

Petri Valkeejärvi

Öljynsiirtojärjestelmän automatisointi

Opinnäytetyö

Syksy 2012

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Petri Valkeejärvi

Työn nimi: Öljynsiirtojärjestelmän automatisointi

Ohjaaja: Niko Ristimäki

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä:0

Työn tarkoituksena on suunnitella muuntajaöljynsiirtojärjestelmän automatisointi. Järjestelmään kuuluu säiliöitä kahdessa eri rakennuksessa, tehdas ja öljyvarasto. Tavoitteena on suunnitella automaatiojärjestelmä, jolla koko laitteistoa voidaan ohjata toisesta rakennuksesta. Koska rakennukset ovat melko kaukana toisistaan, käytetään järjestelmässä hajautettua ohjausta. Etäisyyden vuoksi yhteys logiikoiden välille muodostetaan langattomasti 3g-verkon kautta.

Suunnittelun laajuuteen kuuluu sähkö- automaatiosuunnittelu, logiikkaohjelmointi sekä HMI-suunnittelu.

Työn tuloksena saatiin järjestelmä, joka on pääasiallisesti toiminut toivotulla tavalla.

Avainsanat: automaatio, hajautettu ohjaus, ohjelmoitava logiikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Technology

Specialisation: Machine Automation

Author: Petri Valkeejärvi

Title of thesis: Oil transfer system

Supervisor: Niko Ristimäki

Year: 2012

Number of pages: 37

Number of appendices: 0

The aim of this thesis was to design the automation of a transformer oil transfer system. The system consists of oil tanks in two different buildings, in a factory and oil storage. The user should be able to use the whole system from the factory. The distance between the two buildings is quite long, so the system was built by using distributed control. Because of the distance the connection between the buildings was carried out wirelessly by using 3G-network.

The thesis covers electric and automation planning, PLC-programming and HMI design.

The result of the thesis was a system that mainly works as intended.

Keywords: automation, distributed control, programmable logic controller

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoite	7
1.3 Työn rakenne	7
1.4 Yritysesittely.....	8
2 TEORIA	9
2.1 Ohjelmoitavat logiikat.....	9
2.1.1 Ohjelmakierto.....	10
2.1.2 Hajautettu ohjaus	10
2.1.3 Ohjelmointi	11
2.1.4 FBD, Function Block Diagram.....	11
2.1.5 LAD, Ladder diagram.....	11
2.1.6 ST, Structured text	12
2.1.7 TIA Portal.....	12
2.2 HMI	13
2.3 Langaton tiedonsiirto.....	13
2.4 Mittaustekniikka.....	14
2.4.1 Kapasitiivinen pinnanmittaus.....	14
2.4.2 Paineeseen perustuva pinnanmittaus	15
3 LÄHTÖTILANNE JA VAATIMUKSET	16
3.1 Laitteisto.....	16
3.2 Käyttötilanteet	16
3.2.1 Muuntajan tyhjäys	16
3.2.2 Öljynsiirto tehtaalle.....	17
3.3 Ohjaus.....	17
3.3.1 Käyttöliittymä.....	17

4	SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU.....	19
4.1	Hätä-seis-piiri	19
4.2	Layout	19
5	SÄILIÖIDEN PINNANKORKEUKSIEN MITTAUKSET	20
5.1	Pienempien säiliöiden pinnanmittaus	20
5.2	Suuremman 8 m korkean säiliön pinnanmittaus	21
6	LOGIIKOIDEN VÄLINEN KOMMUNIKOINTI.....	22
6.1	Tosibox	22
6.1.1	Tosibox-lukko.....	23
6.1.2	Tosibox-avain.....	24
6.2	Tosibox öljynsiirtojärjestelmässä.....	24
6.3	Etäyhteys tosiboxin kautta	25
7	KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	26
7.1	Periaatekaavio	26
7.2	Asetukset	27
8	LOGIIKKAOHJELMA	28
8.1	Toimilaitteiden ohjaus	28
8.1.1	Venttiilien ohjaus.....	28
8.1.2	Pumppujen ohjaus	28
8.2	Mittauslohko	29
8.2.1	Öljyn tilavuus.....	30
8.3	Logiikoiden kommunikointi	33
8.3.1	Yhteyden testaus	33
9	YHTEENVETO.....	35
9.1	Tosibox	35
	LÄHTEET	36

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Ohjelmoitavan logiikan rakenne	9
Kuvio 2. Ohjelmakierto	10
Kuvio 3. TIA Portal -projektinäkömä	12
Kuvio 4. Labkotec POP-22 EX (Labkotec Oy 2009).....	20
Kuvio 5 Tosibox (Tosibox Oy 2012)	23
Kuvio 6. Käyttöliittymän periaatekaavio	26
Kuvio 7. Käyttöliittymän asetukset -sivu	27
Kuvio 8. Skaalatun pinnankorkeuden kuvaaja	30
Kuvio 9. Makaava säiliö	31
Kuvio 10. Säiliön poikkileikkaus	31
Kuvio 11. Säiliön poikkileikkaus kun öljyä on alle puolet säiliön korkeudesta	32

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

ABB Oy:n muuntajahuollossa on olemassa öljynsiirtojärjestelmä, jolla siirretään muuntajaöljyä öljyvarastolla sijaitsevista varastosäiliöiltä tehtaalla sijaitseville säiliöille. Tehtaan säiliöiltä öljy pumpataan muuntajiin. Alun perin öljyvarastolla oli vain yksi säiliö, jota ohjattiin käsin öljyvarastolta käsin. Muutostöiden yhteydessä tehtaan päästä siirrettiin kaksi säiliötä varastolle, sekä niiden lisäksi hankittiin kaksi uutta säiliötä. Koska tehtaan ja varaston väli on noin 300 m, ei vanha varastolta käsin tapahtuva ohjaus ole enää järkevä vaihtoehto. Joten uudelle, tehtaalta käsin käytettävälle ohjausjärjestelmälle on tarvetta.

1.2 Työn tavoite

Tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa uusi ohjausjärjestelmä, jolla voidaan käytännöllisesti ohjata öljyn siirtoa varastoilta tehtaalle, sekä valvoa säiliöiden pinnankorkeuksia. Valmiin järjestelmän tulee myös olla turvallinen käyttää. Vaaratilanteiden mahdollisuudet sekä väärinkäyttötilanteiden mahdollisuudet tulee minimoida, kuitenkin järjestelmän käyttö tulee pitää mahdollisimman helppona. Mahdollisten ongelmatilanteiden sattuessa laitteisto pitää pystyä pysäyttämään turvallisesti, jotta vältetään vakavammilta ongelmilta

1.3 Työn rakenne

Toisessa luvussa tutustutaan työn taustalla vaikuttavaan teoriaan.

Kolmannessa luvussa esitellään tarkemmin työn lähtötilannetta ja laitteistolta vaadittavia ominaisuuksia.

Neljännestä luvusta lukuun kahdeksan eteenpäin kerrotaan varsinaisesta työn toteutuksesta. Yhdeksännessä luvussa on yhteenveto tehdystä työstä.

1.4 Yritysesittely

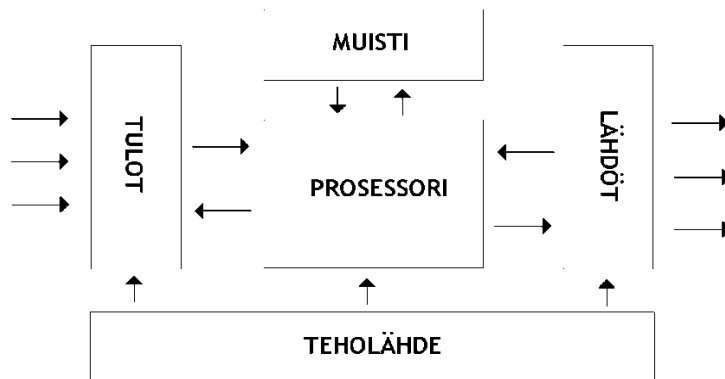
Alte Visetec Oy on vuonna 2010 perustettu ohjelmisto- ja automaatiosuunnittelu- projekteja ja -palveluita tarjoava yritys. Yritys työllistää noin 45 henkilöä Raahessa, Seinäjoella ja Kempeleellä. Seinäjoella on keskittynyt yrityksen automaatio-osasto. Toiminnan pääpaino on metalli- ja prosessiteollisuuden ylläpito-, ohjelmisto- ja automaatiosuunnittelupalveluissa sekä ohjelmisto- ja automaatioprojekteissa. Alte Visetec on osa ALTE-konsernia. (Alte Visetec Oy [viitattu 11.9.2012].)

