



samk

Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

MIKAEL MÄKELÄ

# **Paineenkorotusaseman ja mittaus- kaivon kommunikointi ja ohjaus valvomosovelluksesta**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO TEKNIIKAN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2024

## TIIVISTELMÄ

Mäkelä, Mikael: Paineenkorotusaseman ja mittauskaivon kommunikointi ja ohjaus valvomosovelluksesta

Opinnäytetyö, AMK

Sähkö- ja automaatio tekniikan tutkinto-ohjelma

Helmikuu 2024

Sivumäärä: 36

Tämä opinnäytetyö liittyy Ulvilan Kaupungin vesiverkoston parannus hankkeeseen ja tarkemmin uuden vesilinjan rakentamiseen pääyhteydeksi, kun itse vesilaitos saneerataan vuosina 2024–2025. Työ rajattiin niin, että siinä tutkittiin etäkommunikointia mittauskaivon, paineenkorotusaseman, vesilaitoksen valvomon ja etävalvomon kanssa. Kommunikointi tavoiksi valittiin 5G-modeemi ja valokuituyhteys. Työssä myös toteutettiin kokonaisuudessaan paineenkorotusaseman paikallinen ohjaus käyttöliittymällä ja valvomon käyttöliittymään tehtiin päivitys järjestelmän etäohjausta varten. Valvomoon toteutettiin 2 uutta sivua ja päivitettiin kahta sivua.

Avainsanat: Valvomosovellus, paineenkorotusasema, mittauskaivo, runkove-siputki, Siemens

## Abstract

Mäkelä, Mikael: Communication and control of the pressure boosting station and measuring well from the control room application.

Bachelor's thesis

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

February 2024

Number of pages: 36

This thesis is related to Ulvila City's water network's improvement project and more specifically to the construction of a new water line as the main connection when the water plant itself is renovated in 2024-2025. The work of the thesis was limited so that it investigated remote communication with the measuring well, the pressure boosting station, the water plant's control room and the remote-control room. A 5G modem and a fiber optic connection were chosen as the means of communication. In the work, the local control of the pressure booster station was also fully implemented with the user interface and the user interface of the control room was updated for remote control of the system. Two new pages were implemented, and 2 pages were updated.

Keywords: control room application, pressure boosting station, measuring well, Main water supply line, Siemens

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Harju Elekter:ltä projektissa mukana olleita henkilöitä, jotka ovat mahdollistaneet tämän opinnäytetyön sekä olleet tukenani projektin edetessä. Kiitän myös oppilaitoksen puolesta ohjaajaani Hannua, joka on tarjonnut laadukasta opetusta koulutukseni aikana ja täten antanut hyvät työkalut työn te-  
koon.

Kiitos.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA YRITYS .....	8
3 PROJEKTIN TARVE JA NYKYISEN JÄRJESTELMÄN KUVAUS .....	9
3.1 Projektin tarve .....	9
3.2 Projektin kuvaus .....	10
3.3 Nykyinen järjestelmä .....	11
4 KOMMUNIKOINTIYHTEYDET .....	13
4.1 Langaton yhteys mittakaivo-vesilaitos .....	13
4.2 Kiinteä yhteys paineenkorotusasema-vesilaitos-etävalvomo.....	15
4.2.1 Valokuituyhteyden toimintaperiaate .....	16
5 KÄYTTÖLIITTYMIEN TOTEUTUS.....	17
5.1 Valvomo + etävalvomo .....	18
5.1.1 Järjestelmäkaavio .....	19
5.1.2 Mittakaivo .....	20
5.1.3 Paineenkorotusaseman ohjaussivu .....	22
5.2 Naparannan paineenkorotusaseman paikallisohjauksen käyttöliittymä .....	24
6 TESTAUS .....	29
6.1 Mittakaivo .....	30
6.2 Paineenkorotusasema .....	31
7 YHTEENVETO.....	32
LÄHTEET .....	34
LIITE 1: .....	36

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

4G = Neljännen sukupolven datayhteys tietoliikennetekniikassa.

5G = Viidennen sukupolven datayhteys tietoliikennetekniikassa.

Boolean = Tyyppi muuttujalle, jonka arvo voi olla 0 tai 1.

CV = Controllable variable. Muuttujan arvo, jota/jolla voidaan säätää arvoa.

MV = Measuring value. Muuttujan arvo, joka on mitattu laitteelta.

SP = Setpoint. Asetusarvo, joka siirretään logiikkaohjelmaan.

Tag = Muuttuja, joka on linkitetty logiikka ohjelman ja käyttöliittymän välille.

Tällä voidaan esittää tai asettaa joku arvo näiden välillä.

TCP/IP = Tietoliikenneprotokollien yhdistelmä (TCP + IP).

VDC = Tasavirta jännite (Voltage direct current).

Word = Tyyppi muuttujalle, jota voidaan käyttää esim. analogisten arvojen siirrossa.

## 1 JOHDANTO

Opintojeni aikana olen huomannut mielenkiintoni keskittyvän automaatiotekniikkaan ja olen myös toivonut saavani tehdä lopputyöni siihen suuntautuen sekä oikeana projektina, josta syntyisi jotain fyysistä.

Olen työskennellyt Harju Elekter:llä kuuden vuoden ajan eri tehtävissä ja pidin erityisen hienona, että pääsin tekemään opinnäytetyöni yritykselle, jossa työskentelen ja eritoten automaatioprojektina/-suunnitteluna.

Aihetta ehdotettiin minulle yrityksen myynninpuolelta, jolloin kaupasta tehtiin tarjous asiakkaalle. Onnekseni tarjous hyväksyttiin ja pääsin osallistumaan projektin suunnitteluun ja täten tekemään lopputyöni aiheesta.

Projektin piti alun perin kokonaisuudessaan olla valmis lokakuussa 2023, mutta erilaisista syistä (esim. rakennustekniset) projektin aikataulu viivästyi ja käyttöönottoa jouduttiin siirtämään maaliskuulle 2024. Tämän vuoksi se jouduttiinkin rajaamaan tämän työn ulkopuolelle.

Opinnäytetyön laajuuteen kuuluu kommunikointiyhteyksiin perehtyminen ja niiden vertailu. Työssä toteutettiin käyttöliittymäsivuja ja niiden päivityksiä valvomoihin ja paineenkorotusaseman paikallisohjauspaneelille. Sivujen laajuuteen kuului projektissa kaikkien tarvittavien käyttöliittymäsivujen toteutus ja päivitys, poissulkien hälytyssivut, jotka toimeksiantajayrityksen automaatio suunnittelija toteutti. Valvomoihin luotiin 2 uutta sivua ja päivitettiin kahta sivua. Paikallisohjauspaneelille luotiin 5 uutta sivua.

## 2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA YRITYS

Harju Elekter Oy on yksi johtavista sähkö- ja automaatioalan yrityksistä Pohjoismaiden ja Baltian alueella, tarjoten laadukkaita sähköistämiskäytöksiä energia-, teollisuus-, infrastruktuuri- ja rakennushankkeille. Yritys valmistaa sähkö-/automaatiokeskuksia teollisuuteen, puistomuuntamoita sekä autojen lämmitys- ja latausasemia. Puistomuuntamoista ja automaatiokeskuksista syntyy yrityksen suurin liikevaihto. Yritys tarjoaa myös suunnittelu-, asennus- ja käyttöönottoja erilaisiin teollisuuden tarpeisiin. Projektikauppoja yritys tarjoaa niin pelkkänä suunnittelutyönä kuin avaimet käteen periaatteella.

Harju Elekter Oy kuuluu kansainväliseen AS Harju Elekter pörssi-yhtiöön, jolla on 55 vuoden kokemus sähkönjakelu- sekä teollisuussektoreilta. Konserni koostuu yhteensä 10 eri yhtiöstä neljästä eri maasta; Virosta, Suomesta, Ruotsista ja Liettuasta. Konsernissa työskentelee melkein 1000 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2022 oli 175,3 milj. euroa (Harju Elekter, 2023). Pörssi-yhtiön osakkeet ovat olleet listattuna Nasdaq Tallinnan pörssiin vuodesta 1997 ja AS Harju Elekter on ollut ainoa yritys Tallinnan pörssissä, joka on maksanut osinkoja osakkeidensa omistajille siitä vuodesta, kun se on listattu (Harju Elekter Group 3.10.2022).

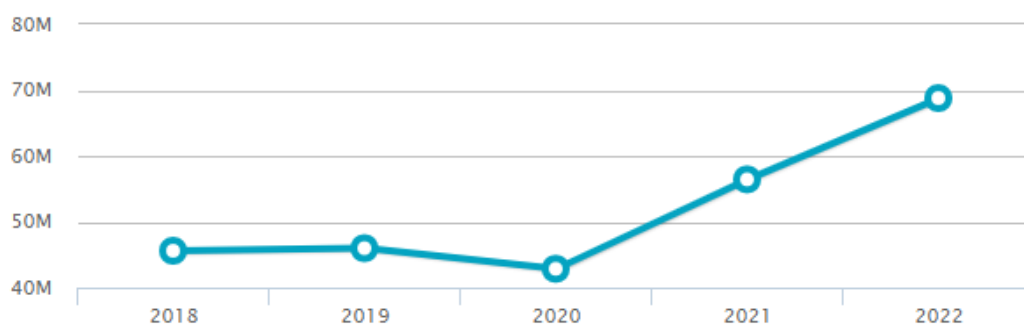
Konsernille on tärkeää sitoutua kestävään kehitykseen yhteiskunnassa, liiketoiminnassa ja ympäristössä. Keskeiset arvot konsernissa ovat kehitys, yhteistyö ja luotettavuus sekä missiona on sitoutua olemaan korvaamaton kumppani asiakkaillemme ja edistää kestävästä yhteiskunnasta tarjoamalla tulevaisuuden kestäviä sähköistämiskäytöksiä.

Harju Elekter Oy:n (suomi) liikevaihto vuonna 2022 oli 68,8 milj. euroa, joka oli 22% suurempi kuin edellisellä vuonna. Liikevoittoa syntyi melkein 1,9 milj. euroa vuonna 2022 ja henkilöstön määrä oli melkein 150 henkilöä (Suomen asiakastieto Oy, 2023). Alla kuva 1, jolla kuvataan Harju Elekter Oy:n liikevaihdon kehitystä vuodesta 2018.



## Liikevaihto

68 787 000 €  
+22 %



Kuva 1. Harju Elekter Oy:n (Suomi) liikevaihdon kehitys vuosina 2018–2022.

