille, saimme mittausviestin toimimaan. Myös vanha pt-100-mallin turbiinilaakerin lämpötila-anturi oli rikkoontunut ja se jouduttiin vaihtamaan sekä skaalaamaan logiikan ohjelmalle toimivan viestin saamiseksi. Myös toiselta, Raanujärven säännöstelyjärveltä, tulevan pinnanmittausanturin mittaustiedon epäiltiin aluksi näyttävän väärin. Huoltohenkilön kuitenkin käytyä tarkastamassa anturi paikalla sekä toteamalla käsin mittaamalla sen näyttävän oikeaa arvoa, uskottiin anturin näyttävän oikein. Kyseiseen vuodenaikaan nähden järven vedenpinta oli vain jostain syystä tavanomaista korkeammalla.

Yleensä Allen Bradley'n logiikoissa analogiset lämpötilamittaukset ovat toteutettu erillisillä RTD-mallin korteilla, joihin voidaan tuoda pelkästään lämpötilamittauksista tulevia jännite-

tietoja ja joissa se sitten muunnetaan logiikalle lähteväksi milliampeeriviestiksi. Jolmankosken laitoksen analogiatietojen vähyden takia kaikki analogiset mittaukset tulevat tavalliselle analogia tulokortille ja lämpötilamittausten jännitetietojen milliampeerimuuntimet ovat itse lämpötila-antureissa. Näin voidaan käyttää samaa analogista tulokorttia, vaikka sille liitetään sekä lämpötila- että muita mittauksia.



KUVA 11. Analogisen tehoarvon simuloiminen

8.3 Digitaliset lähdöt

Viimeisenä osiona logiikan laitteiston kylmätestauksien toteutuksessa siirryimme testaamaan logiikan digitaliset lähtökanavat. Toisin kuin digitalisilla tulokanavilla, joilla testaus tapahtuu kenttälaitteilta automaatioon päin, tapahtuu digitalisilla lähtökanavilla testaus automaatiosta kenttälaitteille päin. Tämä sen takia koska digitaliset lähtökanavat toimivat ohjauspiireinä, eli toisin sanoen niiden tehtävänä on antaa logiikalta käskyjä ulospäin. Koska Jolmankosken laitoksen logiikalle asennettiin vain digitalisia lähtökanavia, tapahtuvat uloskäskyt binääritietoina eli kytkimenomaisesti joko 1- tai 0-tietoina.

Jolmankosken laitoksen digitaliset lähtökanavat kattoivat erilaiset katkaisijoiden, pumppujen käyntitietojen ja jarrujen asentojen ohjaukset sekä johtopyörän, että joidenkin muiden venttiilien asentojen ohjaukset. Lisäksi osassa näistä ohjauksista oli vielä erikseen testattava sekä käsikäyttöasento että automaattiajoasento. Kun näitä haluttiin testata automaattiajoasennossa, asettelimme käsin logiikalta lähtemään katkaisijoiden ja venttiileiden ohjausbittitietoja ja katsoimme, saiko itse kenttälaitte ohjaustiedon perille saakka ja toteutuiko se. Koska koneen turbiinikammiota ei ollut ennen uudistuksen aloitusta tyhjennetty vedestä, ei koneella voitu suorittaa niin sanottuja kuivakokeita käynnistyskäskyjen suhteen. Tämän takia käynnistyskäskyjä testattiin hyvin pienissä osissa ja suurta varovaisuutta noudattaen, ettei kone päässyt karkaamaan suurille kierroksille vielä tässä vaiheessa testejä. Ongelmia käynnistyskäskyjen testaamisessa aiheuttivat vanhat, osin jo liittimistään hapettuneet releet, jotka eivät reagoineet käskyihin sekä huonot relepohjat, joissa ilmeni kosketushäiriöitä.

