

Juha Vire

Pumppuautomaatiikan kehittäminen pintavesikaivoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

14.11.2016

Tekijä Otsikko	Juha Vire Pumppuautomaatiikan kehittäminen pintavesikaivoon
Sivumäärä Aika	53 sivua + 5 liitettä 14.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Opinnäytetyön valvoja, lehtori Kai Virta Opinnäytetyön ohjaaja yrityksessä, toimitusjohtaja Antti Äikää
<p>Tämän insinöörityön aiheena oli kehittää prototyyppi markkinoille mahdollisesti saatettavasta pintavesikaivon tyhjennyspumppua ohjaavasta, PLC-logiikkaan perustuvasta, automatiikasta.</p> <p>Työ on tehty Etherma Skandinavia Oy:n kanssa yhteistyössä, ja siinä tutkittiin mahdollisen tulevaisuudessa valmistettavan automaation rakennetta sekä toteutusta niin, että prototyyppilaitteen valmistuttua ja puolen vuoden kenttäkokeiden jälkeen yrityksessä voidaan tehdä päätös mahdollisen laite-tuotannon aloittamisesta.</p> <p>Tämän työn yhteydessä suunniteltiin pumppujärjestelmän automatiikka ja valmistettiin itse automaatiokeskus. Pumppuautomaatiikalle ladattiin ohjelmisto keskusvalmistajan valmistusosastolla, minkä jälkeen pumppausjärjestelmää koekäytettiin Metropolia AMK:n vesiprosessilaboratoriossa. Lopuksi laite asennettiin kenttäkoekäyttöön Espooseen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin tietoa kyseessä olevan pintavesiautomaatiikan suunnittelun, ohjelmoinnin ja kokoonpanon haasteista. Lisäksi saatiin käytännön kokemuksia ultraäänianturitekniikan toiminnasta pinnankorkeuden mittauksissa.</p>	
Avainsanat	Pintaveden pumppuautomaatiikka, pintaveden viemärikaivo

Author Title Number of Pages Date	Juha Vire Pump automatics development for a surface water's well 53 pages + 5 appendices 14 th November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructors	Kai Virta, Senior Lecturer Antti Äikää, Principal Lecturer, managing director of Etherma Skandinavia Ltd
<p>The purpose of this thesis was to develop a commercial pump PLC-logic based automation model prototype, used for of surface water well emptying purposes.</p> <p>This thesis was commissioned by the Finnish company Etherma Skandinavia Oy and with this project, a possibility of automation construction and implementation was studied, so that when the prototype apparatus will be completed and the half year long field testing is over, the company can decide about starting the production</p> <p>The pump system's automatisisation was designed and the automation box was installed. A software downloading took place in the manufacturer's premises. After that measurements and studies were made at Metropolia (UAS) water technology laboratory premises. Finally, the device was installed and implemented for field testing on location in Espoo, Southern Finland.</p> <p>As the result of the thesis project, information about challenges concerning surface water pump automation designing, programming and assembly, was obtained. Also the study gave practical experience on ultrasonic technology, in liquid level measurements.</p>	
Keywords	Pump automatic for ground surface water, surface water drain wells

Kiitokset:

Haluan kiittää kaikkia Insinööriyöni valmistamisessa auttaneita henkilöitä ja tahoja!

Metropolia (AMK), automaatiotekniikan opetushenkilöstö, eritoten kiitoksen ansaitsevat ohjaajanani toiminut Kai Virta ja koulutussuunnittelija Hanna Järvinen sekä opetussuunnitelmastani vastannut lehtori Markku Inkinen.

Etherma Skandinavia Oy, joka valmistutti tämän laitteiston opinnäytteenä. Erityiskiitoksen ansaitsevat toimitusjohtaja Antti Äikää, joka toimi yrityksen puolelta ohjaajanani ja varastopäällikkö Janne Juutilainen, joka kokosi tarvikkeet ja kokoonpani automaatiolaitteiston.

Lisäksi kiitän aviovaimoani Satua, joka on jo useamman vuoden ajan jaksanut kestää iltaopiskeluuni aiheuttamaa yhteisen laatuaikamme vähenemistä.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Säätötekniikan yleistä teoriaa	6
2.1	Prosessidynamiikka	6
2.2	Prosessin kapasiteetiluku ja aikavakio	7
2.3	Massatase	7
2.4	Prosessimalleista	8
2.5	Lähtö- ja tulomuuttujat	10
3	Pumppuautomaatiikka	11
3.1	Yleistä	11
3.1.1	Kehitettävän pintavesipumppuautomaatiikan säätöperiaate	11
3.1.2	Automaatiikan päätilat	13
3.1.3	Häiriötilanteet	13
3.1.4	Logiikan valinnasta	14
3.2	Pumppuautomaatiikan periaatteet	15
3.2.1	Automaatiikan rakenne	15
3.2.2	Logiikkaohjelmointikielistä yleisesti	16
3.2.3	Pintavesipumppuautomaatiikan ohjelma ja ohjelmointi käytännössä	17
4	Toimilaitteet	21
4.1	Pumppujen ja antureiden rakenne ja vaihdettavuus	21
4.1.1	Pumput	21
4.1.2	Käytettäväksi valitut anturityypit	21
4.1.3	Antureiden käyttämisestä yleisesti	22
4.1.4	Analogia-anturien liittäminen logiikan osaksi	24
4.1.5	Pumppulogiikan redundanttisuus	25
4.2	Mekaniikka	26
4.2.1	Automaatiikan tiiveysluokan vaatimukset	26
4.2.2	Automaatiikan logiikan muut mekaaniset vaatimukset	26
4.2.3	Automaatiikalle valittavan logiikan vaatimukset	27
4.2.4	Uppopumppujen valinta ja vaatimukset	27
4.2.5	Kehitettävän pintavesipumppuautomaatiikan asettamia reunaehtovaatimuksia pumpuille	29
4.2.6	Anturien valintaan liittyvät vaatimukset	30

5	Malliprototyypin valmistus	30
5.1	Automaatio ja sähkötekkinen osa	30
5.2	Pintavesipumppuautomaation ohjelmointi	31
5.3	Mekaniikan valmistus	32
5.3.1	Kotelon valitseminen	32
5.3.2	Tiiveysluokan varmistaminen automatiikan liitinosasta kotelon ulkopuolelle	33
5.3.3	Tiiveysluokan varmistaminen automaatiokotelon ja liitinkotelon välillä	34
5.3.4	Liittimet ja läpiviennit pumppu-, yhteys - ja anturijohdoille	34
5.3.5	Liitinten asennus antureita ja ulkoisia signaali- sekä väyläjohtimia varten	36
5.3.6	Merkinnät ja viimeistely	38
5.3.7	Pumpun valinta koelaitteistolle	39
6	Malliautomaatiikan prototyypin koeajot	41
6.1	Yleiset olosuhteet	41
6.2	Laitteen toiminta koeympäristössä yleisesti	43
6.3	Anturien toiminta	46
6.4	Pumppujen toiminta	46
6.5	Yhteenvetoa	47
7	Loppuyhteenvetoa laitteesta	47
7.1	Laitte käytössä	47
7.2	Soveltuvuuden arviointi	51
7.3	Ajatuksia laitteen mahdollisesta tuotantoversiosta	52

Liitteet

Liite 1. Pumppuautomaatiikan piirikaavio

Liite 2. Pumppuautomaatiikan käytön ohjelma

Liite 3. Logo-datalehti / Siemens

Liite 4. Ultraääniantureiden datalehti / Carlo Gavazzi

Liite 5. Listaus asennukseen käytetyistä kalusteista ja komponenteista

Lyhenteet ja termit

Uppopumppu

Veden alle upotettava pumppumalli, jossa on yleensä kohoan rakennettu pintakytkin (uimuri), joka hoitaa pumpun käynnistämisen ja pysäyttämisen.

Pumppuautomaatiikka

Pumppausta ohjaava ja valvova automaatio-osa.

Pintavesikaivo

Keräilykaivo, joko pihalta kertyvien valumavesien, tai salaojien kautta kerättävien pintavesien kokoomakaivo.

Tiiveysluokka, kotelointiluokka

Kertoo sähkölaitteen koteloinnin tiiveyden. Erityyppisiä olosuhteita varten on määritelty käytettäville sähkölaitteille kotelointiluokka, aina vesitiiviistä laitteesta, kuivaan tilaan asennettavaan laitteeseen. Luokkaa määritellään IP-koodilla (esim. IP44).

Redundanttisuus

(Periaateen mukaisesti) redundanttinen järjestelmä sisältää enemmän rinnakkaisia järjestelmiä tai ohjelmia, kuin on peruskäyttöä varten tarpeen. Redundantisella järjestelmällä parannetaan laitteiston vian-, tai häiriönsietoa.

Taloautomaatio (kiinteistöautomaatio)

Joko keskitetty tai hajautettu järjestelmä, joka kerää ohjaustietoa kiinteistön tilasta reaaliaikaisesti ja johon voi antaa ohjaustietoa esim. kytkimillä ja jolla voidaan ohjata näistä anturoinneista tulevan tiedon tai kytkinohjausten perusteella kiinteistössä erilaisia tiloja, esimerkiksi lämpöä, valoa, ilmastointia yms.

PLC-logiikka

Programmable Logic Controller, PLC. Ohjelmoitava logiikka.

Std-Virta tai -jänniteviesti

Analoginen sähköinen viestitieto virtavietille sovittu standardiarvohaarukka on 4...20 mA (DC), jänniteviestin standardiarvo on välillä 0 – 10 V. Näin voidaan vastaanottaa mittaviesti esim. anturilta tai antaa ohjausviesti toimilaitteelle.

EIB/KNX

On maailmanlaajuinen standardisoitu väyläprotokolla kiinteistöjen automaatiojärjestelmien käyttöön.

Modbus

Vuonna 1979 julkaistu sarjaliikenneprotokolla, joka oli tarkoitettu käytettäväksi ohjelmoitavien logiikkojen (PLC) kanssa.

Ultraääni

Ilmanpaineenvaihtelua, kuten myös kuultava ääni, jonka taajuusalue sijoittuu taajuuspektrillä ihmisen korvan teoreettisen kuuloalueen yläpuolelle taajuus ultraäänellä on >20 kHz

Kenttäväylä

Automaatiojärjestelmien ja/tai näihin laitteistoihin liitettyjen toimilaitteiden datan siirtämiseen käytetty tekniikka. Ohjaukset voidaan tehdä väyläprotokollassa, tai kahden protokollan välisessä ohjelmistorajapinnassa.

Ethernet

Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu, joka on vanhimpia laajasti hyväksytty tekniikka (LAN).

Ultraäänianturi

Ultraäänen avulla, esimerkiksi etäisyyden mittaamiseen tai liikkeen tunnistamista suunniteltu anturi.

Konfigurointi

Asetusten muokkaamista ja säätämistä tai uusien asetusten asettamista.

Vikavirtasuojakytkin

On sähkötekniinen komponentti, joka vertailee nollan ja suojamaadoituksen välistä vuotovirtaa. Käytössä on yleensä vikavirtasuojaus, joka estää yli 30 milliampeerin vuotovirran ympäristön ja sähkölaitteiston välillä.

DIN -kisko

Mm. keskuksiin asennettava standardoitu kiskomalli, johon voidaan kiinnittää mm. johdonsuojakatkaisimia, releitä ym. sähkötekniisiä komponentteja.

Reed-kytkin

On yleensä lasiputkeen asennettu kytkinkomponentti, minkä avautumis- ja sulkeutumistoimintoa voidaan käyttää ulkopuolisella, liikutettavalla magneetilla.

1 Johdanto

Perustyyppisten, perinteisellä kelluntakohotoimisella pintakytkinantturilla varustetujen uppopumppujen kehittämisestä on syntynyt tilaus vuosien saatossa kertyneiden koke-
muksien myötä, asiakaskunnan tarpeista.

Tavoitteena tässä projektissa oli kehittää pumppuautomaatiosta tuoteratkaisu kenttätes-
tausasteelle (prototyypin kehitystyö), jotta tulevaisuudessa saatetaan mahdollisesti
tehdä päätös valmistettavasta automatiikkamallistosta pintavesipumppuja varten.

Kiinteistöissä käytetyt uppopumput ovat osoittautuneet pitkäaikaisessa käytössä vikaan-
tumisherkeiksi. Tämän tyyppisten uppopumppujen rikkoutuminen useissa paikoissa on
johtanut huomattaviin taloudellisiin vahinkoihin pintavesien noustessa sisälle kyseisten
kiinteistöjen kellarien rakenteisiin.

Vuosien pohdinnan ja tuloksena on suunniteltu ja valmistutettu alihankintana yksittäisiä
pintavesipumppujen automaatoratkaisuja, jotka ovat ohjausteknisesti perustuneet perin-
teiseen ajastinreletekniikkaan. Nämä valmistetut laitteistot ovat toimitettuna asiakkaille
ja ovat olleet jokapäiväisessä pumppukäytössä, kaivojen tyhjennyksessä, jo useita vuo-
sia.

Koska useiden kiinteistöjen kohdalla on ollut tarvetta ja kun asiaa on usean vuoden ajan
tutkittu, on syntynyt ajatus kehittää yhdenmukainen teollisesti valmistettava automaa-
tiolaite, kyseessä olevien pintavesikaivojen tyhjennystarpeisiin.

Vuosien kokemuksella on arvioitu, että tuotteen ominaisuuksiin tulisi sisältyä vähintään
seuraavat pääasiat:

- 1) Laite tulee olla myös asennettavissa sisälle pintavesikaivoon (koon ja tiiveysluokan
haaste).
- 2) Laitteen tulee sisältää, esimerkiksi kytkentälangalla ”jumpperoimalla” asetettava op-
tio, kahden pumpun järjestelmän käyttöön kytkemistä varten. Käytettävään laitteis-
toon pitää siis voida liittää kaksi uppopumppua, jolloin pumppaukseen käytetty tyh-

jennysjärjestelmä toimii redundantisesti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että toisen pumpun vioituttua toinen, ehjä pumppu käynnistyy, minkä lisäksi järjestelmä antaa hälytyksen häiriötilanteesta. Hälytyksen aikana toinen pumppu jatkaa pumppaukselle asetettuja syklejä, mikä taas antaa lisää aikaa, jotta viallinen pumppu voidaan vaihtaa ja tämän huolto-operaation jälkeen kuitata painikkeella vikatila pois.

- 3) Laite tulee varustaa nykyaikaisella PLC-logiikalla, jolloin voidaan automatiikan käytön ohjauksia asettaa ohjelmallisesti pc:lle asennetun ohjelman, tai käytettävän logiikan oman etupaneelin käyttöliittymän avulla.
- 4) Optionaalisesti laite on oltava liitettävissä kenttäväylän kautta osaksi koko kiinteistön taloautomaatiota.
- 5) Pinnankorkeuden muutosta mitataan reaaliaikaisesti käyttämällä automatiikassa virta- tai jänniteviestiä logiikalle lähettävää pinnankorkeuden anturointia.

Koska pinnankorkeusanturin käyttöön liittyvät pinnankorkeuden mittaluvut asetetaan ohjelmaan asennusparametreinä, voidaan anturit asentaa mekaanisesti kiinteäksi, aina kulloinkin mitattavaan kaivoon tai säiliöön. Tällä ratkaistaan se, ettei tarvita erillistä anturin vertikaalista mekaanista asettelua anturitekniikan asennusvaiheessa, vaan pinnankorkeuden säätöasetukset, pinnankorkeuksien suhteen, pystytään syöttämään järjestelmään luodun ohjelmallisen käyttöliittymän kautta.

- 6) Kaivossa vioittuneiden laitteiden, kuten pumppujen ja antureiden, vaihto tulee olla helposti ”perehdytetyn maallikon” suoritettavissa, laitevalmistajan käyttöohjeistuksen pohjalta. Tästä syystä suunniteltuun malliin on valittu vakiomalliset pistotulppaliitimet moottoreille, antureille, hälytysjohdolle sekä kenttäväylään liittymiselle (tämä on myös tiiveysluokan haaste).

Yksinkertainen tapa vaihtaa pumppu tai anturit on tärkeä ominaisuus, sillä käytännön kokemukset ovat opettaneet, että suurin osa pumppuvikojen aiheuttamista vesivahingoista on syntynyt pumpun vikaantumisen havaitsemisen ja sähkötyöluvut omaavan huollon asiantuntijan paikalle saapumisen välisenä aikana. Tavoite on minimoida korjausviive ja säästää kiinteistöä elinkaaren aikaisissa vesivahinkojen korjauskustannuksissa.

Kokemusperäisesti on myös havaittu, että perinteisen tyyppisen pumppuasennustavan käyttö vioittuneita pumppuja vaihdettaessa aiheuttaa myös sähköasennusteknisen haasteen. Tämän tyyppisellä asennustavalla 230 V:n pienjänniteryhmään liitetyn uppopumpun vaihtamiseen liittyvä kytkeminen uuteen hartsilla umpeen valettavaan jakorasiaan lyhentää myös joka kerta itse kaivoon tulevaa syöttökaapelia. Tämä johtuu siitä, että hartsilla valettua jakorasiaa ei sellaisenaan saa hartsivalun kuivumisen jälkeen uudelleen avattua. Niin ollen näissä valurasioissa syöttökaapeli pitää aina katkaista ennen sen jakorasiaille tuloa, jokaisella kerralla aina uuden johtokytkennän yhteydessä. Tämä johtaa ennemmin tai myöhemmin koko maakaapelin uusimiseen, mikä sekkin on useassa tapauksessa kallis ja hankala operaatio, tai jakorasioinnin ketjuttamiseen vanhoilla pumppujohdoilla, mikä on ns. huonoa sähköasennustapaa.

Yleisellä tasolla on tätä työtä varten tutkittu ja koottu perustietoa vesiprosessien toiminnasta, automatiikalla säädettävän vesiprosessin ymmärtämiseksi. Tässä työssä käytetyn mittaus ja säätötekniikan materiaalin pohjatieto on koottu Metropolia AMK:n kursseilta: mittaus- ja säätötekniikasta (lehtori Jari Olli), instrumentoinnista sekä logiikkaohjelmoinnista (lehtorit Markku Inkinen ja Kristian Junno). Sähkövoimatekninen sähköturvallisuuteen liittyvä materiaali löytyy sähkövoimatekniikan projektien kanssa päivittäin käyttämästäni SFS-6000-standardikokoelmasta [1].

Tässä työssä tuotekehitys, laitteen valmistaminen sekä ohjelmointityö pohjautuu työelämässä hankittuun 35 vuoden kokemukseen sähkö- ja automaatiotekniikan piirissä sekä Metropolia AMK:n kursseihin säätötekniikasta, PLC-logiikkaohjelmoinnista, että laiteinstrumentoinnista.