2 TEORIA

2.1 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitava logiikka on itsenäinen laite, joka ohjaa konetta tai prosessia. Logiikka saa toimintaohjeensa sovellusohjelmalta. (Kippo 2008, s.54.)

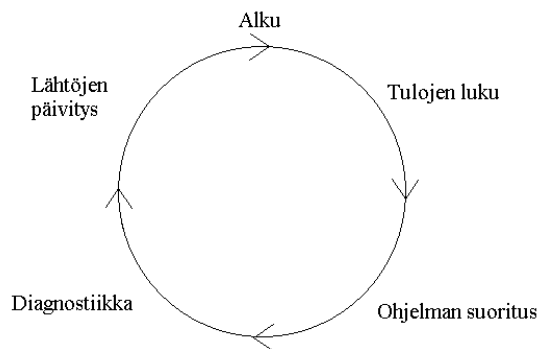
Ohjelmoitavat logiikat ovat tämän hetken teollisuudessa yleisin tapa ohjata koneita.



Kuvio 1. Ohjelmoitavan logiikan rakenne

Kuvassa 1 on esitetty ohjelmoitavan logiikan yksinkertaistettu rakenne. Tehonlähde syöttää virtaa muihin osiin. Tulosten kautta logiikka saa tietoa muualta järjestelmästä. Muistissa sijaitsee logiikkaan ladattu ohjelma, sekä muistialueet, joita tarvitaan ohjelman suorittamiseen. Prosessori suorittaa muistissa olevan ohjelman sekä lukee tulosten tilat ja päivittää lähdöt. Lähtöjen kautta logiikka ohjaa laitteita. Yleensä logiikoissa on lisäksi jokin väyläliityntä, jonka kautta siihen voidaan liittää erilaisia laitteita, kuten esimerkiksi kosketusnäyttö tai taajuusmuuttaja. (Lehtonen [viitattu 26.9.2012], s.44-49.)

2.1.1 Ohjelmakierto



Kuvio 2. Ohjelmakierto

Logiikat toimivat syklisellä periaatteella, jota kuva 2 esittää. Ensin logiikan prosessori lukee tulojen tilat muistiin, jonka jälkeen suoritetaan ohjelma. Ohjelman ajon jälkeen logiikka suorittaa itsediagnostiikkaa, jonka jälkeen lähdöt päivitetään ohjelman mukaisesti. Aikaa, joka logiikalta kuluu ohjelman syklin suorittamiseen, kutsutaan ohelman kiertoajaksi. (Fonselius ym.1999, s.105-111.)

2.1.2 Hajautettu ohjaus

Koneen ohjaus voidaan toteuttaa joko keskitetysti tai hajautetusti.

Keskitettyjen ohjauksien heikkouksia ovat:

- Vikatilanteissa koko järjestelmä lamaantuu ja vian paikantaminen on hankalaa.
- Jos laite on suuri kooltaan, johdotus ja kaapelointi etäisyydet kasvavat suuriksi. (Fonselius ym.1999, s.123.)

Nämä ongelmat voidaan välttää käyttämällä hajautettua ohjausta, jossa järjestelmä on hajautettu useampaan pieneen osaan, joista jokaista ohjataan

omalla logiikalla. Logiikat liitetään toisiinsa väylällä, jonka kautta logiikat kommunikoivat keskenään. (Fonselius ym.1999, s.124.)

2.1.3 Ohjelmointi

Logiikan ohjelmointi tapahtuu ohjelmointilaitteella, joka nykyään on yleensä tietokone johon on asennettu ohjelmointityökalu. Ohjelmointiin on käytettävissä useampia ohjelmointikieliä, joista ohjelman tekijä voi valita parhaiten tilanteeseen sopivan vaihtoehdon. Nykyään yleisimmin käytettyjä kieliä ovat FBD, LAD ja ST. Ohjelmointikielistä FBD ja LAD ovat graafisia ja ST tekstipohjainen. ST-ohjelmointikieli muistuttaa läheisesti C-kieltä.

2.1.4 FBD, Function Block Diagram

FBD ohjelmointikieli on graafinen kieli, jossa ohjelmaa kuvataan laatikoilla, jotka sisältävät jonkun toiminnon. Laatikon tuloihin liitetään tarvittavien muistien osoitteet. Kun lohko on suorittanut sen sisältämän koodin, sen lähdöistä saadaan tarvittavat tulokset ulos käytettäväksi muualla ohjelmassa. (Bolton 2006, s.94.)

2.1.5 LAD, Ladder diagram

LAD on FBD:n tavoin graafinen ohjelmointikieli. LAD on perinteinen kieli, joka koostuu virtapiireistä, jotka sisältävät JA- ja TAI-kytkettyjä koskettimia. Koskettimien lisäksi piireihin voidaan kutsua eri laisia toimilohkoja, kuten esimerkiksi SET/RESET-piirejä, ajastimia tai laskureita.(Fonselius ym. 1999, s. 119-120.)

LAD-kieli soveltuu hyvin yksinkertaisiin ohjelmiin, jotka koostuvat pääasiassa JA- ja TAI-piireistä.

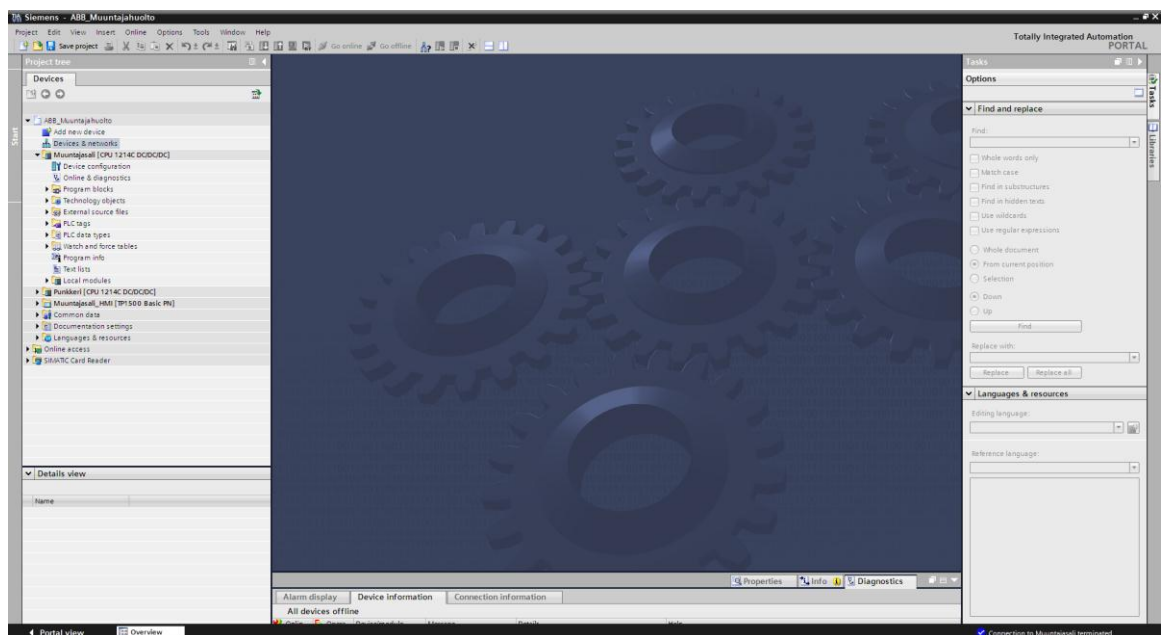
2.1.6 ST, Structured text

ST on teksti pohjainen ohjelmointikieli, joka muistuttaa paljon Pascal ja C – ohjelmointikieliä. Siinä on käytössä kaikki tärkeät perinteisten ohjelmointikielten elementit. (Fonselius ym. 1999, s.123.)

ST sopii erittäin hyvin monimutkaisten matemaattisten yhtälöiden ohjelmointiin.

