

# **Kiertovesikasvatusjärjestelmä**

## **Automaatiojärjestelmän toimintakuvaus**

Touko Varakas

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2016  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), Automaatiotekniikankoulutusohjelma  
Automaatiotekniikka

Tekijä(t) Varakas, Touko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2016
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kiertovesikasvatusjärjestelmä</b> Automaatiojärjestelmän toimintakuvaus		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen		
Toimeksiantaja(t) Luonnonvarakeskus		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tavoitteena oli kiertovesikasvatusjärjestelmän automaatio- ja mittausjärjestelmän toimintakuvausten laatiminen. Kiertovesikasvatusjärjestelmässä kasvatetaan kaloja kierrättämällä käyttövettä veden puhdistimien läpi takaisin kala-altaaseen. Kiertovesijärjestelmän automaatiolaitteistot keskittyvät kalan ruokintaan ja veden laadun seurantaan. Toimintakuvaus tukee laitteiston käyttöä tulevaisuudessa. Lisäksi kehitystyönä tutkittiin mahdollisuuksia rumpusuodattimen vedenkulutuksen seurantaan, sekä ratkaisuja rumpusuodattimen liiallisen veden kulutuksen estämiseksi. Toimeksiantajana toimi Luonnonvarakeskuksen Laukaan kalanviljelylaitos.</p> <p>Toimintakuvauksessa esitellään kiertovesikasvatusjärjestelmän prosessin toimintaperiaate, laitteiden toiminta prosessissa sekä laitteiden yksityiskohtaiset tiedot. Suuri osa tarvittavista tiedoista saatiin laitteiden käyttöohjekirjoista ja asiakkaan haastatteluista.</p> <p>Tuloksena oli asiakkaan toiveita vastaava toimintakuvaus, joka tukee laitteiston tehokasta käyttöä lyhentämällä laitteistoon perehtymiseen kuluvaan aikaan. Toimintakuvaus kehitystyö osoittautui käytännölliseksi. Kehitystyön ensimmäinen osa päätettiin asiakkaan toimesta toteuttaa, joten se on jo johtanut käytännön toimenpiteisiin.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Kiertovesikasvatus, Toimintakuvaus, Automaatiojärjestelmä, Mittausjärjestelmä		
Muut tiedot Liite 1 sivut 20-51		

Author(s) Varakas, Touko	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2016 Language of publication: Finnish
	54	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Recirculating fish farm</b> Functional description of automation system		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Häkkinen, Veli-Matti		
Assigned by Luonnonvarakeskus		
Abstract  <p>The goal of the project was to create a functional description of the automation and measuring system for a recirculating fish farming system. In recirculating fish farm, Fish are grown by recirculating the water through filters and biofilters back to the fishtank. The automation equipment are mainly focused on feeding and water property measurements. A functional description supports the use of the equipment in the future. In the research part of the functional description, possibilities for measurement of the water consumption in the drum filters, and possible solutions for the excess water consumption of the drum filters were researched. The project was assigned by Laukaa fish farm of Luonnonvarakeskus.</p> <p>The functional description explains the functional principles of the process, the function of the equipment in the process, and the detailed equipment information. Most of the information was gathered from the equipment user manuals and from interviews with the client.</p> <p>The result was a functional description which meets the assigner's demands and wishes and also supports the use of the equipment. The research work on the functional description was shown to be practical and the assigner has decided to introduce the first part of the research.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Recirculating fish farm, Functional description, Automation system, Measurement system		
Miscellaneous attachment 1 pages 20-51		

## Sisältö

1	Johdanto .....	4
2	Lähtökohdat .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	2.1 Työn tilaaja .....	4
	2.2 Ongelmat .....	5
	2.3 Tavoitteet .....	5
3	Prosessi .....	6
	3.1 Prosessin kuvaus .....	6
	3.1.1 Kala-allas .....	6
	3.1.2 Kiintoaineen poisto .....	7
	3.1.3 Bioreaktorit .....	7
	3.1.4 Ilmastus ja hapetus.....	8
4	Automaatiojärjestelmä .....	8
	4.1 Laitteisto .....	8
	4.1.1 Kala-allas .....	8
	4.1.2 Kiintoaineenpoisto .....	10
	4.1.3 Bioreaktorit .....	10
	4.1.4 Ilmastus ja hapetus.....	10
	4.1.5 Mitta ja ohjauslaitteet .....	12
5	Toimintakuvaus .....	12
	5.1 Vaatimukset.....	12
	5.2 Rakenne.....	13
	5.3 Sisältö .....	13
6	Kehitystyö .....	15

7	Työn vaiheet.....	14
7.1	Tiedonhaku.....	14
7.2	Toimintakuvauksen laatiminen .....	14
8	Palaute .....	15
	Lähteet.....	19
	Liitteet .....	20

## Kuviot

Kuvio 1. Kiertovesilaitoksen prosessin kuvaus .**Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

# 1 Johdanto

## 1.1 Kiertovesikasvatus

Luonnonvarakeskuksen internet sivuilla kerrotaan kiertovesikasvatuksesta seuraavasti.

*Kiertovesikasvatus on kalankasvatusmenetelmä, jossa vettä kierrätetään pumppaamalla sitä kasvatusaltaan ja puhdistuslaitteiston välillä. Menetelmä säästää vettä, koska uutta vettä tarvitaan vain 1–2 prosenttia kiertävän veden määrästä. Kiertovesikasvatuksessa veden puhdistamiseen käytettävällä teknologialla pystytään pienentämään huomattavasti myös ravinnekuormitusta. Tyypillisesti fosforipäästöt ovat noin 20 prosenttia normaalista kalankasvatuksesta. Tyypeä on vaikeampi poistaa, mutta tekniikoita kehitetään koko ajan. (Kalan kiertovesikasvatus N.d.)*

Laukaan kalanviljelylaitoksella sijaitsee uusi kiertovesikasvatuksen tutkimus- ja kehitysympäristö. Laitteistot rakennettiin vuonna 2015 Euroopan kalatalousrahaston rahoittamassa ”Kiertovesikasvatuksen kokeilu- ja oppimisympäristö” – hankkeessa, tukemaan suomalaista kiertovesikasvatuksen kehitystyötä. Kiertovesikasvatuksen järjestelmällinen kehittäminen vaatii useita pieniä koeyksiköitä, joissa kasvatuksen kanalta tärkeitä tekijöitä, kuten veden laatuparametreja, voidaan hallitusti säätää ja mitata. (Kiuru 2016)

## 2 Lähtökohdat

### 2.1 Työn tilaaja

Työn tilaajana toimi Luonnonvarakeskus(Luke). Työn tilaajan edustajana toimi Jouni Vielma. Pääasiallisena yhteyshenkilönä työn aikana toimi Tapio Kiuru, jolta suurin osa yksityiskohtaisista tiedoista on haastattelujen muodossa saatu. Luke on Maa- ja metsätalousministeriön alainen ja VTT:n jälkeen Suomen toiseksi suurin tutkimuslaitos.

Sen tehtävänä on tuottaa uusia ratkaisuja suomalaisen biotalouden kestävään kehittämiseen ja uusien elinkeinojen edistämiseen. Luonnonvarakeskuksen Laukaan kalanviljelylaitos tuottaa uhanalaisten ja vaarantuneiden kalakantojen mätiä ja poikasia yksityisille kalanviljelylaitoksille jatkokasvatukseen ja valtion istutuksiin. Laukaan kalanviljelylaitokselle on keskitetty myös Luken kalanviljelytutkimusta. (Kiuru 2016)

## 2.2 Ongelmat

Ongelmana oli kiertovesikasvatusjärjestelmän testimoduulin automaatio- ja mittausjärjestelmän toimintakuvauksen puuttuminen. Laitteiston toimittaja oli toimittanut tilaajalle lähes kaikkien käytössä olevien laitteiden ohjekirjat, sekä laitteistoon liittyvät PI kaaviot ja kytkentäkuvat. Näiden perusteella henkilön, joka ei aikaisemmin ole laitteistoon tutustunut, on vaikea muodostaa kokonaiskuvaa prosessin toiminnasta ja eri laitteiden vaikutuksesta siihen. Lisäksi prosessissa oli ongelmana rumpusuodattimen vedenkulutuksen seurannan puuttuminen, sekä rumpusuodattimen liian pitkistä käyntiajasta johtuva liiallinen veden kulutus, joka aiheuttaa muita ongelmia prosessissa.

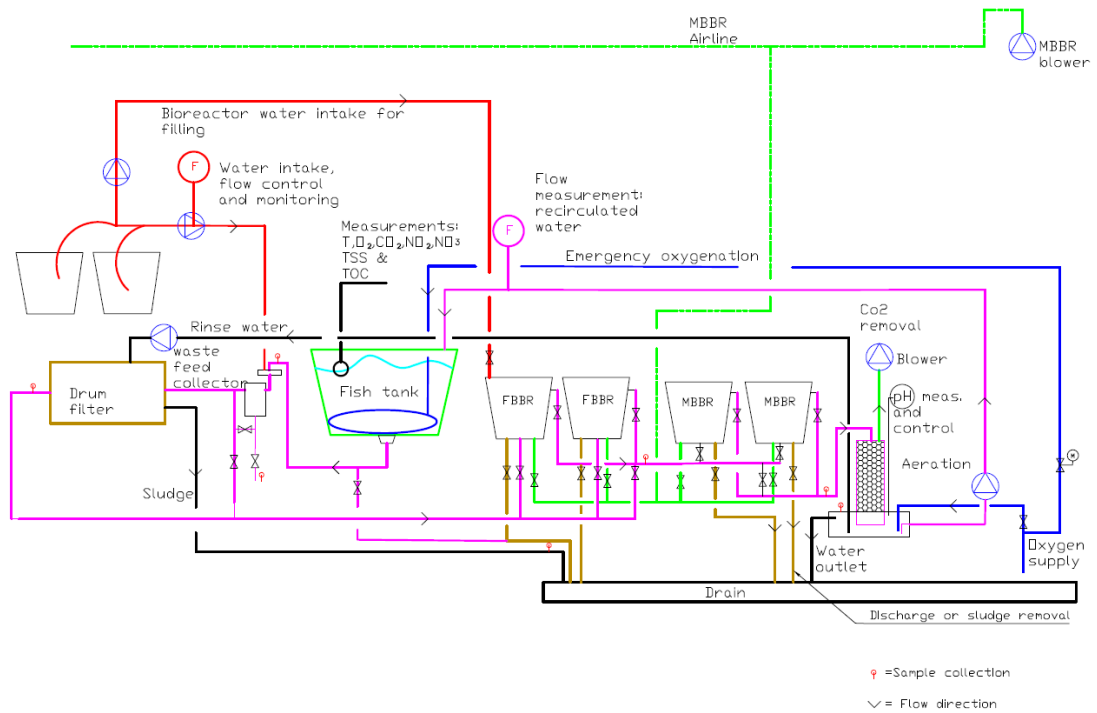
## 2.3 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli muodostaa selkeä toimintakuvaus prosessista ja automaatio- ja mittausjärjestelmästä, jotta prosessin parissa työskentelevät henkilöt saisivat nopeammin selkeän käsityksen prosessin toiminnasta, ja kykenisivät suorittamaan työtehtävänsä tehokkaammin laitteistolla. Tavoitteina oli myös löytää mahdollinen ratkaisu rumpusuodattimen vedenkulutuksen seurantaan, ja rumpusuodattimen liialliseen vedenkulutukseen.