Kuvissa 1 ja 2 on esimerkkinä mallikaivo, missä on kohotoimisella pintakytkimellä (uimurikytkin) toteutettu pintavesikaivon tyhjennys. Kyseessä on kaivo, mihin rakennettiin, tämän työn yhteydessä tyhjennysautomaatiikan prototyypin puolen vuoden kenttäkokeita varten.

Esimerkkinä kuviin 3 ja 4 valitussa asfalttipihan pintavesikaivossa on myös perinteinen uppopumppu perinteisellä tavalla uimuritekniikalla toteutettuna. Kohteen sähkön syöttö tapahtuu tässä kohteessa, kuten yleisesti on tapana, maakaapelilla valuhartsattuun AP9-tyyppiseen jakorasiaan, taipuisalla kumikaapelilla josta se on vedettynä pumpulle.



Kuvat 1 ja 2. Pintavesikaivo varustettuna kohoanturikytkimellä käytettävällä uoppopumpulla.



Kuvat 3 ja 4. Perinteisellä uppopumpulla varustettu esimerkkikaivo (hulevesille) asfalttipihalta [2].

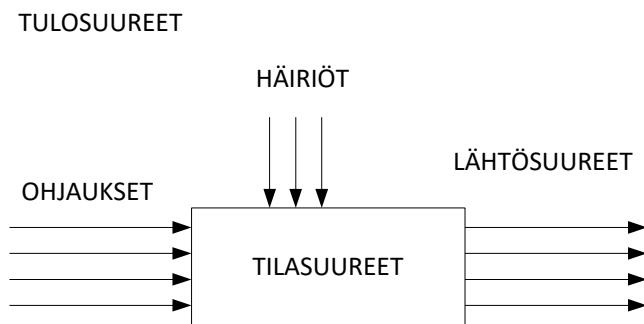
Kuten kuvista 3 ja 4 voi havaita, on kaivossa olevalle kaivontyhjennyspumpulle jo lisätty uusi ylimääräinen jakorasia, taipuisan kumikaapelin päähän (entinen pumpun syöttökaapeli). Tähän on tässä tapauksessa päädytty, koska ryhmäkeskukselta tuleva maakaapeli on lyhentynyt lukuisten pumppuvaihtojen yhteydessä, eikä se ole antanut enää mahdollisuutta alkuperäisen, ensimmäisenä asennetun rasian vaihtamiseen. Oletettavaa on, että tähän kaivoon on lisättävä myös kolmas tai useampikin lisäjakorasia, kun rasioiden välinen kaapeli on lyhentynyt riittävästi.

2 Säätötekniikan yleistä teoriaa

2.1 Prosessidynamiikka

Prosessidynamiikassa tarkastellaan järjestelmänä tai systeeminä prosessia, yksikköprosessia tai yksikköprosessin osaa (esim. reaktori, säiliö, lämmönvaihdin). Prosessi on yleisnimi kaikille mahdollisille sovelluskohteille, joihin voidaan soveltaa automaatiota. Määritelmän mukaan (ISO 10628) prosessi on sarja fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia toimenpiteitä, joiden avulla muokataan, siirretään tai varastoidaan materiaalia tai energiaa. [3.]

Järjestelmän sisäisiä olosuhteita kuvaavat tilasuureet, joita ovat mm. lämpötila, paine, pinnankorkeus, pitoisuus, jne.). Poikkeuksetta tilasuureita on useita ja ne muodostavat yhdessä systeemin tilan. Jos tilasuure on ajasta riippuvainen, kutsutaan järjestelmää dynaamiseksi. Kuvassa 5 on kuvattuna systeemin periaate. [3.]



Kuva 5. Systeemin periaate [3].

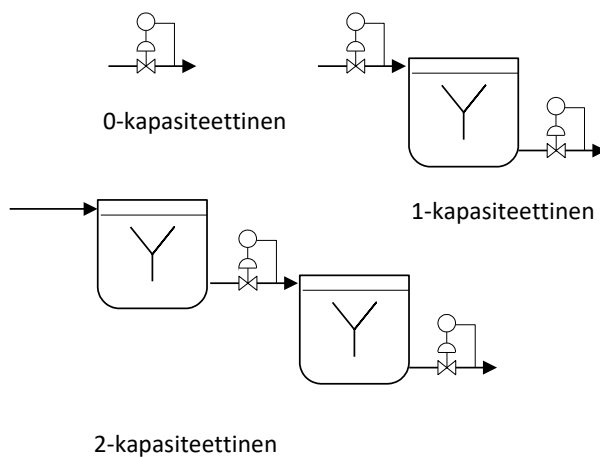
Järjestelmän tulosuureita (ohjaussuure, häiriö) ovat ne ympäristön olosuhteita kuvaavat suureet, joiden muutokset aiheuttavat muutoksia järjestelmän tilaan. Lähtösuureet ovat tilasuureita tai suureita, joihin tilasuureet ovat vaikuttaneet. Järjestelmän tulo-, tila-, ja lähtösuureiden dynaamista riippuvuutta toisistaan tutkitaan matemaattisten mallien avulla. Mallien lähtökohtana toimivat joko prosessikokeet tai fysiikan ja kemian ilmiöiden (aineen, energian ja liikemäärän säilymislaite) kautta johdetut puhtaasti matemaattiset mallit. [3.]

Mallien avulla pyritään selvittämään tarkasteltavan prosessin dynaaminen käyttäytyminen sekä suunnittelemaan prosessille sopiva säädin häiriötilanteiden ja prosessin toimintapistemuutosten hallintaan. [3.]

2.2 Prosessin kapasiteetiluku ja aikavakio

Kun puhutaan prosessista yleisesti; tulosuureiden muutoksista aiheutuvat tilasuureiden muutokset tapahtuvat kukin omalla ominaisella nopeudellaan. Tilasuureiden muutoksiin ja edelleen lähtösuureiden muutoksiin sisältyy yleensä ns. varastoitumisilmiö. Säiliöön varastoituu siis aina nestettä riippuen syöttö- ja poistovirtausten suhteesta. Näin ollen varastoituvina suureina tarkastellaan useimmiten ainemääriä ja energiaa. [3.]

Mikäli järjestelmällä on yksi aine- tai energiavarasto; kutsutaan sitä yksikapasiteettiseksi. Mikäli järjestelmällä on kaksi aine- tai energiavarastoa kutsutaan sitä kaksikapasiteettiseksi. Edelleen puhutaan n-kapasiteettisestä järjestelmästä, kun järjestelmä sisältää n kappaletta aine- tai energiavarastoa. Jos järjestelmällä ei ole varastoitumisominaisuutta; kutsutaan järjestelmää 0-kapasiteettiseksi. Kuvassa 6 esitetään prosessien kapasiteetilukujen eroavaisuudet. [3.]



Kuva 6. Esimerkki kapasiteetiluvuista [3].

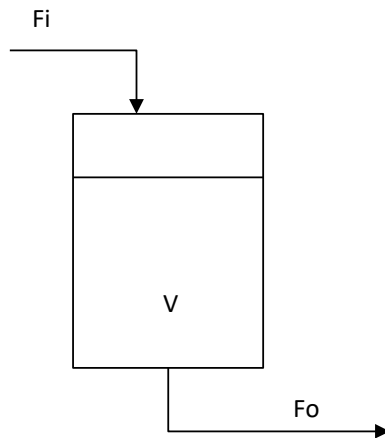
2.3 Massatase

Esimerkkeinä peruslakien käytöstä prosessimallien muodostamisesta voidaan tarkastella systeemien massa ja komponenttitaseita lohkoissa. Alla kuvassa 7 on periaatteet dynaamisen massataseen muodostamisesta. [4.]

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{SYSTEEMIIN} \\ \text{VARASTOITUNEEN} \\ \text{MASSAN} \\ \text{MUUTOSNOPEUS} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{MASSAVIRTAUS} \\ \text{SISÄÄN} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{MASSAVIRTAUS} \\ \text{ULOS} \end{array}}$$

Kuva 7. Massatase lohkokaavioesityksenä [4].

Tarkastellaan kuvassa 8 olevaa avointa säiliötä, jonka tilavuus on V . Säiliöön virtaa nestettä F_i ja säilön pohjassa olevasta reiästä poistuu nestettä F_o . [4.]



Kuva 8. Yksinkertainen pinnankorkeuden muutoksen tasetarkastelu [4].

Säiliön tilavuuden muutokselle voidaan siis rakentaa yhtälö:

$$\frac{dV}{dt} = F_i - F_o$$

Koska tilavuus on myös korkeuden ja pohjapinta-alan tulo tarkasteltaessa pinnan- korkeuden muutosta kaava voidaan kehittää muotoon. [4.]

$$A \frac{dh}{dt} = F_i - F_o$$

2.4 Prosessimalleista

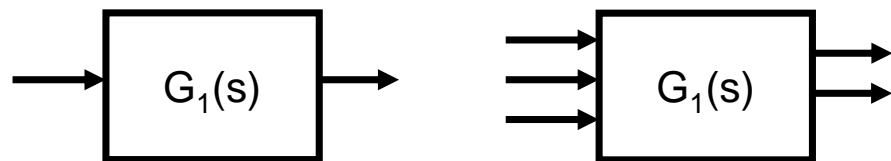
Dynaaminen prosessimalli muodostuu differentiaaliyhtälöstä, mikä kuvaa dynaamisesti ja jatkuvasti prosessin tulomuuttujan pienten muutosten aiheuttamia prosessin siirtovasteen pieniä muutoksia toimintapisteen ympärillä. [3.]

Prosessimalli on **dynaaminen**, kun se muodostuu differentiaaliyhtälöstä ja kuvaa dynaamisesti ja jatkuvasti prosessin tulomuuttujan pienten muutosten aiheuttamia prosessin transienttivasteen (siirtovasteen) pieniä muutoksia toimintapisteen ympärillä. Kts. kuvaaja dynaamisesta ja staattisesta mallista. [3.]

Prosessia sanotaan **staattiseksi**, kun prosessin tulo- ja lähtömuuttujan riippuvuus ei ole sidottu aikaan. Riippuvuus voidaan esittää puhtaasti algebrallisilla yhtälöillä. [3.]

2.5 Lähtö- ja tulomuuttujat

Automaation ja säädön kannalta määritellään usein riippuvuuksia yhden tulomuuttujan ja yhden lähtömuuttujan välille (**SISO, single input, single output**), vaikka todellisuudessa prosessi sisältäisikin useita muuttujia ja paljon niiden ristikkäisvaikutuksia. Tällaiset yksittäiset SISO-riippuvuudet voivat säätötilanteessa jopa aiheuttaa toisilleen häiriöitä. Kun prosessissa vaikuttaa useita tulomuuttujia ja useita lähtömuuttujia, puhutaan monimuuttujaprosessista (**MIMO, multi input, multi output**). Tällöin pyritään kuvaamaan kukin lähtömuuttuja kaikkien siihen vaikuttavien tulomuuttujien avulla. Tällaisen prosessin säädöstä käytetään nimitystä monimuuttujasäätö. Kuvassa 10 kuvaus erilaisista prosessien lähtö ja tulomuuttujista. [3.]



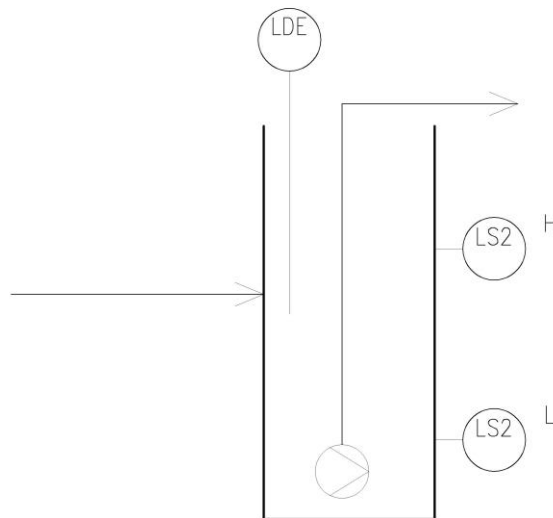
Kuva 10. tulomuuttujat SISO ja MIMO [3].

3 Pumppuautomaatiikka

3.1 Yleistä

3.1.1 Kehitettävän pintavesipumppuautomaatiikan säätöperiaate

Kuvassa 11 on periaatekuva työn kohteena olevasta vesiprosessista.



Kuva 11. Kaivon tyhjennyksen periaate PI-kaaviona.

Kehitettävän pintaveden pumppausautomaatiikan tarkoitus on vain toimia pintavesiviemärikaivon tyhjennyksessä, sekä estämässä pintavesikaivon ylitäyttöä. Tämä järjestelmä on säätötekniikan määrittelyn mukaan, yksinkertainen, staattinen ja 1-kapasiteettinen, missä poisto tapahtuu pumppausykleittäin. Pumpun prosessin analyysiin ei tarvita monimutkaisempaa prosessialgoritmia, kuin käyttöohjelmaan määritellyt 0-pisteet, kytkeään pumppausykli päälle tai pois.

Pintavesikaivon veden poistovirtauksen täytyy olla vain suurempi, kuin sen syöttövirtauksen. Käytännössä työn alla oleva pumppuautomaatiikka toimii SISO-periaatteella, vaikka tulovirtaus saattaakin olla useamman syötön summa. Koska syöttövirtaus ei ole vakio eikä prosessi aikaan sidottu, on prosessi siis staattinen.

Nyt kehitettävässä automatiikassa on avoin säätöpiiri ja se on tarkoitettu vain pintavesikaivon tyhjentämiseen, pumppauskyklin käynnistämisen ja sammuttamisen tapahtuessa nollapisteperiaatteella, kohdekohtaisesti annettuihin kaivoveden pinnankorkeuden arvoihin.

Pintavesiä keräävissä kaivoissa on kaksi syöttöperiaatetta (täyttö) ja näiden kahden yhdistelmiä:

- ylhäältä kannen kautta, karkeasti kivet erottelevan ritilikön lävitse, kaivoon piha- tai tiealueelta johdetut vedet
- salaoituksen kautta pintavettä syöttävät, tai keräilevät pintavesiviemäriputkistot
- myös näiden periaatteiden yhdistelmiä on käytössä

Tulovirtaus riippuu siis aina kohteen rakenteesta. Prosessin syötön maksimivirtaus kaivoon riippuu kohteen pintavettä keräilevien salaojien putkistojen kokonaispoikkipinnasta, vesikaivoon tulevien putkistojen korkeuseroista sekä mahdollisten, käytössä olevien, erityyppisten kansiritilikköjen sisääntuloaukkojen pinta-alasta.

Poistovirtauksen suuruutta pystyy säätämään ainoastaan pumpun pumppaustehoa muuttamalla, mikä käytännössä tapahtuu valitsemalla käyttötarkoitukseen soveltuva, riittävällä pumppausteholla varustettu pumppu (optimointi tapahtuu pumppua valitessa).

Logiikka antaa myöten myös sen, että jatkokehityksessä mallissa voi pumppaustehoa säätää asettamalla pumpulle esim. taajuusmuuttaja- tai tyristoritekniikkaan perustuva moottorisäädin.

Laitteessa on myös oltava diskereetit nestepinnan ylä- ja alarajakytkimet. Kytkinten on oltava mekaanisia ja varmatoimisia, koska näillä varmistetaan haluttu pumpun toiminta, pinnankorkeutta mittaavan anturin häiriötilanteissa. Yläraja-anturilla pyritään tehostamaan poistopumppausta ja alarajan varmistus tarvitaan, koska liian matala vedenpinta jättää pumpun kuivaksi ja näin ollen saattaa vioittaa sitä.

Laitteiston voi myös rakentaa perinteistä reletekniikka käyttäen, mutta kun eletään 2000-lukua, on pumppuohjausautomaatiikan toiminnan lähtökohdaksi valittu nykyaikainen oh-

jelmoitava logiikka (PLC). Logiikan käyttö lisää optionaalisia mahdollisuuksia automatiikan ohjelmallisessa jatkokehittämistyössä, esimerkiksi se yksinkertaistaa veden tyhjen-nyksen säädettävyyttä. Pumppauksen tehon säätöä voidaan lisätä esimerkiksi liittämällä logiikkaan moottorin tehonsäätömoduulit.

Jos laitteisto suunnitellaan johonkin muun tyyppiseen säiliön tyhjennysjärjestelmään, saatetaan laitteiston osaksi mahdollisesti kytkeä väyläohjattu virtausta rajoittava venttiili, poisto- tai syöttöputkelle. Tällöin voidaan säätää venttiilitoimisesti, joko nesteen tulo- ja /tai poistovirtausta (kyseessä olevassa pintavesiviemärissä ei kuitenkaan ole suositeltavaa estää keräilyputkistosta poistuvaa vettä virtaamasta).

Jatkossa voi tämän tyyppisestä mallisarjasta tuotteistaa myös pumppukäytön ohjauksia muuhunkin kuin pintavesityhjennyskäyttöön.

3.1.2 Automatiikan päätilat

Tässä työssä kehitettävän pumppuautomatiikan tehtäviin perustoimintatilassa kuuluu tyhjentää pintavesikaivo vedestä haluttuun poistoviemäriin, haluttujen pinnankorkeusasetuksen mukaisessa, jatkuvassa tyhjennussyklissä, kaivon ollessa jatkuvassa täytössä.

Pumppausyksin päätilat

- pinnankorkeuden nousun odotustila pumppu off
- kaivon tyhjennys -> pumppu on
- yläanturin häiriötila -> pumput on -> ilmoitus
- ala-anturin häiriötila -> pumput off -> ilmoitus

3.1.3 Häiriötilanteet

Jos automatiikka havaitsee moottoririkon, ts. kaivon pinta nousee ylärajalle, vaikka pumppaus on käynnissä, tai havaittuaan muun häiriön, se siirtyy silloin ylitäytöstä johtuvaan vikatilaan. Tällöin järjestelmä antaa hälytyksen ja siirtyy välittömästi molempien pumppujen käyttöön, mikäli on käytössä kahden pumpun järjestelmä. Yhden pumpun laitteisto toimittaa vain hälytyksen, mikä pitää kuitata, kun häiriötila on poistettu.

Myös anturirikkotilanteet voidaan havaita ja siirtyä em. mukaiseen vikatilaaan järjestelmän toimittaessa vikatilasta hälytyksen. Mikäli anturi- tai jostain muusta syystä kaivon vedenpinta alittaa veden alaraja-anturin toimintapisteen, kaikki pumpput pysähtyvät ja järjestelmä toimittaa hälytyksen. Pumppujen käyttö pysyy estettynä, kunnes alaraja-anturi on palautunut täyttymisen myötä takaisin perusasentoonsa. Järjestelmä pitää kuitata aina, kun häiriötila on ohi, jolloin ohjelma palaa perustilaansa.

3.1.4 Logiikan valinnasta

Tässä projektissa käytettäväksi logiikaksi valikoitui, hintansa ja yleisen käytettävyytensä vuoksi, tarkoitukseen hyvin soveltuva Siemens Logo-pienlogiikkamalli lisälaitteineen. Logiikan valinta määritti myös ohjelmakehityksessä käytetyn työkalun.

