

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Automaatio- ja prosessitekniikka

Hannu Pasanen

MAAKAASUN MÄÄRÄMUUNTIMEN KONFIGUROINTI JA KALIBROINTI

Insinööritö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

PASANEN, HANNU

Insinööri

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Toukokuu 2015

Avainsanat

Maakaasun määrämuuntimen konfigurointi ja kalibrointi

44 sivua + 2 liitesivua

Yliopettaja Merja Mäkelä

Gasum Tekniikka Oy

maakaasu, määrämuunnin, käyttöönotto, kalibrointi

Insinööriön tavoitteena on selvittää Elster-Instromet EK280 -kaasumäärämuuntimen soveltuvuus Gasum Tekniikka Oy:n virtausmittausjärjestelmään. Tällä hetkellä osa kaasumäärämuuntimista on ohittanut parhaan käyttöikänsä ja lähestyy elinkaarivaiheen loppua. Kaasumäärämuuntimen tehtävänä on muuntaa laskennallisesti virtausmittauksessa määritetyn kaasumäärän tilavuus normaaliolosuhteen tilavuusyksikköön. Kaasun virtausmittauslaitteistoa koskevat mittauslaitelaissa määritetyt vaatimukset ja Gasum Tekniikka Oy:n asettamat laatuvaatimukset. Työn tavoitteena on myös selvittää Elster-Instromet Absolute Encoder S1 -virtauslaskurin toimintaa edestakaisissa kaasun virtauksissa.

Tässä insinööriössä käsitellään Elster-Instromet EK280 -kaasumäärämuuntimen käyttöönottoon liittyviä vaiheita ja tutkitaan laitteen käyttäytymistä määrämittauksessa. Työssä käsitellään määrämuuntimen konfiguroinnin ja kalibroinnin vaiheet sekä laitteen toiminta testikäytössä. Tässä työssä on myös simuloitu edestakaisia kaasunvirtauksia Elster-Instromet Absolute Encoder S1 –virtauslaskurille ja tutkittu vaikutusta virtausmittauksen tulokseen. Testauksissa ja mittauksissa käytetään kalibrointi- ja mittausvälineitä, jotka on kalibroitu jäljitettävästi kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin.

Insinööriön tuloksena EK280 -määrämuunnin saatiin konfiguroitua, kalibroitua ja asennettua testikäyttöön. Laitteesta saatiin selvitettyä tarvittavat käyttöönoton vaiheet ja tuloksia mittausten tarkkuudesta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

PASANEN, HANNU

Configuration and Calibration of Natural Gas Volume
Conversion device

Bachelor's Thesis

44 pages + 2 pages of appendices

Supervisor

Merja Mäkelä, Principal Lecturer

Commissioned by

Gasum Tekniikka Oy

May 2015

Keywords

natural gas, volume conversion device, implementation,
calibration

The objective of this Bachelor's Thesis was to examine the applicability of Elster-Instromet EK280 volume conversion device to Gasum Tekniikka Oy's natural gas flow metering system. Some of the volume conversion devices have passed the most optimized time in the operating life cycle and will soon be approaching the end of their life cycle. The function of a volume conversion device is to convert the measured flow volume to correspond to the volume in standard conditions. The second objective of this thesis was to examine the behavior of Elster-Instromet Absolute Encoder S1 in back flow situations of natural gas.

This Bachelor's Thesis includes the process for the implementation of the EK280 volume conversion device and its performance in a test environment. This study also discusses back flow simulation of Absolute Encoder S1 in a flow metering system and impact in flow metering measurements. The equipment used during testing and measurements is calibrated and has traceability to national or international measurement standards.

The EK280 volume conversion device was configured, calibrated and installed to a real measurement environment as a result of this work. The required steps of preparatory function and accuracy of measurements were compiled.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT LYHENTEET

1	JOHDANTO	7
2	MAAKAASUN MÄÄRÄMITTAUSJÄRJESTELMÄ	8
2.1	Maakaasun määramittaus	9
2.2	Määramittauksen keskeiset mittalaitteet	11
2.2.1	Turbiinimittari	12
2.2.2	Kiertomäntämittari	14
2.2.3	Virtausmittarin laskuri	15
2.2.4	Kaasumäärämuunnin	16
2.2.5	Lämpötila-anturi	17
2.2.6	Paineanturi	18
2.3	Paineenvähennysasemat	18
2.4	Virtauslaboratorio	19
2.5	Mittalaitteita koskevat lait ja määräykset	20
3	KALIBROINTIJÄRJESTELMÄ	21
3.1	Suomen kansallinen mittanormaalijärjestelmä	22
3.2	Kalibrointijärjestelmä myyntimittauksessa	23
4	LAITTEIDEN KÄYTTÖÖNOTTO KALIBROINTIA VARTEN	23
4.1	Kaasumäärämuunnin Elster-Instromet EK280	23
4.2	Konfigurointi EK280	25
4.2.1	Yhteyden luonti	25
4.2.2	Parametrit	26
4.2.3	Lokit ja hälytykset	28
4.3	Virtausmittarin laskuri Elster-Instromet Absolute Encoder S1	28
5	KALIBROINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	30
5.1	Kaasumäärämuunnin Elster-Instromet EK280	30

5.1.1	Muuntimen kalibrointi	31
5.1.2	Toiminnallinen testaus	34
5.2	Virtausmittarin laskuri Absolute Encoder S1	39
6	YHTEENVETO	40
LIITTEET		
Liite 1. Elster-Instromet EK280 tekniset tiedot		
Liite 2. Elster-Instromet Absolute Encoder S1 tekniset tiedot		

KÄYTETYT LYHENTEET

ASCII	American standard code for information interchange
ATEX	Atmosphères explosibles, räjähdyskelpoiset ilmaseokset
COM	Communication port, kommunikointiportti
EAL	European Accreditation Cooperation for Laboratories
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
Ex	Explosive, räjähtävä
EEx ia	Intrinsically safe, luonnostaan vaaraton rakenne
EEx na	Non-incendive, palamaton rakenne
FINAS	Finnish Accreditation Service, Suomen kansallinen akkreditointielin
FINMET	Finnish National Measurement Standard System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
IAF	International Accreditation Forum, akkreditoijien ja sertifioijien yhteistyöelin
ISO	International Organization for Standardization
MIKES	Mittatekniikan keskus
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory control and data acquisition, tiedonkeruuohjelmisto
SCR	System for Communication and Readout of Meters
SI	Système international d'unités, kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä
TCP	Transmission control protocol
VSL	Dutch Metrology Institute

1 JOHDANTO

Gasum Oy on suomalainen kaasuliiketoimintaan keskittynyt yritys, joka on perustettu vuonna 1994 Neste Oy:n maakaasuyksiköstä. Gasum Oy:n omistajuuden jakavat Suomen valtio (75 %) ja OAO Gazprom (25 %). Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2014 1079 miljoonaa euroa. Tytäryhtiö Gasum Tekniikka Oy:n vastuulla on konsernin asennus- ja kunnossapitotyöt. Maakaasun määramittaus on yksi keskeisistä toiminnoista maakaasun siirtoon ja myyntiin liittyen. Oikeat mittausmenetelmät minimoivat mittausvirheet ja mahdollistavat luotettavan liiketoiminnan. Myyntimittauksessa käytettävistä laitteista huolehtii Gasum Tekniikka Oy:n myyntimittaustiimi. (Gasum Oy 2015.)

Insinööritöiden motiivina on etsiä korvaava laite vähitellen tekniikaltaan vanhentuvien kaasumäärämuuntimien tilalle. Tällä hetkellä osa määrämuuntimista on ohittanut parhaan käyttöikänsä ja lähestyvät elinkaarivaiheen loppua. Työn päätavoitteena on selvittää Elster-Instromet EK280-kaasumäärämuuntimen soveltuvuus korvaavaksi laitteeksi vähitellen vanhentuvan tekniikan tilalle. Työssä käydään läpi laitteelle välttämättömät konfigurointi- ja kalibrointitoimenpiteet.

Tässä insinööritöissä keskitytään Gasum Tekniikka Oy:n maakaasun määramittaus-toimintaan ja keskeisiin mittausteknisiin laitteisiin. Työssä tarkastellaan määramittausjärjestelmää paineenvähennysasemilla ja mittausjärjestelmään liittyvää kalibrointitoimintaa, sekä yleistä kalibrointijärjestelmää. Työssä perehdytään myös mittaus-toimintaan liittyviin määryksiin ja lakeihin. Tässä työssä keskitytään Elster-Instromet EK280-kaasumäärämuuntimen ominaisuuksiin, konfigurointiin ja laitteen soveltuvuuteen Gasum Tekniikka Oy:n määramittausjärjestelmään. Työn toisena keskeisenä tarkastelun kohteena on Elster-Instromet Absolute Encoder S1-virtauslaskuri, jonka rakennetta tutkitaan ja toimintaa simuloidaan. Työssä tutkitaan, kuinka kyseinen laskuri käyttäytyy ongelmallisissa kaasuvirtauksissa. Laskurin toimintaa on simuloitu Gasum Tekniikka Oy:n teknisissä tiloissa.

2 MAAKAASUN MÄÄRÄMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Maakaasu on luonnonkaasu, joka koostuu metaanista CH_3 , etaanista C_2H_6 , propaanista C_3H_8 , butaanista C_4H_{10} , typestä N_2 ja hiilidioksidista CO_2 . Maakaasun koostumus ja komponenttien pitoisuudet vaihtelevat eri tuotantolähteiden mukaan. Suomen siirtoverkostoon Imatran vastaanottoaseman kautta tuleva maakaasu on tuotettu Siperiassa ja sisältää noin 98 % metaania ja 2 % muita komponentteja. Maakaasu on merkittävä polttoaine sähkön- ja lämmöntuotannossa. Maakaasun hyviä ominaisuuksia ovat sen korkea tehollinen lämpöarvo 50 MJ/kg, sekä puhdas palaminen. Metaanin palamisprosessissa syntyy lopputuotteena ainoastaan hiilidioksidia ja vettä. Maakaasulla on kaasumaisille polttoaineille tyypillinen kapea syttymisalue. Maakaasua on oltava ilmassa 5 - 15 tilavuusprosenttia, jotta kaasu voi syttyä. (Suomen Kaasuyhdistys 2015.)

Maakaasun toimitus tapahtuu maanalaisen siirtoverkoston kautta. Maakaasu paineistetaan 30 - 54 baarin paineeseen kompressoriasemilla. Nostamalla kaasun painetta voidaan lisätä maakaasuverkoston siirtokapasiteettia. Gasum Oy:n siirtoverkostossa on 3 kompressoriasemaa, 131 venttiiliasemaa ja 129 paineenvähennysasemaa. Venttiiliasemilla saadaan lisättyä maakaasuverkoston käyttöturvallisuutta. Venttiiliasemilla sijaitsevilla linjasulkuventtiileillä saadaan tarvittaessa katkaistua kaasun jakelu ja tyhjennettyä kaasulinja ulospuhalluksen kautta. Paineenvähennysasemien tehtävänä on alentaa maakaasun paine asiakkaille sopivaksi. Maakaasun jakelupaine on 1 - 30 baaria asiakkaan tarpeista riippuen. Paineenvähennysasemilla tapahtuvan maakaasun määrämittauksen jälkeen kaasu siirretään jakeluverkostossa asiakkaalle. (Gasum Oy 2015.)

Maakaasuverkoston valvonta- ja hälytystiedot välitetään Gasumin oman tiedonsiirtojärjestelmän kautta. Tiedonsiirtojärjestelmä välittää tiedot 15 linkkiaseman avulla Kouvolassa sijaitsevaan keskusvalvomoon. Kuvassa 2.1 on esitetty maakaasun siirtoverkosto Suomessa. (Gasum Oy 2015.)



Kuva 2.1. Maakaasun siirtoverkosto Suomessa (Gasum Oy 2015)

Maakaasuverkostoon syötettävän kaasun on täytettävä järjestelmävastaavan asettamat vaatimukset. Energiavirasto on määrännyt Gasum Oy:n järjestelmävastuuseen maakaasun siirtojärjestelmässä. Järjestelmävastaavalla on oikeus asettaa tarvittavia ehtoja järjestelmävastuun toteuttamiseksi. Gazpromilta ostetun maakaasun laatua analysoidaan Imatralla sijaitsevalla vastaanottoasemalla standardin ISO-6975 mukaisesti. Koostumuksesta mitataan komponenttien osuudet, rikki- ja happipitoisuus, alempi lämpöarvo, ylempi lämpöarvo, kaasun tiheys ja vesikastepiste. (Gasum 2015.)

