Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miro Nikula

Kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

20.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miro Nikula Kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma 32 sivua 10.04.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	ratkaisuasiantuntija Jari Rissala lehtori Markku Inkinen

Insinöörityö toteutettiin globaalin mittalaitevalmistajan Endress+Hauser Oy kanssa heidän asiakasyritykselleen virvoitusjuomien valmistajalle Oy Hartwall Ab:lle. Ensisijaisesti työn tarkoituksena oli suunnitella Hartwallin laitekannalle elinkaarisuunnitelma. Käytännössä se tarkoitti sitä, että vanhentuvalle laitekannalle, jolle ei enää löydy tukea, tehtiin korvaavuus suunnitelma uusilla laitteilla. Työssä huomioitiin myös tekniikan kiihtyvä kehittyminen ja pyrittiin löytämään mahdollisia ratkaisuja ja kehityskohteita tulevaisuuteen uuden teknologian tulon myötä.

Työ aloitettiin tekemällä auditointi Hartwallin prosessiin, jolla saatiin kattava kuva laitekannan nykytilasta. Sen lisäksi käytiin keskusteluja Hartwallin henkilökunnan kanssa heidän näkemyksistään ja esiin tulleista haasteista. Hartwallin kenttäväylään tehtiin myös analyysimittaukset, minkä pohjalta pystyttiin tekemään päätelmiä heidän väylän tämän hetkisestä tilasta. Näiden pohjalta lähdettiin tekemään toimintasuunnitelmaa Hartwallin laitekannan uusinnalle ja prosessin luotettavuuden ja tehokkuuden parantamiseksi.

Työn tuloksena saatiin selkeä kuva Hartwallin laitekannan nykytilasta, jonka perusteella on mahdollista toteuttaa kattava elinkaarisuunnitelma jokaiselle kenttälaitteelle. Tämän lisäksi työn pohjalta on mahdollista jatkaa prosessin luotettavuutta ja tehokkuutta parantavien toimien suunnittelua uuden teknologian avulla.

Avainsanat	instrumentointi, ratkaisut, automaatio, suunnitelma, teknologia, kenttäväylä

Author Title Number of Pages Date	Miro Nikula The Life Cycle Strategy of the Field Instrumentation 32 pages 10 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Professional Major	
Instructors	Jari Rissala, Solution Specialist Markku Inkinen, Senior Lecturer

This thesis was executed in cooperation with the global field instrument and analyzer manufacturer, Endress+Hauser, and the beverage production company, Hartwall. The initial target of the thesis was to create the life cycle strategy for their field instrumentation. Practically this means to figure out the obsolete items in order to replace those with state-of-the-art instrumentation. Continuous technical development of instrumentation was taken into account, and also finding solutions using new technology coming in the future, which is already under development.

This thesis was started with a field instrumentation audit whose purpose was to clarify the present status. Additionally, some conversations with the staff of Hartwall were done to recognize the challenges they have had. The analytical measurements to fieldbus were also done to clarify the current condition. A strategy of field instrumentation renewal started based on the results of the thesis in order to improve availability and reliability of the process.

The result of the thesis was a clear overview of the current situation at Hartwall of field instrumentation, which gives an opportunity to execute a comprehensive strategy for all field instrumentation. Additionally, it is possible to continue with improvements of the availability and reliability strategy with the new technology.

Keywords	Instrumentation, Solutions, Automation, Strategy, Technology, Fieldbus

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Teoriaa prosessi- ja mittaustekniikasta 3

2.1 Panimoprosessi 3
2.2 Mittaustekniikka 5
2.2.1 Mittaustekniikan periaatteet 6
2.2.2 Lämpötilan mittaaminen 7
2.2.3 Paineen ja paine-eron mittaaminen 10
2.2.4 Pinnankorkeuden mittaaminen 12
2.2.5 Virtauksen mittaaminen 13
2.2.6 Analyysimittaukset 16
2.3 Kenttäväylätekniikka 18
2.4 Kenttälaitteiden hallintajärjestelmä 21

3 Oy Hartwall Ab: Kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma 23

3.1 Työn alustus 23
3.2 Kenttälaitteiden korvattavuus 24
3.3 Väyläanalyysimittaukset 28
3.4 Koulutus 31

4 Yhteenveto 32

Lähteet 34

Lyhenteet

Alcont	Honeywellin prosessinohjausjärjestelmä.
CER	Common Equipment Record Viewer. Laitetietojen katseluohjelma.
DP	Decentralized Perephery. Hajautettu järjestelmä.
DTM	Device Type Manager. Kenttälaitteiden kenttäväylätiedonsiirtoon tarvittavat ajurit.
ERP	Enterprise Resource Planning. Toiminnanohjausjärjestelmä.
FDT	Field Device Tool. Kenttälaitetyökalu kommunikointirajapintojen integroimiseen.
GSD	General Station Description. Määrittää laitekohtaiset perustoiminnalliset ominaisuudet.
HART	Highway Addressable Remote Transducer. Kommunikaatioprotokolla virtaviestin rinnalla kulkevalle digitaaliviestille.
MBP	Manchester coding, Bus Powered. Profibus PA tiedonsiirtotekniikka, jossa tiedonsiirto ja käyttöjännite kulkee samassa 2-johdin kaapelissa.
OCT	Order Code Transformer. Työkalu, jolla voidaan selvittää vanhentuneille tuotteille korvaaja.
PA	Process Automation. Prosessiautomaatioon suunnattu standardi.
PA-Prone	Työkalu väyläanalysaattorin ja Profibus PA -väylän väliin.
Profibus	Process Field Bus. Standardi väyläkommunikointiin.
Proficaptain	Työkalu, jolla muutetaan väyläanalysaattori isäntälaitteeksi.

Proficore	Työkalu, joka muuttaa viestin yhteensopivaksi väyläanalysaattorin ja DP -väylän välillä.
Profitrace	Väyläanalysaattori ohjelmisto.
RS485	Recommended Standard. Standardi differentiaaliselle sarjaliikenne-väylälle.
USB	Universal Serial Bus. Sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
W@M	Asset Information Management. Omaisuudenhallintajärjestelmä.

1 Johdanto

Automaatio on jatkuvassa murroksessa sen nopean ja jatkuvasti kiihtyvän kehityksen myötä. Prosessia ohjaavien laitteiden ja ohjelmistojen ominaisuudet alkavat olemaan jo niin edistyksellisiä, että perinteisen kunnossapitotyön luonne tulee muuttumaan korjaavasta kunnossapidosta enemmänkin ylläpitävään kunnossapitoon. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että kattavan mittausdiagnostiikan avulla laitteet pystyvät jo ennen vikaantumistaan tunnistamaan huoltotarpeitaan. Markkinoille on myös tullut jo mittauslaitteita, jotka pystyvät kalibroimaan itsensä prosessissa omatoimisesti. Näin ollen kunnossapidon tehtävänä on tämän kokonaisuuden huoltamisen lisäksi myös sen ylläpito. Tämä vaatii jatkuvaa kunnossapidon kouluttautumista, jotta tämä kehittyvä tekniikka ja siitä saatava hyöty saadaan parhaalla tavalla käyttöön. Yhtenä keinona tämän helpottamiseksi on se, että palveluiden tuottajat ja niiden käyttäjät pystyvät löytämään tapoja jouhevampaan yhteistyöhön.

Insinöörityön tarkoituksena on tehdä kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma Endress+Hauser Oy:n kanssa yhteistyössä heidän asiakasyritykselleen, virvoitusjuomien valmistaja Oy Hartwall ab:lle. Työn tavoitteena on tutustua Hartwallin nykyiseen laitekantaan siten, että voidaan kartoittaa laitekohtaisesti korvaavat tuotteet niiden tilalle, joita ei enää valmisteta. Työssä tutustutaan myös Hartwallin prosessiin sekä kunnonvalvontajärjestelmään. Tällä tavoin pyritään havaitsemaan kehitettäviä kohteita, joita yritetään ratkaista kehittyvän teknologian avulla. Näin asiakas pystyy hyödyntämään prosessiaan parhaalla mahdollisella tavalla, sekä takaamaan tuotteilleen parhaan mahdollisen laadun.

Työssä tullaan hyödyntämään Endress+Hauser Oy:n tarjolla olevia laitteita, tiedonkäsittelyyn tarkoitettuja sovelluksia sekä laajaa asiantuntemusta mittaustekniikasta ja järjestelmän hallinnasta.

Ennen prosessitekniikan teoriaosuuteen siirtymistä esitellään lyhyesti työn mahdollistaneet yritykset.

Endress+Hauset Oy

Endress+Hauser Oy on perheyritys, joka on globaalisti johtavassa asemassa oleva teollisuuden mittaus-, sekä automaatiotekniikan toimittaja. Yrityksen tuotevalikoima on laaja ja tuotteita pyritään jatkuvasti kehittämään vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Toimintaan kuuluu tuotteiden toimittamisen lisäksi myös asiakkaiden prosessien tekninen kehittäminen ja huoltaminen. Yritys toimii yli 40 eri maassa ja työllistää yli 13 000 työntekijää, noin sadassa eri toimipisteessä. Asiakaskunta koostuu hyvin monipuolisesti eri teollisuudenaloilta, niin elintarviketeollisuudesta lääketeollisuuteen kuin energiateollisuudesta öljyteollisuuteenkin. [1.]

Oy Hartwall Ab

Oy Hartwall ab on osa tanskalaista Royal Unibrew -konsernia ja toimii Suomessa yhtenä suurimpana virvoitusjuomien valmistajana. Hartwallin tuotantolaitos sijaitsee Lahdessa ja tämän lisäksi yrityksellä on vielä lähdevesipullottamo Karijoella ja pääkonttori Helsingissä. Hartwall työllistää 700 omaa työntekijää ja välillisesti jopa 11 000 työntekijää koko Suomessa. Hartwall tuottaa vesiä ja virvoitusjuomia sekä alkoholipitoisia juomia, kuten oluita ja siidereitä. Hartwallilla on myös tytäryhtiö Hartwall-Trade, jonka kautta yritys tuottaa viinejä ja muita alkoholijuomia. Hartwall toimii myös yhteistyökumppanina Heineken ja Pepsi -brändeille Suomessa. [2.]

2 Teoriaa prosessi- ja mittaustekniikasta

Luvun tarkoituksena on esittää teoreettista taustaa työhön liittyvästä prosessista ja tekniikasta. Koska työhön liittyy vahvasti oluen valmistusprosessi, niin tässä kappaleessa käydään kevyesti läpi prosessin eri vaiheet ja niihin liittyvää mittaustekniikkaa. Luvussa esitetään teoriaa myös väylätekniikasta sekä kenttälaitteiden hallintajärjestelmästä.

2.1 Panimoprosessi

On olemassa hyvin paljon erilaisia oluttyyppejä, mutta perus raaka-aineet ovat kuitenkin kaikissa samat. Oluen valmistukseen tarvittavat perusraaka-aineet ovat vesi, hiiva, mallas sekä humala. Oluen valmistusprosessi ei ole kovinkaan hankala, mutta se vaatii hyvin paljon tarkkuutta prosessin puhtaanapidon sekä valmistuksessa käytettävien parametrien kanssa. Oluen valmistus tapahtuu useammassa vaiheessa ja ne käydään vaiheittain läpi seuraavaksi.

Mäskäys

Mäskäys tarkoittaa sitä, että mallasrouhe uutetaan veteen keittämällä. Näin vierteeseen saadaan maltaan tärkkelys ja proteiinit. Maltaat keitetään siten, että lämpötilaa nostetaan portaittain, koska maltaan tärkkelys pilkkoutuu eri entsyymien kanssa eri lämpötiloissa. Mäskäys tapahtuu mäskikattilassa, jota lämmitetään kattilan reunoilta. Lämpötila kattilan sisällä pidetään tasaisena sekoittamalla vierrettä kattilan pohjasta sekoitinlaipalla. Kun mäskäys on valmis, vierre erotetaan. [3, s. 206–207.]

Vierteen erotus tapahtuu siten, että mallasrouhe nostetaan kattilasta tiheän siiviläpohjaisen ammeen avulla. Kun vierre on erotettu, se keitetään erillisessä kattilassa ja tässä vaiheessa vierteeseen liuotetaan myös humalat joukkoon. Keittämisen jälkeen vierre jäähdytetään lähelle käymislämpötilaa ja siihen lisätään vielä happea käymistä varten. [3, s. 206–207.]