8.4 Ohjelmalliset ja operointipaneelin testaukset

Kun automaatioon liitetyt laitteistot oli saatu testattua, saatoimme siirtyä ohjelmalliseen testaukseen sekä operointipaneelille menevien tietojen testaukseen. Ohjelmalliset testaukset kattoivat nimensä mukaisesti logiikan ohjelman sisään rakennettujen toimintojen ja ohjauksien

testauksia, ja näihin liittyi myös operointipaneelille menevien tietojen testauksia (TAULUKKO 2). Ohjelman sisäisillä ohjauksilla tarkoitetaan esimerkiksi kenttälaitteelta tulevan tiedon käsittelemistä ohjelman sisässä, jonka jälkeen siellä määritellään tästä aiheutuneet toimenpiteet. Tällöin ei siis tarvita välttämättä ulkoisia releitä ohjauksiin mitä halutaan tehdä. Suurta ohjelmallisten ohjausten määrää ei Jolmankosken laitoksen logiikan ohjelmaan ole rakennettu. Se ei kuitenkaan tarkoita, että nämä ohjaukset olisivat yhtään vähäpätöisempiä, sillä ohjelmallisia ohjauksia ovat esimerkiksi turbiinilaakerin lämpötilasta sekä ohjausöljysäiliön pinnasta aiheutuneet hälytykset ja käynnistystot sekä koneen pysäytykset.

Hyvin tärkeää oli myös testata haluttujen tapahtumien sekä hälytysten näkyminen operointipaneelilla saakka. Tämä helpottaa muun muassa kunnossapidon henkilökuntaa mahdollisissa vianselvitystilanteissa ja laitoksen kunnon seurannassa. Operointipaneelin testauksissa riitti, että haluttu tieto tuli operointipaneelille saakka ja jäi sinne muistiin, oikean kellonajan näkyessä. Näitä testejä pystyttiin käytännössä tekemään ja seuraamaan samalla, kun testattiin laitteiston korttien kanavia, sekä ohjelmallisten testien aikana.

TAULUKKO 2. Ote mittasignaaliavikojen testaamisesta operointipaneelille

| Mittasignaalien valvonta | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------|----|----------|-------------|----------|-------------|-------|
| Kortti 1 | | | | | | | |
| I:1.0/ch0 | Pätötehon msv (mittasignaaliavika) | 17 | N9:11/0 | Käynn. esto | | Testattu OP | 10272 |
| I:1.1/ch1 | Loisteho msv | 18 | N9:11/1 | Käynn. esto | | Testattu OP | 10273 |
| I:1.2/ch2 | Generaattorin jännite msv | 19 | N9:11/2 | | | Testattu OP | 10274 |
| I:1.3/ch3 | Generaattorin virta msv | 20 | N9:11/3 | | | Testattu OP | 10275 |
| I:1.4/ch4 | Turpiinin avaus msv | 21 | N9:11/4 | Käynn. esto | LAUKAISU | Testattu OP | 10276 |
| I:1.5/ch5 | Turpiinin pyörimisnopeuden msv | 22 | N9:11/5 | Käynn. esto | | Testattu OP | 10277 |
| I:1.6/ch6 | Raanujärven pinta msv | 23 | N9:11/6 | | | Testattu OP | |
| I:1.7/ch7 | Viertosen pinta msv | 24 | N9:11/7 | | | Testattu OP | |
| I:1.8/ch8 | Hydrauliakunpaine msv | 25 | N9:11/8 | Käynn. esto | | Testattu OP | |
| I:1.9/ch9 | Hydrauliöljysäiliön pinta msv | 26 | N9:11/9 | Käynn. esto | | Testattu OP | |
| I:1.10/ch10 | Hydrauliöljysäiliön lämpötila msv | 27 | N9:11/10 | | | Testattu OP | |
| I:1.11/ch11 | Turpiinilaakerin lämpötila msv | 28 | N9:11/11 | | | Testattu OP | |
| I:1.12/ch12 | | 29 | N9:11/12 | | | | 10284 |
| I:1.13/ch13 | | 30 | N9:11/13 | | | | 10285 |
| I:1.14/ch14 | | 31 | N9:11/14 | | | | 10286 |
| I:1.15/ch15 | | 32 | N9:11/15 | | | | 10287 |

Kerttula Jarkko:
Anturi käytävä koestamassa, jotta varmistetaan oikeasta arvosta. Tällä hetkellä useamman sentin heitto paneelin lukemaan.