### 3 Prosessi

Kiertovesilaitteisto koostuu kymmenestä kiertovesilaitoksen pienoismallista, joista jokaisella on erillinen vedenkäsittely- ja mittaustekniikka. (Ks. Kuvio 1) Jokainen pienoismalli voidaan jakaa virtausjärjestyksen mukaisesti toiminnaltaan seuraaviin osiin: kala-allas, kiintoaineen poisto, bioreaktorit, sekä ilmastus ja hapetus.



Kuvio 1. Kiertovesilaitoksen prosessin kuvaus

#### 3.1 Prosessin kuvaus

##### 3.1.1 Kala-allas

Kala-allas (Fish Tank), jossa kaloja kasvatetaan, on prosessin suurin säiliö. Sen vesitilavuus on noin 500 litraa. Kala-altaassa on kaksi O<sub>2</sub> mittausta, CO<sub>2</sub> mittaus, lämpötilamittaus, sekä spektrometrianturi, jolla voidaan mitata veden nitraatti-, nitriitti-, sameus/TSS- ja TOC -pitoisuuksia. Kala-altaan kannessa on ruokintalaitte, jolla voidaan

annostella kaloille annettavan rehun määrä. Kansi on myös varustettu valopaneelleilla, joilla voidaan säätää kaloille haluttu valaistusrytmi ja valon intensiteetti. Altaan pohjalla on diffuusiorengas, jonka kautta kaloille voidaan antaa hätätilanteissa lisähapetta.

### 3.1.2 Kiintoaineen poisto

Kiintoaineen poisto koostuu pääasiassa pyörreselkeyttimestä ja rumpusuodattimesta. Pyörreselkeytintä ennen voidaan myös käyttää rehukeräintä. Pyörreselkeytinkerää suurimmat partikkelit, kuten ylijääneet rehut ja kalojen ulosteet, jotka laskeutuvat pyörreselkeyttimen pohjalle. Rumpusuodatin on varustettu 60 $\mu$ m viiralla ja kerää kiertovedestä pienempiä laskeutumattomia partikkeleja.

### 3.1.3 Bioreaktorit

Yhdessä pienoismallissa on neljä erillistä bioreaktoria, jotka on kytketty kaksi rinnan ja kaksi peräkkäin. Ne ovat 150 l säiliöitä joissa vesi virtaa alhaalta ylöspäin. Bioreaktorit toimivat kantoaineperiaatteella ja niissä on mahdollista käyttää fixed bed (paikallaan oleva kantoaine) tai moving bed (jatkuvassa liikkeessä oleva kantoaine) menetelmiä. Kantoaineen tarkoituksena on tarjota kasvupinta-alaa nitrifikaatiosta vastaaville mikrobeille. Kantoaineena käytössä on RK Bioelements heavy (1.2) ja medium (1.0), joiden molempien pinta-ala on 750m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> kantoainetta.

### 3.1.4 Ilmastus ja hapetus

Ilmastuksessa käytössä on 80 l valutustorni, jossa on säädettävä vastavirtaimu ilmanvirtaukselle. Ilmastustornin alla olevassa pumppukaivossa on ns. happikivet eli keraamiset diffuusorit. Hapetukseen liittyen kala-altaassa on hätähapetukseen aikaisemmin mainittu diffuusiorengas vaarallisten happitasojen varalta, joka kytkeytyy päälle myös sähkökatkojen ajaksi. Ilmastuksen jälkeisessä pumppukaivossa on pH anturi. Mittaustiedon perusteella pH:n säätökeskus ohjaa annostelupumppua, joka tarpeen mukaan syöttävät systeemiin lipeäliuosta (NaOH). Kierroslukuohjattu kiertovesipumppu palauttaa veden pumppukaivosta kala-altaaseen. Pumppukaivon ja kala-altaan välisessä vesilinjassa on myös kokonaisvirtausmittaus.

## 4 Automaatiojärjestelmä

Prosessia ohjaava automaatiojärjestelmä oli Arvo-Tecin toimittama. Kontrollerina toimii Arvo-Tecin oma ruokinnanohjausjärjestelmä. Kaikki mittaukset siirretään ruokinnanohjausjärjestelmään tai Con::cubelle riviliittimien tai milliampeerierottimien kautta.

### 4.1 Laitteisto

#### 4.1.1 Kala-allas

Kala-altaan automaatiolaitteistoon kuuluu spektrometriananturi, hiilidioksidianturi, kaksi happianturia, sekä ruokintalaite.

S::can:n Spectro::lyser spektrometrian turilla mitataan kala-altaan veden nitriitti ja nitraatti pitoisuuksia, sekä sameutta. Anturin toimintaperiaate perustuu valon absorptioon ja dispersioon. Valoimpulssi ohjataan väliaineen läpi, jonka molekyylit absorboivat määrätyn aallonpituisia fotoneja. Valo ohjataan anturille joka jakaa valon spektrin 256 valodiodille. Valodiodit mittaavat aallonpituuden intensiteettiä. Riippuen aallonpituuksien intensiteetistä voidaan määrittellä eri aineiden konsentraatio väliaineessa. (Spectrometer Probe V2 2011, 7)

Franatechin CO<sub>2</sub> anturilla mitataan kala-altaan veden hiilidioksidin määrää. Anturi on galvaaninen. Sen päässä sijaitsee puoliläpäisevä kalvo, joka päästää läpi veden kaasuja. Anturi tunnistaa hiilidioksidin määrän vedestä sen osapaineen perusteella. Lisäksi CO<sub>2</sub> anturissa on PT1000 lämpötila-anturi, jota käytetään järjestelmän pääasiallisena lämpötila-anturina. (CO<sub>2</sub>-Sensor Type 7 AC User's Manual 2014, 2)

Happiantureita kala-altaassa on kaksi, Galvaaninen ja optinen. Galvaaninen Oxyguard Atlantic on yksikanavainen mittalaite joka mittaa veden happipitoisuutta erillisellä anturilla. Anturi mittaa veden happipitoisuutta Franatechin CO<sub>2</sub> anturin tapaan puoliläpäisevän kalvon läpi hapen osapaineen perusteella. Anturi lähettää lämpötilakompensoidun mV signaalin mittarille. Anturissa on myös lämpötila-anturi. Mittalaitteessa on neljä relelähtöä, jotka voidaan erikseen ohjelmoida toimimaan aukeavasti tai sulkeutuvasti valitsemassa pisteessä. Tällä hetkellä yksi releistä on käytössä lisähapen ohjaukseen, jolla ohjataan hapen syöttö kala-altaassa olevalle diffusorirenkaalle. (Oxyguard Atlantic Single Channel Monitoring System USER MAUAL 2014, 1-2)

Optinen S::canin Oxi::lyser mittaa veden happipitoisuutta optisesti. Anturin päässä olevaan väliaineeseen johdetaan määrätyn aallonpituuksinen valoimpulssi, joka imeytyy väliaineeseen. Lyhyen ajan kuluttua tapahtuu fluoresenssi, jossa väliaine vapauttaa saman aallonpituuksisen fotonin. Vedessä olevat happimolekyylit vaimentavat tätä väliaineen fluoresenssia. Fluoresenssin vaimennuksen perusteella pystytään määrittämään hapen määrä vedessä. (oxi::lyser V1 Manual 2007, 5)

Ruokintalaite on sijoitettu kala-altaan kanteen. Ruokinnanohjausjärjestelmän ohjauksesta se annostelee kala-altaaseen kaloille rehua.

#### 4.1.2 Kiintoaineen poisto

Kiintoaineen poistossa on automaatiojärjestelmään liitetty ainoastaan rumpusuodatin. Rumpusuodatin kerää pyörreselkeyttimen läpi päässeet pienimmät kiintopartikkelit rumpusuodattimen viiralle. Viiran tukkiutuessa veden pinta rumpusuodattimen sisällä nousee. Veden pinnan noustua tarpeeksi korkealle, rumpusuodattimen moottori pyörittää viiraa. Erillinen pumppu pumppaa pesuvettä pumppukaivosta, valutustornin juuresta. Vesisuihku puhdistaa pyörivän viiran. Pesuvesi kerätään ja johdetaan pois järjestelmästä.

#### 4.1.3 Bioreaktorit

Bioreaktoreissa ei ole mitään automaatiojärjestelmään suoranaisesti liittyvää. Moving bed kantoaineella toimivassa bioreaktorissa kantoaineen alle tulee johtaa ilmaa, joka pyörittää kantoainetta, ja fixed bed bioreaktorissa kantoainetta tulee pyöryttää määrätyn väliajoin samalla paineilmalla. Buschin Samos ilmapuhallin tuottaa paineilman joka on johdettu bioreaktorien pohjalle. Ilmakanavassa pidetään yllä vakio paine vaconin taajuusmuuttajan ja erillisen paineanturin avulla. Taajuusmuuttaja säätää puhaltimen tehoa paineanturin signaalin perusteella.

#### 4.1.4 Ilmastus ja hapetus

Ilmastus ja hapetus keskittyvät bioreaktoreiden jälkeiseen valutustorniin. Valutustornin, ja sen juurella sijaitsevan pumppukaivon yhteydessä on automaatiojärjestelmään liittyen kanavapuhallin, pH-säätö, kiertovesipumppu, virtausmittaus ja lisävesipumppu.

