

Jani Hirvasniemi

# Käyttö- ja palosammutusveden pumppauksen automaatio

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

8.10.2017

Tekijä(t) Otsikko	Jani Hirvasniemi Käyttö- ja palosammutusveden pumppauksen automaatio
Sivumäärä Aika	29 sivua 8.10.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Toimitusjohtaja Ilpo Hirvasniemi Lehtori Kai Virta
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella käyttö- ja palosammutusveden pumppauksen automaatio HI-Automation Oy:lle. Tavoitteena työssä oli luoda toimintakuvauksen mukainen ohjelma PLC-logiikalle ja automaatiokeskuksen paneelille käyttöliittymä.</p> <p>Työssä käsitellään käytetyt laitteistot, toteutuksen toiminnankuvaus, suunnittelussa käytetyt ohjelmistot, niillä aikaansaadut tulokset ja niiden toiminta.</p> <p>Työ toteutettiin kokonaisuudessaan hyödyntämällä Delta Electronicsin DOPSoftia käyttöliittymän suunnitteluun ja ISPSoftia logiikan ohjelman ohjelmoimiseen. Ohjelmointi toteutettiin ISPSoftin sisällä FBD-, LD- ja ST-ohjelmointikielillä.</p> <p>Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin vaatimusten mukainen käyttöliittymä paneelille ja ohjelma logiikalle, jotka ovat hyödynnettävissä myös tulevaisuuden projekteissa.</p>	
Avainsanat	PLC, HMI, käyttöliittymä, ST, Delta Electronics

Author(s) Title Number of Pages Date	Jani Hirvasniemi Automation of Pumping System for Domestic and Fire Extinguishing Water 29 pages 8 October 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Ilpo Hirvasniemi, CEO Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The purpose in this project was to create an automated water pumping system, which was commissioned by HI-Automation Oy. The project's aim was to create a PLC program and a user interface for an automation center. The automated water pumping system needs to work following the process automation description.</p> <p>The thesis goes through the used equipment and describes the automation and the used software. In addition, the results and the created products using the equipment and programs are explained.</p> <p>The products of this project were created by using Delta Electronics' DOPSoft and ISPSOft software. DOPSoft was used for creating and designing the user interface and ISPSOft for programming the PLC. The programming languages used in this project within ISPSOft were ST, FBD and LD.</p> <p>The program and the user interface created fulfilled the requirements for the project. This makes it possible for the company to reuse these results in different future projects.</p>	
Keywords	PLC, HMI, user interface, ST, Delta Electronics

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Delta Electronics	2
2.1	DOP-W105B HMI-paneeli	2
2.2	AH500-sarjan ohjelmoitava logiikka	3
3	Käyttö- ja palosammutusveden pumppauksen toiminnankuvaus	6
3.1	Käyttö- ja palosammutusvesisäiliöt	6
3.2	Vesisäiliöiden täyttäminen	7
3.3	Pumput	7
3.4	Lukitukset	8
3.5	Vuorottelu	9
3.6	Pumppujen testiajo	9
4	Käyttöliittymä	10
4.1	Yleiskuva	10
4.2	Pumput	11
4.3	Venttiili	12
4.4	Mittaukset	13
4.5	Asetusnäyttö	14
4.6	Hälytysnäyttö	17
4.7	Kommunikointi	17
5	Logiikan ohjelma	19
5.1	HWCONFIG	20
5.2	Ohjelmalohkot	21
5.3	Mittaukset	22
5.4	Pumput	22
5.5	Venttiili	24
5.6	Automaatio	25
5.7	Säätö	26
6	Yhteenveto	28
	Lähteet	29



## Lyhenteet

COM	Communication port. Sarjaliikenteen portti.
FBD	Function Block Diagram. Grafiikkapohjainen logiikan ohjelmointikieli.
HMI	Human-machine interface. Ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välinen käyttöliittymä.
IL	Instruction List. Tekstipohjainen logiikan ohjelmointikieli.
I/O	Input/Output. Siirräntä. Tarkoittaa tässä tilanteessa kommunikointia ohjelmoitavan logiikan ja ulkopuolisen maailman välillä.
LD	Ladder Diagram. Grafiikkapohjainen logiikan ohjelmointikieli.
PID-säädin	Proportion-integral-derivative. Takaisinkytkentään perustuva säädin.
PLC	Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikka.
SFC	Sequential Function Chart. Sekvenssipohjainen logiikan ohjelmointikieli.
ST	Structured Text. Tekstipohjainen logiikan ohjelmointikieli.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Yhdistelmä Internet-liikennöinnissä käytettävistä protokollista.
VDC	Volts Direct Current. Voltteja tasajännitettä.

## 1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehdään HI-Automation Oy:lle ja sen tavoitteena on suunnitella ja ohjelmoida vaatimusten mukainen käyttöliittymä ja PLC-logiikan ohjelma käyttö- ja palosammutusveden automatisointia varten. Projektiin liittyvä keskuksen testaus ja käyttöönotto tullaan suorittamaan vasta loppuvuodesta 2017, joten sitä ei tulla käsittelemään tämän insinööriyön puitteissa.

HI-Automation Oy on vuonna 2008 perustettu yritys, joka tarjoaa erilaisia sähkö- ja automaatioalan ratkaisuja teollisuuteen. Yrityksen automaatioprojektit kohdistuvat moniin eri teollisuudenaloihin, mutta suurin osa projekteista ovat prosessiteollisuuden puolella. Yrityksen automaatioprojekteista suurin osa on kohdistunut biokaasulaitoksille, jätevedenpuhdistamoille ja vesilaitoksille. Yrityksen toimistotilat sijaitsevat Vantaan Kivistössä. [1.]

Projektin tarkoituksena on automatisoida veden pumppaukseen käytettävät 10 pumpua ja venttiili, jotta käyttö- ja palosammutusvettä on aina saatavilla. Insinööriyö keskittyy paneelin käyttöliittymän luomiseen ja logiikalle luotuun ohjelmaan. AH500-sarjan PLC-logiikka on ensimmäistä kertaa käytössä yrityksellä, joten tavoitteena on luoda pohja logiikan ohjelmille myös myöhempiä projekteja varten. Käyttöliittymään on tavoitteena luoda ohjeet sen käyttöä varten, ja lopputuloksen tarkoituksena on olla tarpeeksi yksinkertainen loppupään käyttäjälle.

## 2 Delta Electronics

Delta Electronics on kansainvälinen yritys, joka perustettiin vuonna 1971 Taiwanissa. Delta myy ja tarjoaa erilaisia sähkö- ja automaatioalan tuotteita ja ratkaisuja. Näistä tunnetuimpia ovat erilaiset jännitelähteet ja niiden korkeat hyötysuhteet. Automaatiopuolen tuotteisiin kuuluvat muun muassa

- PLC:t
- HMI-paneelit
- servomootorit
- ethernet-kytkimet
- taajuusmuuttajat
- jännitelähteet. [2;3.]

HI-Automation Oy on päättänyt käyttää tässä projektissa logiikkana, näyttöpaneelina ja jännitelähteenä Deltan tuotteita. Aiempia projekteja vesilaitoksille löytyy suunniteltuna ja toteutettuna Deltan paneeleita ja logiikoita hyödyntäen. Myös tuotteiden hyvä hintalaatusuhde edesauttoi kyseisten laitteiden valintaan.

### 2.1 DOP-W105B HMI-paneeli

Projektin toteuttamiseen käytetään Deltan DOP-W105B-mallista HMI-paneelia. Näyttö on 10,4":n kokoinen ja 800 x 600 resoluutiolla varustettu kosketusnäyttölinen ohjauspaneeli, joka näkyy kuvassa 1. Kommunikointi käytettävän logiikan ja paneelin välillä toimii hyödyntäen sen Ethernet-porttia ja Modbus TCP/IP -protokollaa. Paneelissa on myös kaksi COM-sarjaliikenneporttia, joita voidaan hyödyntää tarvittaessa myös kommunikointiin. Paneelin käyttöjännite on 24 VDC, joka tullaan saamaan keskukseen sijoitettavasta tasajännitelähteestä. [4.]

Tarkoituksen projektissa on luoda kosketusnäytölle käyttöliittymä pumppauksen prosessista ja mahdollistaa prosessin ohjaus sen avulla. Paneelille luoduista näytöistä pystytään muuttamaan eri asetuksia, säätämään moottorien nopeuksia ja näkemään reaaliaikaiset tiedot eri mittauksista ja toimilaitteiden tiloista.





Kuva 1. DOP-W105B HMI-paneeli

## 2.2 AH500-sarjan ohjelmoitava logiikka

Kuvassa 2 näkyvä AH500-sarjan logiikka valittiin tähän projektiin pääosin sen takia, koska kyseinen logiikka tukee ST-ohjelmointikieltä. Tämä mahdollistaa vanhoissa projekteissa käytettyjen ohjelmalohkojen osittaisen hyödyntämisen tämänkin työn parissa. Tämän lisäksi logiikkaa voidaan tarvittaessa ohjelmoida LD-, FBD-, SFC- ja IL-kielillä, joista FBD- ja LD-kieliä hyödynnettiin myös tässä projektissa. [5.]