Mallistosta valittiin logiikkamalli Logon 24 V:n tuoteperheestä. Valittu malli on "LOGO! V8/24", johon tarvittiin lisäksi Logon oma erillinen 24 VDC:n jännitelähde. Taulukossa 1 on eriteltyä valmistettavaan laitteistoon valitut Siemens-tuotteet. [5.]

Taulukko 1. Automatiikkaa varten käyttöön valitut Siemens-logon-moduulit ja ohjelmointityökalu.

Logokäyttö	malli	käyttö	
LOGO PLC	6ED1 052-1MD00	CPU 24 V	moduuli
LOGO POWER	6EP 1331-1SH3	230 V/24 V	moduuli
LOGO CMK 2000	6EP 1331-1SH3	KNX coupler	moduuli
LOGO Soft Comfort	V 8.0	ohjelmointi	työkalu

Logo-mallistossa oli myös vaihtoehtona 230 VAC:n jännitteellä toimiva malli, jolloin ei tarvittaisi erillistä automatiikan koteloon sijoitettavaa, tilaa vievää jännitelähdemoduulia. Tämän mallin rajoite oli, että siinä ei ollut sisääntuloa (input), analogisen anturin käyttöön. Vain pienenjännitetoimisissa, Logo-tuoteperheen malleissa oli mahdollisuus liittää sisääntuloon analoginen anturi, joka lähettää jännite- tai virtaviestiä. Anturimalliksi voitiin nyt siis valita vapaasti anturi, josta mittausarvona saadaan 0-10 V:n jänniteviesti. [6.]

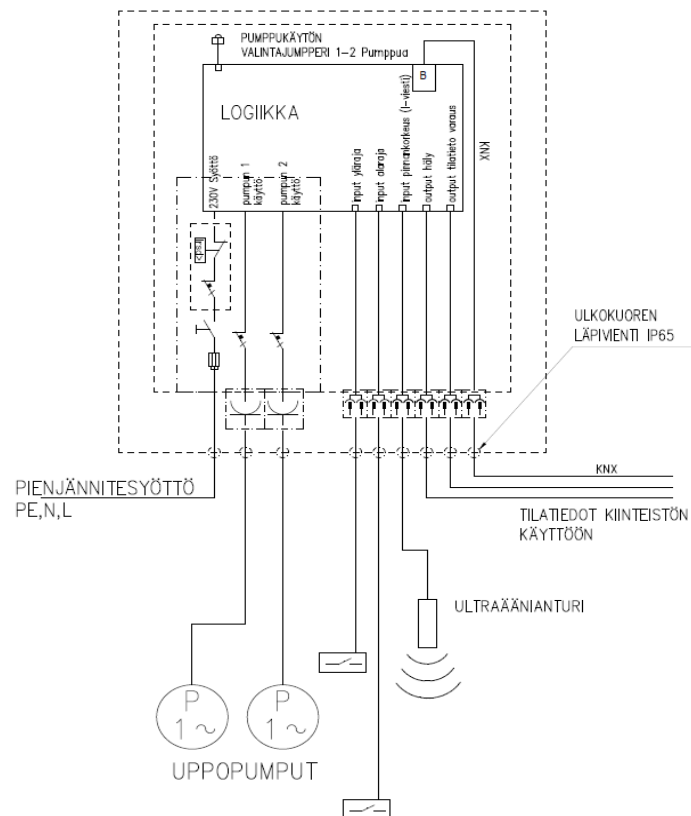
3.2 Pumppuautomaatiikan periaatteet

3.2.1 Automaatiikan rakenne

Kehitettävän automaatiikan rakenneosat voidaan jakaa osiin:

- mekaaninen rakenne
- sähkötekniinen/-mekaaninen rakenne
- automaatiotekniinen rakenne (rakenteet)
- ohjelmallinen rakenne

Kuvassa 12 on yleiskaaviossa kuvattu suunniteltavan automaatiolaitteiston kokoonpanon periaate, yleisimmät toiminnot ja mekaniikan alustava sijoittuminen.



kuva 12. Suunniteltavan automaatiikan periaate yleiskaaviona.

Koska tavoite oli suunnitella ja jatkossa mahdollisesti kehittää laitteistosta kaupallinen malli, on automaatiikan valinnassa tärkeimpiä kriteereitä logiikan käyttökelpoisuus, käytetyn järjestelmän saatavuus, valmiin tuotteen hinta sekä suuren toimittajan tarjoama vahva tekninen tuki.

On myös otettava huomioon tämän päivän vaatimus liittää automaatio ohjelmarajapinnan kautta laajempaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään

3.2.2 Logiikkaohjelmointikielistä yleisesti

Logiikkaa ohjelmoitaessa mietitään ensimmäisenä ohjelmoitavan järjestelmän osalta toimintakaavio kohteen toiminnoista. Yksinkertaisissa kohteissa toimintamalli on ohjelmoijan ajatuksena. Ohjelman suunnittelija laatii logiikalle ohjelman kulloinkin valitulla tai käytettävissä olevalla ohjelmointikielellä. [7.]

PLC-logiikkaohjelmointiin vakiintuneet ohjelmointikieliset logiikkaohjelmoinnissa:

IL = Instruction List, suom. käskylista

- tekstimuotoinen ohjelmointikieli
- muuten vastaa LD- ja FBD-kieliä

ST = Structured Text, suom. strukturoitu teksti

- tyyliään on lähellä yleistä ohjelmointikieltä
- kieltä voi käyttää esimerkiksi matemaattisiin funktioihin tai analogisten lähtöjen tai tulojen skaalauksiin

LD = Ladder Diagram, suom. relekaavio (tikapuukaavio)

- graafinen ohjelmointikieli
- vastaa FBD- ja IL-kieliä
- käyttäjille, jotka tottuneet käyttämään erilaisia sähkötekniisiä kaavioita

FBD = Function Block Diagram, suom. toimilohkokaavio

- on graafinen ohjelmointikieli
- logiikkapiirikaavion omainen, havainnollinen tapa ilmaista
- helppo siis omaksua, jos digitaalitekniikka on tuttua
- vastaa LD- ja IL-kieliä

SFC = Sequential Function Chart, suom. sekvenssikaavio

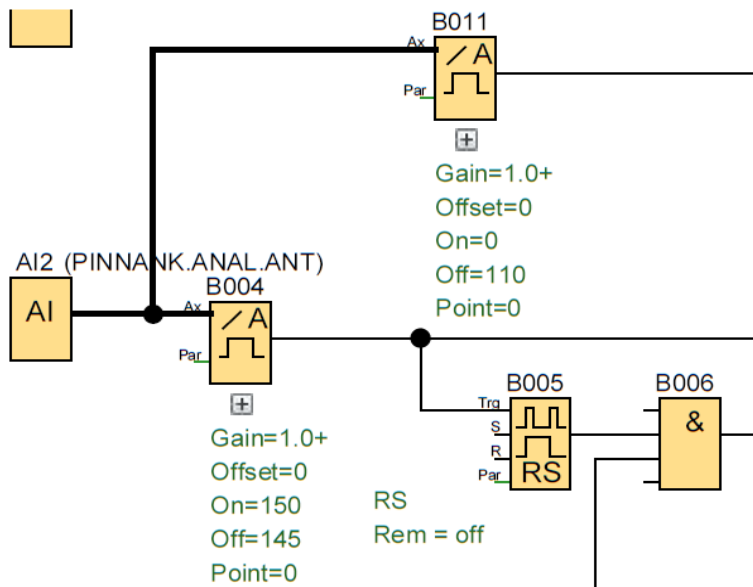
- graafinen ohjelmointitapa, jolla kuvataan ohjelma portaittain havainnollisesti
- askelmaisena soveltuu nimenomaan askelohjaukseen

3.2.3 Pintavesipumppuautomaatiikan ohjelma ja ohjelmointi käytännössä

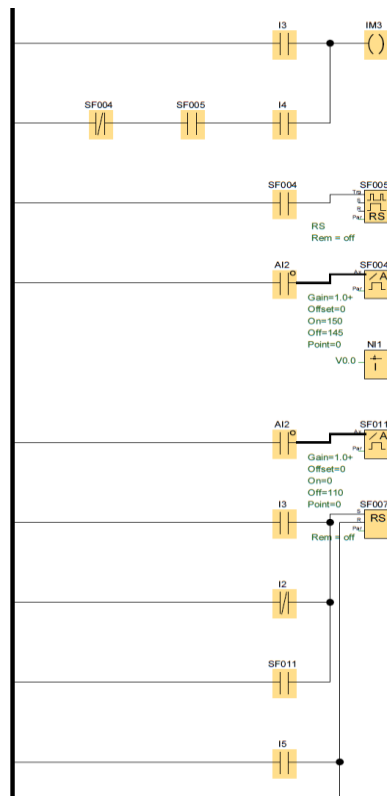
Automaatiikan valinnan jälkeen konsultoitiin Siemens Oy:n logiikapuolen teknisiä asiantuntijoita, joiden ohjeistamana hankittiin Siemens Logon kaupallinen aloituspaketti (Logo starter kit), yleiseltä sähkötukkurilta (SLO Oy). Aloituspaketti sisälsi logiikan ja teholähteen sekä myös ohjelmointityökaluksi ohjelmalevykkeen (LOGO! Soft Comfort Version 8.0.). [8.]

Käyttöön otettu ohjelmointityökalu "LOGO! Soft Comfort Version 8.0" sisälsi mahdollisuudet käyttää käyttöliittymässä ohjelmointikielenä joko relekaaviota (LD), tai toimilohkokaaviota (FBD). Vaihtoehtona näistä kahdesta graafisesta kielestä päätettiin toimilohkokaaviolla ohjelmointi, johtuen ohjelman laatijan laajasta taustakokemuksesta, digitaalitekniikan piirikaavioiden piirtämisessä. Toimilohkokaavion sisältämä ohjelma on tyyllisesti saman tyyppinen kuin virtuaalipiirikaavio. Ohjelmointityökalu mahdollisti myös FBD-kielellä ohjelmoidun ohjelman konvertoimisen LD-ohjelman muotoon.

Kuvassa 13 on hyvin esitettyä pinnankorkeuden anturin analogiaportti ja pumppausehjojen määrittäminen analogiaeroavuuden ylä-/alarajakytkimellä laadittuna FBD-ohjelmointikielellä.



Kuva13. Esimerkki ohjelmointityössä käytetystä FBD-ohjelmointikielestä (toimilohkokaavio).



Kuva 14. Esimerkkinä osa pintavesipumppuun laadittua ohjelmaa LD-ohjelmointikielelle käännettynä (relekaavio).

Ohjelman käyttöliittymä on siis yksinkertainen ja helppo omaksua, mikäli on aikaisemmin käyttänyt kyseisen tyyppisiä ohjelmointikieliä tai suunnitellut digitaalitekniisiä piirikaavio-ratkaisuja.

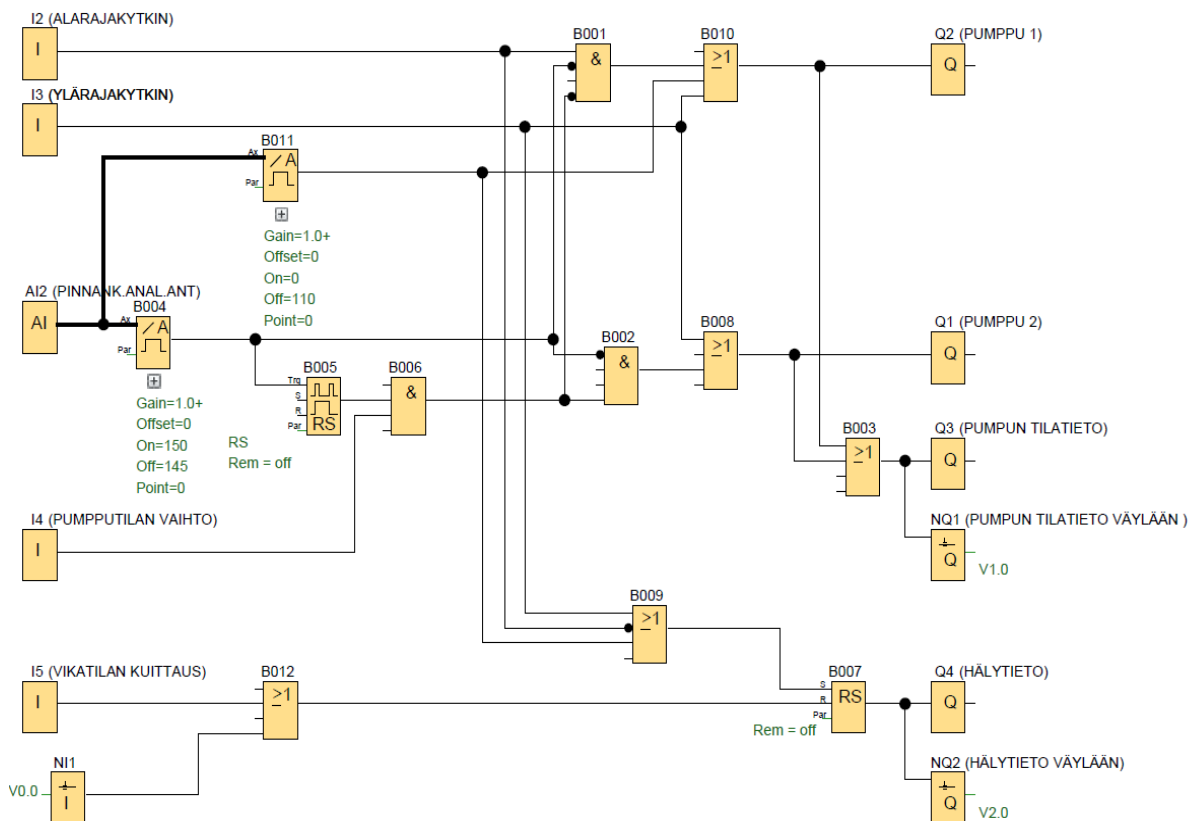
Koneen käyttöliittymän käskykantakirjastot ovat kuitenkin melko suppeat eivätkä sisällä esimerkiksi mahdollisuutta ohjelmassa skriptaamiseen, mutta suunnitellun mukaisen pintavesiautomaatiikan tarpeisiin LOGO! Soft Comfort Version 8.0 -ohjelmointityökalun käytettävyys on aivan riittävä.

Logo on myös suoraan liitettävissä esimerkiksi Siemensin simatic-perheen PLC-logikkojen osaksi ethernetkaapelin kautta, jolloin voidaan myös käyttää hyväksi simatic-logiikoiden laajempaa ohjelmoitavuutta.

Itse ohjelmointityö tapahtuu ”offline” PC:tä käyttäen. Ohjelmointi ja ohjelman toimivuuden tarkistus logossa on hyvin tuettua, koska sen Soft Comfort -ohjelmisto tekee itse ohjelman toimivuuden tarkastelut simulointitilassa.

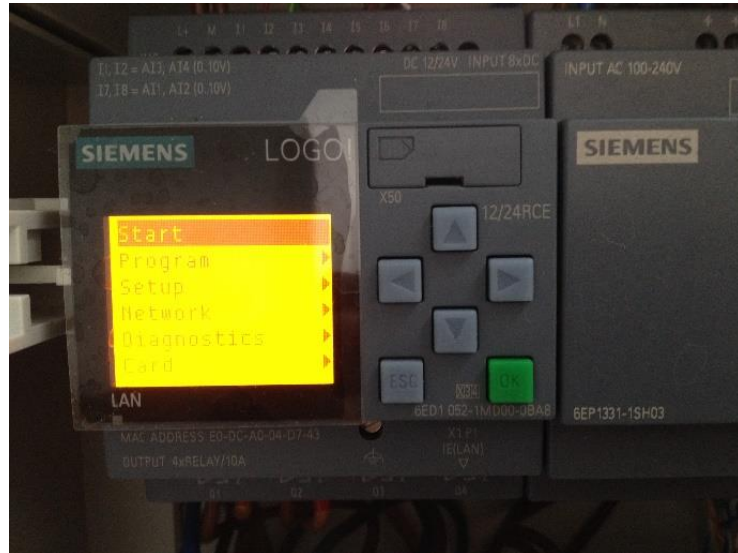
Ohjelman logo-logiikalle syöttämisen jälkeen on mahdollisuus simuloida logolla olevan ohjelman toimivuutta ”online” tietokoneen näytöltä ja näin ollen korjata havaitut ohjelma- puutteet, sekä muuttaa ohjelmaan rakennettuja parametreja. Logon toimintaparametrien asettaminen on kätevintä tehdä tietokoneella, vaikka tiedot pystytään syöttämään myös logiikkamoduulin käyttöliittymältä, koska logiikalla parametrien muuttaminen on monimutkaisempaa ja hitaampaa.

Tärkeä ominaisuus työhön käytetyssä ohjelmointityökalussa on, että Logon Soft Comfort pystyy tuottamaan ohjelmaan liittyvän dokumentoinnin tulostettuna paperille tai pdf-muotoon (kuvassa 15).

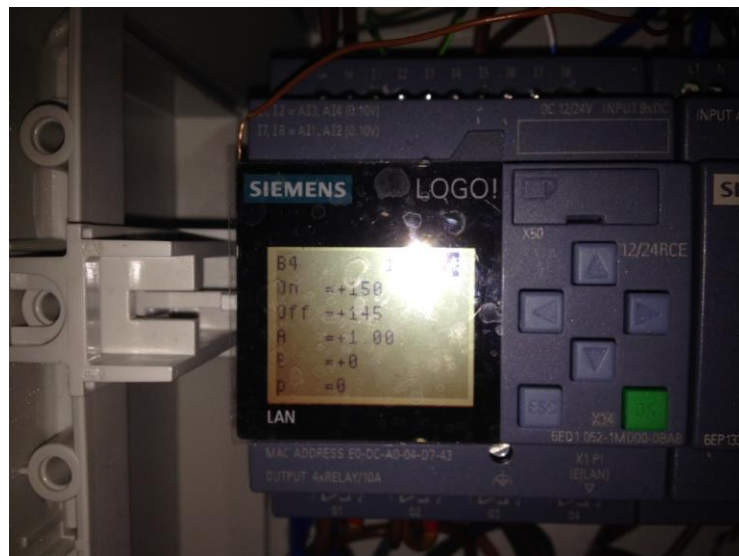


Kuva 15. Esimerkki LOGO! FBD-ohjelmointikielestä (kehitettävän laitteiston ohjelma).

Ohjelmointi (esim. vedenpinnan asettaminen kohdekohtaiselle automaatiolle laadittavan diagrammin mukaiseksi) voidaan myös suorittaa käyttäen itse logiikamoduulin kannessa sijaitsevaa näppäimistöä, jolloin käyttöliittymän näyttönä toimii Logo-moduulin pieni LCD-näyttö. Ohjelmointi suoraan Logon käyttöliittymältä on havainnollistettu kuvissa 16 ja 17.



