

Elektrokemiallisen generaattorin automaatiosovellus ja testaus laboratorioympäristössä

Perttu Rantalainen

Opinnäytetyö

Helmikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Rantalainen, Perttu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä helmikuu 2018
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Elektrokemiallisen generaattorin automaatiosovellus ja testaus laboratorioympäristössä		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Teppo Flyktman, Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) XerChem Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>XerChem Oy on mukana Euroopan unionin Horisontti 2020-tutkimus- ja innovaatio-ohjelman rahoittamassa SpotView-projektissa. Yrityksen tavoitteena SpotView-projektissa on rakentaa pilottilaite, joka tuottaa natriumhypokloriittia prosessivedestä. Lopullinen pilottilaite tulee olemaan kahdeksan elektrolyysikennoa sisältävä elektrokemiallinen generaattori. Natriumhypokloriittia käytetään muun muassa teollisuudessa prosessivesien mikrobiologian hallinnassa sekä uimahalleissa veden desinfiointiaineena.</p> <p>Opinnäytetyön tehtävänä oli toteuttaa automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille, joka sisältää yhden elektrolyysikennon. Automaatiosovellus toteutettiin toimeksiantajan vaatimusten mukaisesti. Tehtävänä oli rakentaa myös testausympäristö, jossa pystyttiin testaamaan automaatiosovelluksen toiminta.</p> <p>Automaatiosovellus sisälsi Siemensin logiikan ja kosketusnäytön, etähallintasivut sekä VPN-yhteyden. Siemensin logiikka ja kosketusnäyttö ohjelmoitiin TIA Portal -ohjelmointityökalulla ja etähallintasivut HTML5-kielellä. Laboratorioympäristöön rakennettiin testauspaikka, johon liitettiin yksi elektrolyysikkenno sekä koko automaatiosovellus. Automaatiosovellus testattiin järjestelmällisesti. Testauksien yhteydessä tehtiin automaatiosovellukseen korjauksia ja lisättiin uusia ominaisuuksia.</p> <p>Tuloksena saatiin toteutettua toimiva automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille. Järjestelmällisten testaamisten avulla varmistettiin automaatiosovelluksen toiminta. Testausympäristö rakennettiin niin, että siinä pystytään ajamaan SpotView-projektin arviointivaiheen tehdasvesikokeita. Automaatiosovellus on liitettävissä SpotView-projektin myöhemmässä vaiheessa suoraan kahdeksan kennon sisältävään pilottilaitteeseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) SpotView-projekti, elektrokemiallinen generaattori, automaatiosovellus, elektrolyysi, natriumhypokloriitti, HTML5-kieli, VPN-yhteys, TIA Portal -ohjelmointityökalu		
Muut tiedot		

Author(s) Rantalainen, Perttu	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2018
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: x
Title of publication Automation application and testing of electrochemical generator in laboratory environment		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Teppo Flyktman, Matti Siistonen		
Assigned by XerChem Oy		
<p>Abstract</p> <p>XerChem Oy is part of SpotView project funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme. The company's goal in the SpotView project is to build pilot device which produces sodium hypochlorite from process water. The final pilot device will be an electrochemical generator which contains eight electrolysis cells. Sodium hypochlorite is used in industrial process waters to microbiology control and as a disinfectant in public swimming pools.</p> <p>The assignment of the bachelor's thesis was implement an automation application to electrochemical generator which contains one electrolysis cell. The automation application was implemented according to the company's requirements. The assignment was to build a testing environment where it was possible to test performance of the automation application.</p> <p>The automation application contained Siemens programmable logic controller and a human machine interface, remote management website and VPN connection. Siemens programmable logic controller and human machine interface were programmed using TIA Portal programming tool. The remote management website was programmed with HTML5 language. The testing environment was built in a laboratory. One electrolysis cell and the whole automation application were installed to the testing environment. Amendments and new features were added to automation application during testing.</p> <p>The result was fully functional automation application for electrochemical generator. Operation and functionality of the electrochemical generator were confirmed by systematically testing. Testing environment was built to enable driving the industry water trials of SpotView project's evaluation period. It is possible to use same automation application in the SpotView project with larger, eight-cell pilot device.</p>		
Keywords/tags (subjects) SpotView project, electrochemical generator, automation application, electrolysis, sodium hypochlorite, HTML5 language, VPN access, TIA Portal programming tool		
Miscellaneous		

Sisältö

1	XerChem Oy mukana SpotView-projektissa.....	5
2	Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus.....	6
3	Sähkökemia.....	8
3.1	Hapettumis-pelkistymisreaktio	8
3.2	Redoxpotentiaali	9
3.3	Elektrolyysi	11
3.3.1	Elektrolyysin toimintaperiaate	11
3.3.2	Faradayn lait elektrolyysissä.....	12
3.3.3	Vedyn elektrolyyttinen valmistus.....	13
3.3.4	Metallien elektrolyysi	14
4	Natriumhypokloriitti.....	16
4.1	Natriumhypokloriitin käyttö biosidinä ja desinfiointiaineena	17
4.2	Natriumhypokloriitin valmistus.....	18
4.2.1	Valmistus elektolyttisesti	18
4.2.2	In situ -valmistus.....	20
5	Siemensin ohjelmoitavat logiikat	21
5.1	S7-1200-logiikka	21
5.2	SIMATIC KTP400 Basic -kosketusnäyttö	23
5.3	TIA Portal -ohjelmointityökalu	24
6	Selainpohjainen etähallinta	24
6.1	Siemensin logiikkaan integroidut web-sivut	25
6.2	HTML5-kieli.....	26
6.3	VPN-yhteys	28

7	Opinnäytetyön toteutus	29
7.1	Testausympäristön rakentaminen	29
7.2	Logiikkaohjelman toimintakuvauksen laadinta.....	31
7.3	Logiikan TIA Portal -ohjelmointi	32
7.3.1	Laitteiston konfigurointi	32
7.3.2	Logiikkaohjelman runkotoiminnot	32
7.3.3	Tagien varmuuskopiointi	35
7.3.4	Siemensin web serverin ja etähallintasivujen käyttöönotto	37
7.4	Kosketusnäytön TIA Portal -ohjelmointi	38
7.4.1	Kuvaruutujen ohjelmointi ja visuaalinen ilme	38
7.4.2	Hälytyksien ohjelmointi	41
7.5	Etähallintasivujen HTML5-ohjelmointi	42
7.6	VPN-yhteyden konfigurointi.....	44
8	Logiikkaohjelman ja etähallintasivujen testaus	45
8.1	Ensimmäinen testaus	46
8.1.1	Kosketusnäytön toimintojen testaus.....	46
8.1.2	Siemensin web serverin ja etähallintasivujen testaus	47
8.1.3	VPN-yhteyden testaus	48
8.2	Korjaukset ja uudet ominaisuudet	49
8.2.1	Kosketusnäytön korjaukset ja uudet ominaisuudet	49
8.2.2	Etähallintasivujen korjaukset ja uudet ominaisuudet	50
8.3	Korjauksien jälkeinen testaus.....	51

9	Tulokset	52
10	Pohdinta.....	53
	Lähteet	55
	Liitteet.....	57
	Liite 1. SpotView-kehitysprojektin lehdistötiedote.....	57
	Liite 2. Elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelman toimintakuvaus.	60

Kuviot

Kuvio 1. Kennon EMV:n määrittäminen	11
Kuvio 2. Yksinkertainen elektrolyysikenno	12
Kuvio 3. Alumiinin valmistus elektrolyysialtaassa	15
Kuvio 4. Metallin kuparointi elektrolyysikennossa	16
Kuvio 5. Levykenno ja avokenno	19
Kuvio 6. Simaticin S7-1200 -logiikka, virtalähde ja analoginen tulokortti	22
Kuvio 7. SIMATIC KTP400 -kosketusnäyttö	23
Kuvio 8. Siemensin web serveri näkymä	25
Kuvio 9. Datan haku HTML5-kiellä	27
Kuvio 10. Datan haku web-sivuilla	28
Kuvio 11. Testausympäristö	31
Kuvio 12. Laitteistokonfiguraatio	32
Kuvio 13. Ampeerien ja jännitteen skaalaus	33
Kuvio 14. Virtalähteen ohjaus	34
Kuvio 15. Muuttujien varmuuskopiointi hertsin taajuudella	35
Kuvio 16. Tagien tallennus kosketusnäytöltä logiikkaan	36
Kuvio 17. HTML5-tiedoston generointi heksadesimaalimuotoon	37
Kuvio 18. Tuotanto kuvaruutu	39
Kuvio 19. Käsikäyttö kuvaruutu	40
Kuvio 20. Asetukset kuvaruutu	41
Kuvio 21. Hälytyksien nimikkeet ja triggaus tagiosoitteet	41
Kuvio 22. Virtaushäiriöiden hälytyskuvaruutu	42
Kuvio 23. Mittaustagien koodaus	43
Kuvio 24. Ohjauksien koodaus	44
Kuvio 25. OpenVPN-konfiguraatiotiedoston osa	45
Kuvio 26. Etähallintasivujen etusivu näkymä	47
Kuvio 27. Etähallintasivujen asetukset sivu	51

1 XerChem Oy mukana SpotView-projektissa

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli suomalainen yritys nimeltä XerChem Oy. XerChem Oy:n toimitilat sijaitsevat Otaniemessä KCL-keskuslaboratorion tiloissa. Yritys täytti heinäkuussa 10 vuotta. Yrityksen pääliiketoiminta on vesiprosessien mikrobiologian hallinta, josta yrityksen henkilökunnalla on vuosien kokemus varsinkin paperi- ja sellutehtaissa. Yrityksen asiakaskunta koostuu metsä- ja paperiteollisuudesta, uimahalleista, metalliteollisuudesta ja elintarviketeollisuudesta. (Tietoa XerChemistä n.d.)

XerChem Oy on mukana SpotView-projektissa, joka alkoi lokakuussa 2016. SpotView-projekti kuuluu EU:n Horisontti 2020 -ohjelmaan, joka on maailman suurin tutkimus- ja innovaatorahoitusohjelma. SpotView-projektiin kuuluu 15 eri yritystä yhdeksästä Euroopan unionin maasta. Mukana Suomesta XerChem Oy:n lisäksi ovat Valmet ja VTT. SpotView-projektin tarkoituksena on vähentää vedenkäyttöä, parantaa veden tehokkuutta, vähentää jätevesien päästöjä sekä vähentää kemikaalien ja energian kulutusta. SpotView-projekti kohdistuu elintarvike-, metalli- ja paperi- sekä massateollisuuteen. Projektin on odotettu tuottavan yli 2800 uutta laitteistoa ja 7000 uutta työpaikkaa Eurooppaan. Projekti kestää vuoteen 2020 (ks. liite 1).

XerChem Oy on projektissa Biocontrol concept-osa-alueessa. XerChem'in tavoitteena on rakentaa pilottilaitte eli elektrokemiallinen generaattori, johon tämä opinnäytetyö liittyy. Elektrokemiallinen generaattori tuottaa sähkövirran ja suolan avulla natriumhypokloriittia. Natriumhypokloriittia käytetään biosidina teollisuuden prosessivesissä ja uimahallien vesien desinfiointiaineena. In situ -teknologian myötä elektrokemiallisen generaattorin avulla pystytään ohittamaan desinfiointiaineen kuljetus- ja varastointivaihe.

Tämä opinnäytetyö sisältää elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelmoinin, etähallintasivujen käyttöönoton ja näiden testauksen. Selainpohjaisen etähallinnan ja logiikkaohjelman testaus takaa turvallisen sekä tehokkaan natriumhypokloriitin tuotannon. Laboratoriotestauksien aikana käytetään yhtä elektrolyysikennoa. Lopullinen pilottilaitte sisältää yhteensä kahdeksan elektrolyysikennoa, joihin TIA Portal -ohjelmistolla luotu logiikkaohjelma valjastetaan testauksien jälkeen. Valmiilla pilottilaitteella ajetaan testiajo teollisuudessa.

2 Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus

Tässä opinnäytetyössä toteutettiin elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelmointi sekä etähallintasivujen konfigurointi ja käyttöönotto. Ohjelmointi toteutettiin Siemensin TIA Portal -ohjelmointityökalulla. TIA Portal -ohjelma valjastettiin Siemensin S7-1200-logiikan ja Siemensin KTP400 Basic -kosketusnäytön käyttöön. Etähallintasivu konfiguroitiin Siemensin omilla toiminnoilla. Lisäksi tehtiin käyttäjän itse määrittämä etähallintasivu, joka toteutettiin Siemensin logiikan ja HTML5-kielen yhteistyöllä. Etähallintasivujen tietoturva toteutettiin VPN-yhteyttä tukevan modeemin avulla OpenVPN -ohjelmistolla.

Opinnäytetyössä toteutettiin myös testausympäristön rakennus, joka rakennettiin laboratoriotilaan. Koko automaatiosovellus ja yksi elektrolyysikenno liitettiin testausympäristöön. Testausympäristö rakennettiin niin, että siinä pystyttiin ajamaan SpotView-projektin arviointivaiheen tehdasvesikokeet. Testausympäristö pyrittiin kokoonamaan niin, että se on liitettävissä suoraan SpotView-projektin myöhemmässä vaiheessa kahdeksan elektrolyysikennoa sisältävään kokonaisuuteen.

Yhtenä tärkeänä tavoitteena, on tehdä toimeksiantajan vaatimusten mukainen logiikkaohjelmointi Siemensin TIA Portal -ympäristössä. Lisäksi toimeksiantajan tavoitteena on opetella TIA Portal -ohjelmointia mahdollisimman laajasti tulevia projekteja varten. Tärkeitä opeteltavia toimintoja logiikkaohjelmoinnissa oli muun muassa hälytysten ohjelmointi, mittautustietojen varmuuskopiointi virhetilanteissa sekä parametrien tiedonkeruu.

SpotView-projektiin on laadittu tietty ajankohta, jonka aikana pilottilaite täytyy saada valmiiksi. XerChem Oy:n yhtenä tavoitteena opinnäytetyön suhteen oli pysyä SpotView-projektin aikataulussa. Tavoitteena oli siis rakentaa testausympäristö valmiiksi heti opinnäytetyön aloituksen jälkeen. Automaatiosovelluksen toiminnan testaus laboratorioympäristössä pitäisi olla valmiina ennen varsinaisen laitteen rakentamista. Lopullinen pilottilaite rakennetaan valmiiksi viimeistään maaliskuussa. Tavoitteena oli saada opinnäytetyö valmiiksi tammikuun aikana, jolloin tavoitteena oli ajaa SpotView-projektiin liittyvät arviointivaiheen tehdasvesikokeet.

Raportissa käsitellään selainpohjaista etähallintaa sekä tietoturvaa. Toimeksiantajan tavoitteena oli opetella selainpohjaista ohjelmointia HTML5-kielellä sekä VPN-yhteyden konfigurointi, VPN-yhteyttä tukevaa modeemia käyttäen. Tietoturvan tarpeen kasvaessa, haluttiin luoda VPN-yhteys etähallintasivuille. Etähallintasivujen sekä VPN-yhteyden toimivuus testattiin laboratorioympäristössä.

Opinnäytetyön alkaessa minulla oli käytössä TIA Portal -ohjelmointityökalu, Siemensin S7-1200-logiikka ja KTP400 Basic -kosketusnäyttö, sähkökaappi sekä yksi elektroluysikenno. Työn aikana jouduin hankkimaan lisäkortin logiikkaan, koska kävi ilmi, etteivät analogiset mittaukset olisi muuten riittäneet. Opinnäytetyö alkoi sähkökaapin kokoamisella, johon liitettiin Siemensin logiikka ja kosketusnäyttö. Työpaikan varastolta sain kaikki tarvittavat sähkökomponentit sähkökaapin kasaamiseen. Myös kaikki tarvittavat toimilaitteet löytyivät työpaikan varastolta.

Ennen laboratoriotestausvaihetta kytkettiin kaikki toimilaitteet logiikkaan ja asennettiin ne testausympäristöön. Logiikkaohjelma testattiin kosketusnäytön ja käyttäjän määrittämän etähallintasivun kautta. Etähallintasivujen HTML5-kielen koodaukseen sain ohjeistusta toimeksiantajalta. HTML5-kielellä koodattiin kaikkien tarvittavien tagien sekä mittaustietojen haku. Toimeksiantaja oli toteuttanut muun selainpohjaisen ohjelmoinnin.

Yhtenä opinnäytetyön tavoitteenani oli opetella TIA Portal -ympäristön käyttöä mahdollisimman monipuolisesti toimeksiantajan tavoitteiden mukaisesti. Logiikkaohjelmointiin liittyy paljon muutakin kuin pelkkien ohjauksien tekeminen ja niiden linkitys kosketusnäytölle. Uusina asioina minulle tuli kokonaan hälytyksien, datan keruun ja varmuuskopioinnin ohjelmoinnit. Aikaisempi kokemus TIA Portal -ympäristöstä auttoi uusien asioiden ymmärtämisessä ja toteutuksissa.

Uusia asioina minulle tuli kokonaan HTML5-kieli ja VPN-yhteyden konfigurointi. HTML5-kielen osalta tavoitteenani oli opetella tekemään helppoja toimintoja sekä toteuttaa parametrien haku muuten valmiiseen ohjelmapohjaan. Tärkeänä tavoitteena oli opetella yleisellä tasolla HTML5-kieltä ja sen toimintoja. VPN-yhteyden konfigurointi oli yksi tärkeimmistä tavoitteistani, sillä sitä voi hyödyntää myös kotikäytössä.

Työ liittyy vahvasti sähkökemian. Yksi tavoitteistani oli syventää tuntemusta sähkökemiasta, koska se on koko elektrokemiallisen generaattorin toiminnan ideana. Sähkökemian syvempi tuntemus edesauttaa ymmärrystä siitä, miten natriumhypokloriitti syntyy suolan ja sähkövirran avulla. Tärkein osa-alue sähkökemian saralta on elektrolyysi, joka on tapahtuma natriumhypokloriitin syntyyn.

3 Sähkökemia

Nykypäivänä sähkökemiallisia keksintöjä esiintyy arjessa varsin paljon. Käytetyimpiä keksintöjä näistä ovat akut ja paristot, joita käytetään monen elektroniikkalaitteen virtalähteenä. Sähköenergiaa hyödynnetään myös teollisuuden käytössä, sillä se mahdollistaa kemiallisten reaktioiden tuottamisen. Teollisuuden sovelluksia ovat esimerkiksi raakakuparin puhdistus sekä alumiinin, kloorikaasun ja natriumhydroksidin valmistus. Sähkökemialliseen reaktioon liittyy lähes aina hapetus-pelkistysreaktio, joka mahdollistaa kemiallisten aineiden muuntumisen eri aineiksi. (Hannola-Teitto, Jokela, Leskelä, Näsäkkälä, Pohjankallio & Rassi 2006, 8-10.)