Kanavapuhallin on valutustornin päähän sijoitettu kiinteistöissäkin käytettävä Onlinen ilmapuhallin. Sen tarkoituksena on lisätä valutustornissa ilman vastavirtausta veden laskiessa valutustornissa lisäten veden hapetusta. Kanavapuhallin ohjataan päälle järjestelmässä veden happipitoisuuden laskiessa määrätyn rajan alapuolelle, ja sen nopeutta säädetään paikallisesti kolmiportaisella tyristorisäätimellä.

PH-säätöön kuuluu pH-säädin, pH-pumppu ja pH-anturi. PH-säädin mittaa pumppukaivosta veden pH:ta pH-anturin avulla. Jos veden pH laskee liian alas, Säädin ohjaa pH pumppua syöttämään järjestelmään lipeää. Pumppu on magneettitoiminen annostelupumppu, jossa männällä painetaan annostelukalvoa. Annostelukalvoa painettaessa annostelupään paine kasvaa, jolloin imuventtiili sulkeutuu, ja annostelupäässä oleva kemikaali virtaa paineventtiilin läpi pois annostelupäästä. Annostelukalvoa vetäessä paine annostelupäässä laskee, jolloin paine venttiili sulkeutuu, ja kemikaalia virtaa imuventtiilin läpi annostelupäähän. pH-pumppua voidaan ohjata myös paikallisesti, mutta pH-säädin ohjaa pumppua annettujen parametrien perusteella. (Käyttöopas 2006, 17)

Kiertovesipumppu on Grundfosin Magna 3 kiertovesipumppu. Se sijaitsee pumppukaivon jälkeen linjassa pumppukaivon ja kala-altaan välissä. Kiertovesipumpun tarkoituksena on kierrättää järjestelmän vettä tasaisella paineella.

Kiertovesipumpun jälkeen linjassa on virtausmittaus Bürkertin virtausmittari, joka mittaa prosessin kokonaisvirtausmäärää.

Prosessissa eri vaiheissa vettä menee hukkaan eri syistä. Tämän takia prosessiin pitää aika-ajoin lisätä vettä. Laitteistosta erillään on annostelupumppu, joka syöttää lisävettä pumppukaivoon. Grundfosin annostelu pumppu on paikallisohjattu syöttämään lisävettä määrätyn verran. Pumpussa on myös mahdollisuus etäohjata sitä milliampeeri signaalilla.

#### 4.1.5 Mitta- ja ohjauslaitteet

Prosessia ohjataan Arvo-tecin omalla ruokinnanohjausjärjestelmällä. tämän lisäksi prosessin yhteydessä on paikallisesti S::canin Con::cube, joka kerää mittatietoja prosessista.

Ruokinnanohjausjärjestelmään keskittyy suuri osa prosessin mittauksista. Järjestelmä kerää mittaukset ja ohjaa niiden sekä määrättyjen parametrien perusteella kalojen ruokintaa. Mittaukset kerätään myös PC päätteelle josta niitä voidaan lukea. Mittaus-tietoja on mahdollista lukea samassa paikallisverkossa tai VPN yhteydellä internet selaimen kautta. (Jääskeläinen 2016)

Con::cube on kosketusnäytöllinen päätelaite. Siihen on mahdollista kerätä useita eri mittauksia, niin digitaalisia, kuin analogisia. Tällä hetkellä Con::cubelle on kytketty spektrometrian turi, optinen happianturi, hiilidioksidianturin mittaustieto, sekä milliampeeri erottimen kautta veden pH ja kokonaisvirtausmittaus. Con::cube ohjaa ilmastustornin kanavapuhaltimen toimintaa CO<sub>2</sub> mittaustiedon perusteella. Con::cubelta on myös paineilma venttiilin ohjaus, jolla toteutetaan anturien puhdistus. Paineilma venttiili on liitetty spektrometrian turin ja optisen anturin puhdistukseen. Näiden lisäksi samaa paineilmaa käytetään kiintoaineen poistossa putkien virtauksen lisäämiseksi, jotta putket eivät tukkeutuisi kiintoaineesta. Kosketusnäytöltä voidaan selata useita eri mittatietoja. (con::cube V1.0 2011, 7)

## 5 Toimintakuvaus

### 5.1 Vaatimukset

Toimintakuvauksessa tuli asiakkaan mukaan saada selville yhdellä lukukerralla prosessin perustoiminta, jokaisen laitteen perustiedot, sekä niiden toiminta prosessissa.

## 5.2 Rakenne

Rakenteesta sovimme asiakkaan toiveiden mukaan. Toimintakuvausten rakenne ei aina ole yksiselitteisesti määritelty, joten pystyimme asiakkaan kanssa muokkaamaan rakennetta heille sopivaksi. Tärkeimpinä ominaisuuksina olivat helppo luettavuus ja kokonaisuuden ymmärtäminen. Näistä johtuen paras rakenne toimintakuvaukselle minun ja asiakkaan mielestä oli prosessin esittely, automaatiolaitteiden esittely osana prosessia ja automaatiolaitteiden yksityiskohtainen esittely. Automaatiolaitteiden esittely osana prosessia sekä niiden yksityiskohtainen esittely päätettiin yhdistää yhteen kappaleeseen selkeämmän rakenteen takia.

## 5.3 Sisältö

Prosessin esittelyssä keskityttiin veden kiertosuunnassa suuriin laitekokonaisuuksiin, joka helpottaa jatkossa yksittäisten laitteiden löytämistä prosessissa. Prosessin toiminnasta ei itsellä ennen työn aloittamista ollut tarkkaa käsitystä, joten sovimme asiakkaan kanssa, että prosessin kuvaus kirjoitetaan heidän kanssa. Automaatiolaitteiston esittelyssä tärkeää oli saada selville toimintaperiaate, mitä kyseinen laite tekee osana prosessia ja mitä ominaisuuksia kyseisellä laitteella on. Toimintakuvauksen tarkoituksena ei ollut käyttöohjekirjojen korvaaminen, joten tarkempiin tietoihin ja ohjeisiin, kuten laitteiden kalibrointiin ei keskitytty. Laitteiston prosessin toimintaan liittyvien tietojen pääasiallisena lähteenä olivat asiakkaan haastattelut, ja yksityiskohtaisiin tietoihin lähteinä toimivat laitteiden käyttöohjeet. Tarkoituksena oli käydä läpi kaikki laitteet joita ohjataan automaatiojärjestelmällä, tai jotka tuottavat mittausarvoa automaatiojärjestelmään.



## 6 Työn vaiheet

### 6.1 Tiedonhaku

Työ lähti liikkeelle marraskuussa opinnäytetyötapaamisella toimeksiantajan ja opinnäytetyönohjaajan kanssa. Tapaamisessa päätettiin pääpiirteittäin työn laajuus. Samassa tilaisuudessa tutustuttiin työympäristöön ja käytiin läpi prosessin perusasiat. Työ lähti liikkeelle tarpeellisten tietojen keräämisellä. Laitteiden käyttöohjekirjat toimivat suurimpana osana toimintakuvauksen lähteistä. Näiden lisäksi asiakkaan haastattelut tarjosivat paljon tietoa prosessin ymmärtämiseksi, sekä laitteiden toiminnan ymmärtämiseksi osana prosessia. Näiden lisäksi laitteiston toimittaja Arvo-Tec toimitti heidän dokumentaationsa toimintakuvauksessa käytettäväksi. Lähtötietojen lisäksi työskentelyn aikana käytiin useaan otteeseen keskustelua sähköisesti, tai suullisesti vierailujen yhteydessä Laukaassa, puuttuvien tietojen täydentämiseksi. Kehitystyön osalta suuri osa tarpeellisesta tiedosta saatiin suoraan Arvo-Teciltä. Heidän ruokinnanohjausjärjestelmä oli ennestään täysin tuntematon, joten tarvittavat tiedot sen toimintakyvystä saatiin suoraan heiltä. Tämän lisäksi heidän kanssa keskusteltiin mahdollisista ratkaisuista ja niiden toteutuksista.

### 6.2 Toimintakuvauksen laatiminen

Työn alussa käytiin keskustelua siitä, mitä toimintakuvauksen tulisi sisältää, ja hieman pohdittiin, minkälainen rakenne toimintakuvauksella tulisi olla. Toimintakuvauksen ensimmäisen version laatiminen lähti käyntiin lähtötietojen keräämisen jälkeen. Sovimme että asiakas laatii suurimmalta osalta prosessin kuvauksen toimintakuvaukseen, johon minä voin tehdä tarvittavat muokkaukset. Ensimmäiseksi laadin toimintakuvauksen ensimmäisen rakenteen otsikkotasolla. Ajatuksena oli ensiksi esitellä prosessi. Tämän jälkeen laitteisto esitellään osana prosessia ja viimeiseksi laitteet

käydään läpi yksityiskohtaisesti. Toimintakuvauksen viimeisenä osiona olisi kehitystyö. Kun ensimmäisistä laitteista oli kerätty kumpaankin osioon hieman tietoa, rakenteen ongelmat alkoivat näkyä selvemmin. Laitteiden kuvaus prosessissa ja yksityiskohtainen kuvaus oli eritelty eri osioihin, joka teki toimintakuvauksesta vaikealukuisen. Päätimme yhdistää molemmat osiot saman kappaleen alle, jossa ensiksi käydään laitteen toiminta ja tarkoitus osana prosessia, ja sen jälkeen laitteen yksityiskohtaiset tiedot esitellään. Näin lukijan tiedonhaku yksittäisen laitteen osalta ei vaadi sivujen vaihtelua, ja yksityiskohtaisten tietojen yhdistäminen prosessiin ei vaadi niin paljoa muistamista, koska tarvittavat tiedot on kasattu samaan osioon.

Työ eteni kuukausien aikana hitaasti eteenpäin eri laitteiden osalta. Ongelmallisinta oli sekava eteneminen eri laitteiden tietojen keruussa. Tämä vaikeutti eri laitteiden kuvauksen ja koko toimintakuvauksen etenemisvaiheen määrittämistä. Tämä saattoi myös osaltaan johtua asiakkaan epämääräisistä toiveista, ja myöhemmin ilmaantuneista toiveista toimintakuvauksen suhteen. Kuitenkin usean vierailun ja väliversion jälkeen toimintakuvaus vastasi asiakkaan toiveita, ja täytti heidän asettamansa vaatimukset.