Kuva16. DIN-kiskoasenteisen Logo-logiikan käyttöpaneelista ja näyttö.



Kuva 17. Kuvassa näkyy mahdollisuus toiminta parametrien asettamiseen logomodulin omassa käyttöliittymässä.

4 Toimilaitteet

4.1 Pumppujen ja antureiden rakenne ja vaihdettavuus

4.1.1 Pumput

Pumput voidaan valita vapaasti eri valmistajien kaupallisista uppopumppumalleista, joissa sähköturvallisuusvaatimuksena on laitteen kaksoiseristys, myös pistotulpan osalta. Pumput voidaan kytkeä tässä tapauksessa suoraan automatiikan kotelossa sijaitseviin pistorasioihin, jolloin pumppujen vaihdon voi suorittaa myös maallikko.

Koska pumput liitetään pistorasialle automatiikan liitinkotelo-osassa, työ ei vaadi pumppun vaihtoa varten erillistä pätevyyttä sähköasennustöihin.

Pumppuja valitessa tulee ottaa huomioon täyttövirtauksen määrää, jotta voidaan valita pumppumalli, josta saadaan riittävästi pumppaustehoa, jotta kaivontyhjennys voi toimia.

Pumppujen valinnan ainoana rajoituksena on kuitenkin laitteistoon molemmille moottori-käyttöjen ryhmille valitut johdonsuojat. Johdonsuojan virrankesto määrittää pumppua hankittaessa käyttöön valittavan pumppumoottorin sähköteholle ylärajan. Kehitystyön alla olleessa automatiikassa käytettiin yksittäisen pumppuryhmän osalta johdonsuojan ja vikavirtasuojan yhdistelmää C10 A /30 mA.

Laitteen on oltava siis sen tyyppinen, että pumput voi vaihtaa perehdytetty maallikko esim. talonmies, eikä pumppuvaihtoon tarvita luvat omaavaa sähköalan ammattilaista. Tämä on ratkaistu suunnittelemalla ja asentamalla alempaan, itse sähkölaitteistosta erotettuun käyttöliitinten koteloon, pumppuille pistorasiat.

4.1.2 Käytettäväksi valitut anturityypit

Harjoitustyön kohteena olevan järjestelmän antureiksi valikoituivat:

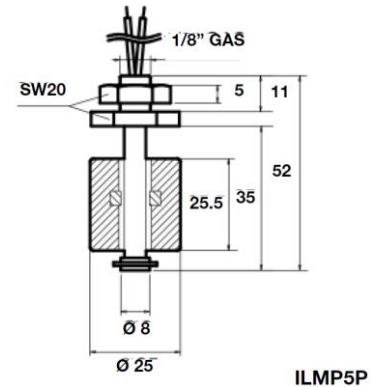
Carlo Gavazzi magneettianturi malli ILMP5P

Carlo Gavazzi ultraäänitoiminen UA 18 CLD 15 [9.]

4.1.3 Antureiden käyttämisestä yleisesti

Pumppujen suojakäyttöön ja ylitäytön ilmaisuun tarvitaan ylä- ja alarajaindikaatiot diskreettinä kytkintietona. Tähän käyttötarkoitukseen valittiin Carlo Gavazzin magneettikytkinmalli, jossa koho liikuttaa magneettia ns. "reed-kytkimen" päällä mekaanisesti ylä- ja alasuuntaan, mikä aikaansaa anturissa diskreetin kytkentäefektin.

Proximity Magnetic Sensors Level Magnetic Sensors ILMP Series



kuva 18. Esimerkki magneettikytkin periaatteella toimivasta anturista [10].

Pinnankorkeuden jatkuvaan mittaamiseen on käytettävissä laaja valikoima ultraäänitoimisia tai esimerkiksi kapasitanssin muutokseen perustuvia antureita, joista saadaan joko standardi virta- tai jänniteviesti (esim. Carlo Gavazzin mallistot). [10.]

Ultraääniantureiden periaate on mitata äänen kuluaika kohteeseen ja takaisin. Ultraäänien taajuuden spektri alkaa 20 kHz:n taajuudesta ja yltää jopa 10 GHz:iin. Yleisesti antureissa on käytetty suuruusluokaltaan muutamaa kymmentä megaherziä.

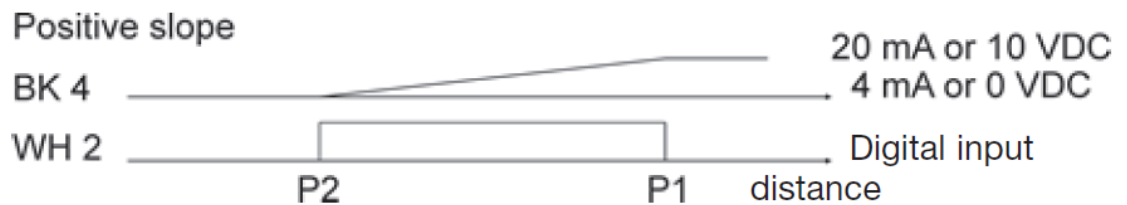


kuva 19. esimerkki ultraäänitoimisesta anturista [11].

Mikäli antureissa ei ole erikseen asennettuna pistotulppatyypisellä liittimellä varustettuja anturin liitintäjohtoa, nämä johdot on valmistettava niin, että antureille valitaan ja asennetaan saman tyyppinen anturiliittimen pistokerasiaan sopiva liitin. Anturien pistokerasiat sijaitsevat automatiikan liitinkotelo-osassa. Periaate on, että vioittuneen anturin vaihto pitää onnistua ilman työkalua. Mikäli tämä automatiikka otetaan valmistukseen, nämä anturit on rakennettava valmiiksi, liittimineen, laitevalmistajan toimesta.

Sensors with 1 digital output and one analogue output UA..CAD..PG/PK/NG or NK types

- 1) The factory setting is Normally Open N.O. for the digital output and positive slope for the analogue output.



Kuva 20. Ultraäänitoimisen anturin toimintadiagrammi jännite- ja virtaviestin muutos pinnankorkeuden etäisyyden funktiona [11].

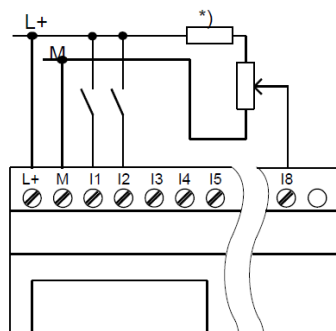
4.1.4 Analogia-anturien liittäminen logiikan osaksi

Kuvan 21 mukaisesti, Siemens Logo-mallissa on käytettävissä analogiatuloiksi liittimet I7 ja I8, jotka nimetään ja osoitetaan ohjelmassa AI1 (I7) ja AI2 (I8). Logon version valintaan vaikutti se, että analogiatulo ilman erillistä analogialiityntämoduulia on mahdollista toteuttaa vain Logon pienoisjännitekäyttöisillä malleilla (12V tai 24V -mallit).

Tunnistinliitännät

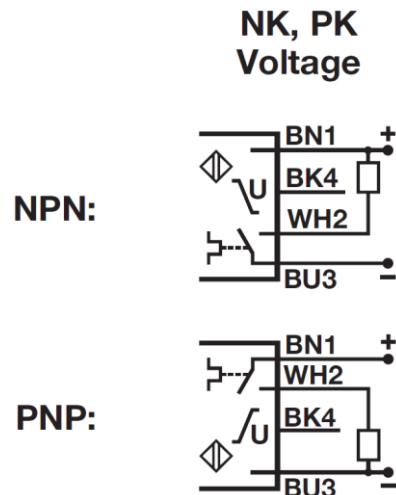
Näin tunnistimet liitetään LOGO!n:

LOGO! 12/24 ... ja LOGO! 24...



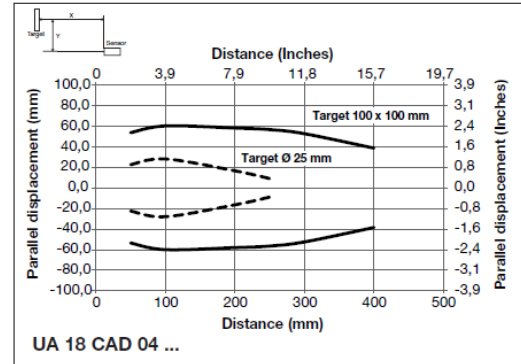
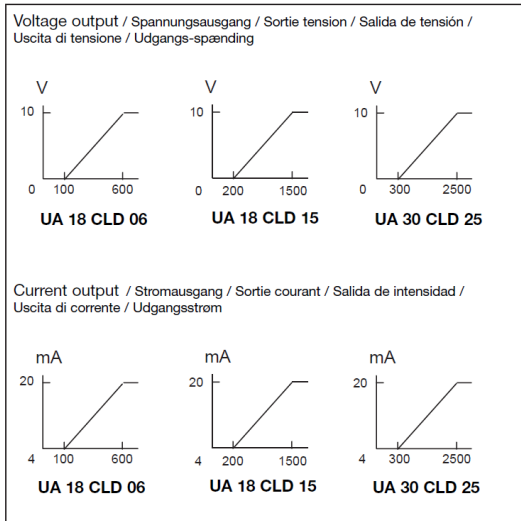
Näiden kojeiden tulot eivät ole erotettuja ja tarvitsevat siksi saman tulopotentiaalin (maa) kuin virransyöttökin.
 LOGO! 12/24 RCE/RC/Rco:ssa,
 LOGO! 24/24o:ssa ja LOGO!
 24C/24Co:ssa voi käsitellä virransyötön
 ja maan välillä olevia analogijännitteitä.
 (*=sarjavastus (6.6 kΩ) 24V DC-syötöllä)

Kuva 21. Siemens asennusohje analogia-anturin asentukseen [12].



kuva 22. Valmistajan ohjepiirikaavio ultraäänianturin asentamista varten, joko nousevalle tai laskevalle käyrälle (Carlo Gavazzi) [11].

**Output Curves / Ausgangs-Kurven /
Courbes de sortie / Curvas de salida / Curve di uscita /
Udgangskurver**



Kuvat 23 ja 24. Valmistajan antamat kuvaajat anturien toiminnasta. Oikeanpuoleinen on sijaintiin liittyvä muutos mittaustulokseen. [11.]

4.1.5 Pumppulogiikan redundanttisuus

Järjestelmän redundanttisuus perustuu kahden pumpun käyttöön sekä ylä- , että alarajaindikaation käyttöön, pinnankorkeuden ultraäänianturimittauksen rinnalla. Käytön kahdennus toteutetaan tällöin ohjelmallisesti.

Ohjelmallisesti asetettuna kun pinnankorkeusanturi havaitsee, että pinnankorkeus jatkaa nousuaan ja saavuttaa yläraja-anturin, vaikka pumpun käyttösykli on ohjelmassa asetettuna päälle, se aloittaa vikatilaprotokollan, missä asetetaan molemmat uppopumput käyttöön ja samalla käynnistyy hälytys, ohjelman mukaisesti. Vikatila laukeaa, kun saavutetaan pinnankorkeudelle asetettu alaraja.

Alarajakytkin varmistaa mahdollisessa anturivikatilanteessa, jolloin ultraäänianturi ei tunnista alarajoa vaan jatkaa tyhjennystä, ohjelman mukaisen hälytysprotokollan käynnistymisen. Protokollan mukaisesti kytketään molemmat pumput pois käytöstä ja annetaan hälytys. Pumppujen toiminnan estäminen estää pumpun käymisen kuivana.

Ylärajakytkin estää mahdollisessa anturivikatilanteessa, jolloin ultraäänianturi ei tunnista ylärajoja, pakkotyhjennyksen aloittamisen (jopa molemmilla pumpuilla) ja toimittaa hälytyksen.

Ylärajan ja alarajan aiheuttama hälytieto on aina kuitattava laitteen liitinkotelossa sijaitsevalla kuittauspainikkeella.

4.2 Mekaniikka

4.2.1 Automatiikan tiiveysluokan vaatimukset

Koska automatiikka tulee olla asennettavissa myös kaivoon, on automatiikan suurin haaste automatiikkakoteloinnin tiiveysluokka. Tavoite on IP65.

Ongelmakohtia ovat:

- automatiikan kytkentäkotelo, missä on haasteena pistotulpallisten moottori, anturi, ilmoitus ja väyläkaapeleiden läpituonti sisälle koteloon
- kokonaisuudessaan järjestelmän koteloinnin tiiveysluokan varmentaminen ja todentaminen.
- automaatioteknisen- ja liitinkotelon välinen tiiveysluokka

Suunnittelun alkuvaiheessa suunniteltiin kaksinkertaista sisäkkäistä koteloa, mutta ulkopuolisen kotelon koko olisi ollut liian suuri, joten päädyttiin kahden IP64-kotelointiluokan koteloiden yhdistämiseen päällekkäin.

4.2.2 Automatiikan logiikan muut mekaaniset vaatimukset

Automatiikkaan liittyvät toimilaitteet ja muut komponentit tulee siis saada mahtumaan pieneen tilaan. Kotelossa tulee olla DIN-kiskojärjestelmä, ja kaikkien osien tulee olla integroitavissa mekaanisesti kiskotukselle.

Myös vaatimus laitteiden kestämisestä kylmissä (-20 °C) ja lämpimissä (+40 °C) olosuhteissa on tärkeä (laitevalintahaaste). Tässä asetetaan vaatimukset sekä laitteiston toimimiselle erilaisissa olosuhteissa että mekaniikan materiaalin kestävyydelle eri lämpötiloissa.

4.2.3 Automatiikalle valittavan logiikan vaatimukset

Logiikan valinnan haasteet ovat seuraavat:

Koska laitetta pyritään tuottamaan kaupalliseen myyntiin ja tuotteen valmistajan tulee vastata laitteen toiminnasta, valitulla logiikalla on oltava riittävä tekninen tuki ja riittävä varmuus logiikan saatavuudelle sekä tuotetuolle, myös jatkossa (valmistajan oltava siis riittävän luotettava mahdollista tuotteen jatkovalmistusta ajatellen).

Logiikan on oltava ohjelmoitavissa yleisesti käytettävillä työkaluilla (myös valmistajalla riittävä tuki ohjelmistotoimittajana).

Logiikan, kuten muidenkin automatiikan komponenttien, mekaaninen koko tulee olla mahdollisimman pieni, koska kaivojen koko asettaa automatiikan koteloinnille maksimi-levyden (< 250 mm).

Käytettävän logiikan tulee sisältää riittävä määrä in- ja outputeja, joista vähintään yhden inputin tulee olla analoginen, jotta logiikkaan voidaan liittää virta- tai jänniteviestiä lähetävä anturi. Lisäksi logiikka pitää pystyä liittämään (osoitteistamaan) kenttätoimilaitteiksi kiinteistöautomaatiojärjestelmien yleisesti käyttämiin kenttäväyliin (protokollat: modbus, KNX, tms.).

Suunnittelun pohjaksi valitusta Siemens logo -logiikalta löytyvät optionaalisesti kaikki nämä tarvittavat ominaisuudet.

4.2.4 Uppopumppujen valinta ja vaatimukset

Ainoa tapa säätää poistovirtausta on valita käyttöön riittävän poistotehon omaava pumppu. Koska poistovirtaaman tuotto on suoraan verrannollinen laitteen sähkötehoon, on pumpun vähimmäistehon tarve ennalta selvitettävä tyhjennettävän kaivon tulovirtaama, joka poistopumppauksen täytyy ylittää kaivoa tyhjennettäessä.

Kaupallinen valikoima erilaisilla uppopumppuilla on hyvin laaja. Pumppujen sähkötehot näiden pienkaivojen tyhjennyksessä ovat tyypillisesti 150 – 1500 W.

Poistovirtaama (litraa minuutissa) on myös nostokorkeudesta riippuvainen. Yleisesti on erilaisten kaupallisten uppopumppumallien pumppaustehot välillä 70 – 300 l/m (4 200 – 18 000 l/h).

Uppopumppukäyttöön tarkoitettujen pumpujen on yleisesti varustettu vedenpinnalla kelluvaan kohoan asetetulla anturilla (ns. uimurikytkin). Kun koho nousee pystyasentoon, valahtaa sen sisällä putkessa oleva metallinen kuula kohon ”juureen”, joka näin sulkee virtapiirin kytkemällä putken päässä olevat liitinpinnat yhteen.

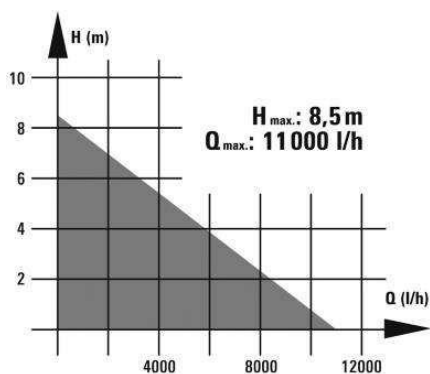
Esimerkki uppopumpusta Uppopumppu BG-SP 550 IF



Kuva 25. Uppopumppu BG-SP 550 IF [13].

Kuvan 25 mukaiselle esimerkkipumpulle (BG-SP 550IF) maahantuoja antaa seuraavanlaisia teknisiä tietoja [13].

- Jännite: 230 V ~ 50 Hz.
- Teho: 550 W.
- Pumppausteho max: 11000 litraa/h.
- Nostokorkeus max: 8,5 m.
- Upotussyvyys max: 8 m.
- Letkuliitäntä: 1 1/2" sisäkierre.
- Veden lämpötila max: 35°C.
- Sähköjohdon pituus: 10 m.
- Epäpuhtaudet: max Ø 5 mm.
- Imukorkeus minimi: 5 mm.
- Veden vähimmäiskorkeus käyttöönotossa: 60 mm.
- Uimurikytkin "päälle": noin 14 cm.
- Uimurikytkin "pois": noin 6 mm .
- Paino: 4,8 kg.



Kuva 26. Esimerkkikuvaaja uppopumpun BG-SP 550 IF valmistajan antama pumppauksen vedentuoton riippuvuus nostokorkeudesta [13].

4.2.5 Kehitettävän pintavesipumppuautomaatiikan asettamia reunaehtovaatimuksia pumppuille

Sähköisiä vaatimuksia

Uppopumpun suurin sähköteho määräytyy pumppuryhmälle asetetun C10-johdon suojan sekä ryhmien 30 mA:n vikavirtasuojauksen vaatimusten mukaisena.

Käytännössä suurin käytettävissä oleva pumpun nimellinen sähköteho voi olla korkeintaan n. 1,5 kW luokkaa (mieluummin pienempi), kun ottaa huomioon käynnistykseen liittyvän impedanssin vinokuorman aiheuttaman virtapiikin. Pumppujen ominaisuuksiin kannattaa kiinnittää huomiota (mahdollinen induktiivisen reaktanssin kompensointi). Kenttätestauksesta kertyvän kokemuksen kasvaessa ko. automaatiikalle valittaneen jatkossa suositeltavat uppopumpputyypit.

