

Jani Tapani Pellonniemi

SAVUKAASUPESURIN KENTTÄLAITTEIDEN VALINTA JA  
SÄHKÖSUUNNITELMA

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2016

## Savukaasupesurin kenttälaitteiden valinta ja sähkösuunnitelma

Pellonniemi, Jani  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2016  
Ohjaaja: Suvela Timo  
Sivumäärä: 41  
Liitteitä: 0

Asiasanat: savukaasupesuri, kenttälaitteet, pumput, sähkösuunnitelma, tulot ja lähdöt

---

Opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti savukaasupesurin toimintaperiaatteesta ja selvitetään mitä vaatimuksia antureilla ja toimilaitteilla on, että ne soveltuvat liitettäväksi prosessiin. Työn tavoitteena on kartoittaa, minkä tyyppisiä antureita ja toimilaitteita savukaasujenpesu prosessissa voidaan käyttää, sekä toteuttaa alustava sähkösuunnitelma projektin toteutusvaiheeseen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Kauhajoella sijaitseva yritys Finkomec Oy, joka vastaa savukaasupesuri järjestelmän automatisoinnista ja sähköistyksestä projektin toteutuessa.

Lopputuloksena saatiin savukaasupesuri järjestelmään sopivat kenttälaitteet, joiden avulla voidaan toteuttaa toimiva prosessin säätöjärjestelmä. Lisäksi tehtiin sähkösuunnitelma, jota voidaan hyödyntää projektin toteutuessa.

# CHOOSING OF FIELD DEVICES AND ELETRICAL PLANNING FOR FLUE GAS SCRUBBER

Pellonniemi Jani Tapani  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in automation technology  
March 2016  
Supervisor: Suvela Timo  
Number of pages: 41  
Appendices: 0

Keywords: Flue gas scrubber, field devices, pumps, electrical planning, input and output.

---

In this Bachelor's thesis is told basic principle of flue gas scrubber and find the sensors and actuators that made the flue gas scrubber process possible. The purpose of this Bachelor's thesis is to make the electrical planning and find suitable components.

The client of this thesis is Finkomec Oy in Kauhajoki. Finkomec Oy is responsible for automation and electrics of flue gas scrubber project.

As a result of this thesis optimal field devices for flue gas scrubber system were chosen also drawings was planned.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SAVUKAASUPESURI.....	2
2.1	Toimintaperiaate .....	5
3	LÄHTÖTIEDOT .....	8
4	KENTTÄLAITTEET .....	10
4.1	Digitaaliset anturit.....	12
4.2	Digitaaliset toimilaitteet.....	15
4.3	Analogiset anturit.....	18
4.4	Analogiset toimilaitteet.....	31
5	PUMPUT.....	33
6	SÄHKÖSUUNNITELMA .....	36
7	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET.....	40

## 1 JOHDANTO

Kaukolämpölaitoksissa ei hyödynnetä kaikkea laitoksen tuottamaa energiaa. Energian talteenottamiseksi on kehitetty erilaisia menetelmiä, yksi näistä on savukaasupesuri lämmöntalteenottojärjestelmällä. Savukaasupesurin avulla parannetaan lämpölaitoksien hyötysuhdetta ja vähennetään ilmakehään pääseviä hiukkaspäästöjä. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin savukaasupesuriin soveltuvat kenttälaitteet, ts. anturit ja toimilaitteet.

Opinnäytetyössäni valitsin soveltuvimmat anturit ja toimilaitteet prosessin ohjaukseen, sekä kerroin anturin tai toimilaitteen yhteydessä niiden merkityksestä prosessin toimintaan. Opinnäytetyöni rajautuu kenttälaitteiden valintaan ja niiden vaikutuksesta kertomiseen prosessin säätöön, sekä sähkösuunnitelmaan. Valitsemieni kenttälaitteiden ja yrityksen mallipohjien perusteella tein savukaasupesurista sähkösuunnitelman.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Finkomec Oy, joka vastaa savukaasupesuri järjestelmän automatisoinnista ja sähköistyksestä. Mekaanisesta puolesta vastaa yhteistyökumppani.

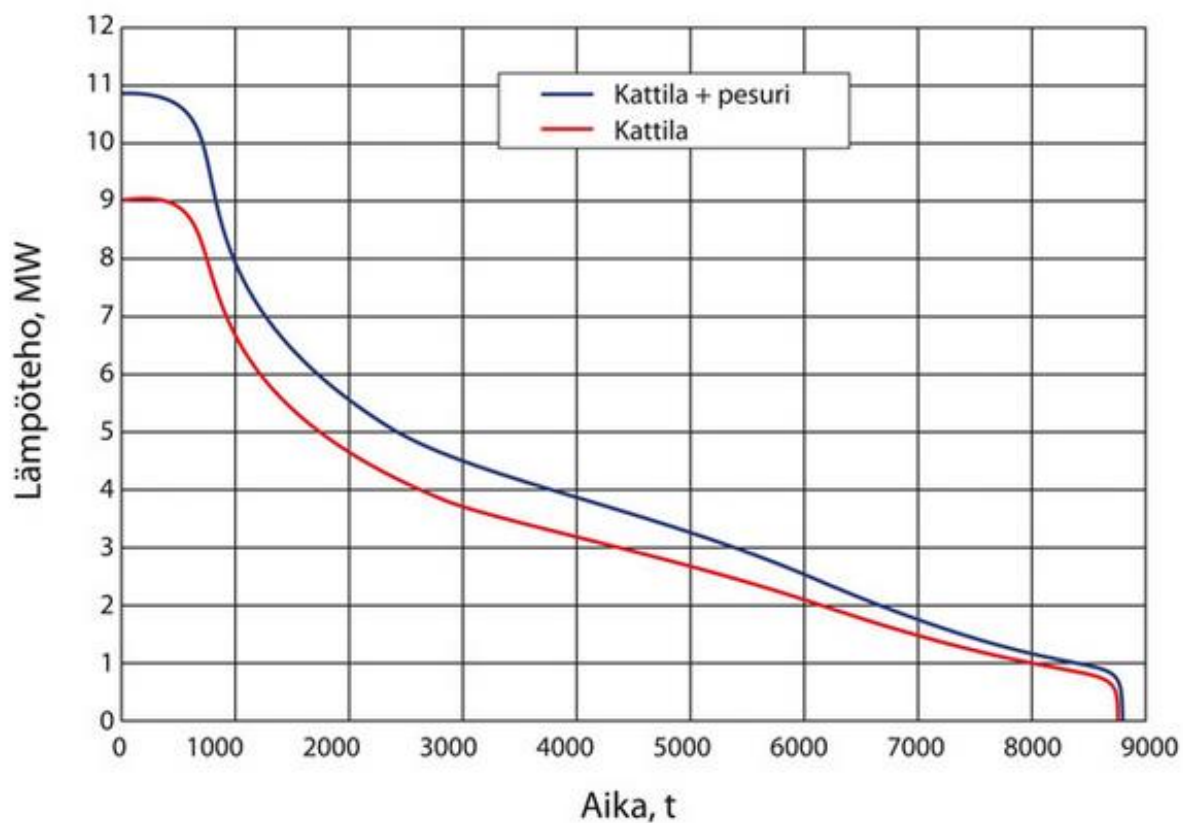
## 2 SAVUKAASUPESURI

Savukaasupesurijärjestelmän käytölle on useita perusteluja ja yksi merkittävin on liiketaloudellinen hyöty. Lämpölaitosten savupiipuista katoaa taivaalle merkittävä määrä hukkalämpöä, joka on hyödynnettävissä lämmön talteenottoon. Toinen merkittävä syy on päästöraja-arvojen tiukentuminen. (Promaint lehti www-sivut 2016)

”Teollisuuspäästädirektiivi (IED) tiukentaa voimalaitosten ja lämpölaitosten päästöraja-arvoja. Uudet määräykset tulivat voimaan uusille laitoksille vuoden 2013 alussa ja olemassa oleville laitoksille vuodesta 2016 alkaen.” (Enertec lehti www-sivut 2016). Yhä useampi energiayhtiö on liittynyt kansalliseen (TNP) päästövähennyssuunnitelmaan. Päästövähennyssuunnitelmaan liittyneiden laitosten tulee vähentää rikki-, typpi- ja hiukkaspäästöjään lineaarisesti, nykyisistä päästöistään vuosina 2016-2019, IED-direktiivin vaatimusten mukaisesti. (Enertec lehti www-sivut 2016)

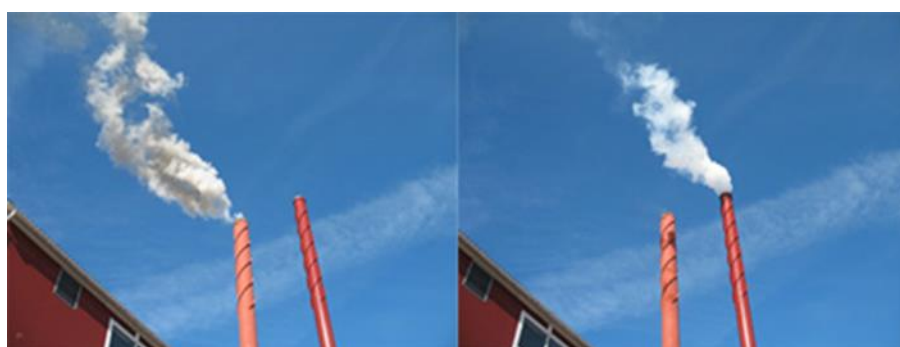
Savukaasupesuriin on myös mahdollista integroida lämmön talteenotto, jolloin hyödynnetään savukaasun kosteus, lauhduttamalla se kaasumuodosta nesteeksi. Tätä voidaan hyödyntää ns. kondensaatiolaitoksissa. Vedestä muodostuva höyrystymislämpö sekä savukaasun jäähtymyksessä vapautunut lämpö voidaan hyödyntää kaukolämmöntuotantoon tai teollisuuden tarpeisiin. Lämmön talteenottojärjestelmä voidaan sijoittaa tekniikasta riippuen savukaasupesurin yhteyteen tai jälkeen. (Enertec lehti www-sivut 2016)

Se paljonko voidaan saada lämpöenergiaa talteen, riippuu mm. ”polttoaineesta - lähinnä sen kosteudesta ja vetypitoisuudesta, sekä savukaasun lämpötilasta ennen pesuria.” (Enertec lehti www-sivut 2016). Kaukolämpölaitoksissa lämmön määrää voidaan lisätä palamisilman kostutuksella. Kostutusta voidaan myös hyödyntää lämpöenergian tasaamiseen, jos kattilassa poltetaan erilaisen kosteuden omaavia polttoaineita. Savukaasupesureita (märkäpesureita) on toteutettu yli 20 GW:n kokoiisiin uusiin laitoksiin ja lähes 5 GW:n saneeraus projekteihin. (Enertec lehti www-sivut 2016)



KUVA 1. Lämpölaitoksen pysyvyyskäyrät savukaasupesurilla ja ilman. (Promaint lehti www-sivut 2016)