2.1 Maakaasun määramittaus

Maakaasun määramittaus on jaettu ostomittaukseen ja myyntimittaukseen. Maakaasun ostomittauksella tarkoitetaan suomeen tulevan kaasumäärän mittausta ja analysointia. Ostomittaus tapahtuu Imatran Räikkölässä sijaitsevalla vastaanottoasemalla, joka on yhteydessä Gazpromin verkkoon. Räikkölässä käytössä oleva maakaasun mittausmenetelmä perustuu ultraäänitekniikkaan. Maakaasun ostomittauksesta ja laitteiden huollosta vastaa Räikkölän vastaanottoaseman oma henkilökunta. (Gasum 2015.)

Maakaasun myyntimittaus tarkoittaa asiakkaalle virtaavan kaasumäärän mittausta, jonka perusteella asiakasta laskutetaan. Myyntimittaus tehdään käyttökohteiden läheisyydessä olevilla paineenvähennysasemilla. Myyty maakaasumäärä ilmoitetaan normaalikuutiometreinä (m^3N) ja energiamääränä (MWh). Maakaasumäärän mittaukseen käytetään virtausmittauslaitteistoa. (Gasum 2015.)

Maakaasun määramittauksessa määritetään putkessa virtaavaan kaasun tilavuusvirtaus normaaliolosuhteissa. Virtausmittari osoittaa maakaasun tilavuusvirtauksen linjaolosuhteissa, jolloin kaasun kokoonpuristuvuuden vaikutus täytyy ottaa huomioon. Kaavassa 1 on esitetty ideaalikaasun tilanyhtälö. (A. W. Loomis. 1982, 3 - 4.)

$$P \times V = n \times R \times T \quad (1)$$

P	<i>paine [Pa]</i>
V	<i>n kMol: in kaasua varaama tilavuus [m³]</i>
n	<i>kMol: ien määrä</i>
R	<i>yleinen kaasuvakio 8314,34 J/kMol/K</i>
T	<i>lämpötila [K]</i>

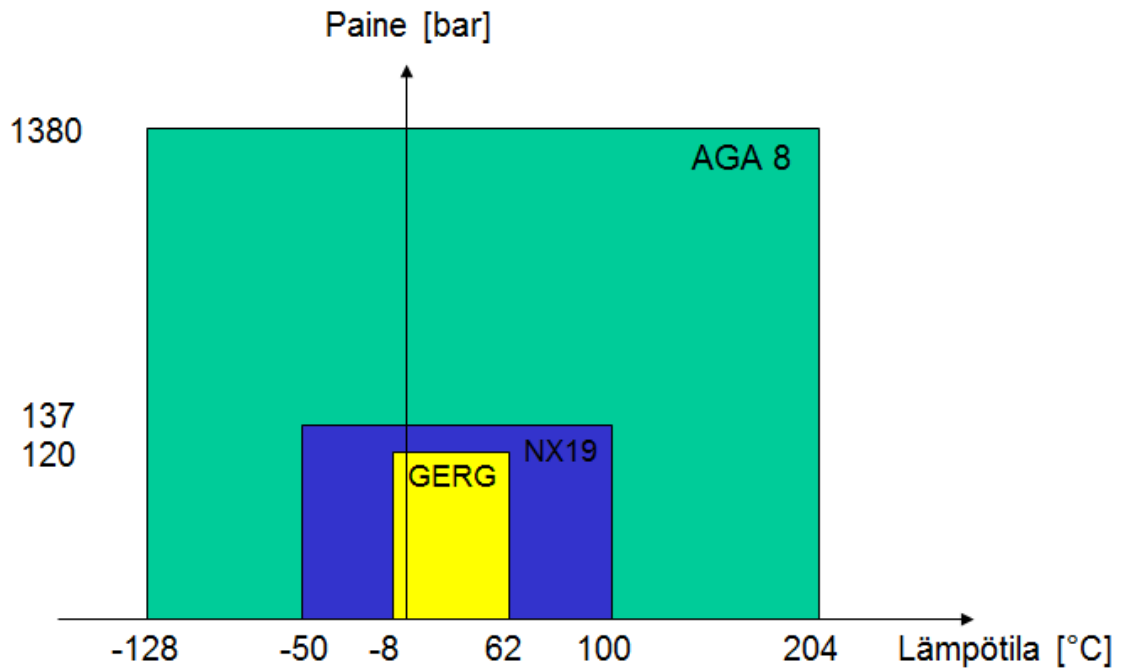
Ideaalikaasujen molekyylien välinen etäisyys on tarpeeksi suuri, jotta molekyylien vetovoiman vaikutus on merkityksetön. Paineen kasvaessa tai lämpötilan laskiessa molekyylit tulevat lähemmäksi toisiaan pienemmässä tilavuudessa kuin ideaalikaasun tilanyhtälössä. Todellisen kaasun tilanyhtälö voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti. (Emerson process 2005.)

$$P \times V = n \times Z \times R \times T \quad (2)$$

P	<i>paine [Pa]</i>
V	<i>n kMol: in kaasua varaama tilavuus [m³]</i>
n	<i>kMol: ien määrä</i>
Z	<i>kokoonpuristuvuus</i>
R	<i>yleinen kaasuvakio 8314,34 J/kMol/K</i>
T	<i>lämpötila [K]</i>

Maakaasun tilavuuden määrittämisessä otetaan huomioon kaasun paineesta ja lämpötilasta johtuva kokoonpuristuvuus sekä kaasun kokoonpuristuvuuskerroin. Kokoonpuristuvuuden määrittämiseksi mitataan kaasun lämpötila ja paine mittaolosuhteissa. (Suomen Kaasuyhdistys 2015.)

Maakaasun tilavuuden laskentamenetelmien yleisimmät kokoonpuristuvuusstandardit ovat AGA 8, AGA-NX19 ja GERG. Laskentakaavojen toiminta-alueet ja epävarmuudet eroavat toisistaan. Kuvassa 2.2 on esitetty laskentakaavojen toiminta-alueet.

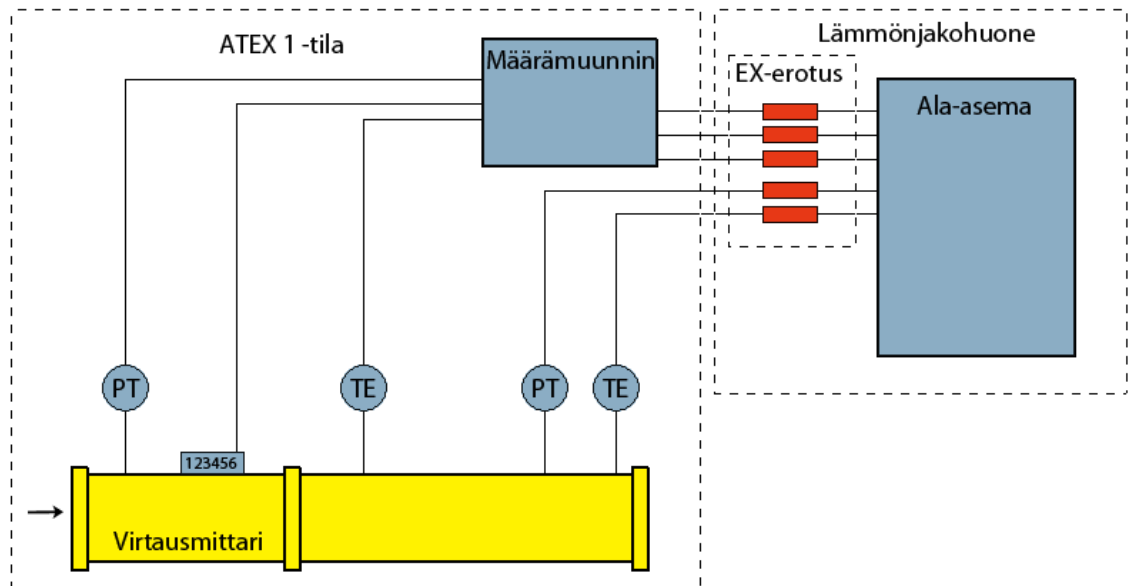


Kuva 2.2. Laskentakaavojen toiminta-alueet (Markkanen 2003)

Laskentamenetelmän kokoonpuristuvuusstandardi voidaan valita kaasumäärämuuntimen asetuksista. Gasum Tekniikka Oy käyttää ensisijaisesti kokoonpuristuvuusstandardina AGA-NX19-laskentaa. Kaukovalvontajärjestelmässä suoritetaan varmuuslaskenta kaasun tilavuuksille käyttäen AGA-NX19-menetelmästä sovellettua laskentakaavaa. (Pieksamä 2015.)

2.2 Määrämittauksen keskeiset mittalaitteet

Virtausmittauksen mittausperiaatteen valintaan vaikuttavat kaasun fysikaaliset ominaisuudet, mittauksen tarkkuusvaatimus, mittausalueen suuruus ja mittaustulokselta vaadittu luotettavuus. (Halko, Härkönen, Lähtenmäki & Välimaa 1996, 87.) Virtausmittauslaitteisto sisältää maakaasun virtausmittarin, kaasumäärämuuntimen, painelähettimen ja lämpötila-anturin. Virtausmittari osoittaa mittarin läpi virranneen kaasumäärän tilavuusyksikössä. Yleisimmät maakaasun virtausmittauksiin käytettävät virtausmittarityypit ovat turbiinimittari ja kiertomäntämittari. Mittauslaitteiden asennusperiaatteen valintaan vaikuttavat laitteiston ominaisuudet. Yleisimmässä tapauksessa määrämuunnin on asennettu lämmönjakohuoneen puolelle ennen Ex-erotusta. EK280-määrämuunnin täyttää ATEX-vaatimukset ja se voidaan asentaa kuvan 2.3 mukaisesti myös paineenvähennysaseman laitetilaan.



Kuva 2.3. Määrämittauksen periaatekuva

2.2.1 Turbiinimittari

Turbiinimittareiden kokovalikoima on laaja ja ne soveltuvat hyvin suurille tilavuusvirtauksille ja paineille. Mittari ei tarvitse normaaleissa käyttöolosuhteissa suodatinta yhteyteensä, sillä se ei ole herkkä epäpuhtauksille. Turbiinimittarissa kaasu pääsee virtaamaan vapaasti, vaikka turbiini vikaantuisi. Turbiinimittarin asennusolosuhteiden on oltava standardin ISO 9951 mukaiset. Asetettaessa mittari standardin mukaiseen häiriötestiin virhekäyrä ei saa muuttua 1/3 enempää sallitusta virheestä. (ISO 9951.) Kuvassa 2.4 on esitetty SM-RI-mallin turbiinimittari.



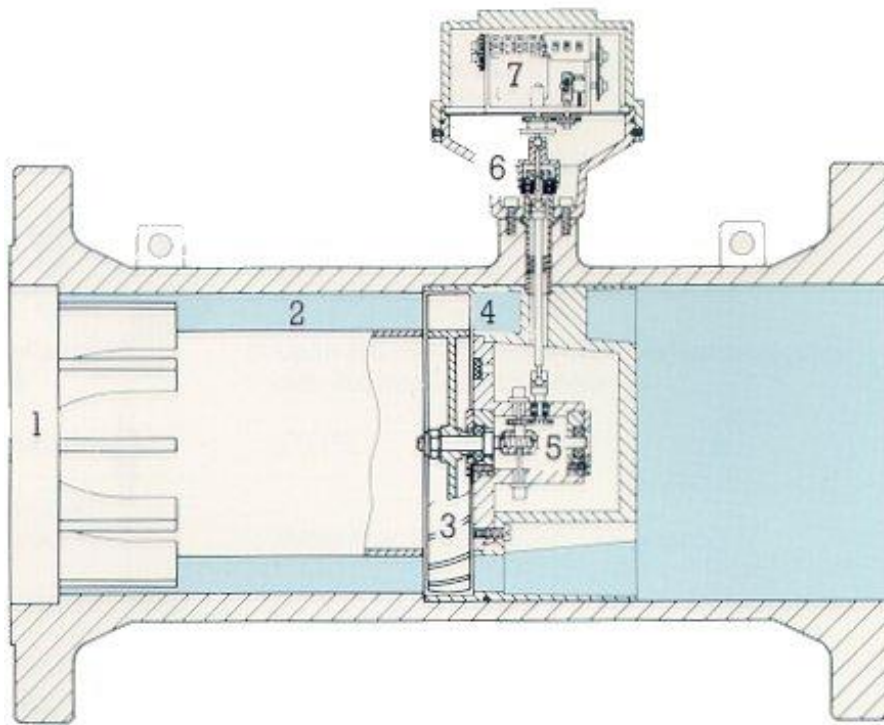
Kuva 2.4. Turbiinimittari SM-RI (Elster-Instromet)

Turbiinimittarin mittausalue on määritetty pienimmän ja suurimman virtauksen mukaan, jotka ovat suurimman sallitun virheen ± 2 % rajoissa. Turbiinimittarin normaali mittausalueen vurityssuhde on 20:1. Turbiinimittarin mittausalue ilmoittaa maksimivirtauksen suhteen minimivirtaukseen. Turbiinimittarin epätarkkuus on yleensä $\pm 1 - 2$ % ala-alueella eli alle 20 % maksimivirtauksesta ja yläalueella $\pm 0,5 - 1$ %. (Instromet 2000.) Mittausvirhe suurenee voimakkaasti pienillä virtauksilla kitkan ja induktiivisen tunnustelun aiheuttaman häiriön vuoksi. Mittausalue kasvaa paineen kasvaessa. (Halko ym. 1996, 95.) Turbiinimittarin todellinen mittausalue voidaan laskea kaavasta 3 (Instromet 2000).

$$Q_{tod} = Q \times \sqrt{\frac{P_b}{P}} \quad (3)$$

Q_{tod}	<i>mittarin todellinen käyttöolosuhteiden virtaus [m^3/h]</i>
Q	<i>mittarin kilvessä ilmoitettu virtaus [m^3/h]</i>
P_b	<i>peruspaine 1,01325 bar</i>
P	<i>käyttöpaine [bar abs.]</i>

Turbiinimittarin toimintaperiaate perustuu herkästi laakeroituun siivekkeillä varustettuun roottoriin, jota kaasun virtaus pyörittää kohdatessaan sen roottorin akselin suuntaisesti. Roottorin pyörimisnopeus on mittausalueella suoraan verrannollinen virtausnopeuteen. Roottori pyörittää hammaspyörästön välityksellä mekaanista laskuria, joka ilmaisee mittarin läpi virranneen kaasun tilavuusyksikössä. (Halko ym. 1996, 94.) Turbiinimittarin rakenteen läpileikkaus on esitetty kuvassa 2.5.