Yrityksen slogan on ”Electrifying tomorrow”, jolla tarkoitetaan sähköistämistä huomina mielessä – eli tuotteemme ja ratkaisumme ovat kestäviä sekä tulevaisuuden tarpeisiin soveltuvia.

### 3 PROJEKTIN TARVE JA NYKYISEN JÄRJESTELMÄN KUVAUS

Projekti kokonaisuudessaan on osa Ulvilan kaupungin julkista hanketta, jossa parannetaan Ulvilan vesijohtoverkoston laatua. Laadun parantamiseksi Ulvilan Ravanin vesilaitos saneerataan vuosien 2024–2025 aikana ja samalla uusitaan/päivitetään vesijärjestelmän automaatio kokonaisuudessaan. Uusi runko-vesilinja (Porista Ulvilaan) toteutetaan väliaikaista käyttöä varten, jotta vesilaitos voidaan saneerata. Saneerauksen aikana linja toimii päävesiyhteytenä ja sen jälkeen linja jää varayhteydeksi.

#### 3.1 Projektin tarve

Ulvilan verkoston vesi on jo vuosien ajan ollut heikko – vedessä on väri- ja makumuutoksia sekä se on hyvin kalkki pitoinen. Tämä on aiheuttanut lukuisia yhteydenottoja ja toimia niin asukkailta kuin kunnan henkilöstöltä, että laatua

pitäisi saada parannettua. Vuonna 2020 kuntalaiset julkaisivat kuntalaisaloitteen, jossa vaadittiin veden laadun parantamista. Sen allekirjoitti 1096 kunnan asukasta yhden kuukauden aikana, joka on lähes kymmenys Ulvilan asukasluvusta (Kuntalaisaloite, 21.7.2020, Ulvilan vedenlaadun parantaminen). Kunnalle tämä tieto ei tullut uutena, vaan vedenlaatua on jo koitettu parantaa aiemmin vuonna 2010 rakentamalla yhdysvesijohto Porin Ruosniemestä Ulvilaan Harjunpään kautta. Yhteydellä voidaan vuorokaudessa ottaa maksimissaan 500m<sup>3</sup> vettä, joka ei ole läheskään riittävä määrä Ulvilalle – varsinkin Sata- maidon meijerin siirtyessä Ulvilaan vuosina 2016–2018.

Vedenottoa muualta (Pori) ei myöskään voida lisätä loputtomiin, sillä Ravanin vesilaitoksen suodatusprosessia ei voida pysäyttää pitkäksi aikaa, sekä Porin kanssa tehtyyn vedenostosopimukseen (2007) on kirjattu, että Ulvilan on pidettävä oma (Ravanin) vedenotto prosessi käytössä.

Ulvilan kunta on käyttänyt laadun parannusselvityksessä eri konsulttiyhtiöitä ja on todettu, että vesilaitoksen raakavedenotto ja sen käsittely prosessi pitäisi päivittää (Ulvilan kaupungin tekninen lautakunta, 18.11.2020). Tämän päätöksen pohjalta on lähdetty kartoittamaan saneerauksen laajuutta ja mitä ennakoijärjestelyjä se vaatii. Tässä työssä toteutettava vesiyhteys on siis hyvin merkittävässä roolissa niin vesilaitoksen saneerauksen aikana kuin koko vedenlaadun parantamis- hankkeessa.

### 3.2 Projektin kuvaus

Projektin tarkoituksena on toteuttaa noin 4,5 km mittainen yhdysvesijohto Porin verkostosta Ulvilan verkostoon. Vesilinja lähtee liikkeelle Porin metallinkylästä (Kuparitie), jossa sijaitsee mittakaivo. Vesilinja alitetaan Kokemäenjoen alitse ja kulkemaan joen pohjoispuolta heti metallinkylän kohdalla. Linja kulkee Naparannan kautta Ravanin vesilaitokselle.

Mittakaivo mittaa virtaavan veden määrän. Tällä määrällä Pori laskuttaa Ulvilaa vedenkulutuksesta ja määrää verrataan Naparannan

paineenkorotusaseman virtauksen määrään – jos määrät eroavat, on kyseessä todennäköisesti putkirikko. Mittakaivossa on virtaus- ja paineanturi, joilla vain mitataan arvoja. Kaivossa ei siis säädetä vedenvirtausta. Kaivossa on myös kiinteistön valvontajärjestelmä.

Naparannassa sijaitsee paineenkorotusasema (pumppaamo), jolla säädetään vedenottoa. Sitä voidaan säätää kolmella eri tapaa; paine-, virtaus- tai vesitornin pinnankorkeussäädöllä. Asema on kaksikerroksinen rakennus, jossa sijaitsee virtausmittari, säätöventtiilit, kaksi paineanturia sekä kaksi pumppua. Paineenkorotusaseman rakennuksessa on lisäksi kiinteistön valvontajärjestelmä (esim. palo- ja murtohälytysjärjestelmä).

Koko hankkeen pääurakoitsijana toimii Lännen alituspalvelu, joka toteuttaa rakennustekniset asiat – vesijohdon kaivamisen maahan, mittakaivon asennuksen sekä paineenkorotusaseman toteuttamisen.

Harju Elekter toimittaa projektin automaatio-osuuden, joka sisältää automaatiokeskukset mittakaivoon ja paineenkorotusasemaan sekä logiikkaohjelmien ja käyttöliittymien toteuttamisen ja päivittämisen. Tässä opinnäytetyössä toteutettiin automaatio-osuuden käyttöliittymän luonnin paineenkorotusasemalle ja päivityksen valvomoissa (vesilaitos + kaupungintalo) poissulkien valvomosovellusten hälytyssivut. Logiikkaohjelmat sekä hälytyssivut toteutti yrityksen automaatio-suunnittelija, joka toimi myös ohjaajana työssä.

### 3.3 Nykyinen järjestelmä

Työhön liittyvää projektia aloittaessa vedenottojärjestelmä koostui vesilaitoksen ala-aseamista (pohjavesikaivot) sekä kahdesta yhdysvesijohto yhteydestä Porin verkostoon. Yhdysvesijohdoista merkittävämpi on Ruosniemi – Harjunpää yhteys (100-500m<sup>3</sup>/vrk).

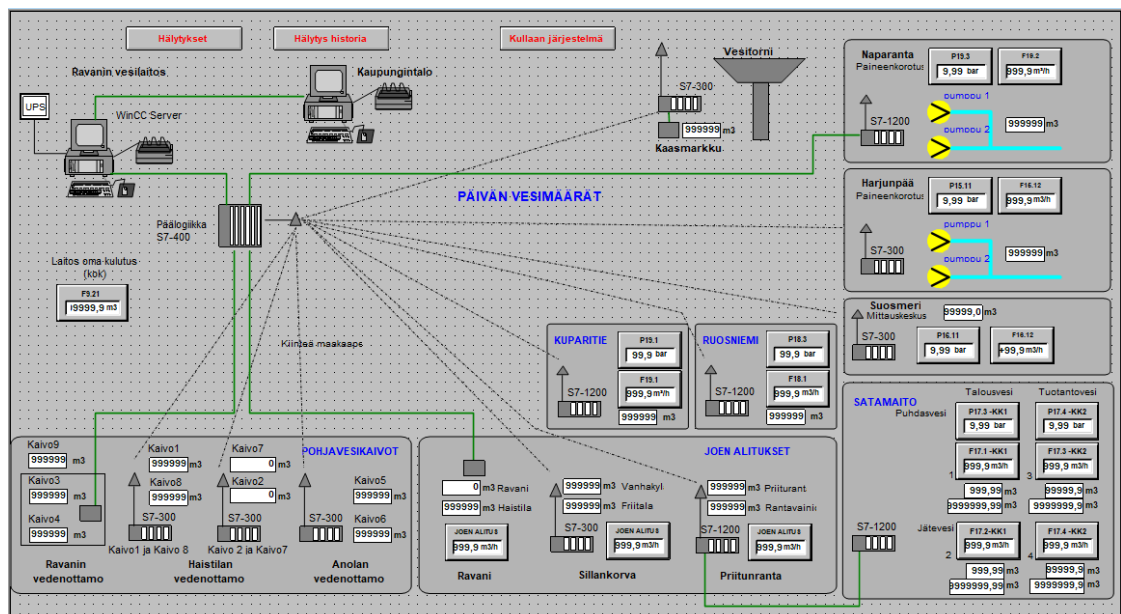
Ala-asemat ovat pohjavesikaivojärjestelmiä, joiden kautta otetaan pääasiassa kunnan vesi. Ala-asemia on kolme kappaletta; Ravanissa, Haistilassa ja

Anolassa. Ala-asemilla otetaan raakavesi (pohjavesi) Ravanin veden käsitteilylaitokselle, jossa se suodatetaan Dynasand menetelmällä ja käsitellään mm. UV-laitteella.

Vesi pumpataan Krapistossa (Kaasmarkku) sijaitsevaan vesitorniin, josta se jakaantuu verkostoon. Vesitorniin ajetaan vettä pääasiassa yö aikaan, sillä tornin vettä täytyy saada käytettyä huomattavasti päivän aikana, jotta se ei jää makaamaan ja täten veden laatu ei heikkene.

Järjestelmän päälogiikka ohjain on Siemens S7-400 sarjaa ja se sijaitsee vesilaitoksella. Siinä pyöritetään järjestelmän kokonaisuutta ohjaavaa ohjelmaa, ala-asemien ja pumppaamoiden logiikkaohjaimet lähettävät tilatietoja ja arvoja päälogiikalle joko kiinteitä yhteyksiä pitkin tai langattomasti ja vastaavasti päälogiikka lähettää tietoja toiseen suuntaan. Kaikki kommunikointi kulkee siis päälogiikan kautta. Ns. alalogiikkaohjaimissa on toki itsessään oman asemansa ohjelmakoodia, esimerkiksi yhteyden valvonta watchdog ja Harjunpään pumppaamossa pumppujen ohjaus koodit.

Langattomina yhteyksinä on käytetty Satel-radiomodeemeja, jotka kommunikoivat radiosignaaleilla keskenään.



Kuva 2. Vesilaitosverkoston järjestelmäkaavio valvomon käyttöliittymässä.

Valvomon käyttöliittymää käytetään vesilaitoksella paikallisella PC:llä ja WinCC-ohjelmalla. Täysin vastaava käyttöliittymä on myös etävalvomossa kaupungintalolla kunnan vesihuoltoinsinöörin käytössä. Se on yhteydessä vesilaitoksen päälogiikkaan kunnan verkon kautta (valokuituyhteydellä).