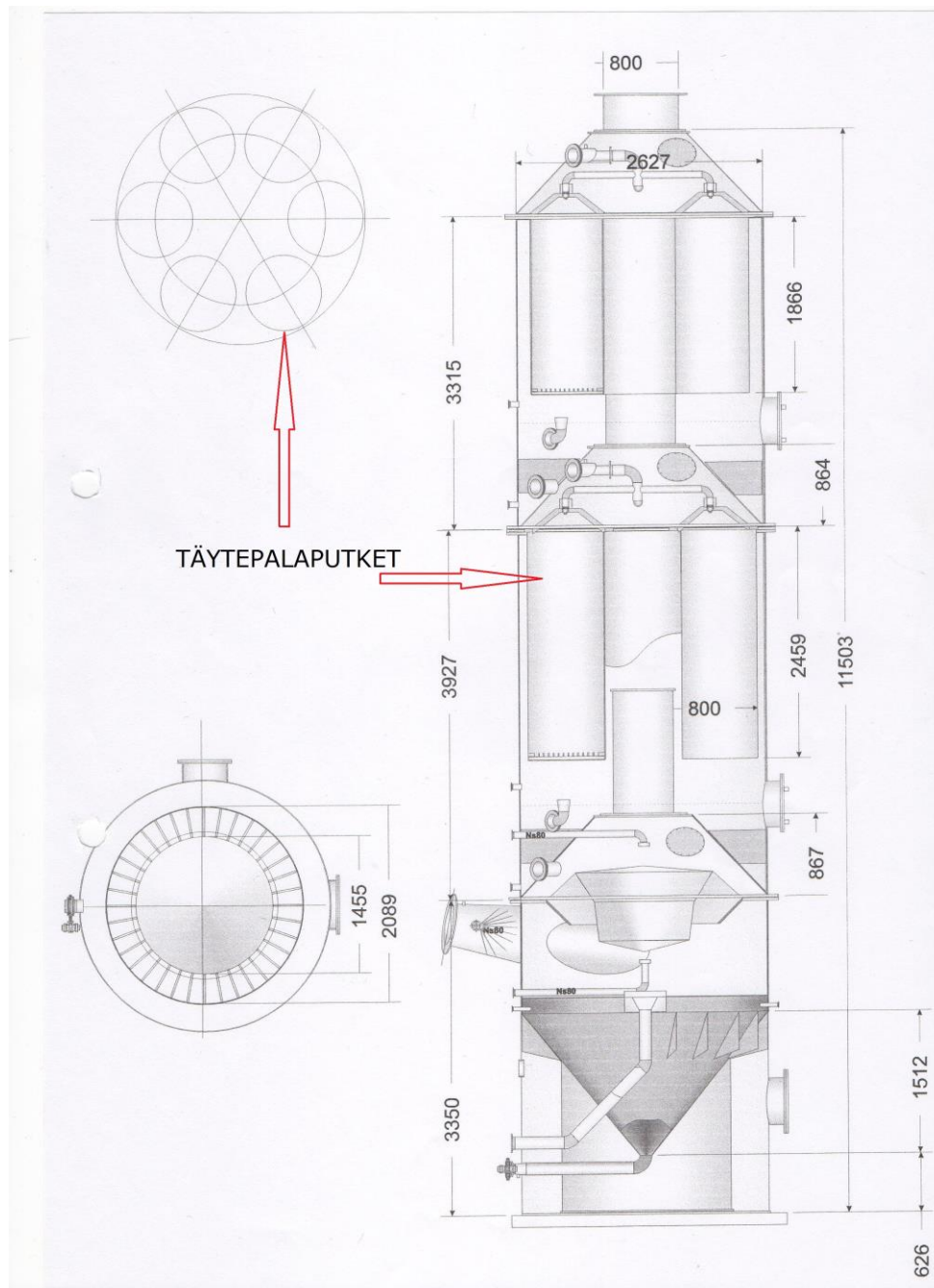
Kuvasta 1 nähdään, että savukaasupesurista saatu hyöty on merkittävä. Prosessin pyöriessä maksitehosta siihen pisteeseen, että prosessi pysähtyy, saadaan savukaasupesurin hyöty laskettua käyrien väliin jäävästä pinta-alasta.



KUVA 2. Kuvassa on kaksi savupiippua. (Finkomec Oy tietokanta)

Vasemman puoleisessa kuvassa savukaasut kulkevat savukaasupesurin ohitusputkesta. Oikean puoleisessa kuvassa savukaasupesuri on käytössä, joten piipusta tulee puhdistetut vesihöyryt.

Yritys, jolle tein opinnäytetyötäni, lupaa pesurijärjestelmän vähentävän savukaasujen kiintopitoisuuden alle  $5\text{mg/m}^3$ . Yritys käyttää erillisiä täytepalaputkia, joissa savukaasut kohtaavat lämmön talteenottoveden optimaalisessa tilassa. Täytepalaputket näkyvät kuvassa 3. Tämän ansiosta saadaan savukaasuista energiaa talteen 25 - 30 % kattilatehosta. (Finkomec Oy tietokanta)



KUVA 3. Savupiippu täytepalaputkilla. (Finkomec Oy tietokanta)

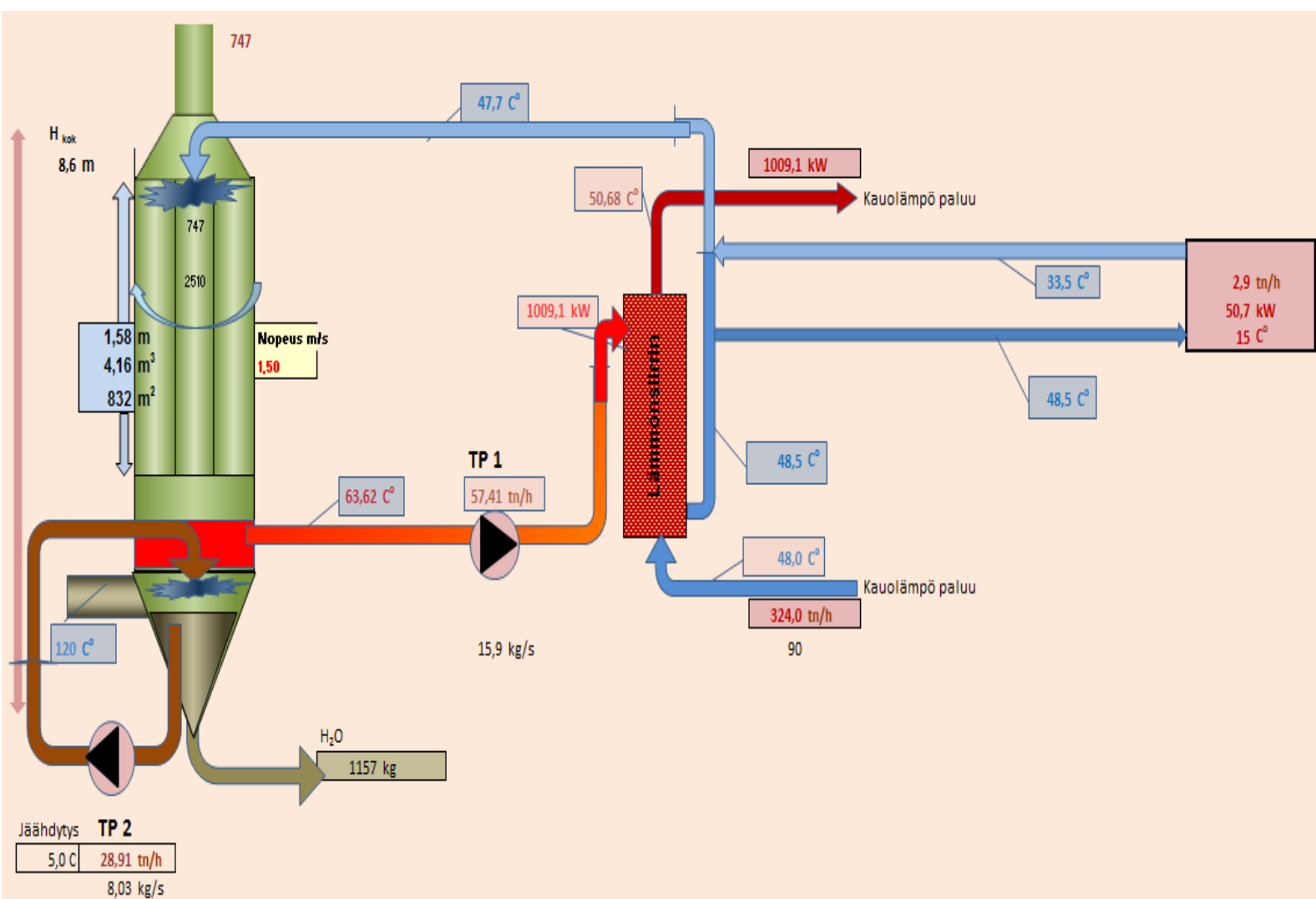


Kuvassa esitetään edellä mainittujen täytepalaputkien sijainti savupiipussa. Täytepalaputket voivat myös olla yhdessä kerroksessa. Toteutus riippuu järjestelmän koosta. (Finkomec Oy tietokanta)

## 2.1 Toimintaperiaate

Savukaasupesuria kutsutaan myös nimellä märkäpesuri. Pesurin hiukkaspäästöjen suodatus ja lämmön talteenotto perustuvat kahteen peräkkäiseen prosessiin. Savukaasut ohjataan pesuvaiheeseen, jossa poistetaan suurin osa hiukkasista. Pesuvaiheessa savukaasut jäähtyvät niin sanottuun märkälämpötilaansa (60 - 70 °C). Märkälämpötila saavutetaan vesisuuttimien avulla, jotka ovat sijoitettu täytepalaputkien päälle. Suuttimet sumuttavat vettä lauhduttimeen, jossa lauhtuminen tapahtuu. Suuttimet näkyvät kuvassa 3. Lauhduttimessa savukaasu luovuttaa lämpöenergiansa pääosin lauhtumalla (höyry muuttuu vedeksi) vastavirtaan valuvaan kiertoveteen. Lauhtuminen tapahtuu kuvassa 3 olevissa täytepalaputkissa, jotka toimivat prosessin lämmönsiirtopintoina. Vedenkierto, joka on muodostunut lauhdetta, siirretään pumpun avulla lämmönvaihtimeen. (Promaint lehti [www-sivut](http://www.promaint.fi) 2016)

Pesurilta lauhtunut lämpöenergia otetaan talteen kaukolämmön paluuveden esilämmitykseen. Kyseessä on jatkuvatoiminen prosessi, jota säädetään antureiden ja toimilaitteiden avulla. Prosessi on esitelty kuvassa 4. Työssäni olen valinnut soveltuvimmat kenttälaitteet prosessin säätöön.



KUVA 4. Yksinkertaistettu kuvaus prosessista. (Finkomec Oy tietokanta)

Kuvassa 4 esitetyt lukuarvot prosessissa ovat tässä kuvassa oletettuja, joten tässä kuvassa ei käy ilmi täydellinen hyötysuhde.