2.1.7 TIA Portal

TIA Portal on Siemens Oy:n uusi logiikkaohjelmointityökalu, joka yhdistää samaan ohjelmaan logiikkaohjelmoinnin ja HMI-suunnittelun. Ohjelmaa tullaan tulevaisuudessa käyttämään kaikissa Siemensin uusissa logiikoissa. Tällä hetkellä se vaaditaan vain S7-1200-sarjan logiikoissa. (Siemens Oy [viitattu 26.9.2012].)



Kuvio 3. TIA Portal -projektinäkymä

TIA Portalin projektinäkymän (kuvio 3) vasemmassa laidassa näkyvässä hakemistossa näkyy projektiin liitetyt laitteet. Laitteen alta avautuu siihen liittyvät tiedot, kuten asetukset ja ohjelma. Hakemistosta saa avattua logiikkaohjelman eri osia tai näytön ruutuja muokattavaksi.

2.2 HMI

HMI (Human Machine Interface) tarkoittaa koneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen tarvittavia laitteita ja ohjelmia. Niiden avulla luodaan käyttöliittymä, jonka koneenkäyttäjä tarvitsee koneen tai prosessin ohjaamiseen. (Kippo 2008, s.46.)

Yleensä käyttöliittymä sisältää jonkinlaisen näyttölaitteen, mistä käyttäjä seuraa laitteen toimintaa. Nykyään käytetään paljon kosketusnäyttöjä, myös PC:t ovat yleisesti käytössä varsinkin suurten koneiden ja laitosten ohjauksessa.

Tärkein näytöllä esitettävä asia on prosessikaavionäyttö. Siinä on interaktiivisesti kuvattu prosessiin kuuluvat laitteet ja mittaukset. Näytöltä voidaan ohjata prosessia sekä seurata ja valvoa sen toimintaa. Eri väreillä ja vilkkumisella voidaan ilmaista hälytyksiä ja muita tärkeitä ja kriittisiä tapahtumia, jotka vaativat käyttäjän huomiota. (Kippo 2008, s.46.)

Muita näytöllä esitettäviä asioita voi olla hälytyshistoriasivu, missä näkyvät hälytykset. Asetussivulta voidaan muuttaa järjestelmän asetuksia, kuten esimerkiksi hälytysrajoja. Asetussivu voidaan tarvittaessa suojata salasanalla, jos tavallisen käyttäjän ei haluta muuttavan asetuksia.

2.3 Langaton tiedonsiirto

Joissain tilanteissa osa automaatio järjestelmästä voi sijaita hankalien tai pitkien yhteyksien päässä. Silloin langaton tiedonsiirto voi olla järkevä vaihtoehto. Langaton verkko voi myös olla osana langallista verkkoa. Merkittävimmät langattomat välälätekniikat ovat Wlan, GPRS ja Bluetooth. Tekniikoista teollisuudessa yleisimmin käytettyjä ovat GPRS ja Wlan. Bluetoothin käyttö on vähäistä lyhyen kantaman vuoksi. (Kippo 2008, s.78.)

Wlan on IEEE802.11b/g -standardiin perustuva rajatussa verkossa toimiva paikallisverkko. Verkon nimellisa nopeus on vanhemmassa IEEE802.11b -standardissa 11 Mbit/s ja uudemmassa IEEE802.11g 54 Mbit/s. Avoimessa tilassa voidaan päästä muutaman sadan metrin kantamaan. Etu GPRS verkkoon on

nopeus ja halvemmat käyttökustannukset, koska ulkopuolista operaattoria ei tarvita. (Kippo 2008, s.78-79.)

GPRS käyttää yhteyden muodostamiseen matkapuhelinverkkoa, joten sen kautta yhteys on mahdollista muodostaa mistä tahansa mihin tahansa, kunhan vain molemmissa kohteissa on matkapuhelinverkko käytettävissä. Uudemmat etäyhteyslaitteet voivat GPRS-yhteyden sijasta käyttää 3G-verkkoa samalla periaatteella. GPRS:n ja 3G:n etu WLANiin verrattuna on kantomatkan rajoittamattomuus. 3G-verkkoa käytettäessä nopeuskaan ei enää ole kovin suuri ongelma. (Kippo 2008, s.79.)

2.4 Mittaustekniikka

Teollisuusprosessien hallinta vaatii usein paljon erillaista tietoa. Tämä tieto hankitaan mittaamalla prosessin fysikaalisia suureita. Mitattavia asioita voi olla esimerkiksi pinnankorkeus, lämpötila tai paine. (Aumala 1998, s.12)

Yleensä mittaukset suoritetaan analogisesti. Mittausanturi muuttaa mitattavan suureen sähköiseksi viestiksi. Anturilta viesti siirtyy mittauslähettimeen, missä viesti muutetaan standardin mukaiseksi mittausviestiksi. (Kippo 2008, s.59.) Yleisesti käytettyjä standardiviestityyppejä ovat 0 – 10 V jänniteviesti sekä 0 - 20 mA ja 4 – 20 mA virtaviestit.

Lähettimeeltä mittaustulos siirretään järjestelmää ohjaavaan laitteeseen (Kippo 2008, s.59). Yleensä ohjelmoitavan logiikan analogiatulokorttiin. Kortti muuntaa analogisen viestin digitaaliseksi, jonka jälkeen sitä voidaan käyttää logiikassa haluttuun toimintoon (Lehtonen [viitattu 26.9.2012]). Tietoa voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi lämpötilan säädössä tai se voidaan näyttää käyttäjälle järjestelmän käyttöliittymässä.

2.4.1 Kapasitiivinen pinnanmittaus

Kapasitiivinen pinnanmittausanturi koostuu kahdesta metallielektrodista, joista toinen voi myös olla säiliön seinämä, jos se on sähköjohtava. Elektrodit luovat

välilleen kondensaattorin, jossa mitattava aine ja ilma toimivat eristeenä. Pinnankorkeuden muuttuessa myös kondensaattorin kapasitanssi muuttuu, ja sen muutos aiheuttaa muutoksen anturilta lähtevään sähkövirtaan. (Aumala 1998, s.135-136.)

Kapasitiivista pinnanmittausta voidaan käyttää nesteillä ja jauhemaisilla aineilla. Etuna siinä on yksinkertaisuus ja liikkuvien osien puute. Mittaustavan huono puoli on se että lämpötila vaikuttaa joidenkin nesteiden suhteelliseen permittiivisyyteen. Myös nesteissä ilmaantuvat ilmakuplat ja vaahto häiritsevät mittaustarkkuutta. (Aumala 1998, s.135-136.)

2.4.2 Paineeseen perustuva pinnanmittaus

Pinnankorkeutta voidaan mitata myös paineen avulla. Tässä mittaustavassa anturi mittaa mitattavasta aineesta johtuvaa painetta, joka muuttuu pinnankorkeuden muuttuessa. Paineen muutos muutetaan sähköiseksi viestiksi, joka lähetetään anturista muualle järjestelmään. (Aumala 1998, s.132-133.)

3 LÄHTÖTILANNE JA VAATIMUKSET

3.1 Laitteisto

Kohdeyrityksessä öljynsiirtojärjestelmä on jaettu kahteen eri rakennukseen. Tehtaalla sijaitsee kaksi öljysäiliötä sekä niille molemmille omat venttiilit, joilla valitaan kumpaan säiliöön öljyä pumpataan varastolta. Säiliöiden pinnankorkeuksia seurataan kahdella raja-anturilla, joista toinen ilmoittaa kun öljynpinta on ylärajalla ja toinen hälyttää ylitäytöstä. Tehtaalla sijaitsee myös pumput muuntajien täyttöön ja tyhjäykseen.

Öllyvarastolla sijaitsee viisi öljysäiliötä, neljä pienempää 2 m korkeaa makaavaa lieriösäiliötä ja yksi suurempi 8 m korkea säiliö. Jokaiselle säiliölle on myös oma paineilmakäyttöinen venttiili. Säiliöiden pinnankorkeutta seurataan analogisilla pinnanmittausantureilla. Analogisten mittausten lisäksi kaikilla säiliöillä on raja-anturi, joka hälyttää ylitäyttö tilanteessa. Lisäksi varastolla sijaitsee pumppu, jolla öljy siirretään varastolta tehtaalle. Pumpun rinnalle on asennettu ohivirtausventtiili, jolla estetään liian korkean paineen syntyminen siirtolinjaan.