Mäskäyksen ohjauksessa käytettäviä mitattavia suureita ovat aika, lämpötila, happamuus eli pH sekä veden ja maltaan välinen suhde [3, s. 206–207].

Käyminen

Kun vierre on ilmastettu, se siirretään käymisastiaan ja vierteen sekaan lisätään hiiva. Hiiva pilkkoo vierteen käymiseen kelpaavat sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Hiivan määrä määrittyy sen mukaan, minkä tyyppistä olutta valmistetaan ja kuinka alkoholipitoista siitä valmistetaan. Hiiva lisää olueen myös tämän lisäksi muita makuun vaikuttavia aromeja. Pääkäymisen jälkeen hiiva laskeutuu käymisastian pohjalle, mistä se kerätään talteen. Pääkäymisen jälkeen aloitetaan jälkikäyminen, usein hieman viileämmässä lämpötilassa. Tässä vaiheessa myös käymistankkia paineistetaan hiilidioksiditason nostamiseksi. Jälkikäymisen tarkoituksena on parantaa oluen laatua ja makua. [3, s. 208–210.]

Käymisastia on yleensä kartiopohjainen ja sylinterin muotoinen tankki. Täyttö ja tyhjennys tapahtuu tankin pohjakartion kautta. Tankeissa on usein jäähdytysvaipat, joilla käymislämpötila säädetään optimaaliseksi sekä painesäätöventtiili. Lisäksi tankit on myös varustettu automaattisella pesulaitteistolla. [3, s. 208–210.]

Oluen käymisen ohjaukseen käytetään vierteen koostumuksesta, lämpötilasta, hiivan määrästä ja paineesta saatavia parametrejä [3, s. 208–210].

Jälkikäsittely ja pakkaaminen

Myytäväksi menevän oluen on ehdottomasti täytettävä ominaisuuksiltaan lainsäädännössä määrätyt vaatimukset. Näihin lukeutuvat muun muassa alkoholipitoisuus sekä sen säilyvyys pakattuna myyntiajan verran. Oluen tulee säilyä Suomessa kuusi kuukautta. Näiden lisäksi oluen tulee pysyä valmistajan määrittämissä standardeissa, eikä olut saa sisältää olutta pilaannuttavia mikrobeja. Näihin kaikkiin edellä mainittuihin ominaisuuksien säätelyyn vaikutetaan jälkikäsittelyssä. [3, s. 211–214.]

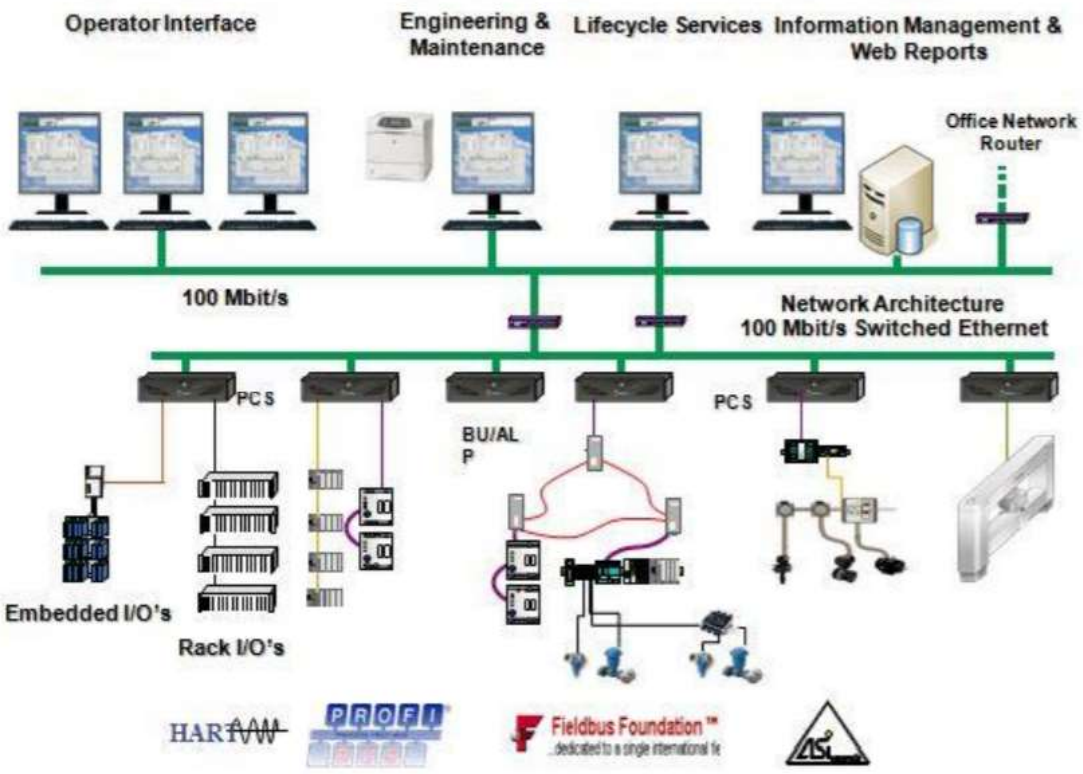
Oluen jälkikäsittelyyn kuuluu ainakin seuraavanlaisia osaprosesseja, kuten kylmäkäsittelyä, stabilointia, suodatusta, hiilidioksidin lisäämistä sekä pastörointia. Kylmäkäsittelyssä olut jäähdytetään lähes jäätymispisteeseen, jossa sen yhdisteiden liukoisuus vähenee ja osa oluen proteiini- ja polyfenoliyhdisteistä saostuu helposti suodatuksessa poistettavaksi. Yleensä suodatus ei vielä riitä takaamaan riittävää stabiilisuutta oluelle koko myyntiajalle, joten suodatuksen jälkeen oluesta poistetaan sakeutta vielä stabilointiaineilla. Ennen täyttöä olut vielä pastöroidaan eli kuumennetaan hetkellisesti ja näin

varmistetaan, ettei olueen jää elämään kykeneviä mikrobeja tai entsyymejä. [3, s. 211–214.]

Viimeisenä vaiheena olut siirretään pakattavaksi erilliseen painetankkiin, josta se pullotetaan tai tölkitetään. Yleisimpänä pakkausmuotona käytetään tumman vihreitä tai tumman ruskeita lasipulloja, koska lasi ja tummat värit suojaavat olutta hapelta sekä UV-säteilyltä. Toisena hyvin yleisenä pakkausmuotona käytetään alumiinitölkkejä olutta suojaavien ominaisuuksiensa takia. Ravintoloihin hanaoluiksi menevät oluet pakataan 30-50 litran KEG-astioihin. [3, s. 211–214.]

2.2 Mittaustekniikka

Mittaustekniikka on prosessin automatisoinnin peruslähtökohta. Kun puhutaan mittausinstrumenteista, tarkoitetaan niillä laitteita, joilla otetaan prosessista mittaustietoja. Näitä tietoja hyödynnetään prosessin ohjauksessa ja analysoinnissa. Automaatiojärjestelmä on kokonaisuus, joka muodostuu yksittäisistä instrumenteista koko tiedonsiirtorakenteeseen ja ohjausjärjestelmään asti (kuva 1). Yleisimpiä mitattavia suureita ovat lämpötila, paine, pinnankorkeus ja virtaus. Näiden lisäksi myös analysoidaan prosessiaineita, kuten mittaamalla pH:n arvoa ja prosessiaineen johtokykyä. Instrumentointijärjestelmällä pyritään optimoimaan prosessin tehokkuutta ja varmistamaan lopputuotteen riittävä laatu.



Kuva 1. Automaatiojärjestelmän kuvaus [4, s. 8].

Instrumentointijärjestelmät eri teollisuudenaloilla on toteutettu hyvin samoin periaattein. Lähinnä suurimmat erot syntyvät käytettävien laitteiden rakenteissa ja turvallisuuteen liittyvissä ratkaisuissa. Myös merkitsemistavat voivat poiketa paljonkin. Kuitenkin instrumentointia suunnitellessa on tunnettava kyseinen prosessi hyvin, jotta mahdollisimman toimiva ratkaisu pystytään löytämään.

2.2.1 Mittaustekniikan periaatteet

Prosessista saadaan mittaustietoja mittausantureiden avulla. Mittausantureilta saadaan viesti, joka muutetaan matkalla muotoon, jonka säätöjärjestelmä pystyy tulkitsemaan. Näitä mittausarvoja voi seurata analogisina arvoina säätöjärjestelmästä käsin, esimerkiksi viisarinäyttönä tai numeerisena arvona. Säätöjärjestelmässä voi myös toteuttaa raja-arvoja, joiden ylittyessä tai alittuessa järjestelmä tekee määrätyn toimenpiteen. Tämmöisiä toimenpiteitä voisi olla muun muassa hälytys tai lukitus. [5, s. 6.]

Mittalaitteet koostuvat tuntoelimestä, mittamuuntimesta sekä mittalähettimestä. Anturi eli tuntoelin on osa, joka toteaa mitattavan ilmiön prosessista. Muunnin-osa vahvistaa tuntoelimestä saatua viestiä ja muuntaa sen muotoon, jota mittalähetin osaa tulkita. Mittalähetin muuntaa saadun viestin standardimuotoon signaalin siirtoa varten, esimerkiksi 4–20 mA:n virtaviestiksi. Mitta-antureissa on myös mittausyhde, jolla anturi liitetään prosessiin. [5, s. 20.]

Lähettimien sähköiset kytkennät toteutetaan 4-johdinjärjestelmästä 2-johdinjärjestelmään, ja on myös lähettimiä, joille tuodaan käyttöjännite erillisellä kaapelilla. 4-johdinjärjestelmässä käyttöjännite ja mittausviesti kulkevat omia johtimia pitkin. 3-johdinjärjestelmä on samalla periaatteella kuin 4-johdinjärjestelmä, mutta virtaviesti ja käyttöjännitteen nollat ovat yhdistetty. 2-johdinjärjestemä on yleisin kytkentä ja siinä lähetin saa käyttöjännitteensä mittaviestistä. Käyttöjännite tuodaan erillistä kaapelia pitkin yleensä silloin, jos anturi tarvitsee syötöksi 230 V:n käyttöjännitteen. [5, s. 23–25.]

Ohjauksessa käytettäviä sähköisen viestin muotoja anturin ja säätöjärjestelmän välillä on useita, ja niistä vieläkin yleisin käytössä oleva viestimuoto on edellä mainittu virtaviesti 4–20 mA. Nykyään kuitenkin käytetään myös kenttäväyläliikenteen standardeja, kuten Profibus DP ja Profibus PA -kenttäväylät sekä tuloaan tekevä Ethernet-pohjainen Profinet-kenttäväylä.

2.2.2 Lämpötilan mittaaminen

Teollisuudessa lämpötilan mittauksia löytyy eniten. Lämpötilaa pystytään mittaamaan useammallakin periaatteella, mutta instrumentoinnissa käytetään yleisimmin vastus- ja termoelementtiperiaatetta. Kuvassa 2 on Endress+Hauserin itsekalibroituva anturi lämpötilan mittaamiseen. Seuraavaksi käydään näitä kahta menetelmää tarkemmin läpi. [5, s. 36.]

Kuva 2. Itsekalibroituva lämpötila-anturi iTHERM TrustSens TM371 [6].

Lämpötilan mittaaminen vastusanturilla perustuu siihen, että sähköisen vastuksen arvo muuttuu lämpötilan muuttuessa. Anturin tuntoelimeen valitaan aine, jonka resistanssin vaihtelu lämpötilan vaihteluun nähden on suuri ja lämpötila-alue mahdollisimman laajalti lineaarinen. Saatavilla on kupari-, nikkeli- ja platina-antureita, joista platina-anturi eli Pt-anturi on ylivoimaisesti yleisin. Pt-100-merkintä anturissa tarkoittaa sitä, että tuntoelimen aineena on käytössä platina ja sen vastusarvo on 100 ohmia nollassa asteessa. [5, s. 37.]

