

**SINKITYSLINJAN LÄMPÖKÄSITTELYUUNIN KAASUJEN
SÄÄTÖINSTRUMENTTIEN UUSIMINEN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Valkeakoski, automaatiotekniikka

Kevät, 2017

Timo Oksanen

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Valkeakoski

Tekijä	Timo Oksanen	Vuosi 2017
Työn nimi	Sinkityslinjan lämpökäsittelyuunin kaasujen säätöinstrumenttien uusiminen	
Ohjaaja	Juhani Henttonen	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä on selvitetty terästehtaan sinkityslinjan lämpökäsittelyuunille tehdyt maakaasun ja polttoilman säätöön liittyvät instrumentoinnin muutokset. Työ on tehty SSAB Europelle.

Työssä on lisäksi selvitetty maakaasun polttamiseen sekä virtauksen mittaamiseen ja säätämiseen liittyvien asioiden perusteita siinä määrin, kuin ne tämän opinnäytetyön kannalta ovat oleellisia.

Työn tuloksena säätöjen toiminnasta saatiin luotettavampaa ja johdonmukaisempaa.

Avainsanat maakaasu, sinkitys, säätö, virtaus

Sivut 21 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Degree Programme in Automation Engineering
Valkeakoski

Author	Timo Oksanen	Year 2017
Subject	Renewal of flow control instruments of a reducing furnace in a galvanizing line	
Supervisor	Juhani Henttonen	

ABSTRACT

This thesis describes the changes to the instrumentation at a reducing furnace concerning the flow control of natural gas and the air used for burning it. The work site for this project was a galvanizing line at a steel production plant. The work was commissioned by SSAB Europe.

In addition, this thesis clarifies the basics of burning natural gas, flow measurement and flow control as much as is necessary for the purpose a Bachelor's thesis.

As a result of the project, the control of the furnace became more reliable and coherent.

Keywords control, flow, galvanizing, natural gas

Pages 21 pages including appendices 2 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SSAB.....	1
2.1	Hämeenlinnan tehdas.....	1
2.2	Sinkityslinja 2.....	2
2.3	Uuniosa.....	3
3	UUNI F2.....	4
4	MAAKAASUN PALAMINEN.....	5
5	VIRTAUKSEN SÄÄTÖ	7
5.1	Virtauksen mittaus	7
5.2	Venturiputki	8
5.3	Pyörrevanamittaus.....	9
5.4	Istukkaventtiili ja läppäventtiili	10
6	VANHAT INSTRUMENTIT	12
7	UUDET INSTRUMENTIT	14
7.1	Virtauslähettimet	14
7.2	Säätöventtiilit	15
7.3	Muutoksen jälkeiset ongelmat.....	15
8	OHJELMAMUUTOKSET	16
9	LOPPUTULOS	18
	LÄHTEET	19

Liitteet

Liite 1	Maakaasun virtauslähettimen mitoitus ja parametrit
Liite 2	Polttoilman virtauslähettimen mitoitus ja parametrit

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan terästehtaan sinkityslinjan lämpökäsittelyuunin kaasujen virtaussäätöjen toimintaa, sekä niihin tehtyjä muutoksia. Työssä on selvitetty hiljattain tehtyjen säätöinstrumenttien uusi-
misen vaikutus uunin toimintaan, sekä sen vuoksi tehdyt muutokset uunin ohjaavan logiikan ohjelmaan. Työssä on lisäksi selvitetty maakaasun polttamisen, virtauksen säädön sekä niihin liittyvien säätöinstrumenttien periaatteita.

Työn kohde on SSAB:n Hämeenlinnan tehtaan sinkityslinja 2. Tästä kerrotaan lisää seuraavassa luvussa.

2 SSAB

SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, jolla on tehtaita Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Tukholmassa, Ruotsissa. (SSAB 2017a.) SSAB:n Suomen tehtaot sijaitsevat Raahessa ja Hämeenlinnassa (SSAB 2017b). Nämä tehtaot siirtyivät SSAB:lle vuonna 2014, kun se osti Rautaruukki Oyj:n (SSAB 2017c).

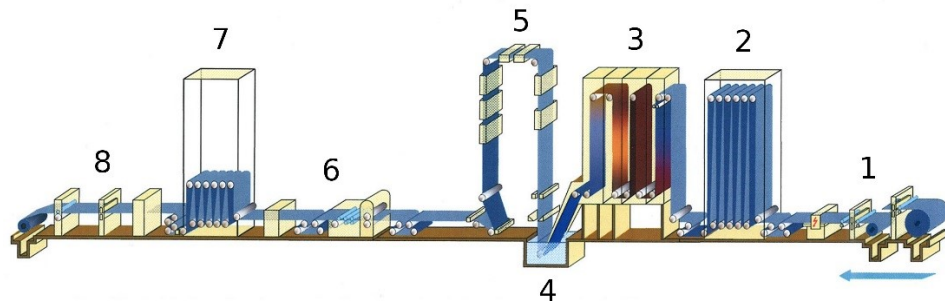
2.1 Hämeenlinnan tehdas

SSAB:n Hämeenlinnan tehtaan (Kuva 1) tuotteita ovat kylmävalssatut metalli- ja maalipinnoitetut teräskelat, -nauhat ja -rainat, ohutseinäputket ja rakenneputket. Tehdas on rakennettu 1970-luvulla ja sillä on noin 900 työntekijää. (SSAB 2017b.)



Kuva 1. SSAB:n Hämeenlinnan tehdas (SSAB 2017b).

2.2 Sinkityslinja 2



Kuva 2. Sinkityslinja 2 (SSAB 2016).

Kuvan 2 numeroiden selitteet:

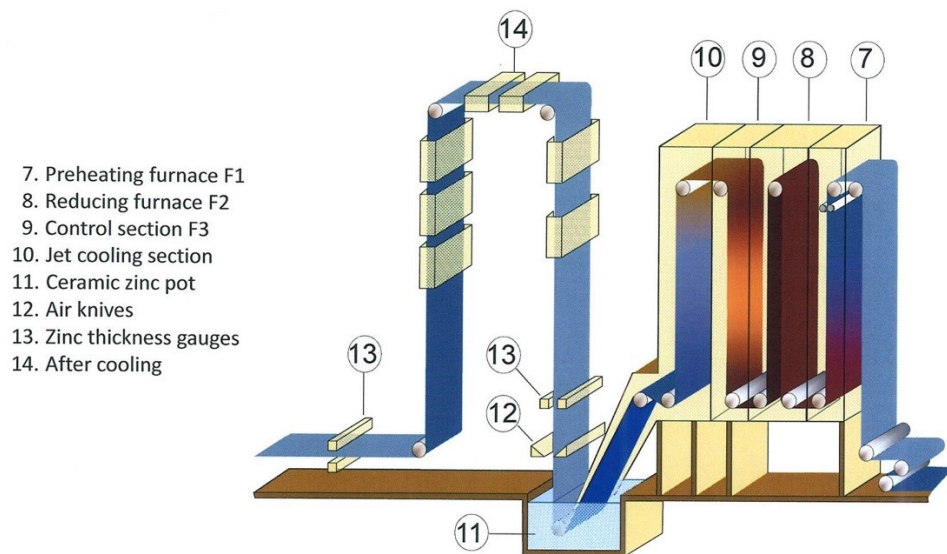
1. Aukikelaimet, romutusleikkurit, hitsauskone
2. Alkupään nauhavaaraaja
3. Uuniosa
4. Sinkityspata
5. Jäähdytystorni
6. Pintavalssain, venytysoikaisukone, passivointi
7. Loppupään nauhavaaraaja
8. Öljämiskone, pätyleikkuri, tarkastus, kelain