3.2 Käyttötilanteet

Seuraavassa kappaleessa kerrotaan järjestelmän eri käyttötavoista.

3.2.1 Muuntajan tyhjäys

Muuntajan tyhjäyksessä käyttäjä valitsee ensin mihin öljy siirretään muuntajasta avaamalla tarvittavat venttiilit. Jos öljy halutaan varastosäiliöille avataan halutun säiliön venttiili. Säiliölle on asetettu yläraja, jonka ylittyessä sen venttiili sulkeutuu. Säiliöllä on myös fyysinen ylitäyttöraja, joka estää säiliötä tulemaasta liian täyteen. Säiliön valinnan jälkeen voidaan käynnistää tyhjennyspumppu, joka pumppaa öljyn muuntajasta haluttuun paikkaan.

3.2.2 Öljynsiirto tehtaalle

Siirrettäessä öljyä varastolta tehtaalle käyttäjä valitsee ensin mistä säiliöstä pumpataan avaamalla halutun varastosäiliön venttiilin. Vain yksi varastosäiliö voi olla auki kerrallaan. Seuraavaksi valitaan kumpaan tehtaan säiliöön öljy halutaan, avaamalla sen venttiili. Kun säiliöiden venttiilit on avattu avataan pumpun edellä oleva venttiili sekä ohivirtaus venttiili. Kun kaikki venttiilit ovat auki käynnistetään pumppu, joka siirtää öljyn tehtaalle.

Tehtaan säiliöistä öljy pumpataan edelleen muuntajaan. Muuntajan täytössä käytetään käsiventtiilejä, joilla valitaan käytettävä säiliö. Kun säiliö on valittu, käynnistetään pumppu, joka pumppaa öljyn muuntajaan.

3.3 Ohjaus

Järjestelmän ohjaus on määritelty toteutettavaksi Siemensin S7-1200-sarjan logiikoilla. Projektissa käytetään tätä logiikkaa, koska se on sopivan kompakti ja helposti laajennettavissa tarpeellisilla lisäkorteilla. Lisäksi logiikka valinta johtaa siihen, että ohjelmoitiin täytyy käyttää uutta TIA portal ohjelmistoa, joten projekti toimii hyvänä tutustumis tapana uuteen järjestelmään.

Koska järjestelmän eri osien etäisyys on pitkä, päädyttiin käyttämään omaa logiikkaa sekä tehtaalla että varastolla. Molempien logiikoiden ympärille rakennetaan oma keskus, johon kaikki laitteet kytketään. Yli 300 metriä pitkän kaapelointietäisyyden vuoksi logiikoiden välinen kommunikointi on määritelty toteutettavaksi langattomalla yhteydellä.

3.3.1 Käyttöliittymä

Laitteiston käyttäjä tulee ohjaamaan järjestelmää molempiin keskuksiin asennettavilla kytkimillä. Tehtaan päähän asennetaan myös kosketusnäyttö. Käytettäväksi näytöksi on määritelty Siemensin TP1500 basic -paneeli. Näyttöltä ei vaadita mitään erityisiä ominaisuuksia, joten näytöksi valitaan perusmalli. Ainut

vaatimus sille on että se on tarpeeksi suuri ja siksi käytettäväksi valitaan 15 tuuman malli.

Näytöltä käyttäjän pitää nähdä säiliöiden pintojen korkeudet prosentteina sekä metreinä, toimilaitteiden tilat, hälytykset sekä reitti jota öljy milläkin hetkellä kulkee. Lisäksi säiliöt pitää pystyä nimeämään näytölle, jotta tiedetään mitä missäkin säiliössä on.

4 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU

Järjestelmän suunnittelu alkoi sähkö- ja automaatio suunnittelusta. Koska käytettävät logiikat, kosketusnäyttö, venttiilit sekä pumppujen moottorit olivat valmiiksi määriteltyjä voitiin suunnittelu aloittaa rakentamalla piirikaaviot näiden komponenttien ympärille. Piirikaavioissa esitetään kaikki järjestelmän sähkökytkennät. Piirtämisen yhteydessä mitoitetaan ja valitaan myös kaikki loput tarvittavat osat, kuten kontaktorit, moottorinsuojakytkimet, sulakkeet ja välireleet.

4.1 Hätä-seis-piiri

Hätä-seis-piirin tarkoituksena on pysäyttää laite ja tehdä toimilaitteet jännitteettömiksi, jos hätä-seis-painiketta painetaan. Koska järjestelmän ainoa turvatoiminto on hätä-seis päädyttiin käyttämään turvareleettä.

Turvareleeseen kytketään hätä-seis –painike, jonka painallus avaa releen avaa releen sulkeutuvat koskettimet ja sulkee releen avautuvat koskettimet. Kun moottorien etukontaktoreja ohajtaan releen sulkeutuvilla koskettimilla, moottorien jännitesyöttö katkeaa, kun hätä-seis on painettu. Myös muiden toimilaitteiden syöttö kierrätetään turvareleeseen koskettimien kautta.

Hätä-seis kuitataan erillisellä painikkeella keskuksen kannessa.

4.2 Layout

Kun piirikaaviot olivat valmiina ja osat valittuina, aloitettiin keskusten layoutin suunnittelu. Layoutsuunnittelun tarkoituksena on suunnitella, miten kaikki osat sijoitetaan keskuksen. Layoutsuunnittelu alkoi valitsemalla kotelo, johon osat todennäköisesti mahtuvat, jos eivät niin kokoa voidaan suurentaa. Kun kotelo on valittu, aletaan sinne sijoittamaan komponentteja. Lisäksi kanteen sijoitettiin tarvittavat kytkimet ja painikkeet.

5 SÄILIÖIDEN PINNANKORKEUKSIEN MITTAUKSET

Varaston kaikille viidelle säiliölle tulee analoginen pinnanmittaus anturi. Anturit kytketään Labkotecin POP-22 EX -keskusosaan (kuva 4). Keskusosassa on analoginen lähtö, joka kytketään logiikan analogiatuloon.



Kuvio 4. Labkotec POP-22 EX (Labkotec Oy 2009)

Labkotecin näytöllä näytetään säiliöiden pinnankorkeudet, sekä tilavuus prosentteina, koska varaston keskuksessa ei ole näyttöä.

Kytkemällä Ex-hyväksytyt anturit POP-22 EX -keskusosaan saavutetaan tarvittava EX-suoja ilman lisälaitteita (Labkotec Oy 2012).

5.1 Pienempien säiliöiden pinnanmittaus

Kolmessa pienemmässä säiliössä on valmiiksi paikallaan Labkotecin PA/3W-pinnankorkeusanturit, joten neljännessä säiliössä päädyttiin käyttämään samanlaista anturia. Anturi käyttää pinnankorkeuden mittaamiseen kapasitiivista periaatetta, jossa anturi ja säiliön seinä luovat välillen kondensaattorin ja sen kapasitanssin muutos muutetaan pinnankorkeudeksi.

Anturi lähettää milliampeeriviestiä väliltä 0,2 mA – 7 mA (Labkotec Oy 2009). Viesti muutetaan POP-22 EX -keskusosassa logiikan analogiatulolle sopivaksi 0 – 20 mA:n viestiksi.

5.2 Suuremman 8 m korkean säiliön pinnanmittaus

Suuremman säiliön pinnanmittaukseen käytetään Labkotecin DMU 08 EX -paineanturia. Mittaus perustuu anturiin vaikuttavan paineen muutokseen, joka muutetaan milliampeeritiedoksi väliltä 4 mA – 20 mA (Labkotec Oy 2012). POP-22 EX -keskusosassa viesti muutetaan edelleen 0 – 20 mA:n tiedoksi ja lähetetään logiikalle.