Kuva 2.5. Turbiinimittarin rakenne (Villanen 2003)

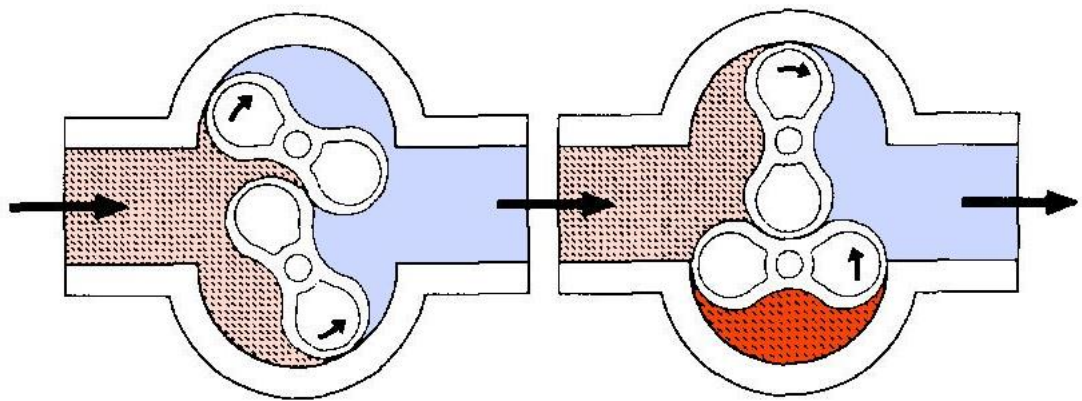
2.2.2 Kiertomöntämittari

Kiertomöntämittarilla on laaja mittausalue ja se soveltuu pienempien virtauksien mittaamiseen kuin turbiinimittari. Kiertomöntämittaria voidaan myös käyttää kohteissa, joissa kaasun käyttö on jaksottaista. Kiertomöntämittari on erityisen herkkä epäpuhtauksille ja vaatii suodattimen asennuksen mittarin yhteyteen. (Villanen 2003.) Kuvassa 2.6 on esitetty IRM-3 DUO -kiertomöntämittari.



Kuva 2.6. IRM-3 DUO -kiertomöntämittari (Elster-Instromet 2015)

Kiertomäntämittarin toimintaperiaate perustuu tulo- ja menopuolen paine-eroon, joka saa aikaan mäntiä pyörittävän vääntömomentin. Vääntömomentin ylittäessä roottoreiden inertian männät alkavat pyörimään. Pyöriessään männät muodostavat kammion rungon kanssa ja kammiot täyttyvät ja tyhjäntyvät kaasun tilavuudella. Kiertomäntämittari osoittaa virtaavan kaasun määrän mäntien pyörimisen perusteella. Pyörimisliike on välitetty jakopyörästä välityksellä virtausmittarin laskurille. Kiertomäntämittarin männät pyörivät erittäin herkästi ja mittari alkaa mitata 0,1 mbarin paine-erosta. (Aerzener Maschinenfabrik 2015.) Kuvassa 2.7 on esitetty kiertomäntämittarin toimintaperiaate.



Kuva 2.7. Kiertomäntämittarin toimintaperiaate (Instromet 2000)

2.2.3 Virtausmittarin laskuri

Virtausmittarin virtauslaskuri ilmaisee mittarin läpi virranneen kaasun tilavuusyksikössä. Laskuri voi olla mekaaninen, elektroninen tai näiden yhdistelmä. (Machine Design 2015.) Laskuri asennetaan kiinteästi virtausmittariin. Virtausmittari pyörittää hammaspyörästä välityksellä laskurissa olevaa kiekkoa ja mittarilukeman osoitinta. Virtausmittari lähettää tiedon virtausnopeudesta pulssisignaaleilla tai digitaalisena tietona määrämuuntimelle. Kuvassa 2.8 on esitetty virtausmittarin laskuri.



Kuva 2.8. Virtausmittarin laskuri (Markkanen 2009)

Virtausmittarin laskurin lähettämä tieto virtausnopeudesta määrämuuntimen digitaaliseen sisääntuloon voi perustua pulssitekniikkaan tai enkooderiin. Matalataajuinen pulssigeneraattori lähettää pulssisignaaleja maksimissaan 10 Hz taajuudella. Korkeataajuinen pulssigeneraattorin maksimitaajuus on 2500 Hz. (Elster-Instromet 2015.) Pulssigeneraattorin toiminta perustuu kiekon ulkokehällä olevaan ferromagneettisesta materiaalista koostuvaan kappaleeseen, joka kohdatessaan tuntoelimen indusoi kelaan jännitepulssin. Korkeataajuisessa pulssigeneraattorissa ferromagneettinen kappale on turbiinimittarin siivissä. Tuntoelin koostuu kahdesta reed-releestä ja pyörimissuunta määrittäytyy siitä, kumman reed-releen magneetti kohtaa ensin. (Machine Design 2015.)

Absoluuttinen enkooderi rekisteröi kiekon asennon sille määritettyjen lukupisteiden tarkkuudella. Absoluuttinen enkooderi voi olla toteutettu myös lukemalla laskurin osoittimia optisella sensorilla. (Machine Design 2015.)

2.2.4 Kaasumäärämuunnin

Kaasumäärämuunnin määrittää kaasun tilavuusvirtauksen normaaliolosuhteissa. Määrämuunnin mittaa kaasun paineen ja lämpötilan, joiden perusteella laite laskee kaasun kokoonpuristuvuuden. Kaasumäärämuunnin laskee korjaamattoman kaasumäärän vir-

tausmittarin laskurin lähettämien pulssien perusteella tai absoluuttisen asentoanturin näyttämän mukaan. Kokoonpuristuvuuden ja virtausmittarilta tulevien pulssien perusteella laite laskee tilavuusvirtauksen normaaliolosuhteissa. Korjatun kaasumäärän laskenta on esitetty alla olevassa kaavassa 4. (Markkanen 2003.)

$$V_n = V_l \times \frac{P}{P_n} \times \frac{T_n}{T} \times \frac{Z_n}{Z} \quad (4)$$

V_n korjattu kaasumäärä [m^3N]

V_l korjaamaton kaasumäärä [m^3]

P mittauspaine [bar]

P_n perusolosuhteiden paine [bar]

T mittauslämpötila [K]

T_n perusolosuhteiden lämpötila [K]

Z kokoonpuristuvuus käyttöolosuhteissa

Z_n kokoonpuristuvuus perusolosuhteissa 0,9976

Kaasumäärämuuntimiin ohjelmoidaan kaasunkoostumuksen vakioarvot hiilidioksidille, typelle ja suhteelliselle tiheydelle. Verkostossa maakaasun koostumus kuitenkin vaihtelee, jonka vuoksi kaasumäärämuuntimien mittauksiin perustuvaa laskentaa vertaillaan kaukovalvontajärjestelmässä tehtyyn varmennuslaskentaan. Ohjelmoitavia vakioarvoja muutetaan varmennuslaskennan ja kaasun laatumittauksien perusteella tarvittaessa. (Pieksmä 2015.)

2.2.5 Lämpötila-anturi

Lämpötilamittauksessa voidaan käyttää lämpötilalähetintä tai määrämuuntimeen asennettua lämpötila-anturia. Käytettäessä turbiinimittaria lämpötila mitataan kaasulinjasta virtausmittarin jälkeen. Anturin sijoituspaikka on putken halkaisijan verran mittarin lähtölaipan jälkeen. Lämpötila-anturin mittapään tulee ulottua putken keskikohtaan. Käytettäessä kiertomäntämittaria lämpötila mitataan virtausmittarissa olevasta lämpötila-anturin suojataskusta. (Markkanen 2003.)

2.2.6 Paineanturi

Paineen mittauksessa on tärkeää käyttää absoluuttipaineanturia, koska ylipaineanturia käytettäessä ilmanpaineen vaihtelu aiheuttaa virhettä määrämuuntimen laskemaan korjauskertoimeen. Paineen mittauksessa käytetään painelähetintä tai määrämuuntimeen asennettua paineanturia. Paine mitataan virtausmittarin Pr-paineyhteestä. (Markkanen 2003.)

2.3 Paineenvähennysasemat

Maakaasun paineenvähennysasemien tarkoituksena on alentaa kaasun paine asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Paineenvähennysasemilla tapahtuu myös asiakkaalle virtaavaan maakaasumäärän mittaaminen ja maakaasun hajustaminen. (Gasum 2015.) Maakaasu hajustetaan rikkipitoisella tetrahydrotiofeenilla C_4H_8S , jotta mahdolliset vuodot olisi-
vat havaittavissa helpommin. (Pieksmä 2015.)

Siirtoverkostosta tuleva 30 - 54 baarin paineessa oleva maakaasu alennetaan paineenvähennyslaitteistolla asiakkaan vaatimalle painetasolle. Yleensä paineenalennus tehdään moniportaisesti alentamalla siirtoputkiston paine jakeluputkiston painetasolle ja jakeluputkiston paine asiakkaan laitteistolle sopivaksi. (Suomen Kaasuyhdistys 2015.)

Paineenvähennysasemat ovat aidattuja alueita. Asemarakennuksen sisällä on paineenvähennyksen laitetilä ja lämmönjakohuone, jotka ovat eristetty toisistaan. Paineenvähennyksen laitetilä on Atex 1 -direktiivin mukainen tilä. Rakennuksen ulkopuolella olevalla kentällä on kaasun pääsulkuventtiilit. Kuvassa 2.9 näkyy Raholan paineenvähennysaseman laitetilä.



Kuva 2.9. Raholan paineenvähennysasema

Maakaasu on siirtoverkoston paineessa punaiseksi maalatussa putkistossa ja jakelupaineessa keltaisessa putkistossa. Kaasuputki haarautuu kahteen linjaan paineenvähennysasemalla, jotta paineenvähennyslaitteiden huolto- ja ongelmatilanteissa kaasun jakelu ei keskeydy. Paineenvähennyslinjan laitteisto koostuu pääosin linjaventtiilistä, suodattimesta, lämmönvaihtimesta, turvasulkuventtiilistä, säätöventtiilistä, sulkuventtiileistä ja virtausmittarista.

2.4 Virtauslaboratorio

Gasum Tekniikka Oy:n virtauslaboratorio sijaitsee Gasum Oy:n Kouvolan maakaasukeskuksen tiloissa. Virtauslaboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun hyväksymä kalibrointilaboratorio K051. Kalibrointilaboratorio on akkreditointivaatimuksen EN ISO/IEC 17025 mukainen. Akkreditointi on voimassa neljä vuotta kerrallaan ja FINAS suorittaa arviointikäynnin kerran vuodessa. VSL suorittaa laboratorion määrääkaiskalibroinnin kolmen vuoden välein. (Gasum 2015.)

Virtauslaboratoriossa voidaan kalibroida $1 \text{ m}^3/\text{h}$ - $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ mittausalueella turbiini- ja kiertomäntämittarit. Muu kalibrointitoiminta ei ole akkreditoitua. (Gasum 2015.)