9 KUUMATESTAAMINEN

Saatuamme kylmätestaukset päätökseen, oli seuraavana vaiheena laitoksella siirtyä kuuma-testauksiin. Kuumatestauksen tavoitteena on todeta suunnitelmien mukaisissa todellisissa olosuhteissa prosessin ja automaatiojärjestelmän toimivuus yhtenä kokonaisuutena. Kuuma-testauksien periaatteena on testata kaikkien prosessinosien sovellusohjelmat, muun muassa erilaiset sekvenssit, joko yksittäin tai laajempina kokonaisuuksina. Kuumatestauksista laaditaan tarvittavat testausdokumentit ja mikäli järjestelmän todetaan kuumatestauksissa pääsivän riittävän lähelle todellista tuotantotilannetta, voidaan siirtyä järjestelmän luovuttamiseen asiakkaalle tuotantokäyttöön. (Suomen Automaatioseura ry. 2001, 75–76.)

9.1 Käynnistyssekvenssit

Kylmätestauksien sisällettyä riittävät lukitusten ja hälytysten sekä kenttälaitteiden testaukset, saatoimme aloittaa kuumatestaukset käynnistyssekvenssien testaamisella. Jolmankosken laitoksen käynnistyssekvenssit on jaettu kahdeksaan eri sekvenssiin: käynnistyskäsky annettu, voitelupumppu käynnistetty, jarru avattu, kenttäkatkaisija kiinni, johtopyörä alkuavauksella, turbiini pyörii, tahdistus käynnissä sekä sekvenssi valmis. (Miettinen 2017, 5–6.)

Käynnistyssekvenssien testauksissa aluksi ongelmia aiheuttivat jälleen huonokuntoiset relepohjat tai jopa vääränkokoiset releet. Näiden ongelmien selättäminen kävi kuitenkin nopeasti uusien releiden ja relepohjien vaihtamisella, jonka jälkeen käynnistyssekvenssien todettiin toimivan kuten pitikin. Konetta käynnistettiin ja käytettiin käynnistyssekvenssien toimiessa useita kertoja ja tällöin voitiin myös todeta suojareleiden toimivuus käyväällä prosessilla muun muassa liian korkean taajuuden aiheuttaessa pikasulun.

9.2 Käynnistys verkkoon ja pysäytyssekvenssit

Käynnistyssekvenssien ja generaattorin suojarleiden toimivuuden testaamisen jälkeen oli aika kokeilla koneen käynnistämistä verkkoon saakka. Jolmankosken laitoksen viereisellä sähköasemalla oleva 45 kV:n katkaisija sekä erotin oli ennen uudistustöiden aloittamista avattu laitoksen turvallistamiseksi. Nyt, kun haluttiin testata laitoksen saattamista verkkoon saakka, oli katkaisija sekä erotin suljettava. Tämä aiheutti kuitenkin heti maasulkuvian ja näin ollen verkkoon ajoa ei päästy heti testaamaan. Vikaa ruvettiin etsimään ja se pystyttiin viimein paikantamaan laitoksen koneen ohjaustaulun lukkiutuvaan 45 kV:n kiertokytkimeen. Kytkimien ja niiden kytkentöjen korkean iän takia kyseinen kiertokytkin ei saanut selkeää kiinni- tai auki-tietoa ja aiheutti näin maasulkuvikaa. Kytkentöjä uusimalla vika saatiin kuitenkin poistumaan ja kiertokytkin toimimaan vaaditulla tavalla. Sähköaseman kentällä sijaitseva 45 kV:n erotin aiheutti myös jonkun verran alkuun epäselvää kiinni- ja auki-tietoa. Tämän todettiin olevan seurausta hyvin vähäisestä erottimen käytöstä ja muutamilla avauksilla sekä sulkemisilla saatiin erotin ”virkoamaan” ja toimimaan kuten pitääkin. Jatkossa erotin tullaan kuitenkin sopivassa huoltotilanteessa uusimaan.

Koneen verkkoon ajamisen toimiessa, voitiin myös tehonsäätöjä testata ja todeta niiden toimivan pääsääntöisesti oikein. Generaattorikatkaisijan avaamista testattiin myös koneen ollessa verkossa. Tämä verkosta putoamisen aiheuttama kierrosten nousu nosti koneen kierrokset liian suuriksi aiheuttaen koneen ryntäämisen ja mekaanisen ryntäysrajakytkimen tekemän pikasulun. Tämä vaatii ohjelmallista muutosta koneen turbiininsäätäjäohjelmaan, jotta kierrokset saadaan pidettyä maltillisempina vastaavissa tilanteissa. Verkkoon ajon testien aikana laitoksella tehtiin myös palohälytystestausta, sekä automaattisen syötönvaihdon testausta varasyötöltä pääsyötölle ja todettiin niiden toimivan niin kuin pitääkin.