Mekaanisia vaatimuksia

Koska kyseessä on pintavesikaivot, joihin ajautuu myös erilaisia roskia sekä maa-aineksiä, on pumppuja valitessa otettava huomioon pumppukoneiston kestävyys, esim. kiinteän aineen sieto (hiekankestävyys). Tuotteelle on myös laadittava puhdistus- ja huolto-ohjeet, jotka on oheistettava myyntipakkauksen mukana toimitettavaan käyttäjän oppaaseen.

4.2.6 Anturien valintaan liittyvät vaatimukset

Anturien valinnassa pääpaino tulee olla

- kestoikä (mekaaninen rakenne, tiiveysluokat)
- helppo vaihdettavuus (liittimet)
- liitettävyyden logiikkaan (käyttöjännitteet, analogiaviestit)
- pinnankorkeuden anturin mittaustavan valinta (ultraääni, kapasitiivinen)

5 Malliprototyypin valmistus

5.1 Automaatio ja sähkötekniikka

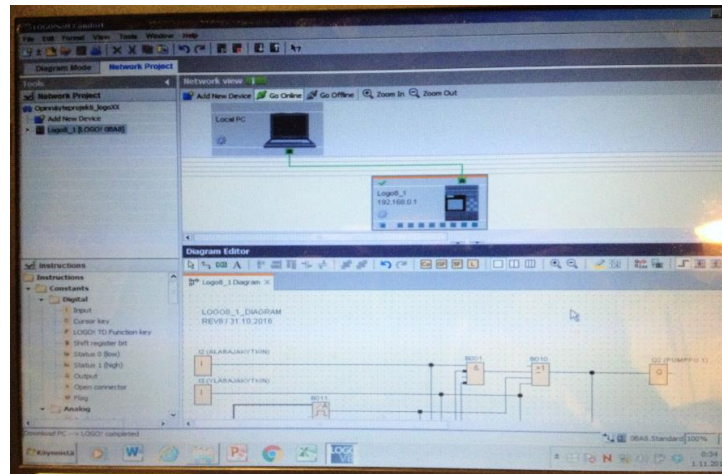
Automaatio valmistettiin Etherma Skandinavia Oy:n keskustuotantotiloissa, Vantaan Koivuhaassa. Ennen kokoamista päätettiin rakenteesta ja luovuttiin kahden sisäkkäin asennettavan asennuskotelon käytöstä, koska laitteistosta olisi tullut liian kookas. Valmistajan tuotteista löytyi kuitenkin Ge:n valmistama IP65 -tiivetyluokan kotelomalli [14], mitä kotelotyyppiä oli mahdollisuus asentaa kaksi (tai useampia) koteloihin päällekkäin erityisellä lukituskiinnityksellä. Koteloiden liittäminen toisiinsa ei muuttanut tiiveysluokkaa. Koteloiden oli myös laaja valikoima väli- pääty sekä päällyskansia.

Ylempi kotelo varustettiin itse laitteistolle, minkä kokoamista varten asennettiin koteloihin kaksi vaakasuoraa DIN-kiskoa. Laitteiston kokoaminen tapahtui seuraavassa järjestyksessä:

- 1) Siemens Logon asentaminen
- 2) jännitelähde 24 VDC
- 3) EIB-/KNX-kommunikaatiomoduli.
- 4) suojaavat lämpösuojat sekä 30 mA vikavirtasuojaus
- 5) riviliitin ja liitinmekaniikka
- 6) automaatioon liittyvän kotelon liittymäkaapelien läpiviennit ja tiiveysluokka

5.2 Pintavesipumppuautomaation ohjelmointi

Järjestelmän aloituspaketin mukana maahantuojalla toimitti siis ohjelmointityökalun Logo-logiikkojen ohjelmointiin (Siemens LOGO! Soft Comfort Version 8.0).



Kuva 27. Ohjelmointia luodulle ohjelmaprojektille.

Ensin suoritettiin alustavan ohjelman laadinta offline. Ohjelma laadittiin toimilohkokaa-vion muotoon (Funktion Block Diagram). Kyseessä olevaa ohjelmaa simuloitiin ja loogi-set virheet korjailtiin alustavasti.

Seuraavaksi oli vuorossa ohjelman lataaminen logiikalle sekä toimintatestaukset valmis-tajan tiloissa, minkä jälkeen lopullinen ohjelmarevisio ladattiin logiikalle, Metropolia AMK:n vesilaboratorion tiloissa. Vesilaboratoriossa myös suoritettiin ultraäänianturin jänniteviestipisteiden mittaukset sekä kuvaajan laadinta niiden pohjalta. Jänniteviesti-muotoiset mittapisteet saatiin mittaamalla testialtaassa portaittain nousevaa vedenpin-taa, jolloin saatiin luettua ohjelman käyttöliittymältä arvot pisteinä, suhteessa säiliön ve-den pinnankorkeuteen.

Siemens Logo 8-version ohjelman lataus tapahtuu ethernet-johtoa käyttämällä. Jotta Logo-logiikka ja ohjelmoinnissa käytettävä terminaalitietokone tunnistaisivat toisensa, on konfiguroitava ne "virtuaaliverkkoon". Tällöin syötetään IP-osoitteet sekä logiikalle, kuin myös käytettävälle terminaalitietokoneelle.

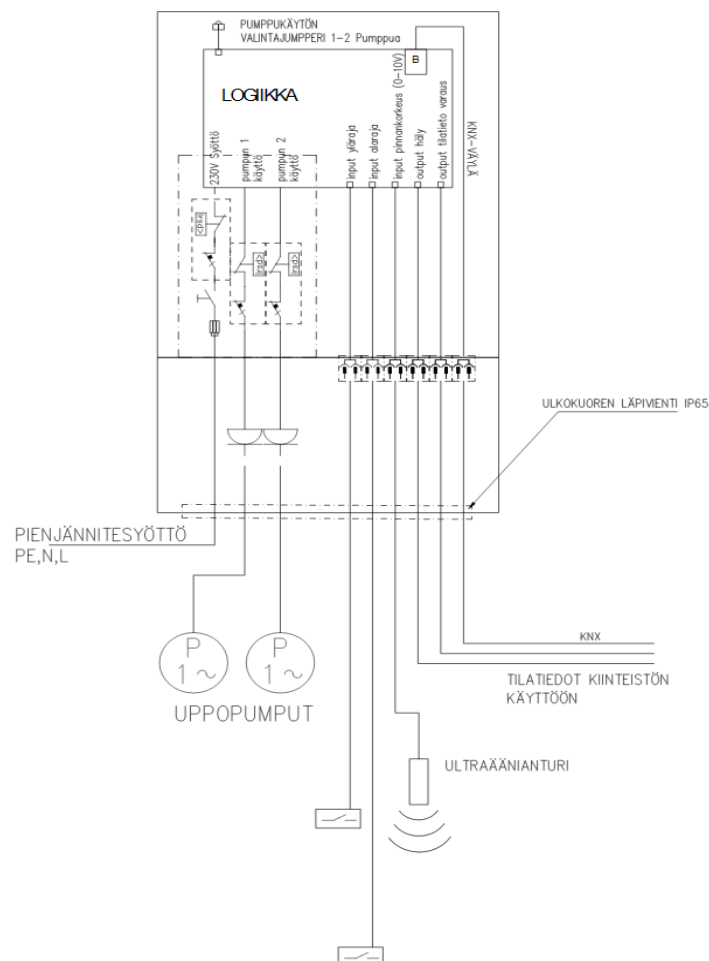
5.3 Mekaniikan valmistus

5.3.1 Kotelon valitseminen

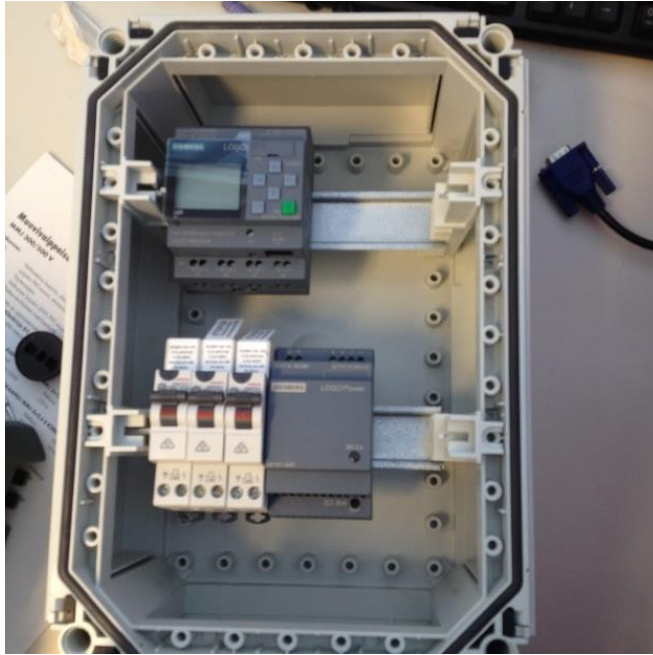
Koteloksi (kuvassa 29) valittiin Etherma Skandinavian myyntituotteena oleva GE:n valmistama kotelo, jossa oli laaja valikoima asennustarvikkeita, kuten:

- kannet (läpinäkyvä ja läpinäkymätön)
- pääty- ja välilevyt
- DIN-kiskokiinnitys
- koteloiden yhteenliitos-, tiivistys ja lukitusosat [15.]

Kotelovalinta muutti alkuperäisen suunnitelman mukaista toteutusta kuvan 28 mukaiseksi. Kotelot asennettiin kytkemällä ne päällekkäin.



Kuva 28. Pintavesipumpun automaatiikkaosan lopullinen periaate yleiskaaviona.



Kuva 29. Koteloksi valikoitui GE asennuskotelo 361x254x165 (no. 861 664), joita voitiin liittää kaksi päällekkäin. Itse kotelon tiiveysluokka on IP65. [16.]

Prototyypilaitteistoa varten valittujen koteloiden tuoteperhe on **GE VMS 32**, jonka kotelokomponenteista laitteiston koottiin [16].

5.3.2 Tiiveysluokan varmistaminen automatiikan liitinosasta kotelon ulkopuolelle

Kaapelien läpivienti kotelosta ulos valmistettiin elastisesta solukumista. Läpiviennin kohdalla taustassa on Ø 60 mm:n reikä alapuolen seinässä. Solukumi on liimattu kiinni taustaansa.

Läpiviennistä sai läpi normaalikokoisen pistotulppaliittimen, silti kumi puristui tiiviisti joh-tojen ympärille.



Kuva 30. Kaapelien läpivienti kotelosta ulos.

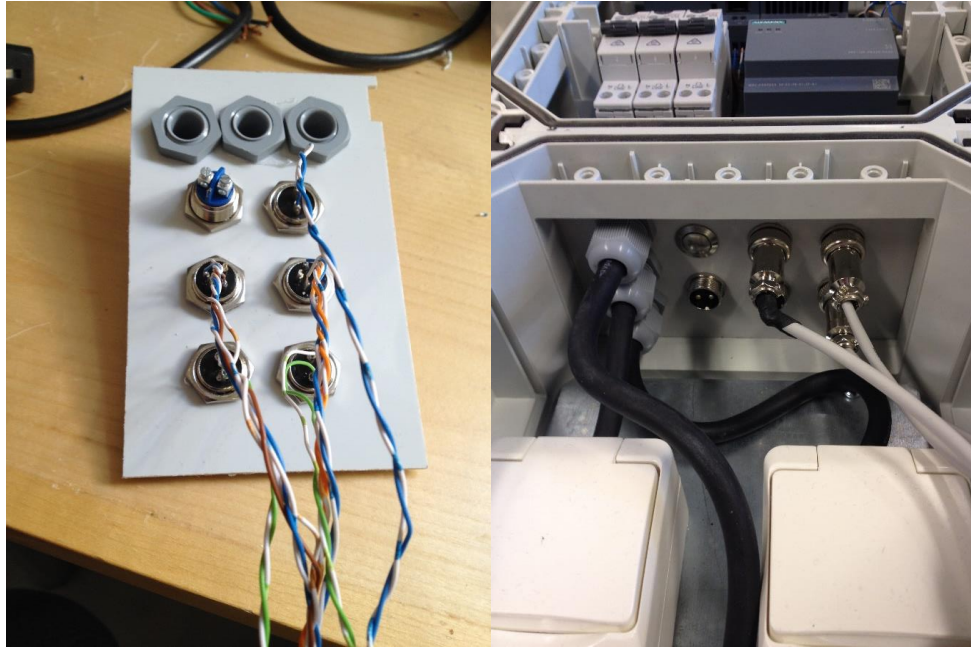
5.3.3 Tiiveysluokan varmistaminen automaatiokotelon ja liitinkotelon välillä

Tiiveysluokan varmistaminen johtojen läpivienneille liitinkoteloon johtojen koteloon viennissä tapahtui valamalla koteloiden välissä olevan liitinvälilevyn päälle valuhartsista n. 5 mm:n kalvo. Tiiveyden lisäksi tämä paransi myös koteloiden välisen välilevyn lujuutta.

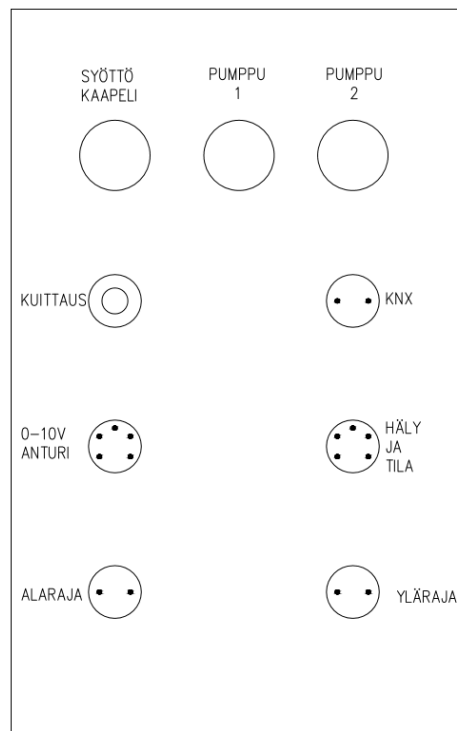
5.3.4 Liittimet ja läpiviennit pumppu-, yhteys - ja anturijohdoille

Liittimet ja kiittauspainikkeet asennettiin koteloiden väliseinälaippaan.

Tämän vuoksi jouduttiin poraamaan reiät, joihin asennettiin kaapelien vedonpoistolla ja tiivistyksellä olevat johtoläpiviennit sekä anturi- sekä signaalikäyttöjen liittimet sekä kiittauspainike. Kuvat 31,32 ja 33 havainnollistavat laipan rakennetta.



kuvat 31 ja 32. Liittimet välilaitassa.



Kuva 33 Välilaitan liittimet ja läpiviennit.

5.3.5 Liitinten asennus antureita ja ulkoisia signaali- sekä väyläjohtimia varten

Liittimiksi valittiin Partco Oy:n markkinoimat MIC-liittimet. Liittimet ovat pääosin käytössä audiojärjestelmien laitteissa, mutta soveltuvat mekaanisesti kestävinä ja läpivientiasenteisina kehitettävän automatiikan toimilaitteantureiksi.



Kuva 34. Esimerkki MIC-liittimistä; 2 osainen naaras ja runko [17].

Liittimiin piti juottaa johdotus, niin että runkoliittimille juottamalla liitettiin johtimet logiikan syöttö- ja ulostuloliittimiä varten.



Kuva 35. Koneessa kuittauspainikkeena käytetty painokytin (lukkiutumaton) [17].

Naarasliittimiin juotettiin syöttöjohdon päät. Anturit juotettiin vastakkaisesta päästä kiinni syöttöjohtoon. Syöttöjohtojen ja anturin johtimet eristettiin käyttämällä eristyssukkaa. Anturien syöttöjohtoina käytettiin KLMA 4x08-johtoa.



Kuva 36. Laite valmiiksi koottuna ohjelman lataamista ja ensimmäistä ohjelman koeajoa varten.

Automaatiokeskus oli mekaanisesti valmis kesäkuun 2016 alkuun mennessä. Aikapu-
lasta ja teknisistä viivästyksistä johtuen päästiin aloittamaan anturien valmistus (liitinten
ja syöttöjohtojen valmistus ja asennus) sekä Logo-ohjelman lataamiseen automatiikalle
vasta lokakuussa 2016.

14.10.2016 valmistettiin anturit, joihin juotettiin liitosjohdot. Johdotus juotettiin myös an-
turiliittimiin (kompaktiliittimet ja anturit). [16.]

18.10.2016 luotiin ohjelman projektikonaisuus ja pyrittiin lataamaan laadittu ohjelma
Logon moduuliin. Ohjelman lataus viivästyi, koska ohjelma ei alkanut latautumaan logii-
kalle. Järjestelmä ilmoitti syöttävän terminaalitietokoneen IP-osoitteen olevan väärästä
ryhmästä. PC:n ja Logo-logiikan välinen yhteys kuitenkin toimi Logolta terminaalitieto-
koneelle päin. Tätä pulmaa ruvettiin ratkomaan Siemens Oy:n teknisen tuen puhelinpal-
velun avustuksella. [8.]

19.10.2016 ongelma saatiin ratkaistua, koska valmistajan teknisen tuen avulla selvisi, että Windows 10 käyttöjärjestelmä ei välttämättä tue, edes uusinta 8-sarjan logo-tuoteperhettä. Työkaluohjelma "LOGO! Soft Comfort V 8.0" oli kuitenkin latautunut tietokoneelle muuten hyvin ja toimi "off-line" ohjelmointityössä käytetyssä Windows 10-käyttöjärjestelmällä varustetussa PC:ssä.

Vaihdettiin PC vanhempaan malliin, joka oli varustettu Windows 7-käyttöjärjestelmällä. Ladattiin tähän koneeseen Logo Soft Comfort -ohjelma. Tämän tietokoneen vaihdon myötä päästiin ohjelman lataamiseen, joka laitekonfiguroinnin jälkeen toimikin hyvin. Yhteistyössä Siemens Oy:n teknisen tuen kanssa konfiguroitiin uusi aliverkko tietokoneelle ja annettiin koneelle IP-osoite samaan ryhmään, mitä logo-logiikkakin käytti.

Ultraäänianturi saatiin myös toimimaan analogiaportin kautta, kun PC saatiin osoitteistettua analogiaportin ohjelmassa oikein.

5.3.6 Merkinnät ja viimeistely

Koska laite oli saatava valmiiksi koekäyttöä varten; aikataulun tiivistämisen vuoksi toimitettiin tämä raakaversio automaatiosta laboratorioon sekä kenttäkoekäyttöön ilman merkintöjä koneen kanteen tai liitinkoteloon.

Lopulliset merkinnät tullaan suunnittelemaan ja suorittamaan testausperiodin jälkeen, jos laitteistosta ruvetaan valmistamaan kaupallisia versioita, lopullisen tuotantomalliston muotoutumisen myötä.