3.1 Hapettumis-pelkistymisreaktio

Hapettumis-pelkistymisreaktio eli toisin sanoen redoxreaktio on kemiallinen tapahtuma, jossa aineet nimensä mukaisesti hapettuvat ja pelkistyvät. Hapettumisessa aineen atomista, ionista tai molekyylistä poistuu elektroneja. Pelkistyminen on taas hapettumisen käänteisreaktio, jossa aine ottaa vastaan elektroneja ioniin, atomiin tai molekyyliin. Hapettumisreaktiossa aineen hapetusluku kasvaa, kun taas pelkistymisreaktiossa hapetusluku pienenee. Redoxreaktiota voidaan tarkastella myös elektroninsiirtymisreaktiona, jossa hapettimeksi kutsutaan elektronin vastaanottajaa ja pelkistimeksi elektronin luovuttajaa. Hapetin ja hapettuminen tarkoittavat siis aivan eri asioita. (Kivinen & Mäkitie 1993, 241-243.) Natriummetallin ja kloorikaasun hapettumis-pelkistymisreaktio on esitetty reaktioyhtälössä 1. (Kivinen & Mäkitie 1993, 242.)



missä 2Na(s) = natriummetalli (kiinteäaine)

$\text{Cl}_2\text{(g)}$ = kloorikaasu (kaasu)

2NaCl(s) = natriumkloridi (kiinteäaine)

Reaktioyhtälössä 1 natriummetalli toimii pelkistimenä, ja tässä tapauksessa se luovuttaa yhden elektronin jokaiselta natriumatomilta kullekin klooriatomille. Kloorikaasu ottaa vastaan elektronin eli toimii täten hapettimena. Natriumkloridi koostuu siis Cl^- -anioneista ja Na^+ -kationeista. Anionilla tarkoitetaan negatiivista ionia, joka on jo ottanut vastaan elektroneja, ja kationilla positiivista ionia, joka on luovuttanut elektroneja. Natriummetalli, joka toimi pelkistimenä, hapettuu kemiallisen reaktion myötä Na^+ :ksi ja hapetin kloorikaasu pelkistyy Cl^- :ksi. (Kivinen & Mäkitie 1993, 242.)

Hapettumis-pelkistymisreaktioita voi tapahtua yksinomaan kovalenttisten lajikkeiden kesken, jolloin elektronin siirtyminen ei ole välttämätöntä lajilta toiselle. Kovalenttisisä sidoksessa kaksi atomia luovuttaa elektronin toisen atomin uloimmalle kuorelle, jolloin syntyy atomien välinen elektronipari. Kovalenttisten lajikkeiden välisiä reaktioita voidaan siis pitää redox-reaktioina, sillä uudelleenjärjestäytyminen syntyy lajikkeiden välillä. Tällöin kullekin reaktioon osallistuvalla atomilla tarvitaan opastava numero, jota kutsutaan hapetusluvuksi. Hapetusluvun avulla pystytään päättämään kemiallisesta reaktiosta, onko se redoxreaktio vai ei. (Kivinen & Mäkitie 1993, 122, 242-243.)

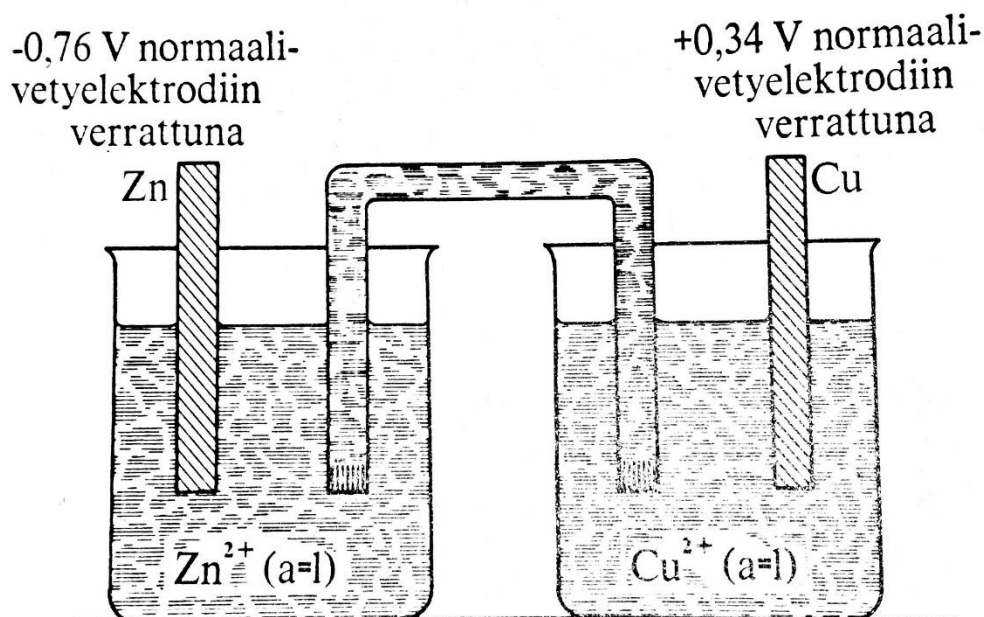
3.2 Redoxpotentiaali

Redox-mittausta käytetään teollisuudessa esimerkiksi paperikoneen prosessivesien desinfiointiaineen tehokkuuden mittarina. Redox-arvoja mittaamalla pystytään tulkitsemaan, kuinka hyvin prosessivesissä käytettävä desinfiointiaine toimii. Desinfiointiaineen tehokkuutta pystytään tieteellisesti testaamaan vastekokeen avulla. Tällöin mittaputkeen laitetaan esimerkiksi natriumhypokloriittia yksi millilitra ja aletaan laimentamaan sitä vesijohtovedellä. Redox-arvoja mittaamalla huomataan, että nat-

riumhypokloriitilla on vahva kyky säilyttää redox-mittausarvonsa. Vesijohtovettä täyttyä laittaa suhteessa natriumhypokloriittiin nähden paljon enemmän, ennen kuin redox-arvot laskevat radikaalisti.

Redoxpotentiaali eli pelkistymispotentiaali kertoo aineen kyvystä pelkistyä eli luovuttaa elektroneja toiselle aineelle. Usein puhutaan myös hapettumis-pelkistymispotentiaalista, sillä aine voi toimia hapettimena eli tällöin se vastaanottaa elektroneja. Redox-mittaus perustuu kahden erilaisen elektrodin väliseen potentiaalieron mittaamiseen. Yksittäisten elektrodien potentiaalieroja verrataan vertailuelektrodiin nähden, jolloin pystytään määrittämään eri elektrodien potentiaalit toisiinsa nähden. Normaalivetyelektrodia käytetään kemiallisissa töissä vertailuelektrodina ja se on mieltä valtaisesti päätetty olevan nolla missä tahansa lämpötilassa. (Kivinen & Mäkitie 1993, 253-255.)

Normaalielektrodipotentiaalin mittaus valmistetaan niin, että aineet ovat perustilassa. Mitattu jännite vastaa tällöin normaalielektrodipotentiaalia eli toisin sanoen redox-arvoa. Jos mitataan sinkkisauvan, Zn, normaalielektrodipotentiaalia sinkkisulfaattiliuoksessa, Zn^{2+} , saadaan arvoksi $-0,76 \text{ V}$. Kuparisauvalle kuparisulfaattiliuoksessa saadaan vastaavasti normaalielektrodipotentiaaliksi $+0,34 \text{ V}$. Sinkkielektrodi pyrkii reaktiossa vetämään itseensä elektroneja eli pelkistymään. Sinkkielektrodin pelkistymisen seurauksena kupari hapettuu eli luovuttaa elektroneja. Kuviossa 1 on esitetty galvaaninen kenno, jonka avulla voidaan määrittää kennon sähkömotorinen voima toisin sanoen lähdejännite eli EMV. Kennon EMV-arvo saadaan laskemalla oikean- ja vasemmanpuoleisen elektrodin erotus. EMV on tällöin $0,34 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 1,10 \text{ V}$. (Kivinen & Mäkitie 1993, 250-255.)



Kuvio 1. Kennon EMV:n määrittäminen (Kivinen & Mäkitie 1993, 254.)

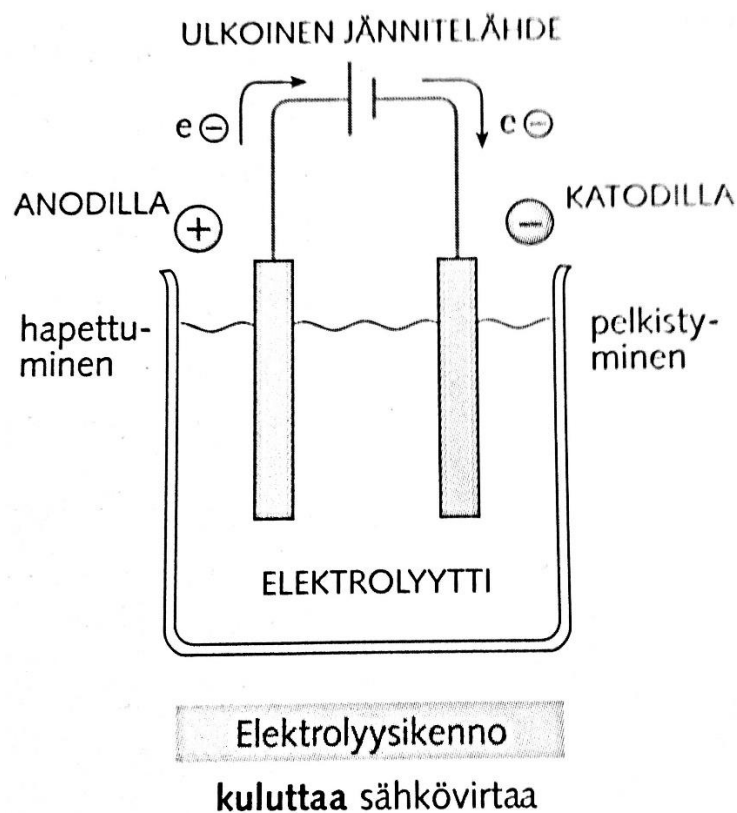
Kaupallisten redox-mittareiden mittausalue vaihtelee useimmiten -2000 mV ja 2000 mV -välillä. Redox-mittarin mittapää on useimmiten platinaa tai titaania, jonka suhteen elektrodipotentiaalia mitataan. Redox-mittaus soveltuu hyvin, jos mitataan yksittäistä hapettumis- tai pelkistymisainetta. Yleensä redox-mittaus tarvitsee rinnalleen pH-mittauksen, jotta pystytään analysoimaan hapettumis- tai pelkistymisaineen vaikutus mahdollisimman tarkasti.

3.3 Elektrolyysi

3.3.1 Elektrolyysin toimintaperiaate

Elektrolyysillä tarkoitetaan pakotettua hapettumis-pelkistymisreaktiota ulkoisen jännitelähteen avulla. Elektrolyysi toteutetaan yksinkertaisuudessaan sähkökemiallisessa kennossa, jossa on vähintään kaksi elektrodia, ulkoinen jännitelähde sekä elektrolyytti liuos (ks. kuvio 2). Elektrodeja kutsutaan nimellä anodi ja katodi. Anodiin kytketään ulkoisen jännitelähteen plusnapa, jossa hapettumisreaktio tapahtuu. Miinusnapa kytketään katodiin, jossa tapahtuu tällöin pelkistymisreaktio. Jännitelähteestä syötetään elektroneja elektrodien välille, mikä mahdollistaa pakotetun hapettumis-pelkistymisreaktion. Elektrolyysin toteuttamiseksi kennossa täytyy olla väliaine, jota

kutsutaan elektrolyytiksi. Elektrolyytti koostuu liikkumiskykyisistä ioneista, joita ovat esimerkiksi hapon tai suolan vesiliuos. Tällöin saadaan suljettu virtapiiri, koska sähköiset elektronit liikkuvat anodilta katodille elektrolyytin välityksellä. (Antila, Karppinen, Leskelä, Mölsä & Pohjakallio 2008, 182-183.)



Kuvio 2. Yksinkertainen elektrolyysikenno (Antila ym. 2008, 183.)

3.3.2 Faradayn lait elektrolyysissä

Michael Faraday on tunnettu fyysikko ja kemisti, joka eli Englannissa vuosina 1791-1867. Faradayn suurimpiin tieteellisiin saavutuksiin kuuluu muun muassa elektrolyysin sekä sähkömagneettisen induktion keksiminen. Hän luotti enemmän kokeellisiin mittauksiin ja havaintoihin, kuin olisi kehittänyt ajatuksiaan matemaattisten kaavojen kautta. Michael Faraday kuuluu historian suurimpiin kokeellisiin tiedemiehiin. (Hudson 1992, 153-154.)

Elektrolyysin ensimmäinen laki syntyi muutamien tieteellisten kokeiden kautta. Ensimmäiseksi Faraday johti virtaa kostutettuun tärkkelyspaperiin, joka sisälsi kaliumia ja jodia. Tämän avulla hän havaitsi sinisen värin muodostuminen positiivisen navan kosketuspinnalle. Seuraavaksi Faraday havainnollisti ballistisen galvanometrillä neulan heilahduksesta, että kitkasähköä tuottavan koneen varaaman sähköön ja yksinkertaisen pariston purkautuessa saatiin sama sähkömäärä. Faraday vertasi tärkkelyspaperiin syntynyttä väriä sähkömääriin ja neulan heilahdukseen. Michael Faraday päätyi väitteeseen, josta tuli myöhemmin elektrolyysin ensimmäinen laki: ” Tästä sähkökemiallisen hajoamisen tapauksesta ja kaikista todennäköisistä mahdollisuuksista seuraa, että kemiallinen voima on magneettisen voiman tapaan suoraan verrannollinen kulkeneen sähköön määrään ” (Hudson 1992, 157.)

Michael Faraday jatkoi tutkimustyötään sähkökemiallisen hajoamisen parissa. Faraday teki kokeen, jossa hän huomasi laimeasta rikkihaposta vapautuneen vedyn määrän riippuvan pelkästään sähkömäärästä. Vedyn määrään ei vaikuttanut elektrodien koko, virran voimakkuus tai rikkihapon väkevyys. Faradayn mukaan kemiallisten yhdisteiden affiniteettivoima vääristyi sähkövirran vaikutuksesta, jolloin aineiden hajoaminen oli kemiallinen prosessi. Hän päätteli myös, että saman suuruisten sähkömäärien ja alkuaineiden määrien tuli olla samassa suhteessa aineiden kemiallisiin ekvivalenttipainoihin. Michael Faraday testasi päätelmiään uudella kokeella, jossa hän johti sähkövirtaa sulatettuihin metallien suoloihin ja moniin liuoksiin. Kokeessa hän käytti rakentamaansa laitetta, joka mittasi sähkömäärää laitteen tuottaman vedyn avulla. Michael Faradayn päätelmät olivat jälleen oikeat, jotka kuuluvat elektrolyysin toiseen lakiin: ” Kappaleiden ekvivalenttipainot ovat yksinkertaisesti sellaisia massoja, joiden sisältämä sähkömäärä on sama eli joilla on luontaisesti yhtä suuri sähköinen voima; sillä sähkö määrää ekvivalenttiluvun, koska se määrää yhdistävän voiman suuruuden.” (Hudson 1992, 158.)

3.3.3 Vedyn elektrolyyttinen valmistus

Vety on kaikkein yleisin alkuaine maailmankaikkeudessa sekä kevein alkuaine jaksollisessa järjestelmässä. Vety koostuu kaksiatomisista molekyyleistä H_2 , ja vetyatomien välinen sidos on luja, eikä se reagoi herkästi. Vety saadaan reagoimaan, kun käytetään katalyyttiä tai nostetaan lämpötilaa. Olomuodoltaan vety esiintyy kaasuna ja

muodostaa monien alkuaineiden kanssa molekyyliyhdisteitä. Vedyn kiehumispiste on $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, sulamispiste $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tiheys $0,082\text{ mg/cm}^3$. Teollisuudessa vetyä käytetään vety-yhdisteiden valmistukseen, joita ovat esimerkiksi metanoli, vetyperoksidi sekä ammoniakki. (Hannola-Teitto ym. 2006, 119-122.)

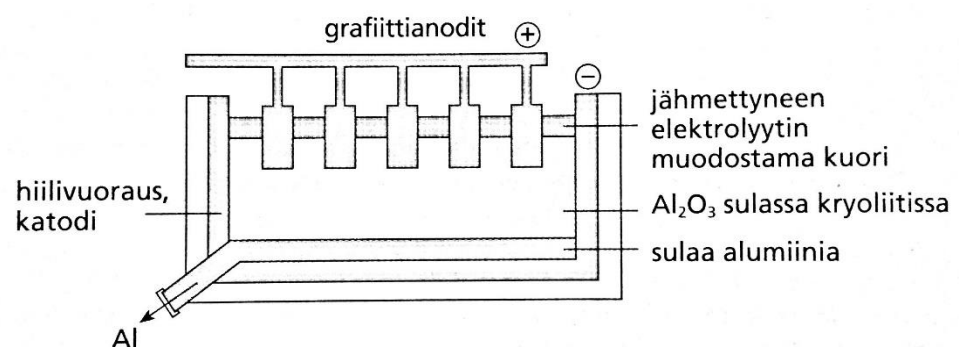
Vetyä valmistetaan teollisuudessa muutamien eri menetelmien avulla. Vetyä voidaan valmistaa johtamalla vesihöyryä kuuman hiilen tai raudan ylitse. Prosessi on lämpötilaltaan tuhat asteista hiileen ja kuusisataa-asteista rautaan johdettuna. Hiilen avulla valmistettu vety ei ole puhdasta, sillä hiilimonoksidi on haasteellista poistaa vedystä. Reaktiotuotteena syntyy niin sanottua vesikaasua, jota voidaan käyttää teollisuuspolttoaineena. Puhtaampaa, mutta silti vielä huokeaa vetyä saadaan johtamalla raudan ylitse vesihöyryä. Rauta muuttuu prosessissa rautaoksidiksi, joka voidaan regeneroida johtamalla vesikaasua kuumennetun rautaoksidin ylitse. Hiilien reaktiotuotetta, vesihöyryä, hyödynnetään raudan regenerointiin. (Kivinen & Mäkitie 1993, 292-293.)

Puhtainta vetyä tuotetaan vedestä elektrolysoimalla eli hyödyntämällä elektrolyysiä. Vesi, josta vety elektrolysoidaan sisältää happea, vetyä ja pieniä määriä joko natriumhydroksidia tai rikkihappoa. Vety on tällöin 99,9-prosenttisesti puhdasta vetyä, mutta elektrolysoimalla myös kalleinta tuottaa. Kallis hinta tulee energian suuresta määrästä, joka vaaditaan veden hapettumis-pelkistymisreaktion syntyyn. Uusimpana vedyn valmistusmenetelmänä on metaanin katalyyttinen hapetus hapella tai vesihöyryllä. $900\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa saadaan vetyä tuotettua 98 prosenttiin asti nikkelikatalyysattoria käyttäen. Vetyä syntyy myös sivutuotteena suolan elektrolyysissä, josta valmistetaan alkuaineklooria sekä lipeää. (Kivinen & Mäkitie 1993, 293.) Kun valmistetaan lipeää tai alkuaineklooria, suolaliuoksen sisältämä suola on useimmiten sekoitettu ionivaihdettuun tai muulla tavoin puhdistettuun veteen. Vety syntyy lipeän kanssa katodipuolella, jossa suolavesiliuos pelkistyy. Tällöin vety ja lipeä ottavat vastaan elektroneja.