## 4 KOMMUNIKOINTIYHTEYDET

### 4.1 Langaton yhteys mittakaivo-vesilaitos

Etäkommunikointiyhteyksinä nykyisessä järjestelmässä on käytetty radiomodeemeja, jotka kommunikoivat yksinkertaisesti radiosignaaleina. Käytössä olevien modeemien taajuusalueet ovat 330–420 MHz ja täten viritysalue on 90 MHz. Taajuusalue sijoittuu siis vapaasti käytettävälle UHF-alueelle. Pienen taajuusalueen vuoksi radiomodeemit ovatkin herkempiä kuormittuneelle verkolle ja niiden tiedonsiirtokapasiteetti ei ole kovin suuri nykypäivänä – toki riittävä tässä tarkoituksessa. Radiomodeemit vaativat myös oman maston antennilleen, jolla saadaan ”näköyhteys” radiolinkkiin (vastaanottimeen). Suurin ongelma kyseessä olevissa radioyhteyksissä on kuitenkin yhteyskatkokset. Hetkellisiä yhteyskatkoksia ovat aiheuttaneet kova tuuli, rankka sade tai lumipyry sekä maaston muutokset (suoran linjan heikkeneminen radiolinkkiin/-vastaanottimeen).

E erityisen hyvä puoli radiomodeemissa on kuitenkin sen elinkaarellinen kustannus. Vaikka sen hankinta- ja asennushinnat ovat yleensä jopa puolta korkeammat kuin 4G- tai 5G modeemin, niin niistä ei tarvitse maksaa liittymämaksua. Tällöin radiomodeemi maksaa itsensä takaisin jopa muutaman vuoden aikana ja yhteys ei ole niin sanotusti operaattorin varassa.

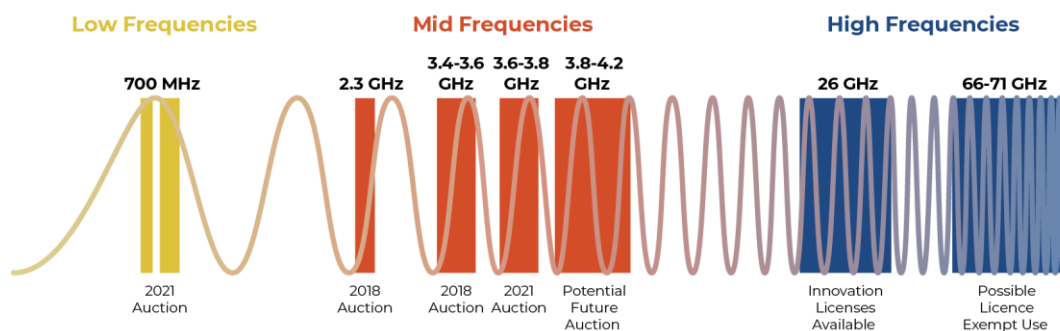
Työssä käsiteltävän uuden vesilinjan langattomaksi yhteydeksi valittiin kuitenkin nykyaikainen 5G-modeemi. Valinta perustui lähinnä asiakkaan

vaatimukseen sekä tietoturvallisuuteen. Verkkoon yhteydessä olevan modeemin liitännä mittakaivoon tulee erillisen palomuurilaitteen lävitse.

5G-modeemi toimii langattoman tietoliikenteen solmukohtana, joka mahdollistaa laitteiden yhteyden verkkoon, esimerkiksi tässä tapauksessa mittakaivon alalogiikan yhteyden päälogiikkaan vesilaitokselle. 5G (5. sukupolven) langattoman teknologian avulla pyritään tarjoamaan nopeampaa ja luotettavampaa langatonta tiedonsiirtoa sekä tukemaan suurempaa laitteiden määrää samanaikaisesti. Se perustuu useisiin tekniikoihin, jotka mahdollistavat parannukset suorituskyvyssä ja palveluissa verrattuna edellisiin sukupolviin, kuten 4G:hen.

Positiivisia puolia 5G-modeemista;

Laajempi taajuusalue: 5G käyttää laajempaa taajuusalueiden kirjoa kuin edeltäjänsä, mikä mahdollistaa suuremman datan siirtonopeuden. Tämä sisältää matalat (alle 1 GHz), keskitasoiset (1–6 GHz) ja korkeat (yli 24 GHz) taajuusalueet. Suomessa pääosin 5G-verkko on toteutettu 3,5 gigahertsin taajuusalueella sekä 700 megahertsin taajuusalueella kuuluvuuden takaamiseksi.



Kuva 3. 5G:n taajuusalueet kuvattuna spektrillä.

Massiivinen MIMO (Multiple Input - Multiple Output): 5G-modeemit voivat käyttää massiivista MIMO-teknologiaa, joka sisältää suuren määrän antennielementtejä lähettämään sekä vastaanottamaan samanaikaisesti useita signaaleja (arvot + tilatiedot). Tämä parantaa huomattavasti verkon kapasiteettia ja suorituskykyä.

Beamforming: 5G hyödyntää älykästä suuntaamista eli beamformingia, joka tarkoittaa signaalin kohdentamista tiettyyn suuntaan. Tämä auttaa parantamaan signaalin voimakkuutta ja luotettavuutta tietyn laitteen tai käyttäjän kohdalla.

Pienisoluverkot: 5G tukee pienisoluverkkoja, kuten mikrosoluja ja pikosoluja, mikä tarkoittaa, että verkkoja voidaan tiivistää ja optimoida paremmin eri alueilla. Tämä parantaa paikallista kapasiteettia ja lisää verkkojen joustavuutta.

Huippuluokan tietoliikenneprotokollat: 5G käyttää edistyneitä tietoliikenneprotokollia, kuten NR (New Radio), joka on 3GPP:n (3rd Generation Partnership Project) kehittämänä 5G:n ilmarajapinta langattomassa tiedonsiirrossa.

Yhdessä nämä tekniikat mahdollistavat 5G-modeemin tehokkaan toiminnan tarjoten käyttäjille nopeampaa ja luotettavampaa langatonta yhteyttä. On myös tärkeää huomioida, että 5G-verkkojen toteutus ja ominaisuudet voivat vaihdella eri operaattoreiden ja alueiden välillä.

5G-modeemin toiminta perustuu kuitenkin operaattorilta hankittuun liittymään, joka on sen heikkous verrattuna radiomodeemiin. Siitä tarvitsee maksaa liittymä maksua, jotta sitä voidaan ylipäättänsä käyttää.

#### 4.2 Kiinteä yhteys paineenkorotusasema-vesilaitos-etävalvomo

Paineenkorotusaseman kommunikointitavaksi valittiin valokuituyhteys, sillä se oli mahdollista toteuttaa edullisesti ja helposti. Valokuituyhteys on myös todella luotettava, nopea sekä sillä on korkea tiedonsiirtokapasiteetti. Rakennettavan pumppaamorakennuksen lähetyvillä oli kuitupääteketelo, jossa oli vapaana olevia kuitupareja. Itse pumppaamon automaatio-osuus (logiikka) yhdistetään Ethernet-väylällä kuitumuunttimeen, josta on kiinteä kuituyhteys vesilaitokselle sekä kunnan verkkoon. Vesilaitoksella vastaava kuitumuunnin on yhdistetty päälogiikkaan Ethernet-väylällä (TCP/IP-protokolla). Etävalvomo on yhteydessä päälogiikkaan kunnan verkon kautta. Tällä yhteystavalla saadaan

todella tehokas ja ennen kaikkea luotettava yhteys pumppaamon ja valvomoiden välille.

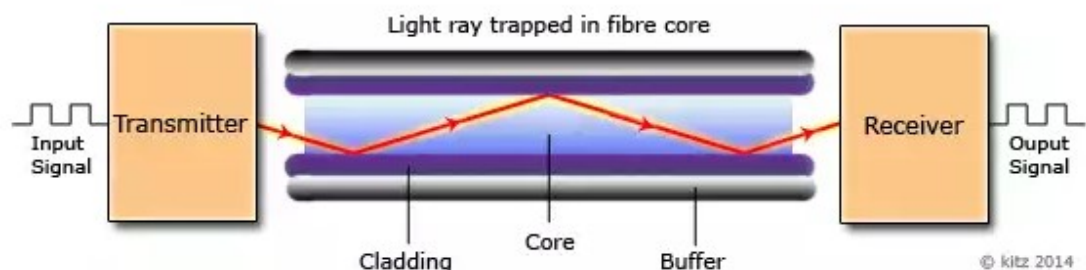
#### 4.2.1 Valokuituyhteyden toimintaperiaate

Valokuituyhteys (optinen kuitu) perustuu valokuitukaapeleihin, jotka ovat ohuita lasi- tai muovikuituja. Kulkevan valon taajuus on jopa satojen terahertsien verran ja täten tämä tekniikka mahdollistaa todella suuren määrän tiedonsiirtoa valon avulla ja nopeasti.

Valokuituyhteys toimii seuraavalla tavalla:

Tiedonsiirto alkaa valon lähettämällä valokuitukaapelin toisesta päästä. Yleensä käytetään lasikuitua, mutta joskus myös muovikuitua. Lähettimen avulla luodaan valosignaali, joka sisältää digitaalista tietoa. Valosignaali kulkee pitkin valokuitukaapelia. Kuitu on erittäin ohut ja joustava, ja valo heijastuu kaapelin seinämistä pitkin, mikä mahdollistaa signaalin etenemisen kaapelin läpi. Kuitukaapelin asennuksessa pitää kuitenkin olla tarkkana jyrkkien mutkien suhteen – ne katkaisevat kaapelin herkästi.

Valosignaalia voidaan myös vahvistaa tarvittaessa matkan varrella. Tämä on erityisen tärkeää pitkillä etäisyyksillä tai suurissa verkoissa, joissa signaalin heikkeneminen voi olla ongelma. Valon saapuessa määränpäähän, valosignaali muunnetaan takaisin sähköiseksi signaaliksi valokuitukaapelin toisessa päässä. Tätä tapahtumaa varten käytetään valodiodia. Sähköinen signaali taas muunnetaan digitaaliseksi tiedoksi. Tämä on alkuperäisen tiedon muoto, joka lähetettiin valon avulla.



Kuva 4. Valokuituyhteyden toimintaperiaate.



Valokuituyhteys tarjoaa useita etuja, kuten todella korkean tiedonsiirtonopeuden, häiriöttömyyden sähkömagneettisten kenttien vaikutuksille, ja se on myös immuuni sähköiselle interferenssille. Valokuitu on laajalti käytössä eri tietoverkoissa, kuten kotitalouksien laajakaistayhteyksissä, yritysverkoissa ja tietoliikenneverkoissa teollisuudessa.