Logiikan muita hyviä puolia ovat mm. hotswap-ominaisuus, joka mahdollistaa I/O-moduulien vaihtamisen suoraan lennosta ilman koko logiikan sammuttamista. Kyseinen PLC pystyy hyödyntämään maksimissaan 4 352 digitaalista I/O-pistettä ja 544 analogista I/O-kanavaa. Logiikalle luotu ohjelma voi sisältää maksimissaan 384 000 ohjelmaskelettä. Logiikka sisältää myös sisäänrakennetut RS-232/422/485-, Mini-USB-, Ethernet- ja SDHC-liitännät. Näiden lisäksi voidaan erilaisilla moduuleilla tuoda esimerkiksi EtherCAT-väylän kautta tietoa. [5.]



Kuva 2. AH500-sarjan PLC ja siihen liitettyjä moduuleja

Tässä projektissa hyödynnetään seitsemää logiikkaan liitettyä I/O-moduulia:

- 2 kpl 32AM10N
- 1 kpl 32AN02P
- 2 kpl 08AD
- 2 kpl 08DA.

32AM10N on DI-moduuli, jolle saadaan tuloviestinä +24 V tai 0 V. Tällä voidaan kuvata vaikkapa tietoa siitä, onko moottori päällä, jolloin tuleva viesti olisi +24 V. Sen ollessa pois päältä jännitettä ei tule moduulille. [5.]

32AN02P on DO-moduuli, joka toimii päinvastaisesti verrattuna DI-moduuliin, eli sillä ohjataan toimilaitteita. Kun logiikan ohjelmalta tulee ohjaustieto päälle, syöttää moduuli toimilaitteelle +24 V. Muussa tilanteessa ohjaustieto on 0 V, jolloin se on pois päältä. [5.]

08AD on AI-moduuli. Sen toiminta perustuu antureilta saatavaan virta- tai jänniteviestiin, joka tämän projektin mittauksien yhteydessä on 4–20 mA:n suuruinen virtaviesti. 4

mA kuvastaa mittausanturin nolalukemaa ja 20 mA siitä saatavaa suurinta lukemaa. Jos virtaviesti ylittää 20 mA tai alittaa 4 mA, on anturissa vikaa. [5.]

08DA on AO-moduuli. Sillä pystytään ohjamaan toimilaitteita virta- tai jänniteviesteillä. Tässä projektissa AO-moduuleilla ohjataan moottoreiden nopeutta 4–20 mA virtaviestillä. 4 mA kuvastaa 0 Hz:n taajuutta moottorille ja 20 mA 50 Hz:n. [5.]

### 3 Käyttö- ja palosammutusveden pumppauksen toiminnankuvaus

Lähtötietojen osittaisen puutteellisuuden vuoksi työssä luotiin myös toiminnankuvaus tulevaa pumppauksen järjestelmää varten. Kyseisen toiminnankuvauksen pohjalta luotiin varsinainen ohjelma ja sen käyttöliittymä.

#### 3.1 Käyttö- ja palosammutusvesisäiliöt

Pumppuasemaan kuuluu 12 käyttö- ja palosammutusvesisäiliötä, jotka on nimetty positioksi WST1-WST12. Jokaisella säiliöllä on tämän lisäksi oma pinnankorkeudenmittaus LI-001-LI-012. Kyseiset pinnanmittaukset näytetään ohjauspaneelin käyttöliittymässä vesisäiliöiden kohdalla.

Pumppaukseen ja vesisäiliöiden pinnankorkeuden ohjaukseen on määritetty 5 tasoa:

- TASSO 1 – Säiliöt ovat täynnä, kun säiliöiden pinta on 3325:n mm tasolla. Verkostoveden täyttöventtiili sulkeutuu myös tällä tasolla. Tällä tasolla voivat sekä palosammutusveden pumput, että käyttövesipumput toimia tarpeen mukaan
- TASSO 2 – Verkostoveden täyttöventtiili aukeaa, kun säiliöiden pinta on laskenut 3175 mm:n tasolle tai on sen alle. Tällä tasolla voivat sekä palosammutusveden pumput, että käyttövesipumput toimia tarpeen mukaan
- TASSO 3 – Käyttöveden pumput saavat käynnistys luvan, kun pinta on kohonnut 1645 mm:n tasolla tai yli sen. Tason huomiointi edellyttää, että pinta on laskenut sitä ennen tason 4 alle. Tällä tasolla voivat sekä palosammutusveden pumput, että käyttövesipumput toimia tarpeen mukaan
- TASSO 4 - Käyttöveden pumput sammutetaan, kun pinta on 1445 mm:n tasolla tai sen alle. Toimenpiteellä varmistetaan palosammutusveden riittävyys kaikissa tilanteissa
- TASSO 5 – Palosammutusveden pumput sammuu, kun pinta on 115 mm:n tasolla tai sen alle.

Kaikki pumppaamon vesisäiliöt ovat yhdistetty putkella käsiventtiileineen. Normaaliikätyössä kaikki venttiilit ovat auki ja vesi juoksee vapaasti säiliöiden välillä. Mahdollisen remontin tai huollon aikana yksittäisiä säiliöitä voidaan sulkea järjestelmästä pois.

### 3.2 Vesisäiliöiden täyttäminen

Käyttö- ja palosammutusvedensäiliöiden täyttäminen toteutetaan venttiiliä V1 ohjamalla kiinni ja auki säiliöiden pinnankorkeuden mukaan. Venttiili siirtyy asentoon auki tai kiinni riippuen onko veden pinta saavuttanut tason 1 vai 2. Venttiilin sulkemiseen kuitenkin vaaditaan, että vähintään kaksi kuudesta pinnankorkeuden mittauksesta on yli tason 1. Avaamiseen taas vaaditaan, että kaksi mittauksista on alittanut tason 2.

### 3.3 Pumput

Toimituskokonaisuus sisältää kaksi pumppauslinjaa, joista yksi on käyttövedelle ja toinen palosammutusvedelle. Pumppuasema on normaalikäytössä, kun ei ole tulipaloa. Tällöin palosammutusveden linja on suljettu ja paineensäätö toteutuu käyttövesipumpuilla. Tulipalossa taas käyttöveden pumppauslinja sulkeutuu ja linjan paineensäätö siirtyy palosammutuspumpuille. Palosammutusveden tarpeesta tulee erillinen tieto logiikan DI-moduulille.

Ohjaustavaltaan molemmat pumppauslinjat vastaavat toisiaan. Molemmissa linjoissa on 5 pumppua, joita ohjataan taajuusmuuttajilla. Pumppujen taajuutta säädetään linjassa olevan painemittauksen avulla. Käyttöveden positiot ovat P6, P7, P8, P9, P10 ja PI-002. Palosammutusveden positiot ovat P1, P2, P3, P4, P5 ja PI-001.

Pumppuja voidaan ohjata kolmella eri tavalla:

- Menettelytapa 1 – Taajuusmuuttaja on paikallisohjauksessa, jolloin ohjaus tehdään taajuusmuuttajan paneelilta
- Menettelytapa 2 – Taajuusmuuttaja on etä-ohjauksessa, jolloin ohjaus tehdään automaattisesti logiikalta.
- Menettelytapa 3 – Käsiohjaus, jolloin kaikki pumput siirretty käsiohjaukseen ja ohjaukset suoritetaan paneelilta.

Normaalikäytössä pumppuaseman ohjaus on Menettelytapa 2, jolloin ohjaus tapahtuu automaattisesti logiikan ohjelman avulla. Automattisella ohjauksella paine pysyy määrättyllä tasolla. Linjan paineen laskeessa alle määrätyn paineen pumpun ohjaustaajuus nousee. Linjan paineen ylittäessä määrätyn tason pumpun ohjaustaajuus laskee. Tarpeen mukaan lisäpumput otetaan tai poistetaan käytöstä.

Aseteltavat parametrit (käyttövedellä (KV) ja palosammutusvedellä (PV) omansa):

- Linjan paine KV, jota järjestelmä yrittää pitää yllä (5,2 bar)
- Linjan paine PV, jota järjestelmä yrittää pitää yllä (5,9 bar)
- Taajuusmuuttajan minimitaajuus.

Minimitaajuudella varmistetaan, että paine kasvaa yli pysäytysrajan, kun käyttö- tai palosammutusvettä ei käytetä.

Ensimmäinen pumppu käynnistyy, kun paine on alle 4,5 bar 20 sekunnin ajan. Toinen pumppu käynnistyy, kun ensimmäisen pumpun taajuusohje on ollut 50 Hz 20 sekunnin ajan ja kun paine on alle 4,5 bar. Kolmas pumppu käynnistyy, kun toisen pumpun taajuusohje on ollut 50 Hz 20 sekunnin ajan ja kun paine on alle 4,5 bar. Neljäs pumppu käynnistyy, kun kolmannen pumpun taajuusohje on ollut 50 Hz 20 sekunnin ajan ja kun paine on alle 4,5 bar. Viides pumppu käynnistyy, kun neljännen pumpun taajuusohje on ollut 50 Hz 20 sekunnin ajan ja kun paine on alle 4,5 bar

Viides pumppu pysähtyy, kun taajuusohje on laskenut minimitaajuuteen ja ollut siinä 20 sekuntia. Neljäs pumppu pysähtyy, kun viides pumppu on pysähtynyt ja taajuusohje on ollut minimitaajuudessa 20 sekuntia. Kolmas pumppu pysähtyy, kun neljäs pumppu on pysähtynyt ja taajuusohje on ollut minimitaajuudessa 20 sekuntia. Toinen pumppu pysähtyy, kun kolmas pumppu on pysähtynyt ja taajuusohje on ollut minimitaajuudessa 20 sekuntia. Ensimmäinen pumppu pysähtyy, kun kaikki muut pumput ovat pysähtyneet ja taajuusohje on ollut minimitaajuudessa 20 sekuntia sekä kun paine on yli 5,3 bar.