Vuonna 1986 rakennettu sinkityslinja 2 on yksi Hämeenlinnan tehtaan kolmesta sinkityslinjasta (Ojala 2015, 14). Linjan läpi ajettava teräsnauha päällystetään molemmin puolin 6-25 μm paksuisella sinkkikerroksella (SSAB 2016, 1).

Kuumasinkitys tapahtuu ajamalla uuniosalla lämpökäsitelty teräsnauha padassa olevaan sulaan sinkkiin. Padasta nousevan nauhan sinkkikerroksen paksuus korjataan ilmaveitsillä, minkä jälkeen sinkitty nauha jäähdytetään. (SSAB 2016, 1.)

Linjalla tapahtuva prosessi on jatkuvatoiminen. Nauhavaaraajien välisen prosessiosan maksiminopeus on 120 m/min. Linjalla ajettava teräsnauha on paksuudeltaan 0,4-2,0 mm ja leveydeltään 640-1400 mm. (SSAB 2016, 1.)

2.3 Uuniosa

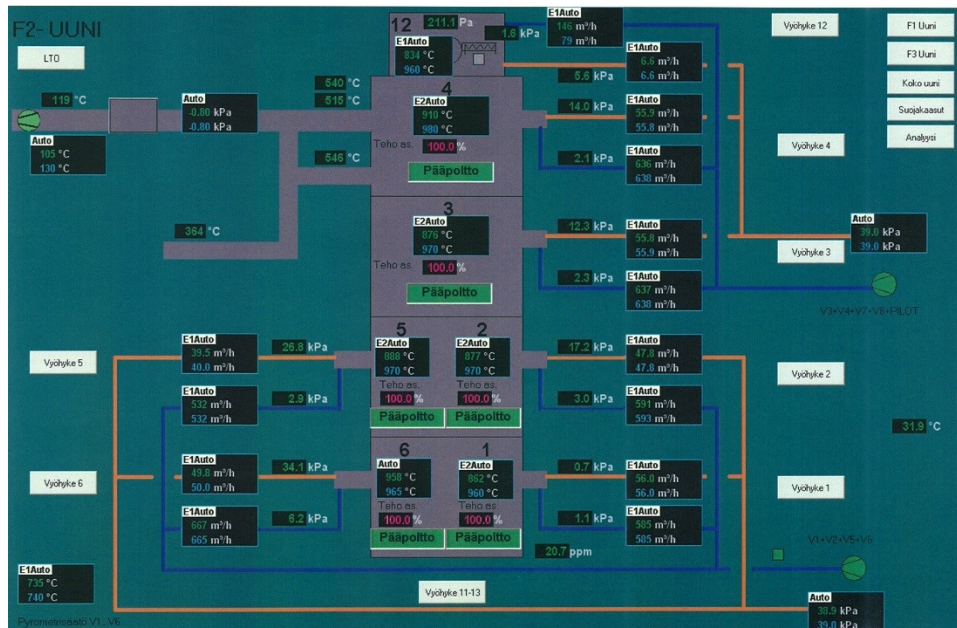


Kuva 3. Uuniosa, pata ja jäädytystorni (SSAB 2016).

Linjan uuniosalla on kolme uunia ja suihkujäädytinosia. Teräsnauha esilämmitetään uunissa F1 (kuvan 3 numero 7) ja lämpökäsitellään uunissa F2 (numero 8). Uunissa F3 (numero 9) nauhaa lämmitetään sähkölämmittimillä, jonka jälkeen se jäädytetään suihkujäädytinosalla (numero 10) ennen sinkitystä. (SSAB 2016, 3.)

Uuneja F1 ja F2 lämmitetään maakaasulla. Uunien lämpötilat ovat korkeimmillaan 1260 °C uunissa F1 ja 980 °C uunissa F2. Teräsnauhan lämpötila on korkeimmillaan 850 °C. (SSAB 2016, 1.)

3 UUNI F2



Kuva 4. Uuni F2 operaattorin näytöllä.

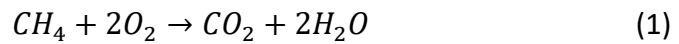
Uunissa F2 tapahtuu teräsnauhan lämpökäsittely. Uuni on jaettu vyöhykkeisiin kuvan 4 mukaisesti. Kunkin vyöhykkeen lämmitystehoa ohjataan erikseen säätämällä niille vietävien maakaasun ja polttoilman määrää. Teräsnauha tulee uuniin vyöhykkeelle yksi, nousee uunin huipulla olevaan taittelakammioon, laskeutuu takaisin alas ja poistuu uunista vyöhykkeellä 6, käyden näin uunin jokaisen vyöhykkeen läpi.

Uunin vyöhykkeillä on polttimet, jolle maakaasu ohjataan. Vyöhykkeet 1, 2, 3 ja 4, joille tässä opinnäytetyössä käsiteltävä muutostyö tehtiin, ovat polttimien lukumäärältään lähes kaikki samanlaisia. Vyöhykkeillä 1, 3 ja 4 polttimien lukumäärä on 8, ja vyöhykkeellä 2 niitä on 7. Tästä syystä kuvassa 4 näkyvä vyöhykkeelle 2 menevän kaasun määrä on muita mainittua kolmea pienempi. Mainittujen polttimien lisäksi kullakin vyöhykkeellä on myös yksi vakiotehopoltin.

4 MAAKAASUN PALAMINEN

Uunin vyöhykkeillä poltettava maakaasu on pääosin metaania (CH_4). Esimerkiksi siperialainen maakaasu sisältää metaania noin 98 %. (Suomen Kaasuyhdistys ry 2014, 6.)

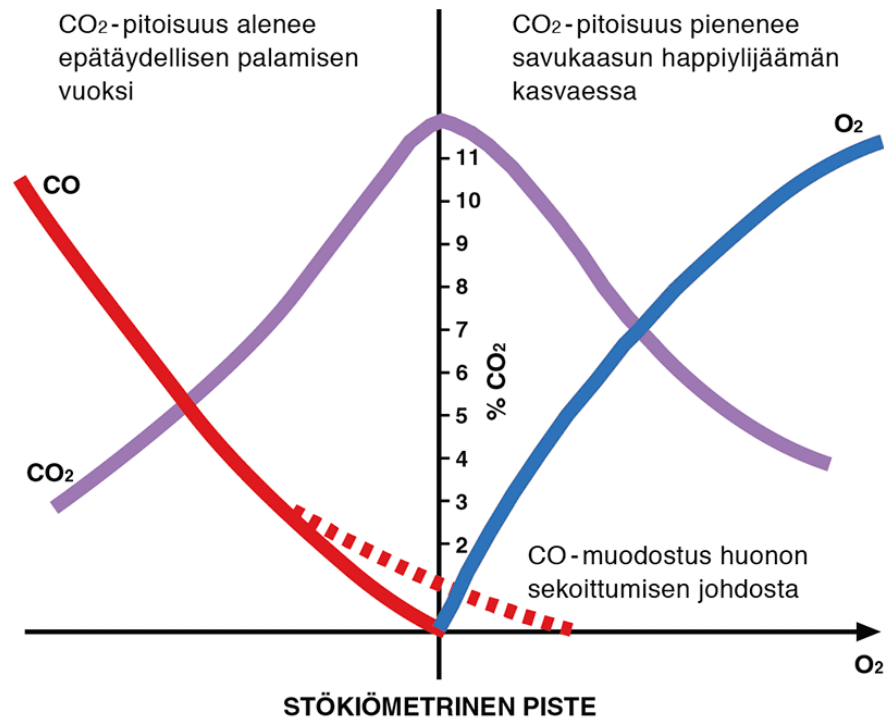
Metaanin palamisyhtälö on



Metaanin palamistuotteita ovat siis hiilidioksidi ja vesihöyry. Sen palamisessa syntyy myös uunissa tarvittavaa lämpöä. (Suomen Kaasuyhdistys ry 2014, 14.)

Maakaasun polttamiseen tarvittava happi saadaan ilmasta. Kun hapen osuus ilmassa on 20,9 til-%, normaaliolosuhteissa 1 m^3 metaania polttamiseen tarvittava ilman minimimäärä on $9,6 \text{ m}^3$ (Kuva 6). Tätä laskemalla saatua ilmantarvetta kutsutaan teoreettiseksi eli stoikiometriseksi ilmantarpeeksi. (Suomen Kaasuyhdistys ry 2014, 15.)

Täydellinen palaminen täytyy kuitenkin varmistaa käyttämällä polttoilmaa tätä suurempi määrä (Kuva 5). Tämä ylimääräisen ilman määrä määritetään nk. ilmakertoimella. Kun polttoilman määrän säädössä ei käytetä savukaasujen jäännöshapen määrää, tämä ilmakerroin on yleensä vähintään 1,2. (Suomen Kaasuyhdistys ry 2014, 16.)



Kuva 5. Happi-, hiilidioksidi- ja häkäpitoisuuksien riippuvuus ilmakertoimesta (Suomen kaasuyhdistys ry 2014, 16).

	Metaani	Propaani	Butaani
Molekyylikaava	CH ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molekyylipaino, kg/mol	16,04	44,09	58,12
Tiheys, kg/m ³ n (kaasumaisena normaalilotilassa)	0,72	2,01	2,70
Suhteellinen tiheys kaasumaisena (ilma 1,293 kg/m ³ n)	0,56	1,56	2,08
Kiehumispiste (atm), °C	-161,5	-42,1	-0,5
Tehollinen lämpöarvo, kWh/m ³	10,0	26,0	34,1
kWh/kg	13,9	12,8	12,7
MJ/m ³ n	36,0	93,6	122,8
MJ/kg	50,0	46,3	45,7
Kinem. viskositeetti, m ² /s	14,5	3,7	2,6
Syttymislämpötila, °C	650	510	490
Wobbe-arvo (teholl.), MJ/m ³ n	47,6	75,0	85,8
Teoreettinen palamislämpötila ilmassa, °C (Lambda = 1,0)	1915	1925	1900
Palamisnopeus ilmassa, cm/s	41	45	42
Palamisilman tarve (Lambda = 1,0), m ³ n/m ³ n kaasua	9,6	24,3	32,0

Kuva 6. Kaasujen ominaisuuksia (Suomen kaasuyhdistys ry 2014, 9).

5 VIRTAUKSEN SÄÄTÖ

Uunin vyöhykkeille virtaavien maakaasun ja ilman määrää säädetään, jotta palaminen olisi mahdollisimman tehokasta ja puhdasta. Tämä vaatii kummankin virtauksen mittausta ja ohjausta jokaisella vyöhykkeellä erikseen.

5.1 Virtauksen mittaus

Vyöhykkeelle virtaavien maakaasun ja ilman määrää mitataan normaali-kuutiometreinä tunnissa (Nm^3/h), mikä vastaa niiden tilavuusvirtaa kuutiometreinä tunnissa (m^3/h) normaaliolosuhteissa. Normaaliolosuhteissa olevan kaasun paine on 1,01325 bar ja lämpötila on 0 °C. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 183.)

Putkistossa kulkevien maakaasun ja ilman paineet sekä lämpötilat kuitenkin poikkeavat näistä. Tilavuusvirtaa mittaavien lähettimien näyttämät täytyy siksi korjata normaaliolosuhteita vastaaviksi seuraavalla kaavalla.

$$V_n = V \times \frac{p+1,01325 \text{ bar}}{1,01325 \text{ bar}} \times \frac{273,16 \text{ K}}{t+273,16 \text{ K}} \times \frac{1}{k} \quad (2)$$

Kaavan 2 selitteet:

V_n = kaasumäärä normaalitilassa

V = kaasumäärä mittausolotilassa

p = mitattavan kaasun paine (ylipainetta)

t = mitattavan kaasun lämpötila

k = kokoonpuristuvuuskerroin

Lähettimen näyttämä kompensoidaan paine- ja lämpötilakertoimilla, jotka lasketaan kaavan 2 esittämällä tavalla. Kaavasta nähdään, että korkeampi kaasun paine vaikuttaa kertoimeen kasvattavasti. Korkeampi lämpötila sen sijaan vaikuttaa kertoimeen sitä pienentävästi. Kaavassa esitettyä kokoonpuristuvuuskerrointa ei oteta huomioon, koska vyöhykkeelle vietävien maakaasun ja ilman paineet ovat niin pieniä, että riittävä mitaustarkkuus saavutetaan sitä käyttämättäkin. (Suomen Kaasuyhdistys ry 2014, 66.)

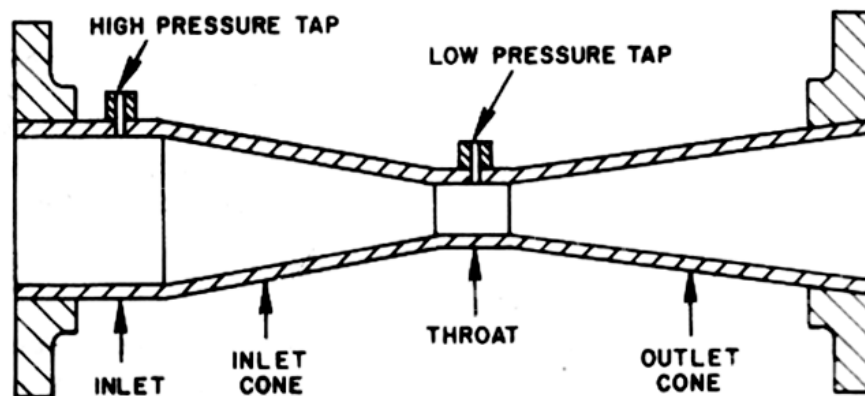
5.2 Venturiputki

Venturiputki on virtausmittauksissa käytettävä kuristuselin. Muihin kuristuselimiin verrattuna se tuottaa pienemmän pysyvän painehäviön. (Halko, Härkö, Lähteenmäki & Välimaa 1998, 100.)

Venturiputkella, niin kuin muillakin kuristuselimillä, aiheutetaan virtaukseen kaventuma. Kaventumassa virtausnopeus on suurempi ja paine on pienempi, kuin ennen venturiputkea. Mittaamalla paine-ero näiden kahden kohdan väliltä voidaan määrittää venturiputken läpi kulkeva virtaus. (Jokilaakso 1987, 46.)

Mitattu paine-ero on verrannollinen venturiputken läpi kulkevan virtauksen nopeuden neliöön. Tästä syystä venturiputken lähettimenä käytetään yleensä juurtavaa paine-erolähetintä, joka muodostaa lineaarisen, suoraan virtausnopeuteen verrannollisen viestin. (Mäkinen ym. 2009, 187.)

Vyöhykkeen virtausmittauksissa käytetyt paine-erolähettimet eivät kuitenkaan olleet juurtavia. Virtaviestien juurto tehtiin ohjauslogiikan päässä tulokanaviin tehtävillä ohjelmallisilla asetuksilla.

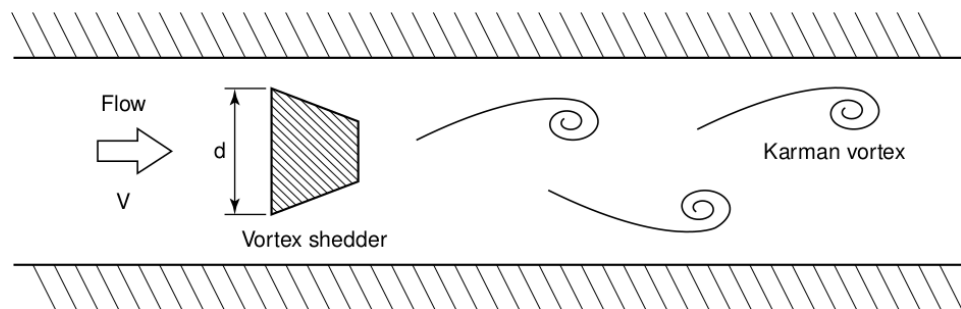


Kuva 7. Esimerkki lyhyen mallisesta venturiputkesta (Valle n.d.).

5.3 Pyörreanamittaus

Pyörreanamittaus (vortex) perustuu virtaukseen asetettuun esteeseen ja sen muodostamien pyörteiden syntymistäajuuden mittaamiseen. (Yokogawa Electric Corporation 2001, 1-1.)

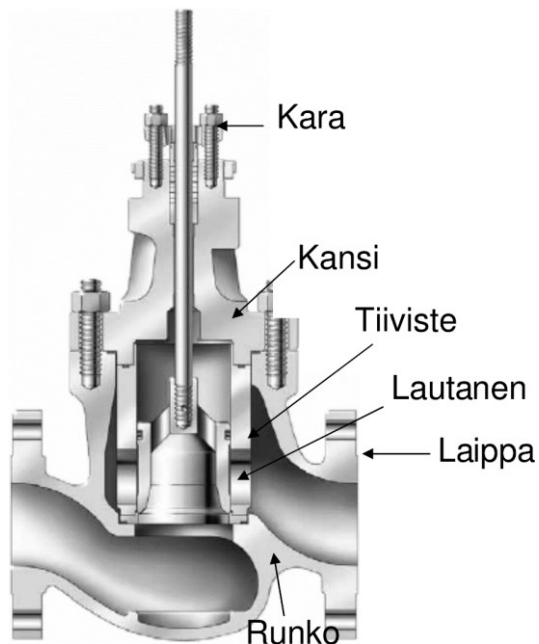
Kun putkessa tarpeeksi suurella nopeudella virtaavaan nesteeseen tai kaasuun asetetaan sauvamainen este, se synnyttää virtauksen suuntaan pyörreanan. Pyörteet irtoavat esteen sivuilta vuoron perään. Näitä kutsutaan Karmanin pyörteiksi (Kuva 8). Pyörteiden syntymistäajuus on laajalla alueella likimain suoraan verrannollinen virtausnopeuteen. (Halko ym. 1998, 113.)



Kuva 8. Karmanin pyörteet (Yokogawa Electric Corporation 2001, 3-1).

Tilavuusvirta voidaan siis määrittää mittaamalla pyörteiden syntymistäajuutta. Pyörteiden syntymistäajuus ei riipu virtaavan nesteen tai kaasun paineesta, lämpötilasta, tiheydestä eikä viskositeetista. (Yokogawa Electric Corporation 2001, 3-2.)

5.4 Istukkaventtiili ja läppäventtiili



Kuva 9. Yksinkertaisen istukkaventtiilin poikkileikkaus (Tikka 2008, 9).

Istukkaventtiilit ovat venttiileistä monipuolisimpia. Niitä on saatavilla sekä yksi-, että kaksi-istukkaisina. Kaksi-istukkainen rakenne vaatii vähemmän voimaa venttiilin karaan kiinnittyvältä toimilaitteelta, mutta on kalliimpi, hankalampi ylläpitää, eikä ole kiinni ollessaan täysin tiivis. (Battikha 2007, 238.)