## 5 KÄYTTÖLIITTYMIEN TOTEUTUS

Vedenjakelujärjestelmä on tärkeä osa infrastruktuuria ja siksi sitä valvotaan ympärivuorokautisesti, osan päivästä mobiilisti hälytyksien kautta. Järjestelmä on myös todella mittava ja sen vikaantuminen vaikuttaa Ulvilan alueella niin yrityksiin kuin kuluttajiin. Vikaantuminen voi myös aiheuttaa mittavia vahinkoja itse runkoverkostossa, kuin myös kuluttajien liittymissä. Tämän vuoksi ohjelmien toimivuus ja luotettavuus on hyvin tärkeää. Ohjelmien ja käyttöliittymien teossa on otettukin vahvasti huomioon lukitukset (interlock) sekä hälytys-signaalit.

Järjestelmää on kokonaisuudessaan voitava käyttää kolmella eri ohjaustavalla. Paineohjauksella, jossa pyritään pitämään verkoston paine asetusarvossa. Virtausohjauksella, jossa asetetaan virtausarvo, jonka järjestelmä pyrkii pitämään. Viimeinen ja pääasiallinen ohjaustapa on ohjaus vesitorninpinnan mukaan. Ohjaustavat voidaan asettaa molemmista käyttöliittymistä ja pumpujen ohjaus tapahtuu logiikkaohjelmien kautta.

Paineenkorotusasemalla oleva käyttöliittymä on tarkoitettu vain tilapäistä paikallishajausta varten. Pääasiallinen käyttö ja valvonta tapahtuu vesilaitoksen valvomon kautta.

Projektissa mukana ollut Harju Elekter:n automaatiosuunnittelija toteutti logiikkaohjelmat kokonaisuudessaan sekä muuttujien Data Block:t (tietorakenteet)

kaikkiin kolmeen logiikkaan (mittakaivo, paineenkorotusasema ja valvomo). Hän toteutti myös käyttöliittymien hälytyssivut ja niiden funktiot, sillä niiden toimiminen on erittäin tärkeää mahdollisten vikojen sattuessa. Hälytyssivuja ei käsitellä tässä työssä.

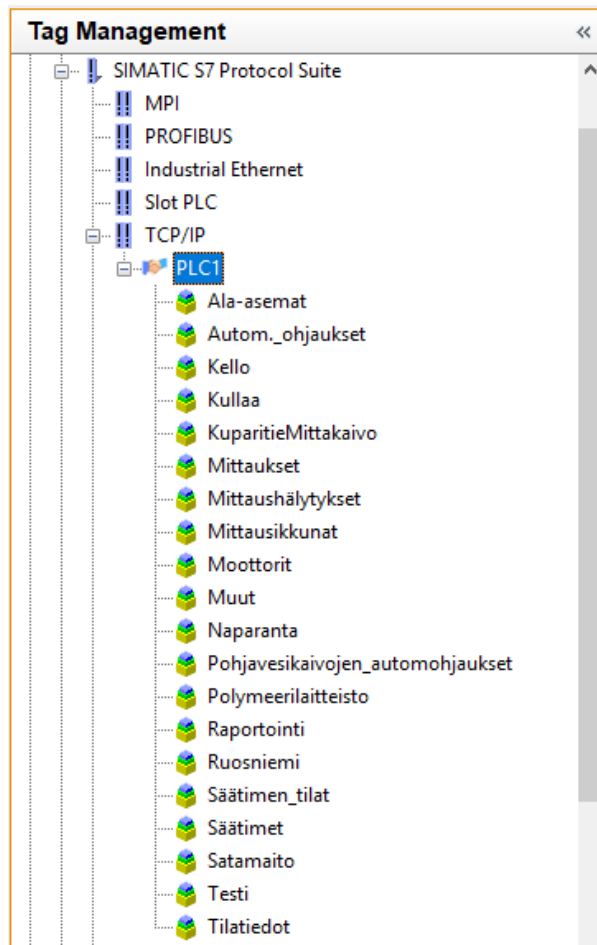
## 5.1 Valvomo + etävalvomo

Vesilaitoksen valvomo sekä kaupungintalolla oleva etävalvomo ovat täysin vastaavia ohjelmallisesti sekä laitteellisesti – molemmat toimivat PC:n kautta WinCC-ohjelmalla. Järjestelmän päälogiikka on Siemens S7-400 sarjaa ja sen ohjelmointi on toteutettu S7 Manager-ohjelmalla. Käyttöliittymä toteutettiin WinCC-ohjelman Graphics Designer toiminnolla. WinCC on vielä yleisesti käytössä oleva Siemens:n käyttöliittymän hallintaohjelma, mutta sitä enää harvemmin käytetään uusissa järjestelmissä. Siemensin TIA Portal ohjelma on korvannut pitkälti WinCC:n käytön.

Valvomojärjestelmän ja päälogiikkaohjelman ovat varsin iäkkäitä ja Windows 10 käyttöjärjestelmällä toimiva, päätettiin muutostöitä varten toteuttaa virtuaalikone VMware Workstation:illa, jossa ohjelmaa ja käyttöliittymää päivitettiin. Myös alusta alkaen oli selvää, että valvomossa pyörivään ohjelmaan tullaan vain integroimaan uudet ja päivitettyt osuudet eikä koko ohjelmaa ladata kokonaisuudessaan logiikalle. Tähän päädyttiin sen vuoksi, että minimoidaan riski ohjelman latauksessa olevien compile error:n kanssa, sillä ei ole varmuutta mitä kaikkea ohjelmaan on päivitetty vuosien aikana. Päälogiikkaohjelmasta otettiin siis backup-tiedosto, jota lähdettiin työstämään virtuaalikoneen kautta – niin logiikkaohjelmia kuin käyttöliittymän päivitystä.

Sivuista pyrittiin tekemään mahdollisimman yhdenmukaiset jo olemassa olevien sivujen kanssa ja täten käyttöliittymäsivujen pohjana toimikin Ruosniemi-Harjunpään yhdysvesijohdon ohjaussivut. Uudessa (Kuparitie-Naparanta) yhdyslinjassa on toki huomattavasti suurempi vedenottomäärä sekä se on huomattavasti tärkeämmässä asemassa vedenjakelun kannalta.

Käyttöliittymän toteutus aloitettiin lisäämällä uudet Data Block:t Tag Management-listaan ja tarkemmin TCP/IP kommunikointiprotokollan alle logiikan kirjastoon.



Kuva 5. Valvomosovelluksen Tag Management-rakenne.

Data block:n avulla tiedot/arvot saadaan helposti eriteltyä ja niiden siirto muualle tai muihin ohjelman lohkoihin on vaivatonta. Täten niiden käyttäminen logiikkaohjelmoinnissa on lähes välttämätöntä.

### 5.1.1 Järjestelmäkaavio

Kun tietorakenteet oli saatu lisättyä ohjelmaan, voitiin itse käyttöliittymien grafiikkaa lähteä luomaan ja päivittämään. Ensin päivitettiin vedenjakelujärjestelmän järjestelmäkaavio sivu (kuva 2). Siihen lisättiin yhdysvesijohdon Kuparitie mittakaivo sekä Naparannan pumppaamo. Sivun ollessa jo valmiiksi hyvin

täynnä, jouduttiin sen asettelua hieman muuttamaan. Tekstikenttiä myös päivitettiin jo aiemmin tehtyjen logiikkapäivitysten osalta (S7-200 → S7-300).

Sivulla kuvataan päivän vesimääriä järjestelmätasolla ja samalla näytetään asemien vedenvirtauksia ja paineita. Kaavio kuvaa myös samalla järjestelmän yhteyksiä ja rakennetta. Näytettävät määrät ovat toteutettu I/O Field grafiikan Output-toiminnolla. Sivulla olevien paineenkorotusasemien pumpuille myös tehtiin värvaihtelu kuvaus sen mukaan, ovatko pumput käynnissä. Tämä tieto on tehty sisäisellä Boolean-tyypisellä muuttujalla ja sen linkityksellä grafiikan (eclipse) Background colour:n.

### 5.1.2 Mittakaivo

Mittakaivon grafiikkaa varten luotiin uusi sivu ja sen luomisessa olikin tärkeää skaalata se samaan kokoon, kuin jo olemassa olevat sivut, jotta se on oikean kokoinen valvomon PC:n näyttöön (1440x790 px.).



Mallipohjana käytettiin jo olemassa olevan pumppaamon (Ruosniemi-Harjunnäpää) ohjaussivua. Mittakaivossa vain mitataan arvoja – vedenvirtausta ja sen painetta. Täten sen ohjaussivukin on hyvin yksinkertainen ja se ei juurikaan vaadi erillistä koodausta. Sivun tärkein tehtävä on antaa näkyvä grafiikka kailolle ja näyttää sen kiinteistön valvonnan tilat. Itse vesimäärät ja paineet ovat myös oleellista tietoa, mutta ne nähdään valvomon muilta sivuilta myös.

Sivun kaikkien tietojen ollessa output -tyyppisiä, voitiin niiden luomisessa käyttää I/O Field -objektia ja linkittää niihin Data Block:ssa esitellyt muuttujat. Tällä sivulla näytettävät mittausarvot (virtaus, paine ja lämpötila) ovat analogisia mittausarvoja ja täten niiden tietotyyppinä käytetään sanaa (Word). Vesimäärät ovat ohjelmallisesti laskettuja ja niiden tyyppinä käytettiin REAL:a (reaaliluku). Kiinteistön valvontajärjestelmän muuttujat ovat boolean-tyyppisiä ja grafiikan toteuttamisessa käytettiin tavallista rectangle -objekteja, joille asetettiin background colour vaihtelut. Objekteissa käytetään eri värejä kuvaamaan niiden tilaa, esimerkiksi ulko-ovi kiinni -tiedossa vihreää oven ollessa kiinni ja

punaista sen ollessa auki (kuva 6). Aseman yhteyshälytyksen kuvaamista varten on logiikkaohjelmallisesti toteutettu boolean-tyyppinen muuttuja, sillä yhteyttä valvotaan luettavalla ja lähetettävällä sanalla ajastimen kanssa (watch-dog).