Nopeuden säätö toteutetaan aina viimeisemmäksi käynnistyneelle pumpulle PID-säätimellä käyttämällä linjan painemittausta mittausarvona. PID-säätimen P-, I- ja D-termit ovat aseteltavissa käyttöliittymästä.

### 3.4 Lukitukset

Kun linjan paine on 20 sekuntia yli 6,5 baaria, kaikki pumput pysähtyvät. Uudelleen-käynnistyminen tapahtuu, kun paine on alle ensimmäisen pumpun käynnistysrajan. Jos logiikalle tulee signaali tulipalosta, käyttövesipumppauslinja pysähtyy ja palosammu-

tusvedenlinja käynnistyy. Lukitus voidaan poistaa käsin ohjauspaneelista, jolloin palosammutusvedenlinja pysähtyy ja käyttöveden pumppauslinja käynnistyy uudelleen.

Käyttövesipumput pysähtyvät, jos pinta säiliössä on alle TASSO 4:n. Pumput käynnistyvät uudestaan, kun pinta on alle TASSO 3:n ja paine on alle ensimmäisen pumpun käynnistymisrajan. Tässä tilanteessa ei myös saa olla signaalia tulipalosta. TASSO 3 on saavutettu, jos kahdessa säiliössä pinta on yli TASSO 3:n. TASSO 4 on saavutettu, jos kahdessa säiliössä pinta on alle TASSO 4:n.

Jos pinta säiliössä on alle TASSO 5:n lukitusrajan ja signaali tulipalosta on saatu, palosammutusveden pumput pysähtyvät. Ne käynnistyvät uudelleen, kun TASSO 4:n pinta on saavutettu, paine on alle ensimmäisen pumpun käynnistysrajan ja signaali tulipalosta on saatu. TASSO 5 on saavutettu, jos kahdessa säiliössä pinta on alle TASSO 4:n. Sekä TASSO 4:n, että TASSO 5:n alittamisesta tehdään hälytys.

### 3.5 Vuorottelu

Pumppujen vuorottelu toteutetaan vaihtamalla ensimmäisenä käynnistyvää pumppua asetettavan väliajan välein. Esimerkiksi kun P1 on ollut käynnissä asetellun vuorotteluajan pituisen ajanjakson, se sammuu ja P2 lähtee käyntiin. Pumput käydään läpi järjestyksessä P1, P2, P3, P4 ja P5 palosammutusveden puolella ja P6, P7, P8, P9, P10 käyttöveden puolella. Jos monta pumppua on samaan aikaan käynnissä, esimerkiksi P1 ja P2, vaihtuvat ne vuorotteluajan jälkeen pumpuiksi P2 ja P3.

### 3.6 Pumppujen testiajo

Pumppuja on mahdollisuus ajaa testiajolla, joka on joko käytössä tai ei käytössä. Jokaista pumppua ajetaan vuorotellen säädettävän ajoajan verran testiajon aikana. Testiajolla on myös säädettävä testausväli, kuinka pitkin väliajoin se ajetaan läpi. Esimerkiksi joka tunnin välein ajetaan jokaista pumppua 10 sekuntia yksitellen. Myös haluttu taajuus on oltava aseteltavissa testiajon parametreista. Testiajo suoritetaan vain lepotilassa olevilla pumpuilla.

## 4 Käyttöliittymä

Pumppauksen automaation toteutus sisältää käyttöliittymän. Käyttöliittymän tarkoituksena on antaa yksinkertainen näkymä kaikkien laitteiden tiloista ja mittaustiedoista, mitä on saatavilla. Käyttäjä voi tehdä muutoksia asetuksiin käyttöliittymän kautta tai ohjata laitteita manuaalisesti tarvittaessa. Käyttöliittymä antaa myös tiedot voimassa olevista hälytyksistä, jolloin tiedetään, jos prosessissa on jotain vikana.

Paneelinäyttöjen luomiseen ja paneelin konfigurointiin käytettävä ohjelmisto on nimeltään DOPSoft. Deltan luoma ohjelmisto toimii useimmilla Deltan paneeleilla, ja sillä voidaan luoda erilaisia käyttöliittymiä. DOPSoft sisältää valmiiksi erilaisia symboleita, kuten pumppuja, putkistoja ja säiliöitä. Ohjelmalla on myös helppo luoda omanlaisia kuvia ja näppäimiä, joilla voidaan ohjata logiikalla pyörivää ohjelmaa.

Käyttöliittymää tässä projektissa käytetään vesiprosessin tilan valvontaan ja eri asetusarvojen muuttamista varten. Käyttöliittymällä pystytään myös ajamaan manuaalisesti toimilaitteita tarvittaessa.

### 4.1 Yleiskuva

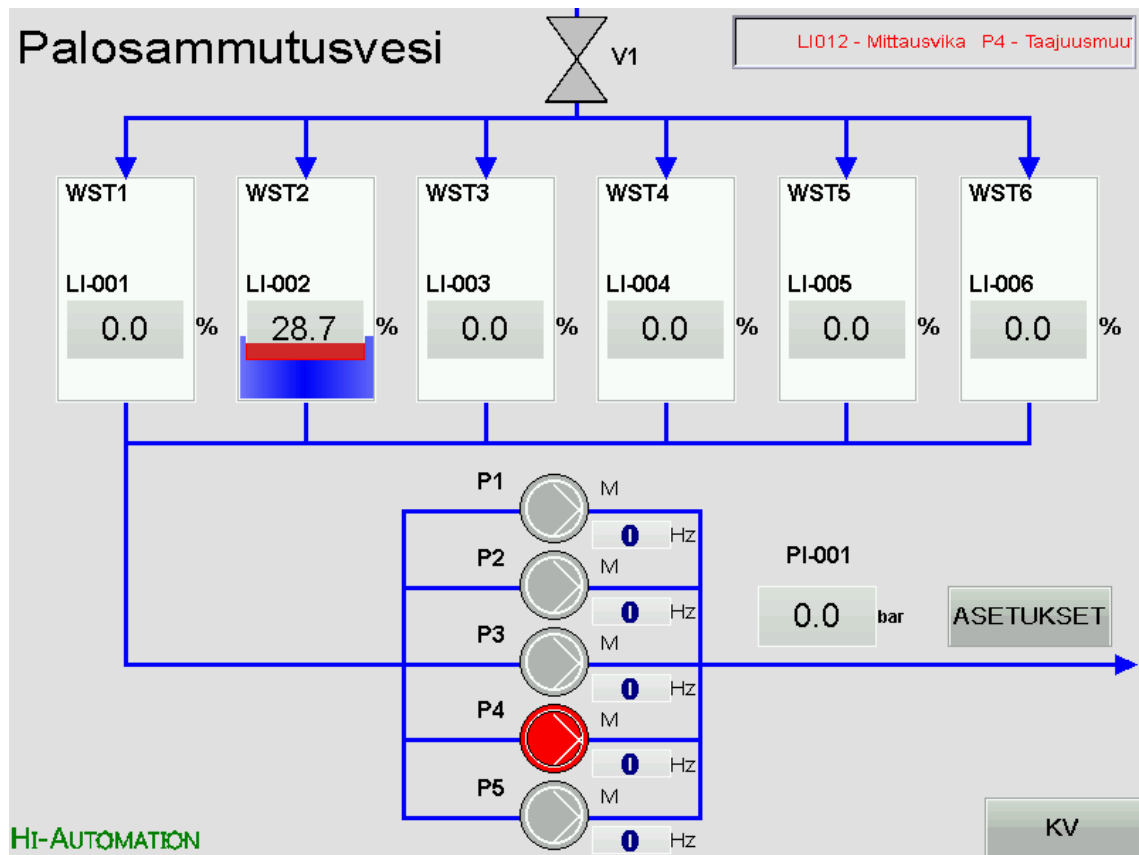
Käyttöliittymä koostuu kahdesta yleiskuvasta, kahdesta asetussivusta ja yhteisestä hälytyssivusta. Näiden lisäksi myös saadaan pienempiä ikkunoita auki, joilla voidaan ohjata haluttua toimilaitetta tai tarkastella tiettyä mittausta, venttiiliä tai pumppua tarkemmin. Nämä pienemmät alanäytöt avataan painamalla kosketusnäytöllä jonkin toimilaitteen tai mittauksen kuvaa.

Yleiskuvasivulla näkyy jokainen sen osion toimilaitte. Yleiskuvat on jaettu käyttö- ja palosammutusveden mukaan. Kuvat ovat hyvin samanlaiset, ja suurin eroavaisuus on lähinnä toimilaitteiden eriävät nimet ja niiden tilatiedot.