## **7 Kehitystyö**

Toimintakuvaukseen sisällytettiin myös kehitystyö, jossa eri ongelmiin etsittiin ratkaisua. Ensimmäisenä ongelmana oli rumpusuodattimen pesurin pumpun vedenkulutuksen mittaus, jota ei alkuperäiseen kokoonpanoon ole lisätty. Tämän asiakas halusi selville tutkimuksia ja prosessin kehittämistä varten. Toisena ongelmana asiakkaalla oli pumppukaivon pieni tilavuus valutustornin juuressa. Tämä tuotti ongelmia silloin, kun rumpusuodattimen pesurin pumppu kävi yhtäjaksoisesti liian pitkän aikaa, tyhjentäen pumppukaivon. Pumppukaivon tyhjentyessä kiertovesipumppu saattoi

imaista ilmaa aiheuttaen ilmalukkoja prosessiin. Ongelmien ratkaisemiseksi olin yhteydessä suoraan Arvo-Tecille, jotta saisin selville mahdollisimman paljon heidän logiikoiden mahdollisuuksista.

Rumpusuodattimen vedenkulutuksen mittaukseen saatiin yksinkertainen ratkaisu. Vieraillessani Laukaassa paikanpäällä oli Arvo-Tecin työntekijä, jonka kanssa tutkimme molempia ongelmia. Hänen mukaansa rumpusuodattimen pesurin pumpun kontaktorin apukosketin oli käyttämättä. Tämä voitaisiin käyttää hyödyksi pumpun käyntiajan seuraamiseksi. Lisäksi pumput käyvät vakioteholla, joten käyntiajan perusteella voidaan päätellä, paljonko vettä suodatin on pesuun kuluttanut.

Pumppukaivon tyhjeneminen oli hieman hankalampi ongelma. Tähän ei yksinkertaista ratkaisua saatu selville. Erilliset annostelupumput syöttävät lisävettä rehu-keräimeen prosessista eri vaiheissa poistuneen veden tilalle. Tällä hetkellä pumput käyvät vakionopeudella, ja ne on paikallisesti ohjattu. Asiakkaila ja Arvo-Tecillä oli ajatuksena lisätä annostelupumpun tuottoa veden pinnan laskiessa. Arvo-Tec ehdotti erillisen pinta-anturia joka ohjaisi suoraan pumpun tuottoa. Pumpusta ei kuitenkaan löytynyt kytkinkäyttöistä ohjausmahdollisuutta, jonka kautta anturin kytkin voisi ohjata pumppua. Pumppukaivossa on jo entuudestaan pinta-anturi, joka antaa hälytyksen pinnan laskiessa liian alas, mutta Arvo-Tec ehdotti erillisen anturin lisäämistä, koska hälytyksessä käytetyn anturin käyttö kuormittaisi virtapiiriä liikaa, jos samaan piiriin kytkettäisiin myös pumpun ohjaus. Tutkin pumpun etäohjausmahdollisuuksia tarkemmin. Ohjekirjasta ilmeni, että pumppua on mahdollista ohjata etänä virtaviestillä. 4-20mA ohjaus vastaisi lineaarisesti pumpun min-max tuottoa. Tämä mahdollistaisi pumpun etäohjauksen tilanteissa joissa pumppukaivon pinta laskisi liian alas. Samaa pinta-anturia voitaisiin käyttää ohjelmallisesti pumpun ohjaukseen, koska virtapiiri ei kuormittuisi. Pinnan laskiessa anturin alapuolelle, ruokinnanohjausjärjestelmä ohjaisi pumpun syöttämään vettä suuremmalla teholla. Tämän ehdon lisäksi ohjelmaan tarvittaisiin muutoksia pumpun säätöön liittyen, koska paikallisoajaus ei olisi enää käytössä, vaan pumppua ohjattaisiin pysyvästi ruokinnanohjausjärjestelmästä.

Myöhemmin heräsi myös kysymys siitä, riittääkö veden lisääminen rehukeräimeen, vai tulisiko annostelupumpun syöttö siirtää suoraan pumppukaivoon. Fyysisinä muutoksina järjestelmään ei tarvitsisi kuin kymmenen kaapelia lisää, eli yksi kaapeli jokaiselle annostelupumpulle. Ohjelman puolesta muutoksina olisi vain ehtolause, joka olisi joka järjestelmälle sama. Pumpun säätimen suhteen ei tarkemmin määritelty, tapahtuuko säätö PC-päätteeltä, vai mahdollisesti erillisellä säätimellä, esimerkiksi potentiometrillä.

Vaihtoehtoisena pumpun ohjaajana voitaisiin käyttää S::canin Con::cubea. Jokaisella pienoismallilla on käytössään oma päätelaite, joissa jokaisessa on käytettävissä yksi analogia lähtö. Pumppujen ohjaus onnistuisi helposti, ja pumpun säätämisessä ei olisi epäselvää, mihin yksikköön säätö vaikuttaa. Ainoina ongelmina tässä vaihtoehdossa ovat pintarajatieto pumppukaivosta ja päätelaitteen ohjelmoitavuus. Pumppu kaivoon on joko asennettava uusi pinta anturi, jonka signaalia käytetään pumpun ohjaukseen, tai on selvitettävä, voiko jo asennetun anturin signaalia käyttää. Tämän lisäksi on vielä epäselvää, voiko päätelaitteelle ohjelmoida ehtolausekkeita, joiden perusteella annostelupumpun tuottoa ohjataan. Päätelaitteen ohjelmoitavuus ei selvinnyt käyttöohjekirjoista.

## 8 Tulokset

Työn tavoitteena oli luoda toimintakuvaus Laukaan kalanviljelylaitoksen kiertovesikasvatusjärjestelmän automaatio- ja mittausjärjestelmästä. Työn lopputuloksena oli asiakkaan toiveiden mukainen, yksinkertainen toimintakuvaus, joka tukee laitteiston käyttöä ja tulevia kehitystöitä. Asiakkaalla oli laitteistosta aikaisempaan dokumentaationa pelkästään laitteiden käyttöohjekirjat, sekä laitetoimittajan toimittavat kaaviot. Näiden perusteella laitteistoon tutustuvalla henkilöllä kuluu runsaasti aikaa koko prosessin peruseriaatteiden ja automaatiojärjestelmän toiminnan ymmärtämiseen. Toimintakuvauksen kautta voi helposti ymmärtää prosessin kokonaiskuvan, ja lähteä

sen perusteella tutkimaan laitteistojen yksityiskohtaisia tietoja, kuten laitteiden parametrintointiin tai kalibrointiin liittyviä ohjeita.

Kehitystyön tavoitteina oli löytää vaihtoehtoja rumpusuodattimen vedenkulutuksen seurannalle, ja ratkaisua rumpusuodattimen pitkästä käyntiajasta johtuvalle liian suurelle veden kulutukselle. Kehitystyön ensimmäinen osio oli laajuudeltaan toista osiota paljon pienempi. Sen ratkaisu oli hyvin yksinkertainen. Asiakkaan palautteen mukaan he päättivät ottaa käyttöön veden kulutuksen seurannan, joka osoittaa opinnäytetyön johtaneen käytännön toteutukseen. Kehitystyön toinen osio oli huomattavasti laajempi, ja siihen löytyi joitakin mahdollisia ratkaisuja. Asiakas ilmoitti kuitenkin jättävänsä kehitystyön vielä toteuttamatta sen laajuuden vuoksi.

## Lähteet

CO<sub>2</sub>-Sensor Type 7 AC User's Manual 2014, 2. Franatech

con::cube V1.0 2011, 7. Viitattu 18.5.2016. [https://extranet.s-can.at/websites/external/Support%20%20Service%20Information/Product%20Documentation/con-cube\\_D-315/manual\\_concube\\_V10.pdf](https://extranet.s-can.at/websites/external/Support%20%20Service%20Information/Product%20Documentation/con-cube_D-315/manual_concube_V10.pdf)

Jääskeläinen, J. 2016. VS: Luonnonvarakeskus kehitystyö. Sähköpostiviesti 13.1.2016. Vastaanottaja T. Varakas. Arvo-Tecin työntekijän kommentteja kehitystyöhön liittyen.

Kalan kiertovesikasvatus N.d. Luonnonvarakeskuksen esitys kiertoveiskasvatuksesta Suomessa ja yleisesti. Viitattu 18.5.2016 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/kalat-ja-kalatalous/kalanviljely/kalan-kiertovesikasvatus/>

Kiuru, T. 2016A. Luken kuvaus. Sähköpostiviesti 30.3.2016. Vastaanottaja T. Varakas. Yhteyshenkilön kuvaus luonnonvarakeskuksesta ja kiertovesikasvatustilastoista hankkeesta.

Käyttöopas 2006, 17. Magneettitoiminen annostelupumppu Beta BT4b ja BT5b käyttöopas. ProMinent

oxi::lyser V1 Manual 2007, 5. Viitattu 18.5.2016. [https://extranet.s-can.at/websites/external/Support%20%20Service%20Information/Product%20Documentation/oxi-lyser\\_E-501/e\\_manual\\_oxi-lyser\\_V1.pdf](https://extranet.s-can.at/websites/external/Support%20%20Service%20Information/Product%20Documentation/oxi-lyser_E-501/e_manual_oxi-lyser_V1.pdf)

Oxyguard Atlantic Single Channel Monitoring System USER MAUAL 2014, 1-2. OxyGuard

Spectrometer Probe V2 2011, 7. S::can

## **Liitteet**

Liite 1. Kiertovesikasvatuslaitoksen automaatio- ja mittausjärjestelmän toimintakuvaus.