Verkkoon ajon toimiessa ja koneen pysyessä tasaisessa tuotannossa testattiin vielä koneen hallittu pysäytys ja pysäytyssekvenssien läpimeno. Jolmankosken laitoksen pysäytyssek-

venssit on jaettu niin ikään kahdeksaan eri sekvenssiin: pysäytyskäsky annettu, teho pysäytysrajalla, generaattorikatkaisija avattu, kenttäkatkaisija avattu, johtopyörä kiinni, jarrutus käynnissä, turbiini pysähtynyt sekä apulaitteet seis ja sekvenssi valmis. Pysäytyssekvenssien mennessä hallitusti läpi, kone jää jälleen käynnistysvalmiuteen. (Miettinen 2017, 7–8.) Pysäytyssekvenssien testaamisessa ei ilmennyt mitään ongelmakohtia ja kone onnistuttiin ajamaan hallitusti seis -tilaan.

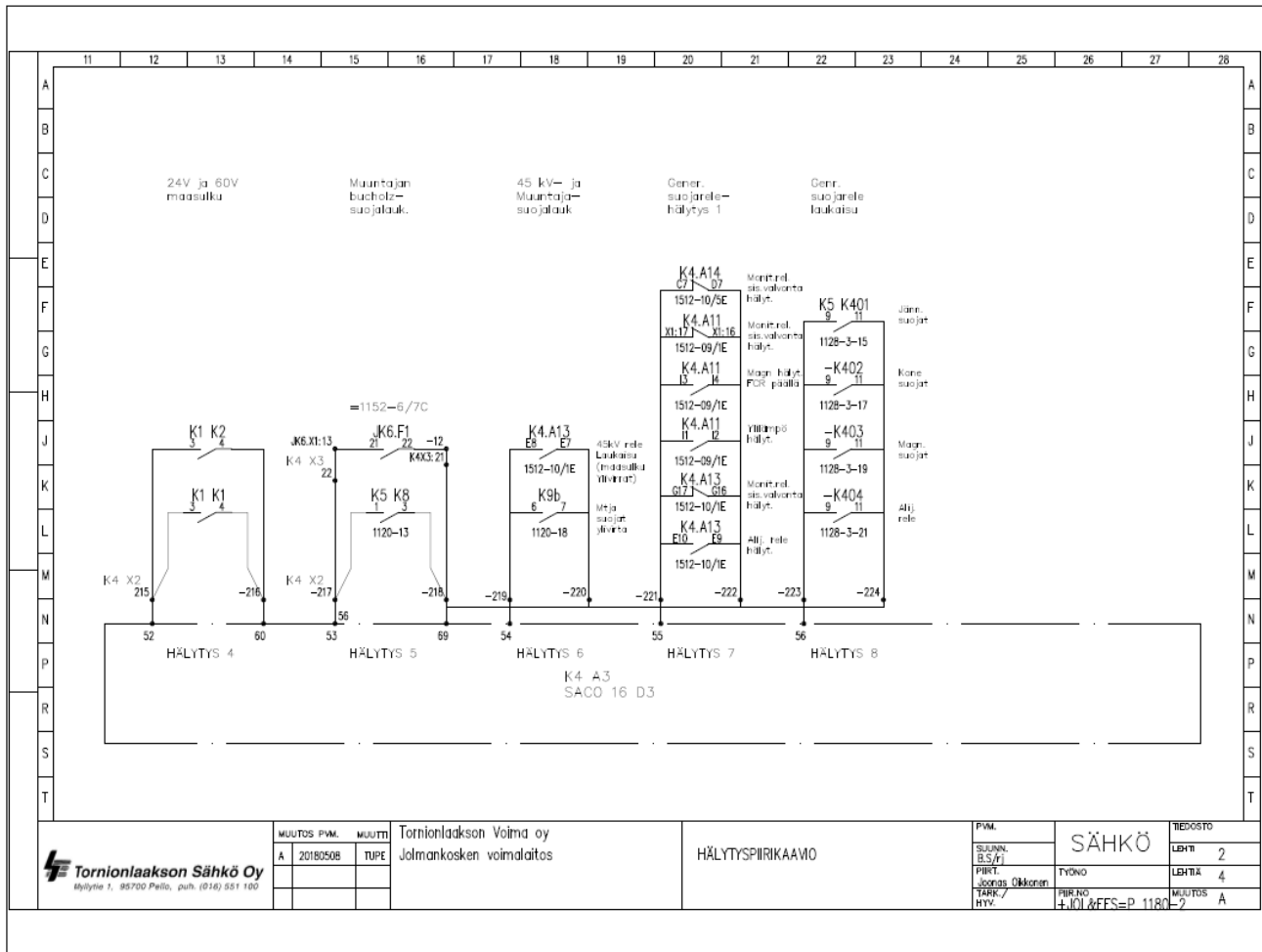
Testausten lopuksi tarkastettiin vielä viimeisten koneen käynnin vaativien mittaustietojen, sekä hälytysten ja tilatietojen tulevan oikein automaatioon saakka. Näiden ollessa kunnossa voitiin todeta laitoksen olevan luovutusvalmis tuotantokäyttöön.