Mikäli tämän tuotteen osalta päättää suunnittelun tilaaja aloittaa mallin kaupallisen tuotannon, laitteen valmistaja laatii ja rekisteröi laiteperheelle myös käytönmukaisuusvakuuden (CE-merkintä).

Myös ohjelman "hienosäätö" tullaan suorittamaan pidempiaikaisen testauskäytön antaman kokemuksen perusteella. Muun muassa itse logiikkaosan näytön käytön kehittäminen, laitteen etäohjaaminen ja näyttämään reaaliaikainen käytön tila ja mahdolliset hälytykset kenttäväylän kautta.

5.3.7 Pumpun valinta koelaitteistolle

Projektin yksi tavoite oli käytännöllisyys, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa, että automatiikan kanssa voidaan käyttää vapaasti valittavaa, kaupallista uppopumppumallia.

Rautakaupasta käytiin valitsemassa hinnaltaan edullinen uppopumppumalli koekäyttöä varten.

Koska johdonsuojina käytetään hitaamman laukaisukäyrän C10 A:n johdonsuojausta, yhdistetyllä 30mA:n vikavirtasuojauksella; tuo asettaa tehorajoituksen pumpun sähköteholle tämä on kokemusperäisesti n. 1 500 W. Tätä tehokkaammilla sähkömoottoreilla, moottorin käynnistysvaiheessa tapahtuvasta hetkellisestä virran kasvusta aiheutuu se, että joko johdonsuoja tai vikavirtasuoja saattaa laueta, katkaisten näin virtapiirin. Tämän vuoksi ei kyseisellä automatiikalla pysty käyttämään 2 000 W:n pumppua, koska se saattaisi ajoittain laukaista johdon-/vikavirtasuojan.

Testattavan prototyypin uppopumpuiksi valittiin kuvien 37 ja 38 mukainen MTX Garden uppopumppu likavedelle [18].

Pumpun nimellinen sähköteho on 400 W ja näin ollen sähkötehonsa puolesta käypä malli. Pumppausteho on 8 000 l/h (133 l/min). Pumpun maksimi nostokorkeus on 8 metriä.

Pumppumalli valittiin silmällä pitäen talven yli tapahtuvaa pitkäaikaista kenttätestiä aiossa ympäristössä, missä veden nostokorkeus on n. 2,5 m ja maksimisyötön virtaama kovalla sateella n. 50 l/min.

MTX GARDEN UPPOPUMPPU 400 W LIKAVESI
38-8357



Kuva 37. Koekäyttöön valittu uppopumppumalli MTX-garden 400 W (Motonet Oy kaupalliset internetsivut) [18].



Kuva 38. Pumppu koekentällä marraskuun 2016 alussa valmiina asennettavaksi kaivoon.

6 Malliautomaatiikan prototyypin koeajot

6.1 Yleiset olosuhteet

Laitteen ensimmäiset testaukset suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatio-osaston vesiprosessilaboratorion tiloissa Vantaan Myyrmäessä.

Koe järjestettiin kahdessa osassa:

- 1) laitteen antureiden toiminta asetettava kohdalleen, mitattavan kaivon vedenpinnan korkeuden suhteessa std-jänniteviestiin
- 2) automaatin pumppausyklin toiminta koetilanteessa

Laboratorio- ja kenttämittauksissa käytetyt sähköiset mittalaitteet:

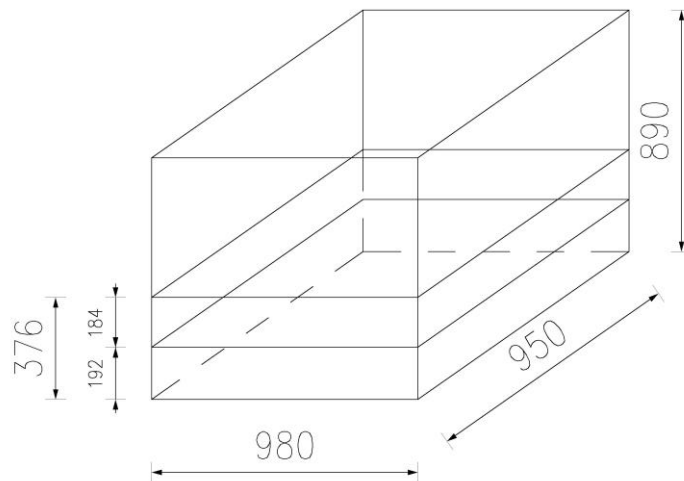
- asennustesteri Unitest Talaris +0100
- yleismittari Exxtech
- 1000 V eristysvastusmittari Exxtech
- fluke T140 voltage tester koestuskynä

Mittaukseen käytetyn pohjasäiliön mitat olivat

- leveys 950 mm
- syvyys 980 mm
- korkeus 890 mm
- > Säiliön koko tilavuus $0,83 \text{ m}^3 = 830 \text{ litraa}$.

Säiliössä olevan veden tilavuus kokonaistilavuus V ja tilavuuden muutos ΔV pystyttiin laskemaan pohjapinta-alan A ja veden korkeuden h tulona.

$$V = A \cdot h \quad (1)$$



Kuva 39. Mittasäiliön mitat ja pinnankorkeuden muutos pinnankorkeuden testimittauksessa 192 mm täytön alku, 376 mm täytön ylin arvo. Säiliö täytettiin ämpärimenetelmällä käsin ja anturin mitta-arvo otettiin talteen jokaisen ämpärillisen jälkeen.



Kuvat 40 ja 41. Koetilanteessa käytetty säiliöstö ja testausympäristö. Ylempään säiliöön poistettiin vettä alemmasta säiliöstä, ja se valui yläsäiliön ja alemman keräilyssäiliön välistä poistoputkea pitkin takaisin alempaan säiliöön. Näin saatiin luotua todenmukaisen tyyppinen koetilanne pienoiskoossa.



Kuva 42. Anturin asennusteline. Kuvan anturi ei liity järjestettyihin mittauksiin, mutta kuvassa olevaa anturin asennustelinettä käytettiin vastaavalla tavalla mitatessa automatiikan omalla anturilla.

6.2 Laitteen toiminta koeympäristössä yleisesti

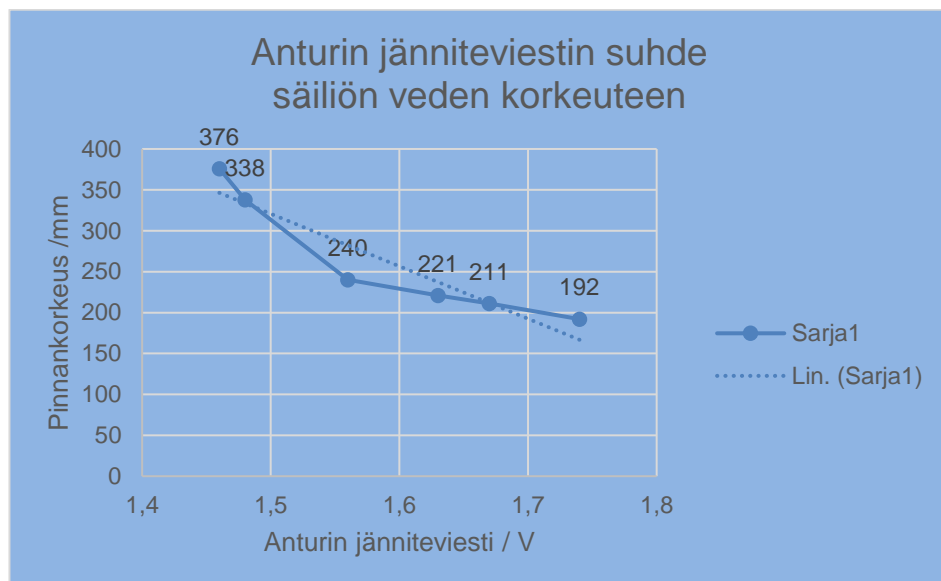
Ultraäänianturin ensimmäisten koestusten pohjalta havaittiin, että kyseinen anturimalli toimi päinvastaisesti, kuin oli alun perin ajateltu. Testauksessa havaittiin, että alkuperäinen ohjelma oli ohjelmoitu ottamaan huomioon pinnankorkeuden nousu kasvavana jänniteviestinä. Näin siis olisikin, jos anturi sijaitsisi altaan pohjalla. Mitattaessa altaan yläpäästä havaittiin, että anturin jänniteviestin lukema pieneni pinnankorkeuden lähestyessä säiliön yläosaan sijoitettua anturia.

Tämän vuoksi joudut laboratorio-olosuhteissa ensin muuttamaan ohjelmaa niin, että ohjelma muutettiin käyttämään kasvavan pinnankorkeuden ilmaisuuden kanssa laskevaa jänniteviestiä (altaan täytyminen). Koska Logon-ohjelmiston käyttöliittymä toimi helposti, oli muutokset suhteellisen vaivatonta ja nopea tehdä ohjelmaan, syöttää logiikalle sekä testata online, itse käytön logiikalta.

Muutosten suorittamisen jälkeen nostettiin aläsäiliön vedenpintaa ja otettiin ylös online käyttöliittymältä mitatut arvojen muutokset. Matalin- ja korkein jänniteviestiarvo todennettiin anturin logon analogialiittimiltä mittaamalla. Tuloksena saatiin taulukon 2 mukainen jänniteviesti 24 V:n miinuspotentialia vasten.

Taulukko 2. Koetilanteessa mitattu jänniteviestin muutos suhteessa säiliön pinnankorkeuden muutokseen.

U/V	h (pohjasta)
1,74 V	192 mm
1,67 V	211 mm
1,63 V	221 mm
1,56 V	240 mm
1,48 V	338 mm
1,46 V	376 mm



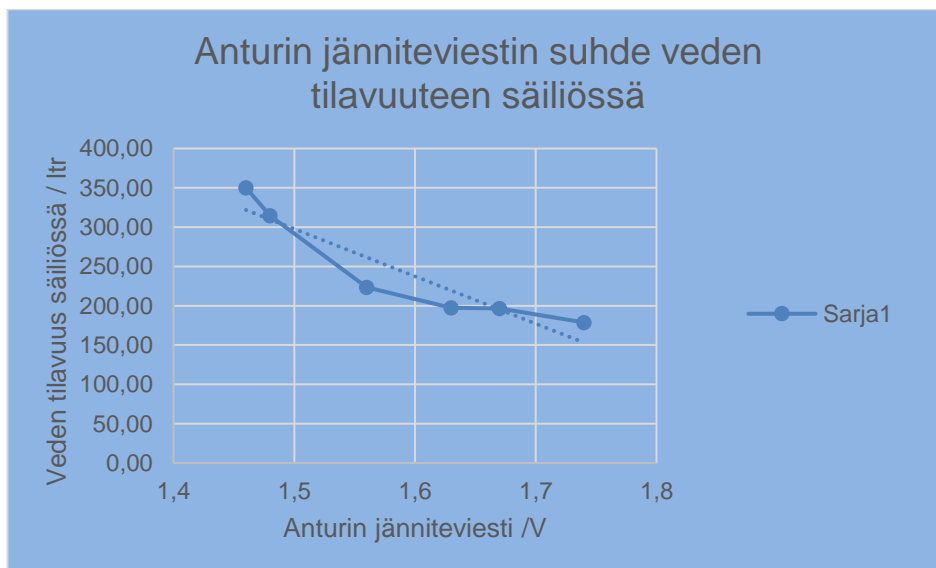
Kuva 43. Kaavio koetilanteessa mitatusta jänniteviestin muutoksesta suhteessa säiliön pinnankorkeuden muutokseen.

Muutoksen graafisesta kuvaajasta voidaan havaita, että kuvaaja ei ole täysin lineaarinen, joskin pienet muutokset saattavat myös johtua anturin pienestä epätarkkuudesta ja/tai altaan nestepinnan pienestä elämisestä. Tarkastellessa käyttöliittymän analogia-anturin näyttöä saatettiin kuitenkin havaita noin +/-0,02 voltin vaeltamista signaalissa.

Taulukko3. Koetilanteessa mitattu jänniteviestin muutos suhteessa säiliössä olevan veden tilavuuteen litroina.

U/V	d
1,74 V	178,75 ltr
1,67 V	196,44 ltr
1,63 V	197,37 ltr
1,56 V	223,44 ltr
1,48 V	314,68 ltr
1,46 V	350,06 ltr

Mittauksen aikainen, veden tilavuuden kokonaismuutoksen suuruusluokka Δd oli noin 171 litraa.



Kuva 44. Kaavio koetilanteessa mitatusta jänniteviestin muutoksesta suhteessa säiliön pinnan-korkeuden muutokseen.

Anturin etäisyyden arvioimiseen tarvittavan jänniteviestikäyrän mittaamisen jälkeen asennettiin testattavalle automatiikalle yhden pumpun käyttötoimintatila (kaksoispumpukäytön käyttöjumpperin poisto), tämän jälkeen tehtiin 15 minuutin testiajo asetetulle pumppuautomatiikalle.

Pumpun toimintasyklin toimivuuden testausta varten muutettiin ohjelmassa anturiin liittyviä toimintapisteitä niin, että käyttörajan ja liikatäytön rajat asetettiin tyhjennysvälille 1,5 V-1,46 V, mikä vastasi n. 60 mm pinnankorkeuden muutosta, tämä taas vastasi n 55 litran tyhjennystä. Tyhjennyksen paluuvirtauksen kanssa yksi sykli kesti keskimäärin 35 sekuntia.

Alasäiliöstä pumpattiin vettä yläsäiliöön, josta vesi valui takaisin tyhjennysputkea pitkin. Alemman säiliön täytyminen oli huomattavasti pumppausvirtaamaa suurempi, joten näin saatiin järjestelmälle rakennettua todenmukaisen koetilanne.

6.3 Anturien toiminta

Pinnankorkeutta mittaava ultraäänianturi sekä ylä- ja alarajan pinnankorkeutta mittaavat mekaaniset magneettianturit toimivat vesilaboratoriossa suoritetun koeajon läpi halutulla tavalla.

Koska pinnankorkeuden mittauksen ylä- ja alapinta-asetukset olivat riittävän etäällä ei yläsäiliön poistoputkesta alas putoavan veden aiheuttama aaltoliike, riittänyt käynnistämään uutta pumppaus sykliä.

Laitteistolle tullaan tekemään vielä puoli vuotta kestävä laitetestaus aidossa pintavesikaivoympäristössä Espoossa.

6.4 Pumppujen toiminta

Pumput toimivat laboratorio-olosuhteissa kuten niiden pitikin. Pumppujen uimurin koho pitää kiinnittää pystyasentoon pumpun runkoon. Osissa kaupallisia malleja on myös itse pumpussa tähän käyttöön tarkoitettu kiinnike, joka mahdollistaa kohon asettamisen pystyasentoon ilman teippausta.

6.5 Yhteenvetoa

Oli hyvä päästä laboratorio-olosuhteisiin mittaamaan laitteiston toimintaa. Oli ehdottoman tärkeää nähdä anturin toiminta ja asettaminen lämpimässä tilassa kaikessa rauhassa, helpoissa olosuhteissa, jotta kenttätestaamisen perustamisessa voi pääosin keskittyä vain koelaitteiston kokoamiseen. Kenttäolosuhteissa on enää vaikeaa ruveta säättämään järjestelmää ohjelmallisesti tai tekemään järjestelmälle suurempia ohjelmamuutoksia.

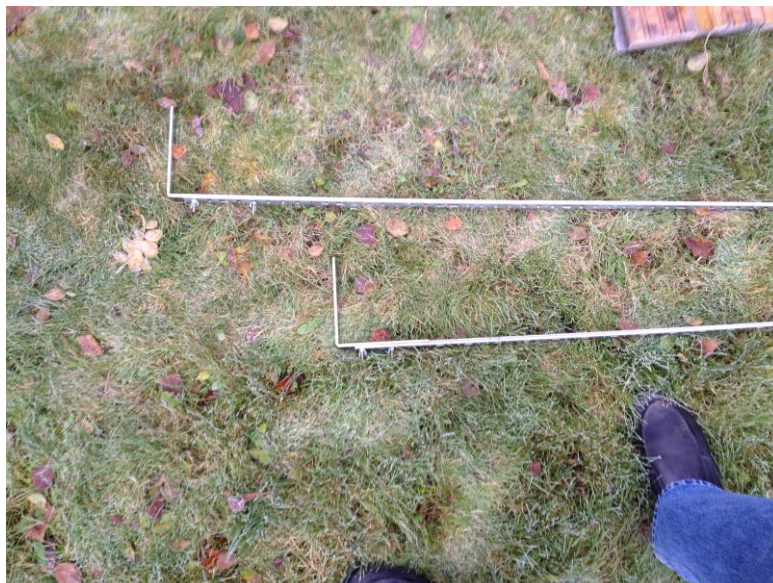
7 Loppuyhteenvetoa laitteesta

7.1 Laite käytössä

Pumppujärjestelmän rakentaminen koekaivon tyhjennysautomaatikaksi ohjaamaan pinnavesikaivon tyhjennystä Espoon Rastalassa.

Pumppuautomaatiikan rakentamisessa testikaivoon oli seuraavan laisia vaiheita:

- 1) anturien asennusmekaniikan rakentaminen
- 2) anturien kiinnittäminen kaivoon
- 3) pumpun kokoaminen (letkuston asennus, kohon kiinnitys)
- 4) automaatiokeskuksen asentaminen kaivolle (anturien ja moottorin liittäminen)
- 5) ohjelman käyttöönotto ja pinnankorkeusasetukset
- 6) kaivon koetäyttö, jotta nähdään anturien toiminta
- 7) keskuksen käyttöönottoon liittyvät mittaukset (oikosulkuvirta, silmukkaimpedanssi, vikavirtasuojien laukaisuvirrat ja laukaisuaika)
- 8) pinnankorkeuden paikalleen haarukointi (ei ylityhjennystä, eikä liian korkeaa käynnistuspintaa)



Kuva 45. Käyttöön valitut ja pituuteensa katkaistut anturien kiinnitystangot. Lyhyempi tanko (tarkoitettu raja-antureille) 2 100 mm, lyhyempi (ultraäänianturi) 950 mm.



Kuva 46. Anturien ja moottorin kiinnitys automaatiokeskukseen.

Ennen pumpun sähköistä käyttöönottoa tehtiin pumppujärjestelmälle sähköturvallisuuden liittyvät mittaukset. Koko pumpun sekä ryhmäjohdon osalta mitattiin sähkölaitteiston eristysvastus R_e ja molempien pumppuryhmien osalta oikosulkuvirta I_k , silmukkaimpedanssi Z_k , vikavirtasuojan laukaisuvirta $I_{\Delta n}$ ja laukaisuaika t [1].

Taulukko 4. Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksen mittaukset.