Tuntoelin tehdään niin, että itse vastuslanka kierretään lasisen tai keraamisen rungon ympärille ja suljetaan metalliputkeen. Nykyään voi vastuslankatekniikan korvata myös ohutkalvotekniikkaan perustuvalla mittausmenetelmällä. Lopuksi tuntoelin laitetaan eristeen sisälle ja tämä kokonaisuus työnnetään mittasauvaan. Vain harvoissa tapauksissa mittasauva sijoitetaan prosessiin sellaisenaan, vaan useimmiten välissä käytetään

suojaputkea. Vastusanturi soveltuu hyvin, niin nesteiden kuin kaasujenkin mittaamiseen ja soveltuu jopa 850 °C lämpötilan mittaamiseen. [5, s. 38.]

Vastusanturissa virhettä saattaa muodostua vastuksen reagoidessa ympäristön lämpötilamuutokseen. Virhettä voi esiintyä suurimmillaan seisovaa ilmaa mitattaessa ja tällöinkään virhe ei ole kovin suuri. Vastuslankatekniikalla tehdyt anturit ovat myös herkkiä tärinälle ja rikkoutuvat herkästi. Ohutkalvotekniikka on tuonut kuitenkin parannusta tärisseviin kohteisiin soveltuvalla menetelmällä ja mahdollistaa jopa 60 g:n tärinän kestävyyden. Myös anturin aikaviive mukaan lukien suojaputken vaikutus sekä anturin vääränlainen asentaminen prosessiin voivat vääristää mittaustulosta. Nopeat vasteajat ovat myös nykyään saavutettavissa tekniikalla, jossa anturin mittauspiste on aivan mittaussauvan kärjessä kiinni. Tämä tekniikka ei kuitenkaan kestä kovin korkeita lämpötiloja, mutta on hyvä menetelmä muun muassa elintarviketeollisuuteen. [5, s. 42.]

Termoelementti perustuu kahden eri metallin muodostamaan suljettuun virtapiiriin. Piirissä kulkee virta, mikäli lämpötilat ovat erisuuret piirin molemmissa päissä. Piirin virran suuruus riippuu lämpötilaerosta piirin päiden välillä. Toinen pää pidetään tiedetyssä lämpötilassa, johon muuttuvaa lämpötilaa verrataan ja toinen pää tutkittavassa eli muuttuvassa lämpötilassa. Tämä tarkoittaa siis sitä, että kun prosessissa oleva pää muuttuu prosessin lämpötilavaihtelun seurauksena, niin virta piirissä muuttuu. [5, s. 44.]

Tuntoelin on tässä menetelmässä yksinkertaisesti näiden kahden metallilangan liitoskohta. Näitä metallilankoja kutsutaan myös termolangoiksi. Nämä eri metallia olevat termolangat eristetään toisistaan ja sijoitetaan vastaavaan mittasauvaan kuin vastusanturikin. Termolankoja on olemassa useita eri paksuuksia ja ohjeistus on, että mitä korkeampia lämpötiloja mitataan, sitä paksumpia lankoja käytetään. Anturityyppejä on myös useita, ja ne eroavat toisistaan niiden termolangoissa käytettyjen metallien mukaan. Eri anturityypeillä on omat ominaisuutensa, joiden perusteella valitaan sopiva anturityyppi prosessiin. Esimerkiksi K-tyypin anturissa on termoparina Chromel ja Alumel, joiden ominaisuuksilla pystytään mittaamaan laajalta lämpötila-alueelta tarkasti. [5, s. 45–46.]

Termoelementtianturilla mittausvirhe voi syntyä muun muassa anturin vanhetessa, vertailulämpötilan muuttuessa tai vääränlaisilla kytkennöillä. Vanhenemisella tarkoitetaan ilmiötä, jossa jännite alkaa ryömiä eli muuttuu ajan kuluessa. Tämä on ominainen piirre termoelementtiantureissa. Jos taas vertailulämpötilassa tapahtuu muutosta, niin se vääristää samalla mittaustulosta. Mikäli lähetinosa ei ole anturiin koteloituna, vaan on

asennettuna kenttäkoteloon tai järjestelmän päähän, niin kaapelointi täytyy tehdä samoilla metalleilla tai ainakin ominaisuuksiltaan saman kaltaisilla metalleilla varustetulla kaapelilla. Jos kytkentä suoritetaan vääränlaisella kaapelilla, ei mittaus näytä oikein. [5, s. 49–51.]

Vertailussa vastusanturin mittausviestin tarkkuus ja voimakkuus on termoelementtianturia paremmat, mutta termoelementtianturi on vastusanturia nopeampi mittaamaan. Hinta on molemmissa suurin piirtein samaa luokkaa. [5, s. 51.]

2.2.3 Paineen ja paine-eron mittaaminen

Paineen mittaaminen on toiseksi yleisin mittaus heti lämpötilan mittaamisen jälkeen. Painetta mittaamalla pystytään mittaamaan ja säätämään useampiakin asioita prosessissa, kuten pinnan korkeuksia, virtausta tai tiheyttä. Yleisin tapa mitata painetta on suhteellinen mittaus, jolloin mitattua painetta verrataan ilman paineeseen. Painetta voi myös mitata absoluuttisesti, jolloin vertailussa käytetään tyhjiötä (kuva 3). Kolmas vaihtoehto on verrata mitattua painetta toiseen mitattuun paineeseen, jolloin puhutaan paine-eron mittaamisesta. [5, s. 57.]

Kuva 3. Absoluuttinen ja mittauspaineanturi Cerabar PMP55 [6].

Teollisuudessa on paljon käytössä paikallisia painemittauksia, joita ei tuoda sähköisellä viestillä ollenkaan automaatiojärjestelmään. Kun painetieto halutaan saada järjestelmään, niin silloin täytyy mitattu paine muuttaa sähköiseksi viestiksi. Tällöin käytetään sähköistä painelähetintä. Prosessipaineeseen kosketuksessa olevana elimenä käytetään kalvoa, joka joustaa paineen muutoksen mukaan. Kalvon toisella puolella voi olla hydraulineste, jonka välityksellä paine johdetaan toiselle kalvolle, jonka liikkeeseen tuntoelin reagoi. Jos mitataan paine-eroa, tuntoelin on sijoitettava kahden kalvon väliin. Absoluuttipainelähettimessä toiseen kalvoon vaikuttaa tyhjiö, ja tätä menetelmää kutsutaan myös mittauskammioksi. Mittausmenetelmästä riippumatta tuntoelimen mittaama viesti vahvistetaan ja muutetaan standardimuotoon, jonka automaatiojärjestelmä osaa lukea. [5, s. 58–59.]

Painelähetin voidaan liittää prosessiin kolmella eri menetelmällä. Kun lähetin liitetään impulssiputkella prosessiin, niin mitattava prosessiaine kulkeutuu impulssiputkea pitkin lähettimen kalvolle. Impulssiputkea käytettäessä on huomioitava mitattavan prosessiaineen koostumus. Jos kyseessä on nestettä on lähetin oltava yhteen alapuolella ja kaasua mitattaessa yhteen yläpuolella. Näin vältetään kahden faasin muodostuminen. Lähetin voidaan myös liittää prosessiin laipalla joko niin, että lähetin on laipassa kiinni, tai kapilaariputkella, jolloin kalvo osuu prosessiaineeseen ja sopiva välitinaine liikuttaa tiedon paineesta lähettimelle putkea pitkin. Kolmas vaihtoehto on liittää lähetin suoraan prosessiin kierreliitännällä. Tässä menetelmässä on huomioitava se, että lähetin on lähellä prosessia, eivätkä tärisevät ja kuumat paikat ole hyväksi lähettimen elektroniikalle. [7.]

Painelähetintä valittaessa on otettava huomioon tarvittava mittausalue mitattavalle paineelle. Tämä muodostuu käyttöpaineesta sekä minimi- että maksisimipaineesta. Mitattava prosessiaine vaikuttaa myös lähetintä valittaessa. Tämmöisiä tekijöitä on muun muassa aineen puhtaus, syövyttävyys tai hiovuus. Korkeissa lämpötiloissa on valittava lähetin, joka on suunniteltu kestämään niissä olosuhteissa. Muita painemittausta häiritseviä tekijöitä ovat voimakkaasti tärisevät paikat sekä paineiskut, jotka voivat rikkoa lähettimen. [5, s. 62–64.]

2.2.4 Pinnankorkeuden mittaaminen

Pinnankorkeuden mittaaminen voidaan jakaa kahteen pääryhmään, nesteiden pinnankorkeuksien ja kiintoaineiden pinnankorkeuksien mittaaminen. Pinnankorkeuden mittaamiseen liittyy monia ongelmia, joita erilaiset mitattavat pinnat luovat. Pinnankorkeuden mittaamiseen löytyy kuitenkin useita periaatteita, joista oikeanlaisella ratkaisulla ja oikein valituilla asennuspaikoilla saadaan minimoitua ongelmia. Myös tarkkuusvaatimuksilla on oleellinen merkitys mittausta valittaessa. Mikäli pinnankorkeuden mukaan säädetään prosessia tai ohjataan annostelua, on mittaustiedon oltava erityisen tarkka. [5, s. 70.]

Hydrostaattinen pinnankorkeuden mittaaminen toteutetaan joko painelähettimellä tai paine-erolähettimellä (kuva 4). Tällöin pinnankorkeutta seurataan säiliön paineessa tapahtuvilla muutoksilla. Ultraääneen perustuvassa mittausperiaatteessa lähettimeltä lähetetään matalataajuinen äänipulssi, mikä heijastuu takaisin lähettimen vastaanottimelle. Tämä äänipulssin kulkuaika on verrannollinen pinnan etäisyyden kanssa. Mikroaaltotutkalla on samanlainen periaate kuin ultraäänimittauksella, mutta mittaus toteutetaan sähkömagneettisilla aalloilla. Mikroaaltotutka soveltuu useampiin kohteisiin kuin ultraääneen perustuva mittaus ja sietää enemmän häiriötekijöitäkin. [5, s. 71–79.]

Kuva 4. Hydrostaattisen paineen mittausanturi Deltapilot FMB50 [6].

Uimurimittaus on vanha keksintö pinnanmittaukseen ja perustuu muun muassa siihen, että nesteen pinnankorkeuden muuttuessa nosteen vaikutus uimuriin muuttuu ja pinta mitataan potentiometriä käyttämällä. Tämä mittaustapa soveltuu vain puhtaille nesteille, mutta on yksinkertainen ja luotettava mittaus. Kapasitanssiin tai johtokykyyn perustustuvat mittausmenetelmät toteutetaan kahdella mittasauvalla tai yleisemmin mittasauvan ja säiliön seinämän väliltä, jos säiliön seinämä on johtavaa materiaalia. Sauvojen tai sauvan ja säiliön seinämän välistä mitataan joko johtokykyä tai kapasitanssia pinnan muuttuessa. Nämä menetelmät ovat kuitenkin herkkiä ulkopuolisille sähköhäiriöille. Jos ei löydy sopivaa mittausmenetelmää, usein viimeisenä ratkaisuna käytetään radioaktiivisuuteen perustuvaa mittausmenetelmää. Menetelmä hyödyntää radioaktiivista säteilyä ja tämä periaate lähes varmasti toimiva. Huonoina puolina tässä mittauksessa on kuitenkin sen kallis hinta sekä säteilyyn perustuvan mittauksen tarkkailuvelvollisuus. Mittauslaitteet ovat myös hyvin painavia ja sen myötä myös hyvin hankalia asennettavia. Usein pinnanmittauksessa käytetään myös punnitusmenetelmää, jossa säiliön pintaa verrataan painon muutokseen. Mittaus on muuten hyvin tarkka, mutta mikäli mitattavalle aineelle on ominaista painonmuutos, tekee se mittauksesta epätarkan. [5, s. 71–79.]