10 DOKUMENTOINTI

Yhtenä työläänä osa-alueena omassa työssäni projektin loppuvaiheessa oli tehtyjen muutosten dokumentoiminen ja niiden järjestelmällinen tallentaminen. Sähköasennusten dokumentoinnin tulee sisältää yksityiskohtaiset tiedot muun muassa johtimien tyypeistä ja poikkipinoista, suojalaitteiden lajeista, tyypeistä, mitoitusvirroista sekä katkaisukyvyistä. Tietojen päivittäminen dokumentteihin tulisi myös tehdä jokaisen muutoksen jälkeen. (SFS 6000-5-51 2017, 9.)

Ensimmäinen vaihe dokumenttien päivittämisessä oli laitoksen sähkökuvien DWG muotoisten tiedostojen kerääminen. Jolmankosken laitoksen yhteisomistajuuden takia tarvittavia kuvia oli tallennettuna niin Pohjolan Voiman, kuin Tornionlaakson Sähkönkin järjestelmiin. Lisäksi laitokselle oli vuonna 2018 asennettu ja käyttöön otettu uusi magnetointijärjestelmä Caverionin sekä Veo Oy:n toimesta, jolta löytyi omista arkistoistaan myös oma osansa silloisessa muutoksessa muokatuista dokumenteista. Näin ollen tarpeellisten kuvien hankkiminen edellytti useampia sähköpostitse tehtyjä tiedusteluja ja kyselyitä.

Kun kaikki laitoksesta tehdyt sähkökuvat oli saatu kerättyä kasaan tarvittavina DWG tiedostoina oli jo tässä vaiheessa tiedossa, että dokumentointi oli vuosien saatossa jäänyt hyvin puutteelliseksi tehtyjen muutostöiden ja korjausten osalta. Tämä aiheutti huomattavasti ylimääräistä työtä sekä hidasti vanhojen laitteistojen purkuvaihetta, koska dokumenteista ei voinut tarkistaa ajan tasalla olevia asennuksia tai kytkettyjä johdotuksia. Useiden purettavien laitteiden osalta jouduimme käytännössä käsin seuraamaan johdotuksia ja näin selvittämään miten kytkennät oli toteutettu. Samalla kun laitteistojen purkuvaiheessa edettiin, tehtiin punakynin tarvittavia muutoksia vanhoihin dokumentteihin. Muun muassa vanhassa hälytyspiirikaavion dokumentoinnissa oli hälytykset toteutettu SACO 16D3-tyyppisen hälytysyksikön kautta (KUVA 12).



KUVA 12. Hälytyspiirikaavio SACO 16D3 hälytysyksiköllä

Uudistuksessa tehtyjen muutostöiden myötä hälytyspiirikaaviota yksinkertaistettiin poistamalla yksikkö käytöstä ja toteuttamalla hälytyspiirit omina piireinään (KUVA 13). Lisäksi kaikkiin muutosta vaativiin kuviin oli ensiarvoisen tärkeää merkitä muutosta vastaava kirjain sekä muutoksen päiväys ja tekijä, jotta kuvien paikkansapitävyys pystyttiin toteamaan.