Kuvassa 2.8 näkyvät virtauslaboratorion referenssimittarit ja kalibroitavan virtausmittarin asennus.



Kuva 2.8. Gasum Oy:n virtauslaboratorio (Parikka 2008)

2.5 Mittalaitteita koskevat lait ja määräykset

Mittauslaitelaki turvaa mittauslaitteiden toiminnan, mittausmenetelmien ja mittaustulosten luotettavuuden. Mittauslaitelaissa on määritetty määrämittauskäytössä olevien laitteiden ominaisuuksia koskevat vaatimukset. Valtioneuvoston asetuksilla on tarkennettu mittauslaitteiden teknisiä vaatimuksia. (Mittauslaitelaki 2011.)

Valtioneuvoston asetuksessa 211/2012 määritellään mittauslaitteen suurimmat sallitut virheet. Virtausmittarille on määritetty pienin tilavuusvirtaus Q_{min} , välirajan tilavuusvirtaus Q_t ja suurin tilavuusvirtaus Q_{max} . Virtausmittarin virheikäyrää verrataan suurimpiin sallittuihin virheisiin tilavuusvirtauksen alueelta. Virtausmittareiden suurimmat sallitut virheet on esitetty taulukossa 2.1. (Valtioneuvoston asetus 211/2012.)

Taulukko 2.1. Virtausmittareiden sallitut virheet (Valtioneuvoston asetus 211/2012)

Luokka	1.5	1.0
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	3 %	2 %
$Q_t \leq Q \leq Q_{max}$	1,5 %	1 %

Kaasun määrämuunninta koskevat valtioneuvoston asetuksessa 211/2012 asetetut tilavuuden muuntolaitteiden erityisvaatimukset:

8. Suurimmat sallitut virheet

0,5 % vallitsevassa lämpötilassa $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, vallitseva kosteus 60 % $\pm 15\text{ %}$, nimellisarvot virransyötölle (Valtioneuvoston asetus 211/2012, 69).

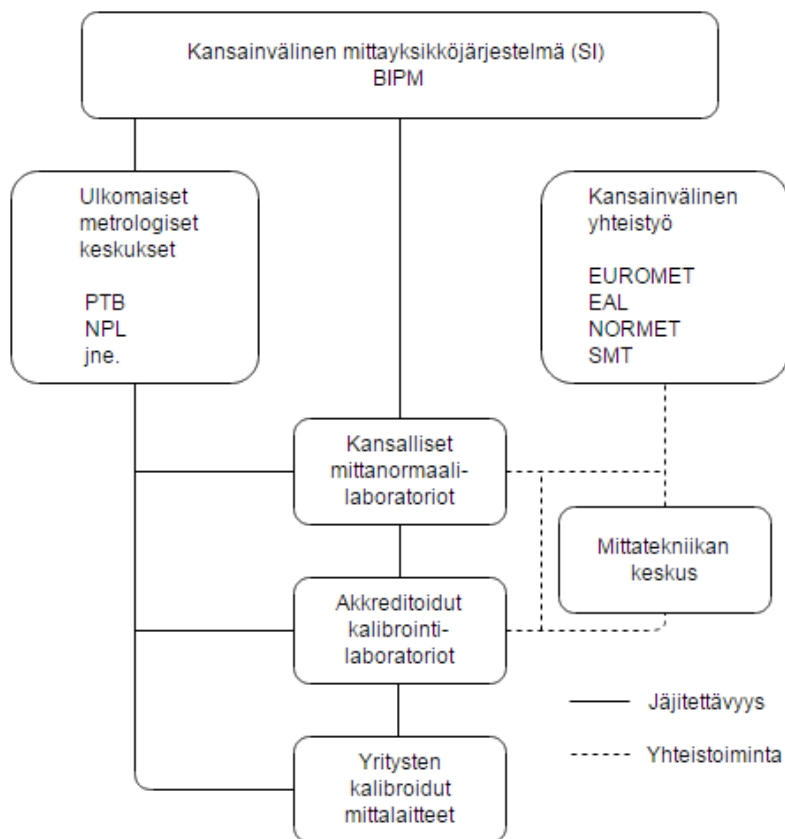
Mittauslaitteille on asetettu sinetöintivaatimukset mittauslaitelaissa. Mittauslaitteet on sinetöitävä valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Mittauslaitelaki 2011.)

Mittaus- ja paineenvähennysasemilla on räjähdysvaarallisiksi luokiteltuja alueita, joilla saa käyttää vain sinne hyväksytyjä laitteita. Kiinteästi asemalle asennettujen laitteiden tulee aina täyttää tilaluokituksen vaatimukset. Jos Ex-tilassa joudutaan tilapäisesti käyttämään esimerkiksi työvälineitä, jotka eivät täytä tilaluokan vaatimuksia, valvotaan työskentelypisteen kaasupitoisuutta jatkuvasti. (Parikka 2006, 2-3.)

3 KALIBROINTIJÄRJESTELMÄ

Metrologia on tieteenala, joka tutkii mittaamista ja mittayksiköitä. SI-järjestelmä on kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä, joka perustuu vuonna 1875 solmittuun kansainväliseen metrisopimukseen. Metrologiaan liittyy tiivis yhteistyö kansainvälisten organisaatioiden kesken. Kalibrointijärjestelmät ja akkreditointi ovat yhdenmukaisia jäsenmaiden kesken. Lakisääteisenä metrologian kansainvälisenä järjestönä toimii OIML, jonka tehtävänä on yhtenäistää eri maiden määräyksiä liittyen mittaamiseen ja mittalaitteisiin. IAF toimii kansainvälisenä akkreditoijien ja sertifioijien yhteistyöelimenä. (Andersson - Tikka 1997, 159.)

Mittausten luotettavuuden perusedellytyksenä on jäljitettävyys ja kalibrointi. Jäljitettävyydellä tarkoitetaan mittaustuloksen yhteyttä SI-järjestelmään kansallisten ja kansainvälisten mittanormaalien kautta. Kalibroinnilla tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on määrittää mittausvälineen tai -järjestelmän näyttämien arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla mitattujen arvojen välinen yhteys. (FINAS 2013.) Kuvassa 3.1 on esitetty jäljitettävyysketju ja kalibroititoiminnan yhteistyö.



Kuva 3.1. Jäljitettävyysketju (Andersson - Tikka 1997, 160)

3.1 Suomen kansallinen mittanormaalijärjestelmä

Suomea edustaa eurooppalaisessa akkreditointiyhteistyöelimessä EAL:ssa Mittatekniikan keskus MIKES. Mittatekniikan keskus toimii kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuudessa. Mittatekniikan keskus vastaa Suomen kansallisen mittanormaalijärjestelmän FINMET:n yleisestä toteuttamisesta ja kehittämisestä. Mittatekniikan keskuksen akkreditointiyksikkö FINAS toimii Suomen kansallisena akkreditointielimenä. FINAS akkreditoi kalibrointi- ja testauslaboratorioita, sertifiointilaitoksia sekä EMAS-todentajia. EMAS tarkoittaa ympäristön hallinta- ja auditointijärjestelmää. (Andersson - Tikka 1997, 160 - 162.)

Akkreditoinnilla tarkoitetaan menettelytapaa todeta laboratorion, sertifiointielimen, tarkastuslaitoksen tai EMAS-todentajan pätevyys kansainvälisiin standardeihin perustuen. Akkreditointi perustuu vuosittaiseen teknisen toiminnan ja laatujärjestelmän arviointiin EN 45000 -standardisarjan mukaan. Kukin laboratorio voi yleensä päättää itse kalibrointimenetelmästä, mutta joitakin maakohtaisia standardeja ja ohjeita on olemassa. EAL julkaisee G-ohjeita (Guidance for laboratory) laitteiden kalibrointitavoista. G-ohjeissa esitetään kalibroinnin minimivaatimukset ja täydellinen kalibrointi. Kalibroinnista annetaan kalibrointitodistus eli sertifikaatti, jonka ulkoasu ja sisältö on yhdenmukainen EAL:n sopimuspiirissä. Kalibrointitodistuksesta näkyvät kalibrointituloksen selvittämiseksi kalibroinnin epävarmuus, jäljitettävyyys, referenssinormaalit ja kalibrointimenetelmä. Todistuksessa on kuvattu olosuhteet ja selvitetty mahdolliset korjauslaskelmat. (Andersson - Tikka 1997, 165 - 169.)

3.2 Kalibrointijärjestelmä myyntimittauksessa

Kaikki myyntimittauskäytössä olevat laitteet on kalibroitu, ja kaikki kalibrointivälineet on kalibroitu jäljitettävästi kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin Gasum Tekniikka Oy:n ennakkohuolto-ohjelman mukaisesti. Maakaasun virtausmittarit kalibroidaan ja huolletaan kuuden vuoden välein Gasum Tekniikka Oy:n virtauslaboratoriossa. Määrämuunninlaitteet kalibroidaan todellisilla arvoilla 1,5 vuoden välein. Muuntimet viritetään, jos paineen virhe ylittää $\pm 0,1$ % tai lämpötilan virhe ylittää $\pm 0,3$ °C. (Pieksmä 2015.)

4 LAITTEIDEN KÄYTTÖÖNOTTO KALIBROINTIA VARTEN

Ennen käyttöönottoa kaasumäärämuunnin tilattiin valmistajalta. Elster-Instromet lähetti kuuden kuukauden testikäyttöön Atex 1 -tilaan yhteensopivan EK280 EXia IIB T3 -mallin määrämuuntimen. Virtausmittarin laskuri Absolute Encoder S1 löytyi valmiiksi Gasum Tekniikka Oy:n varastosta. Ennen käyttöönottoa selvitettiin tarvittavat laitteet ja komponentit pulssien simulointia ja kalibrointia varten, sekä ohjelmistot konfigurointia varten.

4.1 Kaasumäärämuunnin Elster-Instromet EK280

Elster-Instromet EK280 -kaasumäärämuunnin on valmistajan uusiin malli, joka on kehitetty EK260-kaasumäärämuuntimen pohjalta. EK280-mallissa on uusi käyttöliittymä

ja laajemmat kytkentämahdollisuudet. EK280-määrämuunninta voidaan käyttää palje-, turbiini- ja kiertomäntämittareiden kanssa (Elster-Instromet 2012). Laite pystyy käsittelemään kaasun määrätietoa perinteisten matalataajuisien pulssigeneraattoreiden lisäksi digitaalisia enkoodereita ja korkeataajuisia pulssigeneraattoreita ulkoisen virtalähteen kanssa. Kuvassa 4.1 on esitetty EK280-kaasumäärämuunnin.



Kuva 4.1 EK280-kaasumäärämuunnin (Elster-Instromet 2015)

EK280-kaasumäärämuunninta on saatavilla kolmea eri mallia, joiden tekniset ominaisuudet eroavat toisistaan, mutta ohjelman toiminta on samanlainen. Atex 1 -tilaan sallittuja laitteita ovat EXia IIB T3, joka sisältää sisäisen iCM280 GSM/GPRS -modeemin ja EXia IIB T4 ilman modeemia. Atex 2 -tilaluokkaan sopiva EXna IIC T6 GC icm280 sisältää modeemin lisäksi sisäisen virtalähteen. Laitteen kanssa on mahdollista käyttää myös ulkoista lisälaitetta FE260, joka toimii virtalähteenä ja Ex-erottimenä. Kaikissa laitteissa on myös akut ja mahdollisuus kahden lisäakun asentamiseen. Yhdellä akkuparilla varustetun muuntimen akkujen toiminta-ajaksi ilmoitetaan viisi vuotta.