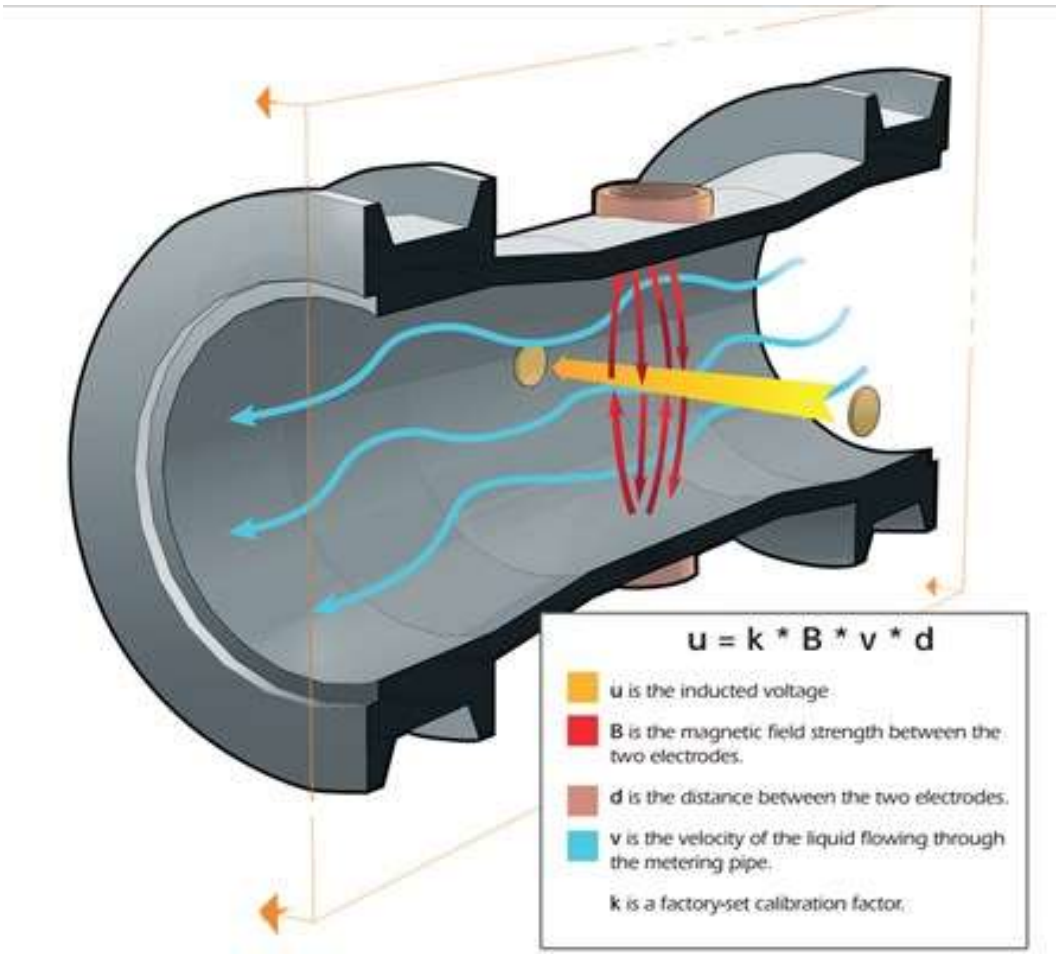
Nesteiden pintoja mitattaessa yleisiä ongelmia on tiheyden muuttumiset, sakeat ja tarttuvat aineet estävät koskevien mittalaitteiden käytön, nestepintojen yläpuolella oleva vaahto tai höyry häiritsee koskemattomia mittauksia ja aineiden johtokyky ei ole vakio. Kiintoaineissa taas ongelmia aiheuttavat epätasaisesti muodostuvat pinnat, raemaisten tai jauhomaisten aineiden pintojen heijastuskyky on heikko, kiintoaineista irtoava pöly tai höyry häiritsee mittausta ja säiliön täyttäminen sekä purkaminen voi rikkoa mittalaitteet. [5, s. 70.]

2.2.5 Virtauksen mittaaminen

Virtausmittauksella pystytään mittaamaan prosessista muun muassa massaa ja tiheyttä ja virtausnopeutta. Virtauksen profiili on erittäin merkityksellisessä osassa virtausmittauksessa. Jotta saadaan luotua mahdollisimman tarkka mittaus, on ymmärrettävä putkistossa virtaavan aineen käyttäytymistä. Useimmiten teollisuudessa esiintyvät virtaukset ovat turbulenttisia, mikä tarkoittaa sitä, että virtauksessa esiintyy useampaan suuntaan vaikuttavia nopeuksia. Tämä on hyvä tiedostaa, sillä tilavuusvirtauksen mittaaminen perustuu virtausnopeuteen, josta putken poikkipinta-alaa hyödyntämällä saadaan laskettua tilavuus. Sijoittamalla mittaukset oikein prosessiin saadaan parannettua niiden luotettavuutta. Virtausmittauksia kannattaa sijoittaa suorille osuuksille, riittävän pitkille

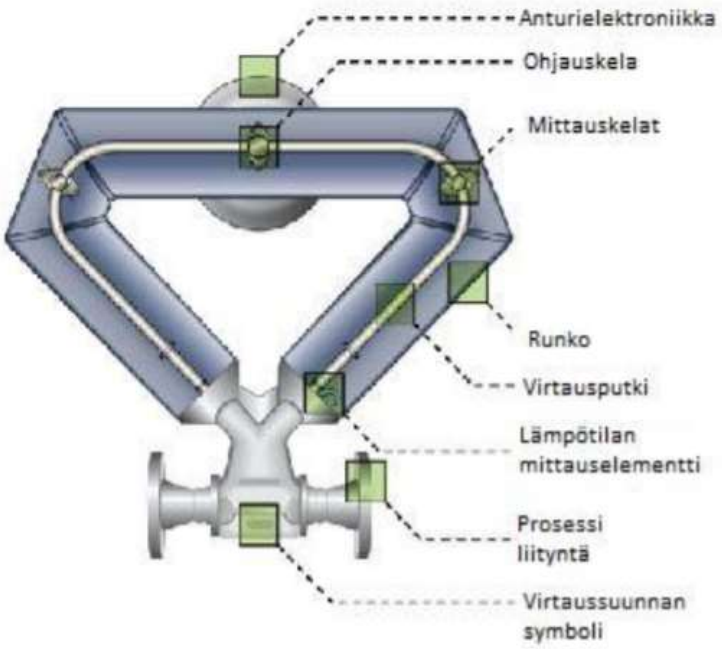
etäisyyksille ennen ja jälkeen venttiileitä sekä putkistojen mutkaisia osuuksia. Standardeissa on annettu ohjeet mittalaitteiden tarvitsemista suorista osuuksista. Myös pumppujen aiheuttamat sykkivät virtaukset ovat hankalia mitattavia niiden nopeiden muutoksien takia. Mittausta voidaan kuitenkin tarkentaa muuttamalla pumpun nopeutta siten, että mittaus ehtii havaita muutoksia paremmin. [5, s. 81.]

Magneettinen virtausmittaus perustuu induktiolakiin (kuva 5). Luodaan magneettikenttä, jossa jännite kasvaa johtimen läpimeno liikkeestä. Johtimena toimii neste, ja tämä periaate soveltuu ainoastaan johtaville nesteille. Magneettikenttä luodaan mittausanturiputken ympärille sijoitetuilla käämeillä. Käämien ja virtaavan aineen synnyttämä jännite johdetaan vahvistimelle, jossa viesti muunnetaan virtausnopeudeksi. Tässä mittausmenetelmässä lähellä olevat jännitteet ja magneettikentät häiritsevät mittausta. Myös mahdolliset ilmakuplat mitattavassa nesteessä häiritsevät mittausta. [5, s. 88.]



Kuva 5. Magneettisen virtausmittarin periaate kuva [8].

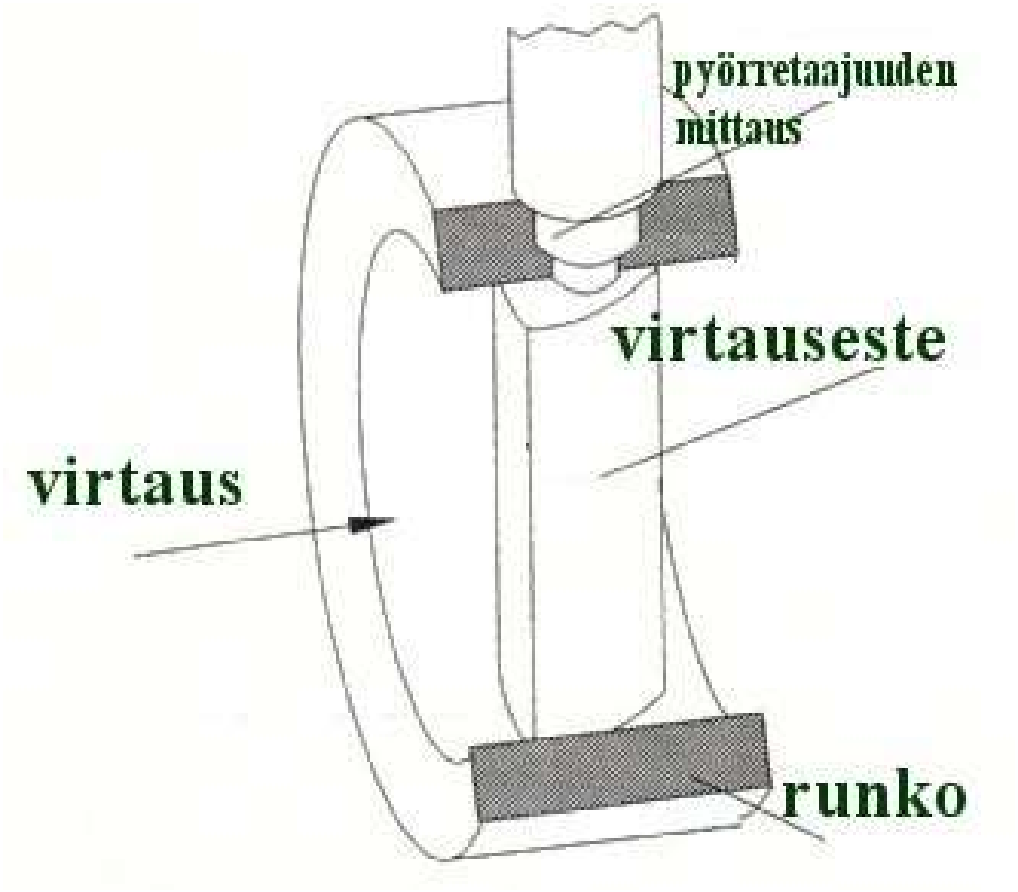
Massamittausperiaatteista yleisin käytössä oleva virtausmittausperiaate on Coriolis-voimaan perustuva (kuva 6). Mittausanturin sisällä käytetään yhtä tai useampaa putkea, joiden läpi virtaava aine kulkee. Virtauksen voima saa putket värähtelemään, ja tätä värähtelyn taajuutta mitataan induktiivisesti tai optisesti kahdesta pisteestä. Näiden pisteiden välinen ero on verrannollinen virtauksen kanssa. Taajuus muuttuu virtaavan aineen tiheyden muuttuessa, ja tämä tieto ilmaisee aineen tiheyden. Tätä mittausmenetelmää voi hyödyntää nesteille ja raskaammille kaasuille. Tätä mittausta ei häiritse turbulenttiset virtaukset, mutta tässäkin periaatteessa nesteessä esiintyvät ilmakuplat häiritsevät mittausta. Tätä voidaan kuitenkin ehkäistä asentamalla mittausanturi pystyasentoon. Tämän periaatteen haittoja ovat myös painehäviön muodostuminen ja matala lämpötilan sietokyky. [5, s. 91–93.]



Kuva 6. Coriolis-ilmiöön perustuvan mittauksen toimintaperiaate [9].

Vortex-virtauksen mittaaminen on hyvin yksinkertaista ja perustuu Karman ilmiöön (kuva 7). Tämä tarkoittaa sitä, että virtauksen eteen laitetaan este, johon virtaus osuessaan muodostaa esteen molemmille puolille pyörteitä. Näiden pyörteiden syntymisnopeus on verrannollinen virtausnopeuteen. Esteen jälkeen on asennettu anturi, joka mittaa

pyörteiden syntymistaajuutta. Tämän periaatteen suuri etu on se, että se kestää lauhteen aiheuttamia paineiskuja paremmin kuin muut mittausperiaatteet. Nesteitä mitattaessa anturin täytyy olla täynnä mitatakseen oikein, eikä periaate sovellu korkeisiin lämpötiloihin. [5, s. 96-97.]