6 LOGIIKOIDEN VÄLINEN KOMMUNIKOINTI

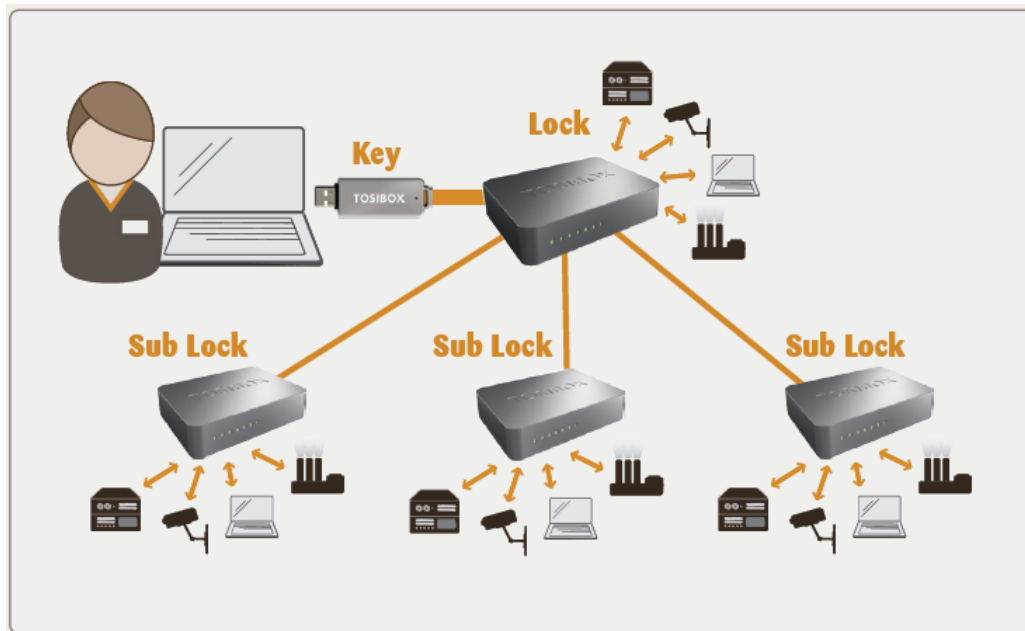
Logiikoiden välinen etäisyys on linnuntietä noin 300 metriä. Todellisuudessa kaapelointietäisyys olisi vielä pitempi, sillä kaapelia ei voi vetää suoraan rakennusten välille. Paremmaksi vaihtoehdoksi todettiin toteuttaa yhteys langattomasti.

6.1 Tosibox

Yhteys päätettiin toteuttaa Tosibox-nimisellä laitteella, joka todettiin muita vaihtoehtoja edullisemmaksi.

Tosibox on laite, jolla luodaan yhteys kahden tai useamman paikan välille riippumatta kohteiden välimatkasta. Se luo salatun VPN-yheyden internetin yli kohteiden välille. Luotu yhteys toimii käytännössä kuten normaali lähiverkko. Tosibox mahdollistaa etäyhteyden kahden tai useamman paikan kanssa internetin kautta. (Tosibox Oy [viitattu 29.8.2012].)

6.1.1 Tosibox-lukko



Kuvio 5 Tosibox (Tosibox Oy 2012)

Tosibox-lukkoon liitetään laitteet, joita halutaan ohjata etänä. Laitteita voidaan yhdistää lukkoon joko verkkokaapelilla tai langattomasti wlanin kautta. Lukko voidaan liittää internetiin joko kiinteän verkon kautta tai langattomasti USB 3G -modeemilla. Jos samassa järjestelmässä käytetään useampaa lukkoa, yhdstä lukosta tehdään päälukko ja muista orjia (kuva 5). (Tosibox Oy [viitattu 29.8.2012].)

Tosibox-lukolla on kaksi toimintatilaa Mode A ja Mode B. Mode A on plug-and-play-tehdasasetus, jossa lukko liitetään osaksi valmista sisäverkkoa. Tässä tilassa lukon kautta saa yhteyden kaikkiin sisäverkon laitteisiin riippumatta siitä ovatko ne kiinteä- vai vaihtuvaosoitteisia. Mode B -tilassa lukko luo oman suojatun sisäverkon ja lukon kautta saa yhteyden vain sisäverkkoon litettyihin laitteisiin. Mode B -tilassa Tosibox toimii myös kytkimenä, jolloin laitteen kaikkia kolmea LAN-porttia voidaan käyttää. Mode A -tilassa vain LAN3-portti on käytettävissä. (Tosibox Oy 2012.)

6.1.2 Tosibox-avain

Tosibox-avain on USB-liitäntäinen laite, jolla muodostetaan yhteys tietokoneelta Tosibox-lukkoihin. Avain asentaa tarvittavan ohjelmiston ja luo yhteyden lukkoihin automaattisesti, kun se on kytkettynä tietokoneeseen. (Tosibox Oy.)

Avainta käytetään myös lukkojen sarjoitukseen. Sarjoitus tapahtuu käyttämällä avainta kaikissa järjestelmän lukoissa. Kun lukot on sarjoitettu, liitetään avain tietokoneeseen. Tietokoneella luodaan yhdestä lukosta päälukko ja lopuista orjia. (Tosibox Oy 2012.)

6.2 Tosibox öljynsiirtojärjestelmässä

Öljynsiirtojärjestelmään kuuluviin kahteen keskukseen asennetaan Tosiboxit, joiden kautta keskusten välinen kommunikointi tapahtuu. Lukot sarjoitetaan avaimella niin, että tehtaan päässä oleva lukko on päälukko ja varaston lukko on orja. Koska järjestelmälle halutaan luoda oma sisäverkko, käytetään lukoissa Mode B -tilaa. Mode B:n ansiosta tehtaan keskukseen ei tarvita erillistä kytkintä, johon logiikka ja kosketusnäyttö kytketään, vaan ne voidaan liittää suoraan Tosiboxin LAN-portteihin. Koska langallista verkkoyhteyttä ei ole saatavilla molemmissa keskuksissa, yhteyden muodostamiseksi käytetään 3G-modeemeita. Molempien Tosiboxien USB-liittämiin liitetään 3G-modeemit, joiden kautta yhteys muodostuu. Kun yhteys on muodostettu, se toimii samalla tavalla kuin normaali lähiverkko.

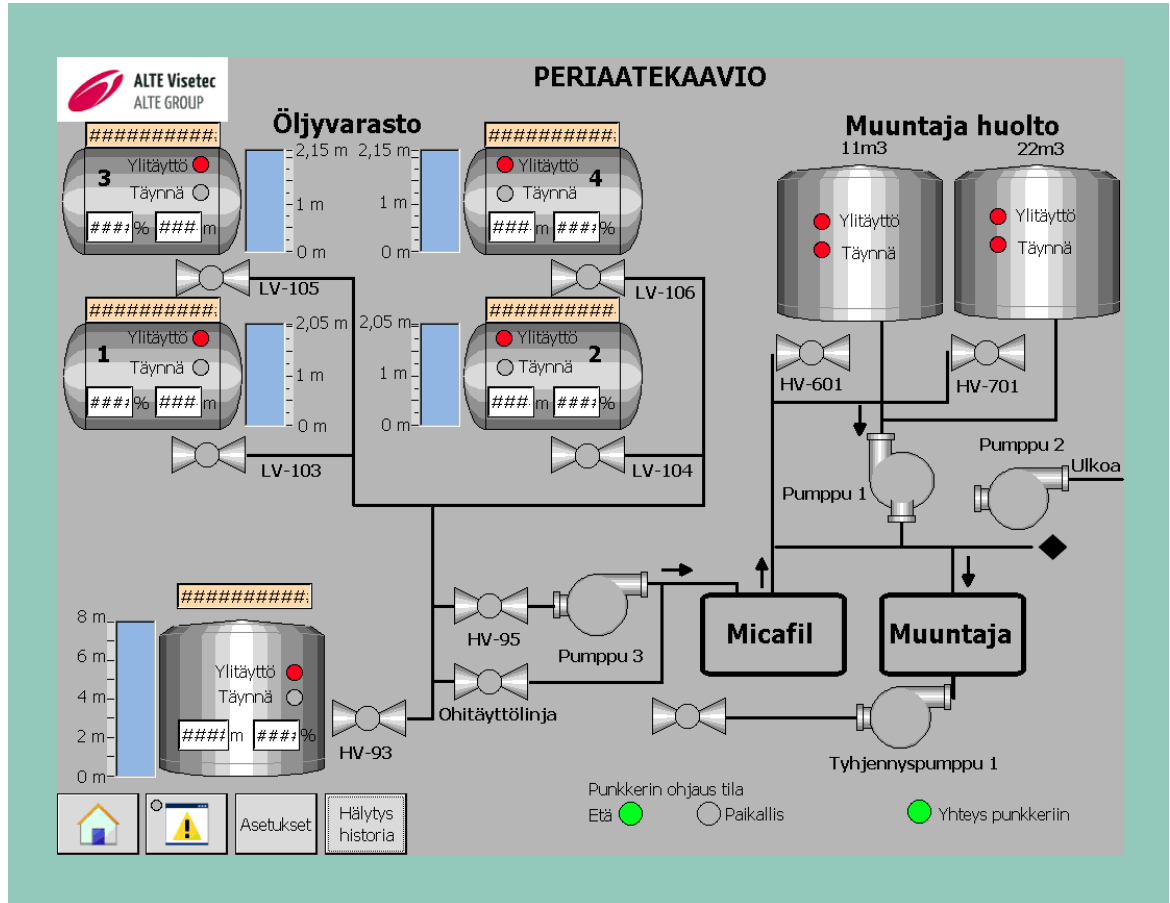
Tosiboxin ohjeiden mukaan yhteyden olisi pitänyt olla toimintavalmiina tässä vaiheessa. Mutta kun yhteyttä logiikoiden välillä yritettiin testata, se ei toiminut. Tosiboxin teknisestä tuesta neuvottiin päivittämään Tosiboxit. Päivitys auttoi jonkin verran sillä sen jälkeen ohjelmointiyhteys alkoi toimia Tosiboxien läpi. Tässä vaiheessa myös kosketusnäytön yhteys Tosiboxien yli alkoi toimia, mutta logiikoiden yhteys ei toiminut vielä. Jonkin ajan tutkimisen sekä eri asetusten kokeilemisen jälkeen ongelmaksi paljastui logiikoiden reititin asetukset, sekä orjana toimivan lukon asetukset.