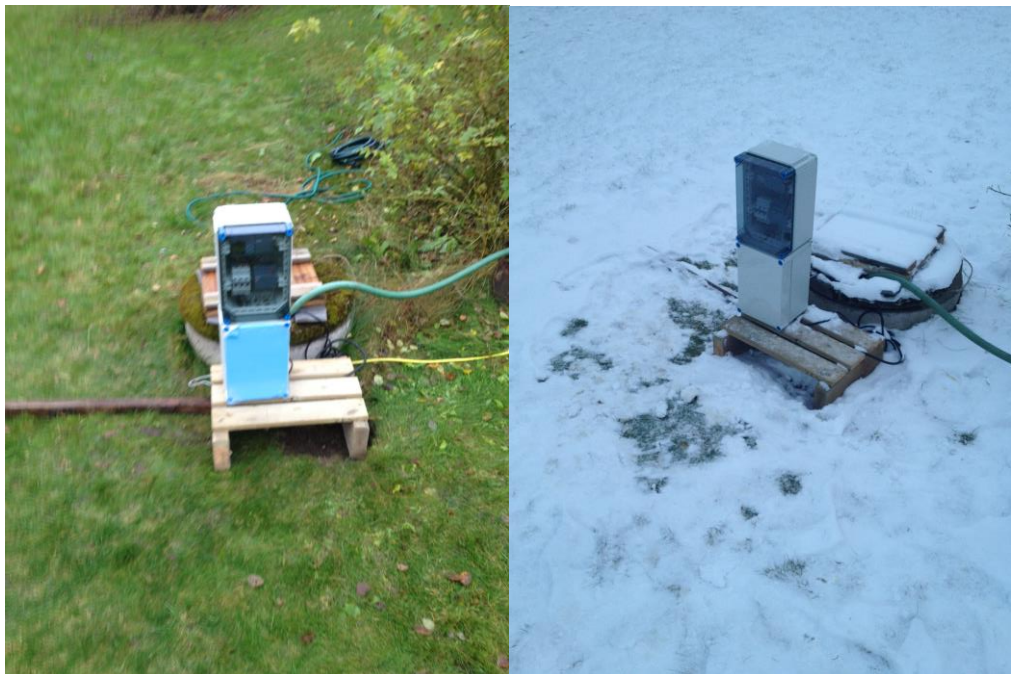
	I_k/A	Z_k/Ω	$I_{\Delta n}/mA$	t/ms	$R_e/M\Omega$
ryhmä1	205	112	24	29	
ryhmä2	207	111	24	29	
koko keskus					>99



Kuva 47. Anturit ja pumppu asennettuna kaivoon.



Kuva 48. Pumppu toiminnassa.



Kuvat 49 ja 50. Järjestelmä toiminnassa kenttäolosuhteissa.

7.2 Soveltuvuuden arviointi

Pintavesikaivon tyhjennysautomaattia on nyt koekäytetty yli viikon ajan ja automatiikka on toiminut hyvin ensimmäisen vuorokauden jälkeisen pumppusyklin pisteiden muuttamisen jälkeen, missä asetettiin pumppauksen pinnankorkeuden arvoja hiukan ylöspäin.

Alkuperäiset ala- ja ylärajojen käytön asetusten muutokset olivat:

- yläraja 165 yksikköä – 188 yksikköä (1,65 – 1,88 V).
- alaraja 246 yksikköä – 215 yksikköä (2,46 – 2,15 V).

Kenttäkokeessa kaivontyhjennyslaitteisto jätettiin ensin toimimaan asetuksilla; yläraja 160 yksikköä ja alaraja 235 yksikköä. Seuraavana päivänä kuitenkin huomattiin, että alarajaksi asetetulla 235 yksiköllä pumppu tyhjensi kaivoa aivan liian alas, joten kone oli ajautunut ”pumppauslooppiin”. Näin tapahtui, koska mekaaninen alarajatunnistin keskeytti pumppauksen ja pienen täytön jälkeen alaraja-anturikohon noustessa, pumppausykli jatkoi toimintaansa, koska anturi ei ollut antanut logiikalle vielä riittävän korkeaa yksikkölukua, tyhjennyspumppauksen pysäytystä varten. Seuraavana päivänä asetettiin anturiarvot alarajan osalta 220 yksikköön (alarajan rajapinnankorkeuden nosto ylemmäs) ja ylärajaa muutettiin vielä 175 yksikköön. Tämän jälkeen automaation pumppausykli on toiminut halutulla tavalla.

Taulukko 5. Pumppauksen käynnistys ja sammutusasetukset suhteessa kaivon vedenpinnan korkeuteen.

U/V	Rajakorkeus h/mm
1,75	n. 650
2,35	n. 300
Kaivon syvyys 2600mm UÄ-anturin korkeus pohjasta 1300mm	

7.3 Ajatuksia laitteen mahdollisesta tuotantoversiosta

Kehitystyön alla olevan prototyypin rakentaminen perustui pääosaltaan Etherma Skandinavia Oy:n edustamiin tai maahantuomiin sähkökomponentteihin [15].

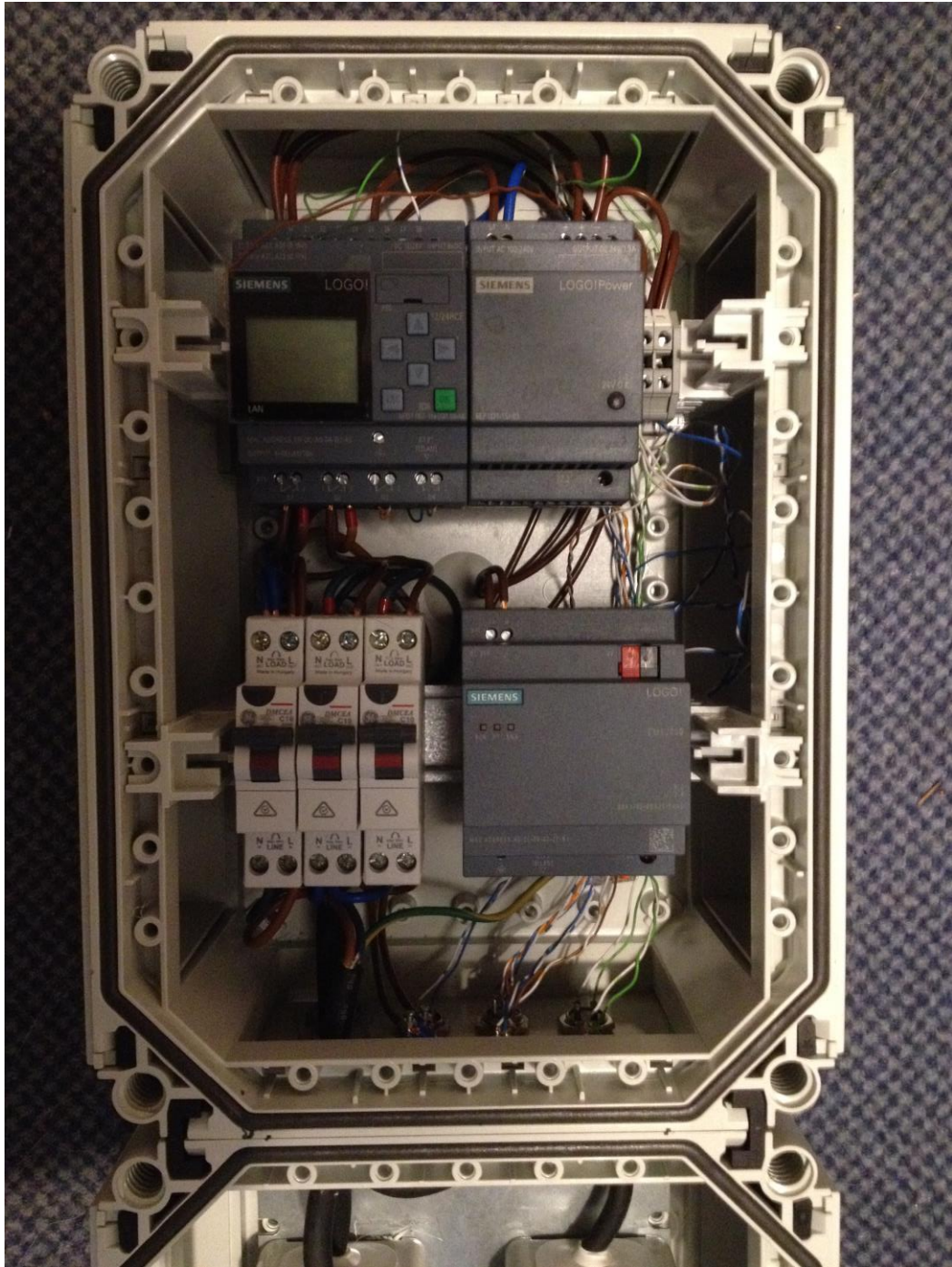
Siemens Logo on hankintahinnaltaan edullinen ja yksinkertainen ottaa laitteiston käyttöön sekä opastaa asiakkaille.

Carlo Gavazzin valmistamat anturit myös ovat hyvin kenttäkelpoisia sekä eristyksensä, että mekaanisen lujutensa osalta.

Mahdollisesti tuotevariaatioita voisi olla kolmea erilaista tyyppiä, johtuen Siemens Logo-perheen optionaalisista moduulivaihtoehdoista.

- 1) perusversio, joka on varustettu vain Logon logiikalla tähän versioon saattaisi keilla pienempää koteloa
- 2) väylämoduulilla varustettu versio (KNX/Modbus)
- 3) GSM -moduulilla varustettu versio

Mikäli kentälle talven yli testiin asennettu pintavesipumppulaitteisto toimii käytön ajan moitteettomasti, voisi päätelmäni mukaisesti laitteiston teknisestä konstruktiosta kehittää jo aikaisemmin mainitun tyyppisten pintavesiautomaatiolaitteistojen tuoteperheen.



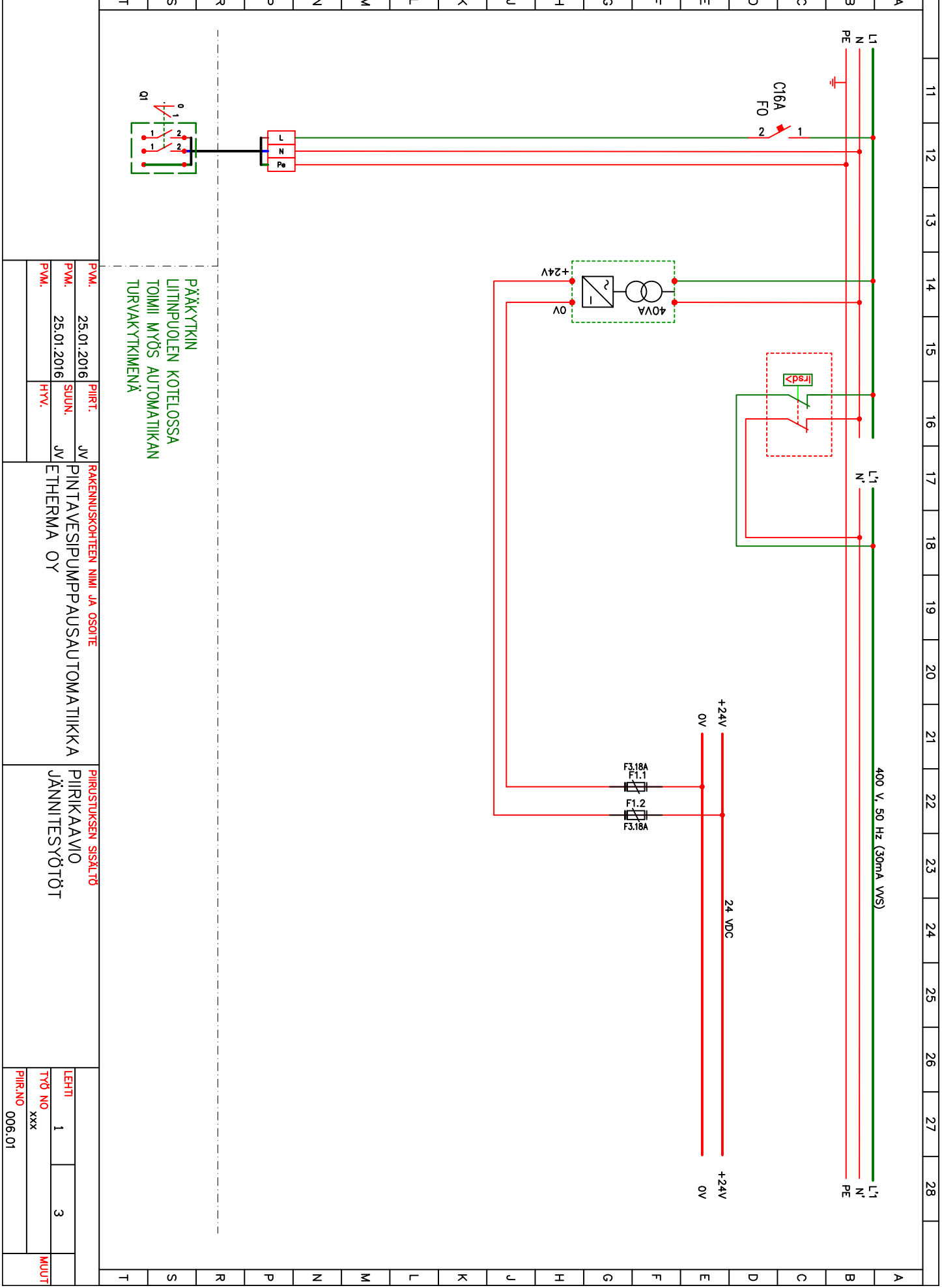
Kuva 51. Insinööriyön tuloksena kehitetty automaatioprototyyppi.

Lähteet

- 1 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2016. Sähköalan standardikokoelmat 6000, kirjalliset julkaisut, sfs 600-1 ja sfs 600-2. Lukeminen jatkuvana käsikirjana vuodesta 2013.
- 2 Laakkonen, Markku. 2016. Merikapteeni. Viemärikaivonkohde-esittely, Tammihaantie 13 Espoo. Keskustelu 28.10.2016.
- 3 Olli, Jari. Lehtori. 2012. Mittaus- ja säätötekniikan kurssimoniste 1, Metropolia (AMK). Suoria lainauksia.
- 4 Jari Olli. Lehtori. 2012. Mittaus- ja säätötekniikan kurssimoniste 2, Metropolia (AMK). Suoria lainauksia.
- 5 Salmi, Ari. 2015. Tuotepäällikkö, Siemens Oyj, ohjelmoitavat logiikat. Keskustelut 23.11.2015 ja 04.02.2016.
- 6 Siemens Oyj. 2015. Tuote-esite, verkkodokumentti. <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuoteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automatiot-ekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/logo.htm>. Luettu 25.11.2016.
- 7 Junno, Kristian. Lehtori. 2010. Luentomoniste, ohjelmoitavat logiikat, Metropolia (AMK). Lähdetieto.
- 8 Juvonen, Aki. 2016. Insinööri, tekninen tuki, Siemens Oyj ohjelmoitavat logiikat. Puhelinkeskustelut 18.–24.11.2016.
- 9 Carlo Gavazzi Oy. 2016. Tuoteluettelo, painotuote, cat op fin rev.15-01./15, tuotteemme 16/17. Luettu 01.02.2016.
- 10 Carlo Gavazzi Oy. 2016. Magneettianturin tekninen manuaali, verkkodokumentti. <http://www.datasheetlib.com/datasheet/387137/ilmp5_carlo-gavazzi.html>. Luettu 08.02.2016.

- 11 Carlo Gavazzi Oy. 2016. Ultraäänianturin tekninen manuaali, verkkojulkaisu. <http://www.gavazzi.de/images/gavazzifiles/sense/BRO_UA18-UA30.pdf>. Luettu 08.02.2016.
- 12 Siemens Oyj. 2016. Tuotteen tekninen manuaali, kirjallinen julkaisu, Siemens LOGO! käsikirja A5E03556174-01. Luettu 26.02.2016.
- 13 Einhell Germany gmbh .2016. Uppopumpun valmistajasivustot, verkkojulkaisu. <http://products.einhell.com/com_en/garden/water-pumps/bg-sp-550-if.html>. Luettu 01.02.2016.
- 14 GE-solutions. 2016. Tuoteluettelo, verkkojulkaisu. <http://www.gepower-controls.com/fi/resources/literature_library/catalogs/downloads/Tuoteluettelo_GENCAT_Finland_ed2013_1374.pdf>. Luettu 27.02.2016.
- 15 Etherma Skandinavia Oy. 2016. Tuoteluettelo, verkkojulkaisu. <<http://view.24mags.com/mobilev/346211736ee7538c2ce32003868eff62#/page=32>>. Luettu 26.02.2016.
- 16 Juutilainen, Janne. 2016. Varastopäällikkö, Etherma Skandinavia Oy. Säännölliset keskustelut keskusvalmistuksen yhteydessä, ajalla 01.02.2016-24.11.2016
- 17 Partco Oy. 2016. Jälleenmyyjän myyntiesite, MIC-liittimet, verkkojulkaisu. <http://www.partco.biz/verkkokauppa/index.php?cPath=23_1079_1586>. Luettu 02.05.2016.
- 18 Motonet Oy. 2016. Jälleenmyyjän myyntiesite, verkkojulkaisu. <<http://www.motonet.fi/fi/tuote/388357/MTX-Garden-Uppopumppu-lika-vesi>>. Luettu 25.10.2016.