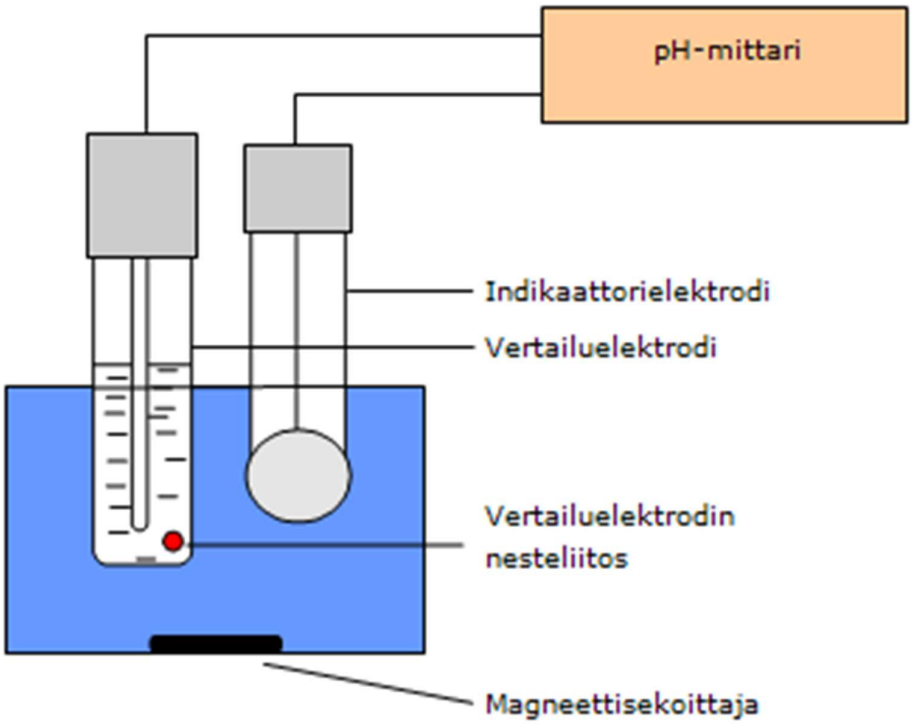


Kuva 7. Vortex -virtauksen mittausperiaate [10].

2.2.6 Analyysimittaukset

Analyysimittauksien tarkoituksena on mitata nesteiden fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia laatutekijöitä. Toisin sanoen analyysimittauksia käytetään lähinnä tuotteiden laadun varmistamiseen. Mitattavia suureita ovat muun muassa pH, johtokyky, kiintoainepitoisuus, sameus, happipitoisuus ja bakteeripitoisuus. Yleisimmin kuitenkin käytetään joko johtokykymittauksia tai pH-mittauksia.

Mitattaessa pH-arvoa saadaan nesteen happamuus selville. Nesteen happamuuden mittaus perustuu vetyionien aktiivisuuden mittaamiseen. Kun syötetään saatu arvo negatiiviseen logaritmiin, saadaan arvo, joka pystytään määrittelemään pH-asteikolla. Asteikko toimii yhden ja neljäntoista välillä. Seitsemän on neutraali arvo ja pienemmät happamia arvoja ja suuremmat emäksisiä. Arvot voivat olla myös pienempiä tai suurempia kuin asteikolla määritellyt arvot. Mittausanturissa on lasielektrodi, joka on kosketuksessa mitattavaan nesteeseen (kuva 8). Elektrodin sisällä on täyttöneste, joka on neutraali. Mitattavan nesteen ja täyttönesteen välillä syntyy ionivaihtoa, joka synnyttää mitattavan jännitteen. Lasielektrodin lisäksi mittausanturissa on vertailuelektrodi, jonka tehtävänä on tuoda metallijohteinen yhteys pH-mittarille. Tätä arvoa käytetään vertailuna lasielektrodin tuottamalle potentiaaliarvolle. Antureissa on myös lämpötilan kompensointi, koska mitattavan aineen lämpötila vaikuttaa elektrodilta saatavaan jännitteeseen. Näin ollen lämpötila kompensoidaan kompensointivastuksen avulla, joka upotetaan mitattavaan nesteeseen elektrodien kanssa samaan pisteeseen. [5, s. 100-105.]



Kuva 8. Periaate kuva pH-mittauksesta [11].

Johtokyky on sama kuin resistanssin eli vastuksen käänteisluku ja sitä kutsutaan konduktanssiksi. Johtokykyä mitattaessa pystytään saamaan selville mitattavasta liuoksesta jonkin aineen pitoisuuksia. Toisin sanoen johtokyvyllä mitataan aineiden epäpuhtauksia.

Menetelmää voidaan muun muassa käyttää joko ei toivottujen aineiden pitoisuuksien mittaamiseen, prosessilinjojen pesukemikaalien mittaamiseen tai vaikka tuote-erien vaihteluiden seuraamiseen. Johtokykyä voidaan mitata 2-johdin tai 4-johdin elektrodeilla sekä induktiivisesti. Elektrodilla mitattaessa elektrodille syötetään tasajännite, jolloin mitattavan nesteen ionit jakautuvat positiivisesti varautuneisiin sekä negatiivisesti varautuneisiin ioneihin. Tämä ilmiö aiheuttaa jännitelähteeseen verrattuna vastakkaisen sähkökentän ja virta piirissä tällöin pienenee. Jännitteen ollessa vakio saatu virran määrä kuvaa vastuksen suuruutta. Myös 4-johdin järjestelmä toimii vastaavasti, mutta antaa paremman mittaustarkkuuden mitattaessa kahdella elektrodilla. Induktiivisesti johtokykyä mitataan putken ympärillä olevilla kahdella kelalla, joista toiseen syötetään 20 kHz:n vaihtojännite. Mitattavasta nesteestä indusoituu virta toiseen kelaan, joka on suoraan verrannollinen nesteen johtokykyyn. Tämän periaatteen etuja ovat tarpeettomuus koskea mitattavaan nesteeseen, eikä likaantuminen haittaa mittausta. [5, s. 108–113.]

2.3 Kenttäväylätekniikka

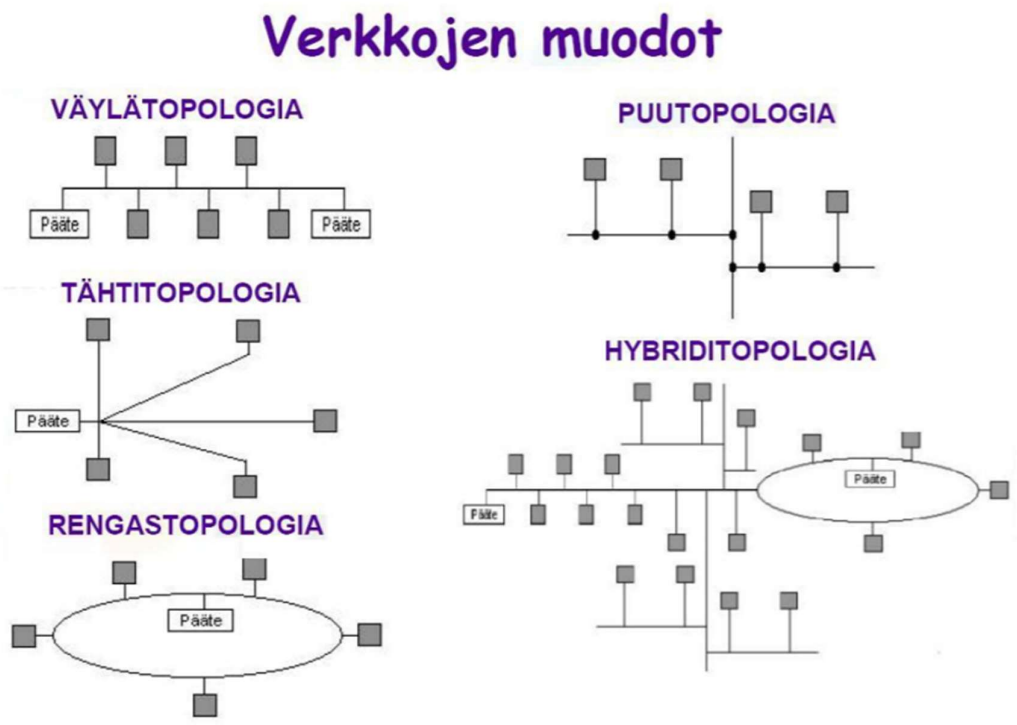
Kenttäväylätekniikka on nykyisin jo paljon käytössä teollisuudessa, ja sen kehittyminen tulee jatkossakin olemaan suuntaus, johon tiedonsiirtotekniikka teollisuudessa on menossa. Väylätekniikalla saavutetaan suurien hajautettujen automaatioprosessien muodostaminen helposti ilman, että jokaista laitteiston osaa tarvitsee erikseen kaapeloida järjestelmälle asti. Sen lisäksi, että kuluissa saadaan säästettyä kaapeloinnissa, saadaan prosessista myös huomattavasti enemmän tietoa. Prosessin mittalaitteista, venttiileistä sekä muista osista on mahdollista saada ohjaustiedon lisäksi myös laitediagnostiikkaa, jota hyödyntämällä saadaan säästettyä kunnossapidon resursseja. Yleisimpiä teollisuuden käytössä olevia kenttäväyliä ovat HART-, Foundation Fieldbus- ja Profibus-väylät, mutta on olemassa myös muitakin väyliä. Väylän valintaan usein vaikuttavat sekä sen ominaisuudet prosessin tarpeisiin että paikallinen markkinatilanne eri valmistajien kesken. Tässä työssä keskitytään kuitenkin Profibus-väyliin.

Profibus-protokolla on avoin kenttäväylästandardi, joka soveltuu erinomaisesti teollisuuden tarpeisiin. Se on toimittajasta riippumaton standardi, joka tarkoittaa sitä, että ei esiinny yhteensopivuus ongelmia eri valmistajien laitteiden kanssa. Profibus-väylistä yleisessä käytössä ovat Profibus PA ja Profibus DP -väylät ja koko ajan kasvuaan tekevä

Profinet. Profibus-väylän perustoimintaperiaate on sellainen, että automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteiden väillä on yksi tai useampi isäntälaite, jotka määrittävät kommunikoinnin väylän sisällä ja välittää tiedon automaatiojärjestelmään. Isäntälaite lähettää siis kyselyitä, joihin kenttälaitteet vastaavat tilastaan. Jos isäntälaitteita on useampi, käyttävät ne keskenään valtuudenvälitys-menetelmää, jotta saadaan mahdollistettua nopea jaksollinen tiedonsiirto. Nykyään myös kenttälaitteet voivat keskustella keskenään. Se mahdollistaa sen, että saadaan väylän kuormaa kevyemmäksi ja mittaustietojen vasteajat pienenemään. [12.]

Profibus-väylä mahdollistaa useampaa erilaista tiedonsiirto tapaa, joita ovat muun muassa RS485, MBP, valokuitu sekä langaton tiedonsiirto. Useimmiten kuitenkin Profibus DP -väylän tiedonsiirto on toteutettu RS485:llä ja Profibus PA taas MBP:llä. MBP tarjoaa samassa kaapelissa kenttälaitteille käyttöjännitteen. Profibus PA on usein käytettynä juuri Profibus DP -väylän alle DP/PA-muuntimella, jolloin ei kenttälaitteille tarvitse viedä erillistä käyttöjännitettä. Profibus PA -väylä soveltuu myös räjähdysherkkiin tiloihin. Profibus PA väylän heikkous on se, että sen tiedonsiirtonopeus on vain 31,25 kbit/s ja se on aika iso pudotus, jos vertaa Profibus DP -väylän nopeuteen, joka on jopa 12 Mbit/s. Tämä ei sinänsä haittaa ohjaussignaalin saamista, mutta mitä nopeampi väylä on, sitä enemmän on mahdollista ottaa myös muuta diagnostiikkaa mittalaitteilta. Mittausdatan kerääminen jaetaan sykliseen ja asykliseen dataan. Syklinen data on ensisijainen data, joka tuodaan järjestelmään yhden jakson aikana. Tämä on usein ohjauksessa käytettävää dataa. Syklisen datan tuonnista jäänyt aika käytettään asyklisen datan tuontiin. Näiden välistä suhdetta on myös mahdollista muuttaa prosessikohtaisesti sopivaksi. [12.]