Savukaasun pesussa oleellisinta on kastepistelämpötila lauhduttimessa. Kastepisteessä olevan vesihöyryn suhteellinen lämpötila on 100 %. Mikäli lämpötila laskee kastepisteen alapuolelle, alkaa vesihöyry tiivistyä vedeksi. Kastepistelämpötilan alittu-

minen on oleellista lämmön talteenoton kannalta. Savukaasuista tiivistyneestä vesihöyrystä vapautuu lämpöenergiaa ja energia pääsee siirtymään tehokkaasti kiertoveiteen, jonka kautta se siirretään lämmönvaihtimeen. Jos kastepistelämpötila ylittyy, niin lämmön talteenotosta ei ole hyötyä ja pesuri alkaa toimia lauhduttimena. Oikea sumutuspainne on merkittävä osa lämmön talteenotossa. Huipputehon saavuttamiseksi pyritään käyttämään laadukasta eli kuivaa polttoainetta, jossa on korkea palamislämpötila. Kuivan polttoaineen savukaasut ovat kuivia, eli savukaasun kastepistelämpötila on tällöin matala. Lämpölaitosta ajettaessa huipputeholla, kaukolämmön paluuvedenlämpötila on usein myös korkeampi. Paluuveden korkean lämpötilan syynä ovat kotitalouksien huonot lämmönvaihtimet, joiden hyötysuhde ei ole riittävän hyvä. Kotitalouksissa käytettävät lämmönvaihtimet eivät kykene hyödyntämään tarvittavaa lämpömäärää kotitalouksiin, joten ylimääräinen lämpö kiertää takaisin lämpölaitokselle. Liian korkea paluuveden lämpötila johtaa siihen, että kastepistelämpötilaa ei saavuteta ja lämmön talteenoton hyötysuhde on tällöin huono. Mitätön lauhtuminen voi tällöin johtaa lämmön talteenoton lietesäiliön tukkeutumiseen. (Promaint lehti www-sivut 2016)

### 3 LÄHTÖTIEDOT

Savukaasupesuri-prosessissa käytettävien antureiden ja toimilaitteiden tiedot saatiin tutkimalla yrityksen tietokantaa ja prosessikaaviota, sekä haastatteleamalla savukaasupesurijärjestelmän asiantuntijaa Heikki Vesalaa. Kenttälaitteiden vaatimukset kerättiin taulukkoon 1. Jokaisen anturin ja toimilaitteen kohdalla tuli ottaa huomioon kunkin kohteen tarvittavat tiedot prosessin toiminnan kannalta. Merkittäviä valintaperusteita olivat viesti- ja mitta-alue (analogiatuloissa/lähdöissä), aineeseen koskevan pinnan materiaali, rungonmateriaali ja lämpötila-antureissa mittapään pituus (analogiatulojen). Antureiden yhteydessä kerrotaan niiden käyttökohteet ja tehtävä prosessissa. Venttiilien merkityksestä on myös kerrottu niiden säätöön vaikuttavien antureiden yhteydessä. Kaikkien prosessissa käytettävien venttiilien vaatimuksia ei pystytty määrittelemään, joten ne tullaan selvittämään projektin toteutuessa. Analogisten kenttälaitteiden haluttiin käyttävän 4...20 mA virtaviestiä.

Opinnäytetyössä käytettyjen antureiden ja toimilaitteiden laitetunnukset ovat nimetty SFS 4103 standardin mukaisesti ja valmiita prosessikaavion merkintöjä hyväksi käyttäen. Laitetunnus (laittepositio) on laitteen nimi, jota käytetään vain yhdessä laitteessa koko tehtaassa/laitoksessa. Tunnus syötetään järjestelmään, josta nähdään kyseisen laitteen tiedot tarvittaessa. Esimerkiksi pesupumpun veden lämpötilaa mittaavan anturin laitetunnukseksi annettiin TE1.2.

Savukaasupesurijärjestelmässä on digitaalisia sekä analogisia tulo- ja lähtöliityntöjä. Digitaalisia tuloja ja lähtöjä nimitetään I/O, input/output. Tuloportin kautta logiikalle saadaan tietoa anturin tilasta 1/0, tosi tai epätosi. Digitaalisen signaalin ilmaisemiseksi käytetään jännitettä. Työssäni käytettävät anturit käyttävät 24 V:n DC-jännitettä. Jännitteen ollessa yli 22 V, logiikka tulkitsee viestin päällä olevaksi ja alle 2 V:n jännitteen poissa olevaksi signaaliksi. Lähtösignaali eroaa siinä, että logiikan lähtöportista lähtee 24 V DC-jännitteellä signaali laitteelle 1/0, eli tosi tai epätosi (+24 V/0 V). Lähtösignaalia käytetään lähinnä jonkin laitteen käynnistämiseen tai sulkemiseen. (Jokinen R. 1998)

Analogiset signaalit välittävät kaikki arvot toiminta-alueidensa ääripäiden välillä. Ohjelmoitavassa logiikassa analogiset arvot tulkitaan kokonaisluvuiksi. Mitattavan

laitteen tarkkuus riippuu analogisen tulon resoluutiosta. Tyypillisesti analogiselle signaalille varataan 12-16 bittiä. Analogisilla signaaleilla tyypillisesti esitetään painetta, virtausta, lämpötilaa tai jotain mitattua muuttuvaa arvoa. Analogia lähdöllä voidaan säätää esimerkiksi säätöventtiiliä 0-100 % välillä. Virtaviestin viestialue analogisessa signaalissa on usein 4-20mA, mutta myös 0-20mA on mahdollinen. Eniten käytetty jänniteviestin viestialue on +-10V, mutta 0-10V, tai +-5V ovat mahdollisia. Valitut analogiset anturit ja venttiilit käyttävät 4-20mA virtaviestiä (Jokinen R. 1998.)

Järjestelmän logiikaksi valittiin SIMATIC ET-200SP -sarjan CPU, koska se soveltuu sähkökeskuksen sisälle ja on helppo laajentaa. Tarpeen tullen osa tulo- ja lähtökorteista pystytään hajauttamaan kentälle. ET 200 -sarjan logiikalla pystytään rakentamaan hajautettu I/O-järjestelmä, jossa lähtö- ja tulopiirit ovat viety prosessiaseman luota lähemmäs toimilaitetta. Hajautusasema on toteutettavissa kaikkiin käyttötarkoituksiin (Siemens A [www-sivut](http://www.siemens.com) 2016). Logiikan valintaan vaikutti myös se, että prosessi halutaan ohjelmoida Siemens TIA Portal -ohjelmistolla.

## 4 KENTTÄLAITTEET

Taulukko 1. kerätyt antureiden ja toimilaitteiden vaatimuksen luotiin haastattelemalla Heikki Vesalaa ja hyödyntämällä yrityksen tietokantaa. Kenttälaitteiden valinnassa lähdin ensin tekemällä osaluettelon excel-tilukkuun. Jaoin digitaaliset ja analogiset tulot ja lähöt omiin ryhmiinsä.

Alla olevan excel-tilukon perusteella aloin tiedustelemaan eri laitetoimittajilta, onko heillä tarjota vastaaviin tarpeisiin laitteita. Valitsin toimittajien ehdotusten mukaisesti soveltuvimmat laitteet järjestelmään, jota tullaan käyttämään, mikäli järjestelmä toteutetaan.

TAULUKKO 1. Antureiden ja toimilaitteiden vaatimukset.

SIGNAL NAME	Un		
<b>ANALOGI-INPUT</b>			
VEDEN SUUTINPAIN E 0-6000mbar	24V	Painelähetin -Pietsoresistiivinen anturielementti tai ohutkalvoelementti -Runko ja aineeseen koskettavat osat korroosionkestävästä teräksestä -Kytetään ohjaussignaaliilla 4...20 mA automaatiojärjestelmään - Alue 0- 6 bar - Viesti alue 4-20 mA	2kpl
LÄMPÖTILA 0-200°C (VESI)	24V	PT-100 LÄMPÖTILA-ANTURI -Aineeseen koskevien osien materiaalina -Neutraaleille ja syövyttävälle aineille -Materiaali AISI 316 -Mittapään pituus 100mm -Viesti alue 4-20 mA	5kpl
ALLAS, PINNANKORKEUS 0-4000mm	24V	PINNANKORKEUS -paine-erolähetin -Alue 0- 0,25 bar -Viesti alue 4-20 mA	2kpl
VETYIONIKONSETRAATIO pH	24V	pH-MITTAUS	2kpl
VIRTAUS 0-80m <sup>3</sup> /h	24V	VIRTAUSMITTAUS -Viesti alue 4-20 mA -Alue 0,3-10 m/s -Kuljettava aine vesi	1kpl
SAVUKAASU LÄMPÖTILA 0-200°C	24V	LÄMPÖTILA-ANTURI -Savukaasu -Materiaali AISI 316 -Mittapään pituus 100mm -Viesti alue 4-20 mA -Pinnoite PTFE	4kpl

HAPPO HCOOH PINNANKORKEUS 0-2000mm	24V	PINTAMITTARI -(ohjattava mikroaalto) -Yleinen pintalähetin nesteille ja kuiva-aineille -Viesti alue 4-20 mA -Kestää pölyä ja höyryjä	1kpl
<b>DIGITAALI-INPUT</b>			
TILATIETO	24V	Inductive sensors	9kpl
SAVUKAASU LÄMPÖTILA	24V	Termostaatti <80°C -Savukaasu - mittapään kestettävä savukaasuja	1kpl
<b>ANALOGI-OUTPUT</b>			
PINTAOHJAUSVENTTIILI AVAUSOHJE 0-100 %	24V	SÄÄTÖVENTTIILI -AVAUSOHJE 0-100% -IP65/67 -koteloituokka -Viesti alue 4-20 mA	2kpl
<b>DIGITAALI-OUTPUT</b>			
PESURI, HÄTÄSUIHKUVENTTIILI & TÄYTTÖVESIVENTTIILI	24V	Venttiili -Hst, Kv-arvo 3,6 m3/h -Ohjaus ON/OFF -Apuohjattu 2/2-tie kalvoventtiili -Apuohjattu 0-paine-erolla avautuva -Tärinänkestävä	5kpl
POHJAVENTTIILI (läppäventtiili)	24V	Läppäventtiili -Ohjaus ON/OFF -2/2-tie-läppäventtiili -pneumaattinen kääntötoimilaite/sähköinen	1kpl
Paineilmaohjaus (läppäventtiili)	24V	Servo-ohjattu 5/2 -Ohjaus ON/OFF -Asennus yksittäisenä	1kpl
ANNOSTELUPUMPPU	24V/230V	DOSING PUMP -15 l/h, 4 bar	3kpl

Tiedustelin kenttälaitteita yleisimmiltä alan toimijoita puhelimitse ja sähköpostitse. Antureiden valintaa rajasi vaativat olosuhteet ja mittalaitteiden riittävä tarkkuus prosessin säätöön. Venttiileitä ei pystynyt tarkasti tässä vaiheessa valitsemaan, koska järjestelmän tarkka putkien koko vaihtelee toteutettavan järjestelmän koon mukaan. Valitsemisani venttiileissä on eri koko vaihtoehtoja, joten sen ansioista samaa venttiilimallia pystyy käyttämään jokaisessa toteutettavassa projektissa.