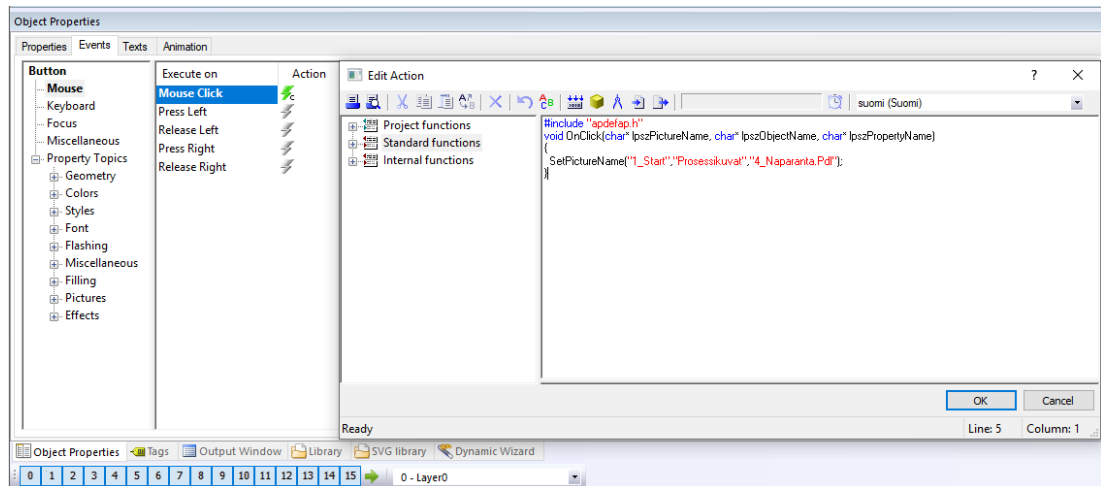
The screenshot shows the 'Value Range' dialog box with the following details:

- Used Language:** suomi (Suomi)
- Event Name:** Tag
- Expression/Formula:** 'Ulko-ovi\_Kiinni'
- Result Of The Expression/Formula:**

Valid range	Back...
Yes / TRUE	
No / FALSE	
- Data Type:**
  - Analog
  - Boolean
  - Bit
  - Direct
- Buttons:** Add, Remove, OK, Cancel
- Options:**
  - Do not evaluate tag status
  - Evaluate tag status
  - Evaluate quality code

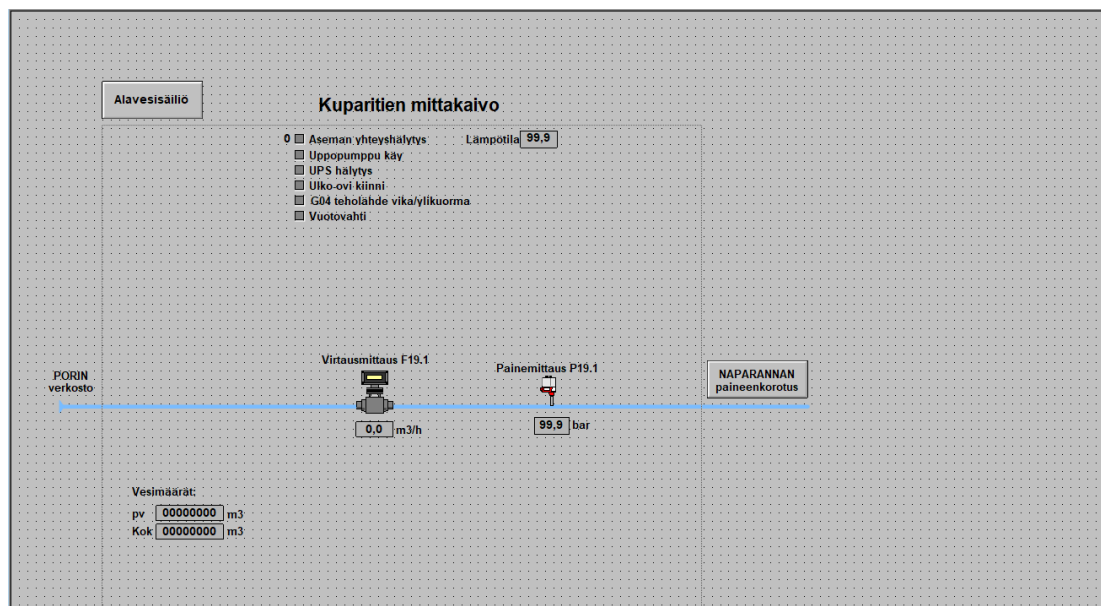
Kuva 6. Valvomon WinCC-ohjelman mittakaivo sivun "ulko-ovi kiinni" objektin värin asettaminen.

Sivulle lisättiin myös painikkeet, joilla päästään siirtymään paineenkorotusase-  
man sivulle tai takaisin alavesisäiliön sivulle. Tämä toiminto on yksinkertaista  
toteuttaa painikkeen Mouse click -toiminnolla ja lyhyellä C-ohjelmointikielen  
koodilla, kuten alla olevassa kuvassa 7.



Kuva 7. Valvomon WinCC -ohjelmalla toteutettu sivunvaihtokoodi painikkeella.

Kokonaisuudessaan mittakaivosivusta pyrittiin tekemään hyvin yksinkertainen ja selkeä sillä sitä ei käytetä paljoa ja tarvittaessa sen tiedot ovat helposti luettavissa/nähtävissä. Alla olevassa kuvassa 8 on kyseinen sivu valmiina.



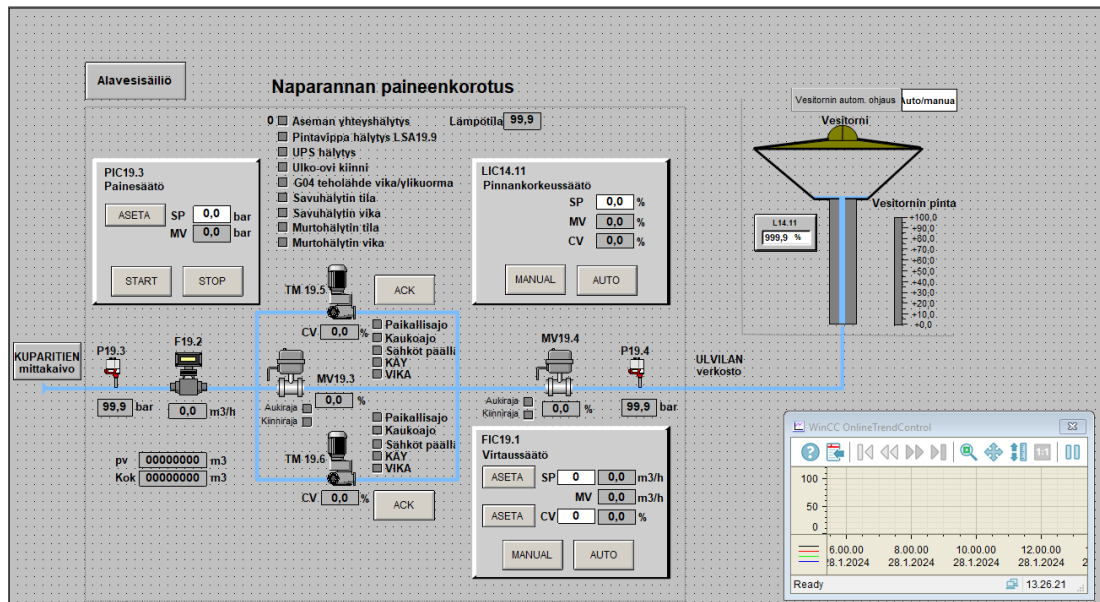
Kuva 8. Valvomosovelluksen mittakaivo sivu.

### 5.1.3 Paineenkorotusaseman ohjaussivu

Pumppaamon ohjaussivua varten luotiin valvomoon uusi sivu ja siinä oli tärkeää huomata skaalaus, kuten mittakaivon ohjaussivussa. Aiemmin toteutetun Harjunpään pumppaamon ohjaussivu toimi pohjana tälle sivulle ja sivua luodessa huolena oli, että saadaanko tarvittavat tiedot ja niiden grafiikat järkevästi

mahdutettua yhdelle sivulle. Sivua suunniteltaessa oli ajatuksena luoda pop-up ikkunat ohjaustavoille, mutta ne saatiinkin mahtumaan suoraan sivulle kuitenkin. Sivusta tuli toki melko täysinäinen ja paikoin jopa ahdas (kuva 9). Käyttöliittymää käytetään kuitenkin tietokoneella, joten se voi olla hieman ahtaampikin – hiirellä saa klikattua pienempiäkin painikkeita.

Sivulta on tarkoitus ohjata koko vedenjakelujärjestelmää vesilaitoksen ollessa saneerattavana ja sen vuoksi siihen on lisättykin 3 eri ohjaustapaa järjestelmälle. Vastaava sivu toteutettiin myös itse asemalle Naparantaan, josta on tarkoitus paikallisohjata järjestelmää tarvittaessa. Sen toteutuksesta kerrotaan lisää otsikon 5.2 alla.



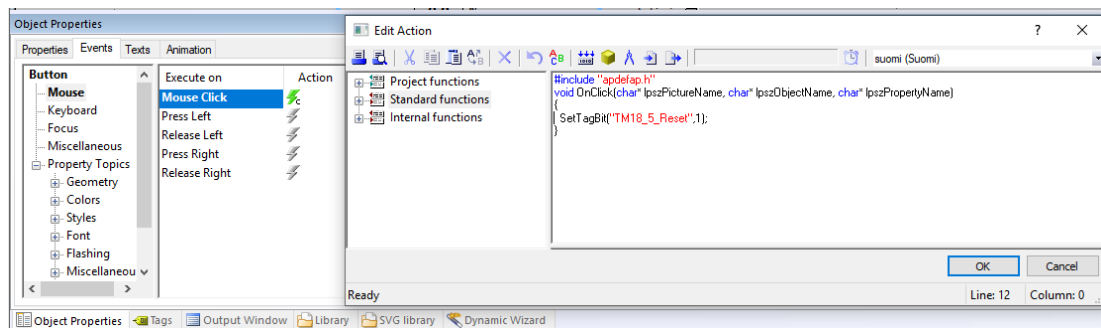
Kuva 9. Valvomon paineenkorotusaseman ohjaussivu.

Sivulta löytyy jo jonkin verran eri objekteja ja toimintoja. Vesitornin pinnan graafi on haluttu tuoda sivulle havainnollistamaan pinnan korkeutta ja siitä on luotu myös kuvaaja, jossa eri muuttujat luovat trendiä ajan funktiona. Tähän valittuja muuttujia ovat vesitornin pinnan korkeuden; setpoint, controllable variable ja measuring value sekä veden virtausmäärä (F19.2). Trendien lisääminen onnistuu objektin ominaisuuksista hyvinkin yksinkertaisesti.