Väylät voidaan rakentaa monella eri tavalla. Erilaisia väylärakenteita kutsutaan topologeiksi ja näitä topologeja on muun muassa puu-, rengas-, väylä- ja tähtitopologi (kuva 9). Topologeja voidaan myös yhdistää, jolloin rakenteen mallista tulee hybridi. Rakenteen jokaiseen haaran päihin, kun laitetaan päätevastukset, niin syntyy segmentti. Yhteen väylään on mahdollista saada 126 laitetta ja yhteen segmenttiin saa 36 laitetta. Suositus on, että Profibus DP -väylä rakennetaan väylämäiseen topologiaan, josta sitten voidaan jakaa segmenttejä muun muassa Profibus PA -väylää hyödyntäen. Väylän kaapeloinnissa käytetään parikierrettyä, suojattua kuparikaapelia ja pidemmille matkoille suositellaan käytettäväksi valokuitua. Segmenttien pituudet kuitenkin vaikuttavat väylän nopeuteen. [12.]



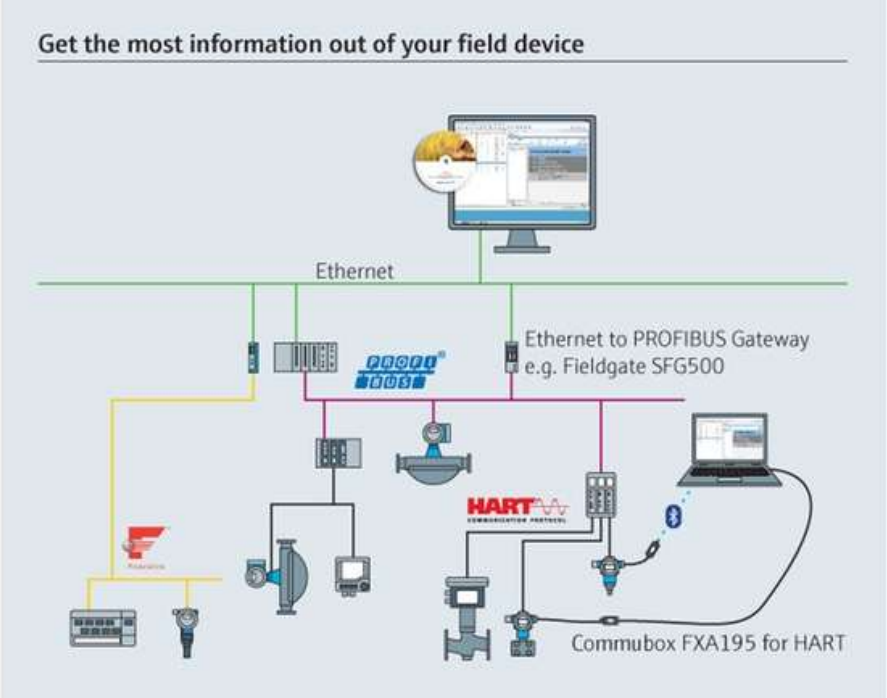
Kuva 9. Kuva erilaisista väylätopologioista [13].

Kaikilla kenttälaitteilla on omat ominaisuutensa ja, jotta niistä saadaan kaikki hyöty irti, on kehitetty sähköiset laitetiedostot, joiden avulla järjestelmä tunnistaa laitteen yksilölliset ominaisuudet. Näitä tiedostoja kutsutaan GSD-tiedostoiksi (määrittää laitekohtaiset perustoiminnalliset ominaisuudet) ja laitteen valmistaja toimittaa laitekohtaiset tiedostot laitteen yhteydessä tai tarjoaa ne ladattavaksi netistä. Nämä GSD-tiedostot ladataan isäntälaitteelle tietokantaan, jolloin isäntälaite tunnistaa väylässä olevat laitteet sekä niiden ominaisuudet ja osaa kysellä niiltä tarvittavat tiedot. GSD-tiedostot kertovat laitteen kyvyt tiedonsiirtoon ja pitävät sisällään muun muassa valmistajan tiedot, syklisen tiedonsiirron, datan määrän sekä dataformaatin. GSD-tiedostot helpottavat myös laitteiden vaihtamista, kun ei tarvitse konfiguroida koko laitetta uudelleen. Riittää, kun määrittelee uusiin laitteisiin positiokohtaiset parametrit. [12.]

2.4 Kenttälaitteiden hallintajärjestelmä

Kenttälaitteiden hallintajärjestelmä on ohjausjärjestelmästä irrallaan oleva datanhallinta työkalu. Järjestelmä on suunniteltu parantamaan ja tehostamaan kenttälaitteiden kunnossapitoa ja sitä kautta parantamaan myös prosessin luotettavuutta. Järjestelmä mahdollistaa kenttälaitteiden tehokkaan elinkaari suunnittelun ja tilanteen seuraamisen. Järjestelmä ilmoittaa vikatilanteet sekä auttaa niiden selvittämisessä. Järjestelmän kautta pystytään hallitsemaan koko kentän laitekantaa ja asettamaan tarvittavat parametrit sekä muut laitekohtaiset toiminnot. Ideaalissa tilanteessa ei siis laitekohtaisia työkaluja enää tarvitsisi käyttää. Kenttälaitteiden hallintajärjestelmiä on olemassa eri valmistajilta, mutta perusidea on kaikilla sama. Tässä työssä perehdytään kuitenkin tarkemmin Endress+Hauserin tarjolla olevaan Fieldcare-ohjelmistoon. [14.]

Fieldcare perustuu FDT-teknologiaan (kenttälaitetyökalu kommunikointirajapintojen integroimiseen), joka on avoin ratkaisu ja mahdollistaa kaikkien laitteiden hallinnan kommunikointiprotokollasta tai laitteen valmistajasta riippumatta (kuva 10). Tämä tarkoittaa siis sitä, että järjestelmä soveltuu myös prosesseihin, joissa on useita kommunikointiprotokollia käytössä samaan aikaan. Fieldcare mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonkeruun laitteilta ja tallentaa sen järjestelmään, mitä pystytään hyödyntämään laitteiden kunnonvalvonnassa. Järjestelmä ilmoittaa myös mahdolliset vikatilanteet varhaisessa vaiheessa, joihin puuttumalla pystytään ehkäisemään mahdollisesti, jopa prosessin ennakoimattomia alasajoja. Tätä ominaisuutta on visualisoitu liikennevalomenetelmällä, jossa eri väreillä kerrotaan laitteen tila. Fieldcare osaa myös tarkentaa vian syytä ja tarjota niihin ratkaisuehdotuksia. Järjestelmään voi tallentaa myös huoltohistoriaa, jota seuraamalla pystytään tietämään laitteen tapahtumat vielä vuosienkin jälkeen. Järjestelmä mahdollistaa myös resurssien tehostamisen siten, että pystytään suunnittelemaan huoltotoimet ja tilaamaan tarvittavia varaosia jo etukäteen. [14.]



Kuva 10. Fieldcare mahdollistaa kommunikoinnin valmistajasta tai kommunikointiprotokollasta riippumatta [6].

Jotta FDT-teknologian hyödyt saadaan käyttöön, on laitevalmistajien mahdollista tarjota DTM-tiedostot laitteiden mukana. DTM-tiedosto sisältävää laitekohtaisen kuvauksen, jonka mukaan järjestelmä lukee ja hyödyntää laitteen dataa ja ominaisuuksia. Fieldcare pystyy myös tuomaan laitekohtaiset hälytykset ilman DTM-tiedostoja, mutta muut laitekohtaiset ominaisuudet jäävät käyttämättä. Kenttälaitteet tuottavat tiedon omasta tilastaan, jonka Fieldcare käy lukemassa. Järjestelmään voidaan myös asettaa laitteet kriittisyysluokkiin, joissa kriittisempiä laitteita tarkastellaan muita useammin. [14.]

3 Oy Hartwall Ab: Kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma

3.1 Työn alustus

Jotta pystytään tekemään prosessia parantavia toimia ja luomaan elinkaarisuunnitelma kenttälaitteille, on ensin tehtävä selvitys siitä, millainen kokonaisuus on kyseessä ja miten sitä hyödynnetään. Tästä johtuen, työn ensimmäisenä vaiheena tehtiin auditointi Hartwallin tehtaalla ja käytiin läpi laitekanta sekä kentällä että myöskin kenttälaitteiden hallintajärjestelmässä. Näin saadaan kattava käsitys siitä, minkälainen laitteisto yrityksellä on käytössä ja kuinka vanhasta laitekannasta on kysymys. Järjestelmän kautta pystytään myös havaitsemaan helposti laitteet, jotka jostakin syystä eivät anna luotettavaa mittaustulosta tai ovat pois käytöstä kokonaan. Tällaiset laiteet järjestelmä ilmoittaa vikaviestillä.

Kun laitekanta on selvillä, pystytään aloittamaan korvaavien laitteiden selvittäminen. Kun laite halutaan korvata uudella laitteella, on selvitettävä uuden laitteen mekaaninen sekä sähköinen yhteensopivuus prosessiin. Tässä vaiheessa huomioitiin suuresti myös Hartwallin henkilökunnan mietteet ja kokemukset asiasta. Kun löydetään korvaajiksi soveltuvat laitteet, tehdään niistä lista, jonka tarkoituksena on yksinkertaistaa ja tehostaa yhteistyö yritysten välillä.

Laitekannan läpikäynnin lisäksi tehtiin myös väyläanalyysimittaukset. Väyläanalyysimittauksilla selvitettiin väylän toimintakyky. Väyläanalyysimittauksilla voidaan selvittää muun muassa laitekohtaisten signaalien voimakkuudet sekä mahdolliset väylärakenteesta tai sen ympäristöstä johtuvat signaalin häiriötekijät. Mittauksissa selviää myös vikatilassa olevat laitteet sekä laitteet, jotka on otettu pois prosessista tai ovat muusta syystä pudonneet pois väylästä, mutta joita ei ole kuitenkaan poistettu laitteita järjestelmästä.

Endress+Hauser pystyy myös tarjoamaan uuden teknologian sekä palveluiden myötä ratkaisuja, niin tuotannon laadun parantamisessa kuin prosessin tehokkuuden parantamisessakin. Esimerkkejä voisi muun muassa olla laitteiden kriittisyysluokittelun tarkastus ja päivittäminen, varaston tilannepäivitys ja analyysimittauksien lisääminen prosessiin laadun tarkkailua parantamaan. Myös ”liikennevalojen” lisääminen kunnonvalvontajärjestelmään on kaivattua, jolloin saataisiin värikoodeilla tieto laitteiden tilasta. Lisäksi älykkäät laitteet vikaantuessaan osaavat kertoa mahdolliset korjaustarpeet. Näitä ei

kuitenkaan tässä työssä käsitellä vielä kovinkaan yksityiskohtaisesti, vaan esitetään enemmänkin hypoteettisia ratkaisuja. Uuden teknologian tuomien ratkaisujen myötä tarvitaan myös henkilökunnan kouluttautumista ja myös tähän pyritään tuomaan lisäarvoa tuottavia ratkaisuja.

3.2 Kenttälaitteiden korvattavuus

Hartwallin kenttälaitteista tullaan tekemään listaus siten, että nykyisille kenttälaitteille saadaan korvaava tuote tilattua yksinkertaisesti listan mukaan. Jokaisen kenttälaiteen kohdalta löytyy sille sopiva korvaava tuote. Näin helpotetaan prosessia molempien yritysten puolella ja tehdään yhteistyöstä jouhevampaa. On myös jaettu ajatuksia siitä, että tulevaisuudessa voisi olla mahdollista avata reitti ”ERP to ERP” -kaupankäynnille. Tämä tarkoittaa siis sitä, että mahdollistetaan yhteys yrityksien tietojärjestelmien välille. Tällä tavoin voidaan mahdollistaa hyvin sujuvaa yhteistyötä, koska tarvittavat kenttälaitteet olisi mahdollista tilata pelkällä napin painaluksella ja niiden toimitusajat saadaan minimoitua.