REV.	PVM.	PIIRT.	SUUN.	HYV.	LIITE 1 (1/2)												REV.	PVM.	PIIRT.	SUUN.	HYV.
2	10.05.2016	JV	JV																		

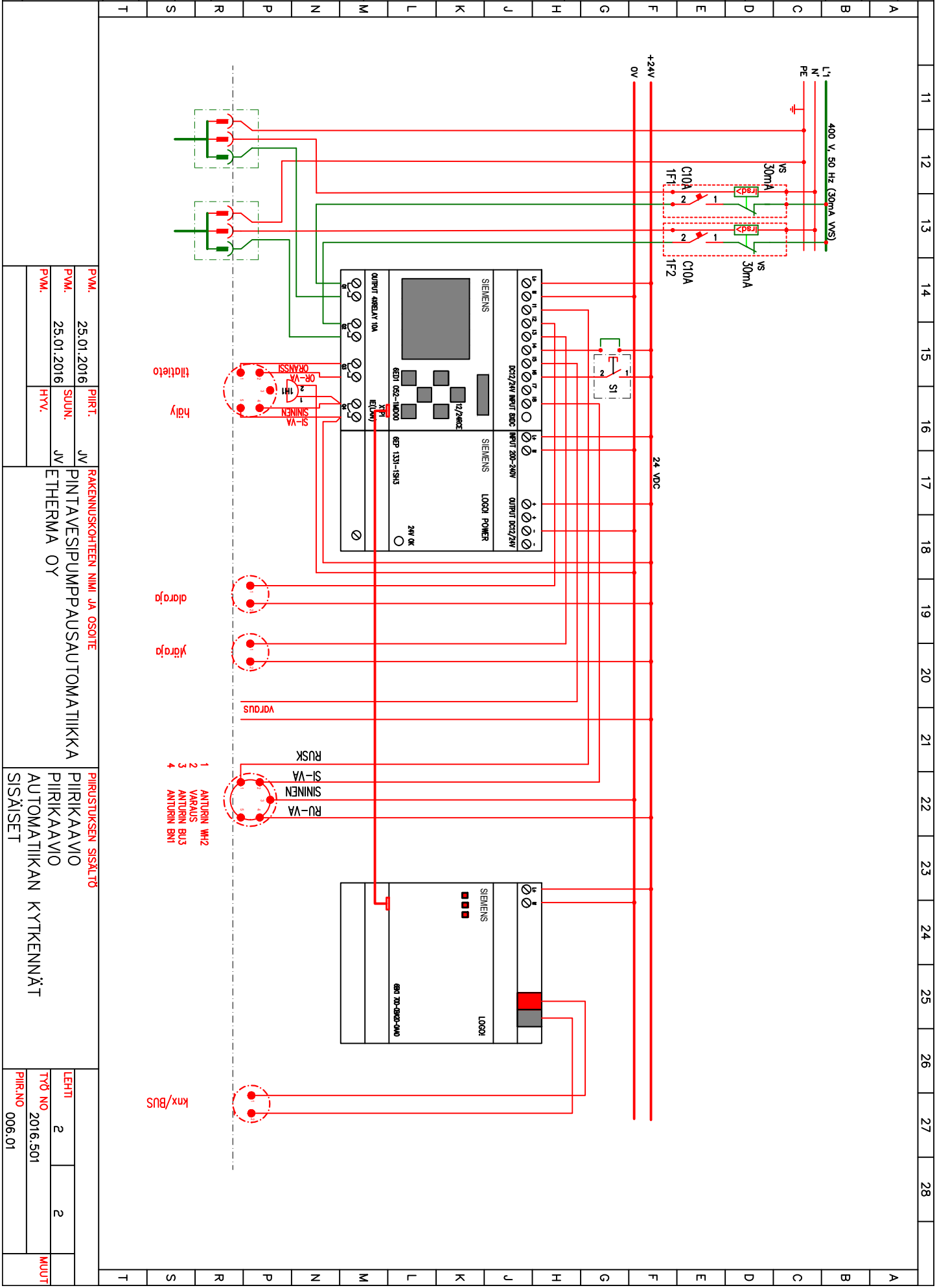


PVM.	25.01.2016	PIIRT.	JV	RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE
PVM.	25.01.2016	SUUN.	JV	PINTAVESIPUMPPAUSAUTOMATIikka
PVM.		HYV.		ETHERMA OY

PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	
LEHTI	1
TYÖ NO	xxx
PIIR.NO	006.01

REV	PVM.	PIIRT.	SUUN.	HYV.	REV	PVM.	PIIRT.	SUUN.	HYV.
2	10.05.2016	JV	JV						
3	4.11.2016	JV	JV						

LIITE 1 (2/2)



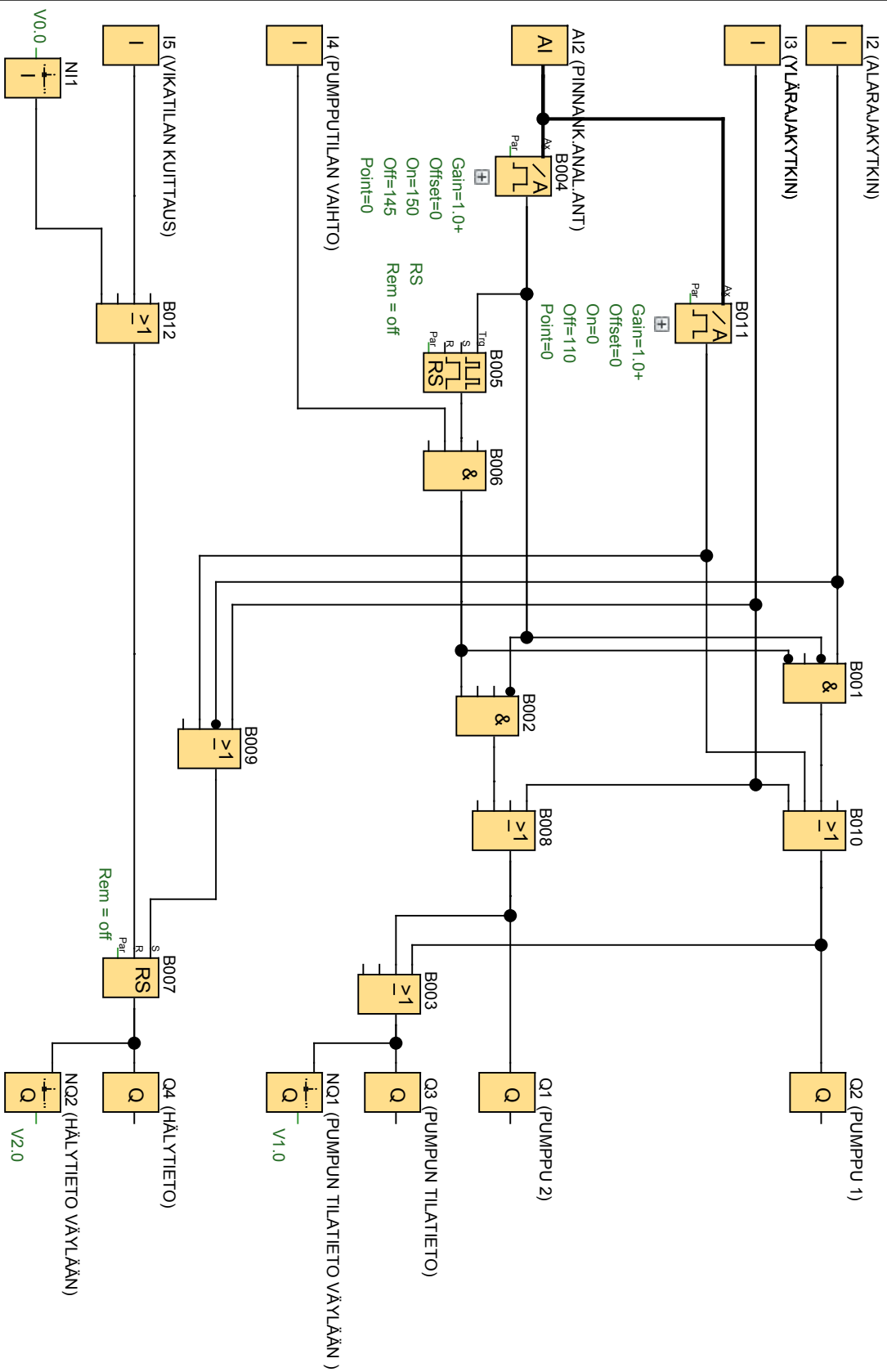
PVM.	25.01.2016	PIIRT.	JV	RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ
PVM.	25.01.2016	SUUN.	JV	PINTAVESIPUMPPAUSAUTOMATIikka	PIIRIKAAVIO
PVM.		HYV.		ETHERMA OY	PIIRIKAAVIO
					AUTOMATIikan KYTKENNÄT
					SISÄISET
LEHTI	2		2		
TYÖ NO	2016.501				
PIIR.NO	006.01				

Module Address

IP Address 192.168.0.1
Subnet Mask: 255.255.255.0
Default gateway 192.168.0.0

Creator:	Juha Vire				
Checked:	JV	OY TORCH ENGINEERING LTD	Project:	PUMPPU/AUTOMAATIO	Customer:
Date:	10/31/16 11:13 PM/11/1/16 12:33 AM		Installation:	lnt_0.1	Diagram No.:
			File:		Page:
					ETHERMA SKANDINAVIA
					2016_001_REV8
					1 / 4

LOGO8_1_DIAGRAM
REV8 / 31.10.2016



Creator:	Julia Vire	Project:	PUMPPUAUTOMAATIO	Customer:	ETHERMA SKANDINAVIA
Checked:	JV	Installation:	Int_0.1	Diagram No.:	2016_001_REV8
Date:	10/31/16 11:13 PM/11/1/16 12:33 AM	File:		Page:	2 / 4
		OY TORCH ENGINEERING LTD			

Block Number (Type)	Parameter
B004(Analog threshold trigger) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=150 Off=145 Point=0
B005(Pulse Relay) :	RS Rem = off
B007(Latching Relay) :	Rem = off
B011(Analog threshold trigger) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=110 Point=0

Creator:	Juha Vire	OY TORCH ENGINEERING	Project:	PUMPPUAUTOMAATIO	Customer:	ETHERMA SKANDINAVIA
Checked:	JV	Installation:	File:	jmr_0.1	Diagram No.:	2016_001_REV8
Date:	10/31/16 11:13 PM/11/1/16 12:33 AM				Page:	3 / 4

Connection	Label
I2	ALARAJAKYTKIN
I3	YLÄRAJAKYTKIN
I4	PUMPPUTILAN VAIHTO
I5	VIKATILAN KUITTAUS
NI1	
AI2	PINNANK.ANAL.ANT
Q1	PUMPPU 2
Q2	PUMPPU 1
Q3	PUMPUN TILATIETO
Q4	HÄLYTIETO
NQ1	PUMPUN TILATIETO VÄYLÄÄN
NQ2	HÄLYTIETO VÄYLÄÄN

Creator:	Juha Vire	OY TORCH ENGINEERING	Project:	PUMPPUAUTOMAATIO	Customer:	ETHERMA SKANDINAVIA
Checked:	JV		Installation:	jmr_0.1	Diagram No.:	2016_001_REV8
Date:	10/31/16 11:13 PM/11/1/16 12:33 AM		File:		Page:	4 / 4

LOGO!

Technical Data



LOGO! 8 Basic				
	LOGO! 24CE	LOGO! 12/24RCE	LOGO! 24RCE	LOGO! 230RCE
Inputs	8	8	8	8
of which can be used in analog mode	4 (0 to 10 V)	4 (0 to 10 V)	–	–
Input/supply voltage	24 V DC	12...24 V DC	24 V AC/DC	115...230 V AC/DC
Permissible range	20.4...28.8 V DC	10.8 V...28.8 V DC	20.4 V AC to 26.4 V AC 20.4 V DC to 28.8 V DC	85 V AC to 265 V AC 100 V DC to 253 V DC
Outputs	4; transistors	4; relays	4; relays	4; relays
Continuous current	0.3 A	10 A with resistive load; 3 A with inductive load	10 A with resistive load; 3 A with inductive load	10 A with resistive load; 3 A with inductive load
Short-circuit protection	Electronic (approx. 1 A)	External fuse required	External fuse required	External fuse required
Switching frequency	10 Hz	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load
Cycle time	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function	< 0.1 ms/function
Display	Yes	Yes	Yes	Yes
Integrated time switches/ power reserve	Yes / typ. 20 days	Yes / typ. 20 days	Yes / typ. 20 days	Yes / typ. 20 days
Connection cables	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²
Ambient temperature	0 to + 55 °C	0 to + 55 °C	0 to + 55 °C	0 to + 55 °C
Storage temperature	– 40 °C to + 70 °C	– 40 °C to + 70 °C	– 40 °C to + 70 °C	– 40 °C to + 70 °C
Emitted interference	In accordance with EN 55011 (limit class B)	In accordance with EN 55011 (limit class B)	In accordance with EN 55011 (limit class B)	In accordance with EN 55011 (limit class B)
Degree of protection	IP20	IP20	IP20	IP20
Certification	CSA, UL, FM, IEC 61131, VDE 0631, marine approvals	CSA, UL, FM, IEC 61131, VDE 0631, marine approvals	CSA, UL, FM, IEC 61131, VDE 0631, marine approvals	CSA, UL, FM, IEC 61131, VDE 0631, marine approvals
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide, or wall mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide, or wall mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide, or wall mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide, or wall mounting
Dimensions (W x H x D)	71.5 (4 MW) x 90 x 60 mm	71.5 (4 MW) x 90 x 60 mm	71.5 (4 MW) x 90 x 60 mm	71.5 (4 MW) x 90 x 60 mm
Programming cable	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet

1 (1)

Carlo Gavazzin ultraäänianturien datatiedot
 myyntiesite: UA18/UA30 Basic Series - Ultrasonic Sensors



The UA18 and UA30 Basic Family

		2 x Digital outputs		Analogue + Digital output					
		M18		M30		M18		M30	
Connec- tion	Out- put	Distance	UA18CAD...	UA30CAD...	UA18CAD...		UA30CAD...		
Cable	NPN	50 - 400 mm	04NPTI		04NGTI	04NKTI			
		100 - 900 mm	09NPTI		09NGTI	09NKTI			
		200 - 2200 mm	22NPTI		22NGTI	22NKTI			
		250 - 3500 mm		35NPTI		35NGTI	35NKTI		
	PNP	50 - 400 mm	04PPTI		04PGTI	04PKTI			
		100 - 900 mm	09PPTI		09PGTI	09PKTI			
		200 - 2200 mm	22PPTI		22PGTI	22PKTI			
		250 - 3500 mm		35PPTI		35PGTI	35PKTI		
Plug	NPN	50 - 400 mm	04NPM1TI		04NGM1TI	04NKM1TI			
		100 - 900 mm	09NPM1TI		09NGM1TI	09NKM1TI			
		200 - 2200 mm	22NPM1TI		22NGM1TI	22NKM1TI			
		250 - 3500 mm		35NPM1TI		35NGM1TI	35NKM1TI		
	PNP	50 - 400 mm	04PPM1TI		04PGM1TI	04PKM1TI			
		100 - 900 mm	09PPM1TI		09PGM1TI	09PKM1TI			
		200 - 2200 mm	22PPM1TI		22PGM1TI	22PKM1TI			
		250 - 3500 mm		35PPM1TI		35PGM1TI	35PKM1TI		
Rated operational voltage (U _J) (5 % ripple included)		15 to 30 V DC		12 to 30 V DC		15 to 30 V DC		12 to 30 V DC	
No load supply current (I _J)		CAD04: ≤ 45 mA, CAD09: ≤ 45 mA, CAD22: ≤ 50 mA and CAD35: ≤ 50 mA							
Digital output		Open collector, NPN or PNP by sensor type							
Digital output function		Standard 2 switchpoint or adjustable hysteresis for level control		Digital output with windows function and analogue output with positive or negative slope					
Digital output current (I _J)		≤ 500 mA (max. load capacity 100 nF), (UL50B ≤ 100 mA)				≤ 100 mA (max. load capacity 100 nF)			
Minimum operational current, digital (I _J)		≤ 0,5 mA							
Off-State current, digital (I _J)		≤ 10 µA							
Voltage drop, digital (U _J)		≤ 2.2 V DC @ I _J max							
Output function, analogue				0 to 20 mA		0 to 10 V DC		0 to 20 mA	
Minimum resistive load, analogue		≥ 3 kΩ							
Sensor protection, digital output		Shortcircuit (A), reverse polarity (B) and transients (C)							
Response time		CAD04: ≤ 45 mS, CAD09: ≤ 125 mS, CAD22: ≤ 500 mS and CAD35: 250mS							
Power on delay (t _J)		≤ 900 mS		≤ 500 mS		≤ 300 mS			
Repeatability				0.50%		0.20%		0.5%	
Linear accuracy		1%		0.5%		1%		0.5%	
Resolution		1 mm							
Beam angle		CAD04: ±8°, CAD09: ±7°, CAD22: ±7° and CAD35: ±6°							
Temperature drift		≤ 0.1% / °C							
Temperature compensation		Yes							
Hysteresis		≥ 1%				≥ 0.5%			
Led indications		Target detected (Yellow LED), Echo received (Green LED M30 sensor only)							
Sensitivity control		Teach-in button for setpoint P1 and P2							
Degree of protection		IP67 (IEC 60529; 60947.1)							
Ambient temperature		-20 to +60 °C (-4 to +140 °F) no condensation, Storage -40 to +70 °C (-35 to +158 °C)							
Ambient humidity		35 to 85 % RH, storage: 35 to 85 % RH							
CE marking		According to EN 60947-5-2							
Approvals		cULus (UL50B)							
Installation category		III (IEC60664/60664A; 60947.1)							
Pollution degree		3(IEC60664/60664A; 60947.1)							
Vibration		10 to 150 Hz, (1,0 mm/15G; IEC 60068-2-6) in X,Y and Z direction							
Shock		30G / 11 ms, 3 positive and 3 negative in X,Y and Z direction							
Material		Body, PBT light grey; Front Epoxy-glass resin, Backpart Grilamido, Teach-in shaft POM							
Cable		PCV, grey, 2 m, 4 x 0.34 mm ² , Ø=4.7 mm							
Connector		M12, 4-pin							
Dimensions		UA18 cable: M18 x 83.6 mm, UA18 plug: M18 x 77.7 mm, UA30 cable/plug: M30 x 89.5 mm,							
Weight incl. packaging		M18 cable version ≤ 100 g, plug version ≤ 35 g M30 cable version ≤ 160 g, plug version ≤ 90 g							
Accessories, additional		Connectors: CONM14NF... Typas							

POINNÄYTE METROPOLIA PUMPPUAUTOMATIikka / Juha Vire Automatiikkaan toimitetut/ Asennetut kalusteet			LIITE 5 (1/1) ETHERMA
n.o	Nimike		kpl
6ED1 052-1MD00	Logo	Logiikkamoduuli	1
6EP 1331-1SH3	Logo	Teholähdemoduuli 230V/24V	1
6EP 1331-1SH3	Logo	CMK200 KNX-moduuli	1
	Logo	Soft Komfort ohjelma rev. V8,0	1
853000	GE	Pohja 361X254X165 VMS32	2
853059	GE	Erotuslevy VMS 220mm	1
853059	GE	Yhdyskiila VMS	2
853020	GE	Umpilaippa 320mm	4
853017	GE	Umpilaippa 220mm	2
853060	GE	Pidike kiskolle 12X2 VMS	4
853010	GE	Kansi harmaa VMS32	1
853005	GE	Kansi kirkas VMS32	1
853068	GE	Asennuslevy, metalli VMS32	2
966025	GE	Päätylevy 4mm2 IVV4	1
94008	GE	DMCEA60 1P C10/030 yhdistelmä 30mA (JS/VS)	2
94009	GE	DMCEA60 1P C16/030 yhdistelmä 30mA (JS/VS)	1
20100550		10-14 M20x 1,5 Holkkitiiviste	2
16005100		M16 X1,5 harmaa Holkkitiiviste	1
20005100		M20x1,5 polyamid Vastamutteri	2
22411	Etman	Pistorasia 1-os pinta-asennus IP44	2
22020	Etman	Kytkin 1/6 pinta-asennus IP44	1
ILMP5P	Gav	Carlo Gazazzi pinakytkin Magneetti	2
UA 18 CLD 15	Gav	Carlo Gazazzi etäisyysanturi Ultraääni	1