Järjestelmän 3 eri ohjaustapaa ovat tärkeitä eri tilanteissa – normaalisti ja yleensä järjestelmää ajetaan pinnankorkeudella tai painesäädöllä. Näillä

saadaan tarvittava vesi verkostoon ja ennen kaikkea pidettyä paine yllä, jotta vesi ns. yltää myös pidemmällä oleville kuluttajille. Virtaussäädön -ohjaustapa on oikeastaan vain tilanteeseen, jolloin vettä ei oteta kyseisestä yhdysvesilinjasta ja linjaa pidetään vain yllä – jos vesi jäisi makaamaan putkistoon niin se aiheuttaisi putkien ja veden laadun heikkenemistä.

Iso eroavaisuus mittakaivon sivuun on myös pumppujen ohjaus ja niiden tilatiedot. Nämä ominaisuudet ovat toteutettu painikkeilla sekä rectangle –objekteilla. Painikkeille on tehty lyhyet C-kielen koodipätkät, joilla saadaan tarvittavat arvot siirrettyä data block:n kautta itse logiikkaohjelmaan.



Kuva 10. Pumpun TM 19.5 ACK-painikkeen koodi, jolla asetetaan reset-bitti päälle logiikkaohjelmaan.

Sivulla muuten olevat objektit ovat tavallisia grafiikoita sekä input/output tyyppisiä I/O Field:jä.

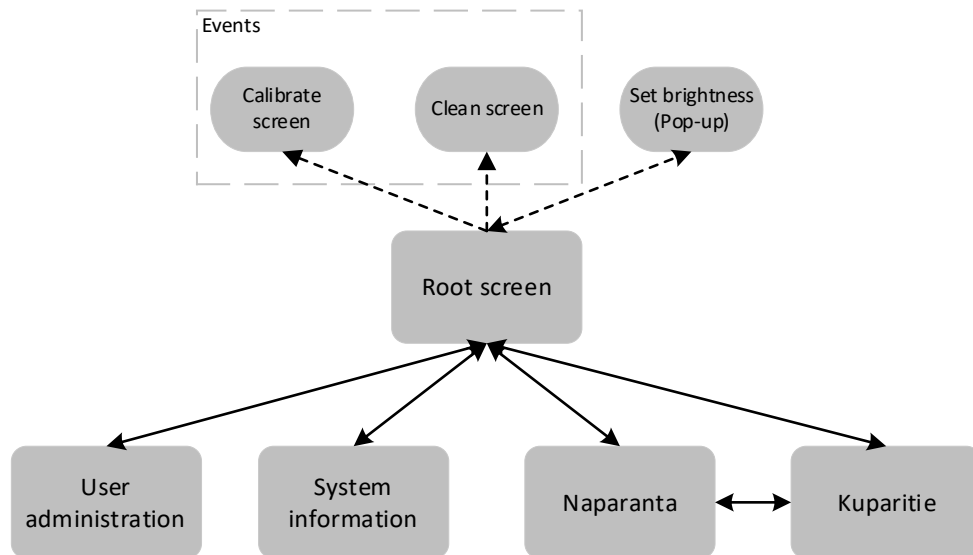
## 5.2 Naparannan paineenkorotusaseman paikallisohjauksen käyttöliittymä

Paineenkorotusaseman toteutus oli kokonaisuudessaan uuden luomista, niin rakennusteknisesti kuin automaatiollisesti. Mallia arkkitehtuuriin voitiin kuitenkin ottaa jo käytössä olevasta Harjunpään pumppaamosta, joka on vastaava, mutta huomattavasti pienempi.

Aseman logiikkana toimii S7-1200 sarjan logiikka ja paikalliskäyttö paneelina 12-tuuman TP1200-Comfort. Ohjelmat sekä käyttöliittymä päästiinkin toteuttamaan TIA Portal V17-ohjelmalla.



Paikallisohjauksen paneelin arkkitehtuuri on kuvattuna alla kaaviossa 1. Root screen on paneelin päänäkymä, josta päästään siirtymään alisivuille tai suorittamaan itse paneelin eri toimintoja. Nämä toiminnot ovat näytön kalibrointi, -putsaus sekä kirkkauden säätö. User administration ja system information -sivut ovat tarkoitettu vain huolto-/muutostoimenpiteiden tekijöille tai antamaan paneelin versio numero käyttäjälle.

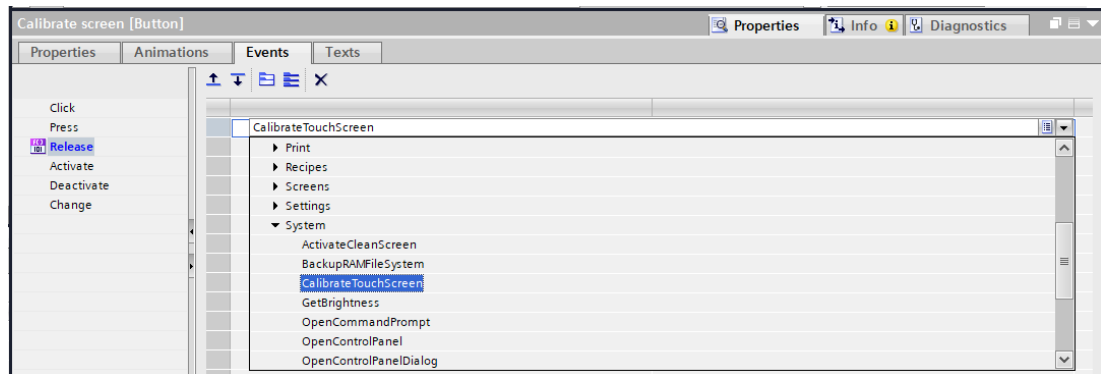


Kaavio 1. Paineenkorotusaseman paneelin arkkitehtuuri.

Näytön kalibrointi- sekä putsustoiminnot ovat yksinkertaisia toteuttaa TIA Portal -ohjelman valmiilla toiminnoilla, jotka löytyvät kätevästi button -objektin ominaisuuksista. Kalibrointi suorittaa näytön sisäisesti funktion, jossa se käynnistää (valmiiksi sisäisesti rakennetun) sivun, jossa ohjataan käyttäjää painamaan näyttöä eri kohdista, jolloin se saadaan kalibroitu. Toiminto on hyvin yksinkertainen niin käyttäjälle, kuin suunnittelijalle toteuttaa.

Näytön puhdistustoiminto on myös tehty yksinkertaiseksi Siemens:n toimesta, sillä sen painiketta painaessa, se lukitsee näytön asetetuksi ajaksi (tässä tapauksessa 30 sekuntia) ja käynnistää näytölle ajastimen, jonka aikana näyttö voidaan puhdistaa ja se ei ota kosketusta vastaan.

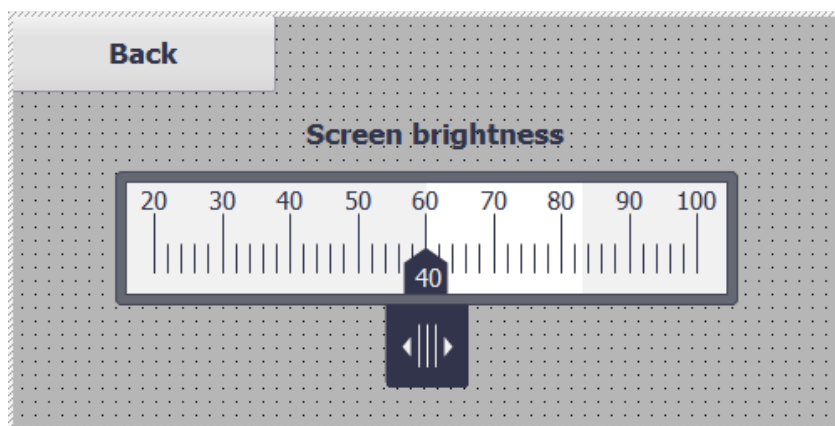
Molempien toimintojen päättyessä näyttö palautuu samaan näkymään, jossa se on ollut (Root screen).



Kuva 11. Kalibrointi- ja putsautoimintojen asetus painikkeen ominaisuuksista.

Kirkkauden säädön toteuttamiseen paneelille on monta eri tapaa. Se voidaan toteuttaa sisäisellä muuttujalla (kirkkauden arvo), jota muokataan + ja – painikkeilla tai valmiilla painikearvoilla, joka päivitetään kirkkauden arvoksi. Esimerkiksi valmiit painikkeet 70%, 80%, jne. arvoilla, jotka päivittävät arvon itse näytön tag-listan muuttuun.

Tällä kertaa päädyttiin kuitenkin luomaan pop-up-sivulle mitta-asteikko, jota voidaan säätää slider -objektilla. Tämän etuna on kirkkauden portaaton ja nopea säätö käyttäjälle sekä helppous toteuttaa suunnittelijan osalta – mitta-asteikolle voidaan asettaa minimi ja maksimi arvot helposti. Tällöin näyttöä ei saa liian himmeäksi, jolloin siitä ei enää näkisi mitään eikä kirkkautta täten saisi nostettua. Huomioitavaa slider-tavan kirkkauden säädössä kuitenkin on, että kirkkauden arvon muuttujalle on asetettava oletusarvo, jotta paneelilla on arvo, jota se käyttää käynnistyessä.

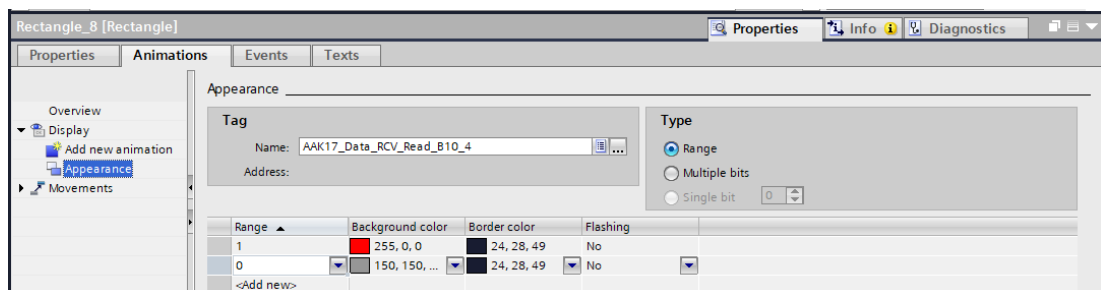


Kuva 12. Paneelin pop-up sivu kirkkauden säädölle, joka toteutettiin slider-objektilla.