3.3.4 Metallien elektrolyysi

Alumiinia valmistetaan elektrolyysin avulla elektrolyysialtaassa. Alumiinioksidia Al_2O_3 sekä kryoliittia Na_3AlF_6 sisältävästä sulasta elektrolyytistä saadaan erotettua alumiinia. Alumiinioksidit saadaan raaka-aineeksi puhdistamalla bauksiittimalmia. Kryoliitin

ansiosta alumiini saadaan sulamaan alemmassa lämpötilassa. Elektrolyysialtaan kato-
dina toimii vuorattu hiilipinta, joka kattaa koko elektrolyysialtaan pohjan ja seinämät.
Elektrolyysialtaan anodina toimii niin ikään hiili. Miinusnapaan kytketyssä katodissa
tapahtuu alumiini-ionien pelkistyminen eli alumiinin synty. Plusnavassa olevalla ano-
dilla tapahtuu hapettuminen, jonka seurauksena anodin hiilestä syntyy hiilidioksidia.
Hiilestä koostuvat anodit kuluvat hapettumisen seurauksena, joten niitä on vaihdet-
tava säännöllisesti. Alumiinioksidia täytyy lisätä koko ajan prosessiin, koska liian al-
haiset alumiinioksidimäärät alkavat hajottamaan kryoliittia. Valmis sula alumiini las-
ketaan varastoon elektrolyysialtaan pohjasta. Prosessin huonoja puolia ovat suuri
sähköenergiankulutus sekä kasvihuonekaasujen syntyminen. Kuviossa 3 on esitetty
alumiinin valmistus elektrolyysialtaassa. (Antila ym. 2008, 200-201.)

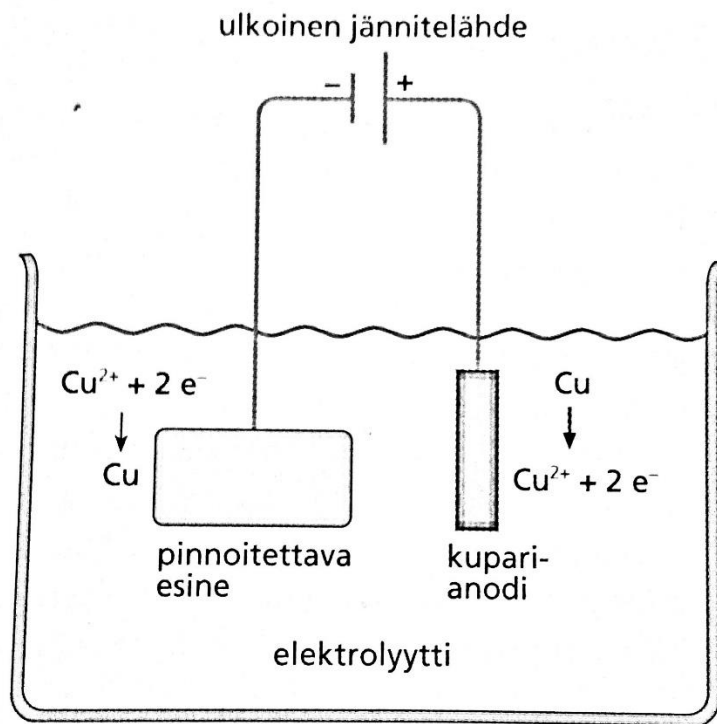


Kuvio 3. Alumiinin valmistus elektrolyysialtaassa (Hannola-Teitto ym. 2006, 41.)

Elektrolyysiä käytetään metallien pinnoituksessa. Metalli pinnoitetaan toisella metal-
lilla elektrolyysikennossa. Haluttu pinnoitettava metalli kytketään jännitelähteen mii-
nusnavalle eli katodiksi. Katodilla tapahtuu pelkistyminen, jonka seurauksena metal-
lin pinta saadaan pinnoitettua. Elektrolyysikennon elektrolyytti sisältää haluttua pin-
noitemetallia. (Hannola-Teitto ym. 2006, 41.)

Metallien korroosiota eli ruostumista voidaan hidastaa pinnoittamalla. Korroosiolla
tarkoitetaan metallin hapettumista ympäristön vaikutuksesta ja korroosio tapahtuu
yleensä metallin pinnalle tai kahden metallin liitoskohtaan. Rauta voidaan pinnoittaa

esimerkiksi kuparilla, jolloin raudan korroosionkestävyys paranee (ks. kuvio 4). Metallin pinnalle syntyy ohut kerros kuparia, joka suojaa itse raudan korroosiolta. (Hannola-Teitto ym. 2006, 45-46.)



Kuvio 4. Metallin kuparointi elektrolyysikennossa (Hannola-Teitto ym. 2006, 42.)

4 Natriumhypokloriitti

NaClO eli natriumhypokloriitti on nestemäinen aine, jota käytetään desinfiointiaineena muun muassa juomavedessä sekä uimahallien ja teollisuuden vesissä. Natriumhypokloriitti koostuu natriumhydroksidista eli lipeästä, kloorista ja natriumkloridista eli suolasta. Natriumhypokloriitti on hyvin emäksinen sekä hapettava aine ja se pystyy liuottamaan muoveja, nahkaa, tekstiilejä sekä syövyttää metalleja. Heikkoutena natriumhypokloriitissa on sen hajoaminen ajan myötä. Aineen teho alkaa heikkenemään, kun valmistuksesta on kulunut kaksi kuukautta. Parhain tehokkuus saavu-

tetaan, kun natriumhypokloriittia käytetään heti valmistuksen jälkeen. Natriumhypokloriitin etuja ovat annostelu suoraan säiliöstä ja se on yksinkertainen sekä turvallinen käyttää. (Vesitalous 4/2007.)

4.1 Natriumhypokloriitin käyttö biosidinä ja desinfiointiaineena

Desinfiointiaineiksi luetaan aineet, joita käytetään hygienian hoitamisessa, erilaisten pintojen puhdistamisessa sekä mikrobien torjumisessa. Biosidipohjainen desinfiointiaine toimii siten, että kun desinfiointiaine on vaikuttanut esimerkiksi juomaveteen, se hajoo sen jälkeen vaarattomaksi. Kuluttajille on tarjolla juomaveteen sekoitettavia biosiditabletteja, jotka tekevät juomakelvottomasta vedestä juomakelpoista. (Desinfiointiaineet 10.11.2014.)

Natriumhypokloriitti on biosidi ja sitä käytetään desinfiointiaineena. Biosidi on kemiallinen aine, pieneliö tai valmiste, jonka tehtävänä on torjua, tuhota tai vähentää haitallisten eliöiden vaikutusta, pienentää niiden esiintymistä tai kokonaan estää eliöiden vaikutus. Biosideiksi luettavia aineita ovat muun muassa tuholaistorjunta-aineet, ihon desinfiointiaineet sekä teollisuudessa käytetyt säilytysaineet. (Biosidit 28.11.2017.) Biosidit ovat siis desinfiointiaineita, mutta biosideilla halutaan poistaa kokonaan tai vähentää haitallisten eliöiden vaikutus. Etuna biosidipohjaisilla desinfiointiaineilla on niiden hajoaminen vaarattomaksi vaikutuksen jälkeen.

Pääsääntöisesti natriumhypokloriittia käytetään desinfiointiaineena ja sellun valkaisuun. Teollisuudessa natriumhypokloriitin käyttö on hyvin yleistä, sillä se soveltuu moneen eri tarkoitukseen. Sellun valkaisun lisäksi natriumhypokloriittia käytetään teollisuudessa desinfiointiin sekä orgaanisten yhdisteiden puhdistamiseen. Natriumhypokloriittia voidaan käyttää desinfiointiaineena uima-altaiden vesissä. Natriumhypokloriittia saattaa esiintyä myös joissakin kodin puhdistus- sekä valkaisuaineissa. (OVA-ohje: NATRIUMHYPOKLORIITTI – tiivistelmä 10.12.2015)

XerChem Oy:n tarjoamaa OxiAcWa-laitteistoa käytetään metalli- ja paperiteollisuudessa prosessivesien desinfiointiaineena. OxiAcWa-laitteiston tuottama natriumhypokloriitti tuhoaa legionellan ja bakteerit sekä estää levien, sienten ja hiivojen kasvun prosessivesiin. OxiAcWa-laitteistoa käytetään myös uimahalleissa uima-altaiden desinfiointiaineena. (Palvelut & tuotteet n.d.)

4.2 Natriumhypokloriitin valmistus

4.2.1 Valmistus elektrolyyttisesti

Natriumhypokloriittia voidaan valmistaa elektrolyyysiä käyttäen suolavedestä tai merivedestä, jotka toimivat elektrolyyttiliuoksena. Niin kuin muissakin elektrolyyttisissä reaktioissa, tarvitaan elektrolyyttiliuoksen lisäksi sähkövirtaa, jota syötetään anodi ja katodi komponentteihin. Tässä tapauksessa käytetään anodi komponenttina rutenium-iridium sekoituspinnoitettua titaaniverkkoa ja katodi komponenttina titaanilevyä. Elektrolyyssikenno koostuu neljästä anodiverkosta, kahdesta titaanilevystä ja kenno on avoin putken yläpäästä. (Guan 2017, Titanium Anode--Sodium Hypochlorite Generator) Kuviossa 5 nähdään oikealla avokenno ja vasemmalla levykenno. Levykenno ja avokenno eroavat siinä, että avokenno saa ilmaa yläpuolella olevasta reiästä, mutta levykenno ei.



Kuvio 5. Levykenno ja avokenno

Yleisimmin suolaliuos valmistetaan liuottamalla suolatabletteja veteen. Käytetty vesi pehmennetään ennen suolaliuoksen valmistusta. Vedenpehmentämisellä pyritään saamaan kalkki eli kovuus pois vedestä. Suolaliuos pumpataan elektrolyysikennoon ja syötetään sähkövirtaa anodi ja katodi komponentteihin. Virtalähteen plusnapa kytetään anodipuolelle ja miinusnapa katodipuolelle. Virran syöttämät elektronit anodista katodiin mahdollistavat pakotetun hapettumis-pelkistymisreaktion. Suolaliuos siis muuntuu ulkoisen virtalähteen syöttämän virran vaikutuksesta natriumhypokloriitiksi ja vetykaasuksi. Kemiallisessa reaktiossa syntyy sivutuotteena vetykaasua natriumhypokloriitin lisäksi. Suolaliuoksen kemiallinen reaktio natriumhypokloriitiksi ja vetykaasuksi on esitetty reaktioyhtälössä 2. (Guan 2017, Titanium Anode--Sodium Hypochlorite Generator.)



missä NaCl = natriumkloridi (suola)

H_2O = vesi

NaClO = natriumhypokloriitti

H_2 = vetykaasu

Merkittävimmät hyödyt elektrolyytissä natriumhypokloriitin valmistamisessa on yksinkertaisuus sekä tuotetun aineen puhtaus. Etuna natriumhypokloriitin valmistuksessa on se, että pitoisuuden määrään on mahdollista vaikuttaa. Virran voimakkuutta, suolaliuoksen väkevyyttä sekä virtauksen nopeutta muuttamalla saadaan valmistettua eri pitoista natriumhypokloriittia. Aineen pitoisuutta kuvaava yksikkö on ppm. Ppm-arvo kertoo kuinka paljon vaikuttavaa ainetta kyseinen natriumhypokloriitti sisältää. Esimerkiksi jos tuotetaan 2 %:sta natriumhypokloriittia, litra sisältää tällöin 20 grammaa vaikuttavaa ainetta. Jos taas halutaan tuottaa suurempia määriä natriumhypokloriittia, täytyy kapasiteettia kasvattaa. Anodiverkkojen pinta-alaa kasvattamalla saadaan lisättyä kennon kapasiteettia. (Guan 2017, Titanium Anode--Sodium Hypochlorite Generator.)

4.2.2 In situ -valmistus

EU:n biosidituotteita koskeva direktiivi 98/8/EC määrittelee säännöksistä, jotka koskevat in-situ -tuotannolla valmistettuja tehoaineita. Tehoaineiden säännöksiä sovelletaan ainoastaan biosideihin, jotka on valmistettu paikan päällä eli in situ -menetelmällä. Säännöksiä ei sovelleta, jos biosidi on valmistettu in situ -menetelmällä, mutta myöhemmin biosidi päätyy markkinoille. Biosidituotteita koskevaa direktiiviä sovelletaan, kun in situ -tuotettu biosidi valmistetaan ilman lähtöainetta, esimerkiksi vesijohtovesi ja suolatabletit, joita käytetään myöhemmin natriumhypokloriitin valmistamiseen. (In-situ generation n.d.)

EU:n biosididirektiivi 528/2012 korvasi 01.09.2013 BPD:n, koska biosidituotteita koskeva direktiivi 98/9/EC mukaan ei ollut selvää, mitä olisi pitänyt ilmoittaa in situ -aineista. EU:n biosididirektiivin 528/2012 korvattu määritelmä biosidituotteille on:

- *mikä tahansa aine tai seos, sellaisessa muodossa, jossa se toimitetaan käyttäjälle, joka sisältää tai tuottaa yhtä tai useampaa tehoainetta, jonka tarkoituksena on tuhota, estää, tehdä harmittomaksi, estää vaikutusta tai muulla tavoin hallita, mitä tahansa haitallista organismia, millä tahansa muulla keinolla kuin fyysisellä tai mekaanisella toiminnalla;*
- *mikä tahansa aine tai seos, jotka eivät itsessään kuulu ensimmäisen luetelmakohdan piiriin, joita käytetään tarkoituksena tuhota, estää, tehdä harmittomaksi, estää vaikutusta tai muulla tavoin hallita, mitä tahansa haitallista organismia, millä tahansa muulla keinolla kuin fyysisellä tai mekaanisella toiminnalla. (In-situ generation n.d.)*

XerChem Oy:n OxiAcWa-laitteisto tuottaa in situ -teknologian avulla suolan ja veden avulla natriumhypokloriittia. In situ -teknologian eli paikan päällä tuottamisen avulla voidaan ohittaa tuotettavan aineen varastointi sekä kuljetus käyttökohteeseen. In situ -valmistuksen etuina on, että tuotettu aine annostellaan tuoreena kohde prosessiin ja täten aineen tehokkuus on parempi kuin kuljetetussa aineessa. (Palvelut & tuotteet n.d.) Tässä opinnäytetyössäkin käytetty elektrokemiallinen generaattori tuottaa in situ -menetelmällä natriumhypokloriittia. OxiAcWa-laitteisto käyttää tuotantoon elektrolyysilevykennoa, kun taas opinnäytetyön elektrokemiallinen generaattori elektrolyysiputkikennoa.

5 Siemensin ohjelmoitavat logiikat

Siemensillä on tarjolla monia erilaisia ohjelmoitavia logiikoita kaiken kokoisiin ohjelmointi tarpeisiin. Ohjelmoitava logiikka voidaan valita niin, että se täyttää turvallisuus vaatimukset räjähdysvaarallisissa tiloissa tai laivateollisuudessa. Muutaman ohjauksen sisältävät kokonaisuudet voidaan toteuttaa Logo! :lla. Siemensiltä löytyy suurempiin kokonaisuuksiin oleva S7-sarja. Tässä työssä käytettyä S7-1200-logiikkaa käytetään laajemmissa kokonaisuuksissa sekä siihen pystyy liittämään lisäkortteja tarpeen mukaan. S7-1500-logiikka on tarkoitettu kaikista suurimpiin prosesseihin, joka on vastaava malli kuin vanhemmat S7-300 ja -400. (Ohjelmoitavat logiikat n.d.)

5.1 S7-1200-logiikka

SIMATIC S7-1200-logiikka on pienikokoinen, mutta hyvin suorituskykyinen modulaarisuutensa ansiosta. Logiikan voi rakentaa liitettävien lisäkorttien ansiosta oikean kokoiseksi, omien tarpeiden mukaan. Kuviossa 6 logiikkaan on liitetty virtalähde sekä

analoginen tulokortti. Logiikan yleisimmät käyttökohteet ovat keskisuuret laitteet, koneet ja prosessit. S7-1200-sarjasta löytyy kaksi turvalogiikkamallia, jotka sisältävät muiden ohjauksien lisäksi turvaohjaukset ja -valvonnan. Logiikka on helppo liittää isoihin ohjausjärjestelmiin sekä logiikan pystyy liittämään TCP- ja IP-verkkoihin. Verkotettavuuden ansiosta, logiikasta löytyy sisäänrakennettu web serveri, joka mahdollistaa selainpohjaisen etähallinnan toteuttamisen. (Helppoa automaatio-ohjelmointia S7-1200-logiikalla n.d.)



Kuvio 6. Simaticin S7-1200 -logiikka, virtalähde ja analoginen tulokortti

Kuviossa 6 näkyvä SIMATIC S7-1200-logiikka on malliltaan 1215C. CPU itsessään sisältää jo 14 digitaalista tuloa, kymmenen digitaalista lähtöä sekä kaksi analogista tuloa ja -lähtöä. Logiikka sisältää kaksi Profinet-porttia, joiden ansiosta logiikka voidaan kytkeä modeemin kautta internettiin ja kosketusnäytön kanssa yhteen.

5.2 SIMATIC KTP400 Basic -kosketusnäyttö

Siemensillä on kaksi erilaista mallia operointipaneeleille. Basic paneeleita käytetään yksinkertaisissa visualisointitehtävissä. Kattavammat Comfort paneelit ovat tarkoitettu vaativimpiin toteutuksiin. Operointipaneelit jakautuvat kosketusnäytöllisiin ja painikepohjaisiin kosketusnäyttöihin. Analogisen resistiivisen Touch-näyttötekniikan avulla paneeli voidaan asentaa likaisiin olosuhteisiin, sillä lika ei vaikuta näytön ope-
rointiin. Operointipaneelit täyttävät IP65/66 suojausluokan sekä teollisuuden vaati-
mukset. (SIMATIC HMI -kosketusnäytöt n.d.)

SIMATIC KTP400 Basic -kosketusnäyttö on, pienin näyttökoko, joka on Basic paneelien tuoteperheessä. Paneelin pystyy liittämään saumattomasti S7-1200-logiikan kanssa yhteen Ethernet-kaapelin välityksellä. Kosketusnäyttö sisältää USB-portin, joka mahdollistaa logiikkaohjelman varmuuskopioinnin USB muistitikulle. Kuviossa 7 on esitetty SIMATIC KTP400 -kosketusnäyttö.



Kuvio 7. SIMATIC KTP400 -kosketusnäyttö

5.3 TIA Portal -ohjelmointityökalu

TIA Portal eli Totally Integrated Automation Portal on nimensä mukaisesti täysin integroitu ohjelmointi alusta. TIA Portal -ohjelmointityökalulla pystyy toteuttamaan käyttöliittymän, logiikan, taajuusmuuttajien sekä turvatoimintojen ohjelmoinnin. TIA Portal :ssa yhdistyy logiikkaohjelmointi ympäristö SIMATIC STEP7, käyttöliittymäsuunnitteluun tarkoitettu SIMATIC WinCC ja taajuusmuuttajiin kohdistuva SINAMICS StartDrive -ohjelmisto. Edellä mainittujen toimintojen ansiosta ohjelmointi sekä prosessien suunnittelu helpottuvat, koska kaiken pystyy ohjelmoimaan yhden alustan kautta. (TIA Portal – teollisuusautomaation ohjelmistoalusta n.d.)