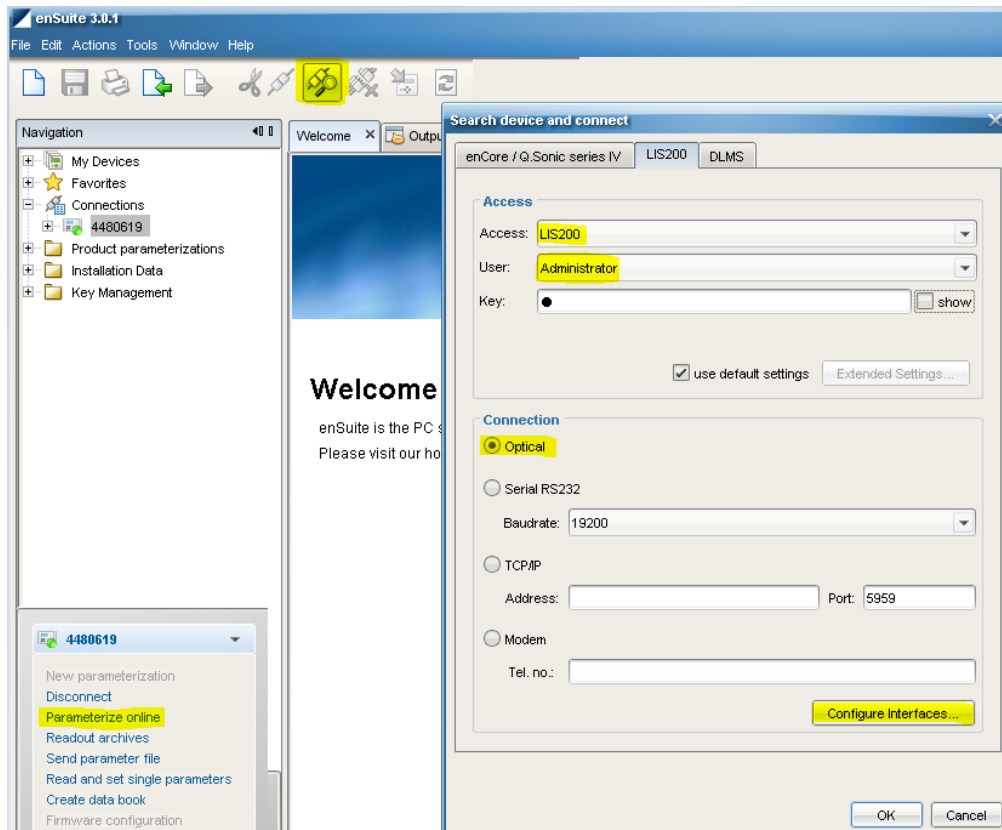
EK280-muuntimessa voidaan käyttää sisäänrakennettua tai ulkoista paineanturia. Muuntimessa on valmiiksi sisäänrakennettu lämpötila-anturi. Lisäksi muuntimeen on mahdollista kytkeä redundantit paine- ja lämpötilamittaukset. Laitteessa on IEC62056-21-standardin mukainen optinen liitäntä laitteen käyttöönottoon ja konfigurointiin. Muunnin pystyy kommunikoimaan FE260-lisälaitteen tai muiden valmistajien laitteiden kanssa RS232, RS422 tai RS485 -sarjaliitännöjä käyttäen. Muunnin voidaan kytkeä Modbus-protokollan avulla SCADA-järjestelmään. Laite tukee ASCII-, RTU- ja TCP -protokollia. Sisäistä iCM280-modeemia voidaan käyttää tiedonsiirtoon GSM-verkossa. Tekniset tiedot on esitetty liitteessä 1. (Elster-Instromet 2015.)

4.2 Konfigurointi EK280

Kaasumäärämuuntimen asetukset konfiguroidaan valmistajan enSuite-ohjelmistolla. Kaasumäärämuuntimen konfiguroinnissa käytettiin optista liitäntää ohjelmointi pc:n ja määrämuuntimen välillä. Muuntimessa on määritetty eritasoiset käyttöoikeudet ylläpitäjälle, asiakkaalle ja mittaustietojen tarkasteluun. Asetusten määrittämiseen tarvitaan ylläpitäjän oikeudet luotaessa yhteys määrämuuntimeen, sekä sinetöidyn kalibrointilukon avaus muuntimen sisällä olevan suojakotelon takana.

4.2.1 Yhteyden luonti

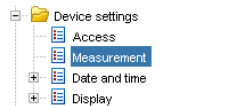
Määrämuuntimen ja ohjelmointi pc:n välinen yhteys luodaan enSuiten yläpaneelin *search device* -valinnan kautta. *Search device* avaa uuden ikkunan, josta valitaan *configure interfaces* ja asetetaan oikea COM-portti LIS-200-liitännälle. Käyttäjävälintaan asetetaan *administrator* ja yhteysvalintaan *optical*, jonka jälkeen valitaan *ok* ja ohjelmisto luo yhteyden muuntimeen. EnSuiten vasemmassa reunassa olevasta *navigation*-palkista valitaan muunnin ja *parameterize online*, josta päästään muuntimen asetuksiin (Kuva 4.2).



Kuva 4.2. Yhteyden luonti

4.2.2 Parametrit

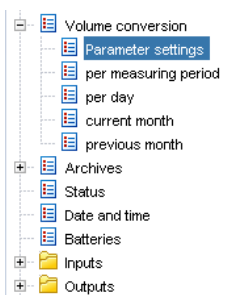
Määrämuuntimen parametrit asetetaan mittauskohteen ja käytössä olevien vakioarvojen mukaan. Muuntimen asetuksista konfiguroidaan kaasun ominaisuuksien parametrit, IO-liitännät ja hälytysparametrit. Kaasumäärämuuntimen mittaus sykli asetettiin oletusarvoonsa 30 sekuntiin *device settings* kansion *measurement* valikosta. Kuvassa 4.3 näkyy mittaus syklin asetukset.



Name	Value	Unit
Measuring cycle time "MCyc"	30	seconds
Current Measuring cycle time "MZ.v"	2	seconds
Measuring cycle only with input pulse "MCPul"	0	

Kuva 4.3. Mittaus syklin asetukset

Määrämuuntimen tilavuusparametrit asetetaan *volume conversion* kansion *parameter settings* valikosta. Tilavuusparametreista konfiguroidaan laskentamenetelmä, paineen ja lämpötilan perusolosuhteet tilavuudelle, hiilidioksidin ja typen osuus sekä suhteellinen tiheys. Kaasun tilavuuden muuntamiseen käytetään AGA-NX19- laskentamenetelmää. Käytössä olevat perusolosuhteet kaasun tilavuudelle ovat: paine 1,01325 bar ja lämpötila 0 °C. Hiilidioksidin, typen ja suhteellisen tiheyden arvot asetetaan käyttöönoton aikana käytössä oleviin vakioarvoihin, jotka ovat optimoitu kaasuanalyysien tulosten mukaan. Kuvassa 4.4 näkyvät tilavuusparametrit.



Name	Value	Unit
Compressibility calculation mode "Md.K"	2: AGA-NX19	
Compressibility factor ratio, substitute val...	1.00000	
Pressure at base conditions for gas anal...	1.01325	bar
Temperature at base conditions for gas ...	0	°C
Calorific value (K computed, base: p0X, ...	10.3	kWh/m3
Carbon dioxide CO2, gas parameter "CO2"	1.29	mol-%
Nitrogen N2, gas parameter "N2"	0.00	mol-%
Density ratio "dr"	0.6400	

Kuva 4.4. Tilavuusparametrien asetus

Määrämuuntimen mittausparametrit asetetaan *measured values* kansion *parameter settings* valikosta. Paine- ja lämpötilaparametreista asetetaan oikeat anturityypit ja kaasun paineen varoitusrajat $p.LW$, $p.UW$ ja hälytysrajat $pMin$, $pMax$ sekä lämpötilan varoitusrajat $T.LW$, $T.UW$ ja hälytysrajat $TMin$, $TMax$. Asetuksista voidaan myös asettaa mittauksien häiriötilanteissa käytettävät paineen $p.F$ ja lämpötilan arvot $T.F$. Kuvassa 4.5 näkyvät paineparametrit ja kuvassa 4.6 lämpötilaparametrit.

Parameters		
Volume		
Measured values		
Pressure		
Parameter settings		
Sensor data		
Adjustment		
Equation coeff.		
Temperature		
Parameter settings		
Sensor data		
Adjustment		
per measuring period		
per day		
current month		
previous month		

Name	Value	Unit
Lower alarm limit pressure "pMin"	0.855	bar
Upper alarm limit pressure "pMax"	7.35	bar
Lower warn limit pressure "p.LW"	0.9	bar
Upper warn limit pressure "p.UW"	7	bar
Mode Monitoring p "MdM.p"	12: active	
Pressure mode "Md.p"	1: meas.value	
Select type of pressure sensor "Sel.p"	4: 17002	
Pressure substitute value "p.F"	3.95	bar
Air pressure fixed value in variable unit (...)	0	bar
Pressure at base conditions "pb"	1.01325	bar
Pressure - measured value "p.Mes"	1.0007	bar
Absolute pressure measurement "p.A..."	1.0007	bar

Kuva 4.5. Paineen mittausparametrit

Parameters		
Volume		
Measured values		
Pressure		
Parameter settings		
Sensor data		
Adjustment		
Equation coeff.		
Temperature		
Parameter settings		
Sensor data		
Adjustment		
per measuring period		
per day		
current month		
previous month		
further...		
Volume conversion		

Name	Value	Unit
Lower alarm limit temperature "TMin"	-11	°C
Upper alarm limit temperature "TMax"	61	°C
Lower warn limit temperature "T.LW"	-10	°C
Upper warn limit temperature "T.UW"	60	°C
Mode Monitoring T "MdM.T"	12: active	
Temperature range lower limit "MRL.T"	-30	°C
Temperature range upper limit "MRU.T"	60	°C
Temperature transducer management - s...	068469424014	
Temperature mode "Md.T"	1: meas.value	
Temperature sensor type "Typ.T"	Pt500	
Select type of temperature sensor "Sel.T"	1: Pt500	
Temperature substitute value "T.F"	15	°C
Temperature at base conditions "Tb"	273.15	K
Temperature - measured value "T.Mes"	22.43	°C

Kuva 4.6. Lämpötilan mittausparametrit

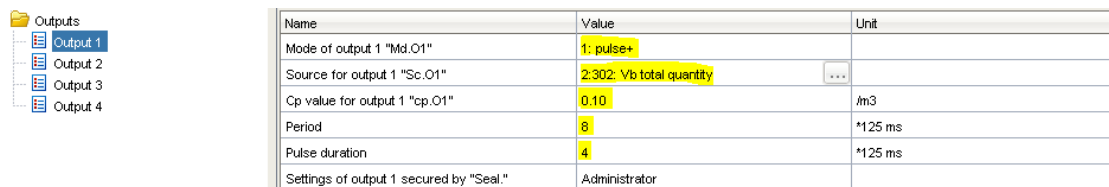
EK280-määrämuunttimeen on mahdollista kytkeä neljä sisääntuloliitäntää. Mitatun maakaasun määrätieto tulee virtausmittarin laskurilta muuntimen input-liitäntään. Input-tiedon tyypiksi asetetaan *pulse input*. Pulssien taajuutta kuvaava cp-arvo määrittää yhtä pulssia vastaavan kaasumäärän. Cp-arvo asetetaan käytössä olevan virtausmittarin cp-arvon mukaan. Kuvassa 4.7 näkyvät sisääntulotietojen asetukset.

Inputs		
Input 1		
Input 2		
Input 3		
Input 4		
Input 5		
Input 6		

Name	Value	Unit
Mode for input DE1 "Md.I1"	1: pulse input	
cp value input 1 "cp.I1"	1.000	/m3
Volume at input DE1 "V1"	0.0000	m3
Measured flow rate at input 1 "Q1Mes"	0	m3/h
Gas meter size "Type"		
Serial number of gas meter "SNM"	000004480619	

Kuva 4.7. Input-tietojen asetukset

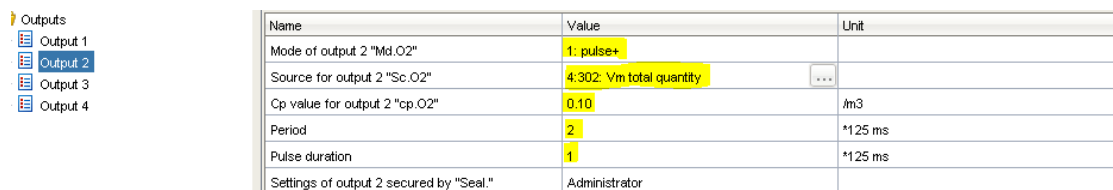
EK280-määrämuuntimessa on neljä ulostuloliitäntää, joista tavallisesti tarvitaan käyttöön kolme. Pulssitietojen cp-arvot sekä pulssien aikavälit ja kestot voidaan muuttaa asetuksista. Muuntimen output 1 lähettää pulssitietoa korjatusta kaasumäärästä Vb alasmalle. Kuvassa 4.8 näkyvät output 1 -asetukset.



Name	Value	Unit
Mode of output 1 "Md.O1"	1: pulse+	
Source for output 1 "Sc.O1"	2:302: Vb total quantity	
Cp value for output 1 "cp.O1"	0.10	/m3
Period	8	*125 ms
Pulse duration	4	*125 ms
Settings of output 1 secured by "Seal."	Administrator	

Kuva 4.8. Output 1 -asetukset

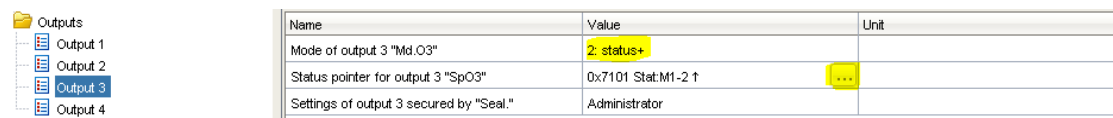
Output 2 lähettää pulssitietoa korjaamattomasta kaasumäärästä V_m ala-asemalle. Kuvassa 4.9 on esitetty output 2 -asetukset.