Mittakaivon ja paineenkorotusaseman sivut ovat käytännössä samanlaisia, kuin valvomossa olevat – ne ovat toteutettu vain eri ohjelmalla ja visuaalisesti erilaisia. Paineenkorotusasema sivulle ei kuitenkaan tuotu vesitornin grafiikkaa visualisoimaan sitä tai sen arvojen kuvaajaa.

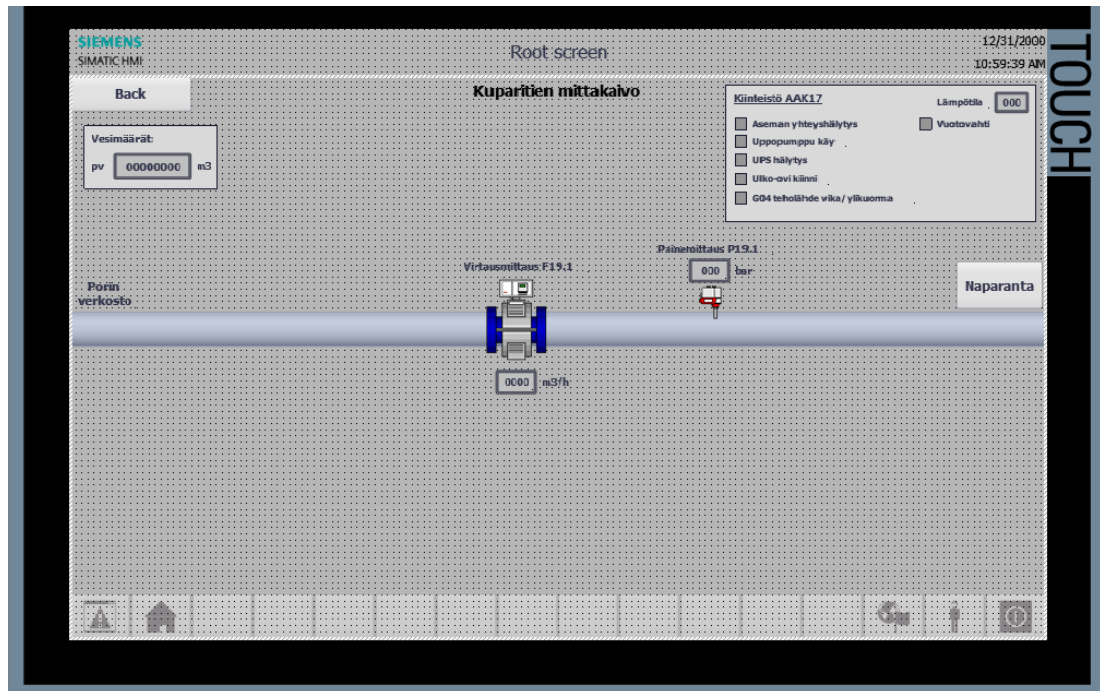
Mittakaivo sivulle (kuva 14.) luotiin grafiikka kuvaamaan putkistolinjaa ja siihen lisättiin kaivon mittaus objektit – virtaus ja paine. Valitut objektit ovat vastaavia, kuin Harjunpään pumppaamon käyttöliittymässä. Mittausten arvot tuotiin sivulle I/O Field -objekteilla, joilla saadaan word-muotoisten muuttujien arvot näkyviin käyttäjälle. Päivän vesimäärät lasketaan logiikkaohjelman kautta ja näytetään sivulla.

Kiinteistön valvontajärjestelmän tilat ja arvot haluttiin myös tuoda näkyviin paneelille, joten niille luotiin oma grafiikka – vastaavalla tavalla, kuin valvomossa. Objektit ovat rectangle -tyyppisiä ja niiden taustaväriä muokataan boolean tyyppisillä muuttujilla sen mukaan, mikä arvo muuttujalla on. Esimerkkinä ”Uppopumppu käy” tieto.



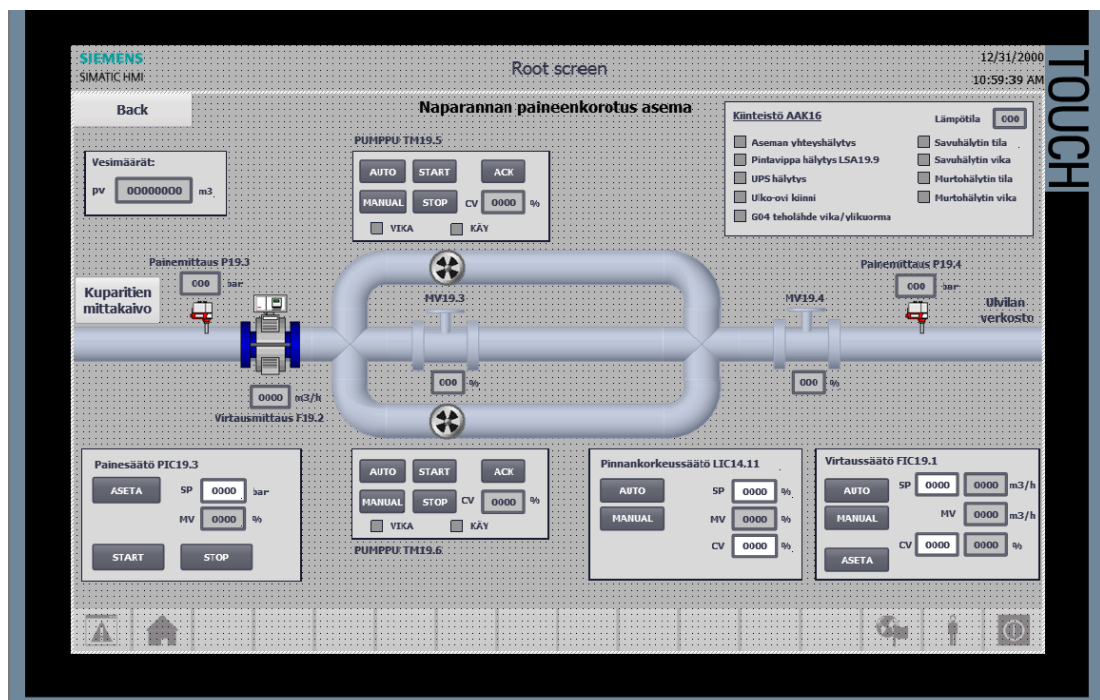
Kuva 13. Paikalliskäyttöliittymän mittakaivo sivun ”Uppopumppu käy” -tiedon taustaväriin ohjaus.

Mittakaivosivulle luotiin myös painike, josta päästään siirtymään Naparannan paineenkorotusaseman sivulle.



Kuva 14. Naparannan paineenkorotusaseman paneeliin toteutettu mittakaivo sivu.

Pumppaamon ohjaussivu tuli melko täyteen eri objekteista ja ohjausmenetelmistä (kuva 15). Sivulle saatiin kuitenkin mahtumaan halutut ohjaustavat sekä grafiikat tilatietoineen.



Kuva 15. Naparannan paineenkorotusaseman paneeliin toteutettu paikalliso-ohjaus sivu.

Sivun pohjana toimi siis Harjunpään pumppaamon sivu sekä valvomon vastaava etäohjaussivu. Grafiikka ja visuaalinen ilme pyrittiinkin täten toteuttamaan mahdollisimman yhdenmukaiseksi aiemmin mainitsemien sivujen kanssa, jotta se on selkeämpi käyttäjille.

Paikallisohtausivulle tuotiin järjestelmän 3 eri ohjaustapaa (paine, virtaus ja pinnankorkeus) sekä itse pumppujen ohjaus- ja tilatiedot. Pumppujen vuorotteluohjausta ei tarvinnut tuoda käyttöliittymään, sillä niiden vuorottelu toteutettiin taajuusmuuttajavalmistajan erillisillä lisäosilla (HW-puoli). Pumppujen painikkeet toimivat myös tilatietoina taustaväriensä kautta.

Sivulle saatiin myös mahtumaan vastaava kiinteistön valvontajärjestelmän grafiikka, kuin Kuparitien mittakaivolla. Järjestelmään on toki lisätty savu- ja murtohälyttimien tilat, sillä pumppaamo on 2-kerroksinen rakennus, jonka kiinteistöä halutaan valvoa tarkemmin.

## 6 TESTAUS

Projektin maarakennuksellinen aikataulu venyi huomattavasti ja se vaikutti kokonaisuudessaan opinnäytetyön aikatauluun ja toteutukseen. Täten valitettavasti koko projektin käyttöönottoa ei voitu ottaa mukaan opinnäytetyöhön ja kokonaisuuden käsittelyä jouduttiin rajaamaan. Kuitenkin keskuksille, ohjelmille, kommunikoinneille sekä käyttöliittymille saatiin tehtyä toiminnallinen testaus.

Automaatiokeskukset testattiin toimeksiantajayrityksen toimitiloissa ja ne todettiin sähköteknisesti turvalliseksi ja CE-leimatuiksi. Keskuksien tarkastukseen kuului silmämääräinen-, soittokellotarkastus (piirikaavioiden mukaan) sekä sähköturvallisuus mittaukset, kuten suojamaan jatkuvuus, oikosulkuvirtamittaus sekä vikavirtasuojakatkaisijoiden laukaisu arvojen tarkastus (virta +

aika). Molempien automaatiokeskusten toimivuus testattiin myös logiikka ohjelmallisesti ja yhteysteknisesti.

### 6.1 Mittakaivo

Kuparitien mittakaivoon sijoitettava automaatiokeskus mittaa vain kahta arvoa (paine ja virtaus) yhdysvesijohtolinjaa ajatellen ja täten se pystyttiin testaamaan hyvinkin yksinkertaisesti. Mittakaivon kiinteistöön kuitenkin tarvittiin muita ohjauksia sekä valvontaa. Ohjauksena kaivon uppopumppu ja valvottavista tiedoista seuraavat; aseman yhteyshälytys, ulko-oven tila, 24VDC virtalähteen tila (vika) sekä pinnan vuotovahti. Keskuksen ohjaukset on toteutettu logiikkaohjelmalla automaattisesti toimiviksi ja arvojen/tilatietojen siirtäminen valvomoon sekä Naparannan paikalliskäyttöliittymään, jossa ne näytetään visuaalisesti.

Tärkein asia testauksessa oli modeemin yhdistäminen verkkoon ja valvomoon IP-osoitteiden avulla sekä niiden toiminnan testaaminen. Keskuksen sähköistämisen ja verkkoon yhdistys toteutettiin toimeksiantajayrityksen tiloissa, jonka jälkeen siirryttiin vesilaitoksen valvomoon lataamaan uudet/päivitetty data- ja ohjelma block:t sekä käyttöliittymäsivut logiikkaohjelmaan ja valvomosovellukseen. Tämä toimenpide sujui yllättävän helposti ja ongelmitta, paitsi yhden päivittämättömän IP-osoitteen lataaminen ohjelmaan pysäytti - sen kokonaan hetkeksi. Vika onnistuttiin kuitenkin löytämään nopeasti ja korjaamaan.