Yrityksen toimesta tiedustelin, voiko mitta-antureita kytkeä suoraan Siemens – profinet-väylään. Laitetoimittajilla ei ollut tarjota antureita jotka olisivat suoraan profinet-väylä liitännäisiä, joten ainoa järkevä hajautus menetelmä olisi hajautettu I/O-järjestelmä ET-200 SP -sarjan logiikkaa käyttämällä. Digitaalisia/analogisia tuloja ja lähtöjä on mahdollista liittää IO-linkin avulla profinet-väylään. Valitsemiani Bür-

kert:in antureiden ja venttiilien liitettävyydestä IO-linkkiin, ei saatu tiedusteluista huolimatta varmuutta. Tuodessa logiikankortit kentälle omiin hajautusyksikköihinsä, niihin saadaan kytkettyä muitakin antureita ja toimilaitteita, jotka ovat lähellä toisiinsa, tällöin saadaan säästettyä kaapeloinnissa.

#### 4.1 Digitaaliset anturit

Savukaasupesurijärjestelmässä käytetään induktiivista anturia seuraavissa kohteissa.

**Savukaasu -BY-PASS -pellin piippuun auki/kiinni tietojen ilmaisemiseen.** BY-PASS -pellin tarkoitus prosessissa on sulkea savukaasupesurille ohjautuva savu ja ohjata savukaasu puhdistusprosessin ohitse tai sulkea ohitusreitti, jolloin savukaasut ohjautuvat pesuprosessin lävitse. Ohituskanava on rakennettu lähinnä huoltotöitä varten tai vikatilanteen tullessa. BY-PASS -pellissä on käytetty neljää induktiivista rajaa varmistaakseen, että kummatkin sulkupellit ovat varmasti määrättyssä tilassa. Sylinteriin asennettavat sylinterirajat eivät tule kysymykseen, koska ei voida olla varmoja peltien asennosta sylinterin irrotessa kiinnityksestään tai muun vian sattuessa. Laitetunnukseksi antureille annoin SKP1.1S1, SKP1.1S2, SKP1.1S3 ja SKP1.1S4.

**Savukaasu -ON/OFF -pellin auki/kiinni tietojen ilmaisemiseen.** Laitetunnus antureille on GZAS1 ja GZAS2. Sulkupelti on mekaanisesti ohjattava, josta tulee vain tilatieto automaatiojärjestelmään. Pellin sulkukäsky tulee valvomoon, kun pesurin lämpötila nousee yli asetetun raja-arvon.

Rajakytkimeksi valitsin ifm IGS236-mallisen induktiivisen anturin.

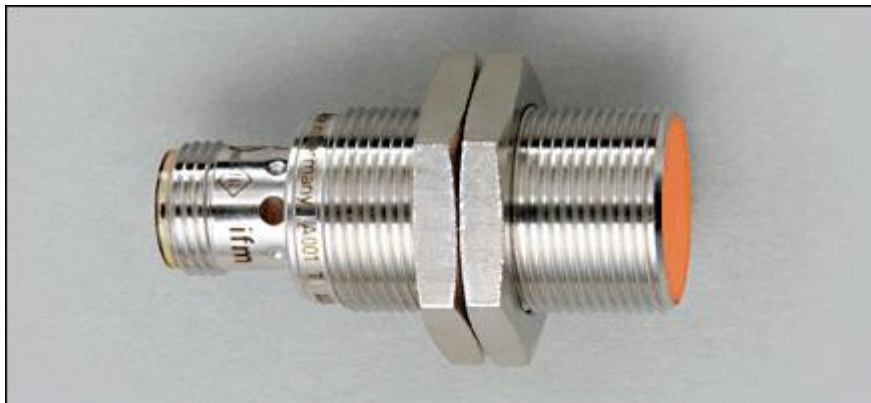
#### **ifm IGS236**

- Toiminta jännite 10...30 VDC-jännite.
- Virran kulutus <10mA.
- Tunnistusalue 8mm (käyttöetäisyys 0...6,48mm).
- Ympäristön lämpötila -40...85 °C.
- Suojaus IP 65 / IP 66 / IP 67 / IP 68 / IP 69K.



- lähtötoiminto on normaalista auki.

(ifm A www-sivut 2016)



KUVA 5. ifm IGS236 induktiivinen anturi. (ifm A www-sivut 2016)

Pohjaventtiilit lämmön talteenottoon (LTO) ovat mekaanisesti ohjattavia. Venttiilien tilatieto tulee automaatiojärjestelmään. Pohjaventtiilien tarvittavia digitaalisia tulotietoja ovat seuraavat venttiilien tilatiedot.

- Pohjaventtiili LTO:hon Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin LTOS1.(1 kpl)
- Pohjaventtiili LTO:hon Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin LTOS2. (1 kpl)
- Pohjaventtiili LTO:hon Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin LTOS3. (1 kpl)
- Pohjaventtiili M1.1 Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin MV1.1. (1 kpl)
- Pohjaventtiili M3.2 Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin MV3. (1 kpl)
- Pohjaventtiili M3.1 Kiinni, jonka laitetunnukseksi annoin MV3.1. (1 kpl)

Savukaasun lämpötilan hälytykseksi käytetään termostaattia <math><80^{\circ}\text{C}</math>, joka lähettää tiedon logiikalle, mikäli savukaasunlämpötila nousee asetetun rajanarvon yläpuolelle. Vika voidaan kuitata ainoastaan kentällä sijaitsevasta kuittauspainikkeesta. Annoin

anturille laitettunukseksi TZA1.1. Termostaatiksi soveltuu ifm TA2532 lämpötila-anturi. Seuraavassa on esitetty anturin tarkemmat tiedot.

### **ifm TA2532**

- prosessiliitäntä G1/2 A
- Asennuspituus 267mm
- mittapään pituus 255mm
- 2 binäärilähtöä sulkeutuva/avautuva
- Mittausalue -25...140 °C/-13..284 °F
- Soveltuu nesteille/kaasuille
- käyttöjännite 9,6-32V
- Virrankulutus <30mA
- Liitäntä M12 pistoliitäntä
- suojausluokka IP65
- ympäristönlämpötila -25...70°C
- mittapään materiaali on haponkestävä teräs (1.4404); fpm(viton)

(ifm B www-sivut 2016)



KUVA 7. Lämpötila-anturi TA2532 (ifm B www-sivut 2016)

## 4.2 Digitaaliset toimilaitteet

Ohjattavia ON/OFF toimilaitteita prosessissa ovat seuraavat venttiilit.

- Pesuri hätäsuihkuventtiili MG1.1
- Pesuri Täyttövesiventtiili MG1.2
- LTO täyttövesiventtiili MG2.1
- Selkeytin kaivoventtiili MG3.1
- Pesuri Venttiili selkeyttimelle M3.2

Valitsin venttiiliksi Bürkert 2/2-tie magneettiventtiili, tyyppi 6213 HST. Seuraavassa esitellään venttiilin tarkemmat tiedot.

### **Bürkert 6213**

- Normaalisti kiinni (sähkö avaa)
- Virtausaukon koko 20,0mm
- prosessiliitännä G ½ sisäkierre
- Runkomateriaali AISI316 (1.4408)
- Tiivistemateriaali FKM
- Kelajännite 24 VDC 10W
- Painealue 0...10bar
- Suojausluokka IP65
- Kv-arvo vedelle 8,300 m<sup>3</sup>/h
- Väliaineen lämpötila 0...+120 °C
- Ympäristön lämpötila max. +55 °C
- Venttiilin paino 1,200kg

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 7. 2/2-tie magneettiventtiili. (Bürkert tarjous 2016)

Pesurin pohjaventtiiliksi M1.1 valitsin On/Off -läppäventtiili DN100 pneumaattisella toimilaitteella. Toimittajan suositus venttiilin valintaan oli tämä, sillä se täytti laati-  
mani vaatimukset (Taulukko 1). Tämän venttiilin tarkoituksena on vain aukaista tai sulkea veden virtaus. Seuraavassa esitellään venttiilin tarkemmat tiedot.

### **läppäventtiili DN100**

- Induktiivinen raja (3-johdinta)
- Pesämateriaali valurauta GG25 Rilsan-pinnoitettu
- Lämpämateriaali AISI316
- Tiivistemateriaali EPDM
- Karatiiviste PTFE
- Tiivisteluokka (täysin tiivis)
- Väliaineen lämpötila -30...+130 °C
- Ympäristönlämpötila -20...+55 °C
- Pneumaattinen toimilaite
- Toimilaitemateriaali kaksoispinnoitettu alumiini
- ohjauspaine max. 8bar
- Paineliitäntä G ¼
- Virtausaukon koko 6,0mm
- Painealue 2...8bar

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 8. DN100 läppäventtiili. (Bürkert tarjous 2016)

Venttiilin läppä toimii pneumaattisella ohjauksella, eli paineilmalla. Lämpän ohjaus-toimintoa on myös saatavilla sähköisellä ohjauksella, mikäli lämpölaitoksella ei ole saatavilla paineilmakytettä. Paineilman ohjaukseen käytetään Bürkertin Servo-ohjattu 5/2 magneettiventtiiliä. (Bürkert tarjous 2016)



KUVA 9. Magneettiventtiili 6519. (Bürkert tarjous 2016)

Savukaasun By-pass -peltejä ohjataan yhdellä paineilmasyylinterillä, jonka iskunpi-tuus ei ole vielä tiedossa. Sylinteriä ohjataan 5/2 magneettiventtiiliä, jonka merkki ja malli tullaan selvittämään projektin toteutuessa. Ehdotukseni olisi Paineilmasyylinterin ja magneettiventtiilin toimittajaksi Festo tai SMC.

### 4.3 Analogiset anturit

Savukaasupesurin prosessin säätöön käytetään analogisesti toimivia antureita, jotka mittaavat seuraavia arvoja.

- Veden lämpötila 0-200 °C
- Savukaasu lämpötila 0-200 °C
- Veden suutinpaine 0-6000 mbar
- Pinnankorkeus 0-400 mm
- Muurahaishapposäiliön pinnankorkeus 0-2000 mm
- Virtaus 0-80 m<sup>3</sup>/h
- Vetyionikonseraatio pH

Veden lämpötilaa mitataan seuraavissa kohteissa.

- **Pesupumpun (PP1.1) veden lämpötila.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE1.2. Anturilla mitataan pesuveden lämpötilaa, jota käytetään prosessin valvonnassa.
- **Lämmön talteenotto (LTO) lauhde vaihtimeen.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.4. Talteenottoteho saadaan TE2.4 ja TE2.5 lämpötilaero kerrottuna FQ1.1 virtausmittauksella.
- **Lämmön talteenotto (LTO) lauhde vaihtimelta.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.5. Lämpötilaa käytetään TP2.1 pumpun ohjaukseen. TE2.5 lämpötila tulee olla lähellä TE2.6 lämpötilaa. Oletuksena on, että TE2.5 lämpötila saa nousta ½ °C suuremmaksi kuin TE2.6 lämpötila, mutta tarkka ero riippuu lämmönvaihtimen mitoitusperusteista. Lauhdutuksessa saatu lämpömäärä mitataan sekundääripiirissä. Lämpötilan vaihtimelle tulevasta ja lähtevästä linjasta (TE2.4 ja TE2.5).
- **Kaukolämpöverkon lämpötila ennen vaihdinta.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.6. Käyttötarkoituksen mainitsin TE2.5 anturin kohdalla.
- **Kaukolämpöverkon lämpötila jälkeen vaihtimen.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.7. Anturia käytetään prosessin valvontaan.