Name	Value	Unit
Mode of output 2 "Md.O2"	1: pulse+	
Source for output 2 "Sc.O2"	4:302: Vm total quantity	
Cp value for output 2 "cp.O2"	0.10	/m3
Period	2	*125 ms
Pulse duration	1	*125 ms
Settings of output 2 secured by "Seal."	Administrator	

Kuva 4.9. Output 2 -asetukset

Output 3 lähettää tiedon määräkorjainviasta ala-asemalle. Määräkorjainvikana näkyvät hälytykset voidaan valita output 3 asetuksista. Kuvassa 4.10 on esitetty output 3 -asetukset.



Name	Value	Unit
Mode of output 3 "Md.O3"	2: status+	
Status pointer for output 3 "SpO3"	0x7101 Stat:M1-2 1	
Settings of output 3 secured by "Seal."	Administrator	

Kuva 4.10. Output 3 -asetukset

4.2.3 Lokit ja hälytykset

Hälytykset näkyvät muuntimen käyttöpaneelin yläreunassa ja enSuite-ohjelman *momentary status* tilatiedoissa. Hälytykset kuitataan tilatietojen *clear status register* valinnalla. Muuntimen arkistoista on mahdollista lukea erilaisia lokeja, jotka näyttävät tietoa kulutuksista, mittausarvoista, tilamuutoksista, hälytyksistä tai omavalintaisista tiedoista. Lokit voidaan lukea enSuite-ohjelmalla tai avata ja tallentaa MS Excel -formaattina.

4.3 Virtausmittarin laskuri Elster-Instromet Absolute Encoder S1

Elster-Instromet:n Absolute Encoder S1 -virtauslaskuri koostuu mekaanisesta laskurista, jonka jokaista numeroa luetaan opto-elektrisesti. Laskurin dataa lähetetään jat-

kuvasti digitaalisen liitännän kautta määrämuuntimelle. Absolute Encoder S1 soveltuu turbiinimittareille ja enkooderin kanssa yhteensopiville määrämuuntimille. (Elster-Instromet 2015.) Kuvassa 4.11 on esitetty Absolute Encoder S1 -virtauslaskuri.



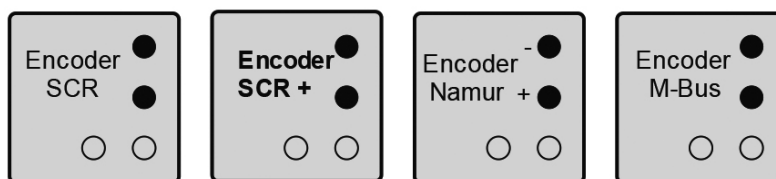
Kuva 4.11. Absolute Encoder S1 -virtauslaskuri

Absolute Encoder S1 on elektronisen ja mekaanisen laskurin yhdistelmä. Laskurissa on kahdeksan erillistä mekaanista laskuripyörää. Jokaisessa laskuripyörässä on kolme eripituista uraa, joita luetaan optisesti viiden valokeilan avulla. Optiset anturit koostuvat valoherkistä transistoreista ja johteista, joita kontrolleri ohjaa ja laskee. Kontrolleri määrittää numeroiden tarkan asennon ja lähettää tiedon digitaalisen liitännän kautta määrämuuntimelle. Optinen anturi saa käyttöjännitteen määrämuuntimen tiedonsiirtoyhteyden kautta. Tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. (Elster-Instromet 2015.)

Absolute Encoder S1 tukee kolmea eri rajapintaa, joiden avulla laskuri kommunikoi välissä ja eri laitteissa:

- Namur-rajapinta mahdollistaa kytkennän suoraan standardia EN 60947-5-5 vastaavaan määrämuuntimeen
- M-Bus-rajapintaa käytetään kytkettäessä useita virtausmittareita samaan väylään
- SCR on matalatehoinen rajapinta, joka toimii protokollan IEC-62056-21 yhtälaisten laitteiden kanssa.

Absolute Encoder S1 käyttää tiedonsiirtoon Namur-rajapintaa EK280- määrämuuntimen kanssa. Muuntimen input-valikosta täytyy valita Namur-enkooderi, jotta muunnin tunnistaa laitteen. Absolute Encoder S1 voidaan asentaa turbiinimittareihin. Laskuri asennetaan turbiinimittariin kiinnittämällä kytkentäosa virtausmittarin roottorin akseliin. Laskurin kytkentäosan koneiston itselukitseva pultti täytyy varmistaa ja tarvittaessa sinetöidä. Enkooderin ja määrämuuntimen kytkennässä tulee käyttää suojattua kaapelia. Kytkentä toimii kaksi-johdin kytkentänä, jonka polaarisuuden on oltava oikein käytettäessä Namur-rajapintaa. Kuvassa 4.12 on esitetty rajapintakohtainen kytkentätapa enkooderin liitäntäjohtolle. (Elster-Instromet 2015.)



Kuva 4.12. Enkooderin kytkentä (Elster-Instromet 2015)

5 KALIBROINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

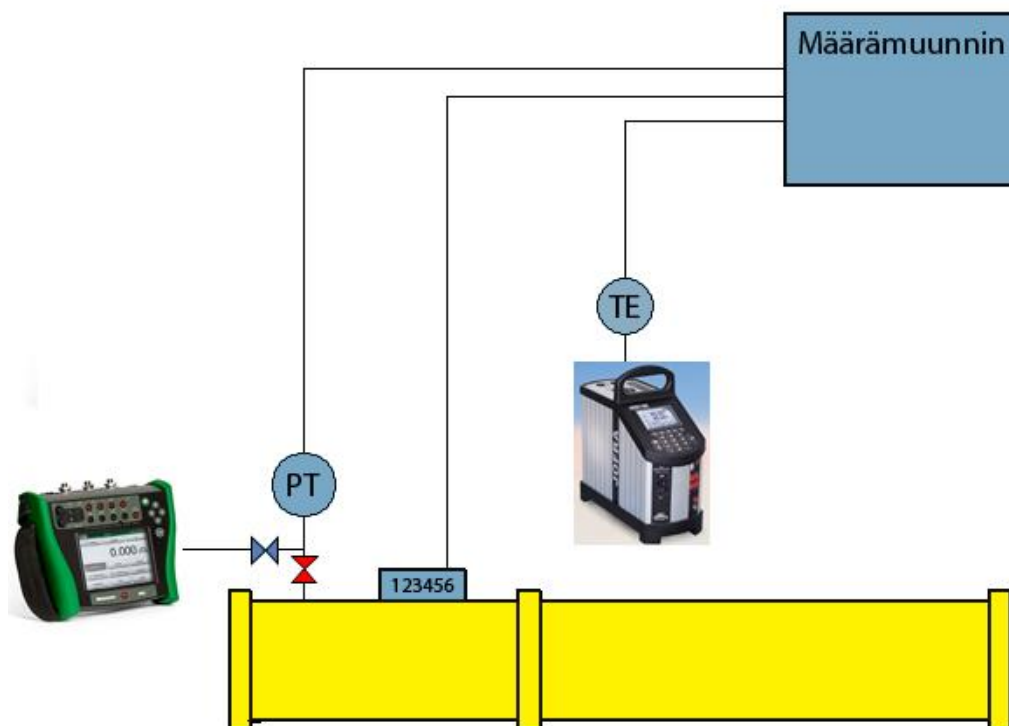
EK280-kaasumäärämuunnin kalibroitiin Gasum Tekniikka Oy:n laitteilla ja käytössä olevien huoltonormien mukaisesti. Määrämuuntimen toiminta ja tavanomaiset mittaukset testattiin. Kalibrointi ja testaukset suoritettiin Gasum Tekniikka Oy:n teknisissä tiloissa. Absolute Encoder S1 kytkettiin määrämuuntimeen ja laskurin toimintaa testattiin ja simuloitiin erilaisissa virtausolosuhteissa.

5.1 Kaasumäärämuunnin Elster-Instromet EK280

Valmiiksi kalibroitu määrämuunnin kalibroitiin ensimmäiseksi tarkoituksella näyttämään väärin, jotta varmistuttiin kalibroinnin luotettavuudesta. Kalibroinnin jälkeen vertailtiin mittaustuloksia kalibraattoreiden referenssiarvoihin ja tarkasteltiin virityksen tarkkuutta. Painemittausten vaihteluväliä tarkasteltiin yhdeksässä referenssipisteessä. Muuntimen määrä- ja häiriöpulssien toiminta varmistettiin IO-simuloinnilla, jonka jälkeen laite asennettiin testikäyttöön mittaamaan kaasun virtausta. Testikäytön jälkeen tarkasteltiin vielä kalibroinnin pysyvyyttä.

5.1.1 Muuntimen kalibrointi

Gasum Tekniikka Oy:n huolto-ohjeen mukaisesti määrämuuntimen viritys on tarpeellinen, jos paineen virhe kalibroinnissa ylittää $\pm 0,1$ % tai lämpötilan virhe ylittää $\pm 0,3$ °C. Kalibrointi tapahtuu enSuite-ohjelman paineen ja lämpötilan *adjustment*-valikoista. Muuntimen virityksessä käytettiin Beamex MC6 -painekalibraattoria ja Ametek ATC-156B -lämpöhaudetta. Kalibrointilaitteet ovat kalibroitu akkreditoiduissa kalibrointilaboratorioissa. EK280-määrämuuntimen viritys tehdään kahdessa kalibrointipisteessä. Kalibrointipisteinä käytettiin lämpötilan osalta Gasum Tekniikka Oy:n huolto-ohjeen mukaisia kalibrointipisteitä: 5 °C ja 30 °C. Paineen kalibrointipisteinä käytettiin Elster-Instromet:in ohjeen mukaisia kalibrointipisteitä: 40 % ja 90 % maksimipaineesta. Kuvassa 5.1 on esitetty määrämuuntimen paine- ja lämpötilakalibroinnin periaatekuva.



Kuva 5.1. Määrämuuntimen kalibrointi

Lämpötilan kalibrointi

EK280-määrämuunnin laskee lämpötilayhtälön korjauskertoimet kahden kalibrointipisteen perusteella. Kalibrointilämpötilojen tulee olla mahdollisimman lähellä mittausalueen raja-arvoja, jotta kalibroinnin tarkkuus on optimaalinen.

Lämpötilayhtälön kertoimet voidaan myös laskea manuaalisesti. Lämpötilan kalibrointiyhtälö on esitetty kaavassa 5.(Elster-Instromet 2015.)

$$T_{mes} = Eq_{1T} + Eq_{2T} \times Bin_T + Eq_{3T} \times Bin_{T2} \quad (5)$$

T_{mes} korjattu lämpötila

Eq_{1T} lämpötilayhtälön kerroin 1

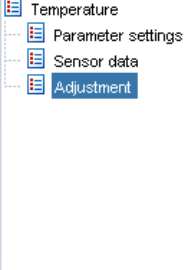
Eq_{2T} lämpötilayhtälön kerroin 2

Bin_T anturin näyttämä alemmassa kalibrointipisteessä

Eq_{3T} lämpötilayhtälön kerroin 3

Bin_{T2} anturin näyttämä ylemmässä kalibrointipisteessä

Lämpötilakalibrointi tehdään enSuite-ohjelman *measured values* -kansion *temperature adjustment* -valikosta. Kuvassa 5.2 näkyy lämpötilakalibroinnin valikko.



Name	Value	Unit
Adjustment value 1 for temperature "TAd..."	5	°C
Adjustment value 2 for temperature "TAd..."	30	°C
Transfer temperature adjustment "Prog"	Transfer temperatur...	
Coefficient 1 for temperature equation "E..."	3.0107E+01	
Coefficient 2 for temperature equation "E..."	4.4833E-03	
Coefficient 3 for temperature equation "E..."	1.5751E-08	
Temperature - measured value "T.Mes"	22.42	°C
Binary value at temperature input "Bin.T"	50318	

Kuva 5.2. Lämpötilakalibroinnin valikko

Alemman kalibrointipisteen *TAd1* lämpötilaksi asetetaan 5 °C ja ylemmän kalibrointipisteen *TAd2* lämpötilaksi 30 °C. Lämpötila-anturi asetetaan lämpöhauteeseen ja lämpötilaksi säädetään kalibrointipisteen *TAd1* lämpötila. Lämpöhauteen saavuttaessa asetetun kalibrointilämpötilan rekisteröidään mittausarvo *BinT* kalibrointipisteen arvoksi *apply*-painikkeesta. Sama toimenpide toistetaan ylemmässä kalibrointipisteessä. Kalibrointipisteiden asettelun jälkeen määrämuunnin laskee kalibrointiyhtälön kertoimet *execute*-painikkeesta. Kuvassa 5.3 on esitetty Ametek ATC-156B -lämpöhaude.



Kuva 5.3. Ametek ATC-156B -lämpöhaude

Paineen kalibrointi

EK280-määrämuunnin laskee paineyhtälön korjauskertoimet kahden kalibrointipisteen perusteella. Kalibrointipaineiden tulee olla 40 % ja 90 % maksimipaineesta. Paineyhtälön kertoimet voidaan myös laskea manuaalisesti. Paineen kalibrointiyhtälö on esitetty kaavassa 6. (Elster-Instromet 2015.)

$$P_{mes} = Eq_{1p} + Eq_{2p} \times Bin_p + Eq_{3p} \times Bin_{p2} \quad (6)$$

P_{mes} korjattu paine

Eq_{1p} paineyhtälön kerroin 1

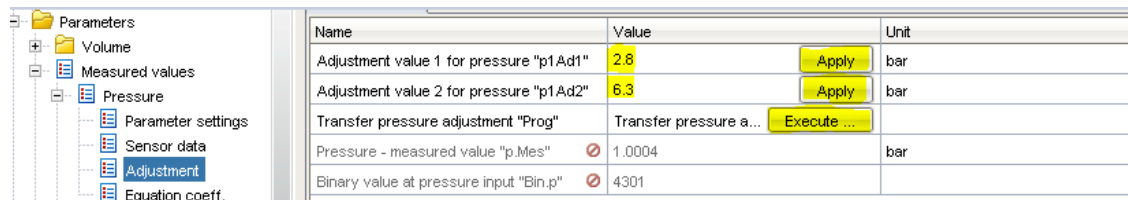
Eq_{2p} paineyhtälön kerroin 2

Bin_p anturin näyttämä alemmassa kalibrointipisteessä

Eq_{3p} paineyhtälön kerroin 3

Bin_{p2} anturin näyttämä ylemmässä kalibrointipisteessä

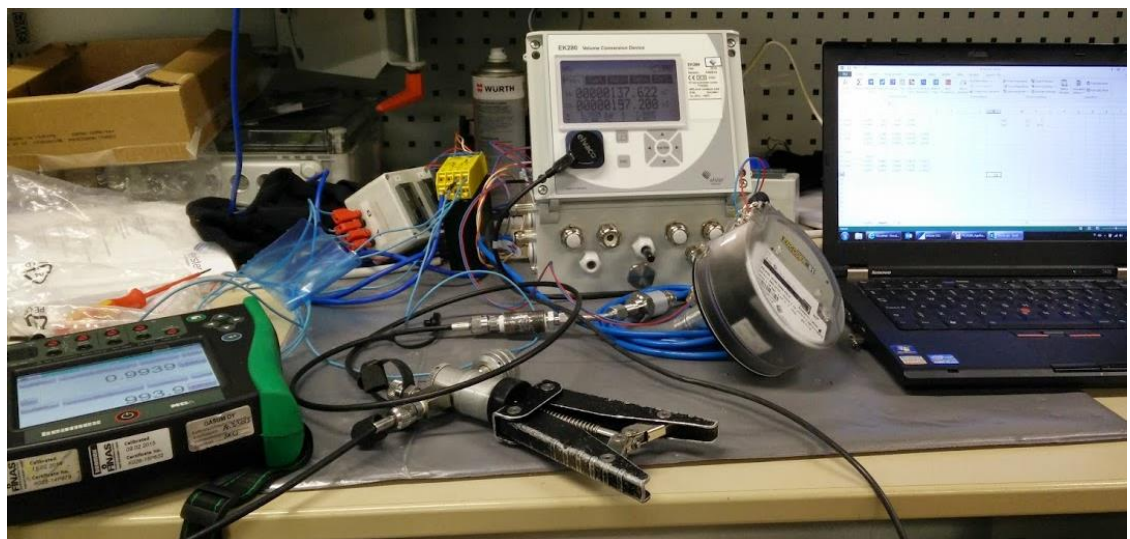
Painekalibrointi tehdään enSuite-ohjelman *measured values* -kansion *pressure adjustment* -valikosta. Kuvassa 5.4 näkyy painekalibroinnin valikko.



Name	Value	Unit
Adjustment value 1 for pressure "p1Ad1"	2.8	bar
Adjustment value 2 for pressure "p1Ad2"	6.3	bar
Transfer pressure adjustment "Prog"	Transfer pressure a...	
Pressure - measured value "p.Mes"	1.0004	bar
Binary value at pressure input "Bin.p"	4301	

Kuva 5.4. Painekalibroinnin valikko

Alemman kalibrointipisteen *p1Ad1* paineeksi asetettiin 2,8 bar ja ylemmän kalibrointipisteen *p1Ad2* paineeksi 6,3 bar. Beamex MC6 -painekalibraattorilla säädetään alemman kalibrointipisteen paine paineanturille, jonka jälkeen mittausarvo *BinP* rekisteröidään kalibrointipisteen *p1Ad1* arvoksi *apply*-painikkeesta. Sama toimenpide toistetaan ylemmässä kalibrointipisteessä. Kalibrointipisteiden asettelun jälkeen määrämuunnin laskee kalibrointiyhtälön kertoimet *execute*-valinnasta. Kuvassa 5.5 on esillä Beamex MC6 -painekalibraattori, johon paineanturi on kytketty.



Kuva 5.5. Painekalibrointi

5.1.2 Toiminnallinen testaus

Painemittauksen vertailu

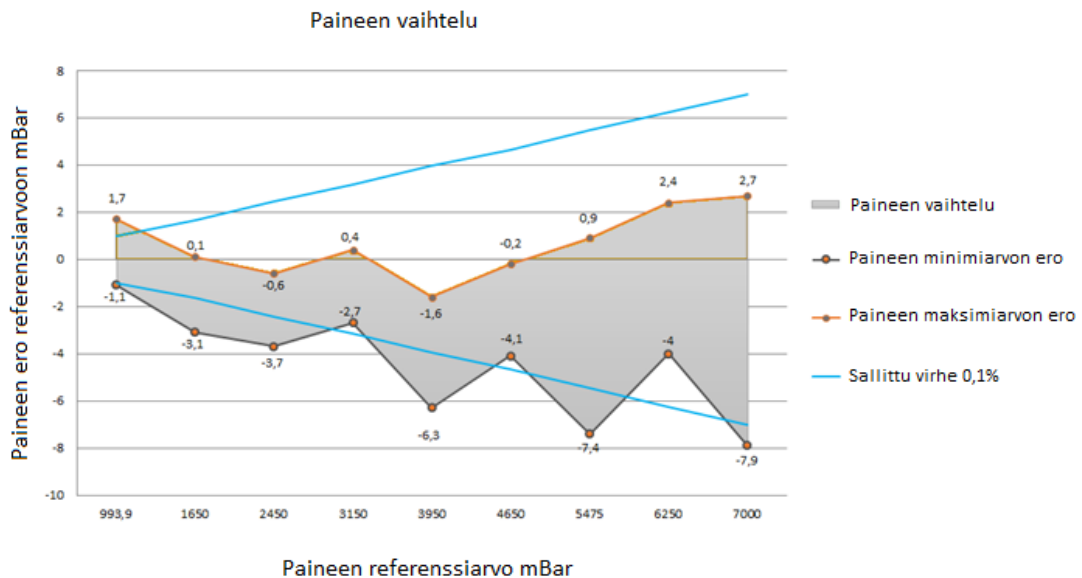
Määrämuuntimen painemittausta vertailtiin Beamex MC6 -painekalibraattorilla asetettuihin referenssiarvoihin. Painemittauksen vertailulla tarkasteltiin, kuinka luotettava tulos paineen kalibroinnilla saavutettiin. Tarkasteltaessa määrämuuntimen näyttämää painemittauksen arvoa huomattiin mittaussyökin tulosten välillä olevan vaihtelua

melko paljon. Tämän johdosta tarkasteltiin painemittauksien vaihteluväliä tarkemmin yhdeksässä referenssipisteessä. Vaihteluvälillä tarkoitetaan hajontaväliä, eli mittaus-sarjan maksimi- ja minimiarvon erotusta samaa mittausta toistettaessa. Mittaus-syklin asetus oli kolme sekuntia. Muuntimen näyttämiä painearvoja tarkasteltiin jokaisessa pisteessä minuutin ajan. Referenssipaineet ja paineen raja-arvot on esitetty seuraavas-sa taulukossa (taulukko 5.1).

Taulukko 5.1. Painemittausten tulokset

P_{ref} (mBAR)	993,9	1650,0	2450,0	3150,0	3950,0	4650,0	5475,0	6250,0	7000,0
$P_{\text{min value}}$	992,8	1646,9	2446,3	3147,3	3943,7	4645,9	5467,6	6246,0	6992,1
$P_{\text{max value}}$	995,6	1650,1	2449,4	3150,4	3948,4	4649,8	5475,9	6252,4	7002,7
$P_{\text{min value diff.}}$	-1,1	-3,1	-3,7	-2,7	-6,3	-4,1	-7,4	-4	-7,9
$P_{\text{max value diff.}}$	1,7	0,1	-0,6	0,4	-1,6	-0,2	0,9	2,4	2,7
$P_{\text{allowed error}} \pm$	0,9939	1,65	2,45	3,15	3,95	4,65	5,475	6,25	7

Kuvassa 5.6 on esitetty paineen vaihtelualue ja virherajat graafisesti. Diagrammista voidaan huomata, kuinka paineen arvot heittelivät sallittujen virherajojen yli, mutta keskiarvot ovat rajojen puitteissa. Diagrammista nähdään myös, kuinka viritys on painottunut enemmän negatiivisen alueen puolelle. Painemittauksen näyttämän nopea vaihtelu aiheuttaa ongelmia paineen kalibrointitoimenpiteeseen. Luotettavan tuloksen saamiseksi paineen mittauksen tulisi tasaantua lähelle todellista arvoa. Nopea vaihtelu kohtalaisen suurella alueella aiheuttaa sen, että arvon tarkastelun ajankohdalla on vaikutusta. Tulosten keskiarvot ovat kohtalaisia, mutta kentällä keskiarvon tarkastelu ei ole kannattavaa toimenpiteen aiheuttaman lisätyön takia.



Kuva 5.6. Painemittausten vaihteluväli ja sallitut rajat

Lämpötilamittauksen vertailu

Määrämuuntimen lämpötilamittausta vertailtiin Ametek ATC-156B -lämpöhauteella asetettuihin referenssilämpötiloihin. Lämpötilamittauksen vertailun tuloksista voidaan huomata, että kalibrointi on tarkka. Lämpötilamittauksen sallittu virheraja kalibroinnissa on $\pm 0,03$ °C. Taulukossa 5.2 on esitetty lämpötilamittausten tulokset.

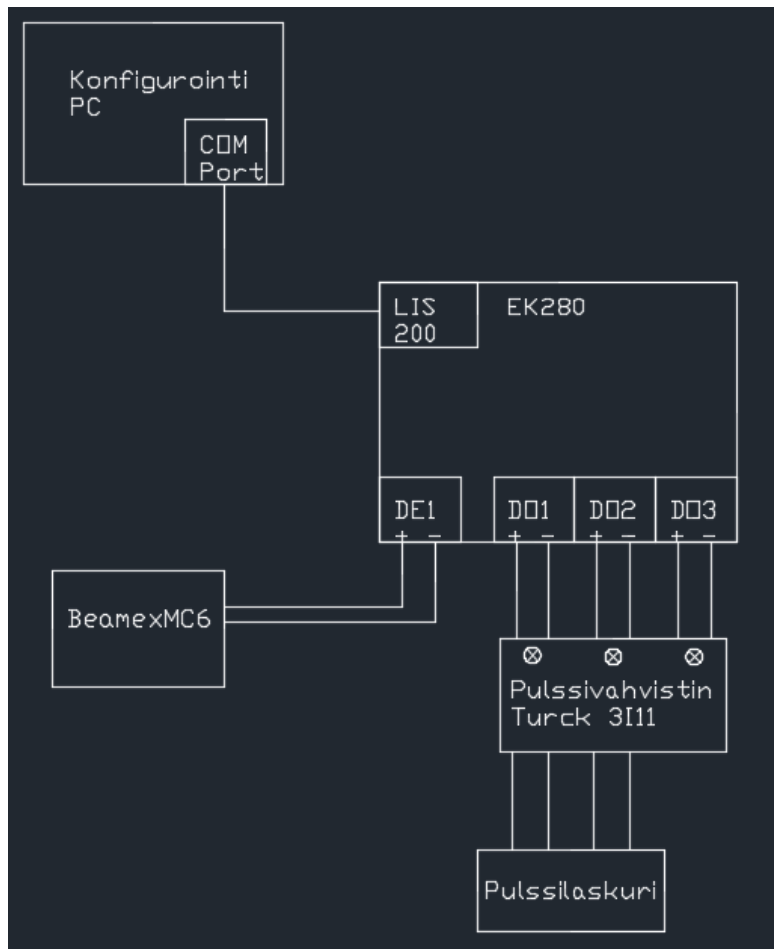
Taulukko 5.2. Lämpötilamittauksen tulokset.