Lopuksi kun kaikki kuvat oli nimetty nimeämiskäytännön mukaan, tallennettu omiin kansioihinsa sekä DWG- että PDF-formaatissa, voitiin ne ladata omistajayritysten henkilökuntien saataville M-files dokumenttienhallinta-alusta järjestelmään.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida Jolmankosken vesivoimalaitoksen automaation revisioon kuuluvat tehtävät ja toimenpiteet. Työ oli myös perehdytystä opinnäytetyöntekijälle vasta-alkaneeseen omaan työhön, sillä kohteena oleva laitos on osa laitoksien kokonaisuutta, joka kuuluu opinnäytetyöntekijän automaation kunnossapito- ja kehitysvastuisiin.

Opinnäytetyö tarjosi sekä näyttöpäätteen ääressä tehtävää dokumentaation keskittävää, että itse laitoksella tapahtuvaa purku- ja asennustöihin keskittävää käytännön tekemistä. Työssä käytettiin dokumentaation päivittämisen ja muokkaamisen apuna Microsoftin Excel -ohjelmaa, sekä piirikaavioiden päivittämiseen soveltuvaa AutoCad -ohjelmaa. Ohjelmoinnin apuna käytettiin Allen Bradley'n logiikan sekä Siemensin operointipaneelin kanssa yhteensopivia ohjelmointiohjelmia ja käytännön työn osuudessa testejä ja mittauksia suoritettiin käyttäen sähkötekniikan eri mittausvälineitä ja työkaluja.

Ajallisesti opinnäytetyö prosessi kesti vuoden 2023 helmikuusta marraskuulle. Ensimmäiset dokumentaation päivittämiset opinnäytetyöntekijä aloitti jo helmikuussa, ja maaliskuussa tapahtuivat laitoksella suoritettavat käytännön työt. Dokumentaation muokkaamista sisältävä työn osuus jatkui jälleen käytännön työn osuuden loputtua, jonka jälkeen kouluissa alkoivatkin kesälomat ja opinnäytetyön kirjoitusprosessi jäi odottamaan syksyyn koulujen alkamista.

Haasteita opinnäytetyön kirjoitusprosessille loivat syksyllä opinnäytetyöntekijän omassa työssä alkaneet kiireisemmät ajat. Kiireistä johtuen kirjoitusprosessi eteni hitaasti, ja välissä olleen kesän takia myös keväällä kerättyä materiaalia joutui lukemaan useampaan otteeseen ja palauttelemaan mieleen, mitä käytännön työn osuuksissa oli tehty. Materiaalia oli kuitenkin kerätty riittävästi ja kirjoitusprosessia oli lopulta helppo sen pohjalta tehdä.

Opinnäytetyö sujui kokonaisuudessaan hyvin, vaikka haasteita tuli sekä dokumentaation, että käytännön töiden osalta. Kaikista haasteista lopulta selvittiin ja automaation uudistuksen voitiin todeta onnistuneen. Opinnäytetyön aiheena olleen projektin tavoitteeseen pääsyn myötä Jolmankosken vesivoimalaitos sai uuden laajemman automaatiojärjestelmän, sekä etänä operoinnin mahdollistavan kaukokäyttöjärjestelmän. Laajemman automaatiojärjestelmän myötä myös laitoksen jatkokehittämiseen on hyvät lähtökohdat tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- Allen-Bradley PLCs. 2014. Automationprimer. Saatavissa: <https://automationprimer.com/2014/03/09/allen-bradley-plcs>. Viitattu 24.09.2023.
- Czech inventors. Czech innovation expo. Saatavissa: <https://www.ciexpo.cz/rodokmen/viktor-kaplan/?lang=en>. Viitattu 01.10.2023.
- Gullman, R. 2018. *Pohjolan Voima 75 vuotta: Uskalla, ennakoi, kehitä, sopeudu*. Helsinki: Pohjolan Voima Oyj.
- Haapakoski, P. 2011. *Vesivoimalaitosten rakenneratkaisut*. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32839/Haapakoski_Pasi.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 01.10.2023.
- Honka, A. & Pikkupirtti, M. 2017. *Tengeliönjoen säännöstelyn kehittäminen: Yhteenveto ja toimenpidesuosituks*. Rovaniemi: Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Saatavissa: https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/themes/syke-vesi-materiaalipankki/assets/pdfs/web/viewer.html?file=https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/uploads/2022/01/Raportteja_37-2017_Tengelionjoki.pdf#page=1&zoom=auto,-14,849. Viitattu 03.09.2023.
- Jolmankoski. 2023. Pohjolan Voima. Saatavissa: <https://www.pohjolanvoima.fi/voimalaitokset/jolmankoski/>. Viitattu 15.10.2023.
- Korpinen, L. 1998. *Sähkövoimatekniikkaopus*. Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/2sahkon_kulutus_ja_tuotanto.pdf. Viitattu 01.10.2023.
- Linnunmaa Oy. 2017. *Selvitys Suomen alle 5 MW vesivoimalaitosten sekä niihin välittömästi liittyvien säännöstelyhankkeiden vesilain mukaisten lupien kalatalousvelvoitteista*. Raportti. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/23087670/Selvitys+Suomen+alle+5+MW+vesivoimalaitosten+sek%C3%A4%20niihin+v%C3%A4litt%C3%B6m%C3%A4sti+liittyvien+s%C3%A4nn%C3%A4stelyhankkeiden+vesilain+mukaisten+lupien+kalatalousvelvoitteista.pdf/32773b91-952b-4ec2-b0d4-5d622560fe24/>. Viitattu 03.09.2023.
- Miettinen, J. 2017. *Jolmankosken vesivoimalaitos käyttöohje*. Caverion sisäinen muistio.
- Miksi vesivoima? Energiateollisuus. Saatavissa: https://energia.fi/energiasta/vastuullisuus/miksi_vesivoima/. Viitattu 13.08.2023.
- Määttä, T. 2017. *Jolmankosken vesivoimalaitoksen kuntokartoitus automaation ym. osalta*. Caverion sisäinen muistio.