Lämpötila-anturiksi on kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa. Ensinnä esittelen Bürkert Pt100-anturi, tyyppi ST22 + lämpötilalähetin PR5333A.

### **Bürkert Pt100-anturi**

- Lämpötila-anturi Pt100
- 1 x Pt100 (3-kohdinkytkentä)
- Tarkkuusluokka Class A (EN IEC 60751)
- Mittausalue -200...+600 °C (voidaan ohjelmoida halutessa lämpötila-alueelle 0-200 °C = 4...20 mA)
- Anturinpotuspituus L = 100 mm
- Suojaputken halkaisija 9 mm
- Prosessiliitäntä G ½ ulkokierre
- Anturimateriaali AISI 316
- Liitäntäkotelo tyyppi DAN (form B)
- Lämpölähetin PR5333A
- Ulostulo 4...20 mA

(Bürkert tarjous 2016)



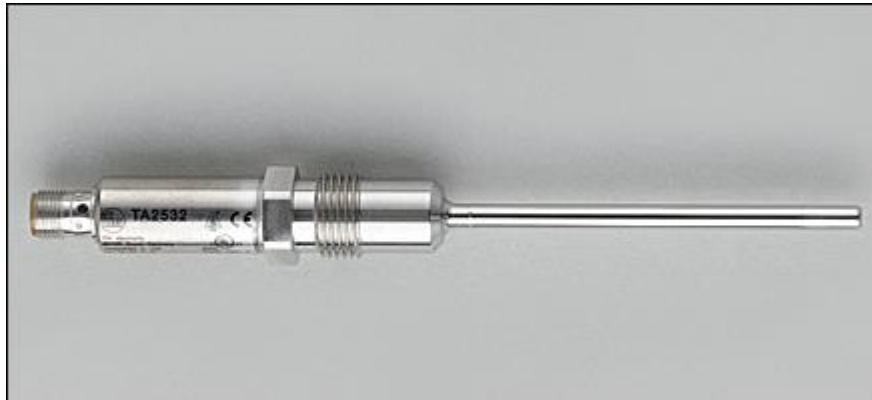
KUVA 10. Bürkert Pt100 -sarjan anturi. (Bürkert tarjous 2016)

Toisena vaihtoehtona veden lämpötila-anturiksi on ifm TA253. Antureiden hinnalla ei ole merkittävää eroa, joten säästöön valinnalla ei päästä.

#### **ifm TA2532**

- Lämpötila-anturi TA2532
- Kytkentä M12 pistokeliitettä
- Tarkkuus (analogialähtö =  $\pm 0,3 + (\pm 0,1 \% MS)$ )
- Mittausalue  $-50...200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Anturinupotuspituus  $L = 100\text{ mm}$
- Suojaputken halkaisija  $6\text{ mm}$
- prosessiliitettä  $G\frac{1}{2}$  tiivistyskartiolla
- Anturimateriaali haponkestävä teräs (1.4404)
- Liitännäkotelo tyyppi haponkestävä teräs (1.4404); PEI; FKM
- Lämpölähetin
- Ulostulo  $4...20\text{ mA}$  analoginen
- Soveltuvuus alue nesteille ja kaasuille

(ifm C www-sivut 2016)



KUVA 11. ifm TA2532 lämpötila-anturi. (ifm C www-sivut 2016)

Ehdotus lämpötila-anturiksi on Bürkert Pt100-anturi, koska valtaosa valituista kenttä-laitteista on saman valmistajan tuotteita. Ifm:n tarjoama anturi täyttää laatimani vaatimukset, joten ifm TA2532 lämpötila-anturi on myös varteen otettava vaihtoehto projektin toteutuessa.



Savukaasun lämpötilaa mitataan seuraavissa kohteissa.

- **Savukaasun lämpötila ennen pesuria.** Anturin laitetunnukseksi annoin TIA1.1. Tulevaa savukaasun lämpötilaa mitataan tällä anturilla, pesuriosassa savukaasuvirtaan ruiskutetaan vettä ja vesisuihkun avulla savukaasun lämpötila pidetään lähellä kastepistettä.
- **Savukaasun lämpötila esijäähdytyksen jälkeen.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE1.1. Anturin avulla valvotaan lämpötilaa. Lämpötilan noustessa yli asetusarvon avautuu magneettiventtiili (MG1.1) ja hätäsuihkutus kytkeytyy päälle.
- **Savukaasun lämpötila pesurin jälkeen.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.1. Talteenotto-osaan tulevan savukaasun lämpötilaa mitataan (TE2.1) anturilla. Lämpötilalla varmistetaan, että sumutus on kastepisteessä. Lämpötilan nousu yli 80 °C aiheuttaa hälytyksen.
- **Savukaasun lämpötila piippuun.** Anturin laitetunnukseksi annoin TE2.2. Lähtevän savukaasun lämpötilaa mitataan (TE2.2) anturilla. Savukaasun lämpötilaa käytetään kiertovesipumpun (TP2.1) kierrosnopeuden säätämiseen.

Savukaasun lämpötila-anturiksi soveltuu edellä mainittu ifm TA2532 tai Bürkert TOPU11- KPP-200 (Pt100-anturi). Anturien hinnalla ei ole suurta eroa, joten merkittäviä säästöä ei anturin valinnalla tulla tekemään. Suuri merkitys on anturin kestävyydellä, sillä savukaasut sisältävät erilaisia happoja. Ehdotukseni on Bürkert:n lämpötila-anturi. Seuraavassa esitellään savukaasuille soveltuvan Pt100-anturin tarkemmat tiedot.

**Bürkert Pt100**

- Lämpötila-anturi Pt100
- 1 x Pt100 (3-kohdinkytkentä)
- Tarkkuusluokka Class A (EN IEC 60751)
- Mittausalue -50...+500 °C (voidaan ohjelmoida halutessa lämpötila-alueelle 0-200 °C = 4...20 mA)
- Anturinupotuspituus L = 100 mm
- Suojaputken halkaisija 9 mm
- Prosessiliitäntä erillisellä puristusliittimellä
- Suojaputkimateriaali AISI316 (PTFE-pinnoitettu)
- Liitäntäkotelo tyyppi KPP (polypropylene)
- Lämpölähetin PR5333A
- Ulostulo 4...20 mA

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 12. Bürkert TOPU11- KPP-200 lämpötila-anturi. (Bürkert tarjous 2016)

Veden suutinpainetta mitataan seuraavissa kohteissa.

- **Pesurin pesupumpun (PP1.1) veden suutinpaine.** Anturin laitetunnukseksi annoin PE1.1. Pesurinkiertovesipumppu PP1.1 pumppaa pesuvettä suuttimille riittävässä paineessa. Painetta mittaa anturi PE1.1. Pumppu PP1.1 on taajuusmuuntajaohjattu. Pumpun pyörimisnopeus saadaan kattilan tehosta. Minimikierrosnopeus on rajoitettu. Minimikierrosnopeuden ohjaus saadaan minimipaineesta anturin PE1.1 avulla. Minimipaine on 0,5bar. Paineen laskiessa asetetun minimipaineen alle, se aiheuttaa hälytyksen.
- **Lämmön talteenotto (LTO) lauhdepumpun TP2.1 veden suutinpaine.** Anturin laitetunnukseksi annoin PIA1.1. Talteenotto-osan suutinpainetta valvotaan menovesilinjan paineen mittauksella PIA1.1. Minimipaineen perusteella asetetaan pumpun minimikierrosnopeus(TP2.1).

Paineen mittausantureita järjestelmään on kaksi eri vaihtoehtoa. Bürkertilta on tarjota painelähetin DMP331 ja Ifm paineanturiksi tarjottiin tyypiltään PL2654.

#### **Bürker (DB SENSORS) DMP331**

- Tarkkuus +0,35 % alueesta (FSO)/IEC60770
- syöttöjännite 12...36 VDC
- Lähtöviesti 4...20 mA (2-johdin)
- Suojausluokka IP65
- Mittausalue 0...6 bar (g)
- lähettimenrunkomateriaali 1.4404 (AISI316L)
- Kalvomateriaali FKM
- Liitäntä R ½ ulkokierre
- Väliaineenlämpötila-alue -40...+125 °C
- Ympäristönlämpötila -40...+85 °

(Bürkert tarjous 2016)

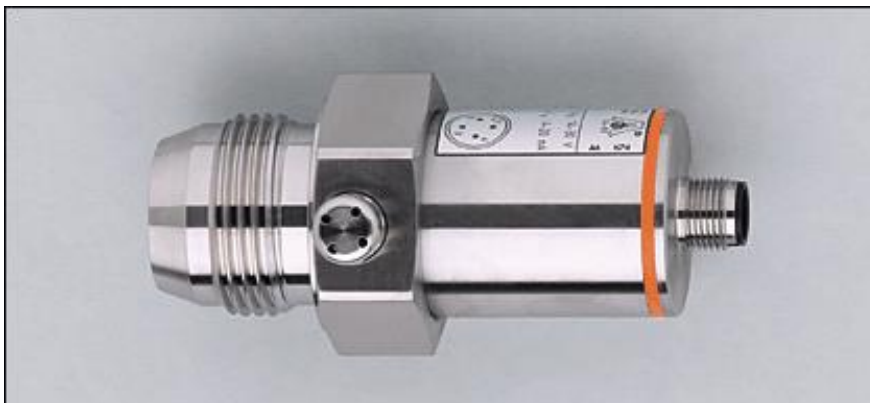


KUVA 13. Bürker (DB SENSORS) DMP331 painelähetin. (Bürkert tarjous 2016)

### Ifm PL2654

- Tarkkuus (lineaarisuus) < +0,5 %
- syöttöjännite 14...30 VDC
- Lähtöviesti 4...20 mA (2-johdin)
- Suojausluokka IP67
- Mittausalue - 0,5...10 bar
- lähettimeenrunkomateriaali haponkestävä teräs (1.4404)
- Aineeseen koskevan pinnanmateriaali on keramiikka (99,9 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); PTFE; V4A / 316L / 1.4435; pinnanlaatu: Ra < 0,4 / Rz 4
- Liitäntä G 1 A -tiivistyskartio
- Väliaineenlämpötila-alue -25...80 °C
- Ympäristönlämpötila -40...100 °C
- sähköinen liitäntä M12 Pistokeliitäntä

(ifm D www-sivut 2016)



KUVA 14. ifm PL2654 paineanturi. (ifm D www-sivut 2016)

Paineanturi ifm PL2654 tulee kiinnittää prosessiin E30013 tyyppisellä hitsattavalla adapterilla. Adapteri on materiaaliltaan haponkestävää terästä (1.4404). (ifm E www-sivut 2016)



KUVA 15. ifm PL2654 adapteri. (ifm E www-sivut 2016)

Prosessin tarkan säädön kannalta paras valinta on Bürker (DB SENSORS) DMP331 painelähetin, sillä se tarjoaa tarkemman mittaustuloksen ja sen ohjehinta on halvempi kuin ifm PL2654. Bürker (DB SENSORS) DMP331 -painelähtetimen ohjehinta on 48 % halvempi, kuin tarkkuudeltaan huonomman, ifm PL2654 -paineanturin.