6.3 Etäyhteys tosiboxin kautta

Tosibox toimii myös etäyhteys laitteena. Lukon mukana tulee USB-tikku joka sisältää avaimen, millä lukkoihin yhdistytään. Avain liitetään tietokoneeseen jonka jälkeen avain asentaa tarvittavat ohjelmistot. Ohjelmistojen asennuttua avautuvasta ohjelmasta valitaan lukko johon halutaan yhdistää. Kun lukko on valittu ohjelma luo VPN yhteyden lukkoon ja yhteys on käytettävissä. Tämän jälkeen logiikkoihin voidaan ottaa normaalisti yhteys ohjelmointi laitteella ja ohjelmaa voidaan seurata tai siihen voidaan tehdä muutoksia.

7 KÄYTTÖLIITTYMÄ

7.1 Periaatekaavio



Kuvio 6. Käyttöliittymän periaatekaavio

Kuvassa 6 on laitteiston käyttöliittymän etusivu. Näkymästä näkyy kaikki tarvittava tieto järjestelmästä. Koska säiliöille pitää voida antaa nimet, lisättiin säiliöiden päälle tekstikentät joihin nimi syötetään. Tämän ansiosta käyttäjä tietää aina minkä muuntajan öljyä on missäkin säiliössä.

Säiliöiden pinnankorkeudet haluttiin tietää metreinä sekä prosentteina, joten säiliöiden kuvien sisään lisättiin "m"- ja "%"-kentät, joissa tiedot näytetään. Tämän lisäksi pinnankorkeus näkyy säiliön vieressä palkkina.

Venttiilien ja pumppujen tilat ilmaistaan vihreällä ympyrällä laitteen kuvan päällä kun se on päällä tai auki.

Kun öljyä siirretään paikasta toiseen, käytetty reitti ilmaistaan mustan viivan muuttumisella vihreäksi. Tällä varmistetaan, että käyttäjä varmasti tietää missä öljyä liikkuu.

7.2 Asetukset

Näytön asetukset -sivulla voidaan kaikkien säiliöiden pinnankorkeuksille asettaa ylä- ja alahälytysrajat sekä varoitusrajat. Hälytysrajoilla näytölle tulee hälytys ja varoitusrajoilla pinnankorkeuspalkin väri muuttuu oranssiksi varoituksen merkiksi.

Asetusivulla sijaitsee myös Tosibox-katkoksien seuranta sekä kellon ajan asetusmahdollisuus.

The screenshot shows the ALTE Visetec control interface. At the top left is the logo and 'ALTE GROUP'. At the top right is the date and time: '8/15/2012 11:00:55 AM'. Below the logo is a button labeled 'Etusivu'. The main area contains settings for four tanks (Säiliö 1-4). Each tank has a title bar with a status indicator (#####) and a list of five parameters: Ylä hälytysraja, Ylä varoitusraja, Yläraja, Ala varoitusraja, and Ala hälytysraja, each with a numerical input field and the unit 'm'. Säiliö 1 has values of 0.00 for all parameters. Säiliö 2, 3, and 4 have values of ### for all parameters. At the bottom, there are three main sections: 'Kellonajan asetus' (Clock setting) with 'Tämänhetkinen aika' (#####) and 'Uusi aika' (#####) fields, and an 'Aseta kello' button; 'Yhteyskatkokset' (Connection status) with 'Määrä' (### kpl), 'Viimeisin' (### min), and 'Yhteensä' (### min) fields, and a 'Nollaus' button. At the bottom left are icons for home, alarm, and settings, and buttons for 'Asetukset' and 'Hälytys historia'.

Kuvio 7. Käyttöliittymän asetukset -sivu

8 LOGIIKKAOHJELMA

8.1 Toimilaitteiden ohjaus

Toimilaitteiden ohjaus toteutetaan "set/reset"-ohjauksella, jossa kytkimillä ohjataan päälle SR-piirejä. Piirin "set"-tuloon liitetään toimilaitteiden kytkimien "1"-asentojen nousevat reunat. "Reset"-tuloon kytketään kytkimien "0"-asennot, lukitukset sekä hätä-seis-tieto.

8.1.1 Venttiilien ohjaus

Varastosäiliöiden venttiileistä vain yksi voi olla kerrallaan auki. Useamman venttiilin avaaminen yhtäaikaisesti estetään liittämällä jokaisen venttiilin ohjauksen resettiin muiden venttiilien ohjauksien lähdöt. Silloin muut venttiilit eivät aukea ennen kuin auki oleva venttiili on suljettu. Varastosäiliöiden venttiilien ohjauksien reset osaan on myös kytketty säiliöiden ylärajat, joiden nousevilla reunoilla venttiilit suljetaan, mutta ne voidaan sen jälkeen avata uudelleen normaalisti, säiliön tyhjäämistä varten. Myös säiliöiden ylitäyttörajat sulkevat venttiilit. Ylitäyttö tilanteessa säiliöitä ei voi enää avata normaalisti, vaan ne avataan pitämällä pohjassa kosketus näytöllä olevaa painiketta, jolloin venttiili on auki vain kun painike on pohjassa.

Tehtaan säiliöiden venttiilien ohjauksien resettiin on liitetty säiliöiden ylä- ja ylitäyttörajat, jotka toimivat samalla tavalla kuin varastosäiliöissäkin.

8.1.2 Pumppujen ohjaus

Varastolla sijaitsevaa öljyn siirtopumppua voidaan ajaa vain kun sen edellä oleva venttiili ja ohivirtausventtiili ovat auki. Pumpun käynnistyminen vaatii myös että toisen tehtaan säiliön venttiili on auki. Näiden venttiilien auki tai kiinni tiedot ovat kytketty moottorin ohjauksen resettiin.

Tehtaan pumppujen käynnistymiselle ei ole erityisiä esteitä hätäseissä ja pumppujen moottorinsuojakytkimien laukeamista lukuun ottamatta.

8.2 Mittauslohko

Analogiakortin käyttöohjeen mukaan kortin antama raakaluku on väliltä 0 – 27 648 (Siemens Oy 2012). Joten anturilta tulevan virran ollessa 0 mA raakaluku on 0, ja virran ollessa 20 mA raakaluku on 27 648. Tämän minimin ja maksimin välillä raakaluku kasvaa lineaarisesti milliampeeriviestin kasvaessa. Raakaluku ei kuitenkaan käytännössä kerro käyttäjälle kuinka korkealla öljynpinta on säiliössä, joten luku pitää skaalata vastaamaan pinnankorkeutta metreinä. Koska pinnankorkeus kasvaa lineaarisesti mittaustuloksen mukana, voidaan skaalaaminen toteuttaa käyttämällä suoran yhtälöä.