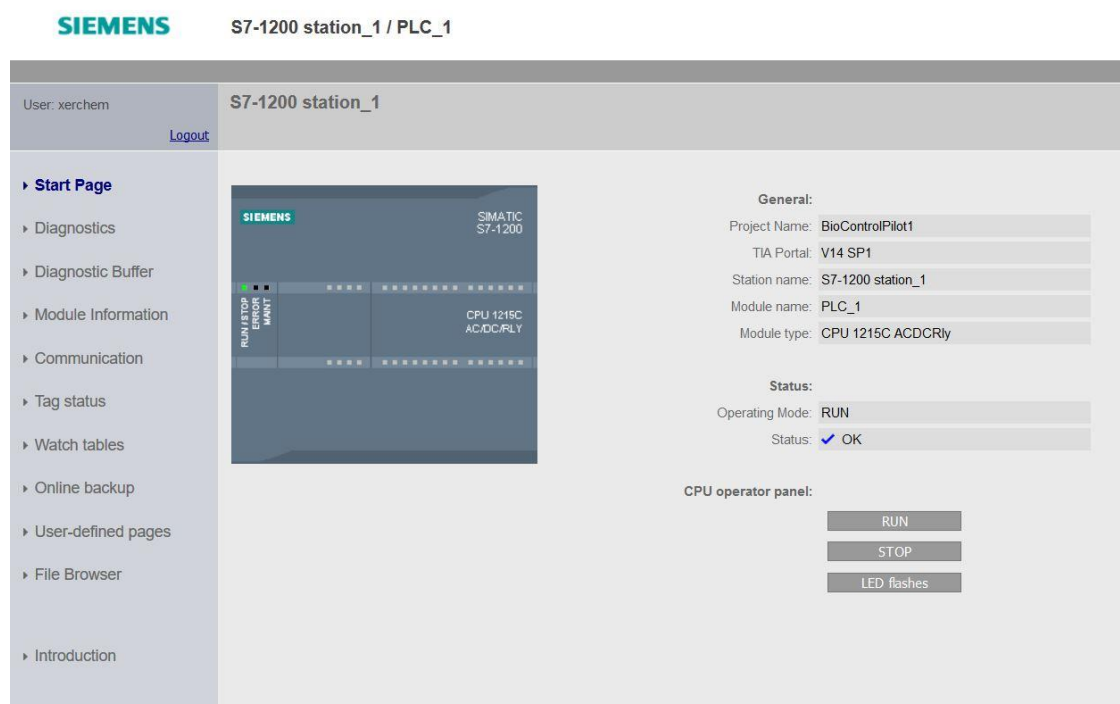
TIA Portal -ohjelmointityökalu sisältää nopeuttavia ja hyödyllisiä toimintoja. TIA Portal -ohjelmointityökalulla pystyy käyttämään IEC-ohjelmointikieliä LAD, FBD, SCL, IL ja GRAPH. Siirtyminen STEP 7 projekteista TIA Portal projekteihin onnistuu suoraan kääntämällä projekti TIA Portal versioksi. TIA Portal-ympäristössä HW-konfiguraatiosta on tehty visuaalinen. HW-konfiguraatiossa esitetään laitteet niitä muistuttavilla kuvilla. Itse HW-konfiguraation teko on helppoa, sillä laitteet löytyvät valmiista kirjastosta sekä ne pystytään tunnistamaan ohjelman avulla ilman tuotekoodia. TIA Portal -ohjelmointityökalun uusin versio, on V14, jossa on tuki Windows 10 käyttöjärjestelmään. (TIA Portal (SIMATIC STEP 7). n.d.)

6 Selainpohjainen etähallinta

Etähallintaan törmää nykypäivänä varsin usein ja käytännönläheinen esimerkki voisi olla auton ovien avaaminen etäavaimella. Teollisuudessa etähallintasovelluksia on käytetty jo monia vuosia. Ohjelmoitavat logiikat tarjoavat valmiita toimintoja selainpohjaisen etähallinnan toteuttamiseen. Selainpohjaisella etähallinnalla tarkoitetaan web-sivuilla toimivaa sovellusta. Siemensin logiikoihin on valmiiksi integroitu websivujen luonti mahdollisuus. Selainpohjainen etähallinta tarjoaa ympärivuorokautisen pääsyyn selaimen välityksellä logiikan tietoihin sekä toimintoihin.

6.1 Siemensin logiikkaan integroidut web-sivut

Siemens tarjoaa S7-1200- ja S7-1500-logiikoihin mahdollisuuden käyttää sisään integroitua web serveriä. Web serverin avulla käyttäjä pystyy kirjautumaan logiikan sisälle internetselaimesta. Selain näkymässä voi tutkia logiikan diagnostiikkatietoja, muuttujien tilaa sekä avata käyttäjän määrittämät websivut. Web serveri tukee yhteyden muodostamista VPN -tunnelin avulla, joka parantaa tietoturvaa. Myös modeemin kautta kirjautuminen on mahdollista web serverille. Siemensin etähallintasivut saa auki, kun liittää tietokoneen samaan verkkoon modeemin kanssa ja syöttää logiikan IP-osoitteen selaimen syöttökenttään. Web-sivuille voi luoda eri käyttäjiä, joille pystyy konfiguroimaan erilaiset käyttöoikeudet. (Creating and using user-defined web pages on S7-1200 / S7-1500 2017.) Kuviossa 8 nähdään web serveri näkymä kaikilla käyttöoikeuksilla.



Kuvio 8. Siemensin web serveri näkymä

Web serveri näkymän lisäksi käyttäjällä on mahdollista konfiguroida omat websivut. Websivuille voi tuoda logiikalta datatietoja ja muokata sivuista sellaiset kuin haluaa. Websivut voidaan tuottaa HTML5-kielellä, joka ovat tarkoitettu internetsivujen luomiseen. Siemens tarjoaa aloittelijoille sovellus esimerkkejä, jotta kaikki ohjelmoijat pääsevät alkuun websivujen luomisessa. (Creating and using user-defined web pages on S7-1200 / S7-1500 2017.)

6.2 HTML5-kieli

Vuonna 1998 World Wide Web Consortium yhteisö eli W3C -yhteisö päätti lopettaa HTML-kielen kehittämisen. W3C-yhteisö uskoi tulevaisuuden olevan XML-kielessä ja pieni ryhmä asiantuntijoita loivat XHTML-kielen. XHTML-kieli oli XML-versio HTML-kielestä, jossa käytettiin XML-kielen syntaksin sääntöjä ja lainattiin ominaisuuksia. Asiantuntija ryhmä ei ollut vakuuttunut siitä, että XML olisi tulevaisuudessa kaikkien web-kirjoittajien kieli. Tämä ryhmä alkoi työstää konseptia, joka laajensi HTML-lomakkeita niin, että yhteensopivuus ei rikkoutuisi taaksepäin. Ajan mittaa tästä syntyi HTML5-kieli. Vuonna 2009 W3C lopetti työskentelyn XHTML 2.0-kielen parissa ja siirsi resurssit HTML5-kielen käyttöön. (Lawson & Sharps 2011, xi-xii.)

HTML5-kieltä käytetään websivujen koodaamiseen. HTML5-kieli on selainpohjainen kieli, joka käyttää websivujen osoitteessakin esiintyvää HTTP-protokollaa. HTTP-protokollaa käytetään selainten tiedonsiirrossa. HTML5-kieli on rakennettu niin, että kieli itsessään on määritelty johdonmukaisen dokumenttoliomallin termein. Dokumenttoliomalli eli DOM määrittelee HTML5-dokumenttien rakenteen ja JavaScriptin käytön. JavaScriptin avulla voidaan luoda websivuille dynaamisia toimintoja esimerkiksi lisätä kuvioita. Dokumenttoliomallien tulkinnoissa on eroja ja ne saattavat tehdä JavaScriptin kirjoituksesta vaikeaa. HTML5-kielen yksiselitteisten jäsentelysääntöjen avulla varmistetaan, että vanhat websivut toimivat yhteen ja JavaScriptien käyttö toimii oikein. HTML5-kielen jäsentelyä käytetään kaikissa HTML-dokumenteissa. (Lawson & Sharps 2011, xiv-xv.)

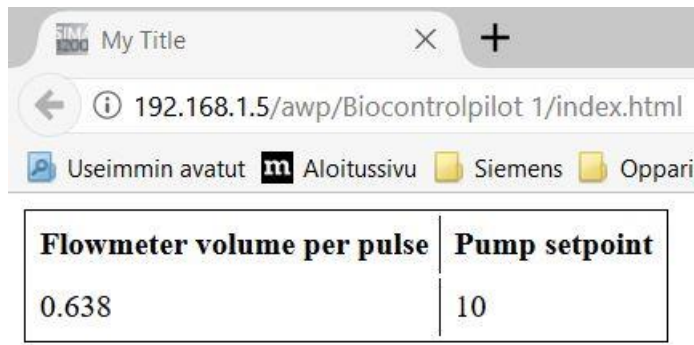
HTML5-kieli koostuu eri elementeistä, joiden avulla websivuille voidaan luoda erilaisia toimintoja. Kuviossa 9 on toteutettu yksinkertainen tiedon haku Siemensin S7-1200-logiikalta Siemensin käyttäjän määrittämälle nettisivulle. Komentojen <head> ja