Ensimmäinen yleiskuvasivu, joka avautuu paneelinäytön käynnistyessä, on palosammutusveden sivu. Yleiskuvasivulla, joka näkyy kuvassa 3, on 5 pumppua, venttiili sekä pinnankorkeuksien että paineen mittaukset. Sivulta löytyy myös painikkeet muille sivuille siirtymistä varten. Painikkeesta "KV" päästään käyttöveden yleiskuvaan ja ASETUKSET-painikkeesta taas asetussivulle. Oikeassa yläkulmassa näkyy myös tämänhetkiset



hälytykset, jotka rullaavat vuorotellen hälytysnäkyvään ja siitä pois. Tätä kohtaa painamalla päästään myös vaihtamaan näkyvä sivu hälytyssivuksi.



Kuva 3. Palosammutusveden yleiskuva

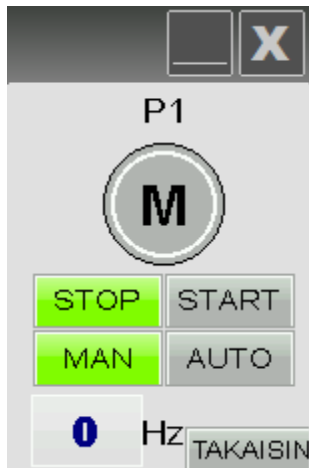
## 4.2 Pumput

Palosammutusvettä pumpataan viidellä eri pumpulla, joiden positiot ovat P1–P5. Käytöveden pumppujen positiot ovat taas P6–P10. Nämä pumput näkyvät näytöllä tilaustaan riippuen, joko harmaana, vihreänä tai punaisena. Harmaa tila tarkoittaa, että pumppu on tällä hetkellä pysähtynyt. Vihreä väri kertoo, että pumppu on käynnissä. Punainen taas ilmaisee vika- tai hälytystilaa. Hälytystilasta nähdään lisätietoja hälytyssivulta.

Pumppujen vierellä nähdään eri tietoja pumpun ojauksesta ja niiden nopeudesta. Remote eli etä-tilassa pumpun oikean yläkulman kohdalla näytetään kirjaimet A tai M, riippuen siitä ohjataanko pumppua manuaalisesti näytöltä vai automaattisesti logiikan ohjelmalta. Jos pumpun taajuusmuuttajalta on säädetty local-tila päälle, pystytään

pumppua ohjata vain paikallisesti taajuusmuuttajan luota ja tällöin kirjain L tulee näkyviin keltaisella taustalla A/M-kirjaimen päälle. Pumpun ollessa manuaali-ohjauksella voidaan säätää sen nopeutta pumpun vieressä olevalta nopeudenohjaus näytöltä. Näytölle voidaan asettaa Hertz-lukema väliltä 0–50 Hz, joka asettaa taajuusmuuttajalle kyseisen arvon.

Kuvassa 4 näkyvältä pumpun alanäytöltä voidaan ohjata pumppu, joko päälle tai pois päältä START/STOP-näppäimillä, jos pumppu on manuaali-ohjauksella. Pumpun AUTO/MAN-näppäimillä voidaan vaihtaa sen tilaa automaatti- ja manuaaliohjauksen välillä. Alanäytöllä on myös mahdollisuus asettaa pumpun manuaaliohjauksen nopeuden ohjearvo.



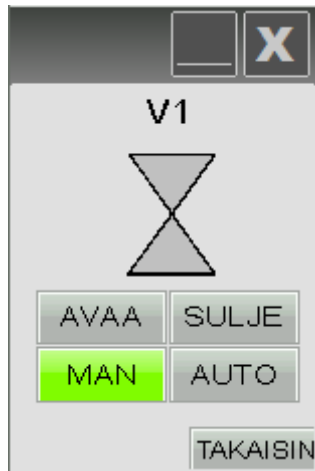
Kuva 4. Alanäyttö pumpulle P1

### 4.3 Venttiili

Molemmilla yleisnäytöillä on näkyvillä venttiili, jonka positio on V1. Venttiili on sijoitettu molempiin kuviin, koska venttiilistä ohjataan vettä sekä palosammutusveden että käyttöveden puolelle. Venttiilin tila näkyy samalla tavalla kuin pumpuissa, eli sillä on kolme eri väriä sen kolmelle eri tilalle. Kun venttiili on kiinni, se näkyy harmaan värisenä, ja sen ollessa auki väri on vihreä. Vikatilassa venttiili värjäytyy punaiseksi ja vian tarkempi hälytystieto näkyy tällöin hälytyssivulla.

Venttiilin kuvaketta painamalla avautuu kuvan 5 mukainen alanäyttö. Venttiilin alanäyttö on hyvin samankaltainen kuin pumpuilla. Venttiilin tila voidaan siis asettaa joko ma-

nuaaliseksi tai automaattiseksi AUTO/MAN-näppäimillä. Eroavaisuutena pumppuihin on se, että venttiiliä ohjataan manuaalillassa, joko auki tai kiinni.



Kuva 5. Alanäyttö venttiilille V1

#### 4.4 Mittaukset

Yleisnäyttöillä on näkyvissä seitsemän eri mittausta, jotka koostuvat kuuden säiliön pinnankorkeuksien mittauksista ja pumppauksen jälkeen putkistosta mitattavista paineista. Säiliöiden positiot palosammutusveden puolella ovat WST1–6 ja niiden pinnankorkeudenmittaukset LI001–006. Käyttöveden puolella positiot jatkuvat edellisistä ja ovat väliltä WST7–12 ja LI007–012. Painemittauksen positio on palosammutusveden puolella PI001 ja käyttöveden puolella PI002.

Säiliöiden pinnankorkeuksien mittaukset näyttävät pinnankorkeuden tason liikkuvana animaationa sinisellä värillä säiliön sisällä senhetkisen tilanteen mukaan. Mittauksesta löytyy myös kenttä, jossa näytetään mittauksen arvo 0–100% välillä. Tässä kentässä näkyy myös rajahälytykset kentän ylä- tai alareunassa, riippuen siitä onko kyseessä ylä- vai alarahälytys. Kenttää koskettamalla saadaan auki kuvan 6 mukainen mittauksen alanäyttö, josta pääsee näkemään ja muuttamaan sen eri asetuksia.

Painemittaukset löytyvät putkiston viereltä lähellä yleisnäytön oikeaa alakulmaa ja näyttävät vain mittausarvo-kentässä tämänhetkisen paineen baareina. Myös mahdolliset rajahälytykset näkyvät mittausarvo-kentän ylä- tai alareunassa.

Mittausten alanäytöt koostuvat pääosin hälytysrajoista, niiden hystereeseistä ja viiveistä. Näiden lisäksi nähdään tämänhetkisen mittauksen arvo mittausarvo-kentässä. Ylärajahälytyksen ja alarajahälytyksen rajat voidaan asettaa näille luoduista kentistä. Samoin hystereesin ja viiveen muuttaminen onnistuu niille luoduista kentistä. Ylä- tai alaraja tullessa vastaan syttyy hälytys päälle ja punainen väri ylä- tai alarajan asetuskentän kohdalla kertoo, mistä hälytyksestä on kyse. Alanäyttö saadaan suljettua joko rukiä painamalla tai alareunasta löytyvästä takaisin-näppäimestä.



Kuva 6. Alanäyttö mittaukselle LI002

#### 4.5 Asetusnäyttö

Asetusnäyttö koostuu automaattipuolen asetuksista ja niiden muokkaamisesta. Sekä palosammutusvedellä että käyttövedellä on omat asetussivut, joihin päästään päänäytön ASETUKSET-näppäimellä. Näytölle avautuu tämän jälkeen kuvan 7 mukainen asetussivu. Asetussivun vasemmassa reunassa päätetään pumppujen käynnistymiseen ja sammutukseen liittyvien parametrien arvot. Oikeassa reunassa on taas muut asetukset kuten testiajo, PID-säätimen asetukset sekä erilaisten rajojen arvoja.

**PALOSAMMUTUSVEDEN ASETUKSET**

LI010 - Mittausvika LI011 - Mittausv

**Pumpun käynnistysparametrit**

VUORO	RAJA (bar)	TAAJUUS (Hz)	VIIVE (s)
1.	1.0		10
2.	1.0	50	9
3.	1.0	50	8
4.	1.0	50	7
5.	1.0	50	6

**Pumpun sammutusparametrit**

1.	5.0		5
2.	5.0	50	5
3.	5.0	50	5
4.	5.0	50	5
5.	5.0	50	5

Paineasetus (bar)	2.5
MAX paine (bar)	9.0
Vuorottelu-aika (h)	2
Lukitusraja (%)	3.0
Kuittausraja (%)	6.0
Pinnankorkeus venttiiliin avaamiseen (%)	20.0
Pinnankorkeus venttiiliin sulkemiseen (%)	90.0

**Pumppujen testiajo**

EI KÄYTÖSSÄ  KÄYTÖSSÄ

Testausväli (pv)	1
Ajoaika (s)	10
Ohjaustaajuus (Hz)	50

PID TAKAISIN

Kuva 7. Palosammutusveden asetusnäyttö

Pumpuilla on kolme eri käynnistys- ja sammutusparametria: raja (bar), taajuus (Hz) ja viive (s). Pumppujen vuorottelussa on yhteensä viisi vuoroa viidelle eri pumpulle, jonka takia parametrit ovat viiteen kertaan.

Paineraja kertoo, kuinka alas paineen täytyy laskea, että seuraava pumppu lähtee käynnistymään. Taajuus kohdasta voidaan taas asettaa silloin vuorossa olevan pumpun pyörimisnopeuden. Ensimmäisenä vuorossa olevaa pumppua ohjataan kuitenkin aina PID-säätimellä, joten sen nopeuteen ei voida vaikuttaa ja kohta on jätetty tyhjäksi. Viimeinen parametri eli viive asettaa, kuinka kauan odotetaan seuraavan pumpun käynnistymistä, kun paine on alittanut sille asetetun rajan. Samat rajat ovat myös pumppujen sammuttamiseen, mutta paineraja pitää tässä tapauksessa kasvaa liian korkeaksi, että pumppu sammuu.

Sivun oikeassa reunassa näkyy eri asetuskenttiä ja niiden arvoja. Ensimmäisestä kentästä eli paineasetus (bar) -kentästä asetetaan PID-säätimeen asetusarvo. MAX paine (bar) -kentästä asetetaan paineraja, jolloin pumput lukittuvat. Vuorottelu-aika (h) tarkoi-

tuksena on päättää, kuinka monen tunnin välein vaihdetaan pumppu seuraavaan. Lukitusraja (%) ja kuittausraja (%) ovat rajoja, joilla joko lukitaan tai kuitataan lukitus pois pumppuilta. Vesisäiliöistä mitataan pinnankorkeudet ja näiden keskiarvon ylittäessä lukitusrajan lähtee lukitus päälle. Kuittausraja taas ottaa lukituksen pois päältä, kun säiliöt ovat jälleen tarpeeksi täynnä.

Seuraavat kaksi rajaa ovat venttiilin aukeamista ja sulkemista varten. Kun pinnankorkeus venttiilin avaamiseen alitetaan, aukeaa venttiili, jos se on automaattilla. Pinnankorkeus venttiilin sulkemiseen taas sulkee venttiilin, kun kyseisen kentän pinnankorkeus saavutetaan. Kaikista säiliöistä otetaan pinnankorkeus ja niiden keskiarvo näitä rajoja varten.

Pumppujen testiajon tehtävänä on testata pumppujen toimivuus. Testiajo on mahdollista ottaa käyttöön ja ottaa pois käytöstä kahdella eri painikkeella. Testausväli päättää kuinka monen päivän välein testiajo ajetaan läpi, kun testiajo on käytössä. Ajoajasta asetellaan, kuinka pitkään testiajo ajaa jokaista pumppua vuorotellen. Ohjaustaaajuus taas kertoo, millä taajuudella pumppuja ajetaan testiajon aikana.

Kuvassa 8 näkyvä PID-säätimen asetusten alanäyttö saadaan näkyville painamalla PID-näppäintä ruudun alareunasta. Tältä alanäytöltä voidaan asetella PID-säätimen P-, I- ja D-termien arvot niille luoduista kentistä. Lisäksi näytöltä nähdään tämänhetkinen mittausarvo asetusnäytölle kuuluvan alueen paineanturilta.



Kuva 8. Alanäyttö PID-säätimelle

#### 4.6 Hälytysnäyttö

Kuvassa 9 näkyvällä hälytysnäytöltä nähdään tarkemmat tiedot tämänhetkisistä ja vanhoista hälytyksistä. Näyttöön päästään käsiksi minkä tahansa näytön oikeassa yläkulmassa sijaitsevaa hälytyskenttää painamalla. Hälytysnäyttö on jaettu kahteen osaan. Ylempänä näkyvät tällä hetkellä olevat aktiiviset hälytykset ja alempana historia vanhoista hälytyksistä. Aktiiviset hälytykset ruudusta näkyy kellonaika ja päivämäärä, milloin hälytys on lähtenyt päälle. Lisäksi siinä kerrotaan hälytyksen aiheuttava vika ja laitteen positio, josta hälytys tulee. Hälytyshistoriassa näkyy samalla lailla päivämäärä, kellonaika, hälytyksen syy ja laitteen positio.

Aktiiviset hälytykset			
0009	02:42:32	04/04/2017	PI001 - Mittausvika
0012	02:42:32	04/04/2017	PI002 - Mittausvika
0015	02:42:32	04/04/2017	LI001 - Mittausvika
0017	02:57:50	04/04/2017	LI002 - Alarajahälytys
0021	02:42:32	04/04/2017	LI003 - Mittausvika
0024	02:42:32	04/04/2017	LI004 - Mittausvika
0027	02:42:32	04/04/2017	LI005 - Mittausvika
0030	02:42:32	04/04/2017	LI006 - Mittausvika
0033	02:42:33	04/04/2017	LI007 - Mittausvika
0036	02:42:33	04/04/2017	LI008 - Mittausvika
0039	02:42:33	04/04/2017	LI009 - Mittausvika
0042	02:57:08	04/04/2017	LI010 - Mittausvika
0045	02:42:33	04/04/2017	LI011 - Mittausvika
PI001 - Mittausvika			

Hälytyshistoria			
02:42:32	04/0	PI001 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	PI002 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	LI001 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	LI002 - Mittausvika	02:57:44 04/0
02:42:32	04/0	LI003 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	LI004 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	LI005 - Mittausvika	
02:42:32	04/0	LI006 - Mittausvika	
02:42:33	04/0	LI007 - Mittausvika	
PI001 - Mittausvika			

TAKAISIN

Kuva 9. Hälytysnäyttö

#### 4.7 Kommunikointi

Kommunikointi ohjelmoitavan logiikan ja HMI-paneelin välillä tapahtuu käyttäen Modbus TCP/IP-protokollaa. Modbus on alun perin Modiconin luoma sarjaliikenneprotokolla

logiikkakommunikointia varten vuonna 1979. Modbus TCP/IP on muunnelma tästä alkuperäisestä protokollasta ja sitä voidaan hyödyntää TCP/IP-verkoissa käyttäen porttia numero 502 kommunikointiin. Protokolla on hyvin yksinkertainen ja täysin ilmainen, jotka ovat pääsyyt sen hyödyntämiseen tässä projektissa TCP/IP-verkon ylitse. [6.]

DOPSoftista saadaan parametrisoitua omat muuttujat paneelille, jolloin paneeli hakee näihin muuttujiin logiikan muistiosoitteista väylän ylitse kaikkien muuttujien tiedot. Tällöin käyttöliittymään saadaan reaaliaikaista tietoa esimerkiksi moottorin tilasta tai säiliön pinnankorkeudesta.

Kytkeä kommunikointia varten toteutetaan kytkemällä logiikka kytkimen kautta paneelille Ethernet-kaapeleiden avulla. Kun laitteet ovat kytkettynä toisiinsa, protokolla ja kommunikaatio laitteiden välillä toimii, kunhan eri asetusvaihtoehdot ovat asetettu sekä paneelilta että logiikalta oikein.