# Automaatio- ja mittausjärjestelmä

## Kiertovesikasvatuslaitos

Touko Varakas

Toimintakuvaus  
Marraskuu 2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala

## Sisällys

1	Prosessikuvaus .....	23
1.1	Kala-allas.....	23
1.2	Kiintoaineen poisto.....	24
1.3	Bioreaktorit.....	24
1.4	Ilmastus ja hapetus.....	25
2	Toimintakuvaus .....	26
2.1	Scan spectrolyser spektrometri anturi .....	26
2.2	O <sub>2</sub> mittaukset.....	27
2.2.1	Oxilyser .....	28
2.2.2	OxyGuard Atlantic .....	29
2.3	Franatech CO <sub>2</sub> sensor.....	31
2.4	Arvo-Tec ruokintalaite.....	32
2.5	Scan concube.....	33
2.6	Hydrotech HDF501 Rumpusuodatin .....	35
2.7	Online Kanavapuhallin CK .....	37
2.8	Prominent pH anturi .....	38
2.9	Prominent pH säädin .....	39
2.10	Prominent annostelu-pumppu .....	41
2.11	Grundfos MAGNA3 Kiertovesipumppu.....	42
2.12	Bürkert 8012 virtausmittaus .....	43
2.13	Grundfos DDI222 Annostelupumppu .....	44
2.14	Busch Samos Ilmapuhallin.....	45



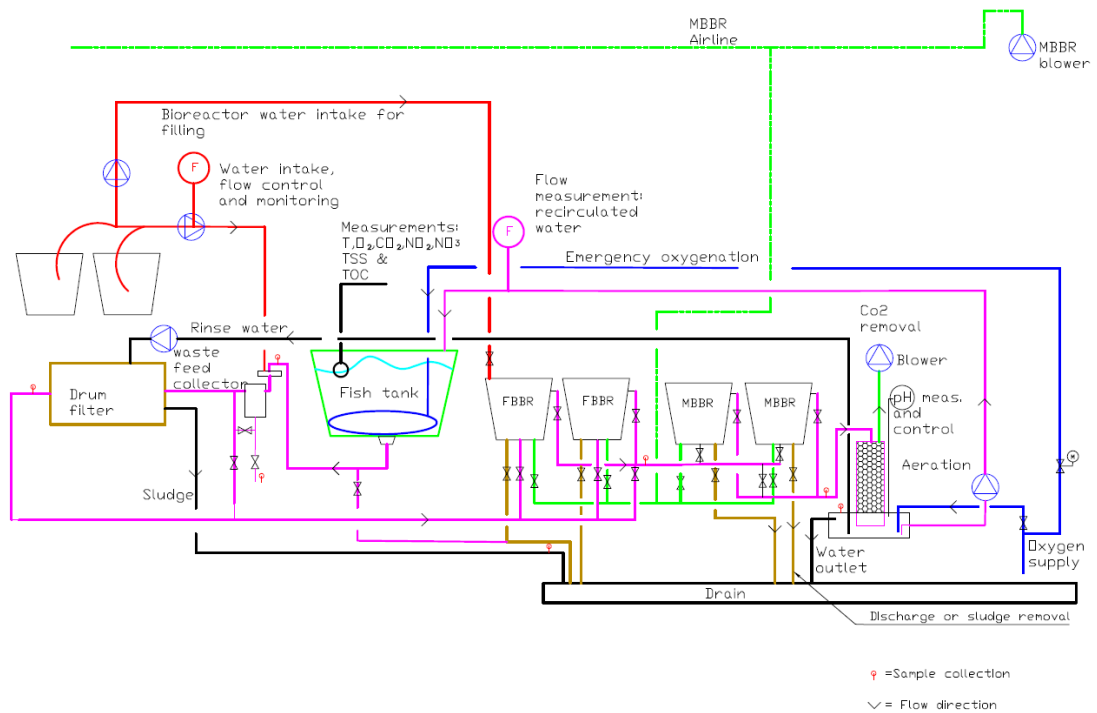
	22
2.15 Arvo-Tec ruokinnanohjausjärjestelmä .....	47
3 Kehitystyö .....	48
3.1 Rumpusuodattimen vedenkulutus .....	48
3.2 Pumppukaivon tyhjeneminen .....	50

## Kuviot

Kuva 1. Prosessin PI-kaavio .....	23
Kuva 2. Spektrometrianturi kala-altaan kannen päällä .....	26
Kuva 3. Scan Oxi:lyser .....	28
Kuva 4. OxyGuard Atlantic mittalaite.....	29
Kuva 5. OxyGuard happianturi.....	30
Kuva 6. Hiilidioksidianturi kala-altaassa keskellä vasemmalla .....	31
Kuva 7. Arvo-Tec ruokintalaite kala-altaan kannessa .....	32
Kuva 8. Scan Con::cube .....	33
Kuva 9. Rumpusuodatin .....	35
Kuva 10. Kanavapuhallin .....	37
Kuva 11. pH anturi.....	38
Kuva 12. pH-säädin.....	39
Kuva 13. pH pumppu .....	41

# 1 Prosessikuvaus

Kiertovesilaitteisto koostuu kymmenestä kiertovesilaitoksen pienoismallista, joista jokaisella on erillinen vedenkäsittely- ja mittaustekniikka. Jokainen pienoismalli voidaan jakaa virtaus järjestyksen mukaisesti toiminnaltaan seuraaviin osiin: kala-allas, kiintoaineen poisto, bioreaktorit, sekä Ilmastus ja hapetus.



Kuva 2. Prosessin PI-kaavio

## 1.1 Kala-allas

Kala-allas (Fish Tank), jossa kaloja kasvatetaan, on prosessin suurin säiliö. Sen vesitilavuus on noin 500 litraa. Kala-altaassa on kaksi O<sub>2</sub> mittausta, CO<sub>2</sub> mittaus, lämpötilamittaus, sekä spektrometrian turi, jolla voidaan mitata veden nitraatti-, nitriitti-, sameus/TSS- ja TOC -pitoisuuksia. Kala-altaan kannessa on ruokintalaite, jolla voidaan

annostella kaloille annettavan rehun määrä. Kansi on myös varustettu valopaneelleilla, joilla voidaan säätää kaloille haluttu valaistusrytmi ja valon intensiteetti. Altaan pohjalla on diffuusiorengas, jonka kautta kaloille voidaan antaa hätätilanteissa lisähappea.

## 1.2 Kiintoaineen poisto

Kiintoaineen poisto koostuu pääasiassa pyörreselkeyttimestä (waste feed collector) ja rumpusuodattimesta (drum filter). Pyörreselkeytintä ennen voidaan myös käyttää rehukeräintä. Pyörreselkeytin kerää suurimmat partikkelit, kuten ylijääneet rehut ja kalojen ulosteet, jotka laskeutuvat pyörreselkeyttimen pohjalle. Rumpusuodatin on varustettu 60µm viiralla ja se kerää kiertovedestä pienempiä laskeutumattomia partikkeleja.

## 1.3 Bioreaktorit

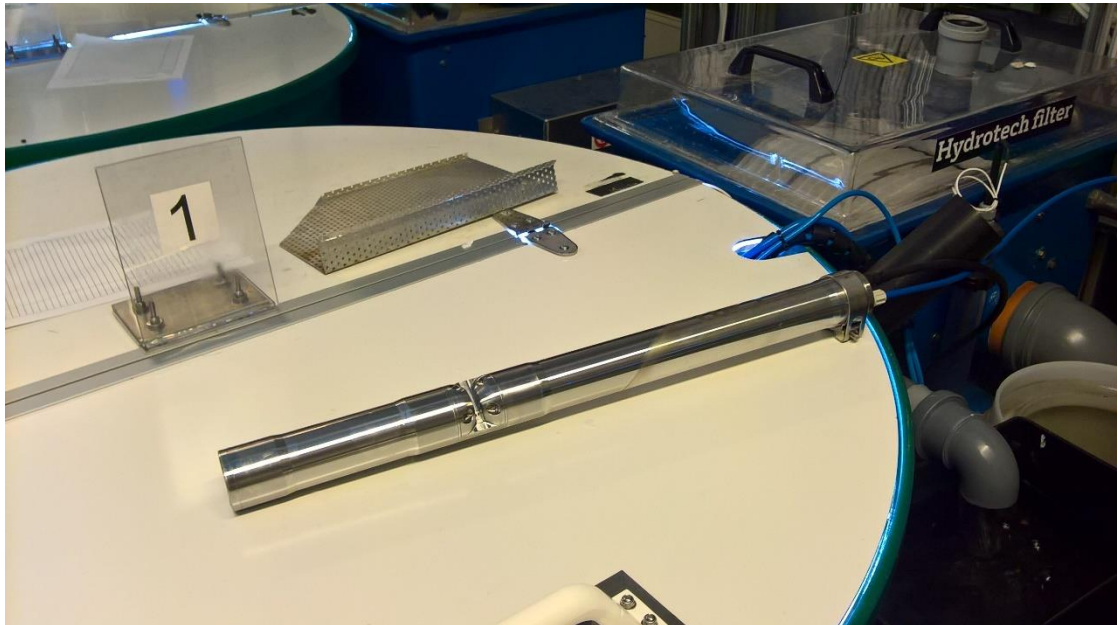
Yhdessä pienoismallissa on neljä erillistä bioreaktoria, jotka on kytketty kaksi rinnan ja kaksi peräkkäin (FBBR, MBBR). Ne ovat 150l säiliöitä joissa vesi virtaa alhaalta ylöspäin. Bioreaktorit toimivat kantoaineperiaatteella ja niissä on mahdollista käyttää fixed bed (paikallaan oleva kantoaine; FBBR) tai moving bed (jatkuvässä liikkeessä oleva kantoaine; MBBR) menetelmiä. Kantoaineen tarkoituksena on tarjota kasvupinta-alaa nitrifikaatiosta vastaaville mikrobeille. Kantoaineena käytössä on RK Bioelements heavy (1.2) ja medium (1.0), joiden molempien pinta-ala on 750m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> kantoainetta.

## 1.4 Ilmastus ja hapetus

Ilmastuksessa käytössä on 80 l valutustorni (aeration), jossa on säädettävä vastavirtaimu ilmanvirtaukselle (blower). Ilmastustornin alla olevassa pumppukaivossa on ns. happikivet eli keraamiset diffuusorit. Hapetukseen liittyen kala-altaassa on hätähapetukseen aikaisemmin mainittu diffuusiorengas vaarallisten happitasojen varalta, joka kytkeytyy päälle myös sähkökatkojen ajaksi. Ilmastuksen jälkeisessä pumppukaivossa on pH anturi (pH meas and control). Mittaustiedon perusteella pH:n säätökeskus ohjaa annostelupumppua, joka tarpeen mukaan syöttävää järjestelmään lipeäliuosta (NaOH). Kierroslukuohjattu kiertovesipumppu palauttaa veden pumppukaivosta kala-altaaseen. Pumppukaivon ja kala-altaan välisessä vesilinjassa on myös kokonaisvirtausmittaus (flow measurement, recirculated water).