`</head>` väliin kirjoitetaan websivujen runkotoiminnot. Tässä tapauksessa valitaan käytettäväksi UTF-8 koodaus, sivulle on tehty päivitys kymmenen sekunnin välein ja asetetaan websivujen nimeksi My Title. Komentojen `<body>` ja `</body>` väliin sijoitetaan kaikki ulkoasuun liittyvät toteutukset, joita voivat olla esimerkiksi tekstit, kuvat tai linkit.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="Refresh" content="10">
    <title>My Title</title>
  </head>
  <body>
    <table style="border:1px solid black;">
      <thead>
        <tr>
          <th style="border-right:1px solid black; padding:5px;">Flowmeter volume per pulse</th>
          <th style="padding:5px;">Pump setpoint</th>
        </tr>
      </thead>
      <tbody>
        <tr>
          <td style="border-right:1px solid black; padding:5px;">:= "Liter/pulse":</td>
          <td style="padding:5px;">:= "DosingPumpSetPoint":</td>
        </tr>
      </tbody>
    </table>
  </body>
</html>
```

Kuvio 9. Datan haku HTML5-kiellä

HTML5-kielestä löytyy valmiita komentoja, jotka muokkaavat valmiiksi sivun, koodin mukaisesti. Kuviossa 9 on käytetty `table`, `thead` ja `tbody` -komentoja. `Table`-komento luo valmiin taulukon ja sille on määritetty olevan yhden pikselin paksuinen ulko-reuna. `Thead`-komento niin ikään `head`-komennon tavoin sisältää taulukon runkotoiminnot, jotka ovat tässä tapauksessa otsikoiden antaminen kahdelle muuttujalle ja otsikoiden erotus pikselin paksuisella viivalla. `Tbody`-komento sisältää muuttujien datan haun logiikalta sekä näiden muuttujien erotuksen pikselin paksuisella viivalla. Kuviossa 10 on esitetty edellisen esimerkin mukainen datan haku Siemensin käyttäjän määrittämälle websivulle.



Flowmeter volume per pulse	Pump setpoint
0.638	10

Kuvio 10. Datan haku web-sivuilla

6.3 VPN-yhteys

VPN eli virtuaalinen erillisverkko parantaa käyttäjän yksityisyyttä internetissä. VPN-yhteys salaa laitteen verkkoyhteyden, joka estää ulkopuoliset hyökkäykset. Normaali laitteen yhdistäminen internetiin yhdistyy aluksi internetpalveluntarjoajaan, jota kutsutaan ISP:ksi. ISP yhdistää tämän jälkeen käyttäjän haluamalleen verkkosivulle. Verkkoliikenne kulkee siis ISP:n kautta, joka mahdollistaa verkkokäyttäytymisen tarkkailun. VPN toimii taas niin, että kun käyttäjä yhdistää laitteen internetiin, yhdistyminen tapahtuu VPN-tunnelin kautta. VPN-palveluntarjoajalla on serveriin salattu yhteys, jonka kautta internet liikenne kulkee. Tämä VPN-tunneli salaa kaiken datan, mikä liikkuu serverin ja laitteen välillä. Suurimpina hyötyinä VPN-yhteys tuo WiFi-verkkojen turvallisen käytön, salatun internetyhteyden sekä laitteen sijainnin muuttamisen toiseen maahan. (VPN-yhteys suojaa yksityisyyttä internetissä n.d.)

Joskus saatetaan luulla, että VPN tekee käyttäjästä täysin anonyymin. Näin ei kuitenkaan ole, sillä palveluntarjoajat tietävät asiakkaidensa henkilötiedot. VPN ei turvaa täydellisesti internetsivujen urkinnoilta, vaikka IP-osoitteen piilottaminen auttaa jo paljon. Muita urkintamenetelmiä vastaan suojaudutaan virustorjunnan avulla, joihin VPN ei anna suojaa. Täytyy aina muistaa, että VPN-yhteys lisää datan määrää, joka tarkoittaa internetyhteyden hidastumista. VPN-yhteyden hidastumiseen vaikuttaa se, mihin maantieteellisesti yhteys luodaan. Mitä kauemmaksi yhteyden luo, sitä enemmän yhteys hidastuu. (VPN-yhteys suojaa yksityisyyttä internetissä n.d.)

Käyttäjä pystyy ostamaan VPN-yhteyden niiden palveluntarjoajilta tai hankkia modeemin, joka itsessään luo VPN-yhteyden. VPN-palvelun pystyy hankkimaan nykypäivänä lähes kaikkiin laitteisiin, jotka saa liitettyä internetiin. Kuitenkaan VPN ei toimi puhelimien sekä tablettien applikaatioissa, sillä niissä käytetään omia IP-osoitteita ja applikaatiot keräävät tietoa käyttäjien verkkokäyttäytymisestä. VPN toimii silti normaalissa internetvierailussa tableteissa ja puhelimissa. Nykypäivänä VPN-yhteyden käyttö on suositeltavaa niin yksityishenkilöille kuin yrityksille. VPN tuo turvaa käyttäjän internetvierailulle, sillä se estää viranomaisia seuraamasta käyttäytymistä internetissä sekä torjuu hakkerit. (VPN-yhteys suojaa yksityisyyttä internetissä n.d.)

7 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön tehtävänä oli toteuttaa automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille, joka sisälsi yhden elektrolyysikennon. Tehtävänä oli myös rakentaa testausympäristö, jossa pystyttäisiin testaamaan automaatiosovelluksen toiminta sekä ajamaan SpotView-projektin arviointivaiheen tehdasvesikokeet.

7.1 Testausympäristön rakentaminen

Toimeksiantajalla oli valmiina testausympäristön rakentamiseen virtalähde shunttivastuksen ja jakotukin kera, sulakerasia, sähkökaappi sisältäen mittauskortin, VPN-yhteyttä tukeva modeemi, elektrolyysikennon, Siemensin logiikka ja kosketusnäyttö sekä tarvittavat mittauskomponentit.

Sähkökaappi muokattiin niin, että siihen liitettiin Siemensin logiikka ja kosketusnäyttö. Annostelupumppu kytkettiin sähkökaapissa olevaan pistorasiaan, jonka kautta pumppua ohjattiin. Sulakerasia sisältää sulakkeet virtalähteelle ja sähkökaapille sekä kontaktorin virtalähteen ohjaukseen. Modeemista kytkettiin Ethernet verkkokaapeli Siemensin S7-1200-logiikkaan ja logiikalta jatkettiin toisella verkkokaapelilla Siemensin KTP400-kosketusnäytölle. Virtalähteeltä kytkettiin shunttivastuksen ja jakotukin kautta syöttökaapelit elektrolyysikennolle. Annostelupumpulta kytkettiin syöttöletku elektrolyysikennolle ja elektrolyysikennossa tuotettu natriumhypokloriitti pumpattiin kennon läpi varastosäiliöön.

Lämpötilanmittaukset tulivat elektrolyysikennon kylkeen ja virtalähteen kylkeen. Varastosäiliöön asennettiin pintaraja-anturi indikoimaan säiliön ylärajatietoa. Annostelupumpun ja elektrolyysikennon väliin kytkettiin virtausmittaus. Shunttivastukselta ja jakotukilta kytkettiin mittaustiedot sähkökaapissa olevaan mittauskorttiin, josta ne jatkettiin logiikalle jännitteen ja virran mittausta varten.

Toimeksiantaja oli valinnut valmiiksi paikan, johon elektrokemiallisen generaattorin testausympäristö rakennettiin. Paikka valikoitui siten, että se on mahdollisimman turvallinen testausympäristöksi. Elektrolyysikennon täytyy olla pystyasennossa, minkä vuoksi se asennettiin kiinni seinässä olevaan kiinnikelevyyn. Virtalähde, modeemi, sulakerasia sekä sähkökaappi asennettiin niin, että mahdolliset nestevuodot eivät pääse valumaan sähköosien päälle. Annostelupumppu asennettiin suoraan suolavesisäiliön yläpuolelle, koska näin saatiin lyhin reitti suolaveden pumppaukseen.

Kuviossa 11 nähdään elektrokemiallisen generaattorin testausympäristö. Sähkökaapin ja elektrolyysikennon välissä on mittausrasia, josta voidaan lukea analogisesti jännitetietoa. Mittausrasiassa on kaksi muuta mittausnäyttöä, joita käytetään muissa testaustarkoituksissa. Testausympäristö on rakennettu vain elektrolyysikennon ja automaatiosovelluksen testaukseen.



Kuvio 11. Testausympäristö

7.2 Logiikkaohjelman toimintakuvauksen laadinta

Kun testausympäristö saatiin valmiiksi, laadittiin logiikkaohjelmalle toimintakuvaus. Tässä vaiheessa oli jo selvillä tarvittavat ohjaukset, mittaukset sekä indikointitiedot. Toimeksiantaja halusi logiikkaohjelman sisältävän hälytyksiä virhetilanteista, muuttujien varmuuskopioinnin ja käyttäjäystävällisen kosketusnäyttönäkymän. Logiikkaohjelman toimintakuvaus laadittiin jo tässä vaiheessa vastaamaan SpotView-projektin valmiin laitteen toimintoja. Varastosäiliön alarajatietoa ja redoxmittausta ei päästy liittämään testausympäristöön, sillä niitä ei ollut mahdollista asentaa pieneen testausympäristöön. Kaikkia muita toimintoja pystyttiin testaamaan.

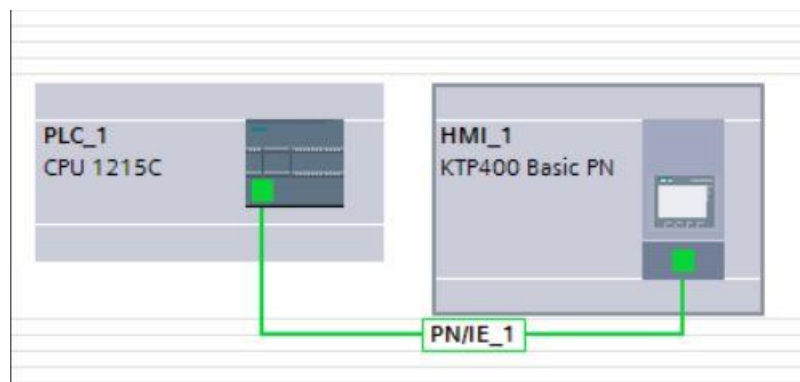
Toimintakuvaus helpottaa ohjelmointia, jonka vuoksi se laadittiin mahdollisimman helppolukuiseksi. Aluksi esitellään tarvittavat mittaus-, ohjaus- ja indikointitiedot, joiden jälkeen esitellään muut toiminnot. Toimintakuvauksessa on alleviivattu perustoiminnot ja niiden alapuolelta löytyvät mitä kukin toiminto tekee tai tarvitsee toimiakseen. Kaikki toiminnallisuudet toteutettiin niin, että mittauksia, ohjauksia ja indikointeja hyödyntämällä saadaan logiikkaohjelmasta turvallinen sekä käyttäjäystävällinen.

Esimerkiksi, kun tuotanto käynnistetään, tarkastetaan aluksi, etteivät lämpötilat ole liian korkeat, pintarajat eivät ole aktiiviset sekä virtaus pumppaamalla ja vasta näiden jälkeen käynnistetään virtalähde eli tuotanto. Liitteessä 2 on esitetty elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelman toimintakuvaus kokonaisuudessaan.

7.3 Logiikan TIA Portal -ohjelmointi

7.3.1 Laitteiston konfigurointi

Logiikkaohjelmointi TIA Portal -ympäristössä aloitettiin luomalla uusi projekti sekä laitteistokonfiguraatio. Laitteistokonfiguraatioon liitettiin projektissa käytettävät Siemensin toimilaitteet, jotka olivat Siemens S7-1200 -logiikka ja SIMATIC KTP400 Basic -kosketusnäyttö. Logiikan yhteyteen liitettiin analoginen mittauskortti, jotta Siemensin logiikkaan saatiin tarvittava määrä analogisia mittauksia. Laitteistokonfiguraatiossa yhdistettiin vielä logiikka ja kosketusnäyttö keskenään samaan aliverkkoon. Kuviossa 12 on esitetty TIA Portal -ohjelman laitteistokonfiguraatio.



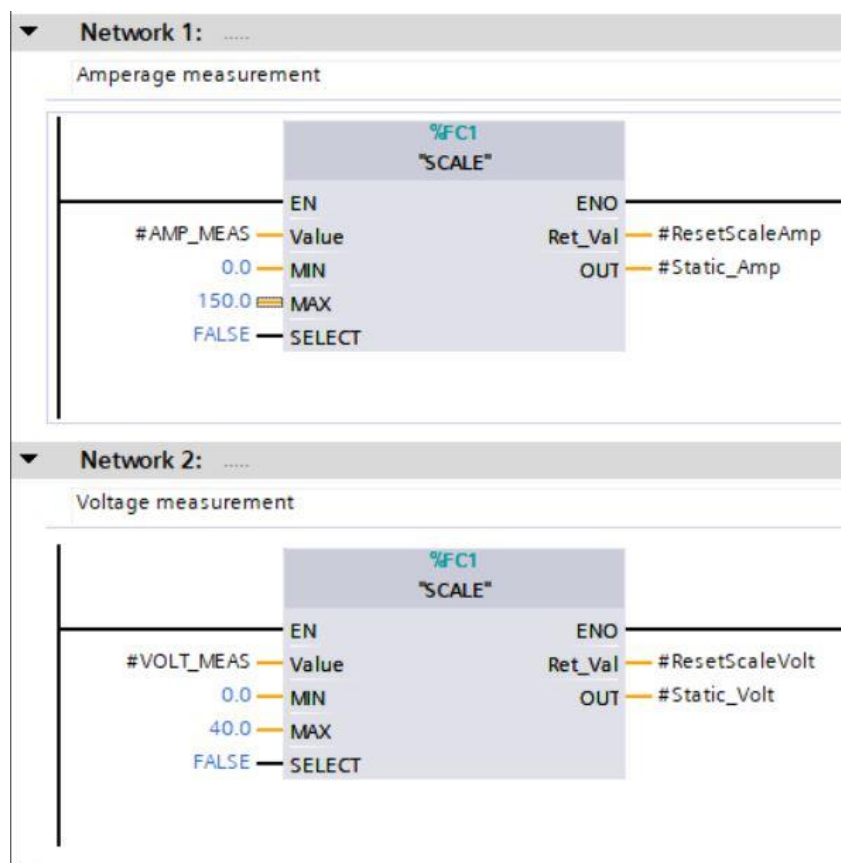
Kuvio 12. Laitteistokonfiguraatio

7.3.2 Logiikkaohjelman runkotoiminnot

Logiikkaohjelman runkotoimintoihin kuuluu kytkimet tuotannolle, ensimmäiselle käynnistykselle, puhaltimelle, käsikäyttö ja käsikäyttökytkimen kanssa toimivat nostelupumpun sekä virtalähteen ohjauskytkimet. Runkotoimintojen ohjelmoinnin

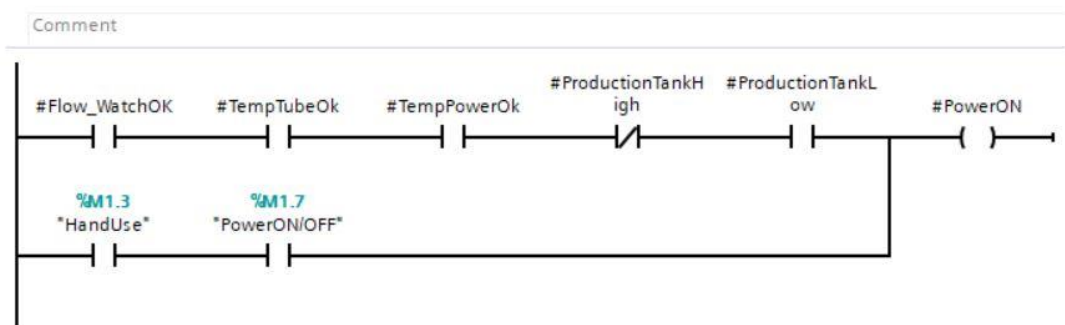
lomassa toteutettiin mittaustietojen skaalaaminen. Liitteessä 2 esitetyssä toimintakuvauksessa runkotoiminnot löytyvät ”logiikkaohjelma” kohdan jälkeen.

Ennen varsinaista ohjelmointia valittiin kytkimille omat tagipaikat, joista runkotoiminnot toimivat kosketusnäytöllä olevista kytkimistä. Analogisille mittauksille, releohjauksille sekä indikointitiedoille valikoitui jo testauspaikan rakennusvaiheessa omat tagipaikat. Virtausmittaukseen käytettiin TIA Portalista löytyvää toimintoa nimeltä HSC, jotta virtausmittari saataisiin toimimaan. HSC otetaan käyttöön logiikan asetuksista, josta voi valita sille ominaiset asetukset. Mittaustietojen skaalaamiseen löytyi myös TIA Portalista oma toiminto. Tämän toiminnon avulla mittaustietojen skaalaus ohjelmoitiin ainoastaan kerran ja samaa skaalausta voitiin käyttää kaikissa mittauksissa. Kuviossa 13 on esitetty ampeerien ja jännitteen mittauksien skaalaus samaa ”SCALE” -toimintoa käyttäen.



Kuvio 13. Ampeerien ja jännitteen skaalaus

Seuraavaksi toteutettiin logiikkaohjelman runkotoiminnot. Tuotanto ON/OFF-kytkimen, on tarkoitus olla, lähes tulkoon koko ajan ON-asennossa. Tuotannon kytkin ohjaa pumppua sekä minimivirtauksen tunnistuksen jälkeen virtalähdettä. Koska tuotantoa on tarkoitus pitää pääsääntöisesti koko ajan päällä, sen toimintoihin sisällytettiin kaikki tarvittavat mitta- ja indikointitiedot sammuttamaan tuotanto mahdollisissa virhetilanteissa. Virhetilanteet generoivat hälytyksen aktivoimalla hälytykselle konfiguroidun tagipaikan. Kuviossa 14 on esitetty virtalähteen ohjaus tuotannossa sekä käsikäyttöllä. Virtalähdettä ohjataan, kun mittaustiedot ja turvarajat ovat normaalissa tilassa. Käsikäyttö kytkimen avulla tuotanto kytkin sammutetaan ja virtalähdettä ohjataan tällöin käsikäyttökytkimellä.