Veden pinnan korkeutta mitataan seuraavissa kohteissa.

- **Pesurialtaan pinnankorkeus.** Anturin laitetunnukseksi annoin LICA1.1. Pinnan ollessa alle asetetun arvon avautuu moottoriventtiili MV2.2 ja pinnan noustessa yli asetusarvon pohjaventtiili M1.1 avautuu.
- **Lämmön talteenottoaltaan (LTO) pinnankorkeus.** Anturin laitetunnukseksi annoin LICA2.1. Pinnan ollessa yli asetetun arvon moottoriventtiili MV2.1 avautuu ja päästää veden viemäriin.

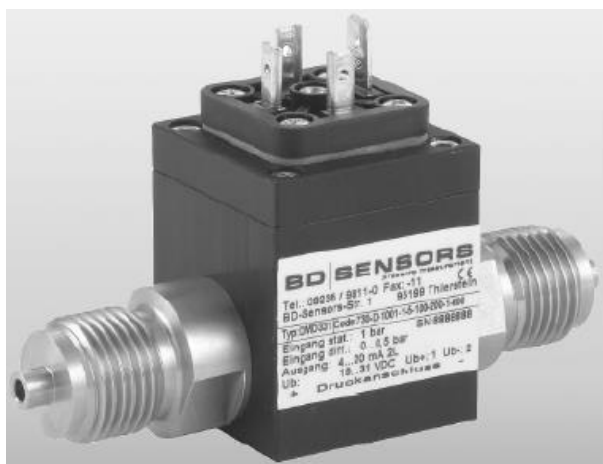
Savukaasupesurin ja talteenotto-osan esitäyttö suoritetaan raakavesiverkosta. Täyttöä ohjataan molempien osien osalta erillisillä pinnankorkeuden mittauksilla (LICA 1.1 ja LICA 2.1). Mikäli normaalissa käyttötilanteessa vedenpinnat ovat alarajalla, avautuvat raakavesilinjassa olevat magneettiventtiilit MG1.2 ja MG 2.1, kun asetusarvo on saavutettu, venttiilit sulkeutuvat.

Veden pinnantason mittaukseen ei ollut muita vartenotettavia vaihtoehtoja, kuin Bürkertin tarjoama (DB SENSORS) DMD331 -paine-erolähetin. Anturi voidaan paineistaa molemmilta puolilta ja sen väliaineena voi toimia neste tai kaasu. DMD 331 -anturi laskee positiivisen ja negatiivisen paineen erotuksen, ja muuntaa sen analogia viestiksi.

### Bürker (DB SENSORS) DMD331

- Eropaineen painealue 0...250 mbar
- Normaalipaine 1,0 bar
- Maksimi staattinen paine 3 bar
- Tarkkuus 0,25 % (FSO BFSL)
- syöttöjännite 12...36 VDC
- lähtöviesti 4...20 mA (2-johdin)
- Suojausluokka IP65
- Kostuvien osien materiaali, 316Ti, 316L ja FKM
- Kalvomateriaali AISI316L
- Prosessiliitântä G ½ ulkokierre
- Väliaineen lämpötila-alue -25...+125 °C
- Ympäristönlämpötila 25...+85 °C
- Sähköinen liitântä; ISO 44000 kaapeliliitântä

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 16. DB SENSORS DMD331 -paine-erolähetin. (Bürkert tarjous 2016)

Muurahaishapposäiliön pinnankorkeutta mitataan jatkuvalla pinnan mittauksella. Anturin laitetunnukseksi annoin LIA1.1. Ylä- ja alarajasta annetaan hälytys valvomoon ja samalla merkkivalo syttyy täyttöpisteeseen. Täyttö suoritetaan ainoastaan käyttäjän luvalla. Hapon tarkoituksena on määrääjain puhdistaa putkisto (tärkeää puun poltossa).

Muurahaishapposäiliön pinnanmittausanturiksi valitsin Bürkert:n mikroaaltosauvatutkan, tyypiltään 8188, joka on suunniteltu jatkuvalle pinnanmittaukselle, vaativille nesteille. Anturi lähettää mitattavaan kohteeseen mikroaaltoja ja nesteen tasosta mikroaallot heijastuvat takaisin anturin vastaanottimelle. Höyry, aineen tiheyden vaihtelu ja kondensoituminen, eivät vaikuta mittaustarkkuuteen. Ylä- ja alarajapintojen mittaus on myös tällä anturilla mahdollista.

### **Bürker 8188**

- Prosessiliitäntä G1 ulkokierre
- Tarkkuus tyypillisesti +/- 2 mm
- Kostuvan osien materiaali AISI316L (1.4435) +EPDM
- Kotelon materiaali AISI 316L/PC/PBT
- Sauvan halkaisija 8 mm
- Sauvan pituus 2 m, joka on lyhennettävissä
- Suojausluokka IP66/67
- Apujännite 14...36VDC
- Ulostulo 4...20 mA (2-johdinkytkentä)
- Näyttö ja näppäimistö
- min. väliaineen dielektrisyysvakio 1,6
- Kuollut alue (yläpää) 80 mm
- Prosessinlämpötila-alue -20...+150 °C
- Painealue -1...16 bar
- Paino 1,7 kg
- Mittaus etäisyys 0...75 m

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 17. Bürkert 8188 -pinnanmittausanturi. (Bürkert tarjous 2016)

Veden virtausta mitataan seuraavassa kohteessa.

- **Lämmön talteenoton (LTO) virtauksenmittaus.** Anturin laitetunnukseksi annoin FQ1.1. Lämmönvaihtimen läpi menevän kiertoveden virtausta mitataan anturilla FQ1.1. Veden virtausalue on riippuvainen talteenottotehosta. Virtausnopeutta käytetään tehon ja energiamäärän mittaukseen.

Talteenottovaihtimen virtausanturiksi valitsin Bürkert:in virtauslähettimen 8045. Anturi soveltuu putkistoihin, jonka nimellishalkaisija on DN 06-DN 400 ja väliaineena neste. Anturi soveltuu myös syövyttävien nesteiden ja kemikaalien virtauksen mittaamiseen. (Bürkert tarjous 2016)

### **Bürker 8045**

- Mittaustarkkuus  $<+/-4$  % lukemasta
- Lineaarisuus  $<+/-1$  % alueesta
- Toistotarkkuus  $+/-0,25$  % alueesta
- Syöttöjännite 18...36 VDC, 3-johdin
- Lähtöviesti 4...20mA ja pulssilähtö
- Suojausluokka IP65
- Näyttö 15x60 mm LCD (näytössä virtausmäärä ja virtaviestin arvo)
- Mittausalue 0,5...10 m/s, vapaasti ohjelmoitavissa
- Mittapään materiaali AISI 316L
- Tiivistemateriaali FKM



- Prosessiliitäntä G 2 yhdistäjämutterilla virtauyhteeseen
- Mitattavan väliaineen lämpötila-alue  $-25\dots+110\text{ °C}$
- Ympäristön lämpötila  $0\dots+60\text{ °C}$
- Painealue max. 16 bar

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 18. Bürkert 8045 virtauslähetin. (Bürkert tarjous 2016)



KUVA 19. Bürkertin virtausyhde tyyppi 1500.

Virtausyhteen avulla anturi liitetään prosessiin. Kaulusyhte on hitsattava ja sen materiaali on haponkestävää terästä. (Bürkert tarjous 2016)

Vetyionikonsentraatiota mitataan seuraavassa kohteessa.

- **Vetyionikonsentraation pH-arvon mittaus.** Anturin laitetunnukseksi annoin QA1.1. Pesuriveden pH-arvoa seurataan jatkuvalla mittauksella QA1.1 anturilla, jonka pH-arvo on kalibroitu direktiivien mukaisiin arvoihin. pH-arvon laskiessa alle asetusarvon, käynnistyy muurahaishappopumppu LP3.3. Putkistojen pesussa pH-arvo laskee alle 5 pH.

pH-arvon mittaavaksi anturiksi valitsin Bürkertin pH-mittausanturin, tyyppi 8202. Anturi soveltuu likaisille, sulfiideja tai proteiineja sisältäville nesteille, joiden johtokyky on heikko. Mittausanturin näyttöä tarvitaan käyttöönottoon, konfigurointiin ja kalibrointiin tai prosessiarvojen näyttöön. Tilauksesta anturiin saa kolme ohjattavaa lähtöä: kaksi transistorilähtöä ja yhden 2-johtimisen 4-20 mA virtauslähden. (Bürkert tarjous 2016)

### **Bürkert 8202**

- Tarkkuus +/- 3 mV
- Mittausalue 0...14 pH
- Resoluutio 0.001 pH
- Syöttöjännite 14...36 VDC
- Napaisuussuojaus
- Lähtöviesti 4...20 mA
- 2 Transistorilähtöä (open collector max. 700 mA)
- Suojausluokka IP67
- Integroitu Pt1000 lämpötila-anturi
- Sähköinen liitäntä M12-kaapeliliittimen kautta (5-napainen)

(Bürkert tarjous 2016)

Bürker 8202 anturiin erikseen ostettava lisävarusteet.

- Näyttö
- Läpivirtausastia adapteri
- M12-kaapeliliitin, 5-napainen
- pH-elektodi Unitrode Plus

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 20. Bürkert 8202 pH-mittausanturi. (Bürkert tarjous 2016)

#### 4.4 Analogiset toimilaitteet

Savukaasupesurissa käytetään analogisesti toimivia toimilaitteita seuraavissa koh-teissa.

- **Lämmön talteenotto (LTO) pintaohjausventtiili 0-100 %.** Anturin laite-tunnukseksi annoin MV2.1. Venttiilin avausperusteista olen kertonut sivulla 25, pinnankorkeus LICA2.1 anturin yhteydessä.
- **Pesuri pintaohjausventtiili 0-100 %.** Anturin laitetunnukseksi annoin MV2.2. Venttiilin avaus perusteista olen kertonut sivulla 25 pinnankorkeus LICA1.1 anturin yhteydessä.
- Lisäksi pumppujen PP1.1 ja TP2.1 kierrosnopeutta säädetään analogisesti. Pumpuista olen kertonut luvussa 5, pumput.