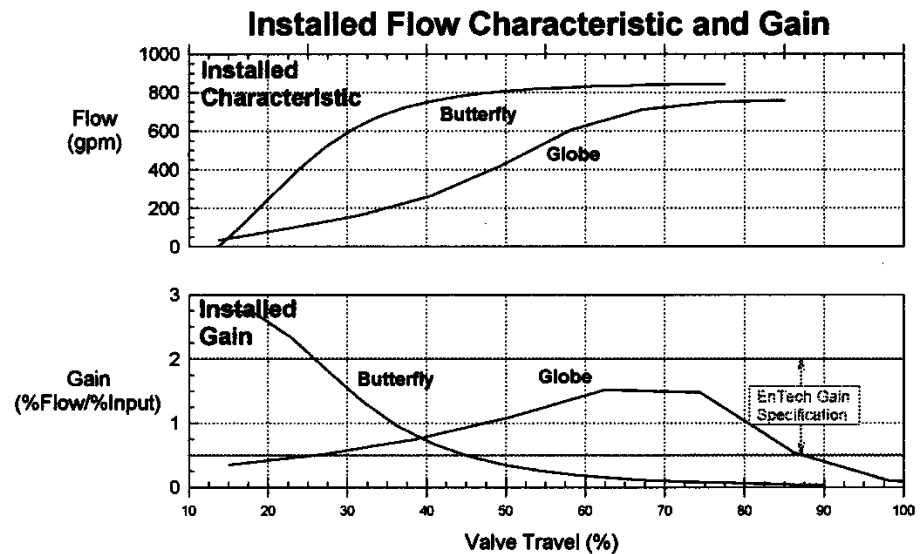
Istukkaventtiileitä on perinteisesti käytetty säätöventtiileinä. Sen toimilaitte liikuttaa venttiilin karaa lineaarisesti. (Tikka 2008, 9.)



Kuva 10. Läppäventtiili (Tikka 2008, 11).

Läppäventtiilin toiminta perustuu sen sisällä olevaan, kiertyvään akseliin kiinnitettyyn läppään. Ne ovat suhteellisen kevyitä, rakenteeltaan yksinkertaisia, sekä ovat kokoonsa nähden edullisia. (Battikha 2007, 245.)

Istukkaventtiili (globe) on ominaiskäyrältään (Kuvan 11 ylempi käyrä) läppäventtiiliä (butterfly) lineaarisempi. Tämä tarkoittaa sitä, että istukkaventtiilin asento vastaa sen läpi kulkevaa virtausta lähemmin, kuin läppäventtiilin. Kuvan 11 alemmasta käyrästä nähdään, että istukkaventtiilin tehokas säätöalue on laajempi kuin läppäventtiilillä. Kuvan alempi käyrä sellaisella venttiilillä, jonka läpi kulkeva virtaus vastaisi tarkalleen sen asentoa, olisi suora viiva pysty akselin kohdassa 1. (Fisher Controls International LLC 2005, 35.)



Kuva 11. Istukka- ja läppäventtiilin ominais- ja säätökäyrät (Fisher Controls International LLC 2005, 35).

6 VANHAT INSTRUMENTIT

Lämpötilan hallinta uunin F2 vyöhykkeillä ei toiminut luotettavasti. Tästä syystä kaasujen virtaussäätöön liittyvät instrumentit päätettiin uusia.



Kuva 12. Maakaasun säätöön liittyneet instrumentit.

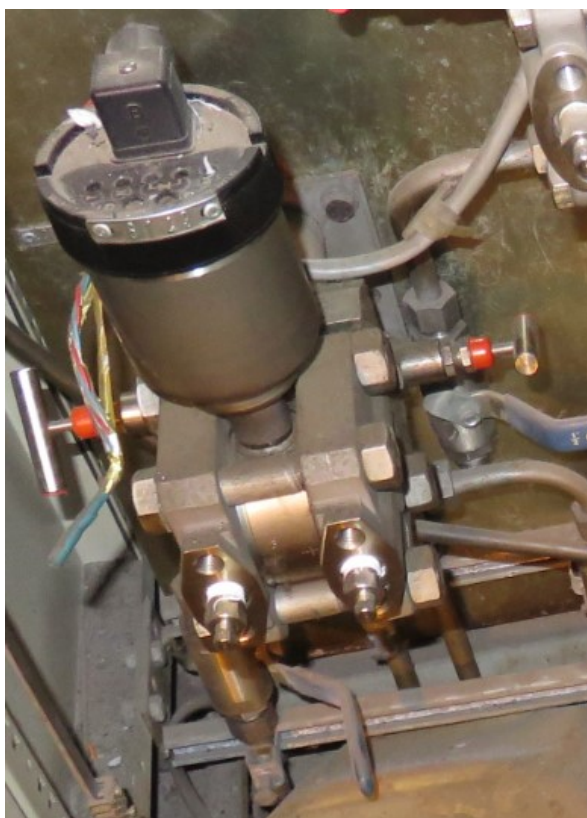
Maakaasun virtauksen mittaus tapahtui venturiputkella. Venturiputki näkyy kuvan 12 keskellä olevan laippaliitoksen alapuolella. Siihen liittyi paine-erolähetin, joka on saman kuvan vasemmassa reunassa näkyvä harmaa laatikko. Kuten kuvassa näkyy, venturiputken aiheuttama supistus oli silminnähden melko huomaamaton, mikä saattoi olla syynä säätöongelmiin.

Maakaasun virtauksen ohjaus tapahtui kuvan 12 yläosassa näkyvällä venttiilillä. Venttiili oli pneumaattisella toimilaitteella varustettu, yksi-istukkainen istukkaventtiili. Venttiilin asennoitin oli virtaviestillä ohjattava ja analoginen.



Kuva 13. Ilman säätöön liittyneet venttiili ja venturiputki.

Polttoilman säätöventtiilinä oli pneumaattisella toimilaitteella varustettu läppäventtiili, jonka asennoitin oli myöskin analoginen. Venturiputken paine-erolähetin oli noin neljän metrin päässä sijaitsevassa kaapissa.

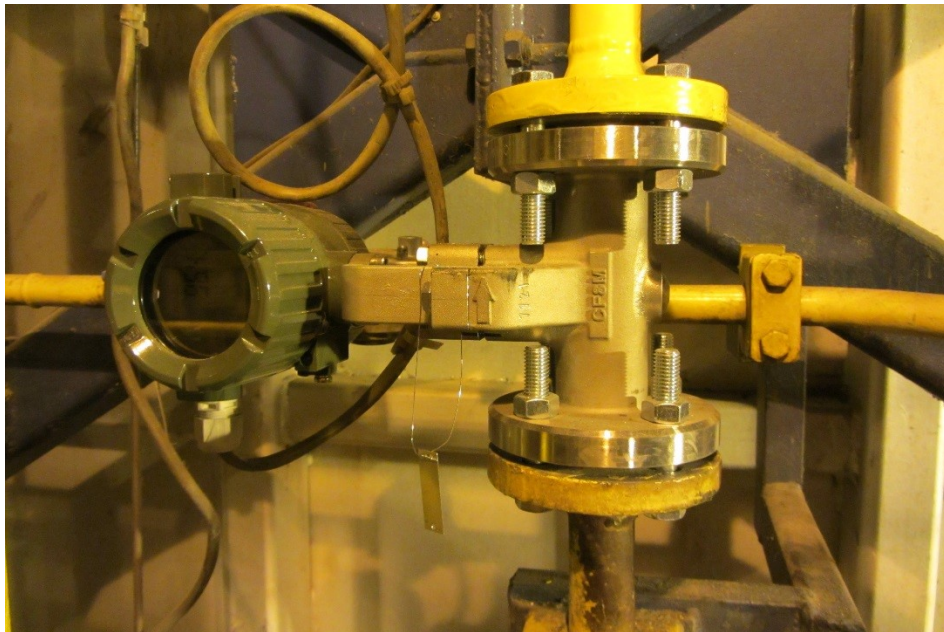


Kuva 14. Ilman säätöön liittynyt paine-erolähetin.

7 UUDET INSTRUMENTIT

Säätöventtiilit ja virtauslähettimet vaihdettiin ensin kesällä 2016 vyöhykkeelle 1, myöhemmin alkuvuodesta 2017 myös vyöhykkeille 2, 3 ja 4.

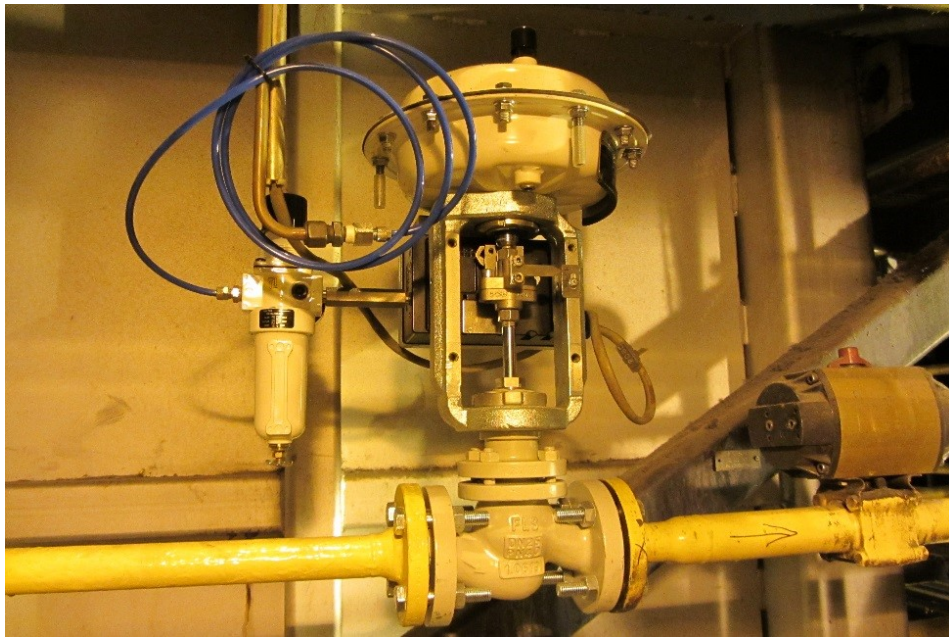
7.1 Virtauslähettimet



Kuva 15. Yokogawan virtauslähetin maakaasuputkessa.

Uudet virtauslähettimet sekä polttoilmalle että maakaasulle ovat Yokogawan DY-tyyppisiä, pyörrevanamittaukseen perustuvia lähettämiä. Lähettimien toimittaja oli mitoittanut ja parametroinut ne valmiiksi niin, ettei niihin tarvinnut asennuksen jälkeen sekaantua (Liitteet 1 ja 2).

7.2 Säätöventtiilit



Kuva 16. Uusi säätöventtiili ohjauslaitteineen maakaasuputkessa.

Kaikki uudet säätöventtiilit sekä ilmalle että maakaasulle ovat istukka-venttiilejä. Toimintaperiaatteeltaan ne ovat samanlaisia kuin vanhat maakaasun säätöventtiilit. Uusien venttiilien asennoittimet ovat kuitenkin digitaalisia.

7.3 Muutoksen jälkeiset ongelmat

Instrumentit vaihdettiin kokeeksi ensin ainoastaan uunin 1. vyöhykkeelle. Muutoksen jälkeen huomattiin, että vyöhykkeen lämmitysteho oli pienempi kuin aikaisemmin. Maakaasun paine polttimilla oli pudonnut huomattavan paljon ja jäännöshapen määrä oli suuri.

Ilmakerrointa pienennettiin aikaisemmasta 1,4:stä. Tämä laski jäännöshapen määrää ja nosti vyöhykkeen lämpötilaa jonkin verran, muttei riittänyt ratkaisemaan ongelmaa.



Kuva 17. Vyöhyke 1 instrumenttien vaihdon jälkeen.

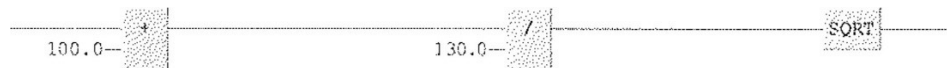
8 OHJELMAMUUTOKSET

Helmikuussa 2017, samalla kun virtauslähettimet ja säätöventtiilit uusittiin uunin kolmelle muullekin vyöhykkeelle, uunia ohjaavan logiikan ohjelmaan tehtiin muutoksia.



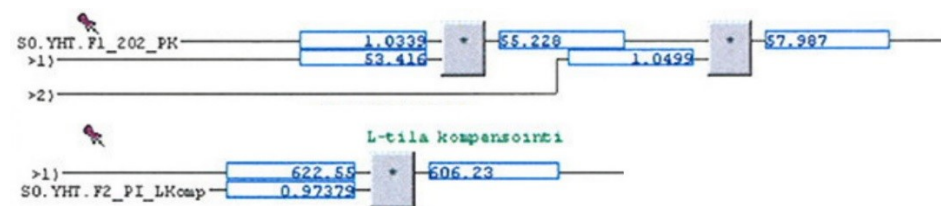
Kuva 18. Maakaasun ja ilman lämpötilakompensointien laskenta.

Kuvassa 18 on esitetty venturiputkien kanssa käytettävät lämpötilakompensoinnit. Kuvassa näkyvä polttoilman lämpötila (n. 30 °C) on anturilla mitattu arvo. Polttokaasun lämpötila 20 °C on ohjelmaan vakioksi asetettu oletusarvo. Nämä lämpötilat on muunnettu summalohkojen avulla kelvineiksi. Kuvan keskellä näkyvissä jakolaskulohkoissa lasketaan venturiputkien kalibrointilämpötilojen suhde kaasujen lämpötilaan. Tämän jälkeen saadut suhdeluvut on vielä juurrettu.



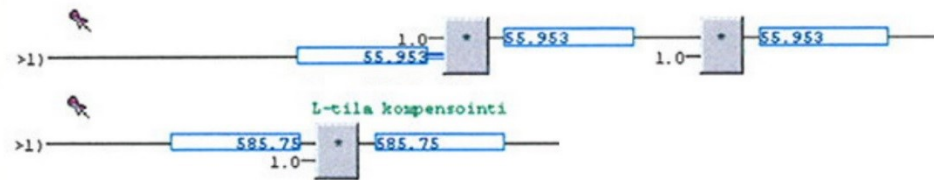
Kuva 19. Maakaasun painekompensoinnin laskenta.

Maakaasun mittauksille oli myöskin tehty kuvan 19 mukainen, venturiputkille tarvittava painekompensointi. Lohkoihin kiinnittyvät vakioarvot esittävät painetta kilopascaleina (kPa).



Kuva 20. Maakaasun ja ilman mittausarvot kompensoituina.

Kuten kuvassa 20 näkyy, kompensoinnit vaikuttivat maakaasun säätöön vaikuttavaan arvoon (oikealla ylhäällä) nostavasti, sekä ilman (keskellä alhaalla) tapauksessa laskevasti. Koska uudet Yokogawan virtauslähettimet ovat valmiiksi parametroitu mitattavien kaasujen lämpötilan ja paineen osalta, ei venturiputkille tarkoitettuja kompensointeja tarvita (Liitteet 1 ja 2).



Kuva 21. Maakaasun ja ilman mittausarvot kompensoimattomina.

Kompensoinnit poistettiin käytöstä kuvan 21 mukaisella tavalla. Vasemmanpuoleiset, suoraan virtauslähettimiltä tulevat arvot ovat maakaasun osalta suurempi ja ilman osalta pienempi. Tämä vaikuttaa jäännöshapen määrään laskevasti, sekä vyöhykkeiden tehoon nostavasti.

Linearization code channel 0	No Linearization	enum
Linearization code channel 7	Sqrt	enum
Linearization code channel 8	Sqrt	enum
Linearization code channel 1	No Linearization	enum
Linearization code channel 7	No Linearization	enum
Linearization code channel 8	No Linearization	enum
Signal range channel 1	1.20mA	enum

Kuva 22. Muutokset logiikan tulokanavissa tehtyihin linearisointeihin.

Uusien virtauslähettimien antamille virtaviesteille ei tarvitse tehdä juurtaavaa linearisointia. Siksi se otettiin logiikan tulokanavilla pois käytöstä kuvan 22 esittämällä tavalla.

Koska venturiputkilla tehtäviä mittauksia on vielä käytössä muilla uunin vyöhykkeillä, ei kuvissa 18 ja 19 esitettyjä kompensointiarvojen laskentoja vielä poistettu ohjelmasta.

9 LOPPUTULOS

	Lämpötila	Kaasu	Ilma	Paineet	Ilmakerroin
F2 Vyöhyke 1	E2Auto	E1Auto	E1Auto	0.7 kPa	1.10 x
Poltto	862 °C	56.0 m ³ /h	583 m ³ /h	1.1 kPa	1.10 x
	960 °C	56.0 m ³ /h	585 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 2	E2Auto	E1Auto	E1Auto	17.2 kPa	1.30 x
Poltto	877 °C	47.8 m ³ /h	593 m ³ /h	3.0 kPa	1.31 x
	970 °C	48.0 m ³ /h	593 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 3	E2Auto	E1Auto	E1Auto	12.3 kPa	1.20 x
Poltto	876 °C	55.9 m ³ /h	639 m ³ /h	2.3 kPa	1.20 x
	970 °C	56.0 m ³ /h	638 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 4	E2Auto	E1Auto	E1Auto	14.0 kPa	1.20 x
Poltto	910 °C	55.8 m ³ /h	634 m ³ /h	2.1 kPa	1.20 x
	980 °C	55.6 m ³ /h	638 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 5	E2Auto	E1Auto	E1Auto	26.9 kPa	1.40 x
Poltto	888 °C	39.6 m ³ /h	533 m ³ /h	2.9 kPa	1.42 x
	970 °C	40.0 m ³ /h	532 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 6	Auto	E1Auto	E1Auto	34.1 kPa	1.40 x
Poltto	958 °C	50.1 m ³ /h	663 m ³ /h	6.1 kPa	1.39 x
	965 °C	49.9 m ³ /h	666 m ³ /h		
F2 Vyöhyke 7	Balance	Balance	Balance	0.0 kPa	1.25 x
Pilot	758 °C	0.0 m ³ /h	24 m ³ /h	0.0 kPa	1.25 x
	30.0 %	0.0	33.5		
F2 Vyöhyke 8	Balance	Balance	Balance	0.0 kPa	0.85 x
Pilot	688 °C	0.0 m ³ /h	18 m ³ /h	0.0 kPa	0.85 x
	30.0 %	0.0	30.5		

Kuva 23. Ote uunin vyöhykkeiden arvoista. Säätoinstrumenttien vaihto tehtiin neljälle ensimmäiselle.

Säätoinstrumenttien vaihtotyön ja ohjelmaan tehtyjen muutosten jälkeen uunin neljän ensimmäisen vyöhykkeen säädöt toimivat johdonmukaisesti. Kunkin vyöhykkeen ilmakerroin asetetaan kohdalleen niin, että polttimilta käsin mitatut jäännöshappien arvot ovat hyvissä lukemissa. Kuten kuvassa 23 näkyy, neljän ensimmäisen vyöhykkeen ilmakertoimet ovat nyt pääsääntöisesti lähempänä tavallisesti käytettyä 1,2:ta, kuin loppujen vyöhykkeiden.

LÄHTEET

Battikha, N. E. (2007). *The Condensed Handbook of Measurement and Control*. Research Triangle Park: ISA.

Fisher Controls International LLC (2005). *Control Valve Handbook, Fourth Edition*. Haettu 27.3.2017 osoitteesta <http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public/documents/book/cvh99.pdf>

Halko, P., Härkönen, S., Lähteenmäki, I. & Välimaa, T. (1998). *Teollisuuden mittaustekniikka, Perusmittauksia*. Helsinki: Edita.

Jokilaakso A. (1987). *Virtaustekniikan, lämmönsiirron ja aineensiirron perusteet, 496*. Espoo: Otakustantamo.

Mäkinen M., Kallio R. & Tantarimäki R. (2009). *Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset*. Helsinki: Otava.

Ojala, L. (2015). *Sinkityslinjan pesuosan optimointi*. Diplomityö. Ympäristötekniikka. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

SSAB (2016). Galvanising line 2. Powerpoint-esitys 11/2016, Hämeenlinna.

SSAB (2017a). SSAB lyhyesti. Haettu 23.2.2017 osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

SSAB (2017b). Toimipisteitä ympäri maailman. Haettu 23.2.2017 osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/toimipisteita-ympari-maailman>

SSAB (2017c). Historia. Haettu 23.2.2017 osoitteesta <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/history>

Suomen Kaasuyhdistys ry (2014). *Maakaasukäsikirja*. Haettu 4.10.2016 osoitteesta http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/kuvat/kirja/MaakaasuKasikirja_helmikuu2014.pdf

Tikka A. (2008). Säätoventtiilit. Hämeen ammattikorkeakoulu.