Kuvio 14. Virtalähteen ohjaus

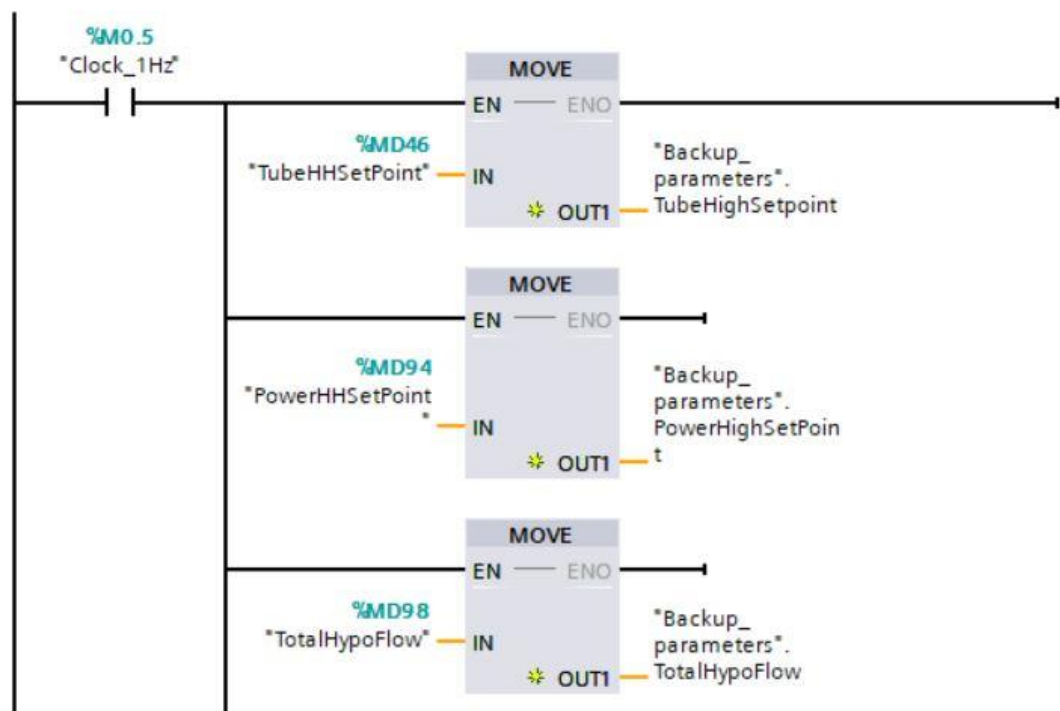
Ensimmäinen käynnistys on nimensä mukaisesti tarkoitus ajaa ennen varsinaista tuotannon käyttöä. Ensimmäistä käynnistystä käytetään, koska elektrolyysikennot täytyvät olla täynnä elektrolyyttiliuosta ennen kuin virtalähdettä saa käynnistää. Käyttäjä voi asettaa kosketusnäytöltä ajan, jonka ensimmäinen käynnistys on päällä. Käyttäjä voi asettaa vaadittavan minimi virtauksen, jota hyödynnetään myös tuotannon ollessa käynnissä.

Puhallin toteutettiin niin, että se on riippumaton kaikista muista toiminnoista. Ideana on pitää puhallinta koko ajan käynnissä. Puhallin on käsikäyttökytkimien kanssa pelkästään ohjaustoiminto. Verraten esimerkiksi tuotanto kytkimeen, ei puhallimen, anostelupumpun sekä virtalähteen käsikäyttökytkimien käytössä oteta kantaa millään tavalla mittaustietoihin tai turvarajojen tilatietoihin. Käsikäyttö on tarkoitettu käytet-

täväksi virhetilanteissa palauttamaan prosessin tila normaaliksi sekä testaustarkoituksiin. Annostelupumpun pistorasian ohjaus on toteutettu samalla periaatteella, kuin kuviossa 14 esitetty virtalähteen käsikäyttö.

7.3.3 Tagien varmuuskopiointi

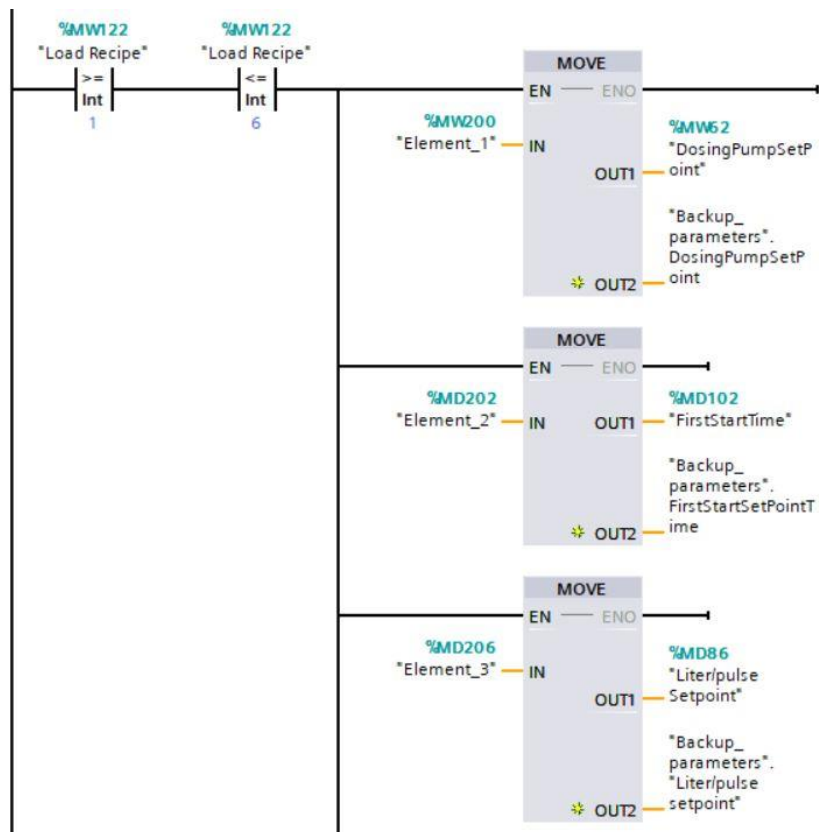
Tagien varmuuskopiointi toteutettiin kahdella eri tavalla. Ensimmäinen varmuuskopiointi toteutettiin niin, että kaikki halutut tagit tallennetaan Siemensissä olevaan data blockiin käynnin aikana hertsin taajuudella (ks. kuvio 15). Kun Siemensin logiikka sammutetaan ja käynnistetään uudelleen, haetaan tagit takaisin data blockista. TIA Portalista löytyy valmis toiminto nimeltä Startup, joka ajetaan aina kun logiikka ja kosketusnäyttö käynnistyvät uudelleen. Varmuuskopiointinnissa otettiin huomioon virhetilanteet, jos jokin moduuli irrotetaan tai logiikassa tapahtuu virhe. Tällöin toteutetaan sama tagien varmuuskopiointi data blockiin.



Kuvio 15. Muuttujien varmuuskopiointi hertsin taajuudella

Toinen varmuuskopiointi toteutettiin kosketusnäytön ja logiikan yhteistyöllä. TIA Portalista löytyy kosketusnäytön ohjelmointiin toiminto nimeltä Recipe, johon liitettiin tarvittava määrä elementtejä. Elementit vastaavat niitä tageja, jotka haluttiin varmuuskopioida. Elementtien pohjalta luotiin kaksi eri tietuetta, joihin tallennettiin valmiiksi asetusarvot vastaamaan oikeita asetusarvoja.

Elementeille täytyi luoda omat tagipaikat kosketusnäytön tagitaulukkoon. TIA Portalissa luotiin S7-1200-logiikkaan ohjelma, joka hakee kosketusnäytön tagit ja kirjoittaa ne logiikalla niitä vastaaviin tagipaikkoihin ja data blockiin. Minimi vaatimuksena asetettiin, että kirjoitettavia tageja täytyy olla vähintään yksi ja maksimissaan kuusi. Tagien kirjoitus toteutettiin kosketusnäytöllä olevasta valintakentästä ja painikkeesta Load (ks. kuvio 20). Logiikan käynnin aikana tagien arvon voi muuttaa ja tallentaa painikkeella Save. Kuviossa 16 nähdään tagien haku kosketusnäytöltä ja kirjoitus logiikan tagipaikoille ja data blockiin.



Kuvio 16. Tagien tallennus kosketusnäytöltä logiikkaan

7.3.4 Siemensin web serverin ja etähallintasivujen käyttöönotto

Siemensin web serveri otetaan käyttöön logiikan asetuksista. Web serverille luotiin käyttäjätunnus, jolla pääsee kirjautumaan sisään toimintoihin. Käyttäjätunnukselle annettiin kaikki käyttöoikeudet web serverin käyttöön. Web serveriin luotiin yksi tarkastelukenttä, johon liitettiin asetusarvojen, mittaustietojen ja ohjauksien tagit.

Käyttäjän määrittämien nettisivujen eli etähallintasivujen generointi tapahtuu logiikan toimesta automaattisesti. Asetuksiin määriteltiin aluksi polku, josta haluttu HTML5-tiedosta haetaan. HTML5-tiedoston nimi oli index.htm, joka sisältää kaiken etähallintasivujen koodauksen. Generointi tapahtui nappia painamalla, joka luo S7-1200-logiikkaan automaattisesti web DB palikat logiikan muistiin. Generointi muuttaa kaikki index.htm tiedostosta löytyvät ASCII merkit heksadesimaalimuotoon. Muunnoksen avulla logiikka pystyy tunnistamaan ja käyttämään ASCII merkkejä. Kuviossa 17 on esitetty web DB, josta nähdään HTML5-tiedostosta haettujen ASCII merkkien muunnos heksadesimaalimuotoon.

DB 334			
	Name	Data type	Start value
1	▼ Static		
2	MAGIC	DWord	DW#16#4157_...
3	CONSISTENCY_TAG	DWord	994336707
4	TEMP_1	Array[1..11309] of ...	
5	▼ TEMP_2	Array[1..1630] of B...	
6	TEMP_2[1]	Byte	16#62
7	TEMP_2[2]	Byte	16#6F
8	TEMP_2[3]	Byte	16#64
9	TEMP_2[4]	Byte	16#79
10	TEMP_2[5]	Byte	16#7B
11	TEMP_2[6]	Byte	16#D
12	TEMP_2[7]	Byte	16#A
13	TEMP_2[8]	Byte	16#20
14	TEMP_2[9]	Byte	16#20
15	TEMP_2[10]	Byte	16#20
16	TEMP_2[11]	Byte	16#20
17	TEMP_2[12]	Byte	16#66

Kuvio 17. HTML5-tiedoston generointi heksadesimaalimuotoon

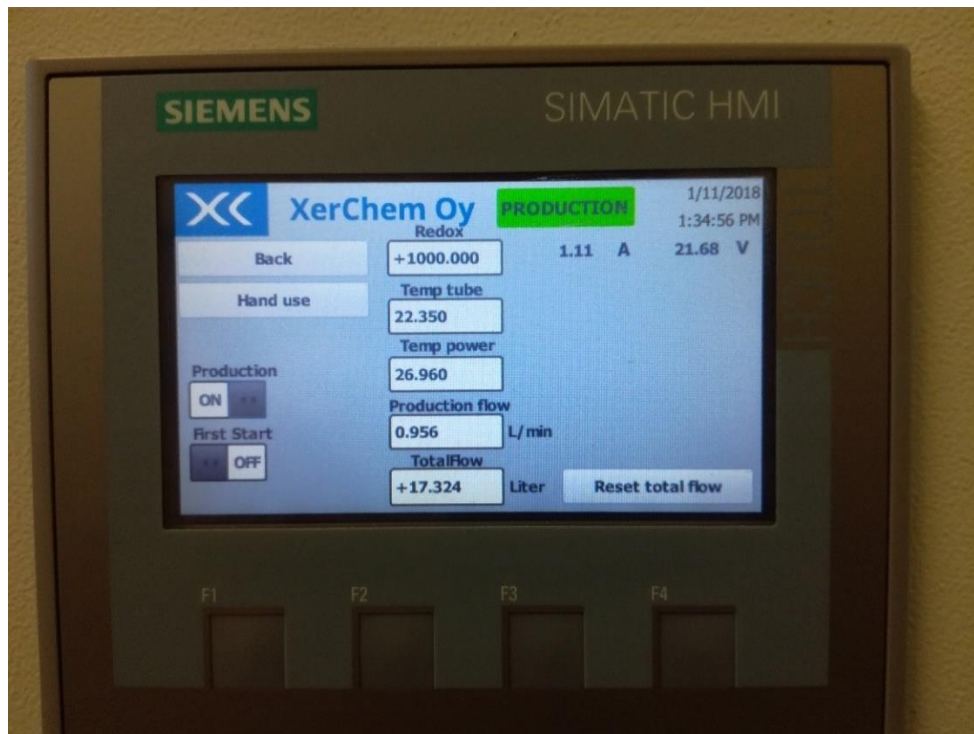
7.4 Kosketusnäytön TIA Portal -ohjelmointi

SIMATIC KTP400 Basic -kosketusnäytön ohjelmointi aloitettiin luomalla tarvittava määrä kuvaruutuja. Kuvaruutuja luotiin yhteensä 18 kappaletta, joista seitsemän oli TIA Portalin automaattisesti generoituja. TIA Portal loi automaattisesti kuvaruudut muun muassa diagnostiikkaan, informaatiotietoihin ja käyttäjätunnuksien hallintaan. Muut projektiin luodut kuvaruudut sisälsivät kaikki tarvittavat kytkimet, mittauskentät, hälytysnäytöt sekä hälytyksien lokitiedot.

Kosketusnäyttöön luotiin yksi käyttäjä, jolle annettiin kaikki oikeudet kosketusnäytön käyttöön. Käyttäjätunnukselle muokattiin maksimi sisälläoloajaksi yksi tunti, jonka jälkeen käyttäjä kirjataan ulos näytön käytöstä. Kosketusnäyttöön vaaditaan aina kirjautuminen oletusnäytöltä löytyvästä kirjautumispainikkeesta. Lisäksi kaikkien toimintojen ja painikkeiden käyttöön vaaditaan käyttäjätunnuksen tunnistus turvallisuuden takaamiseksi. Tällöin ainoastaan kirjautumalla sisään voi käyttää kosketusnäyttöä ja sen sisältämiä toimintoja.

7.4.1 Kuvaruutujen ohjelmointi ja visuaalinen ilme

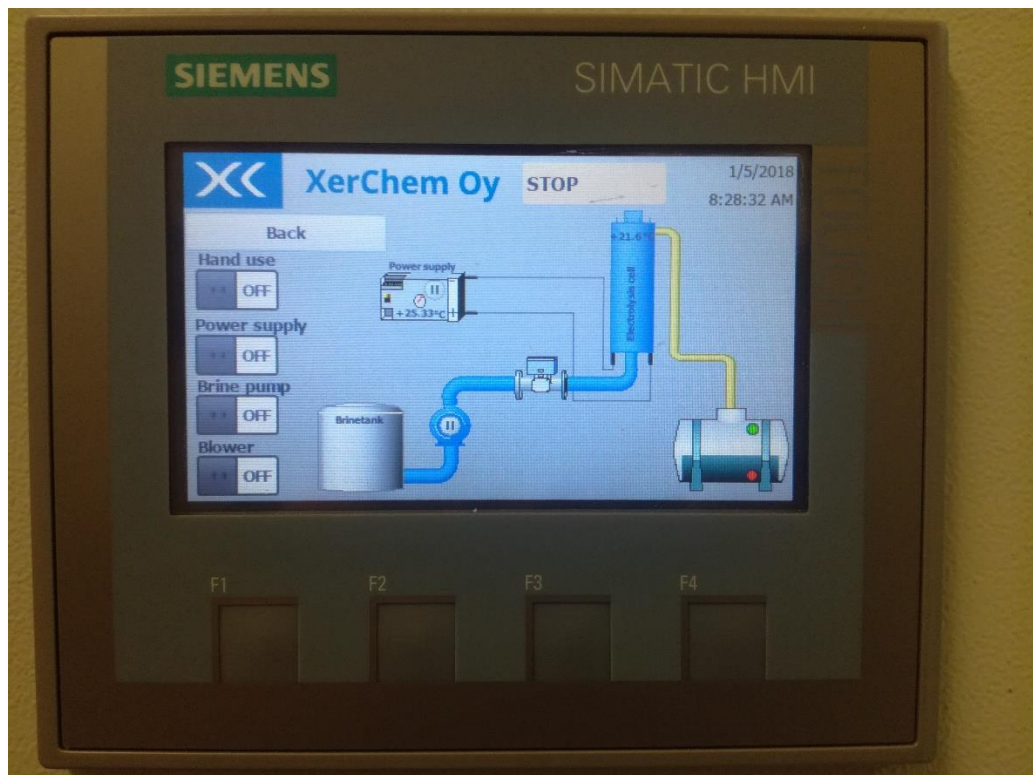
Kaikissa kuvaruuduissa käytettiin kiinteää taustaa. Tausta sisälsi XerChem Oy tekstin sekä logon, päivämäärän, kellon ajan ja vaihtuvan tekstikentän (ks. kuvio 18). Tekstikenttä näyttää visuaalisesti värin ja tekstin avulla, onko tuotanto käynnissä, pois päältä vai hälytystilassa.



Kuvio 18. Tuotanto kuvaruutu

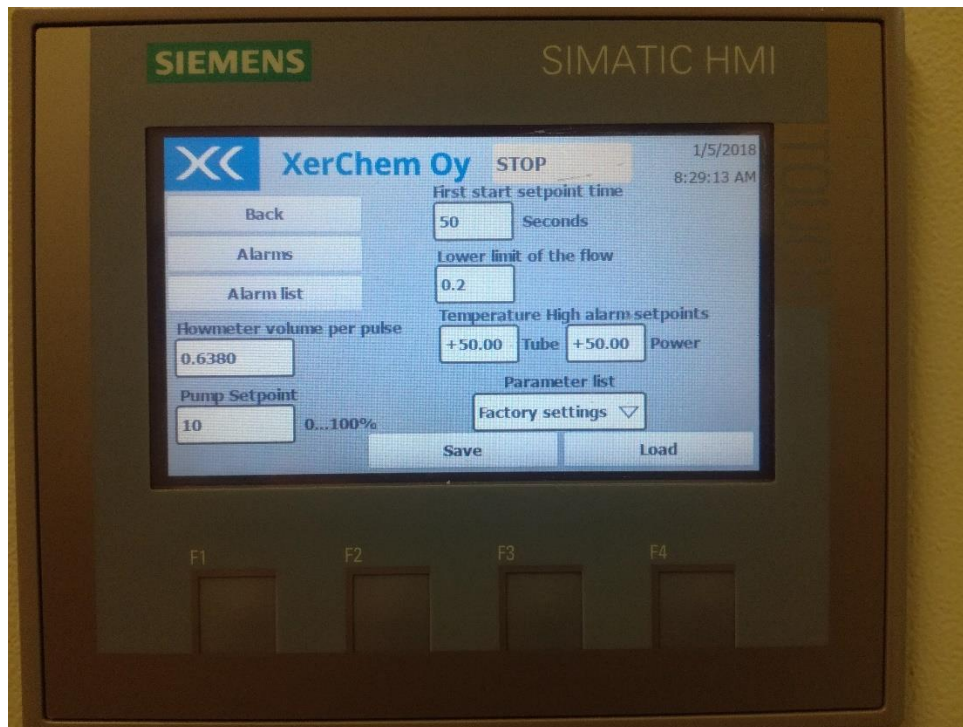
Kuviossa 18 on esitetty tuotanto kuvaruutu, joka sisältää kaikki mittaustiedot sekä kytkimet tuotannolle ja ensimmäiselle käynnistykselle. Kuva on otettu tilanteesta, jolloin tuotanto on ollut päällä. Kytkimiin linkitettiin logiikalta tagit, jotka toimivat liitteessä 2 olevien runkotoimintojen mukaan. Virtauksen kokonaismäärän resetointiin luotiin oma painike. Kaikissa kuvaruuduissa käytettiin samanlaisia painikkeita, koska tällöin saatiin visuaalisesta ilmeestä mahdollisimman selkeä. Vasemmassa yläreunassa ovat siirtymispainikkeet, joiden avulla siirrytään kuvaruutujen välillä.

Käsitäyttö kuvaruudulle luotiin visuaalinen prosessikuva, jossa käytettiin TIA Portalista löytyviä kuvakkeita. Prosessikuvaan liitettiin suolatankki, annostelupumppu, virtalähde, elektrolyysikenno, virtausmittari, tuotantosäiliö sekä putkistot. Virtalähteen ja annostelupumpun toimintaa havainnollistettiin kylkeen liitetyillä pause ja käynti kuvakkeilla, jotka muuttuvat reletietojen mukaan. Lämpötilojen mittaustiedot liitettiin virtalähteen ja elektrolyysikennon kylkiin. Tuotantosäiliöön lisättiin pintarajojen tilaa kuvaavat pyöreät pallot, jotka ovat normaalissa tilassa vihreät. Kuvaruudun vasemmasta reunasta löytyvät käsikäytöllä toimivat kytkimet. Kuviossa 19 on esitetty käsikäyttö kuvaruutu.



Kuvio 19. Käsikäyttö kuvaruutu

Asetukset kuvaruudulle luotiin kaikille asetusarvotiedoille omat syöttökentät. Syöttökenttiin linkitettiin logiikalta niitä vastaavat tagit. Pumpun asetusarvokenttä jätettiin optiona kuvaruudulle, jos SpotView-projektin myöhemmässä vaiheessa sitä tarvitaan. Kuvaruudulle luotiin parametrilista sekä painikkeet save ja load. Nämä vastaavat kappaleessa tagien varmuuskopiointi kerrottua Recipe toimintoa. Parametrilistasta voi valita halutut asetusarvot kahden eri tietueen väliltä. Kuviossa 20 on esitetty asetukset kuvaruutu.



Kuvio 20. Asetukset kuvaruutu

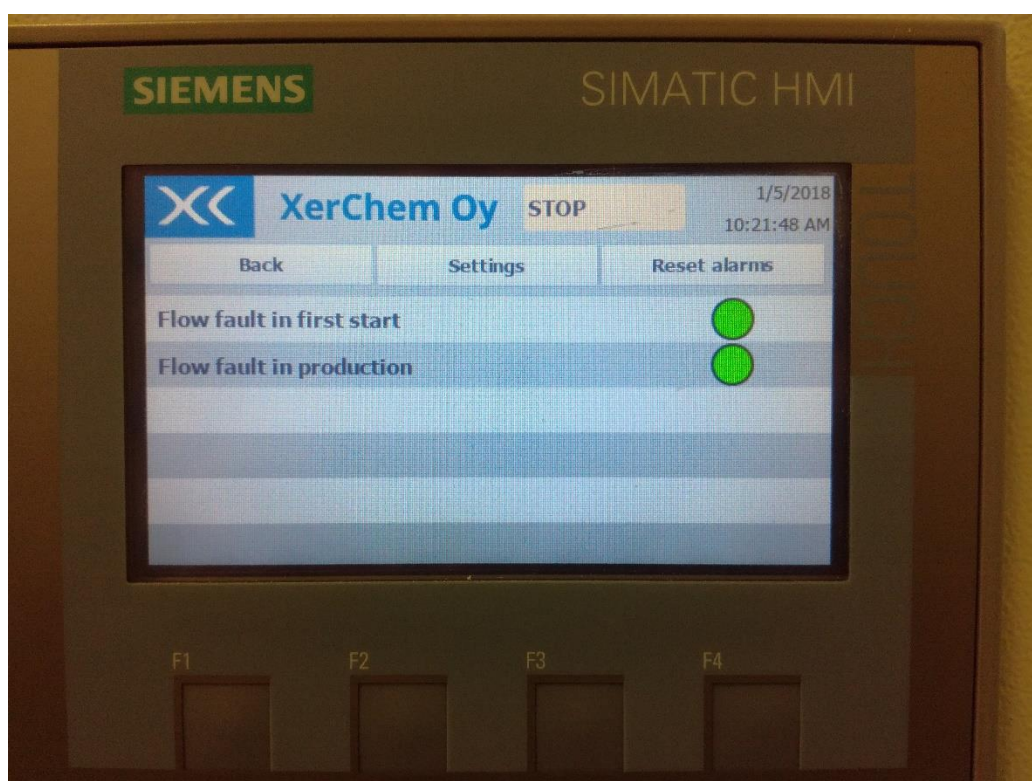
7.4.2 Hälytyksien ohjelmointi

Jokaiselle hälytykselle määrättiin aluksi oma tagi logiikan puolella, jonka aktivoiduttua hälytys generoitiin. Niin sanotut triggaukset tagit linkitettiin kosketusnäytölle luomaan varsinaisen visuaalisen hälytyksen. Hälytyksien generointiin käytettiin valmista hälytyksien luonti toimintoa TIA Portalissa. Hälytykset ohjelmoitiin liitteessä 2 esitetyn toimintakuvauksen ehtojen mukaisesti. Kuviossa 21 nähdään kaikkien hälytyksien nimikkeet sekä triggaukset tagiosoitteet.

Discrete alarms							
	ID ▲	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address
	1	Flow fault ...	Flow Fault First Start	Errors	ALARMGR...	0	%DB21.DBX1.0
	2	Flow fault ...	Flow Fault Production	Errors	ALARMGROUP1	1	%DB21.DBX1.1
	3	Temperat...	Temperature Power Too High	Errors	ALARMGROUP1	2	%DB21.DBX1.2
	4	Temperat...	Temperature Tube Too High	Errors	ALARMGROUP1	3	%DB21.DBX1.3
	5	Productio...	Production Tank Too High	Errors	ALARMGROUP1	4	%DB21.DBX1.4
	6	Productio...	Production Tank Too Low	Errors	ALARMGROUP1	5	%DB21.DBX1.5
	7	Power sup...	Power Supply Measurement Fault	Errors	ALARMGROUP1	6	%DB21.DBX1.6

Kuvio 21. Hälytyksien nimikkeet ja triggaukset tagiosoitteet

Jokaiselle hälytyskategorialle luotiin oma kuvaruutu, josta nähdään, mikä hälytys on aktivoitunut. Hälytyskategoriat ovat virtaus-, lämpötila-, pinnanmittaus- ja virtalähteen hälytykset. Hälytyksien resetointiin luotiin oma painike, joka liitettiin jokaiseen hälytyskategorian kuvaruutuun. Jokaisen hälytyksen viereen tehtiin vihreää ja punaista väriä vaihtava pallo havainnollistamaan hälytystä. Ulkoasultaan hälytyskuvaruudut vastaavat toisiaan. Kuviossa 22 on esitetty virtaushäiriöiden hälytyskuvaruutu.



Kuvio 22. Virtaushäiriöiden hälytyskuvaruutu

7.5 Etähallintasivujen HTML5-ohjelmointi

Etähallintasivut ohjelmoitiin HTML5-kielellä. Toimeksiantaja ohjelmoi etähallintasivut niin, että jäljelle jäi mittautustietojen ja ohjauksien ohjelmointi. Mittaus- ja ohjaustagit linkitettiin Siemensin logiikalta HTML5-koodiin, index.htm nimiseen tiedostoon. Kun etähallintasivut generoitiin logiikan Web DB palikoihin, pystyi logiikka tunnistamaan index.htm tiedostoon tehdyn ohjelmoinnin.

Etähallintasivuille linkitettiin lämpötilojen-, jännitteen-, virran- ja hetkellisen virtauksen mittaustiedot. Etähallintasivut toimivat index.htm tiedoston kautta, joka generoitiin S7-1200-logiikkaan. Tämän tiedoston sisälle oli luotu scripti, joka haki mittaustiedot taas viidestä erillisestä htm-päätteisestä tiedostosta. Jokaiseen erilliseen htm-tiedostoon linkitettiin yksi mittaustagi. Esimerkiksi jännitteenmittaustagi oli value2.htm-tiedoston sisällä muodossa "Actual Voltage". Jokainen mittaustagi linkitettiin samalla periaatteella viiteen eri htm-tiedostoon. Yhtä kuin merkki, kaksoispisteet ja heittomerkit ovat HTML5-kielessä mukana muuttujien määrittelyssä. Actual Voltage vastaa taas suoraan logiikassa olevan jännitteenmittaustagin nimeä, jonka avulla tagi tunnistetaan. Kuviossa 23 on esitetty index.htm-tiedoston sisällä oleva scripti, joka hakee value1.htm, value2.htm jne. kenttiin kaikkien mittaustagien tunnistukset.