Sähköistettyyn ja verkkoon liitettyyn mittakaivon keskukseseen syötettiin signaaleita yrityksen omissa toimitiloissa ja todettiin kaikkien arvojen siirtyminen valvomon logiikkaan sekä käyttöliittymään. Paine- ja virtausmittausjohtimiin syötettiin milliampeeri -signaaleja 0-20mA välillä ja tilatieto signaalit testattiin jumper-johtimella (boolean tyyppinen muuttuja).

Testauksen onnistuttua ja suoritettua, mittakaivon keskus luovutettiin asennettavaksi itse mittakaivoon Kuparitielle.

## 6.2 Paineenkorotusasema

Paineenkorotusaseman keskuksen testaus oli tärkeää, sillä logiikkaohjelma ja paneelin sivut olivat huomattavasti tärkeämmässä asemassa järjestelmässä - niiden ohjatessa suoraan kookkaita pumppuja. Toki kommunikointiyhteys aseman ja valvomon välillä on kiinteä, joka tarkoittaa varmempaa ja suoraviivaisempaa yhteyttä.

Testaus toteutettiin toimeksiantajayrityksen tiloissa ja hyllystä löytyvältä vara S7-400 logiikalla, johon ladattiin vastaava valvomon logiikkaohjelma. Tätä varalogiikkaa käytettiin testauksessa siis päälogiikkana. Valvomon käyttöliittymää käytettiin paikallisella PC:llä ja keskus liitettiin Ethernet kaapelilla päälogiikkaan. Tällöin saatiin vastaava kokonaisuus aikaan, mitä valmistuva pumppaamo-valvomo järjestelmä on. Toki valokuituyhteyden testaus ei tähän laajuuteen kuulunut.

Parametroinnin jälkeen yhteys saatiin toimimaan ja logiikkaohjelma todettiin toimivaksi (I/O tiedot siirtyivät logiikkojen välillä). Tämän jälkeen voitiin testata itse käyttöliittymäsivuja ja miltä ne näyttivät itse paneelissa. Sivujen jotkin painikkeet (pumppujen ohjaus) todettiin hieman pieniksi ja niiden painaminen sormella oli täten haastavaa. Painikkeiden kokoa täten hieman suurennettiin.

Itse sivut kuitenkin toimivat sekä niiden grafiikat. Myös muuttujien tilat/arvot näkyivät paneelilla, kun niille annettiin riviliitinryhmien kautta tilatieto tai analogia lähettimellä mA-signaali. Nämä arvot siirtyivät myös päälogiikan ohjelmaan. Pieniä puutteita kuitenkin havaittiin ohjaustavoissa, jotka saatiin lisättyä ohjelmaan. Lisäksi näytön kirkkauden säätö ei aluksi toiminut, sillä sen muuttujalle (kirkkauden arvo) ei ollut annettu oletusarvoa. Tämä oli kuitenkin helppo asettaa paneelin sisäiselle muuttujalle Tag-listassa.

Työtä kirjoittaessa paineenkorotusaseman keskus on vielä toimeksiantajayrityksen tiloissa, sillä pieniä muutoksia projektiin on vielä odotettavissa.

## 7 YHTEENVETO

Projekti oli kokonaisuudessaan haastava auki olevien kysymysten ja asiakkaan tyyppityksien vuoksi sekä muutosten tullessa ilmi automaatio-suunnittelun ollessa jo pitkällä. Myös projektin kokonaisuuden hahmottaminen automaatio-osuuden osalta oli haastavaa ilman kokemusta. Pääurakoitsijan viivästyminen alkuperäisestä aikataulusta aiheutti myös hankaluuksia ja täten käyttöönotto sekä palauteosiot jouduttiinkin rajaamaan työstä ulkopuolelle.

Työn julkaisu hetkellä projekti on vielä kesken. Pumppaamorakennus on rakennusteknillisesti pitkällä, mutta putkistohitsaukset ovat vielä kesken. Mittakaivo on valmis pieniä sähköasennuksia lukuun ottamatta. Näiden valmistuttua järjestelmälle suoritetaan tarvittavat mittaukset ja tarkastukset, jonka jälkeen voidaan aloittaa sen käyttöönotto. Käyttöönoton valmistuttua ja järjestelmän toimivuuden toteamisen jälkeen voidaan projektin todeta valmistuneen ja aloittaa vesilaitoksen saneerausprojektin tarkempaa suunnittelua.

Valitut kommunikointiyhteydet (5G-modeemi + valokuitu) koettiin hyväksi vaihtoehtoiksi ja niiden luotettavuus on hyvä. Langaton modeemiyhteys saatiin myös testattua ja se toimi moitteettomasti.

Käyttöliittymäsivujen toteutuksessa lieviä ongelmia oli tag:n linkityksessä sekä WinCC -ohjelman käytössä. Myös valvomoon toteutettu paineenkorotusaseman sivu oli grafiikan osalta haastavaa saada mahtumaan yhteen sivuun – pop-up sivujen toteutus ohjauksille olisi ollut hyvä vaihtoehto, mutta sitä ei koettu kannattavaksi rakentaa, sillä vesilaitos tullaan saneeraamaan lähitulevaisuudessa ja automaatio-osuus saa myös päivityksiä.

Yleisesti valvomosovelluksien toteutus kuitenkin onnistui hyvin toimeksiantajayrityksen suunnittelijan tuella. Grafiikoista tuli siistin näköiset sekä vaaditut ohjaukset, asetusarvot ja tietojen ilmaisut saatiin toteutettua.



Testausosiossa oli haasteita Data block:n siirroissa sekä valvomoon sivujen integroinnissa. Logiikkaohjelmat ja käyttöliittymät toimivat kuitenkin halutulla tavalla pienten korjausten jälkeen ja projektin automaatio-osuus on hyvällä mallilla projektin ollessa kesken rakennusteknillisesti.

Työn toteuttamisesta opin ennen kaikkea projektin etenemistä automaatio-osuuden osalta ja kuinka pienetkin muutokset vaikuttavat siihen – niin rajapintoihin kuin ohjelmallisuuteen. Kommunikointiyhteyksien merkitys ja niiden parametointi nousi myös tärkeäksi opiksi. Työn suorittamisesta sain myös kokemusta ja näkemystä laajojen projektien toteuttamiseen.

Tavoitteinani perehtyä kommunikointiyhteyksiin ja toteuttaa käyttöliittymäsovellusten sivut – onnistuin mielestäni hyvin. Yhteyksien toimintaperiaatteiden ymmärtämisessä ja toteutus tavoissa oli työtä, mutta toimeksiantajayrityksen automaatio-suunnittelijan tuella pääsin niihin kiinni. Käyttöliittymäsivujen toteutus oli melko työlästä ilman suurempaa kokemusta ja siinäkin sain tukea projektin automaatio-suunnittelijalta. WinCC-ohjelman käyttö oli myös aluksi uutta, mutta mitä enemmän sitä käytti – sen yksinkertaisemmaksi se tuli. TIA Portal-ohjelman käyttö oli tuttua opintojeni kursseilta ja koin sen käytön helpoksi projektissa. Itse grafiikoiden toteutus ja tag:n linkitys oli melko suoraviivaista ja siinä onnistuin kiitettävästi. C-kielen ohjelmointi valvomon käyttöliittymässä aiheutti hankaluuksia vähäisen kokemuksen vuoksi.

Testaus vaiheessa sivujen lataus valvomosovellukseen ja paneelille nosti esiin muutamia tekemiäni virheitä, mutta niiden selvitykseen ei kauan mennyt eikä ne olleet mittavia.

## LÄHTEET

Harju Elekter (2023). Harju Elekter Oy:n ja Group:n liikevaihdot ja tulokset.

<https://harjuelekter.fi/yritys/harju-elekter-group/>

Harju Elekter (3.10.2022). Harju Elekter konserni Tallinnan pörssissä.

<https://harjuelekter.com/head-of-the-tallinn-stock-exchange-harju-elekter-is-the-only-company-in-estonia-that-has-paid-dividends-every-year-for-25-years-in-a-row/>

Jalo Huusko (05/2017). Generaattorien etäohjaus GSM/GPRS-modeemilla. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131202/Huusko\\_Jalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131202/Huusko_Jalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kuntalaisaloite (21.7.2020). Ulvilan vedenlaadun parantaminen.

<https://www.kuntalaisaloite.fi/fi/aloite/15595>

Lari Jäppinen (05/2014). Perusohjeistus operointipaneelin käyttöliittymän rakentamiseen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74954/Jappinen\\_Lari.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74954/Jappinen_Lari.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Petri Taivainen (04/2013). GSM-Verkon kautta tapahtuvan laiteohjauksen tekniikka. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56834/Taivainen\\_Petri.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56834/Taivainen_Petri.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sari A. Laakso (17.1.2005). Käyttöliittymät. Helsingin yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos. <https://www.cs.helsinki.fi/u/salaakso/papers/Kayttoliittymat-opetusmoniste-2005.pdf>

Satel Oy (06/2023). Radiomodeemit. <https://www.satel.com/fi/tuotteet/radiomodeemit/satellite-easy-radiomodeemi/>

S.P. Kochhar (4.9.2023). Optical fiber transmission. ETTelecom.

<https://telecom.economicstimes.indiatimes.com/news/industry/understanding-spectrum-radio-frequency-optical-fiber-and-modulationtechniques/103349879>

Streetwave (2024). 5G teknologian taajuusalueet.

<https://streetwave.co/5g/5g-spectrum-mapping-explained/>

Suomen asiakastieto Oy (2023). Harju Elekter Oy:n taloustiedot.

<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/harju-elekter-oy/17625189/taloustiedot>

Suomen standardisoimisliitto SFS RY (16.2.2009). EN ISO 11064-5. Valvontakeskusten ergonominen suunnittelu, osa 5: näytöt ja ohjaimet.

Uvilan kaupungin tekninen lautakunta (18.11.2020). Uvilan vesihuollon kehittämistoimenpiteet. [https://www.kuntalaisaloite.fi/decision/attachment/946/Tekninen\\_ltk\\_18\\_11\\_2020\\_73.pdf](https://www.kuntalaisaloite.fi/decision/attachment/946/Tekninen_ltk_18_11_2020_73.pdf)

LIITE 1: