

Opinnäytetyö (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio
2013

Ivan Kinnunen

VEDYN KULUTUKSEN MITTAUS HYDRAUSREAKTORISSA

– Vedyn kulutuksen mittaus esterilaitoksella



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

Joulukuu 2013 | 25 sivua

Timo Vaskikari, koulutusvastaava, Turun Ammattikorkeakoulu

Ville Nieminen, prosessinkehityskemisti, Raisio Oyj, Benecol-yksikkö

Ivan Kinnunen

VEDYN KULUTUKSEN MITTAUS HYDRAUSREAKTORISSA

Työssä tutkitaan Raision esterilaitoksessa vedyn mittauksen tarkkuutta vedytysreaktorissa. Teoriaosassa käydään läpi mahdolliset mittaamenetelmät, esterilaitoksen nykyiset mittarit sekä vedyn annostelu ja säilytys esterilaitoksella. Käytännön osassa kerrotaan, kuinka kemialla ja tekniikalla yhdistelemällä saadaan vedyn nykyiselle mittaukselle tarkat arvot ja kartoitetaan vaatimukset uutta mittalaitetta varten.

Opinnäytetyössä selvitetään nykyisen mittauslaitteen tarkkuus. Osoitettua ettei yhden mittarin tarkkuus riitä hydrauksen ainoaksi mittaukseksi, selvitetään mahdollisuus mittauskokonaisuudesta, jossa yhdistetään kaksi tekniikaltaan samanlaista mittausta. Työssä esitetään mahdollinen mittauslaite, joka nykyisen mittauslaitteen rinnalle lisättäessä poistaa vetymittausvirtauksen epätarkkuusongelman.

ASIASANAT:

vety, hydraus, vedytys, mittaus, massavirtamittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Machine Automation

December 2013 | 25 pages

Timo Vaskikari, Programme Manager, Turku University of Applied Sciences

Ville Nieminen, Process Development Chemist, Raisio Ltd, Benecol Branch

Ivan Kinnunen

THE MEASUREMENT OF HYDROGEN CONSUMPTION IN A HYDROGENATION PROCESS

This thesis examines the accuracy of hydrogen measurement used in a stanolester production plant in Raisio. The theoretical part of the thesis discusses the hydrogen storage and flow measurement currently used at the plant. Other viable measurement procedures are also introduced.

The practical section of the work explains how it is possible to obtain accurate values for the current measurement procedure by combining chemistry and technology. This section also covers the calculations of the parameters for the new measurement and explains the principles of the new improved measurement in detail.

KEYWORDS:

hydrogen, hydrogenation, mass flow meter, measurement

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 YRITYSESITTELY	7
3 HYDRAUS KEMIALLISENA REAKTIONA	8
3.1 Hydraus	8
3.2 Vedyn kulutus hydrauksessa	8
3.3 Vedyn virtausmittaus esterilaitoksella	9
4 ERILAISET VIRTausMITTAUSMENETELMÄT	10
4.1 Termiset mittaussmenetelmät	11
4.2 Värähtelyyn perustuvat mittarit	11
4.3 Coriolis-ilmiöön perustuva massavirtamittaus	11
4.4 Paine-eroon perustuvat mittaukset	12
5 SEKVENSsit	13
6 VEDYN VIRTauKSEN MITTAAMINEN PAINENMUUTOKSEN AVULLA	14
6.1 Paineen muutokseen perustetut vedyn virtauksen laskelmat	14
6.2 Painemuutoksen ja virtausmittauksen yhteensovitus	15
6.3 Mittauslaitteen mitatun arvon ja lasketun arvon vertailu	16
7 MIMO:N TOIMINTA-ALUEEN SELVITYS	17
7.1 MIMO:n sisäinen suodatus ja trendit	17
7.2 Suodatuksen poisto MIMO:n mittauksesta	18
8 PIENILLÄ VIRTauKSILLA TOIMIVA MITTAUSLAITE	20
9 UUDEN VETYVIRTausMITTARIN PARAMETRIT	22
9.1 Tarjotun mittauksen sopivuus esterilaitokselle	22
9.2 Tarvittavat muutokset uutta mittauslaitetta varten	22
9.3 Uuden mittauskokonaisuuden toimintakuvaus	23
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	24
LÄHTEET	25

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
DeltaV	DeltaV operative on prosessiohjaukseen tarkoitettu järjestelmä.
konversio	Aineiden muuntaminen. Tässä yhteydessä sterolin muuntaminen stanoliksi.
MIMO	Micro Motion Flow Meter. Micro Motionin valmistama massavirtamittaus.
sekvenssi	Sanasta sarja. Sekvenssi on sarja ohjaukaskäskyjä ja ehtoja, joilla ohjataan DeltaV käyttöjärjestelmässä laitteita.
steroli	Kasvisteroli. Kasveissa esiintyvä steroidialkoholi.
stanoli	Sterolin kaksoissidosta vedyttämällä saatu yhdiste. Kasvisstanoliesteri on Benecol-tuotteiden vaikutusosa.
tuotannonhoitaja	Esterilaitoksen työntekijä, jonka tehtävä on huolehtia tuotannosta.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää ja parantaa sterolin hydrauksessa käytettävää vedynvirtauksen mittauslaitteistoa Ravintoraisio Oy:n esterilaitoksella. Nykyinen mittauslaitteisto koostuu kahdesta mittarista, joista toinen on elinkaarensa päässä. Mittauksia ei ole synkronoitu keskenään, ja tieto välitetään käyttäjille eri mittausyksiköissä. Opinnäytetyön perusteella arvioidaan olemassa olevien mittareiden tarkkuutta ja mittausten kokonaistarkkuutta pyritään parantamaan.

Keväällä 2013 prosessin seurannan kautta tuli ilmi, että vedyn kulutuksen mitausta voisi kehittää tarkemmaksi. Tästä muodostui lopulta opinnäytetyön aihe. Ratkaisemalla esille tuodut ongelmat saadaan tehtaan tuotantoa sujuvammaksi. Ongelman ratkaisemisesta seuraa myös ajan säästöä ja taloudellista hyötyä.

Työssä käydään läpi erilaisia mahdollisia vaihtoehtoja vetyvirtauksen mittaamisessa nykyisten mittausten tilalle. Käytännön osuus sisältää mittaustarkkuuden perusteellista selvittämistä. Lopuksi ehdotetaan mahdollinen ratkaisu.

Työssä keskitytään erityisesti tuotannon parantamiseen. Tuotanto on eräkohtainen prosessivalmistus, jonka automaatioaste on hyvin korkea. Prosessissa käytetään runsaasti mittauksia ja säätöjä, jotka auttavat prosessin valvomista ja laadunvarmistamista.

Opinnäytetyössä tutkitaan hydrauksen massavirtamittauksen tarkkuutta. Tavoitteena on saada selkeä mittaus hydrauksen vedyn kulutukselle. Tämän hetkinen mittauskokonaisuus on epämääräinen ja epätarkka. Opinnäytetyössä selvitetään nykyisen mittauslaitteiston tarkkuus ja ehdotetaan tarvittavia muutoksia mittauslaitteistoon.

2 YRITYSESITTELY

Raisio Oyj on kansainvälinen kasvipohjaisen ravinnon erityisosaja. Raision päätuotteita ovat elintarvikkeet, Benecol-tuotteiden ainesosa kasvistanoliesteri, rehut ja rehuvalkuainen sekä kasviöljyt. Konsernin palveluksessa on noin 1 900 henkilöä. Toimintaa on kymmenessä maassa. (Raisio Oyj 2012.)

Päämarkkina-alueet ovat Suomi, Iso-Britannia, Ruotsi, Venäjä, Ukraina, Puola, Viro ja Tšekki. Raision tunnetuimpia brändejä ovat Benecol, Honey Monster, Elovena, Sunnuntai, Nordic, Fox's ja Juicee Gumme. Raision liiketoiminta on jaettu kahteen yksikköön: Brändeihin ja Raisioagroon. (Raisio Oyj 2012.)

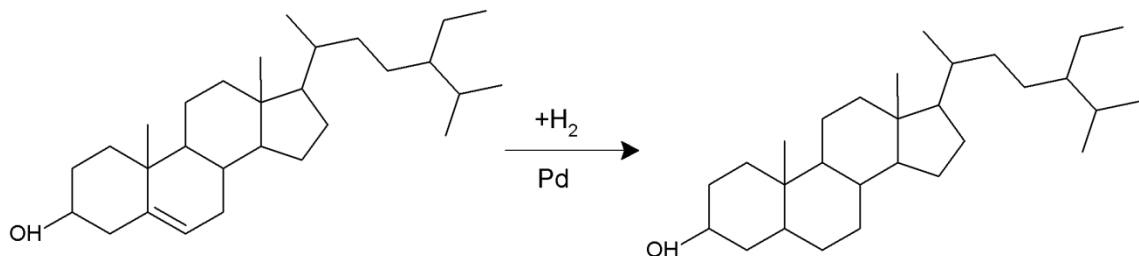
Benecol® on kansainvälinen tuotemerkki elintarvikkeille, joihin on lisätty kasvistanoliesteriä, patentoitua kolesterolia alentavaa ainesosaa. Kasvistanoliesteri alentaa tehokkaasti veren kokonais- ja LDL-kolesteroliarvoja. Benecol-tuotteiden ainesosan tehokkuus ja turvallisuus on varmistettu noin kuudessa-kymmenessä julkaistussa kliinisessä tutkimuksessa. Suomalainen Raisio-yhtymä omistaa sekä Benecol-tuotemerkin että ainutlaatuisen patentoidun ainesosan, kasvistanoliesterin. Benecol tuotteita ovat tehojuomat, levitteet sekä välipalat. (Benecol 2013.) Kasvistanoliesteri valmistetaan esterilaitoksella Raision tehtaalla.

3 HYDRAUS KEMIALLISENA REAKTIONA

Opinnäytetyötä edelsi esterilaitoksella suoritettu sarja hydrauksien seurantoja. Asiasta kerrotaan enemmän esterilaitoksen sisäisessä raportissa. Seurannassa kiinnitettiin huomiota mittaus- ja laatuselvityksiin liittyen sterolin hydraukseen esterilaitoksella. Kyseisen seurannan aikana huomattiin tietynlaisia epätarkkuuksia vedyn kulutuksen mittauksessa, mistä opinnäytetyö sai alkunsa.

3.1 Hydraus

Raision esterilaitoksen yksi pääprosesseista on hydraus. Hydraus on kemiallinen reaktio, vedyn ja toisen alkuaineen tai yhdisteen välillä, yleensä katalyytin läsnä ollessa. Ilman katalyyttiä tapahtuva hydraus on mahdollinen, mutta vaatii yleensä runsaasti aikaa. Hydrausreaktiossa lisätään vetyä yhdisteeseen. Hydrausreaktio vähentää yhdisteen kaksois- ja kolmoissidosten määrää. Esterilaitoksella hydrataan steroleita stanoleiksi (kuva 1). Reaktiossa tavoitellaan mahdollisimman korkeaa konversiota.



Kuva 1. Hydraus kemiallisena reaktiona.

3.2 Vedyn kulutus hydrauksessa

Hydrausreaktiossa vetyä syötetään säiliöön eli hydrausreaktoriin, jossa reaktio tapahtuu. Vetyä syötetään paineella linjaa pitkin, kunnes kemiallinen reaktio on edennyt päätökseen. Vetyä kuluu reaktion aikana, ja kemiallisen reaktion johdosta vety muodostaa uuden molekyylin. Esterilaitoksella pyritään tarkasti seuraamaan vedyn virtausta hydrauksessa. Hydraus on valmis, kun vetyvirtaus

lakkaa tai on riittävän alhainen, jolloin vetyä ei käytännössä kulu. Virtausmittauksella on myös toinen aspekti. Seuraamalla vedyn kokonaiskulutusta ja ottamalla näytteitä hydrauksesta, saadaan seuranta hydrauksien kemiallisen reaktion onnistumisesta. Tallentamalla näitä tietoja laatusuranta on jatkuva ja tietoja voidaan käyttää myös tulevaisuudessa.

3.3 Vedyn virtausmittaus esterilaitoksella

Vedyn mittaus auttaa prosessin hallinnassa ja ennakoitua tuotelaatua. Esterilaitoksen automaatiojärjestelmä on rakennettu vedyn virtauksen mittauksen ympärille.

Tässä työssä tutkitaan massavirtauksen tarkkuutta. Tavoitteena on saada selkeä mittaus hydrauksen vedyn virtaukselle ja kulutukselle. Työn alussa mittausten kokonaisuus on epämääräinen ja ilmeisesti epätarkka.

Tekemällä mittauksista tarkempia ja helpommin tulkittavia vähennetään työmäärää ihmisiltä. Keräämällä talteen tarkkoja lukuja vedyn määrän kulutuksesta voidaan tuotantoa suunnitella paremmin ja esimerkiksi vedyn tilaus alihankkijalta voidaan automatisoida. Tarkan suunnittelun avulla voidaan esterilaitoksen tuotantokapasiteettia nostaa entisestään.

4 ERILAISET VIRTAUSMITTAUSMENETELMÄT

Tässä osiossa käydään läpi erilaisia tapoja mitata kaasun virtauksia. Virtauksen mittaamistapoja on useita. Tässä työssä keskitytään käymään läpi homogeenisen kaasun virtauksen mittaustapoja, joten jätetään huomiotta erityisesti nesteille suunnatut virtausmittausmenetelmät, kuten mekaaniset ja induktiiviset mittaukset. Paine-eroon perustuvia mittauksia ei oteta myöskään huomioon, vaikka niitä käytetäänkin kaasujen virtauksien mittaamiseen. Paine-eroon perustuvat mittaukset (kuristuselimet, pitot-putket jne.) pidetään tilavuusvirtamittauksena, jossa tiheyttä tarvitaan vain massavirtasovelluksissa. Virtausnopeuden määrittäminen paine-eromuutoksesta virtauksen muuttuessa edellyttää tietoa väliaineen tiheydestä. (Kukkonen 2002, 1). Tämä vaatii asennettavien laitteiden kalibrointia tietyille aineille, mikä nostaa kustannuksia.

Vielä yleisimmin tunnettu paine-eromittauksen haittapuoli on sen perustuminen mitatun suureen (paine-ero) neliöjuureen. Virtauksen pienentyessä kymmenesosaan, paine-ero pienenee sadasosaan (Kukkonen 2002, 2.) Näin mittaus ei ole tarkka pienillä virtauksilla, varsinkin kun virtaus on luonteeltaan jatkuvasti pienenevä. Mikäli halutaan määrittellä hydraulisen päätepiirteen tarkasti, ovat virtaukset pieniä.

Esterilaitoksella ei ole paine-eroon perustuvia mittauksia. Syynä tähän on niiden epätarkkuus. Teoriaosassa työtä käydään läpi ainoastaan paine-eroon perustuvien mittauksien teoriaa, ei antureiden perusteita. Tietoja siitä käytetään myöhemmissä koejärjestelyissä hyväksi.

Kaikille työssä mainituille mittauksille löytyy toimittajia Suomessa. Esimerkiksi Kontram, Metso Endress+Hauser, Sarlin ja ABB. Jokaisella toimittajalla on tarjolla hieman erilaisia ratkaisuja mittauksille, hyvin pitkälti sen mukaan mihin kyseinen toimittaja on parhaiten erikoistunut.

4.1 Termiset mittausmenetelmät

Termiset massavirtausmittarit pystyvät mittaamaan laajaa aluetta aina muutamasta grammasta tunnissa suuriin virtausmääriin saakka. Mittauksessa on yleensä kaksi anturia, ja mittaus suoritetaan joko lämmittämällä toista tai antamalla väliaineen jäähdyttää toisen. Kummassakin mitataan lämpötila-eroa, josta saadaan laskettua aineen virtausnopeus. Saadakse massavirtauslukeman tulee laskuihin ottaa mukaan lämmönsiirtymiskerroin. (Räsänen 1993, 92–94.)

Mittaus on pistemäinen, eikä sillä saavuteta suurta tarkkuutta (Kukkonen 2002, 2). Termiset lämpötila-anturit voivat olla varteenotettava vaihtoehto esterilaitoksenkin tapauksessa. Mitattava aine on homogeeninen ja virtaus on jatkuva, joten teoriassa terminen massavirtamittaus voisi toimia.

4.2 Värähtelyyn perustuvat mittarit

Pyörrevana- eli vortex-periaatteella toimivien mittausten toiminta perustuu Karman-ilmiöön: ”Jos putkessa etenevään neste-, kaasu- tai höyryvirtaukseen asetetaan virtaussuuntaa vastaan kohtisuoraan sauvan muotoinen este, muodostuu siitä myötävirtaan pyörteinen vana, jonka syntymistaajuus on verrannollinen väliaineen virtausnopeuteen.” (Pihkala 2004, 78.)

Ongelmana vortex-mittauksissa on, että pyörteitä ei synny pienillä virtauksilla, eikä niiden taajuus ole aina sama. Mittauksesta on olemassa useampi muunnos, riippuen väliaineesta. (Pihkala 2004, 78.)

4.3 Coriolis-ilmiöön perustuva massavirtamittaus

Mittauksessa väliaine johdatetaan mutkaputkea pitkin. Putket värähtelevät noin 80 Hz taajuudella, kun putkessa ei ole virtausta. Newtonin toisen lain mukaan virtauksen kulkiessa putken läpi aiheuttaa virtaus voimavaikutuksen putkeen. Kyseinen voima vääntää mutkaputken, jolloin vaihe-ero mitataan antureilla putken päistä. Kyseisten antureiden tiedoista saadaan laskettua massavirtaus. Tä-

hän vääntymiseen ei vaikuta väliaineen viskositeetti, tiheys, lämpötila, paine tai johtokyky. Mittauksesta saadaan myös väliaineen tiheys. (Räsänen 1993, 102.)

Verrattuna esimerkiksi paine-eroon perustuviin mittauksiin, mittaus on lineaarinen. Virtauksen muuttuessa mitattu suure muuttuu samassa suhteessa.

”Luopumalla tiheysmittausoptiosta ja parhaasta virheettömyydestä ne tarjoavat kilpailukykyisen vaihtoehdon pyörrevana ja magneettisillekin virtausmittareille myös käyttökohteissa, joissa tilavuusvirtamittauskin riittää” (Kukkonen 2002, 2).

4.4 Paine-eroon perustuvat mittaukset

Paine-eroon perustuvissa mittauksissa käytetään hyväksi painehäviötä. Mittaus kuristaa virtausta, jolloin syntyy painehäviö. Virtaus lasketaan kaavasta

$V = k \sqrt{\frac{\Delta p \cdot p}{T}}$, jossa V on virtaus, k on putken karheuspinta kerroin, p on paine ja T on lämpötila. (Pihkala 2004, 68).

Opinnäytetyössä ei ole käytössä paine-eromittausta. Sen sijaan käytetään painemittausta, josta saadaan paine-ero tietyssä ajassa. Paine-eron, lämpötilan ja tilavuuden perusteella lasketaan ainemäärä, josta saadaan aineen massa. Kaasujen yleinen tilanyhtälö $pV = nRT$ ja ainemäärän yhtälö $m = nM$, p on paine, V on tilavuus, n on ainemäärä, R on kaasuvakio ja T on lämpötila.

5 SEKVENSsit

Esterilaitoksen käyttämä ohjausjärjestelmä DeltaV rakentuu pääasiassa kahdesta osasta. Ohjausjärjestelmässä on sekvenssejä ja signaalinäyttöjä. Signaalinäytöt DeltaV:ssä näyttävät kaikki siihen tulevat mittaukset, tilatiedot, anturitiedot ja ohjaustiedot. Jokainen tieto järjestelmässä on sijoitettu lähelle sen oikeaa fyysistä paikkaa tehtaalla. Sekvenssi on ohjelma, jolla ohjataan tehtaan prosesseja. Sekvenssi rakentuu askeleista, jossa suoritetaan siihen ohjelmoitu tehtävä, joka voi olla kertaluonteinen tai jatkuva, kunnes toisin määrätään. Sekvensseissä käytetään hyväksi vain tarvittavia tehtaalta tulevia signaaleja. Esimerkiksi hydraussekvenssissä käytetään hyväksi vain signaaleja, jotka tulevat hydraulisen suorittamisen kannalta tärkeiltä mittauksilta, pumpuilta ja kytkimiltä.

6 VEDYN VIRTAUKSEN MITTAAMINEN PAINENMUUTOKSEN AVULLA

Vedyn annostelu hydrausreaktoriin esterilaitoksella tapahtuu linjaa pitkin, joka tulee vetykonttialueelta. Vetykonttialue on sijoitettu tehtaan alueen ulkopuolelle turvallisuussyistä.

Opinnäytetyö aloitettiin laskemalla vedyn likimittainen määrä hydrausreaktiossa, käyttäen paineen muutosta vetykonteilla. Reaktion lopussa aikayksikköä kohti kulunutta määrää voidaan verrata MIMO-mittaukseen teknisiin tietoihin (Emerson 2013). Vihkossa mainitaan MIMO-mallin tekninen mittaustarkkuus. Työssä käytetään painemittausta, virtausmittauksia sekä lämpötilamittausta. Tiedoilla lasketaan vetykonteilta tuleva ainemäärä ja sitä kautta massa aikayksikössä.

Kokonaisvedynkulutus hydrauksen aikana saadaan seuraamalla ulkolämpötilaa ja kontin painetta, kun tilavuuden oletetaan pysyvän vakiona. Työn kannalta tärkeät, pienet vetyvirtaukset esiintyvät hydrausreaktion lopussa, joten kokonaiskulutuksella ei ole merkitystä tässä vaiheessa. Hetkellinen virtaus on laskettavissa, kun tarkkaillaan paineen muutosta aikayksikköä kohden.

6.1 Paineen muutokseen perustetut vedyn virtauksen laskelmat

Tehtaan ohjausjärjestelmästä seurattiin paineen ja lämpötilan muutosta hydrauksen aikana. Koska hydraus tapahtui suhteellisen lyhyessä ajassa, oletettiin, että lämpötila pysyy vakiona. Jäljelle muuttujista jäi konttien paineen muutos. Seurannan aikana kirjattiin aikaleima ja kontin paine. Seuranta tehtiin kolmelle hydraukselle.

Seurannan aikaiset arvot otettiin ylös ja todettiin, että hydraukset olivat hyvin samanlaiset arvoiltaan. Arvojen perusteella laskettiin vedyn virtaus reaktion lopussa.

Kun ensimmäiset tulokset oli saatu todettiin, että seurantaan pitää jatkaa. Ensimmäiset tulokset kertoivat, mikä on laskennallinen vedynvirtaus reaktion lopussa. Tästä ei pystytty arvioimaan, miten lähellä laskettu virtaus olisi ollut MIMO:n lukemaa sillä hetkellä. Tekniikaltaan MIMO:n pitäisi pystyä mittaamaan laskussa mainittu lukema (Emerson 2013).

6.2 Painemuutoksen ja virtausmittauksen yhteensovitus

Seuranta uusittiin ja tällä kertaa otettiin ylös paineen lisäksi MIMO:n ja vortexmittauksen lukemat. Lisäksi otettiin laboratorioon toimitettavia näytteitä. Tarkoituksena oli verrata paineen muutoksen avulla laskettuja arvoja MIMO:n virtauksen lukemiin. Näytteiden analyyseistä nähdään sterolien ja stanolien suhteelliset pitoisuuden ja pystytään sanomaan, miten pitkälle reaktio on edennyt kyseisellä ajanhetkellä.

Hydrauksen etenemistä kuvaavia näytteitä analysoitiin yhteensä kymmenen. Ensimmäinen otettiin ennen reaktion käynnistämistä. Seuraavat näytteet otettiin kesken reaktion, noin tunnin välein. Näytteitä kerättiin runsaasti, jotta saatiin mahdollisimman tarkka reaktion konversio halutulle ajankohdalle.

Virtausarvoista pystytään näkemään vedyn kulutus hydrauksen aikana. MIMO mittaa virtausta koko hydrauksen ajan ja vortex-mittaus tulee mukaan reaktion loppupuolella. Näytteistä myös nähdään, ettei reaktio ollut kemiallisesti valmis näytteiden ottohetkillä.

Näytteiden analysoinnin jälkeen pystyttiin hyvin päättämään, että kontin paineen muutosta ei voida käyttää hyväksi vedyn virtausarvon laskennassa, eikä varsinkaan hydrausreaktion seurannassa. Kontin painetta seuraamalla ei voida päästä kovin tarkkoihin tuloksiin, reaktion kemiallisen valmiuden puolesta. Reaktioajan lopussa kontin paine pysyi samana kahden tunnin ajan. Vedyn määrittäukset kuitenkin näyttivät selkeätä virtausta. Jos kontin paineen muutos olisi yksi ehto reaktion lopettamiseen, se olisi liian epämääräinen. Kontin painemittaus on aivan liian epätarkka ehto. Toinen tapa tässä olisi ajatella koko-

naispaineen muutosta. Yhden hydrausreaktion aikana kontin paineen lasku vaihtelee raaka-aineen kaksoissidosten määrän vuoksi.

Vetykonttien painemittauksen hyväksikäyttö vedyn mittauksessa on epätarkka ja hankala seurata. Tarkemmilla painemittauksilla ja selkeällä vedyn tilavuuden tuntemuksella voidaan saada tarkempaa tietoa myös vedyn virtauksista. Tämä vaatisi selkeitä muutoksia nykyisen esterilaitoksen vedyn säilytykseen ja annosteluun esterilaitoksella.

6.3 Mittauslaitteen mitatun arvon ja lasketun arvon vertailu

Laskettiin arvo vedyn teoreettiselle virtaukselle. Kolmen hydrauksen seurannasta lasketut teoreettiset virtausarvot ovat samaa luokkaa. MIMO:n minimivirtausarvo on 0,027 kg/h (Emerson 2013). Seurantojen aikana todettiin, ettei kontin painemittausta voida pitää tarpeeksi luotettavana vetyvirtauksen mittaamiseen. Myöskään edellä mainittuja laskuja ei voida käyttää MIMO:n tarkkuuden määrittämiseen.

7 MIMO:N TOIMINTA-ALUEEN SELVITYS

Työssä aiemmin järjestetyn hydrausseurannan perusteella todetaan, että MIMO:n tarkkuus voi olla riittävä mittaamaan vetyvirtausta koko reaktion keston ajan. Tässä osiossa keskitytään määrittämään MIMO:n tarkkuus.

7.1 MIMO:n sisäinen suodatus ja trendit

Työssä muutetaan mittauksen sisäistä arvojen suodatusta. Mittaukseen (MIMO) laitetaan suodatus eli lukema, jonka alle jäävät mittauservot jätetään pois mitta-alueesta. Esterilaitoksen käyttämässä vedyn massavirtausmittauksessa on sisäinen suodatus nimellä ”cut off”. Arvo ilmoitetaan mittausyksiköissä, tässä tapauksessa kg/h.

Kyseiset suodattimet yleensä ohjelmoidaan mittauslaitteisiin. Suodattimella varmistetaan, ettei mittaus kerää turhan pieniä mittauservot. Esimerkiksi vieriset sähkölaitteet tai yksinkertaiset putken värähtelyt, voivat aiheuttaa pieniä signaaleja, joita suodatuksella voidaan poistaa.

Opinnäytetyön suoritus vaati runsaasti trendien seuranta. DeltaV järjestelmässä on käytössä kaksi trendi-tyyppiä. Ensimmäinen on keskuspalvelimelle tallennettava trendi. Trendi tallennetaan, jotta tarpeen vaatiessa voidaan katsoa vanhoja prosessilukemia. Trendit tallennetaan eri tavalla. Esimerkiksi pumppujen ohjausprosentit, jotka eivät vaihtelee huomattavasti, tallennetaan sellaisenaan. Toiset trendit, jotka eivät ole kriittistä tietoa, tallennetaan korjattuina. Korjaus tarkoittaa tässä tapauksessa trendin suoristamista eli trendin jokaisen mittauspisteen tallentamisen sijaan, tallennetaan suurpiirteinen muoto trendistä. Näin säästetään kovalevytilaa palvelimelta. Korjatusta trendistä tulee mutkattomampi, sillä todelliset mittauservot häviävät. Jäljelle jää ainoastaan mittauksen kulku prosessin aikana.

Toinen DeltaV trendeistä on reaaliaikainen. Toisin, kuin edellä on mainittu, tätä trendiä ei tallenneta. Trendi alkaa piirtää mittauservot hetkistä, kun se avataan

ja lopettaa siihen, kun se suljetaan. Arvoja ei muuteta, vaan ne ovat suoria mittausarvoja prosessista. Trendi avataan aina mittauskohtaisesti ja se näkyy ainoastaan paikallisesti. Trendiä ei ole mahdollista siirtää DeltaV ohjausjärjestelmästä ulos sähköisessä muodossa ja tästä syystä opinnäytetyössä käytetyt reaaliaikaisen trendin kuvat ovat otettu valvomon tietokoneruudusta.

7.2 Suodatuksen poisto MIMO:n mittauksesta

Ensimmäisten hydrausseurantojen jälkeen työn suorituksen painopiste siirtyi massavirtausmittaukseen. Esterilaitoksen henkilökunnalla oli tietoa mittauksen sisäisestä suodatuksen arvosta. Suodatus poistettiin kokeilumielessä. Tällä pyritään saada MIMO havaitsemaan raja-arvoa pienemmät mittausarvot.

Suodatuksen poistamisen jälkeen hydrausseuranta uusittiin, tarkoituksena tutkia miten suodatuksen poisto vaikutti mittaukseen. Tällä kertaa mitään lukemia ei kirjoitettu ylös vaan keskityttiin ainoastaan seuraamaan MIMO:n virtauslukemia. Tarkoituksena oli ottaa laboratorionäytteet eri MIMO:n mittausarvoilla. Viimeinen näyte otettiin, kun MIMO saavutti lukeman nolla. Kyseiset lukemat oli saatu palvelimen trendiltä. Nämä olivat viimeiset lukemat ennen hydrausreaktion lopettamista.

Seurannan aikana käytettiin reaaliaikaista trendiä. Vasta tässä vaiheessa huomattiin tallentuvan ja reaaliaikaisen trendin erot MIMO mittauksen kohdalla. Tallennettua trendiä oli huomattavasti korjattu ja kaikki aiemmat havainnot ja laskut perustuivat täysin palvelimelle tallentuvan trendin tietoihin.

Näytteiden ottaminen reaaliaikaisen trendin perusteella oli mahdotonta. Syynä ei ollut ainoastaan vaihtelu, sillä mittauslukema meni kokonaan nolnaan MIMO:n tarkkuuden alarajalla. Seurannasta otettiin yksi näyte, silloin kun MIMO meni nolnaan.

Trendin vaihtelusta johtuen suodatus palautettiin sopivaksi. Tavoitteena oli saada mittauksen vaihtelu pienemmäksi. Suodatuksen palauttaminen vaikutti mit-

tauksen vaihteluun. Vaihtelu pieni, mutta ei loppunut täysin ja syytä tähän ei tiedetä.

Hydrauksen aikana seurattiin uudestaan MIMO:n lukemia. Todettiin, että viimeinen lukema on kaksinkertainen suodatuksen arvon verrattuna. Tämän jälkeen mittaus menee nolnaan. Toisesta mittauksesta, eli vortex-mittauksesta näkyi selkeä virtaus kyseillä hetkellä. Tällä varmistettiin, että vetyvirtausta on. Erikseen tutkittiin laiteelta tulevaa signaalia. Signaalin arvo oli 4,02 mA asteikolla 4 – 20 mA.

Hydrausseuranta uusittiin. Tällä kertaa tarkoituksena oli varmistaa MIMO:n kykemättömyys mittaamaan reaktion loppupään vetyvirtausta. Laboratorionäyte otettiin MIMO:n lukeman ollessa alarajoilla. Tämän lisäksi otettiin näytteet, kun MIMO:n lukema meni nolnaan ja puoli tuntia tämän jälkeen. Yhteensä siis otettiin kolme näytettä.

Hydrausseurantojen avulla saatiin varmuus MIMO:n tarkkuudesta. Tarkkuus varmistui kun koejärjestely uusittiin. Analyysien tulokset yhdistettynä reaaliaikaiseen trendiin kertovat, ettei MIMO ole tarpeeksi tarkka mittaamaan hydrausreaktion loppupään vetyvirtausta. Tätä väittämää puolsi MIMO:lta tuleva, ohjelmiston puolesta muuttumaton signaali. Todettakoon, ettei MIMO:n tarkkuus riitä prosessin ainoaksi mittariksi.

8 PIENILLÄ VIRTAUKSILLA TOIMIVA MITTAUSLAITE

Massavirtamittauksen tarkkuuden määrittämiseksi kartoitettiin tilannetta uudelleen. Yhden mittauksen tarkkuus ei riitä koko reaktion skaalalle ja siksi käytetään kahden mittauksen kokonaisuutta. Ensimmäistä mittausta käytetään reaktion alussa vetyvirtauksen ollessa suuri ja toista reaktion lopussa, vetyvirtauksen ollessa pieni. Nykyinen esterilaitoksen mittausjärjestely on samanlainen. Ainoa eroavaisuus on, että mittaukset edustavat keskenään eri tekniikkaa.

Nykyisen MIMO:n rinnalle asennetaan teknisesti samanlainen, mutta eri alueella toimiva mittaus. Esterilaitoksen omasta kokemuksesta tuli palautetta MIMO:n puolesta. Mittausta on käytetty muualla prosessissa nesteiden mittauksen, ja vuosien saatossa mittaukset ovat olleet huoltovapaita ja paikkaansa pitäviä. Kahden MIMO:n kokonaisuus on helppo ja yksiselitteinen kokonaisuus vedyn määrän mittauksessa.

Toimintavaatimukset uudelle mittaukselle määritettiin opinnäytetyössä. Tiedot toimintapaineesta ja lämpötilasta saatiin suoraan tehtaan mittauksista. Paine ja lämpötila olivat vakioita. Lisäksi tarvittiin tiedot vetyvirtauksen vaihteluvälistä.

Vetyvirtauksen vaihteluvälin arvot selvitettiin uudella seurantajärjestelyllä. Hydrolyysin aikana otettiin laboratorionäytteitä tietyin aikaväleihin ja niiden sterolipitoisuus analysoitiin. Kemiallisen reaktion aikana kulutettu vety pystytään laskemaan sterolipitoisuuden muutoksen avulla.

Referenssihydrauksen tulokset on ilmoitettu toimeksiantajalle. Näytteitä otettiin yhteensä 6 ja näistä analysoitiin sterolin suhteelliset osuudet. Tulosten avulla pystyttiin laskemaan, mikä oli vedyn kulutus reaktiossa otettujen näytteiden välissä.

Tavoitteiden ja tulosten perusteella pystyttiin määrittämään uuden mittauslaitteen vaatimukset, kuten virtauksen suuruus ja toimintaympäristö. Uusi ja olemassa oleva mittalaite sekä mittausalueet ovat rinnakkain. Uuden virtausmittauksen mittausalueen tulee olla sopiva siten, että mittausalueet ovat päällekkäin, mikä varmistaa, että mittaus on jatkuvaa koko hydrausreaktion ajan.

9 UUDEN VETYVIRTAUSMITTARIN PARAMETRIT

Emerson tarjosi vaatimuksia vastaavan mittauslaitteen. Tässä osiossa käydään läpi uuden MIMO:n parametreja, katsotaan sopivuutta esterilaitokselle ja kartoitetaan laitteen paikkaa järjestelmässä, ohjelmisto- ja instrumenttipuolella.

9.1 Tarjotun mittauksen sopivuus esterilaitokselle

Uusi mittaus on coriolis-periaatteella toimiva massavirtamittaus. Mittalaite on tekniikaltaan samanlainen kuin olemassa oleva, mutta yksityiskohdat laitteen toimintaan liittyen käytiin mahdollisten eroavaisuuksien takia läpi. Tässä tapauksessa eniten huomiota kiinnitettiin liitännätapaan, paineen kestoluokkaan, ATEX-luokitukseen sekä mittauksen valmistusmateriaaliin. Väärästä materiaalista tehty mittari saattaa ruostua, jos metallit muodostavat sähkökemiallisen parin. Esterilaitoksen räjähdysriskissä tilassa laitteilta vaaditaan ATEX-luokitus. Paineenkestoluokka on mittauslaitteella 40 baria.

9.2 Tarvittavat muutokset uutta mittauslaitetta varten

Uuden mittauksen liittäminen esterilaitoksen automaatioon vaatii muutoksia nykyiseen järjestelmään. Putkistot vaativat muutostöitä sekä tehtaan ohjausjärjestelmä DeltaV vaatii ohjelmointilisäyksiä.

Putkistomuutokset ovat tarpeellisia mittausjärjestyksen muuttamiseksi. Nykyiset mittaukset ovat sarjassa, kun uusien mittausten haluttu mittaustapa vaatii mittausten rinnakkain oloa. Rinnakkain kulkevia, valmiita putkiosuuksia ei ole.