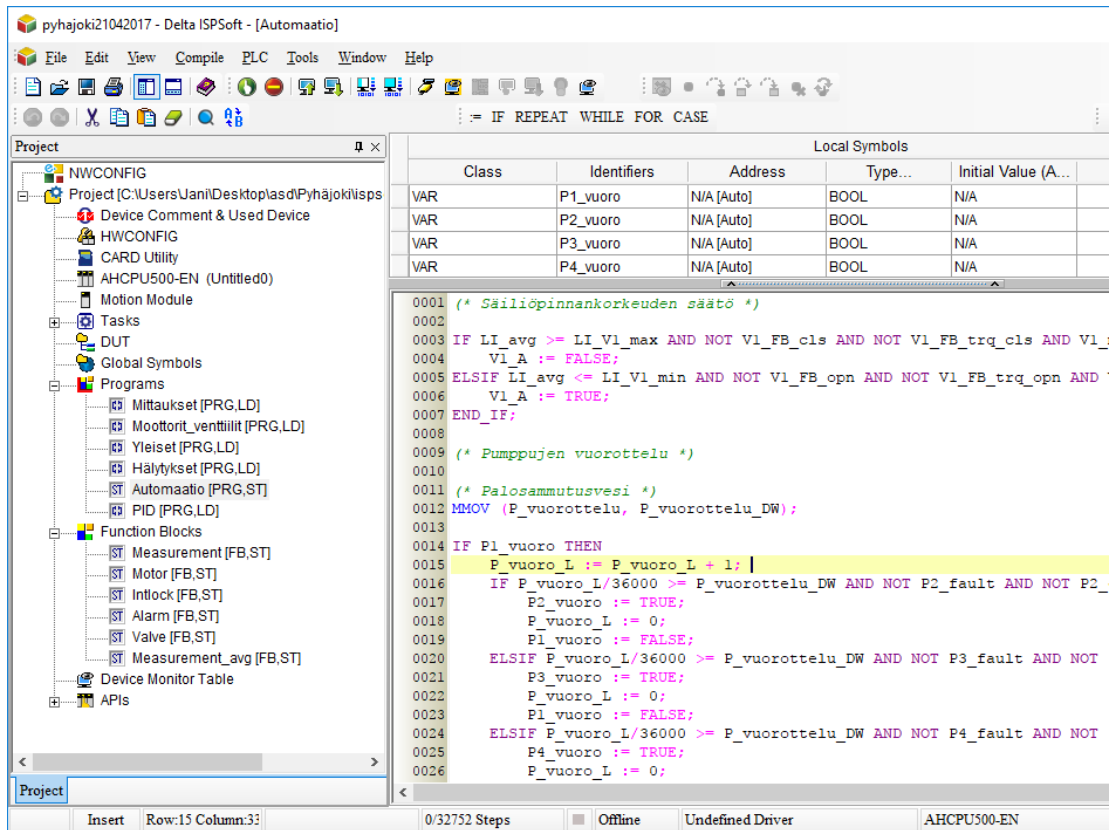
## 5 Logiikan ohjelma

Ohjelmointi on toteutettu Deltan AH500-logiikalle ISPSOft-ohjelmistoa käyttämällä. ISPSOftin yleisnäkyvä voidaan jakaa kolmeen pääosioon, jotka näkyvät kuvassa 10. Ensimmäinen näistä on varsinainen ohjelmointiosio, joka sijoittuu näkymän keskelle. Ohjelman toteutus ja muokkaaminen suoritetaan tässä kohtaa näkymää. ST-kielillä tehdessä tämä näkyvä koostuu pelkästään tekstimuotoisesta koodista. Muilla kielillä näkymät ovat hieman erilaisia riippuen siitä, mitä kieltä käytetään. Tällöin ohjelmointi ei välttämättä ole niin tekstipainotteista. Tämän osion yläreunassa pystytään myös lisäämään ohjelmaan paikallisia muuttujia, joita hyödynnetään kyseisen ohjelmaosion sisällä. [7.]

Toinen osio vasemmassa reunassa sisältää kaikki luodut ohjelmat, konfiguraatiot, muuttujat ja muut erikoisasetukset, joita logiikalle halutaan ladata. Programs-osioon voidaan luoda ohjelmia eri kielillä ja vaihtaa, mikä ohjelmista näkyy tällä hetkellä päänäkyvässä. Function Blocks -osiossa taas voidaan luoda ohjelmalohkoja, joita voidaan hyödyntää useaan kertaan luoduissa ohjelmissa. HWCONFIG-osio on taas laitteiston konfiguraation luomista varten, missä voidaan päättää logiikan kokoonpano ja mitä moduuleja siihen kuuluu. [7.]

Yläreunaan sijoittuvassa palkissa voidaan suorittaa erilaisia perustoimenpiteitä, kuten:

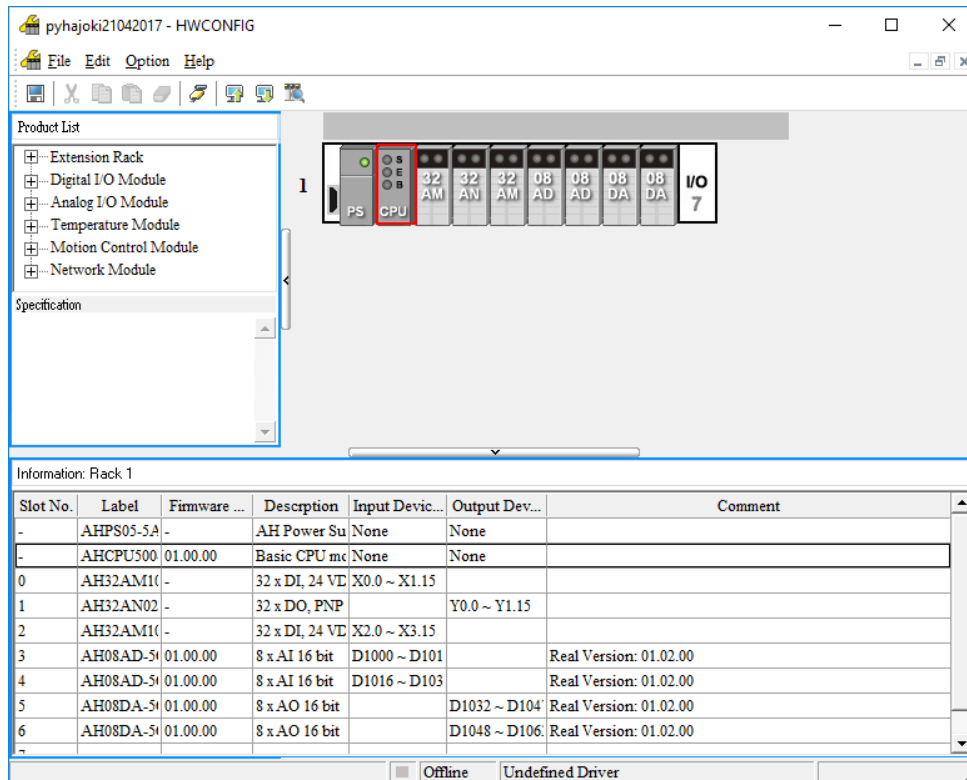
- luoda, tallentaa tai avata ohjelma
- kääntää ohjelma ja tarkastaa se virheiltä
- ladata ohjelma logiikalle
- laittaa logiikalla oleva ohjelma käyntiin tai pysähdyksiin
- muokata ISPSOftin yleisnäkyvää.



Kuva 10. Yleisnäkymä ISPSOFTista

## 5.1 HWCONFIG

HWCONFIG-osiossa voidaan muuttaa varsinaisen logiikan kokoonpanoa ja hienosäätää eri moduulien asetuksia. Kun HWCONFIG avataan päänäköymästä, tulee näkyviin kuvan 11 mukainen näkymä. Vasemmasta reunasta voidaan valita erikokoisia räkkejä ja niihin voidaan valita haluttu CPU ja muut moduulit. Alhaalla näkyvät tiedot kaikista räkillä olevista moduuleista ja mihin muistipaikkoihin niiden tulevat I/O-tiedot kirjoitetaan. Kaksoisklikkaamalla mitä tahansa moduulia voidaan avata kyseisen moduulin tarkemmat konfiguraatietiedot ja tehdä muutoksia niihin. Esimerkiksi AI-moduuliin voidaan valita tulevatko mittaustiedot kentältä virta- vai jänniteviestinä.



Kuva 11. HWCONFIG-osiossa luotu laitteistopuolen konfigurointi projektille

## 5.2 Ohjelmalohkot

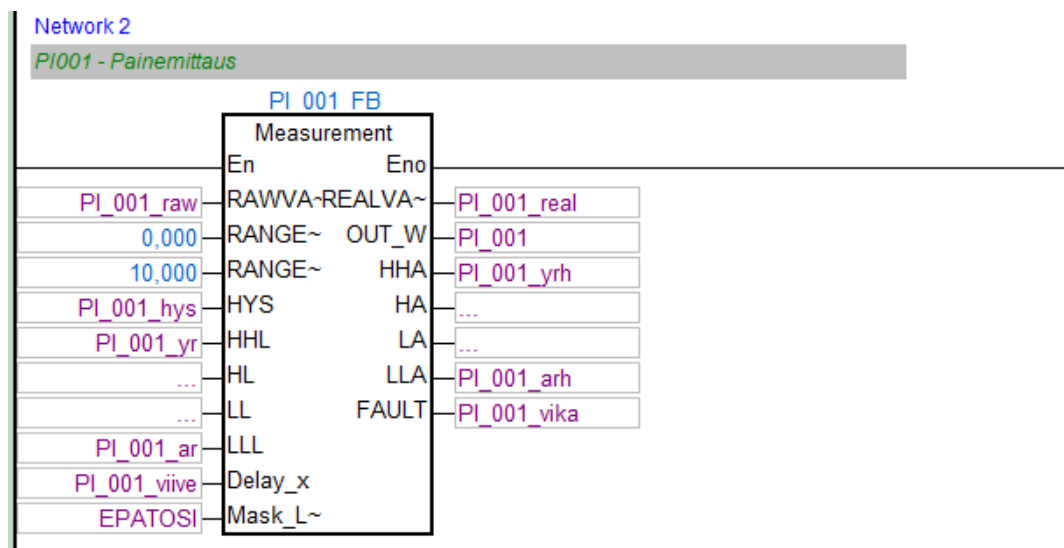
Mittauksien, moottoreiden, venttiileiden ja PID-säätimen ohjelmoinnissa on pääosin käytetty ohjelmalohkoja. Jokaiselle näistä on ohjelmoitu yksi perusohjelmalohko ST-kielellä, jota hyödynnetään useampaan kertaan eri toimilaitteita varten. Esimerkiksi jokaiselle mittaukselle on kopioitu sama lohko ja siihen on vain liitetty kyseisen mittauksen eri muuttujat.