Myös varaosavaraston ulkoistaminen Endress+Hauserille voisi olla tulevaisuudessa mahdollinen suuntaus. Tätä varten on hyvä ensin kuitenkin päivittää W@M ajan tasalle. Se tarkoittaa muun muassa sitä, että tehdään kaiken kattava katsaus Hartwallin prosessista. Päivitetään järjestelmän laitekanta nykyistä tilaa vastaavaksi ja tehdään tarkka kriittisyysluokittelu laitteille. Tämän päivitetyn kriittisyysluokittelun pohjalta olisi mahdollista tehdä järkevä varastointipalvelu suunnitelma.

Joka tapauksessa, ennen kuin voidaan tehdä kattava lista korvattavista tuotteista, on tehtävä selvitys nykyisistä kenttälaitteista. Tämä sisältää tarkastelun kenttälaitteiden sekä mekaanisesta että sähköisestä korvattavuudesta.

Mekaaninen korvattavuus

Prosessikohtaiset vaatimukset asettavat raamit mittalaitteiden mekaaniselle korvattavuudelle. Myös eri mittalaitteilla on omanlaisia vaatimuksia asennuksille. Tällaisia voisivat muun muassa olla asennusympäristö, laippavälit, asennusasennot, virtaussuunnat, asennuspaikat sekä mittalaitteiden valmistusmateriaali. Asennusympäristö voi olla hankala tai asennuspaikka jopa niin ahdas, ettei tarvittava mittalaite ole mahdollista asentaa

kyseiseen kohteeseen. Mittalaitteen voi myös joutua asentamaan epäkäytännölliseen asentoon. Laipalliset mittalaitteet, kuten monet virtausmittaukset, vaativat erityistä huomioimista laippaväleihin, jotta asennusväli on yhteen sopiva mittalaitteen kanssa. Putkimuutokset ovat kallis investointi ja niitä pyritään välttämään.

Hartwallilla on esimerkiksi kohdattu yhteensopivuusongelma pinnanmittauksen prosessiyhteen kierteen ja vanhan mittalaitteen korvaavan laitteen yhteen kierteen kanssa. Kun on korvattu vanha laite uudella, kierre ei ole ollut enää yhteen sopiva prosessiyhteen kanssa. Tämän seurauksena mittalaite on jäänyt jumiin kierteeseen ja laite on jouduttu poistamaan voimakeinoin. Asiaa on tutkittu ja tultu siihen tulokseen, että mittalaitteissa sekä vanhassa että uudessa on sama kierre.

Prosessiyhteet ovat tulleet pakettina säiliöiden valmistajan mukana ja ne on hitsattu säiliöihin kiinni. Tästä syystä prosessiyhteiden muutos olisi hyvin kallis ja työläs vaihtoehto korjaustoimenpiteeksi. Endress+Hauser on kuitenkin teettänyt ratkaisuksi kierrepakan, jonka avulla kierteet saadaan muokattua oikeisiin mittoihin. Kierremuutoksia tehtäessä on havaittu, että kierteestä irtoaa selkeästi metallia. Tämä ratkaisu on kuitenkin työläs ja asettaa asentajat usein myös hyvin epäergonomisiin työasentoihin. Tulevaisuudessa vaihtoehtoisena ratkaisuna voisi olla muun muassa uusia säiliöitä tilattaessa toimittaa Endress+Hauserin tuottamat prosessiyhteet säiliöiden valmistajalle.

Sähköinen korvattavuus

Kenttälaitteiden sähköisessä korvattavuudessa on selvitettävä laitteiden yhteensopivuus kyseisen prosessin kommunikaatioprotokollan kanssa. Sen lisäksi, että laitteista otetaan primääriviestinä ohjaussignaali prosessin ajoa varten, ollaan koko ajan menossa enemmän siihen suuntaan, että kentältä ja laitteista halutaan saada enemmän tietoa. Tätä tietoa hyödynnetään prosessin ja laitteiden kunnonvalvonnassa. Mittauslaitteista pystytään saamaan koko ajan enemmän tietoa ja tekniikan kehitys vain kiihtyy kiihtymistään. Jotta laitteista voidaan saada kaikki hyöty irti, on tärkeää, että laitteiden DTM- ja GSD-tiedostot ovat ajan tasalla.

Hartwallilla on ohjausjärjestelmänä käytössä Honeywellin Alcont-pohjainen automaatiojärjestelmä. Järjestelmästä löytyy sellainen haittapuoli, että järjestelmän päivittäminen ei ole pysynyt kehityksen mukana ja tämän takia aiheuttaa ongelmia ottaa uutta teknologiaa käyttöön. Suuri ongelma on muun muassa se, että uusien laitteiden GSD-

tiedostojen päivittäminen järjestelmään joudutaan ”kovakoodaamaan” eli lisäämään ohjelmoimalla järjestelmän koodiin. Tämä on työläs prosessi ja vaatii paljon aikaa. Tämän seurauksena sen kustannukset ovat myös hyvin suuret, koska työhön tarvitaan myös tekijöiksi ulkoiset osaajat.

Kun Hartwallille on korvattu vanha laite uudella, on sen GSD-tiedosto jouduttu vanhentamaan vanhan laitteen GSD-tiedostoksi. Tämä johtaa siihen, että uusien laitteiden ominaisuuksia ei saada käyttöön täysimääräisesti. Tähän ongelmaan on kuitenkin vaikea keksiä helppoa ja halpaa ratkaisua, koska kyseessä on kolmannen osapuolen järjestelmä ja järjestelmien päivittämiset ovat hyvin pitkiä ja kalliita projekteja. Endress+Hauser on kuitenkin Hartwallin tukena kehittämässä heidän prosessiaan ja auttamassa etsimään ratkaisuja edessä oleviin ongelmiin.

Korvattavuuden mallintaminen

Endress+Hauserin omien kenttälaitteiden korvattavuus on tehty mahdollisimman yksinkertaiseksi sisäisten järjestelmien avulla. Käytännössä riittää, kun tiedetään korvattavan kenttälaitteen sarjanumero, niin pystytään selvittämään sen varaosatilanne tai kokonaan korvaava laite. Usein saattaa olla niin, että korvattava laite on niin vanha, jotta sille ei enää ole tukea tarjolla. Tämän saa selville syöttämällä laitteen sarjanumeron CER Viewer -nimiseen työkaluun. CER kertoo kaiken tiedon laitteesta sarjanumeron perusteella. Jos laitteelle ei enää löydy tukea, tarjoaa CER sille vaihtoehtoista korvaajaa Endress+Hauserin uudemmista tuotteista.

Seuraavana tulee esitys siitä, miten laitteelle määritetään korvaaja. Kyseessä on laite, joita on myös Hartwallin käytöstä vielä, mutta laitteelle ei ole enää tukea, vaan vikaantuessaan laitteelle etsitään korvaaja Endress+Hauserin OCT-työkalua käyttäen. Siihen syötetään korvattavan laitteen tilauskoodi, ja työkalu kertoo laitteen tuotannon tilan. Jos laitetta ei enää valmisteta, esittää työkalu korvaavan laitteen. Työkalu pystyy tekemään sen tilauskoodin avulla, koska tilauskoodi kertoo tarvittavat ominaisuudet laitteelle. Saattaa kuitenkin olla joskus niin, että OCT ei pysty ihan kaikkea määrittämään itse, joten silloin joutuu manuaalisesti syöttämään puuttuvat tiedot. Esimerkiksi, kun Celabar M PMP46:lle etsittiin korvaaja, OCT osasi antaa suoraan korvaajan (kuva 11).

Phased out product

Product name	***Cerabar M PMP46
Order code	PMP46-RA13M1R1DLD
Product status	Order stop

Successor products

Cerabar M PMP55

Product name	Cerabar M PMP55
Order code	PMP55-AA31RA1MGBTDJA4A
Product status	Available
Note	Window also in plastics available

Attribute	Value	Description
Approval:	AA	Non-hazardous area
Output:	3	PROFIBUS PA
Display, Operation:	1	LCD, push button on display/electronics
Housing:	R	F15 stainless steel hygiene, glass window
Electrical Connection:	A	Gland M20, IP66/68 NEMA4X/6P
Sensor Range:	1M	4bar/400kPa/60psi gauge, 40mH2O/133ftH2O/1600inH2O overload: 28bar/2.8MPa/420psi
Reference Accuracy:	G	Standard
Calibration; Unit:	B	Sensor range; mbar/bar
Process Connection:	TDJ	Tri-Clamp ISO2852 DN51 (2"), 316L, DIN32676 DN50, EHEDG, 3A, ASME-BPE
Membrane Material:	A	316L
Fill Fluid:	4	Vegetable oil, FDA
Diaphragm Seal Connection:	A	Direct

Kuva 11. Esimerkki OCT-työkalusta.

Tulevaisuudessa on tarkoituksena käydä koko Hartwallin laitekanta läpi ja etsiä korvaavat vaihtoehdot kaikille laitteille. Tämä helpottaa ja myös nopeuttaa huomattavasti korvaavan laitteen saantia, jolloin myös prosessin huoltovarmuus paranee. Listasta, jossa korvaavat laitteet esitetään, on tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertainen, jotta prosessi pysyy jouhevana. Esimerkkikuvassa 12 esitetään vaihtoehtoinen toteutustapa listan rakenteelle. Se rakentuisi yksinkertaisuudessaan niin, että positiokohtaisesti

ilmoitetaan korvattavan laitteen sijainti prosessin tag-numeroinnin perusteella. Sen jälkeen olisi korvattavan laitteen tilauskoodi ja korvaavan laitteen tilauskoodi.

TAG	KORVATTAVA LAITE (Order code)		KORVAAVA LAITE (Order code)
	Cerabar M PMP46		Cerabar M PMP55
Esim. 330PT1385	PMP46-RA13M1R1DLD	=>	PMP55-AA31RA1MGBTDJA4A

Kuva 12. Esimerkkikuva vaihtoehtoisesta laitekannan korvauslistasta.

3.3 Väyläanalyysimittaukset

Väyläanalyysimittauksilla selvitettiin Hartwallin kenttäväylän tilanne. Mittauksissa käytiin yhteensä 38 Profibus DP-segmenttiä ja 40 Profibus PA-segmenttiä. Mittauksilla pystytään selvittämään signaalien vahvuuksia sekä segmenttikohtaisesti että ihan laitekohtaisestikin. Sen lisäksi mittauksissa selviää myös mahdolliset vikaantuneet laitteet tai väylästä poistetut tai kadonneet laitteet. Mittauksien tuloksia tutkimalla pystytään myös sanomakehystä, oskilloskooppikuvia sekä jännitepylväitä hyödyntäen selvittämään mahdollisia vian aiheuttajia. Tällaisia vikaa aiheuttavia tekijöitä voi muun muassa olla liian lyhyet kaapelit laitteiden välillä, EMC-häiriöt, päätevastusten liiallinen tai liian vähäinen määrä.

Mittauksissa käytettiin kannettavaa tietokonetta, jossa oli asennettuna analysointiohjelma nimeltä ProfiTrace. Tietokoneen USB-porttiin kytkettiin ProfiCore Ultra, jonka avulla viesti saadaan yhteensopivaksi tietokoneen ja väylän välillä. ProfiCoresta liityttiin väylään segmentin päätevastuksen selkäliittimestä DP-liittimellä. DP-segmenteissä analysaattorista tehtiin isäntä kenttäväylään ProfiCaptain-ominaisuudella. Tämä mahdollisti yksityiskohtaisempaa tarkastelua väylän laitteista ja niiden toimivuudesta. Kun DP-segmentit olivat tarkistettu, vaihdettiin Proficore Ultra:n tilalle PA-Probe. PA-segmenttiin liityttiin siten, että PA-Probe:sta johdotettiin PA+ -napa ja PA- -napa PA-segmentin päätevastuksen PA+ -napaan ja PA- -napaan. PA-väylässä ei voi käyttää Proficaptain ominaisuutta.

Hartwallin väyläanalyysissä havaittiin useita huomioita, joilla väylää pystytään parantamaan. Joistakin segmenteistä puuttui laitteita, joiden tila tulisi selvittää. Nämä voidaan havaita ProfiTracen Live List -näkymässä (kuva 13), josta pystyy tarkastelemaan segmentissä olevia laitteita ja niiden osoitteet. Kyseessä voi olla joko laitteita, jotka on tarkoituksella poistettu väylästä, mutta päivitys järjestelmään on unohtunut tai sitten laitteet ovat muusta syystä hävinneet väylästä.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
90	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
110	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	120	121	122	123	124	125	126			

Kuva 13. Kuva ProfiTracen Live List -näkymästä.