## 2 Toimintakuvaus

### 2.1 S::can spectro::lyser spektrometri anturi



Kuva 3. Spektrometrianturi kala-altaan kannen päällä

Spektrometrianturi mittaa kala-altaassa veden nitraatti- ja nitriittipitoisuutta sekä sameutta, josta johdetaan veden TOC- ja kiintoainepitoisuudet.

Anturi perustuu valon absorptioon. Anturin xenon valo lähettää valoimpulssin väliaineeseen, jossa väliaineen atomit ja molekyylit absorboivat määrätyn aallonpituuden omaavia fotoneja, ja nousevat aikaisempaa korkeammalle energiatasolle. Tämä absorptio heikentää määrättyä aallonpituutta. Optinen järjestelmä keskittää tämän valon, jonka jälkeen se jaetaan sen eri aallonpituuksille. Nämä aallonpituudet ohjataan 256 eri valodiodille, jotka havaitsevat eri aallonpituuksien intensiteetin. Tämän intensiteetin perusteella voidaan määrittää eri materiaalien konsentraatio väliaineessa.

Anturissa käytetään kompensointiin toista valokeilaa, joka ohjataan kompensointi-osan läpi. Tämän perusteella voidaan kompensoida anturin virheet mittaustuloksesta, kuten lampun vanheneminen.

Nitriitin mittauksessa tarkkuus on +/- 2% + 1/OPL mg/l jossa OPL on anturin mittausvälin pituus. Kyseisen anturin tapauksessa tarkkuus on siis +/- 2 % + 1/15 mg/l.

Anturissa on myös käytössä ulkoinen puhdistus ilmanpaineen avulla. Puhdistus ohjataan con::cube:lta (kts. kohta 2.5).

## 2.2 O<sub>2</sub> mittaukset

Kala-altaassa käytetään kahdenlaista happimittausta, optinen S::can oxi::lyser ja galvaninen OxyGuard Atlantic. Happimittauksilla varmistetaan että kala-altaassa on tarpeeksi happea kaloille.

### 2.2.1 Oxi::lyser



Kuva 4. S::can Oxi:lyser

Optinen oxi::lyser mittaa veden happitasoa optisen anturin avulla. Anturissa määrätyn aallonpituuden omaava energia johdetaan rutheniumiin, joka imee energian ja vaihtaa energiapotentialiaan. Lyhyen viiveen jälkeen tapahtuu fluoresenssi, jossa tämä aine vapauttaa eri aallonpituuksisen fotonin. Happimolekyylit vaimentavat tätä fluoresenssia. Fluoresenssin vaimennuksen perusteella pystytään määrittämään hapen määrä vedessä.

Oxi::lyser käyttää rs-485 väyläliikennettä. Sen mittausalue on 0-25 mg/l ja tarkkuus on 1% mittausarvosta tai  $\pm 0,02$  mg/l.

Anturissa on myös käytössä ulkoinen puhdistus ilmanpaineen avulla. Puhdistus ohjataan con::cube:lta (kts. kohta 2.5).

### 2.2.2 OxyGuard Atlantic



Kuva 5. OxyGuard Atlantic mittalaite





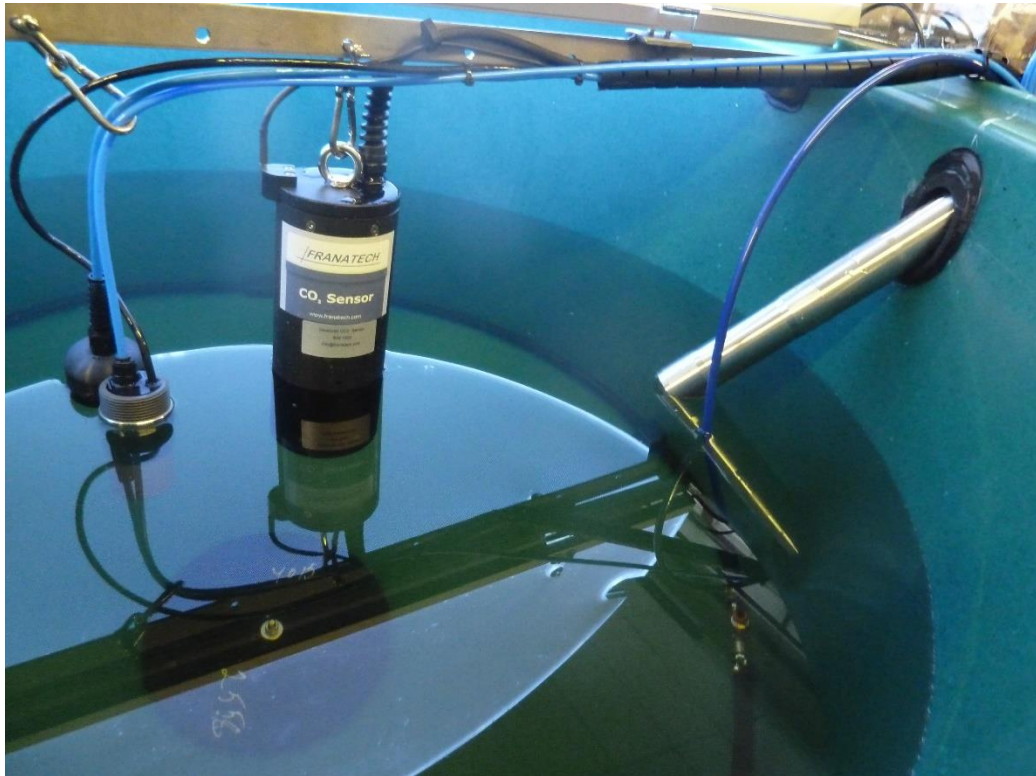
Kuva 6. OxyGuard happianturi

OxyGuard Atlantic on yksikanavainen mittalaite, joka mittaa veden happipitoisuutta erillisellä anturilla. Anturi on galvaaninen, eli sen päässä oleva puoliläpäisevä kalvo päästää vedessä olevia kaasuja lävitseen ja havaitsee hapen määrän sen osapaineen perusteella. Anturi lähettää lämpötilakompensoidun mV signaalin mittarille. Anturissa on myös lämpötila-anturi.

Mittalaitteeseen on mahdollista kytkeä happianturin lisäksi yksi lisäanturi ja yksi erikoisanturi. Mittalaitteessa on myös neljä erillistä relelähtöä, jotka voidaan erikseen ohjelmoida toimimaan aukeavasti tai sulkeutuvasti valitussa pisteessä. Tällä hetkellä yksi releistä on käytössä lisähapen ohjaukseen, jolla ohjataan hapen syöttöä kala-altaassa olevalle diffusorirenkaalle.

Anturin mitta-alue on 0-20 mg/l, mittaus virhe +/-1 % mittausarvosta ja signaalin virheen kasvu korkeintaan +/- 1 % mittausalueesta vuodessa. Anturin toiminta-alue on 0 – 40 °C ja korkeintaan 2 bar.

### 2.3 Franatech CO<sub>2</sub> sensor



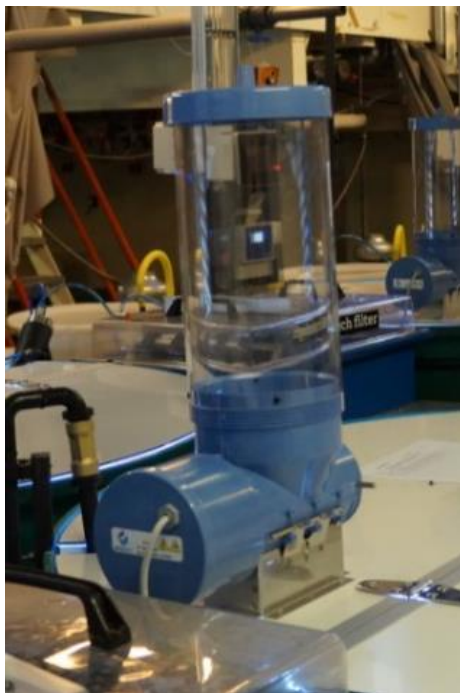
Kuva 7. Hiilidioksidianturi kala-altaassa keskellä vasemmalla

Hiilidioksidianturin tarkoituksena on valvoa hiilidioksiditasoa kala-altaassa. CO<sub>2</sub> anturissa on myös kiinni neljä johtiminen PT 1000 lämpötila-anturi, jota käytetään pääasiallisena lämpötilamittauksena. Se vaikuttaa ruokinnanohjausjärjestelmän annostelukäyrään ja kanavapuhaltimen toimintaan. (Kts. kohta 2.7)

Laitteisto koostuu anturista, kaapelista ja signaalinmuuntimesta. CO<sub>2</sub> anturin päässä on kalvo joka erottaa veden ja mitta-anturin. Silikoniyhdisteestä valmistettu kalvo on puoliläpäisevä ja vettähylkivä. Anturi havaitsee hiilidioksidin määrän sen osapaineen perusteella.

CO<sub>2</sub> anturin mittausalue on 0-50 mg/l lineaarisesti signaalilla 4-20mA. Lämpötila-anturin alue on -10 °C - +50 °C lineaarisesti signaalilla 4-20mA. Anturin toiminta-alue on +1 - +40 °C.

#### 2.4 Arvo-Tec ruokintalaite



Kuva 8. Arvo-Tec ruokintalaite kala-altaan kannessa

Ruokintalaite on kala-altaan kannessa. Se annostelee kaloille annettavan rehun määrän kontrollerin antaman ohjauksen mukaan. Ruokintalaitteessa on 24 VAC moottori joka pyörittää ruokintalaitteen annostelurumpua. Itse ruokinnan taajuuden ohjaus tapahtuu kontrollerilla.

## 2.5 S::can con::cube



Kuva 9. S::can Con::cube

S::canin con::cube on kosketusnäytöllinen pääte prosessin yhteydessä. Tällä hetkellä siihen on kytketty suoraan spektrometrianturi sekä happianturi. Näiden lisäksi sille on tuotu kytkentäkotelon kautta tieto CO<sub>2</sub> anturilta, sekä milliampeerierottimen kautta pH anturilta ja kokonaisvirtausmittauksesta. Laitteen kosketusnäytöltä pystytään tarkkailemaan eri mittauksia ja laitetietoja, sekä ohjaamaan joitakin siihen kytkettyjä laitteita paikallisesti.