LTO pintaohjaus ja pesurin pintaohjausventtiiliksi valitsin säätöventtiilin tyyppi 8802. Säätöventtiilissä on valmiina ohjausilmakanava ja IP65/67/NEXMA4X-kotelointiluokka ja venttiili kestää erittäin hyvin kemikaaleja. (Bürkert tarjous 2016)

**Bürkert 8802**

- Venttiili koko (rungon pituus 90 mm ja paino 2,750 kg)
- Prosessiliitäntä G 1 sisäkierre
- Pesä ja säätöosienmateriaali AISI316
- Sulkutiiviste/säätötiiviste AISI316
- Toimilaitemateriaali PPS, kuori AISI316Ti
- Paineluokka PN16
- Ympäristönlämpötila 0...+60 °C
- Väliaineen lämpötila -10...+185 °C
- Pneumaattinen toimilaitte varustettuna digitaalisella asennoittemella/PID-säätö
- Säätökäyrän korjauskäyrät valittavissa ohjelmallisesti
- Automaattinen viritysohjelma
- ohjaussignaali 0...20 mA, 4...20 mA tai 0...10 V
- Sähköinen liitäntä kaapeliläpivientien kautta
- Syöttöpaine max. 7 bar
- Apujännite 24 VDC
- Normaalisti kiinni (ilman ohjausta)

(Bürkert tarjous 2016)



KUVA 21. Bürkert 8802 -säätöventtiili. (Bürkert tarjous 2016)

## 5 PUMPUT

Savukaasupesuri järjestelmässä on kaksi kiertovesipumppua, jotka ovat taajuusmuuntajaohjattuja.

- **Pesurin kiertovesipumppu.** Pumpun laitetunnukseksi annoin PP1.1. Pumpun kierrosluvun ohjauksesta olen kertonut sivulla 23 vedensuutinpaine anturin PE1.1 yhteydessä.
- **Talteenotto-osan kiertovesipumppu.** Pumpun laitetunnukseksi annoin TP2.1. Pumpun kierrosnopeuteen vaikuttavat anturit ovat lämpötila-anturi TE2.5 sivulla 24 ja paineanturi PIA1.1 sivulla 23. Näiden antureiden yhteydessä olen kertonut TP2.1 pumppuun vaikuttavasta säädöstä. Peruskierrosnopeus saadaan suutinpaineesta ja suutinpaine riippuu valitun suuttimen ominaisuuksista.

Pesurin ja talteenotto-osan kiertovesipumpuiksi ehdotan KOLMEKS-merkkisiä pumppuja. Tärkeä valintakriteeri on, että pumpun kierrosnopeus olisi mahdollisimman alhainen, koska neste on kiintoainepitoinen ja kuluttava. Pyörimisnopeuden ollessa suuri, neste kuluttaa nopeammin pumpun siipipyörän ja putkistoissa sijaitsevat mittalaitteiden mittauspinnat. (Finkomec Oy tietokanta). Huomioon otettavaa on, että pumpun mitoituksessa tulisi välttää ylimitoitusta. Pumpun ylimitoitus tuottaa energiatehokkuusongelmia pumppauksessa, sillä pumpun energian kulutus on tällöin tarpeettoman suuri. Ylimääräisen energian kulutus aiheuttaa koko järjestelmälle tehokkuuden laskun. (Motiva koulutusmateriaali www-sivu 2016)

Yleisimmät syyt pumpun ylimitoitukseen ovat:

- Putkistojen painehäviöitä ei tiedetä tai on arvioitu liian suureksi
- Ylimitoitetaan liian suureksi mahdollisen tarpeen tullessa.
- Mitoitetaan väärän ominaiskäyrän mukaan
- Laskelmiin lisätään tarpeettoman suuri varomarginaali
- Valintaan on vaikuttanut muut tekijät kuten hinta, myyjän suositus ja toimitusaika (Motiva koulutusmateriaali www-sivu 2016)

Pumppujen PP1.1 ja TP2.1 sähköverkosta ottama teho  $P_1$  lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$P_1 = \frac{\rho * g * H * Q}{\eta L}$$

$P_1$  pumpun sähköverkon ottama teho (W)

$\rho$  pumpattavan nesteen tiheys

$g$  putoamiskiihtyvyys ( $m/s^2$ ) = 9,81  $m/s^2$

$H$  nostokorkeus (m)

$Q$  Tilavuusvirta ( $m^3/s$ )

$\eta_L$  pumppausyksikön kokonaishyötysuhde

(Aperribay V. et al. 2011)

KOLMEKS tarjoaa pumppuja, joihin on valmiiksi integroitu taajuusmuuntaja. Taajuusmuuntajalla varustettu pumppu ei kuitenkaan ole väyläliitännäinen, joten nopeusohje, häiriö, pumppu käyntiin ja pumppu käy -tiedot täytyy kytkeä taajuusmuuntajalle erillisillä johtimilla. Toisena vaihtoehtona on valita pumppu ja erillinen taajuusmuuntaja, joka olisi Profinet -väyläliitännäinen. Profinet -väyläliitännäisestä taajuusmuuntajasta hyötynä olisi, ettei logiikkaan tarvitsisi ostaa uusia analogiasia ja digitaalisia lähtö- ja tulokortteja, sekä nopeusohje taajuusmuuntajalle pystyttäisiin siirtämään väylän avulla. KOLMEKS integroitu taajuusmuuntajapumpun nopeutta ohjattaisiin jänniteviestillä 0-10V. Alustavassa sähkösuunnitelmassa tulot ja lähdöt on mitoitettu niin että PP1.1 ja TP2.1 pumput olisivat erillisellä Profinet -väyläliitännäisellä taajuusmuuntajalla, jolloin pystytään säästämään ylimääräisestä kaapeloinnista ja logiikan korttien hankinnassa.

Savukaasupesurin kiertovesipumppujen koko vaihtelee järjestelmän koosta riippuen. Pumppujen tarkka malli tullaan selvittämään projektin toteutuessa.

Savukaasupesurijärjestelmässä käytetään seuraavia annostelupumppuja.

- **Muurahaishappo annostelupumppu M1.** Laitetunnukseksi annoin LP3.1. Pumppu lähtee käyntiin käsikäyttöisesti tai PH-anturin (Q2.1) pyytäessä

käynnistystä. Pumppu sammuu, kun asetettu happamuus on saavutettu. Muurahaishappoa pumpataan TP2.1 kiertoveteen.

- **Muurahaishappo annostelupumppu M2.** Laitetunnukseksi annoin LP3.2. Pumppu lähtee käyntiin käsikäyttöisesti tai PH-anturin (Q1.1) pyytäessä käynnistystä. Pumppu sammuu, kun asetettu happamuus on saavutettu. Muurahaishappoa pumpataan PP1.1 kiertoveteen.
- **Polymeeriannostelupumppu.** Laitetunnukseksi annoin LP3.3. Annostelu suoritetaan käsisäätönä pumpun annostelukoneistolta. Polymeerin nestettä pumpataan joko TP2.1 tai PP1.1 kiertoveteen.

Annostelupumpuksi sopisi Hyxo Oy tarjoama Sera C 204.1 kalvopumppu.

#### **Sera C 204.1**

- Kapasiteettialue 0,4...35 l/h
- Maksimivastapaine 10 bar
- Sääto manuaalisesti ja ulkoisesti analogisesti 0...20 mA tai pulssi
- Profibus väylä liitänä
- Kalvonseurantatunnistin
- Monipuoliset annostuksen ja ajastus- ja hälytystoiminnot
- Automaattinen ilmausventtiili

(Hyxo www-sivu 2016)



KUVA 22. Sera C 204.1 kalvopumppu. (Hyxo www-sivu 2016)

## 6 SÄHKÖSUUNNITELMA

Sähkösuunnittelu toteutettiin CADS Planner Electric 16.1 ohjelmistolla. Lähtökohtana oli tehdä valittujen kenttälaitteiden ja teknisten ratkaisujen perusteella toimiva sähkösuunnitelma. Sähkösuunnitteluun kuuluu monia huomioon otettavia asioita, kuten lait, standardit ja suositukset. Onnistunut sähkösuunnitelma näkyy kokonais-kustannuksien pienentymisellä ja järjestelmän toiminnanvarmuuden parantumisella. Opinnäytetyöni sähkösuunnitelma toimii hyvänä pohjana sähkösuunnittelun loppuun viennissä. (Sähköturvakeskus www-sivu 2016)

Sähkösuunnitelman sisältöön vaikuttaa suunniteltava kohde, mutta suunnittelun periaate pysyy samana. Sähkösuunnitelman perusteella ensin rakennetaan sähkökeskus järjestelmälle, sen jälkeen kenttälaitteet asennetaan ja kytketään keskuksen. Suunnitelma tulisi olla helposti luettavissa ja yksikertaisesti esitettynä. Valmis sähkösuunnitelma pitää sisällään tasokuvat, josta käy ilmi sähkölaitteiden ja keskuksen sijoitus, piirikaaviot, sekä logiikan ohjauskuvat. (Kosonen K. 2009)

Suunnittelun alussa selvitettiin mitä mahdollisia komponentteja keskuksen tullaan sijoittamaan. Sähkökeskuksen komponentit pystyttiin selvittämään, koska tiedettiin mitä antureita ja toimilaitteita savukaasupesurissa on. Komponenttien selvityksen perusteella pystyttiin arvioimaan minkä kokoinen sähkökeskus tulisi olla. Tietojen pohjalta valittiin Rittal:in sähkökaappi, jonka mitat ovat 800mm\*(2000mm+sokkeli 100mm)\*400mm. Tämän jälkeen jatkettiin päävirtapiirien suunnittelulla, johon kuului mm. pääkytkimet ja moottoreiden, valaisimien, pistorasioiden, virtalähteen, CPU sekä näytön syötön piirtäminen. Samalla kun piirrettiin piirikaavioita, lisäiltiin keskuksessa käytettyjä komponentteja layottiin.

Piirikaavioiden jälkeen piirrettiin moottorilähdöt PP1.1 ja TP2.1 pumpuille. Kappaleessa 4. pumput kerrottiin, että ne ovat taajuusmuuntaja ohjattuja. Suunnitelmassa on käytetty VACON NXS -sarjan taajuusmuuntajia, jotka on liitetty logiikkaan Profinet -väylällä.

Järjestelmän logiikaksi valitaan SIMATIC ET-200SP -sarjan CPU, jonka tyyppi on 6ES7510-1DJ0-0AB0. Logiikka ja siihen soveltuvat tulo- ja lähtökortit valittiin TIA



ST Selection Tool -ohjelman avulla. Ohjelma kokoaa valmiiksi kaikki logiikkaan tarvittavat kortit taulukoksi, jonka avulla pystyy tilamaan koko paketin. TIA ST Selection Tool -ohjelman avulla pystyi tallentamaan logiikasta ja korteista 2D kuvan sellaiseen muotoon (DWG), että CADS Planner Electric -ohjelmalla kuvaa pystyttiin hyödyntämään keskuslayout:ssa ja piirikaaviossa.