Valle, B. (n.d.). Esimerkki lyhyen mallisesta venturiputkesta. Haettu 3.11.2016 osoitteesta <http://benvalle.com/Flow.htm>

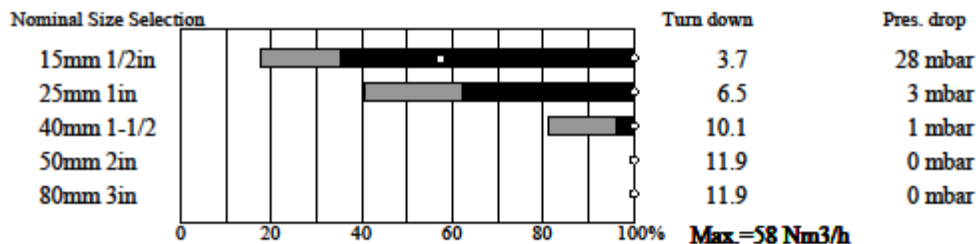
Yokogawa Electric Corporation (2001). *Technical Information - DY Vortex Flow Meter*. Haettu 29.11.2016 osoitteesta <http://web-material3.yokogawa.com/TI01F06A00-01E.pdf>

Maakaasun virtauslähettimen mitoitus ja parametrit

digitalYEFWLO Sizing Sheet

Shop Order No.		Item No.	
Order No.		Tag No.	
Job Name			
Agency			
End User		Rgst. No.	
Plant Name		Quantity	1
Model&Suf.Code			

Reduced bore type		not select
Detector Inner dia.	:E10	25mm lin
Kind of Fluid	:C20,F10	Gas
Fluid Name		maakaasu
Maximum Flow Rate	:C45,B10,F40	58 Nm3/h
Minimum Flow Rate		58 Nm3/h
Scale Condi.	:C32,C35,F19,F22	0degC 1atm 0%
Operating Temperature	:C31,D21	20.0 degC
Maximum Temperature		40.0 degC
Operating Pressure		0.7 bar gauge
Operating Pressure(abs)	:C34,F21	1.7133 bar abs
Minimum Operating Pressure		0.7 bar gauge
Deviation Factor	:C36,F23	1.000
Density at Scale Condition		0.443 kg/m3
Density at Oper. Condition	:C26,D26,F27	0.6979 kg/m3
Viscosity		0.011 cP
Total Rate	:B45	0 Nm3/pulse
Pulse Rate	:B21	0 Nm3/pulse
Low Cut Value	:D10	23.624 Nm3/h



Measurable Zone
 Accuracy Zone (*)
 High Velocity Zone (non-measurable range)

Min. Flow Rate
 Accuracy dividing point(35m/s)

(* Refer to GS01F06A00-01E)

Nominal Size	Selected				
	15mm 1/2in	25mm 1in	40mm 1-1/2	50mm 2in	80mm 3in
Result	Good	Good	Good	No Good	No Good
Reason of NG				Over Size	Over Size
Reynolds Number at Max. Flow	56588	32147	20811	16168	11636
Maximum Measurable Flowrate(Nm3/h)	75.959	235.363	561.633	930.494	1796.340
Minimum Measurable Flowrate(Nm3/h)	10.166	23.624	47.015	77.893	150.374
Flow Velocity at Maximum Flowrate(m/s)	61.086	19.714	8.262	4.987	2.583
Minimum Measurable Flow Velocity(m/s)	10.707	8.030	6.697	6.697	6.697
Min. Flow for Specified Accuracy(1.0%)(Nm3/h)	20.500	36.086	55.744	77.893	150.374
Predicted Error at Low Reynolds Number(of reading)	+5.17%	+3.18%	+2.05%	+0.00%	+0.00%

					CHECKED BY			
RE	n	REMARKS	DATE	REV.BY				

YOKOGAWA

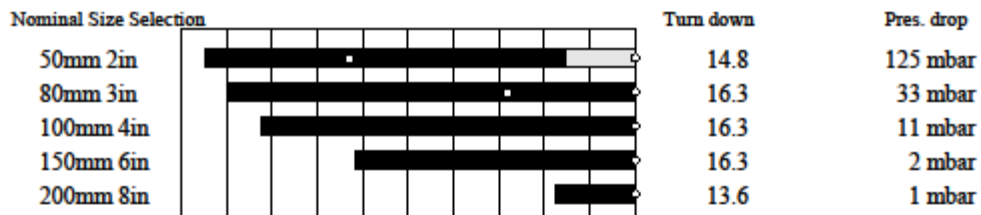
Software Ver. Eng. 8.00 WS 01F06A00-01EN

Polttoilman virtauslähettimen mitoitus ja parametrit

digitalYEFWLO Sizing Sheet

Shop Order No.		Item No.	
Order No.		Tag No.	
Job Name			
Agency			
End User		Rgst. No.	
Plant Name		Quantity	1
Model&Suf.Code			

Reduced bore type		not select
Detector Inner dia.	:E10	100mm 4in
Kind of Fluid	:C20,F10	Gas
Fluid Name		Air
Maximum Flow Rate	:C45,B10,F40	700 Nm3/h
Minimum Flow Rate		700 Nm3/h
Scale Condi.	:C32,C35,F19,F22	0degC 1atm 0%
Operating Temperature	:C31,D21	20.0 degC
Maximum Temperature		40.0 degC
Operating Pressure		0.08 bar gauge
Operating Pressure(abs)	:C34,F21	1.0933 bar abs
Minimum Operating Pressure		0.08 bar gauge
Deviation Factor	:C36,F23	1.000
Density at Scale Condition		1.293 kg/m3
Density at Oper. Condition	:C26,D26,F27	1.3 kg/m3
Viscosity		0.018 cP
Total Rate	:B45	0 Nm3/pulse
Pulse Rate	:B21	0 Nm3/pulse
Low Cut Value	:D10	122.73 Nm3/h



Measurable Zone
 Accuracy Zone (*)
 High Velocity Zone (non-measurable range)
 Min. Flow Rate
 Accuracy dividing point(35m/s)

(* Refer to GS01F06A00-01E)

Nominal Size	50mm 2in	80mm 3in	Selected 100mm 4in	150mm 6in	200mm 8in
	Result	Caution	Good	Good	Good
Reason of NG	Caution				
Reynolds Number at Max. Flow	348047	250496	189608	128136	95826
Maximum Measurable Flowrate(Nm3/h)	593.839	1146.420	2000.935	4381.332	7833.992
Minimum Measurable Flowrate(Nm3/h)	36.423	70.316	122.728	268.730	576.140
Flow Velocity at Maximum Flowrate(m/s)	94.302	48.848	27.987	12.782	7.148
Minimum Measurable Flow Velocity(m/s)	4.907	4.907	4.907	4.907	5.883
Min. Flow for Specified Accuracy(1.0%)(Nm3/h)	40.227	70.316	122.728	268.730	576.140
Predicted Error at Low Reynolds Number(of reading)	+1.66%	+0.00%	+0.00%	+0.00%	+0.00%

					CHECKED BY			
RE	n	REMARKS	DATE	REV.BY				