S::can con::cube on kosketusnäyttöinen päätelaite jossa on useita eri liityntämahdollisuuksia. Con::cubeen on mahdollista liittää etupaneelista 4 S::canin omaa anturia (1 spektrometri anturi, 3 muuta anturia). Näiden lisäksi laitteeseen on mahdollista kytkeä eri valmistajan valmistamia lisäantureita. Laitteeseen on mahdollista lisätä 8 slottiin lisäkammoilla eri tulo tai lähtö kanavia, kuten Profibus DP, SDI-12, AO, AI ja DI. Näillä saadaan käyttöön korkeintaan 16 eri kanavaa. Kyseisissä laitteissa on 2 kpl 4-20 mA tuloa ja 2 kpl 4-20 mA lähtöä. Molemmat analogia tulot on käytössä CO<sub>2</sub>- ja pH-mittaukseen, ja toinen lähtö on käytössä CO<sub>2</sub> säätöön. Laitteessa on myös 24VDC digital input kanavia seitsemän, ja 250VAC relelähtöjä neljä kappaletta. Laitteella voidaan ohjata myös ulkoisia antureiden puhdistusventtiilejä. Tällä hetkellä siihen on kytketty spektrometrian turin ja optisen happianturin putsaus. Näiden lisäksi samaa ilmakehää käytetään kiintoaineen poistossa putkien virtauksen lisäämiseen, jolla voidaan estää putkien tukkeutuminen. Spectro::lyser ja Oxi::lyser antureiden puhdistusventtiilien lisäksi Con::cobeaa käytetään vain valutustornin puhaltimen ohjaukseen. Ohjaukseen käytetään hiilidioksidianturin mittaustietoa.

Con::cube voidaan liittää valvomojärjestelmään Modbus RTU tai TCP väylällä. Käyttöjärjestelmänä on sulautettu Windows XP. Laitetta voi ohjata paikallisesti kosketusnäytöllä. Tämän lisäksi sitä voi ohjata ethernetin tai langattoman verkon välityksellä. Laitteessa on myös USB-portti jonka kautta voi ohjata laitetta (näppäimistö, hiiri) tai siirtää dataa ulkoiselle asemalle.

## 2.6 Hydrotech HDF501 Rumpusuodatin



Kuva 10. Rumpusuodatin

Rumpusuodattimen tehtävä prosessissa on poistaa pienet kiintoainepartikkelit vedestä ja puhdistaa sitä. Suurimmat laskeutuvat kiintoainepartikkelit on jo erotettu aikaisemmin pyörreselkeyttimessä. Rumpusuodatin kerää kiintoaineita sen sisällä olevaan viiraan suodattimen tavoin. Kun viira on kerännyt tarpeeksi kiintoainetta, se ei

enää läpäise vettä niin hyvin ja veden pinta sen sisällä nousee. Vedenpinta-anturi käynnistää moottorin, joka pyörittää viiraa. Samalla käynnistyy erillinen pumppu, joka pumppaa pesuvettä pumppukaivosta, valutustornin juuresta. Vesisuihku puhdistaa pyörivän viiran. Pesuvesi kerätään talteen viiran toisella puolella olevalla kourulla, ja johdetaan pois prosessista.

Rumpusuodattimen kytkentäkotelossa on moottorin kontaktori, aikarele, rele pinnanmittaukselle ja pumpun sekä moottorin suojakatkaisijat. Pinnan noustessa tarpeeksi korkealle pinnanmittauksen rele käynnistää aikareleen joka sulkee kontaktorin syklin ajaksi. Syklin pituutta voidaan säätää aikareleestä.

## 2.7 Onnline Kanavapuhallin CK



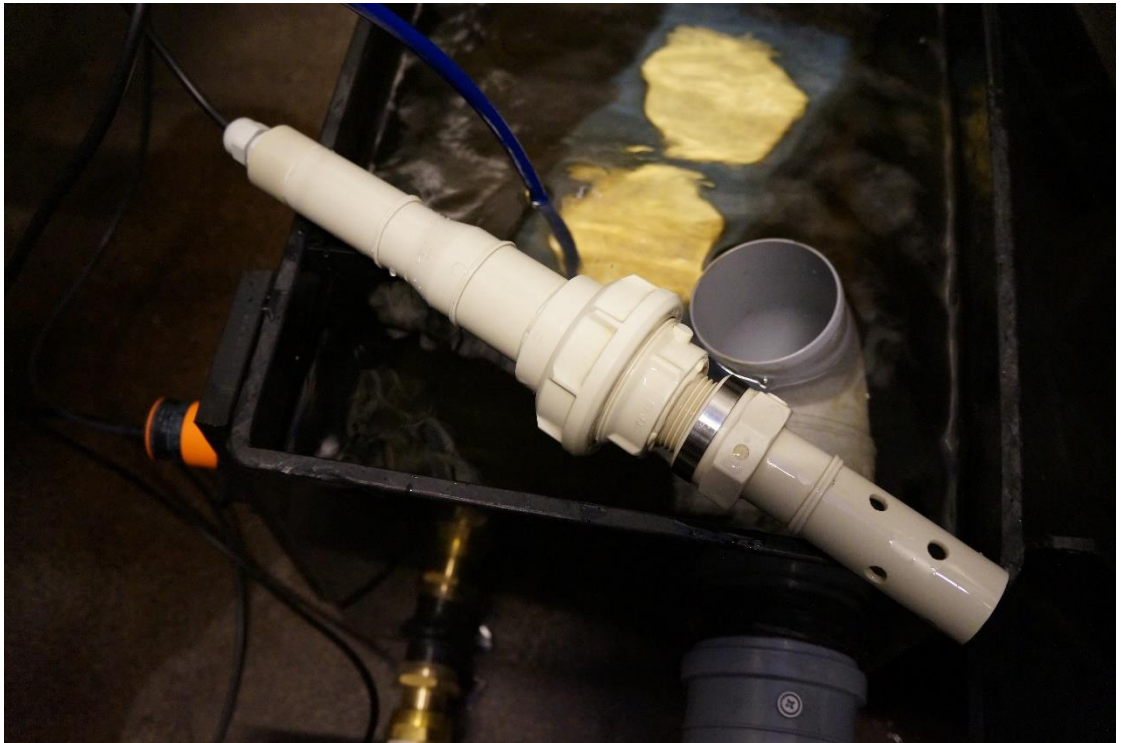
Kuva 11. Kanavapuhallin

Valutustornin päällä on puhallin joka imee ilmaa valutustornin läpi. Tarkoituksena on saada valutustorniin vastavirtaus joka lisää veden CO<sub>2</sub> poistoa ja hapetusta. Puhallin kytkeytyy päälle, jos hiilidioksidipitoisuus nousee kala-altaassa säädettävää kynnyksarvoa korkeammaksi. Puhaltimen nopeutta voidaan säätää laitteiston läheisyydessä olevasta tyristorisäätimestä.



Käytössä on Onnlinen Kanavapuhallin CK mallia 100A. Sen nimellisteho on 41 W ja toiminta-alueen raja ilman lämpötilan suhteen on korkeintaan 60°C. Puhaltimen tuotto ylittää paineesta riippuen korkeintaan 230 m<sup>3</sup>/h.

## 2.8 Prominent pH anturi



Kuva 12. pH anturi

pH anturi mittaa pumppukaivossa veden pH tasoa. Anturissa olevat pH ja vertaus elektrodit synnyttävät välilleen potentiaalin riippuen väliaineesta, jonka perusteella voidaan määrittellä mitattavan aineen pH.

Prominentin pH anturin mitta-alue on 1-12. Sen toiminta-alue on 0-60 °C ja korkeintaan 3 bar.

## 2.9 Prominent pH säädin



Kuva 13. pH-säädin

pH säädin mittaa pH anturilla veden pH arvoa, ja säätää sen perusteella pH pumpun annostelunopeutta.

Säätökeskus voi mitata joko pH:ta tai Redox-potentiaalia. Mitatun arvon perusteella säätimen säätöpiiri ohjaa pumpun tuottoa tarvittavaan suuntaan. Säätimessä on

vaihtoehtoina joko P tai PID säädin. Säädin ohjaa pumppua pulssitaajuusreleellä. Säätimessä on myös tehorele jota voidaan käyttää joko hälytyksenä, raja-arvona tai anostelupumpun pulssimoduloituna ohjauslähtönä. Säätimessä on analogialähtö, josta voidaan siirtää mittausarvo erillisellä lukijalle tai kontrollerille. Tässä tapauksessa tieto jaetaan digitaalisella milliampeerierottimella ja siirretään Arvo-tecin ruokinnan-ohjausjärjestelmään ja Con::cube terminaaliin.

Säädin mittaa anturilta sen antamaa jännitettä. Jännitteen mitta alue on -1 - +1 V joka vastaa pH-arvoa 0 – 14. Mittausalueen tarkkuus on +/- 0,25 % alueesta. Analogialähdön alue voidaan valita joko 0-20 mA tai 4-20 mA. Analogiasignaalin tarkkuus on 0,2 mA.

## 2.10 Prominent annostelu-pumppu



Kuva 14. pH pumppu

Annostelupumppu pumppu syöttää kiertoveteen lipeää pH:n tasaamiseksi. Sen ohjausarvo riippuu täysin pH säätimen antamasta signaalista.

Pumpussa oleva mäntä painaa annostelukalvoa, joka kasvattaa painetta annostelupäässä. Paine sulkee imuventtiilin ja kemikaalia virtaa paineventtiilin läpi ulos annostelupäästä. Tämän jälkeen annostelukalvo vedetään pois, jolloin laskeva paine sulkee paineventtiilin ja imuventtiilistä virtaa kemikaalia annostelupäähän.

Pumpun etupaneelissa olevilla säätimillä voidaan säätää pumpun iskunpituutta, pulsien määrää ja toimintatapaa. tällä hetkellä käytössä on ulkoinen ohjaus, joka pH säätimen antamien pulssien ja pulssin ohjauskytkimen arvon perusteella pumpkaa järjestelmään lipeää.