```
setInterval(function() {
    $.get('value1.htm', function (newValue1) { g1.refresh(newValue1); });
    $.get('value2.htm',function (newValue2) { g2.refresh(newValue2); });
    $.get('value3.htm',function (newValue3) { g3.refresh(newValue3); });
    $.get('value4.htm',function (newValue4) { g4.refresh(newValue4); });
    $.get('value5.htm',function (newValue5) { g4.refresh(newValue5); });
});
```

Kuvio 23. Mittaustagien koodaus

Kaikkien kytkintoimintojen ohjelmointi index.htm tiedostoon toteutettiin samalla periaatteella. Index.htm tiedoston alkuun määriteltiin kaikkien kytkintoimintojen taginimet. Taginimet vastasivat niitä nimiä, joita oli käytetty suoraan Siemensin logiikassa. Kytkintoimintoja olivat logiikkaohjelman perustoiminnot eli tuotanto, ensimmäinen käynnistys, puhallin, käsikäyttö ja käsikäytön yhteydessä toimivat annostelupumppu sekä virtalähde. Esimerkiksi tuotannon ON/OFF-kytkin määriteltiin index.htm tiedoston alkuun muodossa "<!-- AWP_In_Variable Name=""ProductionON/OFF"" -->". ProductionON/OFF vastaa Siemensissä käytettyä taginimeä tuotannon ohjaukseen.

Kytkintoiminnot toimivat selaimen kautta niin, että kun etähallintasivuilta painetaan kytkintä, lähetetään tieto erillisessä lomakkeessa eteenpäin. Toisin sanoen, kun kytkintä painetaan etähallintasivuilta, lähetetään ohjauskäsky Siemensin logiikkaan, joka muuttaa kytkimen tilatiedon nollasta ykköseksi. Index.htm tiedoston alussa määritellyt taginimet linkitettiin kukin oman kytkin toiminnon alle. Kuviossa 24 on esitetty

tuotanto ON/OFF-kytkimen koodi HTML5-kielellä. Ohjauksen kannalta koodin tärkein osa on kohta "input name", jonka perään määriteltiin tuotannon taginimi. Input name määrittelee sen, mitä tagia ohjataan Siemensin logiikassa, kun kytkintä painetaan etähallintasivuilla. Span ja input type riveillä määritellään kytkimen edessä oleva nimi etähallintasivuilla sekä muuttujan tyyppi.