Siemens tarjoaa ET 200 SP -CPU:sta kahta tehoversiota, jotka perustuvat S7-1511- ja 1513 -logiikkaohjaimiin. CPU-ohjelmointiympäristönä käytetään Step 7 V13 (TIA Portal), kuten muillakin S7-1500-sarjan logiikoilla. Logiikassa on Profinet-liityntä vakiona ja logiikassa on 3-porttinen Profinet-kytkin, joista yksiportti on kiinteä. Kaksi lisä liityntää on saatavissa ET 200 SP:n bus adaptereilla. CPU:t tukevat Profinetin ominaisuuksia kuten iDevice ja shared device. iDevice-toiminnon avulla logiikka voi toimia toisen logiikan IO-asemana. Shared device -toiminnon avulla IO-aseman kortit voidaan jakaa eri logiikkaohjaimien välillä. Molempia toimintoja voidaan käyttää samaan aikaan. (Siemens B www-sivut 2016)

Profinet-väylä (PROFINET IO -PROTOKOLLA) on Siemensin kehittämä, teollisuuden soveltuva, reaaliaikainen Ethernet -tekniikkaan pohjautuva väylä. Logiikka ja laite kommunikoivat kumpaankin suuntaan samanaikaisesti vaihtaen tietoa. Profinet:iä käytetään mm. antureiden ja toimilaitteiden yhdistämiseksi ohjausjärjestelmään. Profinet:n avulla IO-laitteita voidaan liittää suoraan Ethernet:iin. PROFINET IO kautta IO-kontroller vaihtaa tietoa syklisesti reaaliajassa IO-laitteiden kanssa, lisäksi väylässä voi siirtää laitteiden parametrisointiin ja diagnostiikkaan käytettyä tietoa. (Siemens PROFINET System Description www-sivut 2016)

Järjestelmän digitaalitulot mahtuvat kahteen kahdeksan bittiseen tulokorttiin. DI-kortin malli on 6ES7132-6BF00-0BA0. Digitaalilähdöt mahtuvat myös kahdelle kahdeksan bittiselle kortille. DQ-tulokortin tyyppi on 6ES7131-6BF00-0BA0. Analogiatulokortteja tarvitaan viisi, koska yhteen korttiin saadaan vain neljä tulotietoa. AI-kortin tyyppi on 6ES7134-6HD00-0BA1. Analogialähtökortteja tarvitaan yksi kappale ja yhdessä kortissa on neljä analogialähtöä. AQ-kortin tyyppi on 6ES7135-6HD00-0BA1. Sähkösuunnitelmassa tulot ja lähdöt pystyi suunnittelemaan, sillä opinnäytetyössäni olin selvittänyt mitä kenttälaitteita järjestelmään tullaan käyttämään. Analogiatulo ja -lähtötiedot toteutetaan 2-johdin kytkennällä.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli ehdottaa kenttälaitteet, joiden avulla pystytään toteuttamaan savukaasupesurijärjestelmä, sekä tehdä sähkösuunnitelma, jota yritys voi hyödyntää projektin toteutuessa. Tämän lisäksi tuli selvittää, minkälaisella hajauteulla (IO) järjestelmällä savukaasupesuri olisi halutessaan mahdollista toteuttaa. Yrityksen yhteyshenkilön kanssa sovittiin, että osa venttiilien valinnasta jätetään toteutusvaiheeseen, puutteellisten tietojen takia. Asetettu tavoite täyttyi, sillä tehtävänä oli selvittää savukaasupesurin toimintaperiaate ja antureiden sekä toimilaitteiden vaikutus prosessinsäätöön, jotta pystytään valitsemaan prosessissa käytettävät laitteet. Kokemusta myös kertyi paljon sähkösuunnittelusta ja prosessin ohjauksesta. Kenttälaitteiden valinta ja sähkösuunnittelu onnistui hyvin. Laitteiden valinta ja sähkösuunnittelu on vain osa Finkomec Oy:n osuudesta järjestelmässä. Yrityksen vastuulle jää laitteiden hankinta ja valinta niiden osalle, joista oli annettu vaihtoehtoja. Itse suositelen käyttämään Bürkert:in tarjoamia laitteita, koska se olisi järjestelmän haltijalle kannattavampaa, että prosessilaitteet olisivat saman laitevalmistajan tuotteita. Lisäksi on mahdollista saada parempi tarjous laitteista, valitessa laajasti saman valmistajan tarjoamia tuotteita. Sähkösuunnitelma rajattiin koskemaan sähkökeskuksessa käytettyjä komponentteja. Komponenttien merkit ja mallit valittiin ainoastaan logiikkaan ja taajuusmuuntajiin.

Opinnäytetyö pitää sisällään tietoa savukaasupesurin hyödyistä, käyttökohteesta, toimintaperiaatteesta, prosessin toimintaan tarvittavista laitteista, logiikasta ja sen käyttötarkoituksesta, sekä järjestelmän kommunikointitavoista. Työssä on selvitetty millä tavalla ohjausjärjestelmä voidaan hajauttaa helposti tarpeen vaatiessa. Hajauteussa järjestelmässä väylänä olisi Profinet. Pumppujen yhteydessä tutkittiin millä menetelmillä KOLMEKS -merkkisiä kiertovesipumppujen kierrosnopeutta pystytään ohjaamaan. Sähkösuunnitelma ja suunnitelman työvaiheiden kuvaus oli osa opinnäytetyötä, sekä logiikan ominaisuuksien tutkiminen. Osa tiedoista on salattuja toimeksiantajan pyynnöstä, johon kuuluu mm. sähkösuunnitelma, joka on luovutettu opinnäytetyön toimeksiantajalle.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana oli kenttälaitteiden käyttökohteiden ja niiden vaatimusten selvittäminen, sekä sähköinen suunnittelu. Ennen kenttälaitteiden selvittä-

mistä tuli perehtyä savukaasupesurin toimintaperiaatteeseen sekä prosessin ohjaukseen ja säätöön vaikuttaviin laitteisiin. Perehtyminen sujui helposti tutustumalla yrityksen yhteyshenkilön, Heikki Marttusen, keräämiin tietoihin, sekä haastatteleamalla järjestelmän asiantuntijaa, Heikki Vesalaa. Näiden kerättyjen tietojen avulla saatiin esimerkiksi selville, montako lämpötila-anturia järjestelmässä tulee olla vedelle ja kaasulle. Kohteen merkittäviä tietoja, kuten mittausalue saatiin selville kerätyistä tiedosta ja Heikki Vesalan kehittämän ohjelman avulla, jolla pystyy simuloimaan savukaasuprosessia. Suurin ongelma opinnäytetyön käytännön osuudessa oli puutteelliset tiedot sopivien venttiilien löytämiseksi, jonka jälkeen sovimme, että selvitetään niiden venttiilien merkki ja malli, jotka pystyy selvittämään saatujen tietojen perusteella.

Ennen sähkösuunnitelman aloittamista täytyi perehtyä laitteiden liityntään, ohjauksen toimintaan, sähköisiin piirrosmerkkeihin, sekä olemassa oleviin dokumentteihin. Liityntään ja ohjauksiin tutustuttiin kenttälaitteiden selvittelyn yhteydessä. Piirustustyyliin ja -merkkeihin perehtyminen kävi helposti yrityksen vanhojen projektien sähkökuvien avulla. Logiikkaan tutustuminen kävi helpoiten lukemalla alan materiaaleja sekä haastatteleamalla yrityksen alan ammattilaisia. Sähkösuunnitelman käytännön osuuden suurimmaksi ongelmaksi tuli tarvittavien piirrosmerkkien löytäminen sekä laitteiden löytäminen sähkösuunnitteluohjelmiston tietokannasta.

Opinnäytetyössä saavutettua tulosta voidaan pitää onnistuneena, koska saatiin valittua järjestelmään sopivat kenttälaitteet ja suunniteltua sähkökuvat, joita voidaan hyödyntää toteutus vaiheessa. Työ oli osittain haastava, mutta yrityksen ammattitaitoiselta työporukalta sai hyviä neuvoja ongelmien ratkaisemiseksi. Opinnäytetyötä tullaan hyödyntämään, kun yritys saa järjestelmän kaupaksi ja projekti tullaan toteuttamaan.

Tulevaisuudessa suurin kehitys todennäköisesti tulee tapahtumaan antureissa ja toimilaitteissa, jotka tulevat olemaan helpommin liitettävissä erilaisiin väylärakenteisiin. Tulevaisuuden kehittämisidea perustuisi väyliä hyödyntämiseen järjestelmässä, koska jo nykypäivän väylillä pystytään toteuttamaan luotettavaa prosessin säätöä ja valvontaa.

## LÄHTEET

- Aperribay V., Equi P., San Martín J.I., San Martín J.J. 2011. Energy Storage Technologies for Electric Applications. Viitattu 15.03.2016  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/temas/almacenamiento/almacenamiento.html>
- Bürkert tarjous. Viitattu 01.03.2016 Bürkertin lähettämä tarjous ja datalehdet.
- Enertec lehti. Viitattu 02.03.2016. [www.publico.com/magazine/pdf/804.pdf](http://www.publico.com/magazine/pdf/804.pdf)
- Finkomec Oy tietokanta. Saatavilla rajoitetusti.
- Hyxo. Viitattu 08.03.2016 [http://www.hyxo.fi/products/fin/sera\\_kalvopumput-p-282-267/](http://www.hyxo.fi/products/fin/sera_kalvopumput-p-282-267/)
- ifm A. Viitattu 01.03.2016 <http://www.ifm.com/products/uk/ds/IGS236.htm>
- ifm B. Viitattu 01.03.2016 <https://www.ifm.com/products/fin/ds/TK7480.htm>
- ifm C. Viitattu 01.03.2016 <https://www.ifm.com/products/fin/ds/TA2532.htm>
- ifm D. Viitattu 01.03.2016 <https://www.ifm.com/products/fin/ds/PL2654.htm>
- ifm E. Viitattu 01.03.2016 <https://www.ifm.com/products/fin/ds/E30013.htm>
- Jokinen R.K 1998. Digitaalinen signaalin käsittely
- Kosonen K. 2009. Opinnäytetyö Lahden ammattikorkeakoulu
- Metropolia. Viitattu 03.03.2016  
<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Induktiivinen+rajakytkin>
- Motiva koulutusmateriaali. Viitattu 01.03.2016  
[http://www.motiva.fi/files/2419/Energiatehokas\\_pumppausj\\_rjestelm\\_.pdf](http://www.motiva.fi/files/2419/Energiatehokas_pumppausj_rjestelm_.pdf)
- Promaint lehti. Viitattu 01.03.2016.  
<http://www.promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Savukaasupesuri-parantaa-lampoyhtion-kannattavuutta>
- Siemens A. Viitattu 29.03.2016  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automatiotekniikka/hajautettu\\_io\\_et200.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automatiotekniikka/hajautettu_io_et200.php)
- Siemens B. Viitattu 29.03.2016  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/et\\_200sp\\_cpu.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/et_200sp_cpu.php)

Siemens PROFINET System Description. Viitattu 29.03.2016  
[https://www.google.fi/search?q=newcastlen&ie=utf-8&oe=utf-8&gws\\_rd=cr&ei=Vmn6VrCeNMmxsAHns4TYBg#q=PROFINET+System+Description](https://www.google.fi/search?q=newcastlen&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=Vmn6VrCeNMmxsAHns4TYBg#q=PROFINET+System+Description)

Sähköturvakeskus. Viitattu 16.03.2016 <http://www.sahkoturva.info>