Pellon Sähkö Oy. 2023. Tornionlaakson Sähkö. Saatavissa: <https://www.tornionlaakson-sahko.fi/yritys/pellon-sahko-oy/pellon-sahko/>. Viitattu 15.10.2023.

SFS 6000-5-51. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt*. 2017. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SLC 5/03, SLC 5/04, and SLC 5/05 Modular Processors. 2008. Esite. Rockwell automation. Saatavissa: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1747-in009_en-p.pdf. Viitattu 10.09.2023.

Suomen Automaatioseura ry. 2001. *Laatu automaatioissa: Parhaat käytännöt*. Helsinki: Suomen Automaatioseura. Saatavissa: <https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatioissa.pdf>. Viitattu 29.10.2023.

Säätövoima. Kemijoki. Saatavissa: <https://www.kemijoki.fi/vesivoima/saatovoima/>. Viitattu 13.08.2023.

Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja. 2003. *Vesivoimalaitokset*. Saatavissa: <https://heikki-laakso.com/opetus/abb/>. Viitattu 01.10.2023.

Tornionlaakson Sähkö Oy. 2023. Pörssitieto. Saatavissa: <https://www.porssitieto.fi/osake/li-saa/tornionlahko.shtml>. Viitattu 15.10.2023.

Tuotamme sähköä ja lämpöä. 2023. Pohjolan Voima. Saatavissa: <https://www.pohjolanvoima.fi/tuotamme-sahkoa-ja-lamboa/>. Viitattu 06.08.2023.

Tytär- ja osakkuusyhtiöt. 2023. Pohjolan Voima. Saatavissa: <https://www.pohjolanvoima.fi/tieto-meista/hallinnointi/tytar-ja-osakkuusyhtiot/>. Viitattu 15.10.2023.

Vesivoimalaitokset. 2023. Tornionlaakson Sähkö. Saatavissa: <https://www.tornionlaakson-sahko.fi/yritys/tornionlaakson-voima-oy-2/vesivoimalaitokset/>. Viitattu 03.09.2023.

Vesivoimalan toiminta. 2023. Suomen vesiputoukset. Saatavissa: <https://www.suomenvesiputoukset.fi/tietoa-suomen-vesiputouksista/vesiputoukset-ja-vesivoima-suomessa/#vesivoima-suomessa>. Viitattu 01.10.2023.

Vesivoiman historiaa. Kemijoki. Saatavissa: <https://www.kemijoki.fi/vesivoima/vesivoiman-historiaa/>. Viitattu 06.08.2023.

Vesivoiman tuotanto. Kemijoki. Saatavissa: <https://www.kemijoki.fi/vesivoima/vesivoiman-tuotanto/>. Viitattu 13.08.2023.

Wikipedia. 2023. Vesivoimala. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivoimala>. Viitattu 16.11.2023.