```
<li>Production<div id="production" class="switch">
  <span id="manopproduction" style="display:none;">:"ProductionON/OFF":</span>
  <form method="post" class="formaction">
    <input type='submit' class='onOffButton:="ProductionON/OFF":' value=" ">
    <input name="ProductionON/OFF" type="hidden" class="manopproductionval" />
  </form>
</li>
```

Kuvio 24. Ohjauksien koodaus

7.6 VPN-yhteyden konfigurointi

S7-1200-logiikka ja KTP400 Basic -kosketusnäyttö liitettiin toisiinsa Ethernet-kaapelilla. Logiikalta vietiin toinen Ethernet-kaapeli modeemille. Modeemi, jota VPN-yhteyden luomiseen käytettiin, oli ASUS 4G-AC55U modeemi. VPN-yhteys luotiin käyttäen OpenVPN-ohjelmistoa.

Modeemille kirjaututtiin sisään internetselaimen kautta. Selainkenttään syötettiin modeemin IP-osoite, joka ohjasi sivun modeeminäkymään. Kirjautuminen modeemin asetuksiin tapahtui käyttäen modeemin oletus käyttäjätunnusta. OpenVPN otettiin käyttöön modeemin asetuksista ja sieltä määriteltiin asetukset VPN-yhteydelle. Asetuksiin määriteltiin VPN-yhteyden aliverkonosoite, aliverkonpeite, protokola, porttiohjukset, oletus URL-osoite sekä luotiin uusi käyttäjätunnus. Valmiista asetuksista generoitiin OpenVPN-konfiguraatitiedosto. Tiedosto sisälsi määritellyt asetukset ja siihen liitettiin sertifikaattiavain, joka tuli modeemin mukana. Sertifikaattiavaimen avulla tunnistetaan laillinen yhteys. Kuviossa 25 on esitetty generoitu OpenVPN-konfiguraatitiedoston osa.

8.1 Ensimmäinen testaus

Ensimmäisen testauksen aikana pyrittiin simuloimaan kaikkia mahdollisia tilanteita, jotka voisivat vaikuttaa logiikkaohjelmaan ja sitä kautta kosketusnäytön toimintaan sekä etähallintasivujen toimintoihin. Kosketusnäytön toiminnot testasin itse, sillä tiesin miten niiden pitäisi toimia. Testasimme toimeksiantajan kanssa etähallintasivujen toiminnan, koska hänellä oli parempi käsitys mahdollisista epäkohdista.

8.1.1 Kosketusnäytön toimintojen testaus

Kosketusnäytön toimintoja lähdettiin testaamaan järjestelmällisesti toiminto kerrallaan. Aluksi testattiin käyttäjätunnuksen toiminta. Käyttäjätunnuksella kirjaututtiin sisään kosketusnäytölle, jonka jälkeen kaikkia toimintoja pystyttiin käyttämään. Tunnin päästä kirjautumisesta täytyi kirjautua uudestaan sisään kosketusnäytölle, jonka jälkeen toiminnot saatiin uudestaan käyttöön.

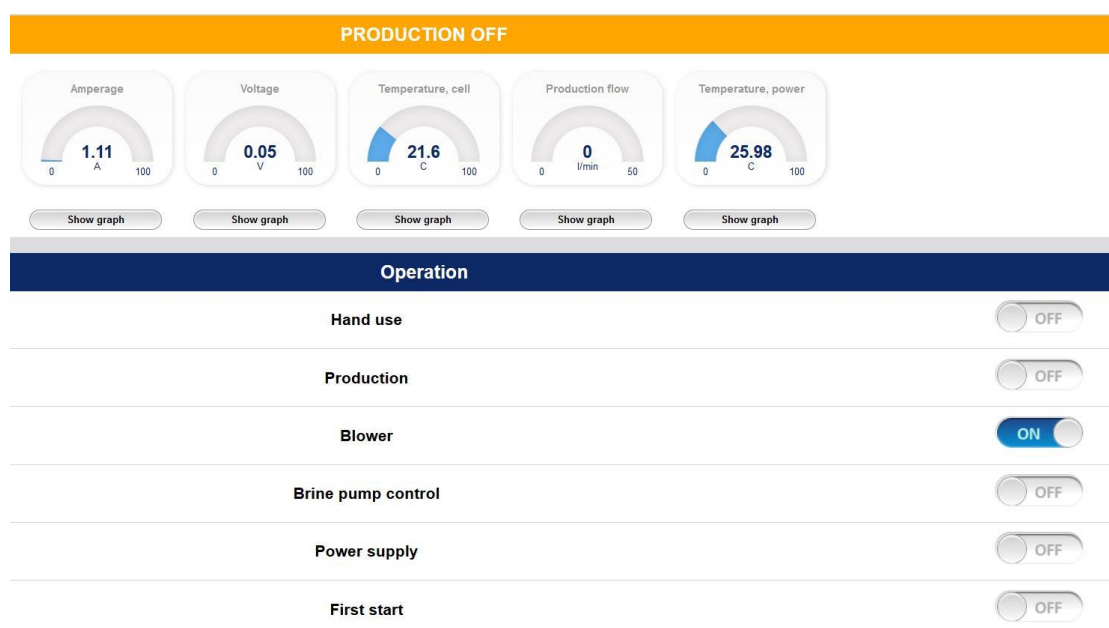
Logiikkaohjelman runkotoiminnot testattiin ON/OFF-kytkin kerrallaan. Kaikki muut perustoiminnot toimivat oikein paitsi ensimmäinen käynnistys. Tuotannon ollessa päällä pystyttiin huomaamaan, onko analogiset mittaukset skaalattu oikein. Lämpötilan mittaukset sekä jännitteenmittaus näyttivät oikeita arvoja tuotannon aikana (ks. kuvio 18). Virtausmittaus testattiin tuotannon aikana ajamalla litran verran nestettä mittausastiaan. Tällöin huomattiin virtausmittauksen kokonaismäärän skaalauksen olleen pielessä.

Hälytykset testattiin runkotoimintojen avulla, mutta vasta sen jälkeen, kun ensimmäinen käynnistys oltiin korjattu. Hälytyksien testaus toteutettiin simuloimalla tilanteet, joista hälytykset generoituivat. Hälytykset sekä hälytyksien kuittaus toimivat testauksen aikana liitteessä 2 olevan toimintakuvauksen mukaisesti. Testauksen aikana huomattiin, että hälytysloki tyhjentyi, kun logiikka sekä kosketusnäyttö sammutettiin ja käynnistettiin uudestaan. Samalla huomattiin, että kokonaisvirtauksen arvo katosi uudelleen käynnistysten yhteydessä.

8.1.2 Siemensin web serverin ja etähallintasivujen testaus

Siemensin web serverin toiminta testattiin yksinkertaisesti kirjautumalla web serverille sisään. Tämän testauksen aikana ei käytetty VPN-yhteyttä, jotta toiminta pystyttiin testaamaan ilman sitä. Tietokone oli kytketty testausympäristössä olevan modeemin kanssa samaan verkkoon. Verkkoselaimen syöttökenttään syötettiin logiikan IP-osoite, joka ohjasi näkymän Siemensin web serverille. Web serveri saatiin käyttöön kirjautumalla sisään aiemmin luodulla käyttäjätunnuksella. Kun kirjautuminen onnistui, tiedettiin jo Siemensin web serverin toimivan oikein. Web serveriin ei tarvinnut tehdä muutoksia, sillä käyttäjätunnukselle oltiin asetettu kaikki käyttöoikeudet. Tällöin päästiin tarkastelemaan kaikkia logiikan tietoja verkkoselaimesta käsin.

Etähallintasivut saatiin normaalisti auki Siemensin web serverin kautta. Jo ensimmäisellä silmäyksellä huomattiin, että etähallintasivujen aloitussivu näytti siltä kuin piti-kin. Aloitussivulta löytyy automaattisesti päivittyvät mittaustiedot sekä kaikki kytkin-toiminnot (ks. kuvio 26). Etähallintasivujen mittausarvoja verrattiin kosketusnäytöllä oleviin mittausarvoihin ja todettiin niiden vastaavan toisiaan. Show graph napeista pystyttiin avaamaan jokaiselle mittaustiedolle yksilöllinen taulukko. Taulukko sisältää viiden minuutin mittausdatan, joka näyttää mittausdatan siitä hetkestä, kun taulukko avataan.



Kuvio 26. Etähallintasivujen etusivu näkymä

Käsi­käyttö kytkimien testaus etä­hallintasivuilta testattiin ilman prosessin oikeaa ajamista. Taas tuotannon ja ensimmäisen käynnistyksen toiminta testattiin ajamalla prosessia niin kuin oikeasti ajettaisiin. Testauksen aikana seurattiin, mitä kosketus­näytöllä tapahtui. Testaaminen aloitettiin puhaltimen, käsi­käytön, annostelupumpun ja virtalähteen testaamisesta. Kun etä­hallintasivuilta painettiin aluksi puhallinta ohjaava kytkin ON-asentoon, vaihtui kytkimen tila myös kosketus­näytöllä. Puhallin lähti käyntiin, jolloin tiedettiin sen toimivan oikein. Käsi­käyttö, annostelupumpun ja virtalähteen toiminta testattiin seuraavaksi samalla tavalla. Nämä kaikki toiminnot toimivat ongelmitta. Myös ensimmäinen käynnistys ja tuotanto toimivat testauksen aikana ilman ongelmia. Kaikkien kytkimien OFF-asentoon ohjaus etä­hallintasivuilta ohjasi vastaavan kytkimen kiinni kosketus­näytöltä.

Etä­hallintasivujen päivitys testattiin vielä kosketus­näytön kautta. Kosketus­näytöltä ohjattiin kytkimien toimintaa ja katsottiin, päivittykö niiden tilatieto etä­hallin­asivuille. Esimerkiksi puhallin ohjattiin käyntiin kosketus­näytöltä, jonka jälkeen päivitettiin etä­hallin­asivu. Etä­hallintasivun päivittämisen jälkeen oli puhaltimen ohjaus muuttanut tilan OFF-asennosta ON-asentoon (ks. kuvio 26). Jokaisen kytkimen kohdalla ohjaukset toimivat oikein kosketus­näytön ja etä­hallintasivujen välillä.

8.1.3 VPN-yhteyden testaus

VPN-yhteys testattiin yksinkertaisesti ottamalla yhteys erillisverkosta modeemiin. Erillisverkkona käytettiin puhelimesta jaettua verkkoyhteyttä tietokoneessa. VPN-yhteys saatiin luotua tietokoneen ja modeemin välille.

Kun VPN-yhteys oli käytössä, pystyttiin ottamaan yhteys myös S7-1200-logiikkaan ja KTP400 Basic -kosketus­näyttöön. Logiikkaan ja kosketus­näyttöön pääsee käsiksi TIA Portal -ohjelmiston kautta komennolla Extended go online. Extended go online avaa näkymän, jonne määritellään asetukset yhteyden luomiseksi. Asetuksiin määriteltiin mitä verkkokorttia käytettiin, yhteyden tyyppi, logiikan portti, johon yhteys otettiin ja logiikan IP-osoite. Asetuksien määrittelyn jälkeen nappia painamalla saatiin luotua yhteys tietokoneen ja logiikan välille. Samalla periaatteella luotiin yhteys tietokoneen ja kosketus­näytön välille. Yhteyksien toimivuus testattiin vielä lataamalla sekä logiikkaan että kosketus­näyttöön uusia ominaisuuksia VPN-yhteyttä käyttäen.

Siemensin web serveri ja käyttäjän määrittämät nettisivut saatiin auki normaalisti, kun VPN-yhteyttä käytettiin.

8.2 Korjaukset ja uudet ominaisuudet

8.2.1 Kosketusnäytön korjaukset ja uudet ominaisuudet

Kosketusnäytön testaamisen yhteydessä huomattiin muutamia ohjelmointivirheitä. Ensimmäinen käynnistys toimi aluksi niin, että annostelupumppu ei pysähtynyt käyttäjän asettaman ajan jälkeen. Ohjelmaan oli unohtunut linkittää käyttäjän asettama pysäytysaika, jonka myötä ensimmäinen käynnistys saatiin toimimaan. Virtausmittauksen skaalaus korjattiin laskemalla korjauskerroin. Tuotannon aikana ajettiin mitausastiaa litra hypokloriittia, jolloin kosketusnäytön arvo näytti noin kuutta desilitraa. Korjauskertoimeksi tuli täten 1,66, jonka avulla kokonaisvirtaus saatiin näyttämään oikeaa arvoa.

Hälytyslokitiedot ja kokonaisvirtaus eivät pitäneet arvoja tallessa uudelleen käynnistuksen yhteydessä. Hälytyslokin tyyppiä täytyi määrittää Alarm log, joka oli unohtunut aiemmin asettaa. Tällöin hälytyslokit tallennetaan ohjelmallisesti hälytyslokitiedostoon, josta käynnistuksen yhteydessä ne haetaan hälytyslokiin. Kokonaisvirtauksen tagityyppi oli jäänyt vääräksi varmuuskopioinnin yhteydessä. Kokonaisvirtauksen varmuuskopioidaan ohjelmallisesti data blockiin, josta kokonaisvirtauksen arvo haetaan käynnistuksen yhteydessä, omaan tagiosoitteeseen. Data blockiin oli unohtunut määrittää kokonaisvirtauksen tyyppiä Retain. Retain tyyppinen tagi säilyttää arvonsa, vaikka logiikka sammutetaan ja käynnistetään uudelleen.

Kosketusnäyttöön haluttiin lisätä uutena ominaisuutena tuotannon kokonaiskäyntiaika. Kokonaiskäyntiajanmittaus haluttiin, jotta pystymme seuraamaan muun muassa elektolyysikemien ikää. S7-1200-logiikkaan luotiin uusi aliohjelma TIA Portal -ympäristössä, josta linkitettiin erikseen sekunnit, minuutit, tunnit ja päivät kosketusnäytölle. Aliohjelma aloitti käyntiajan mittaamisen aina kun virtalähdettä ohjattiin. Tämä siksi, koska aina kun syötetään virtaa elektolyysikemien, tuotetaan hypokloriittia. Laskennassa käytettiin 1 hertsin kellotaajuutta, joka tallensi aina sekunnin käynnin talteen. Kun sekunteja oli kulunut kyysi kymmentä eli minuutin verran otettiin toi-

seen laskuriin talteen yksi minuutti. Kuuden kymmenen minuutin jälkeen tallennettiin taas uuteen laskuriin yksi tunti ja kahdenkymmenenneljän tunnin jälkeen jälleen uuteen laskuriin yksi päivä. Käyntiajan mittausarvot linkitettiin tuotanto kuvaruudulle. Käyntiajalle luotiin vielä oma painike, josta käyntiajan voi resetoida.

8.2.2 Etähallintasivujen korjaukset ja uudet ominaisuudet

Oma osuuteni etähallintasivujen ohjelmoinnissa oli mittaustietojen sekä ohjaustietojen linkitys HTML5-tiedostoon. Etähallintasivujen testauksen aikana ei ilmennyt näissä toiminnoissa ongelmia, joten tagien linkitys Siemensin logiikan ja etähallintasivujen välillä toimi oikein. Etähallintasivujen rakennetta muutettiin testauksen jälkeen, mutta omaa osuuttani ei tässä ollut. Etusivu näkymässä olevat mittaustietojen kentät pienennettiin, sillä alun perin ne olivat turhan suuret. Etusivulle liitettiin lisäksi otsikkokenttä "Operation", joka näkyy kuviossa 26 kytkimien yläpuolella. Etähallintasivuille luotiin etusivun lisäksi kaksi uutta välilehteä asetusarvoille ja hälytyksille. Kaikki edellä mainitut lisäykset toteutettiin toimeksiantajan toimesta.

Kuviossa 20 nähdään kosketusnäytöllä olevat asetusarvot, joita käyttäjä voi muuttaa niin kuin haluaa. Etähallintasivujen asetukset sivulle toteutettiin tagien linkitys niin, että käyttäjä voi muuttaa asetuksia myös etähallintasivujen kautta. Jokainen asetusarvotagi määriteltiin HTML5-tiedoston alussa samalla periaatteella kuin määrittäminen toteutettiin ohjaustageille. Koska tagin tilatietoa tullaan muuttamaan etähallintasivujen kautta, täytyy tagin nimi määrittää tiedoston alussa. Pelkille mittaustiedoille ei alkumäärittäystä tarvitse tehdä, sillä käyttäjä ei muuta niiden arvoa. Asetusarvot lähetetään Siemensin logiikkaan ohjaustagien tavoin lomake-elementtien avulla. Asetusarvojen lähetys eroaa siinä, että joka kerta kun etähallintasivuilla painetaan tallenna asetukset nappia, lähetetään jokaisen asetusarvon tieto logiikkaan (ks. kuvio 27). Asetusarvojen koodauksen kannalta tärkein kohta koodissa oli "input name", joka määrittelee mitä tagia käytetään missäkin syöttökentässä. Kuviossa 24 esitetään, miten ohjaustagit koodattiin index.htm tiedostossa. Asetusarvojen koodaus toteutettiin samalla periaatteella. Toimeksiantaja oli koodannut asetusarvot niin, että jokaisella ruudulla näytetään valmiiksi sillä hetkellä olevat asetusarvo. Tämä helpotti asetusarvojen testausta.

SETTINGS	
First start setpoint time:	<input type="text" value="50"/>
Lower limit of the flow:	<input type="text" value="0.2"/>
Temperature High alarm setpoints Tube:	<input type="text" value="50"/>
Temperature High alarm setpoints Power:	<input type="text" value="50"/>
Flowmeter volume per pulse:	<input type="text" value="0.638"/>
<input type="button" value="SAVE SETTINGS"/>	

Kuvio 27. Etähallintasivujen asetukset sivu

8.3 Korjauksien jälkeinen testaus

Korjauksien jälkeen haluttiin varmistaa, että kaikki toiminnot toimivat oikein. Tässä vaiheessa testattiin myös uusien ominaisuuksien toiminta. Ensimmäinen käynnistys toimi korjauksien jälkeen niin kuin pitikin. Virtausmittaus testattiin tällä kertaa isompaan astiaan, joka oli tilavuudeltaan kymmenen litraa. Kun kymmenen litraa oli täynnä, kosketusnäytön arvo oli myös kymmenen litraa. Logiikan ja kosketusnäytön uudelleen käynnistyksen yhteydessä testattiin hälytyslokin ja kokonaisvirtauksen toiminta. Korjauksien myötä molemmat arvot säilyttivät asetusarvon uudelleen käynnistyksessä.

Tuotannon kokonaiskäyntiaika testattiin simuloimalla ilman oikeaa tuotantoa. Tällöin jouduttiin väliaikaisesti muuntamaan hälytyksen, ”virtalähteen mittaushäiriö” generoitumisaikaa pidemmäksi. Virtalähde pidettiin testauksen aikana omasta pääkytkimestä kiinni. Kosketusnäytön tuotanto kuvaruudulle saatiin näkyviin tuotannon kokonaiskäyntiaika sekunnin tarkkuudella, kun virtalähdettä ohjattiin.

Etähallintasivuille tehtiin ensimmäisen testauksen jälkeen asetukset sivu, josta käyttäjä voi muuttaa asetusten arvoja. Asetusarvojen testaus toteutettiin niin, että asetusarvoja muutettiin etähallintasivuilta ja seurattiin, muuttuiko arvot kosketusnäytöltä. Testaamisen aikana muutettiin asetusarvoja kosketusnäytöltä ja katsottiin, päivitykö arvot etähallintasivuille. Asetusarvoja muutettiin testauksen aikana yksi sekä useampi kerrallaan. Testauksien aikana saatiin muutettua etähallintasivujen kautta

kaikkia asetusarvoja. Asetusarvojen päivitys toimi, kun kosketusnäytön kautta tehtiin niihin muutoksia. Asetukset sivu toimi siis niin kuin pitikin.

9 Tulokset

Työn tuloksena saatiin toteutettua toimiva automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille. Testauksien ja korjauksien jälkeen logiikkaohjelma sekä etähallintasiivut saatiin toimimaan toimintakuvauksen mukaisesti. Etäyhteys luotiin VPN-yhteyden avulla tietoturvan lisäämiseksi.

SpotView-projektilla on omat aikarajat, jotka vaikuttivat tämän työn toteutukseen. Yhtenä tavoitteena oli pysyä SpotView-projektin aikarajoissa. Laboratoriotestaukset piti saada valmiiksi ennen maaliskuuta. Aikarajoissa pysyttiin hyvin, sillä kaikki testiajot sekä automaatiosovelluksen testaus saatiin valmiiksi tammikuun aikana.

Laboratorioympäristö saatiin rakennettua juuri sellaiseksi, missä varsinaiset testiajot pystyttiin ajamaan simuloiden valmista kahdeksankennon laitetta. Samassa laboratorioympäristössä testattiin automaatiokokoonpanon toimivuus. Yhtenä tavoitteena olikin testata koko laitteiston toiminta laboratorioympäristössä. Automaatiosovelluksen testauksessa onnistuttiin hyvin. Testien aikana saatiin uusia ideoita toteutettavaksi muun muassa kosketusnäytölle. Järjestelmällisen testauksen aikana saatiin karstittua logiikkaohjelmassa olleet virheet pois. Suurin hyöty laboratoriotestauksista on se, että SpotView-projektin edetessä, automaatiosovellus on jo valmiiksi testattu tehdaskoeajoja varten. Automaatiosovellus toimii samalla tavalla kahdeksan kennon kokonaisuudessa.

Toimeksiantajan tavoitteena oli toteuttaa vaatimusten mukainen logiikkaohjelmointi TIA Portal -ympäristössä sekä opetella HTML5-kieltä. Toimeksiantajan tavoitteissa onnistuttiin ja automaatiosovelluksesta tuli sellainen kuin tavoitteena olikin. Logiikkaohjelmaan haluttiin luoda hälytyksiä sekä varmuuskopioida tärkeät mittaustiedot. Molemmat toiminnot saatiin toteutettua, vaikka aiempaa tietotaitoa näiden ohjelmoinnista ei ollut. Ohjelmointitaito kehittyikin työn edetessä koko ajan paremmaksi ja varmemmaksi. Saavutettu ohjelmointitaito on hyvä tulevaisuuden projekteja ajatellen.

HTML5-kieli oli täysin uusi ohjelmointikieli ennen työn toteutusta. Tavoitteena HTML5-kielen suhteen olikin opetella liittämään TIA Portalista tageja valmiiseen etä-hallintasivun koodiin. Toimeksiantaja neuvoi alkuun, miten linkitys tulisi toteuttaa. Etähallintasivuille tehdyt toiminnot saatiin toimimaan, joten tagien linkityksessä onnistuttiin. Ensimmäisen testauksen jälkeen toteutettiin etähallintasivuille asetukset sivu, josta käyttäjä pystyi muuttamaan asetusten arvoja. Asetustagien linkitys pystyttiin toteuttamaan ilman toimeksiantajan apua.

Työssä haluttiin käyttää VPN-yhteyttä tukevaa modeemia etäyhteyden luomiseksi. VPN-yhteys saatiin toimimaan, joka kasvattaa laitteiston tietoturvaa. Kun kyseessä on EU:n tukema projekti, haluttiin työssä panostaa turvallisuusasioihin. VPN-yhteys sopi varsin hyvin tämän työn tarpeisiin. Samalla opittiin VPN-yhteyden konfigurointi, jota tullaan mahdollisesti käyttämään muissa yrityksen tarpeissa.

10 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteina oli rakentaa testausympäristö ja luoda automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille. Testausympäristössä ajettiin viralliset laboratorio koeajot sekä testattiin automaatiosovelluksen toiminta. Automaatiosovellus sisälsi logiikkaohjelmoinnin Siemensin logiikalla, selainpohjaiset etähallintasivut sekä etäyhteyden toteutettuna VPN-yhteydellä. Tavoitteena oli myös pysyä SpotView-projektin mukaisissa aikamääreissä.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin rakennettua toimiva testausympäristö sekä toimintakuvauksen mukainen logiikkaohjelma. Testausympäristössä ajettiin koeajot, joiden pohjalta kahdeksan kennon elektrokemiallinen generaattori tullaan mitoittamaan. Koeajoista saatujen tuloksien pohjalta tullaan mahdollisesti muuttamaan prosessin ajomallia tulevaisuudessa. Koeajojen tuloksista saatiin myös paljon lisätietoa eri ajomalleista ja miten elektrokemiallista generaattoria tulisi ajaa. Tulosten analysoinnissa täytyi olla hyvin kriittinen, jos tulokset erosivat paljon toisistaan.

Opinnäytetyö eteni hyvin ja järjestelmällisesti koko ajan. Teoriaosuus oli työn vaikein osa, sillä uutta tietoa tuli valtava määrä. Sähkökemialla sekä selainpohjainen etähallinta eivät olleet kovinkaan tuttuja ennen työn aloitusta. Toimeksiantajalta sain lisätietoa

molempiin osa-alueisiin, joka auttoi paljon asioiden ymmärtämisessä sekä opinnäytetyön etenemisessä. Testausympäristö saatiin valmiiksi jo aikaisessa vaiheessa, joka loi minulle aikaa tehdä logiikkaohjelmaa rauhassa sekä opetella HTML5-kieltä. Opinnäytetyön aikana logiikkaohjelmointitaito parani huomattavasti verrattuna siihen, mitä se oli ennen työn aloitusta. Apuja ohjelmoinnin suhteen en saanut, joten opettelin tekemään kaikki uudet toiminnot itse. Luulen, että juuri tämä vaikutti ohjelmointitaidon huomattavaan paranemiseen. HTML5-kielen suhteen mielenkiinto kasvoi opinnäytetyön edetessä entisestään.

Opinnäytetyön tulosta tullaan suoraan hyödyntämään käytännössä. Automaatiosovellus pystytettiin rakentamaan niin, että se on suoraan liitettävissä tulevaan kahdeksan kennon kokonaisuuteen. SpotView-projektiin kuuluu testiajo teollisuudessa, joka toteutetaan tällä kahdeksan kennon kokonaisuudella, joka on varinainen pilottilaite. Järjestelmällisten testiajojen avulla voidaan olla varmoja, että automaatiosovellus elektrokemialliselle generaattorille toimii varsinaisella pelipaikalla oikein. Opinnäytetyön tulos pääsee siis tulevaisuudessa teollisuuteen varsinaiseen käyttöön. SpotView-projektin edetessä elektrokemiallisia generaattoreita tullaan tekemään lisää. Opinnäytetyön tulosta voidaan käyttää suoraan myös näiden generaattoreiden mitoituseseen sekä automaation toteutuksessa.

Lähteet

Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. Helsinki: Edita Prima.

Biosidit. 2017. Artikkelit Tukesin internetsivuilla. Viitattu 28.11.2017.

<http://www.tukes.fi/biosidit>

Creating and using user-defined web pages on S7-1200 / S7-1500. 25.04.2017.

Sovellus esimerkki Siemensin internetsivuilla. Viitattu 19.11.2017.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/68011496/creating-and-using-user-defined-web-pages-on-s7-1200-s7-1500?dti=0&lc=en-WW>

Desinfiointiaineet. 2014. Artikkelit Tukesin internetsivuilla. Viitattu 28.11.2017.

<http://www.tukes.fi/fi/Kuluttajille/Kemikaalit-kayttokohteittain/Desinfiointiaineet/>

Guan, A. 2017. Titanium Anode--Sodium Hypochlorite Generator. Sähköpostiviesti

9.10.2017. Vastaanottaja P. Rantalainen. Opinnäytetyössä käytetyn

elektrokemiallisen generaattorin toimittajan antama informaatio- ja toimintalomake.

Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M. & Rassi, M.

2006. Neon 4. Metallit ja materiaalit. Helsinki: Edita Prima.

Helppoa automaatio-ohjelmointia S7-1200-logiikalla. N.d. Artikkelit Siemensin internetsivuilla. Viitattu 17.11.2017.

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm

Hudson, J. 1992. Suurin tiede. Kemian historia. Helsinki: Art House.

In-situ generation. N.d. Artikkelit Health and Safety Executive internetsivuilla. Viitattu

28.11.2017. <http://www.hse.gov.uk/biocides/eu-bpr/in-situ-generation.htm>

Kivinen, A. & Mäkitie, O. 1993. Kemia. Helsinki: Otava.

Lawson, B. & Sharp, R. 2011. Introducing HTML5. California: New Riders.

Ohjelmoitavat logiikat. N.d. Artikkelit Siemensin internetsivuilla. Viitattu 17.11.2017.

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic.php

OVA-ohje: NATRIUMHYPOKLORIITTI – tiivistelmä. 2015. OVA-ohje

Työterveyslaitoksen internetsivuilla. Viitattu 2.12.2017.

<http://www.ttl.fi/ova/tnathklo.html>

Palvelut & tuotteet. N.d. XerChem Oy:n internetsivu. Viitattu 28.11.2017.

<http://xerchem.net/?p=palvelut&lang=fi>

SIMATIC HMI -kosketusnäytöt. N.d. Artikkelit Siemensin internetsivuilla. Viitattu 17.11.2017.

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit/kosketusnaytot.php

TIA Portal (SIMATIC STEP 7). N.d. Artikkelin Siemensin internetsivuilla. Viitattu 18.11.2017.

[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat logiikat simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm)

TIA Portal – teollisuusautomaation ohjelmistoalusta. N.d. Artikkelin Siemensin internetsivuilla. Viitattu 18.11.2017.

[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php)

Tietoa XerChemistä. N.d. XerChem Oy:n internetsivu. Viitattu 18.10.2017

<http://xerchem.net/>

Vesitalous. 4/2007. Desinfektio lehti vesitalous internetsivuilla. Viitattu 28.11.2017.

<http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/4-2007.pdf>

VPN-yhteys suojaaa yksityisyyttä internetissä. N.d. Artikkelin VPNyhteys internetsivuilla.

Viitattu 19.11.2017. <https://www.vpnyhteys.fi/>

Liitteet

Liite 1. SpotView-kehitysprojektin lehdistötiedote



PRESS RELEASE

December 2016

SpotView: a new industrial partnership to improve water efficiency!

The European **SpotView** Project – “Sustainable Processes and Optimized Technologies for Industrially Efficient Water Usage” – has just got underway, with the kick-off meeting taking place on 13th October at the EC R&D Commission in Brussels. The objective of the **SpotView** project is to develop and demonstrate innovative, sustainable and efficient processes and technology components in order to optimize the use of natural resources, especially water, in three industrial sectors (Dairy, Pulp and Paper, and Steel).

The **SpotView** Project was selected among 15 proposals in the H2020 SPIRE-01-2016 call for projects: “Systematic approaches for resource-efficient water management systems in process industries”. No fewer than 15 partners from 9 EU countries received a grant from the Horizon 2020 European Union fund for research and innovation.

The optimization of resources (including water, energy, raw materials and additives) is a key issue in maintaining competitive, sustainable production. During the **SpotView** project, a total of 14 existing and new technologies will be assessed in simulated or operational environments to develop 9 new water management practices in the three industrial sectors. Up to 7 technology demonstrators will be selected, for deployment in real industrial environments. The processes and technologies implemented will be evaluated in terms of the environmental impacts and benefits generated by achieving the **SpotView** targets (20% to 90% reduction in water usage, wastewater emissions, chemicals and energy use).

The **SpotView** consortium covers the whole value chain, from technology development through assessment to supply and industrial applications, in each targeted sector. Use of the proposed technologies for economic growth will be pursued through a well-described business case scenario and market penetration strategy. Dissemination and training activities are planned to maximize the impact of the project.

The market opportunities for future services and technology products beyond the **SpotView** project are expected to generate up to 2800 new facilities and 7000 new jobs in Europe! The expected gains for Europe's industrial sectors brought about by recovering by-products and saving energy, chemicals and additives amount to €1.53bn per year. See you in 2020 with some new resource-efficient processes to boost the competitiveness of Europe's industry!

For more information please contact:

SpotView Coordination / Eric Fourest: +33 4 76 15 40 87

RP & Communication / Sandrine Pappini: +33 4 76 15 40 83

communication@webCTP.com

SpotView – Press Release – December 2016

Jatkuu



SpotView: a new industrial partnership to improve water efficiency!

The objective of the European SpotView project – “Sustainable Processes and Optimized Technologies for Industrially Efficient Water Usage” – is to develop and demonstrate innovative, sustainable and efficient processes and technology components in order to optimize the use of natural resources, especially water, in three industrial sectors (Dairy, Pulp and Paper, and Steel).



Figure 1: Consortium description

A multi-industrial consortium of 15 partners including 5 Research and Technology Organizations [CTP, BFI, CETH, LIST and VTT], 4 small or medium enterprises [Calsonium, Process Design Center B.V., SERE-Tech, XerChem] and 6 industrial groups [ArcelorMittal, Emin Leydier, Kadant Lamort, MEVGAL, SCA, Valmet] from 9 European countries (Belgium, Finland, France, Germany, Greece, Luxembourg, Netherlands, Spain and United Kingdom), all EU-member states.



SpotView – Press Release – December 2016

Jatkuu

SpotView

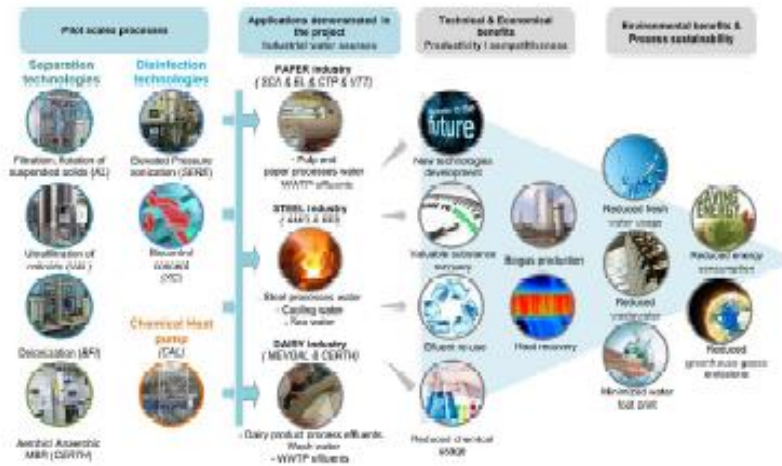


Figure 2 : Concept and Project Process

Liite 2. Elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelman toimintakuvaus

Elektrokemiallisen generaattorin logiikkaohjelman toimintakuvaus**Mittaukset:**

- Putken lämpötila
- Virtalähteen lämpötila
- Jännite
- Virtausmittaus tulopuolelta
 - o Kokonaisvirtaus sekä hetkellinen virtaus l/min
- Redoxmittaus
- Optiona:
 - o Ampeerit

Rele ohjaukset:

- Pumpun ohjaus pistorasian kautta, ON/OFF
- Virtalähteen ohjaus, ON/OFF
- Puhaltimen ohjaus, ON/OFF

Turvarajat ja vahdit:

- Yläraja varastosäiliöön
- Alaraja varastosäiliöön
- Virtausvahti virtausmittauksen avulla toteutettuna

Logiikkaohjelma:

- Tuotanto, ON/OFF-kytkin
 - o Tarkastetaan pumppaamalla, että kennossa on elektrolyyttiliuosta
 - Viiden sekunnin aikana tunnistettava virtaus
 - Käyttäjä voi asettaa vaadittavan minimi virtauksen
 - Kuivakäynninesto
 - Virtausmittaus tulopuolella
 - o Tarkastetaan turvarajat sekä lämpötilat
 - Lämpötilat eivät ole liian korkea
 - Ylä- ja alarajatiedot eivät ole aktiiviset
 - o Käynnistetään virtalähde ja tuotanto 5 sekunnin kuluttua napin painalluksesta

Jatkuu

- Ensimmäinen käynnistys, ON/OFF-kytkin
 - o Pumpataan kenno täyteen elektrolyyttiliuosta
 - Käyttäjä voi asettaa maksimi pumppausajan
 - Käyttäjä voi asettaa vaadittavan minimivirtauksen
 - Kuivakäynninesto
 - o Pumpun pysäytys sekuntia ennen maksimi pumppausaikaa
- Puhallin, ON/OFF-napista
 - o Käytössä koko ajan riippumattomasti muista toiminnoista
- Käsi käyttö, ON/OFF-kytkin
 - o Ohitetaan tuotannon asetukset
 - o Suljetaan ensimmäisen käynnistuksen kytkin pois käytöstä
 - o Ohjataan ON/OFF-kytkimien avulla annostelupumpun pistorasiaa sekä virtalähteen kontaktorin toimintaa

Hälytykset:

- Lämpötila liian korkea putkessa tai virtalähteessä
 - o Lämpötila yli käyttäjän asettaman asetusarvon kuusikymmentä sekuntia, hälytys ja laitteen pysäytys
 - o Hälytyksien nimikkeet:
 - Lämpötila elektrolyysikennossa liian korkea
 - Lämpötila virtalähteessä liian korkea
 - o Hälytyksien kuittaus mahdollista, kun lämpötila laskee alle asetusarvon
- Ylärajatieto tai alarajatieto tuotanto säiliöissä kuudenkymmenen sekunnin ajan
 - o Hälytys ja laitteen pysäytys
 - o Hälytyksien nimike:
 - Tuotantosäiliön pinta liian korkea
 - Tuotantosäiliön pinta liian matala
 - o Rajatiedon täytyy vaihtaa tilaa 1→0, jolloin hälytyksen voi kuitata

Jatkuu

- Pumppu käy, mutta virtausta ei havaita tuotannossa tai ensimmäisen käynnistyksen aikana
 - o Tuotanto on päällä ja annostelupumppu pumppaa, mutta virtausta ei tunnisteta syntyy hälytys ja sammutetaan pumppua ohjaava rele
 - o Ensimmäisen käynnistyksen aikana ei tunnisteta virtausta, syntyy hälytys ja sammutetaan pumppua ohjaava rele
 - o Hälytyksien nimikkeet:
 - Virtausmittauksen häiriö tuotannossa
 - Virtausmittauksen häiriö ensimmäisessä käynnistyksessä
 - o Hälytyksen kuittauksen voi toteuttaa heti

- Ohjataan virtalähdettä, mutta ei mitata jännitettä ja optioina virtaa
 - o Hälytys ja laitteen pysäytys
 - Hälytyksen voi kuitata heti
 - o Hälytyksen nimike:
 - Virtalähteen mittaushäiriö

Käyttäjän asettamat asetukset:

- Lämpötilan ylärajan asetusarvot
- Virtausmittarin pulssin litramäärän asetusarvo
- Ensimmäisen käynnistyksen kesto
- Vaadittu minimivirtaus

Muut toiminnot:

- Kosketusnäytön konfigurointi logiikkaohjelman pohjalta
 - o Toimintoihin pääsee vain kirjautumalla käyttäjätunnuksilla
- Asetuksien sekä kokonaisvirtauksen määrän tallentaminen virhetilanteissa
 - o Jos logiikka sammutetaan pääkytkimestä
 - o Jos jokin moduuli irrotetaan logiikasta tai tapahtuu häiriö logiikan ja moduulien välillä
 - o Tiedot palautetaan, kun logiikka käynnistetään uudelleen
- Siemensin verkkopalvelimen käyttöönotto
 - o Käyttäjän määrittämien internetsivujen käyttöönotto