9.3 Uuden mittauskokonaisuuden toimintakuvaus

Rinnakkain olevat mittaukset ovat eri putkilinjoissa ja kummallekin linjalle on oma sulkuventtiili. Hydraulisen reaktion aikana vety ohjataan ensiksi 1” putkea pitkin reaktoriin. Kyseisessä putkessa sijaitsee nykyinen MIMO, jonka rinnalle uusi MIMO sijoitetaan. MIMO:n lukeman lähestyessä toisen MIMO:n alaraja-arvoa, avataan venttiili rinnalla olevalle 0,5” putkelle, jota pitkin vetyä ohjataan reaktion loppuajan. Putket yhdistyvät juuri ennen paineensäätöventtiiliä. Kummatkin vedyn nostelulinjat voivat olla auki samanaikaisesti lyhyen aikavälin. Tällä järjestelyllä varmistetaan, että vetyvirtaus on jatkuvaa. Samalla varmistetaan mittauslaitteiden vertailukelpoisuus. Samaa tekniikkaa edustavien mittauslaitteiden tulisi näyttää tässä vaiheessa samanlaisia virtausarvoja.

Ohjausjärjestelmän puolella mittauslaitteiden signaalit voidaan sijoittaa samaan piiriin. Ohjelmointilohkoon sijoitetaan kaksi sisään tulevaa signaalia. Ohjelmointipiirien avulla lohkoista saadaan vain yksi mittausarvo, joka vietään DeltaV:n näytölle. Sekvenssin askeleissa tarkkaillaan tietyllä hetkellä käytössä olevaa mittauslaitetta. Sekvenssin havaittua asetetun raja-arvon, ilmoittaa se käyttäjälle hydraulisen reaktion olevan valmis.

Esterilaitokselle on laadittu esimerkki uudesta putkistosuunnittelusta. Piirustuksissa otetaan huomioon yllä mainitut vaatimukset. Putkistomuutokset tehdään nykyisen pohjapiirustuksen päälle, jotta muutoksia olisi mahdollisimman vähän. Mittauslaite on vapaasti sijoitettavissa linjastoon, kun mittauslaite ei vaadi suoraa putkiosuutta (Emerson 2013). Liitteeseen on merkattu uusi MIMO ja uusi linjansulkuventtiili.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää ja parantaa sterolin hydrauksessa käytettävää vedynvirtauksen mittausrakennetta Ravintoraisio Oy:n esterilaitoksella. Opinnäytetyössä selvitettiin olemassa olevan vedyn mittausmenetelmän tarkkuus, joka kokeiden avulla todettiin riittämättömäksi. Tämän jälkeen kartoitettiin tapoja parantaa vedyn määrän mittausta hydrausreaktion aikana sekä mahdollisuuksia uuden mittauksen lisäämiseksi olemassa olevaan järjestelmään. Uudesta mittauksesta olemassa olevan rinnalle pyydettiin tarjous. Uusi mittauskokonaisuus kattaisi laajemman alueen ja varmistaisi vedyn määrän mittauksen tarkasti hydrauksessa. Lisättävää mittauslaitetta varten selvitettiin toimintaparametrit ja tehtiin pohjapiirustukset asennusta varten.

Mittauksen seuraamista ja laboratorioanalyyssejä verrattiin keskenään, ja päästiin tulokseen, ettei olemassa oleva mittaus yksinään riitä vedyn kulutuksen mittaamiseksi. Mittaus jätti epätarkkuuden vuoksi mittaamatta hydrausreaktion lopulla olevan heikon vetyvirtauksen. Tässä työssä määritettiin mittaamatta jäänyt vetyvirtausalue ja siihen sopiva mittauslaite.

Uusi mittauslaite edustaa samaa tekniikkaa nykyisen massavirtamittauksen kanssa. Kyseinen mittaus on pienempää kokoluokkaa, ja se on suunniteltu pienemmille virtauksille. Uusi mittauskokonaisuus koostuisi kahdesta teknisesti samanlaisesta mittauksesta, jotka olisivat rinnakkain. Nykyisestä mittauskokonaisuudesta poistetaan pyörrevanamittaus sekä siihen liittyvä ohituslinja. Tilalle rakennetaan putkilinjasto, jossa kaksi erikokoista putkea kulkee vierekkäin. Vastaavasti kummassakin putkessa on oma mittaus, joista käytetään soveltuvampaa mittausta virtauksen suuruudesta riippuen.

Opinnäytetyössä esitetyt tulokset ovat yksiselitteisiä. Työssä esitetty tapa on kustannustehokas ja tilanteeseen sopiva. Muutostarpeita opinnäytetyön perusteella ei synny paljon, mutta ehdotetuilla tuloksilla päästään ratkaisemaan vedyn kulutuksen epätarkkuusongelma.

LÄHTEET

Benecol 2013. Benecol tuotteet, Mitä Benecol on. Viitattu 25.10.2013 <http://www.benecol.fi/>

Emerson 2013. Emerson tietokannat. MicroMotion Elite Coriolis Flow and Density Meters data sheet. Viitattu 25.10.2013
http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public_public_mmisami/documents/data_sheets/ps-00374.pdf

Emersonin 2013. Emersonin uutiset. Mittaako virtausmittarisi oikein? Viitattu 18.10.2013
http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/VA_V_SMV_finnish_lowres.pdf

Kukkonen, A. 23.09.2002. Virtausmenetelmiä. Viitattu 15.10.2013.
http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/4_1_2_04.pdf

Pihkala, J. 2004. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2. uudistettu painos. Vantaa: Dark Oy.

Raisio Oyj 2012. Raision vuosikertomus, vuosi 2012. Viitattu 15.10.2013.
<http://vuosikertomus2012.raisio.com/>

Räsänen, J. 1993. Automaatiotekniikan mittauksia. Helsinki: Painotuskeskus Oy.