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (1)$$

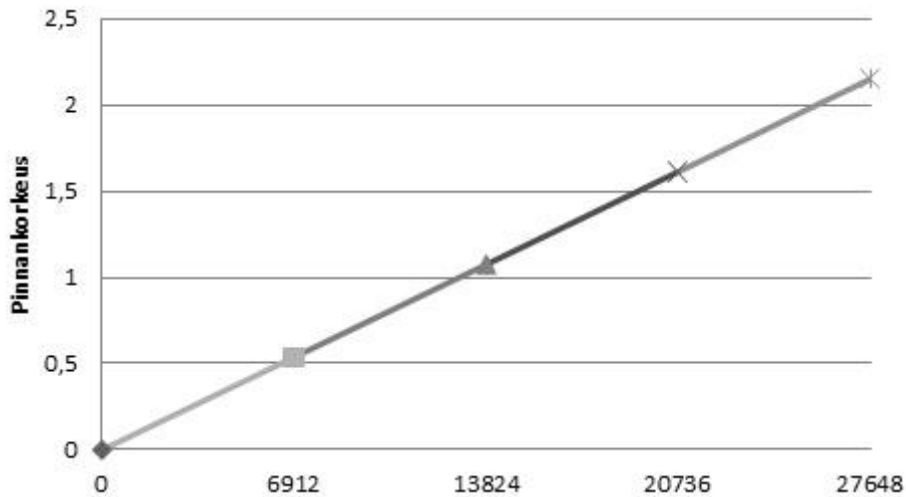
(Mäkelä 2005, s.28.)

Jossa y_1 on pinnankorkeuden minimi metreinä, y_2 on pinnankorkeuden maksimi metreinä, x_1 mittauksen raakaluvun minimi sekä x_2 maksimi. Mittauksen tulos syötetään x :n paikalle ja skaalattu pinnankorkeus saadaan ulos y :stä.

Käytetään esimerkkinä pienempää, 2,15 m korkeaa säiliötä. Silloin $y_1=0$, $y_2=2,15$, $x_1=0$ ja $x_2=27648$. Joten yhtälöksi saadaan

$$y = \frac{2,15 - 0}{27648 - 0} (x - 0) + 0$$

Kun suora piirretään koordinaatistoon, jossa x -akselilla on raakaluku ja y -akselilla pinnankorkeus metreinä saadaan kuvan 8 kaltainen suora, josta voidaan lukea pinnankorkeus eri x :n arvoilla.



Kuvio 8. Skaalatun pinnankorkeuden kuvaaja

Kaava 1 kirjoitetaan logiikkaohjelmaan tehtävään mittauslohkoon, joka tekee mittaustulokselle tarvittavat muokkaukset. Lohkosta saadaan ulos metreiksi skaalattu mittaustulos sekä öljyn tilavuus prosentteina täydestä säiliöstä.

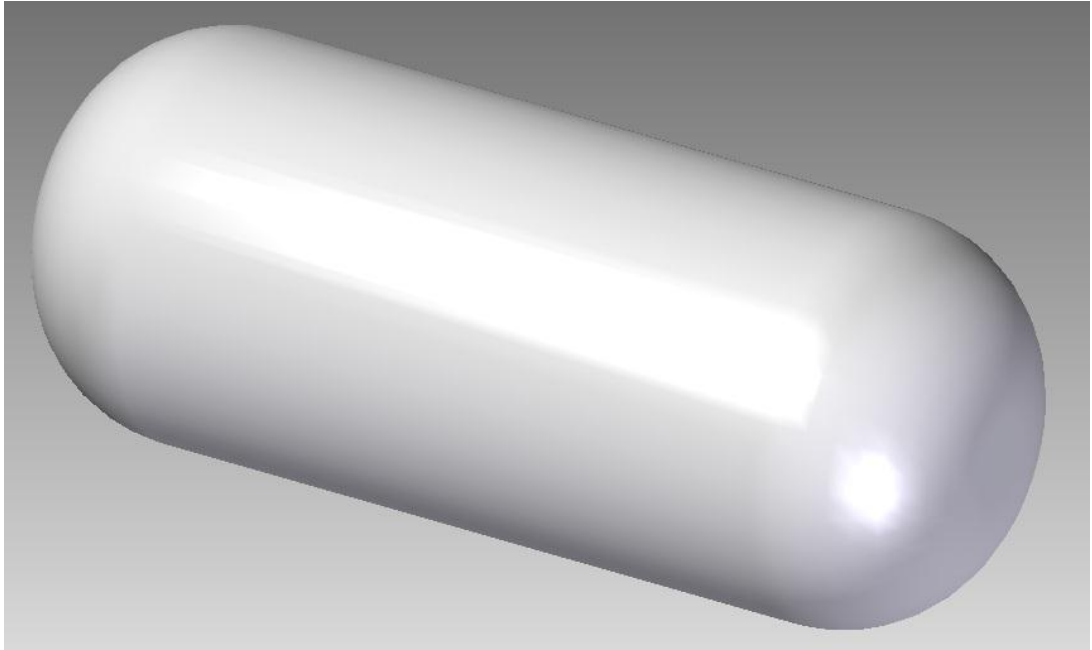
Koska säiliöillä ei ole fyysisiä ylä- ja alaraja-antureita, suoritetaan myös säiliöiden ylä- ja alarajojen valvonta ohjelmallisesti mittauslohkossa. Ohjelmassa käyttäjän syöttämiä raja-arvoja verrataan mittaustulokseen. Lohkosta saadaan ulos bittitieto, jos rajat ylittyvät.

8.2.1 Öljyn tilavuus

Suuremmissa säiliöissä öljyn tilavuus prosentteina täyteen säilöön nähden saadaan kaavasta

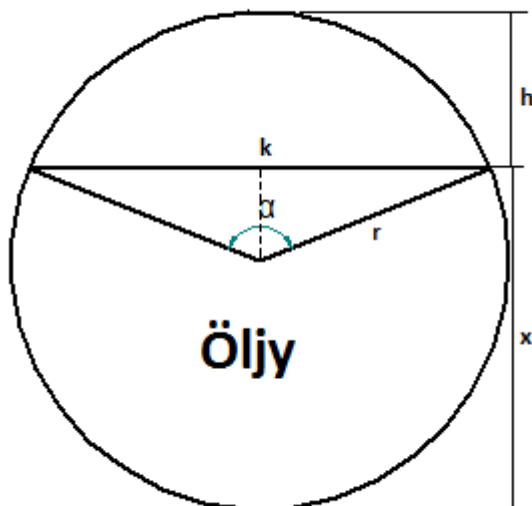
$$\frac{x}{h} * 100 \quad (2)$$

Jossa x on öljyn pinnankorkeus ja h on säiliön korkeus.



Kuvio 9. Makaava säiliö

Pienemmät säiliöt ovat kuvan 9 kaltaisia makaavia säiliöitä, eli öljyn tilavuutta niissä ei voida laskea samalla lailla kuin pystyssä olevassa säiliössä. Koska lasketaan tilavuutta prosentteina, säiliön pituudella ei ole väliä, vaan prosentit voidaan laskea suoraan säiliön poikkileikkauksen pinta-alasta (kuvio 10).



Kuvio 10. Säiliön poikkileikkaus

Kun öljyn pinta on yli säiliön puolenvälin, saadaan saadaan sen pinta-ala vähentämällä säiliön yläosan tyhjäksi jäävä segmentti säiliön pinta-alasta. Segmentin pinta-ala saadaan kaavasta

$$A = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\alpha}{\text{rad}} - \sin(\alpha) \right) \quad (3)$$

(Mäkelä 2005, s.19.)