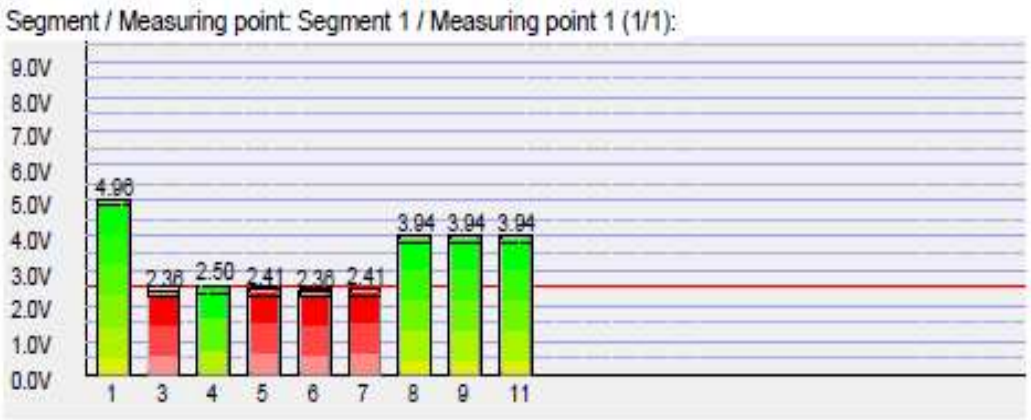
Mikäli segmentissä esiintyy joitakin häiriöitä, niin se antaa vikaviestiä raporttiin. Kuten Live List -näkymästä pystymme havaitsemaan, että laitteet 16 ja 17 ovat jostakin syystä pois käytöstä, antaa raportti kuvan 14 kaltaisen vikaviestin.

6.6 Slaves that caused syncs: 16, 17 ☒

Some types of ABB DCS systems continuously send Sync messages. This does not influence the bus communication. These Syncs can be ignored.

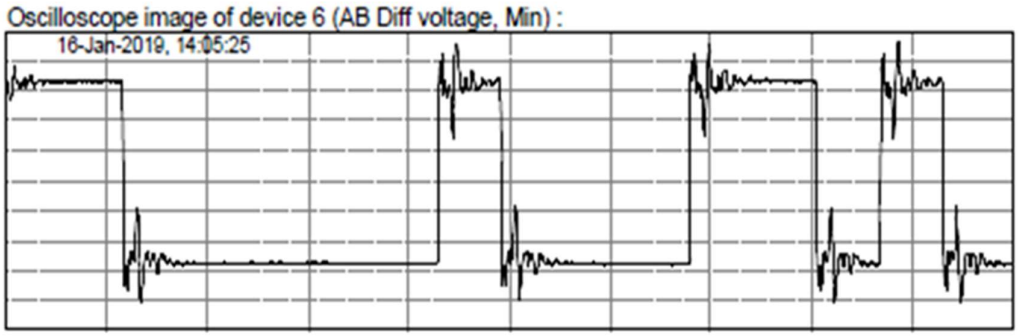
Kuva 14. Vikaviesti puuttuvista laitteista.

Heikkoihin signaaleihin voi olla monia syitä, mutta Hartwallin mittauksissa havaittiin ainakin useiden laitteiden jännitetasojen olevan suhteellisen alhaisia. Tämä selviää mittauksien jännitepalkkeja seuraamalla (kuva 15).



Kuva 15. Yhden segmentin laitteiden jännitetasot.

Kuvasta näkee, kuinka useampi laite on jännitetasoltaan varoittavan heikolla tasolla. Raportti ei kuitenkaan antanut vielä tällaisesta tilasta vikaviestiä. Kuitenkin kyseisen segmentin laite 6 on otettu esimerkkinä siihen, miltä kyseisen laitteen signaali näyttää oskilloskooppi kuvassa (kuva 16).



Kuva 16. Oskilloskooppi kuva laite 6 signaalista.

Signaalien voimakkuuteen vaikuttaa myös kaapeloinnit (kuva 17) sekä päätevastukset. On sääntö, että kaapeloinnin tulee olla vähintään yhden metrin mittainen laitteelta seuraavalle. Olisi myös suotavaa, että kaapelointi suunniteltaisiin siten, että laitteiden kaapelointivälit olisivat suhteellisen saman mittaisia. Toinen syy heikoille signaaleille on

usein ylimääräiset päätevastukset tai, jos signaalia ei löydy ollenkaan, voi syy olla puuttuvissa päätevastuksissa. Päätevastuksien osalta sääntö on, että segmentin alkupäässä on päätevastus ja loppupäässä on päätevastus.

Kuva 17. Kuvassa taajuusmuuttajien kaapelit liian lyhyet. (Kuva 2014 tehdystä väyläanalyysistä Hartwallille.)

3.4 Koulutus

Vaikka uusi teknologia tuo mukanaan paljon etuja ja parannuksia prosessin kunnossapitoon sekä tehokkuuteen, vaatii se myös uutta osaamista sen ylläpitoon. Kunnossapitojärjestelmä Fieldcare ja omaisuuden hallintajärjestelmä W@M ovat esimerkillisiä järjestelmiä siitä, että ajan tasalla pidettynä ne tehostavat prosessin kunnossapitoa ja huoltovarmuutta. Toisaalta, jos järjestelmät eivät ole ajan tasalla ja niiden ominaisuuksia ei käytetä, niin ne menettävät merkityksensä. Tästä syystä on erittäin tärkeää, että näiden ylläpitoon löytyy osaamista myös Hartwallista. Hartwallin kunnossapidon henkilökunta on myös ilmoittanut tarpeensa sekä kiinnostuksena kouluttautua.

Kulutukset voisi sisältää muun muassa tutustumista Endress+Hauserin tarjolla olevaan uuteen teknologiaan ja niiden hyödyntämiseen Hartwallin prosessissa. Sellaisia voisi olla vaikka, uusimmat versiot mittaustekniikassa ja niiden hyödyntäminen sekä analyysimittauksien hyödyntäminen heidän prosessissa. Myös Fieldcare- sekä W@M -järjestelmien ylläpitoon liittyvät asiat ovat tärkeässä roolissa koulutustarpeissa. Koulutuksessa voisi

myös käydä läpi Endress+Hauserin tarjolla olevia palveluita. Hartwallilla on jo käytössä Endress+Hauserin etätukipalvelu, joka mahdollistaa teknisien vikojen etsinnän ja tuen vian korjaamiseen etänä. Mikäli kunnossapitoon liittyvät järjestelmät saadaan ajan tasalle, mahdollistaa se etätukipalvelulle erittäin hyvän pohjan avunannolle erittäinkin nopeasti tarpeen vaatiessa.

4 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli löytää tapoja tehostaa ja tiivistää Endress+Hauserin ja Hartwallin välistä yhteistyötä, sillä Endress+Hauserille on ennen kaikkea tärkeää, että asiakas tietää saavansa apua tarvittaessa laitekantansa kanssa. Työn alkaessa oli jo tiedossa ongelmatilanteita, joihin työssä lähdettiin etsimään ratkaisuja. Auditointia tehdessä ja työn edetessä saatiin kuitenkin hyvä kuva Hartwallin prosessin tilasta, minkä perusteella pystytiin suunnittelemaan prosessin luotettavuutta ja laadukkuutta parantavia toimenpiteitä myös tulevaisuuteen. Tämän työn laajuus on kuitenkin niin suuri, että tässä lopputyössä oli tarkoitus vain selvittää ja esittää mahdollisia vaihtoehtoja Hartwallin prosessia parantaville jatkotoimenpiteille.

Työssä ensisijaisesti keskityttiin luomaan pohja mutkattomalle laitekannan uusimiselle tarpeiden ilmetessä. Kun korvattavista laitteista saadaan lista aikaiseksi tilausnumeroineen, yksinkertaistaa ja nopeuttaa se tilausprosessia huomattavasti. Tämän lisäksi Hartwallin tehtailla toteutettiin työn aikana myös väyläanalyysimittaukset, mistä saatiin kattava kuva kenttälaitteiden sekä ohjaus- ja kunnonvalvontajärjestelmän välillä. Näillä valmiuksilla pystytään jouhevasti jatkamaan kehitystyötä Hartwallin prosessin luotettavuuden kanssa.

Tämän työn puitteissa tehty selvitystyö tulee todennäköisesti tukemaan jatkossa tehtäviä toimenpiteitä Endress+Hauserin ja Hartwallin välillä. Työn pohjalta pystytään jo suunnittelemaan tulevia jatkotoimenpiteitä Hartwallin prosessiin. Tämän pohjalta käydään kuitenkin ensin keskusteluja siitä, mitä näkemyksiä Hartwallin kunnossapidon henkilökunnalla on tulevaisuuden suunnitelmista. Toivon, että työn pohjalta pystytään myös syventämään yhteistyötä yritysten välillä. Endress+Hauser pyrkii myös dynaamisesti kehittymään tukiessaan Hartwallin kunnossapitoa ja tarjoaa myös mahdollisuutta syventää osaamistaan Endress+Hauserin tuotteiden ja palveluiden kanssa koulutusten muodossa.

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja laaja-alainen. Työn kautta pystyin syventämään osaamistani kenttälaitteiden ja järjestelmien kanssa huomattavasti. Olen myös erittäin kiitollinen saadusta mahdollisuudesta työskennellä alan aallonharjalla huippuosaajien kanssa. Odotan myös innolla jatkuvaa yhteistyötä Hartwallin ystävällisen ja osaavan henkilökunnan kanssa.

Lähteet

1 Tietoa Endress+Hauser yrityksestä. 2019. Verkkoaineisto. Endress+Hauser Oy. < https://www.fi.endress.com/en/Endress-Hauser-group>. Luettu 3.12.2018.

2 Tietoa Hartwall yrityksestä. 2019. Verkkoaineisto. Oy Hartwall Ab. <https://www.hartwall.fi/fi/yritys>. Luettu 3.12.2018

3 Huttunen, Timo. 2010. Elintarvikeprosessit. Teoksessa Saarela, Anna-Maria; Hyvönen, Paula; Määttälä, Sinikka & von Wright, Atte (toim.). Olut. 3. uudistettu painos. Kuopio: Suomen Graafiset Palvelut Oy Ltd.

4 Nettaanmäki, Juuso. 2012. DCS-automaatioprojektien analysointi ja kehitys. Insinöörityö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

5 Sihvonen, Markku. 1999. Teollisuuden instrumentointi: rakenne ja suunnittelu. Helsinki: AEL.

6 Endress+Hauser. 2019. Verkkoaineisto. Tuotteet. <https://www.fi.endress.com/en/field-instruments-overview>. Luettu 20.3.2019.

7 Nikula, Jari. 2019. Työnsuunnittelija, Borealis Polymers Oy, Kilpilahti. Keskustelu 9.2.2019.

8 Altomteknik. 2017. Verkkoaineisto. Den magnetiske flowmåler. <https://altomteknik.dk/nyheder/2017/12/05/den-magnetiske-flowmaaler-1/>. Luettu 20.3.2019.

9 Mård, Pasi. 2012. Virtausmittareiden kalibrointilaitteiston suunnittelu. Insinöörityö. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

10 Frondelius, Leila. 2005. Vortex -virtauksen mittaus. Keuda.

11 Opetushallitus. 2019. Verkkoaineisto. Laboratorioanalyysit. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_6-2_potentiometria.html>. Luettu 20.3.2019.

12 Alapere, Ari; Roppola, Jonne; & Hietanen, Tero. 2009. Profibus väyläanalyysi. Oulun ammattikorkeakoulu.

13 Hänninen, Mika. 2016. Automaatioväylien soveltuvuuden tutkiminen rakennusautomaatioon. Insinöörityö. Metropolian Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

14 Tekninen esite. 2015. Verkkoaineisto. Metso Endress+Hauser Oy (nykyään erillään). <http://valveproducts.metso.com/documents/neles/TechnicalBulletins/fi/9FC20FI.pdf>. Luettu 15.2.2019.