Lohkot käsittelevät siihen syötettävät tiedot ja antavat tämän jälkeen ulos tietoa riippuen niiden tilasta ja toimintatarkoituksesta. Esimerkiksi jos moottori on manuaalilla ja joku painaa START-näppäintä käyttöliittymästä, antaa lohko itsestään ulos ohjauksen moottorin käynnistykseen. Tämän jälkeen DO-moduulilta lähtee mA-viesti moottorille sen käynnistämistä varten ja moottori lähtee toimimaan. Lohkot osaavat estää myös ohjaukset vikatilanteissa ja reagoida eri tilanteisiin, milloin ja miten toimilaitetta kuuluu ajaa.

### 5.3 Mittaukset

Mittauslohkon päätoiminta on muuntaa anturilta logiikalle tuleva raaka mittausarvo todellista mittausta vastaavaksi arvoksi. Esimerkiksi alemmassa kuvassa 12 painemittauksesta tuleva 4–20 mA:n tieto muunnetaan todellista mittausta vastaavaksi arvoksi. Tällöin saadaan lohkokosta ulos oikein skaalattu mittaustieto, jota voidaan hyödyntää muissa logiikan ohjelmissa ja joka voidaan viedä näytettäväksi paneelille.

Lohkoon tuodaan myös paneelilta hälytysrajat, hälytysviive ja hystereesi hälytyksille. Näin lohko luo tarvittaessa hälytyksen mittauksesta, jos tietty yläraja ylitetään tai alaraja alitetaan. Lohkolta on myös saatavissa vikatieto, jos anturilta tuleva tieto ylittää tai alittaa 4–20 mA:n virtaviestin rajat. Nämä tiedot viedään myös eteenpäin paneelille, jolloin voidaan havaita mahdolliset vikatilanteet. Kuvassa 12 havainnollistetaan mittauslohkon PI001 näkymä ja siihen sijoitettuja muuttujia ja arvoja.



Kuva 12. Mittauslohko painemittauksesta PI001

### 5.4 Pumput

Moottorilohkon tarkoitus on ohjata pumppua taajuusmuuttajan kautta päälle tai pois päältä sekä ohjata pumpun pyörimisnopeutta. Päälle ohjaus viedään DO-moduulilta +24 V:n signaalina taajuusmuuttajalle. Nopeuden ohjauksessa käytetään 4–20 mA:n

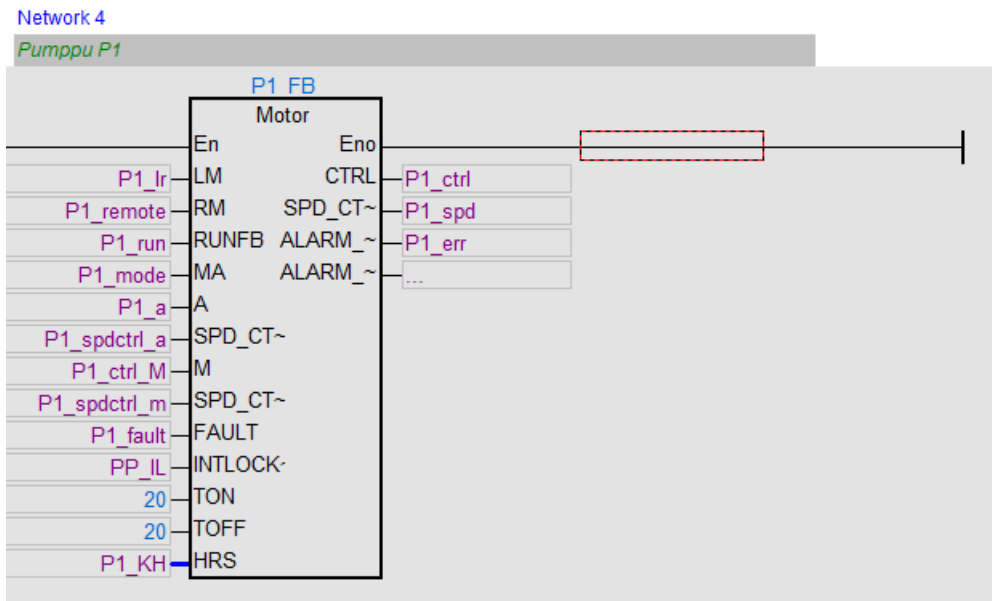
virtaviestejä AO-moduulilta taajuusmuuttajalle. Vikatilanteessa pumppu pysähtyy ja sitä ei voi ohjata, ennen kuin taajuusmuuttajalta tuleva vikatietao on poistunut.

Moottorilohkossa, josta esimerkki kuvassa 13, päätetään aluksi, onko pumppu local- vai remote-tilassa eli paikallisohjauksessa vai etäohjauksessa. Tämä local/remote-tila voidaan muuttaa taajuusmuuttajalta. Paikallisohjaus tarkoittaa, että pumppua ohjataan suoraan taajuusmuuttajan paneelilta, eikä ohjelmoitava logiikka vaikuta tällöin ohjaukseen mitenkään. Etäohjaus taas tarkoittaa, että ohjaus tehdään, joko käyttöliittymän kautta manuaalijolla tai automaattisesti ohjelmalla automaattijolla. Tämä automaattijon manuaaliohjauksen muutos tehdään käyttöliittymän kautta, jolloin ohjelma tietää, miten pumppua ajetaan.

Pumpun ollessa manuaalijolla täytyy käyttöliittymästä vielä erikseen käynnistää pumppu, jonka jälkeen moottorilohko antaa ohjaustiedon logiikalta taajuusmuuttajalle. Myös haluttu pumpun manuaaliohjauksen nopeus pitää määrittellä paneelilta.

Automaattijon ollessa päällä käyttöliittymästä pumppua ohjataan logiikalle ohjelmoidun automaatio-osuuden mukaan. Kun automaatio-ohjelmasta tulee tieto, että nyt pumppu käynnistetään tai sammutetaan, ohjaa moottorilohko tämän tiedon taajuusmuuttajalle. Automaattijon nopeusohje tulee PID-säätimeltä, jos pumppu on vuorotellussa ensimmäinen, tai käyttöliittymän määrittelystä nopeusasetuksesta.

Molemmissa ohjaustavoissa odotetaan pumpulta käyntitietoa 20 sekunnin ajan. Jos ohjauksen mukaista käyntitietoa ei tule logiikalle, tehdään pumpun valvontahälytys ja estetään pumpun ohjaaminen. Hälytys kuittaantuu, jos käyntitieto tulee oikein ohjelmalle tai jos pumppu käytetään manuaaliohjauksella ja korjataan tilanne.

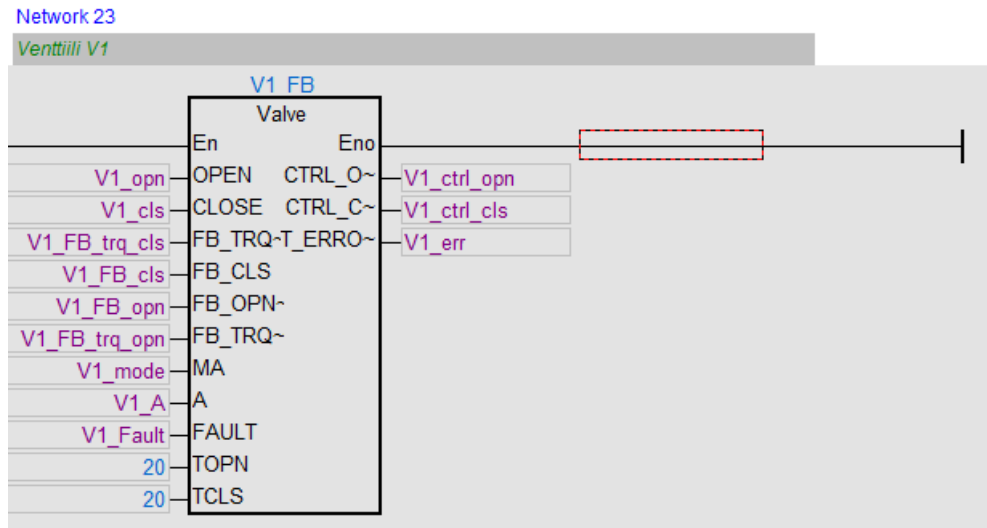


Kuva 13. Moottorilohko pumpusta P1

## 5.5 Venttiili

Venttiililohkon toiminta on hyvin samankaltainen moottorilohkon toimintaan. Eroavaisuutena on se, että venttiililohkolla venttiiliä voidaan ohjata kahteen eri suuntaan, joko auki tai kiinni.

Manuaalililassa venttiili voidaan paneelin näppäimiltä joko avata tai sulkea. Venttiilillä on rajatiedot, joilla havaita, missä tilassa venttiili on tällä hetkellä. Normaaliin auki- ja kiinnirajojen lisäksi lohkon tulevat momenttirajat. Jos momenttiraja saavutetaan, kaikki ohjaukset otetaan samantien pois ja laitetaan hälytys päälle. Tarkoituksena on kuitenkin, ettei momenttirajalle koskaan mennä. Kuvassa 14 nähdään venttiilin V1 lohko ja siihen liitetyt tulevat ja lähtevät tiedot.