Yhtälössä r on säiliön säde. Kulma α saadaan laskettua jakamalla ympyrän sisälle syntyvä kolmio kahdeksi suorakulmaiseksi kolmioksi (kuvio 10). Kosinin avulla saadaan laskettua kulman α puolikas kaavalla

$$\frac{\alpha}{2} = \cos^{-1} \frac{x-r}{r} \quad (4)$$

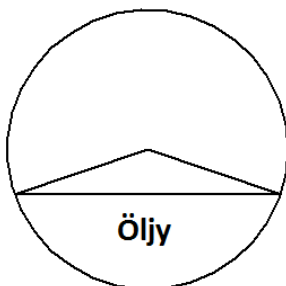
Kaavassa r on säiliön säde ja x on öljyn pinnan korkeus. Kulma α saadaan kertomalla yhtälö kahdella. Kun saatu kulma liitetään pinta-alan kaavaan saadaan pinta-alan yhtälöksi

$$A_1 = \frac{r^2}{2} \left(2 \cos^{-1} \left(\frac{x-r}{r} \right) - \sin \left(2 \cos^{-1} \left(\frac{x-r}{r} \right) \right) \right) \quad (5)$$

Eli öljyn pinta-ala saadaan kun poikkileikkauksen pinta-alasta vähennetään A_1 .

$$A_{\text{öljy}} = 2 * \pi * r^2 - A_1 \quad (6)$$

Jos pinta on alle puolet säiliön korkeudesta, öljyn pinta-ala saadaan laskemalla säiliön pohjalle jäävän segmentin pinta-ala kaavalla 3 (kuvio 11).



Kuvio 11. Säiliön poikkileikkaus kun öljyä on alle puolet säiliön korkeudesta

Tilavuusprosentit saadaan kaavasta

$$\frac{A_{\text{öljy}}}{A_{\text{kok}}} * 100 \quad (5)$$

missä $A_{\text{öljy}}$ on edellä laskettu öljyn pinta-ala ja A_{kok} on säiliön poikkileikkauksen kokonaispinta-ala.

Nämä laskutoimitukset tehdään logiikan mittauslohkossa, jonka lähdöistä tulokset saadaan käytettäväksi muualle ohjelmaan sekä kosketusnäytölle.

8.3 Logiikoiden kommunikointi

Logiikoiden välinen kommunikointi toteutetaan logiikan "TSend"- ja "TRcv"-käskyillä.

"Tsend"-käsky lähettää valitun muistialueen tiedot toiseen logiikkaan missä "TRcv"-käsky vastaanottaa tiedot ja tallentaa ne halutulle muistialueelle. Lähetyskäskyt on ohjelmoitu lähettämään tiedot kahden sekunnin välein. Kun käsky on valmis, se antaa "Done"-tiedon.

8.3.1 Yhteyden testaus

Koska varaston toimilaitteita voidaan ohjata tehtaalta, on tärkeää tietää onko logiikoiden välinen yhteys toiminnassa.

Yhteyden testaus toteutetaan mittaamalla aikaa, joka "Send" käskyllä kuluu siitä hetkestä kun sille on annettu pyyntö lähettää tiedot siihen hetkeen kun käskyltä tulee "Done"-tieto. Jos tiedon tulemiseen kuluu yli 3 sekuntia, voidaan päätellä, että yhteys on poikki. Yhteyden ollessa poikki näytöllä näytetään hälytys, sekä kaikki etäohjaukset pysäytetään, ettei mikään toimilaite jää vahingossa päälle.

Yhteyden testauksen lisäksi ohjelmaan lisätään laskuri, joka laskee yhteyskatkoksia, sekä toinen laskuri joka mittaa yhteyskatkoksien kestoja. Nämä laskurit tehdään, jotta yhteyden toimintaa ja vakautta voidaan seurata paremmin.

9 YHTEENVETO

Projekti oli mielenkiintoinen aihe opinnäytetyölle. Vaikka mikään yksittäinen osa-alue ei ollut erityisen vaikea, oli kuitenkin mielenkiintoista ja hyödyllistä olla mukana koko prosessissa suunnittelusta asennukseen ja käyttöönottoon. Kun on itse mukana asentamassa laitteita, huomaa helpommin mitä suunnitteluvaiheessa kannattaa tehdä toisin seuraavalla kerralla.

Projekti onnistui hyvin. Järjestelmästä saatiin asiakkaan toiveiden mukainen ja toimiva. Käyttöönoton jälkeen asiakkaan luona tarvitsi käydä muutamaan kertaan tekemässä näyttöön pieniä muutoksia, sen jälkeen kun koneen käyttäjät olivat sitä hieman tutkineet ja esittäneet parannusehdotuksia. Ainoa suurempi vika ilmeni, kun varastoilta tehtaalle öljyä siirtävän pumpun moottorinsuojakytkin laukesi aina noin 15 minuutin ajon jälkeen. Moottorinsuojakytkimen asetukset tarkastettiin ja varmistettiin, että ne ovat pumpun moottorin kilpiarvojen mukaisia. Vaikka kaikki asetukset olivat kunnossa, suojakytkin laukesi silti. Hetken tutkimisen jälkeen mahdolliseksi ongelmaksi todettiin siirtoputkeen syntyvä liian korkea paine. Paine syntyy, koska tehtaan puoli ei pysty vastaanottamaan öljyä tarpeeksi nopeasti. Mahdollisena ratkaisuna ongelmaan todettiin ohivirtausputken suurentaminen, jolloin paine tasaantuisi sen kautta.

9.1 Tosibox

Tärkeässä roolissa työssä oli myös Tosiboxiin tutustuminen ja sen testaaminen. Pienen alkukankeuden jälkeen Tosiboxit saatiin viritettyä toimintakuntoon ja ne toimivat suhteellisen hyvin. Ainut ongelma on niiden kanssa on ollut, että ne menevät välillä jumiin ja yhteys katkeaa. Yhteys palautuu kun Tosibox käynnistetään uudestaan, jolloin yhteys palaa melkein heti uudelleenkäynnistyksen jälkeen. Ongelman syytä ei vielä ole saatu selville, mutta syy voi olla myös 3g-modeemissa.

Ohjelmointiyhteys logiikoihin toimii hyvin internetin yli, mutta jostain syystä kosketusnäyttöön ei saa etäyhteyttä.

LÄHTEET

- Alte Visetec Oy. Etusivu. [Verkkosivu] Raahen: Alte Visetec Oy. [Viitattu 11.9.2012]. Saatavana: <http://www.alte.fi/alte-visetec/index.html>
- Aumala, O. 1998. Teollisuusprosessien mittaukset. Tampere: Klingendahl Paino Oy.
- Bolton, W. 2006. Programmable Logic Controllers. Oxford: Newness
- Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1999. Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita Ab
- Kippo, A. Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Labkotec Oy. 2009. POP-22 EX Mittaus- ja ohjauslaite Käyttö- ja asennusohje. [Verkkójulkaisu]. Pirkkala: Labkotec Oy. [Viitattu 28.8.2012]. Saatavana: www.labkotec.fi/tuotteet/pinnankorkeuden_mittaus/oljysailion_pinnanmittaukset_ja/kapasitiivinen/pop-22_ex-keskusosa/
- Labkotec Oy. 2012. DMU 08 EX -paineanturi. [Verkkosivu]. Pirkkala: Labkotec Oy. [Viitattu 28.8.2012]. Saatavana: http://www.labkotec.fi/tuotteet/pinnankorkeuden_mittaus/oljysailion_pinnanmittaukset_ja/paine/dmu-08-ex/
- Lehtonen, M. Automaation Ohjaukset. Kurssimateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Julkaisematon.
- Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2005. Tekniikan kaavasto. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Siemens Oy. TIA Portal. [Verkkosivu]. Siemens Oy. [Viitattu 26.9.2012] Saatavana: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/pages/default.aspx>
- Siemens Oy. 2012. Simatic S7-1200 Programmable controller System manual.[Verkkójulkaisu]. Siemens Oy. [Viitattu 1.9.2012]. Saatavana: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/36932465/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=36932473&forcedownload=true
- Tosibox Oy. Tuotteet. [Verkkosivu]. Tosibox Oy. [Viitattu 29.8.2012]. Saatavana: <http://www.tosibox.fi/fi/tuotteet/>

Tosibox Oy. 2012. Tosibox user Manual – Version 1.0. [Verkojulkaisu]. Oulu:
Tosibox Oy. [Viitattu 29.8.2012]. Saatavana:
http://www.tosibox.fi/files/manuaali/manuaali_tosibox_30_4_2012.pdf