## 2.11 Grundfos MAGNA3 Kiertovesipumppu



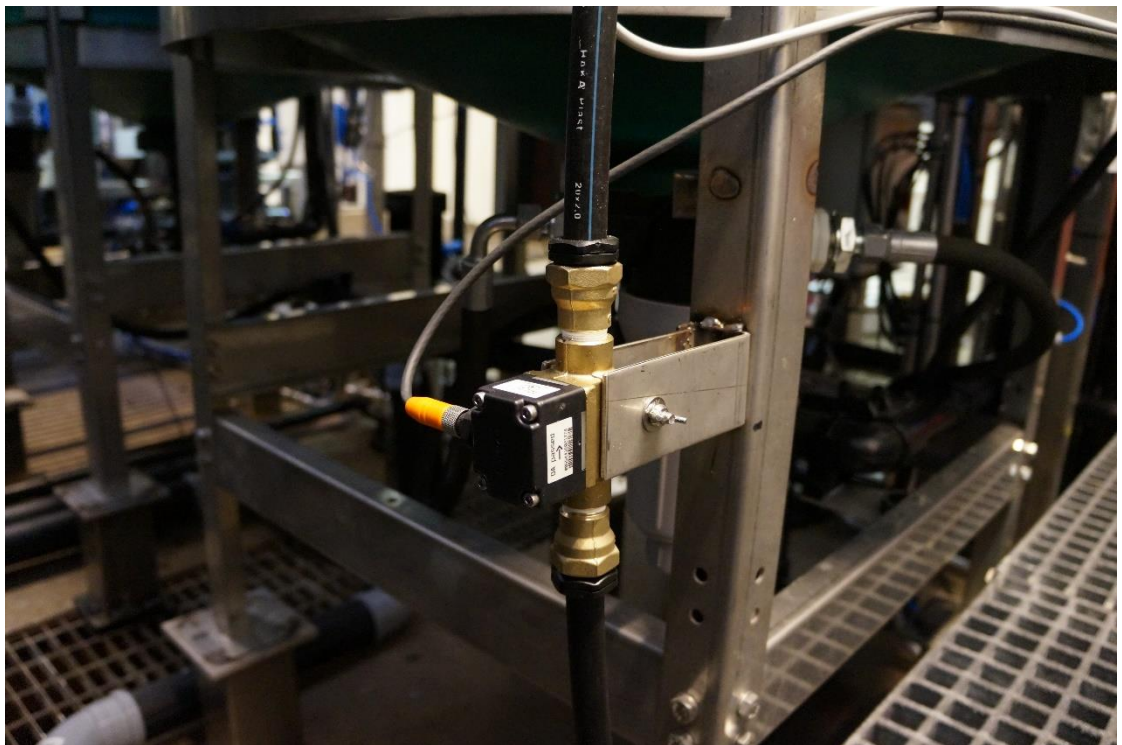
Kuva 14. Kiertovesipumppu

Pumppukaivon jälkeen linjassa on kiertovesipumppu, joka kierrättää järjestelmän vettä asetetulla teholla. Pumppu voidaan ohjelmoida toimimaan usealla eri tavalla, kuten vakio paine ja vakio lämpötila. Pumppu on ohjelmoitu toimimaan vakioikäyrä

säätötavalla. Määrätyillä parametreilla pumppu ohjaa omaa toimintaansa tuotta-  
maan määrättyä painetta.

Pumpun teho on korkeimmillaan 91W. Sen korkein tuottama nostokorkeus on 6m ja  
suurin tuottama virtaus  $10\text{m}^3/\text{h}$ , mutta se vaihtelee suuresti järjestelmän paineesta  
riippuen.

## 2.12 Bürkert 8012 virtausmittaus



Kuva 15. Virtausmittari

Kiertovesipumpun jälkeen ennen kala-allasta linjassa on kokonaisvirtausmittaus joka  
seuraa prosessissa kierrätetyn veden määrää.

Virtamittarissa on mekaaninen rataspyörä, jonka pyörimisliikkeen optinen tai magneettinen anturi muuntaa 4-20mA analogiasignaalksi. Signaali vietään milliampeerierottimella con::cube:lle ja Arvo-Tecin järjestelmään.

### 2.13 Grundfos DDI222 Annostelupumppu



Kuva 16. Annostelupumppu

Annostelupumppu syöttää järjestelmään rehukeräinlaatikon kautta jatkuvasti haluttun määrän uutta vettä. Prosessissa eri vaiheissa vettä joutuu hukkaan, joten kierto-

vettä pitää lisätä prosessin ylläpitämiseksi ja haitallisten yhdisteiden prosessista poistamiseksi. Annostelupumppu on asetettu määrätulle tuotolle paikallisesti ja siinä ei ole tällä hetkellä etäohjausta käytössä.

## 2.14 Busch Samos Ilmapuhallin



Kuva 17. Ilmapuhallin, paineanturi ja taajuusmuuttaja

Bioreaktoreiden ilmaukseen on käytössä Buschin sivukanavapuhallin. Ilmakanavassa pidetään yllä vakiopainetta Vaconin taajuusmuuttajan ja erillisen paineanturin avulla. Taajuusmuuttaja säätelee puhaltimen tehoa paineanturin signaalin perusteella.



Puhaltimen nimellisteho on 0,4 kW ja nimellinopeus 2850 rpm. Ilmanpaineen tuotto voi olla korkeimmillaan 0,13 bar ja alipaineessa -0,12 bar. Virtauksen määrä on korkeimmillaan 80m<sup>3</sup>/h.

## 2.15 Arvo-Tec ruokinnanohjausjärjestelmä



Kuva 18. Ruokinnanohjausjärjestelmä

Arvo-Tec:n ruokinnanohjausjärjestelmä toimii laitteiston pääasiallisena mittaus- ja ohjauslaitteena. Ruokinnanohjausjärjestelmä kerää suurimman osan mittaustiedoista ja ohjaa määrättyjen parametrien perusteella kalojen ruokinnan kokonaismäärää, annosten lukumäärää ja annosten ajoittumista. Laitteistossa on kaksi ruokinnanohjausjärjestelmää, joista kumpikin ohjaa ja mittaa viittä kiertovesiyksikköä. Ruokinnanohjausjärjestelmien välillä on datakaapeli joka siirtää toisen mittaukset toiselle. Laitteiden parametreja voidaan säätää etupaneelissa olevien painikkeiden avulla. Toiselta laitteelta on yhteys PC:lle, joka kerää mittaustiedot kummaltakin laitteelta. PC:n avulla voidaan tarkkailla mittauksia eri aikaväleillä, ja sen kautta voidaan myös ohjata ruokintaa asettamalla sille eri parametreja. PC:n keräämää dataa voi myös seurata samassa verkossa tai VPN:n avulla verkkoselaimella.

### **3 Kehitystyö**

Kehitystyön tarkoituksena oli tarkoituksena tutkia eri mahdollisuuksia tarkkailla rumpusuodattimen pesuun kuluvan veden käyttöä, sekä ratkaisua ongelmaan, jossa rumpusuodattimen pesurin pumppu imee pumppukaivon tyhjäksi, aiheuttaen muita ongelmia prosessiin.

#### **3.1 Rumpusuodattimen vedenkulutus**

Rumpusuodattimen pumpun tuotto on aina vakio, joten vedenkulutusta voidaan seurata pumpun käyntikertojen ja käyntiaikojen perusteella. Pumpun kontaktorin apukoskettimelta otetaan signaali ohjausjärjestelmään, jossa signaalin perusteella laskeaan, paljonko vettä on kulutettu. Muutostyö vaatii yhden 2 parisen kaapelin sekä

pieniä muutoksia ohjelmaan. Yksinkertaisemmin ohjelmaan lisätään rumpusuodattimen käyntiajan seuranta, josta voidaan erikseen päätellä kulutetun veden määrä.



Kuva 19. Apukosketin vasemmalla ylhäällä kontaktorin oikeassa laidassa käyttämättömänä

### 3.2 Pumppukaivon tyhjeneminen

Koko prosessin toiminta voi häiriintyä, mikäli rumpusuodattimen pesusykli kuluttavat enemmän vettä kuin mitä korvausvettä systeemiin tuovat annostelupumput sinne toimittavat. Ongelmaa pahentaa pumppukaivon pieni tilavuus.

Ratkaisuna olisi annostelupumpun etäohjaus pumppukaivon tyhjetessä. Pumpussa on mahdollisuutena etäohjaus, joka toimisi 4-20 mA virtaviestillä. 4-20 mA alue vastaa lineaarisesti pumpun tuottoa min-max. Myös Arvo-Tecin kontrollereilla on liitäntämahdollisuudet analogisen signaalin käyttöön. Ainoana ongelmana muutostöissä olisi ohjelman muutokset. Ohjelmaan tarvittaisiin pumpun automaattiohjauksen lisäksi muutokset käyttöliittymään, josta pumpun asetusarvoa voitaisiin normaalitilanteessa muuttaa, koska paikallisohjaus ei etäohjauksessa enää toimisi. Arvo-Teciltä saatujen vastausten mukaan ohjelmointi suoritetaan erillisellä yrityksellä, joka vaikeuttaa muutostöiden tekemistä. Myöskään arvioitua kokonaiskustannusta tälle muutostyölle ei osattu antaa.

Keskustelussa ilmeni myös, että ruokinnanohjausjärjestelmässä on käytössä vain neljä AO kanavaa, eli koko laitteistolle kahdeksan. Tämä ei selvästi riittäisi kaikille kymmenelle annostelupumpulle.

Analogia kanavan vaihtoehtona voisi olla S::canin Con::cuben analogialähtö. Tämä tarkoittaisi uuden pintamittauksen asentamista pumppukaivoon, tai mahdollisesti vanhan pintamittauksen sovellettua käyttöä ruokinnanohjausjärjestelmältä Con::cubelle. Analogialähdön asetusarvon muuttaminen Con::cubelta tulisi olla erittäin help-

poa. Tarkempia tietoja Con::cuben ohjelmointimahdollisuuksista ei ohjekirjoista löytynyt, joten on epäselvää, voiko analogialähtöä ohjelmoida syöttämään eri parametreilla digitalitulon perusteella.

Kehitystyön aikana heräsi myös kysymys siitä, riittääkö veden syötön lisääminen rehukeräimeen, vai tulisiko annostelupumpun syöttö siirtää suoraan pumppukaivoon, ja jos syöttö siirretään, aiheuttaako se muita ongelmia prosessissa esimerkiksi veden pinnan tai virtauksen suhteen. Näihin kysymyksiin emme vielä saaneet vastauksia Arvo-teciltä.