Kuva 14. Venttiilohko venttiilistä V1

## 5.6 Automaatio

Varsinainen automaation ohjelma on toteutettu kokonaisuudessaan ST-kielellä. Automaatio-osioon kuuluu sekä palosammutus- että käyttöveden puolien pumppujen vuorottelu, käynnistys- ja pysäytysjärjestys ja testiajo. Näiden lisäksi automaatio-osiossa on myös venttiilillä ohjattava säiliöiden pinnankorkeuden säätö. Automaatio-osio toimii täysin seuraten toiminnankuvausta.

Koska toiminnankuvaus sisältää automaation toiminnan periaatteen, ei siitä luotua tekstipohjaista ohjelmaa tulla käsittelemään tämän työn puitteissa kokonaan. Kuva 15 sisältää esimerkkiotteen automaatio-ohjelman pumppujen vuorottelusta.

Vuorottelun toiminta on seuraavanlainen. Paneelilta asetellaan aika tunneissa ohjelman muuttujaan P\_vuorottelu\_DW. Ensimmäisellä käynnistyskerralla aloitetaan vuorottelu pumpusta P1 ja aletaan laskemaan 100 ms sykleissä aikaa laskurilla. Jos paneelilta on aseteltu vuorotteluajaksi yksi tunti ja laskuri on laskenut 36000 ohjelmakiertoa muuttujalle P\_vuoro\_L, eli aikaa on kulunut 3600 sekuntia, vaihdetaan vuoro seuraavana automaatiolla ja toimintakunnossa olevalle pumpulle. Jos käynnistysvaiheessa pumpu P1 olisi ollut vikatilassa, oltaisiin suoraan siirretty pumpulle P2 ilman tunnin ajanlaskentaa. Seuraavalle pumpulle siirtymisen jälkeen laskuri nollataan ja aloitetaan laskemaan aikaa uudestaan. Kun kaikki pumput on käyty läpi, palataan takaisin pumpun P1 vuoroon.

```

0009 (* Pumppujen vuorottelu *)
0010
0011 (* Palosammutusvesi *)
0012 MMOV (P_vuorottelu, P_vuorottelu_DW);
0013
0014 IF P1_vuoro THEN
0015     P_vuoro_L := P_vuoro_L + 1;
0016     IF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P2_fault AND NOT P2_err AND P2_mode THEN
0017         P2_vuoro := TRUE;
0018         P_vuoro_L := 0;
0019         P1_vuoro := FALSE;
0020     ELSIF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P3_fault AND NOT P3_err AND P3_mode THEN
0021         P3_vuoro := TRUE;
0022         P_vuoro_L := 0;
0023         P1_vuoro := FALSE;
0024     ELSIF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P4_fault AND NOT P4_err AND P4_mode THEN
0025         P4_vuoro := TRUE;
0026         P_vuoro_L := 0;
0027         P1_vuoro := FALSE;
0028     ELSIF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P5_fault AND NOT P5_err AND P5_mode THEN
0029         P5_vuoro := TRUE;
0030         P_vuoro_L := 0;
0031         P1_vuoro := FALSE;
0032     ELSIF P1_fault OR P1_err THEN
0033         P2_vuoro := TRUE;
0034         P_vuoro_L := 0;
0035         P1_vuoro := FALSE;
0036     END_IF;
0037 ELSIF P2_vuoro THEN
0038     P_vuoro_L := P_vuoro_L + 1;
0039     IF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P3_fault AND NOT P3_err AND P3_mode THEN
0040         P3_vuoro := TRUE;
0041         P_vuoro_L := 0;
0042         P2_vuoro := FALSE;
0043     ELSIF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P4_fault AND NOT P4_err AND P4_mode THEN
0044         P4_vuoro := TRUE;
0045         P_vuoro_L := 0;
0046         P2_vuoro := FALSE;
0047     ELSIF P_vuoro_L/36000 >= P_vuorottelu_DW AND NOT P5_fault AND NOT P5_err AND P5_mode THEN
0048         P5_vuoro := TRUE;

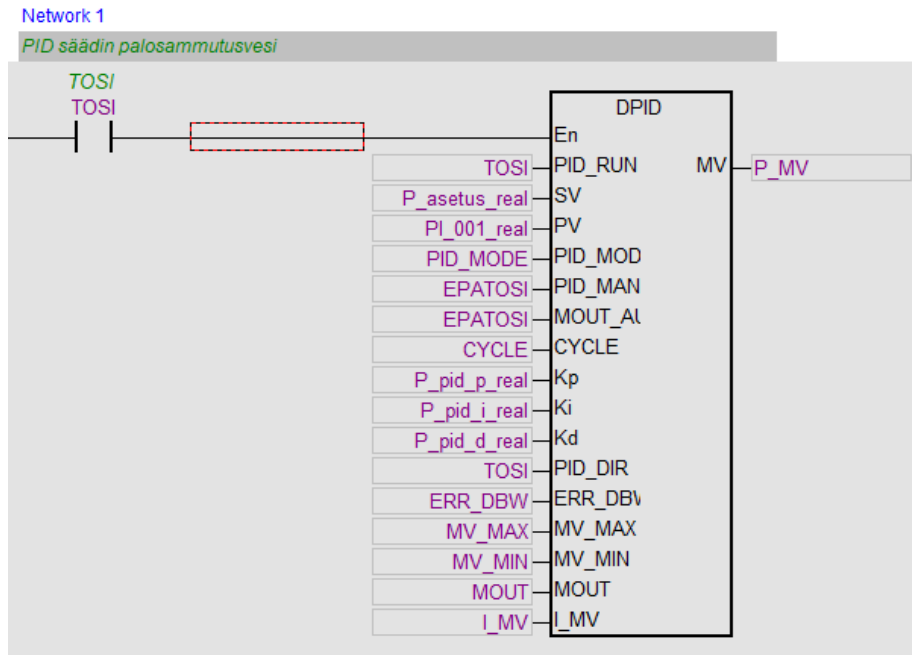
```

Kuva 15. Ote pumppujen vuorottelun koodista

## 5.7 Säätö

PID-säätimen lohko on ISPSOftin sisäinen valmiiksi luotu lohko, jota voidaan hyödyntää eri ohjelmien sisällä. Kyseiseen lohko vaatii muuttujat asetusarvolle, mittausarvolle, P-, I-, D-termeille, ohjauksen minimiarvolle, ohjauksen maksimiarvolle ja ohjausarvolle. Lisäksi voidaan halutessaan lisätä auto/manual-ohjaus, jolloin PID-säätimen kautta voidaan ohjata manuaalisesti haluttua vakioarvoa. PID-säädin voidaan myös tarvittaessa kytkeä pois päältä, jolloin ohjaus menee nolliille. Kuvan 16 säädintä käytetään vuorossa olevan pumpun nopeuden ohjaukseen paineenmittauksen avulla.





Kuva 16. Palosammutusveden pumppujen PID-säädin

## 6 Yhteenveto

Työssä luotiin onnistuneesti projektin tavoitteiden mukainen ohjelma logiikalle sekä käyttöliittymä paneelille. Lähitulevaisuudessa ohjelma ja käyttöliittymä tullaan vielä testaamaan käyttöönoton yhteydessä kunnolla.

Käyttöliittymästä tehtiin hyvin yksinkertainen ja helposti tulkittava. Yleisnäkymistä saadaan kaikki tärkeä näkyville prosessin tilasta ja voidaan havainnollistaa, mitä prosessissa tapahtuu. Myös tarpeelliset ohjeet saatiin muodostettua käyttöliittymän tulkitsemista varten, jolloin loppupään käyttäjällä ei pitäisi olla ongelmia prosessin ajamisessa.

Ohjelmistopuolelle luotiin hyvä pohja muita samankaltaisia projekteja varten erilaisilla ohjelmalohkoilla, mikä mahdollistaa niiden uudelleenkäytön tulevaisuuden erilaisissa projekteissa, jotka hyödyntävät samaan sarjaan kuuluvaa logiikkaa.

Lopuksi haluan kiittää kaikkia HI-Automation Oy:n henkilöstöä, jotka auttoivat projektissa.

## Lähteet

- 1 HI-Automation Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.hi-automation.com/fi/yritys>> Luettu 10.4.2017
- 2 Delta Electronics. Verkkodokumentti. <<http://www.deltaww.com/about/company.aspx?secID=5&pid=0&tid=0&hl=en-US>>. Luettu 20.6.2017
- 3 Delta Electronics. Verkkodokumentti. <<http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=06&hl=en-US>>. Luettu 20.6.2017
- 4 Delta Electronics. Verkkodokumentti. <<http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=2173&hl=en-US&Name=DOP-W105B>>. Luettu 15.4.2017
- 5 Delta Electronics. Verkkodokumentti. <[http://www.deltaww.com/filecenter/Products/download/06/060301/Catalogue/DELTA\\_IA-PLC\\_AH500\\_C\\_EN\\_20170302\\_web.pdf](http://www.deltaww.com/filecenter/Products/download/06/060301/Catalogue/DELTA_IA-PLC_AH500_C_EN_20170302_web.pdf)>. Luettu 15.4.2017
- 6 Wikipedia. Verkkodokumentti. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>>. Luettu 15.8.2017
- 7 Delta Electronics. Verkkodokumentti. <<http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060301&PID=3598&hl=en-US&Name=ISPSoft%20Programming%20Software>>. Luettu 14.8.2017