T.ref. °C	5,0	12,5	15,0	21,5	30,0
T.tod.	4,99	12,5	15,0	21,5	30,0

Input-Output-simulointi

Konfiguroinnin jälkeen simuloitiin määrämuuntimen pulssiulostuloja. Muuntimelta simuloitiin korjaamattoman ja korjatun määrän pulsseja sekä määräkorjainvikaa. Määrämuuntimen sisääntuloon kytkettiin Beamex MC6 -kalibraattori, jolta lähetettiin pulsseja muuntimelle. Ulostulot ovat open collector -tyyppisiä pulsseja ja siksi tarvitsevat pulssivahvistimen. Vahvistimena käytettiin TURCK IPM-3I11-DC/T -pulssivahvistinta. Kyseinen pulssivahvistin toimii myös ex-erottimena. Määrätietoa lähettävät pulssit kytkettiin vahvistimelta pulssilaskuriin. Määräkorjainvikaa simuloi-

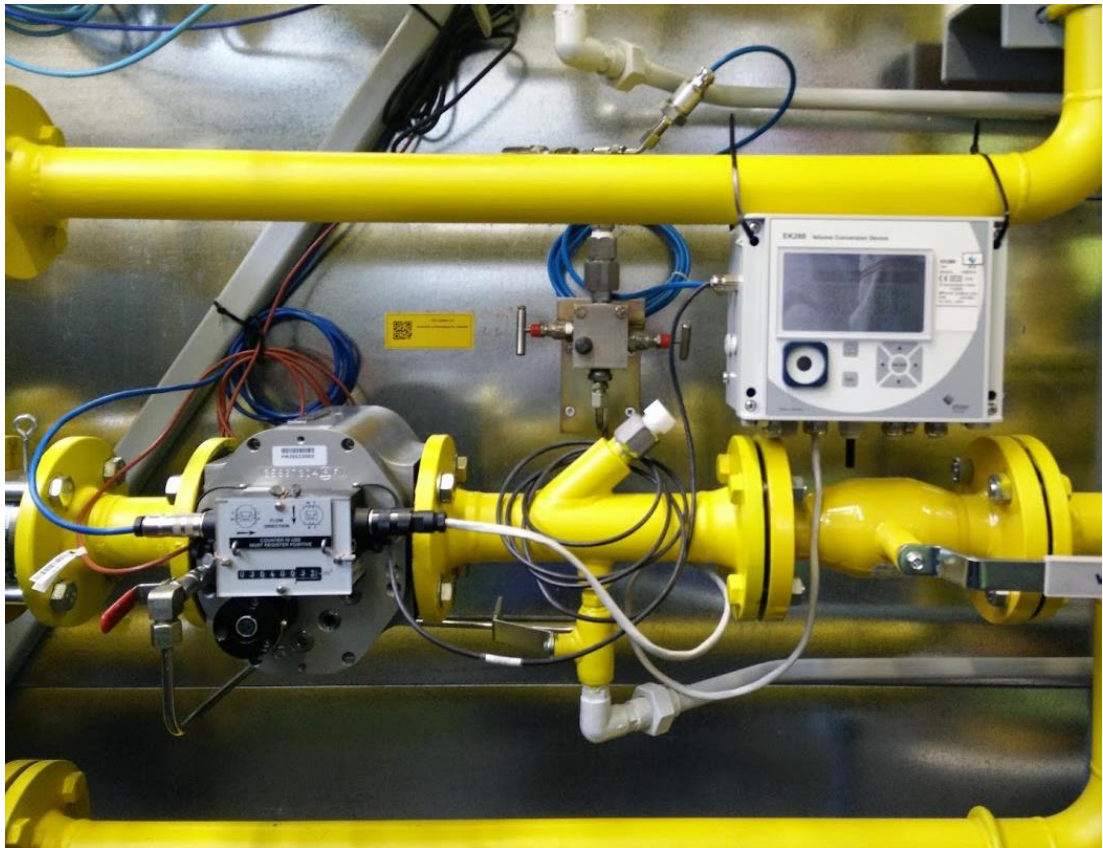
tiin muuttamalla määrämuuntimesta paineen alarajan hälytyksen asetusta. Kuvassa 5.7 on esitetty periaatekuva pulssisimulaatiosta.



Kuva 5.7. Pulssisimulaation periaatekuva

Laitteen testikäyttö

Kaasumäärämuunnin asennettiin 5.3.2015 - 30.4.2015 väliseksi ajaksi testikäyttöön Gasum Oy:n Kiehuvasssa sijaitsevan maakaasukeskuksen lämpökeskukseen. Määrämuunnin asennettiin jo ennestään testikäytössä olevan Flonidan Uniflo 1200 -määrämuuntimen rinnalle, jotta määrämuuntimien mittaustuloksia voidaan verrata toisiinsa. Virtausmittarina toimi Elster IRM-3 -kiertomäntämittari. Testikäytön aikana mittaolosuhteissa olevaa maakaasua virtasi 754 m^3 . Flonidan-määrämuuntimen laskema kulutus normaaliolosuhteissa oli 2835 m^3 . EK280-määrämuuntimen laskema kulutus normaaliolosuhteissa oli 2837 m^3 . Määrämuuntimien laskeman kulutuksen ero on siis noin 0,07 %. Muuntimen laskemaa tulosta voidaan pitää luotettavana. Testikäytön aikana ei ilmennyt ongelmia laitteessa. Kuvassa 5.8 on esitetty määrämuunnin asennettuna testikäyttöön.



Kuva 5.8. Määrämuunnin asennettuna testikäyttöön

Kalibroinnin pysyvyys

Laitteen testikäytön jälkeen on oleellista tarkastella kalibroinnin pysyvyyttä. Vaikka testikäytön aika on vain 2 kk, voidaan saada viitteitä miten kalibrointi on muuttunut. Kalibroinnin pysyvyyden tarkastelulla verrataan lämpötila- ja painemittauksen arvoa kalibraattorin referenssiarvoihin ennen käyttöönottoa ja käytön jälkeen. Aiemmin todetun paineen vaihtelun takia tarkasteltiin mittausten keskiarvoja. Taulukossa 5.3 on esitetty painemittausten tulokset.

Taulukko 5.3. Painemittausten tulokset

P.ref. mBar	993,9	1012,5	1650,0	2450,0	3150,0	3950,0	4650,0	5475,0	6250,0	7000,0
P.avg. 5.3	994,2	-	1648,5	2447,9	3148,9	3946,1	4547,9	5471,8	6249,2	6997,4
P.avg. 30.4	-	1012,6	1650,0	2448,6	3148,8	3947,5	4647,1	5472,9	6249,8	6997,6

Tuloksista voidaan huomata, että painemittausten arvot ovat testikäytön jälkeen lähempänä referenssipisteiden arvoja, kuin ennen käyttöönottoa tehdyssä tarkastelussa. Syynä voidaan pitää kalibroinnissa virityksen asettumista lähelle suurinta sallittua negatiivista virherajaa ja käytön aikana painemittauksen virhe on vähentynyt. Tulokset herättävät kysymyksen, että onko paineen virityksen asettuminen negatiiviselle virherajalle tarkoituksenmukaista, jotta kalibroinnin pysyvyyttä on saatu lisättyä määramuuntimen käytön ajaksi.

Lämpötilan kalibroinnin pysyvyyttä tarkasteltiin viidessä referenssipisteessä. Taulukossa 5.4 on esitetty lämpötilamittausten tulokset.

Taulukko 5.4. Lämpötilamittausten tulokset

T.ref. °C	5,00	12,50	15,00	21,50	30,00
T.tod. 5.3	4,99	12,50	15,00	21,50	30,00
T.tod. 30.4	4,97	12,48	14,98	21,49	30,00

Tuloksista voidaan huomata, että lämpötilamittausten virheet ovat etenkin matalilla lämpötiloilla hieman kasvaneet. Tulokset ovat edelleen sallittujen rajojen puitteissa, mutta on otettava huomioon testikäytön lyhyt aika ja suhteellisen suuri muutos pienillä lämpötiloilla.

5.2 Virtausmittarin laskuri Absolute Encoder S1

Elster-Instromet:n absoluuttinen laskuri kytkettiin EK280-määrämuuntimeen. Tiedonsiirtoyhteyden toiminta varmistettiin simuloimalla virtausta laskurille. Absolute Encoder S1 pystyy käsittelemään kaksisuuntaisia kaasunvirtauksia. Joissakin ongelmatapauksissa kaasun virtaus voi hetkellisesti vaihtaa suuntaa takaisinpäin, joka aiheuttaa perinteisillä virtauslaskureilla virhettä kaasumääriin. Ongelmaan on olemassa mekaanisia takaisinpyörinnän estolaitteita, mutta näitä käytettäessä ongelmana on saman kaasumäärän kaksinkertainen mittaus.

Laskurin toimintaa testattiin simuloimalla kaksisuuntaisia virtauksia erilaisissa paineolosuhteissa. Taulukossa 5.5 on esitetty simuloinnin tulokset.

Taulukko 5.5. Virtauksen simuloinnin tulokset

Kokoonpuristuvuus	C= 1.3265	C= 1.3265	C= 1.3265	C= 1.3265	C= 5.6223
Paine	1.45 bar	1.45 bar	1.45 bar	1.45 bar	6.1 bar
Mekaaninen laskuri	195.1	190.1	196.1	191.1	197.1
Vm.muunnin	195.1	195.1	196.1	196.1	197.1
Vb.muunnin	130.019	130.019	131.346	131.346	136.960

Absolute Encoderin mekaaninen laskuri pyörii taaksepäin, jos virtausta on takaisinpäin. Määrämuuntimen lukema ei kuitenkaan vähene, vaikka virtausta olisi takaisinpäin. Kun virtausta on takaisinvirtauksen jälkeen uudestaan eteenpäin mekaaninen laskuri alkaa pyörimään eteenpäin, mutta määrämuunnin ei laske kulutusta ennen, kuin ollaan siinä pisteessä mistä takaisinvirtaus alkoi. Määrämuunnin ei siis laske samaa kaasumäärää kahteen kertaan. Virtausta simuloitaessa muutettiin myös takaisinvirtauksen jälkeen painetta ja tarkasteltiin saman kaasumäärän virtausta eteenpäin eri paineella. Muunnin ei ota huomioon kokoonpuristuvuuden muutosta ennen, kuin ollaan siinä pisteessä mistä takaisinvirtaus alkoi. Kokoonpuristuvuuden muutoksen huomioiminen täytyy tarkastaa mittauslokeista käsin, jos se koetaan tarpeelliseksi.

6 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä EK280-kaasumäärämuuntimen ja Absolute Encoder S1-virtauslaskurin toimintaan ja arvioida laitteiden soveltuvuutta Gasum Tekniikka Oy:n maakaasun virtausmittausjärjestelmään. Insinööriyön alkuperäiset tavoitteet saavutettiin hyvin, mutta työn tuloksena ilmeni myös haasteita, joihin olisin toivonut laitteen asiantuntijan vastausta. Perehtyminen EK280-määrämuuntimeen ja S1-virtauslaskuriin antoivat kattavan kokemuksen kyseisten laitteiden toiminnasta ja maakaasun virtausmittauksesta yleisesti. Gasum Tekniikka Oy:n työpäällikkö Anssi Pieksemä toimi insinööriyön ohjaajana ja oli tärkeä yhteistyökumppani insinööriyötä tehdessä. Haasteellisen työstä tekivät laitteiston osittain puutteelliset ohjeet. Esimerkiksi määrämuuntimen kalibrointiohjeita ei ollut EK280-muuntimen manuaaleissa, mutta kalibrointiohjeita sovellettiin EK260-muuntimen manuaalista.

EK280-määrämuunnin sisältää monia yksityiskohtaisia asetuksia kaasun tilavuuden muuntamiseen ja muuntimen yleiseen toimintaan liittyen. Määrämuuntimen konfigu-

roinnissa käytetty enSuite-ohjelma vaikutti perehtymisen jälkeen järkevästi toteutetulta. Määrämuuntimen paine- ja lämpötilamittausten virityksen suorittaminen kahdessa kalibroitipisteessä on nopeaa, eikä vaadi käyttäjältä laskentaa, mutta edellyttää luotamusta muuntimen toimintaan. Määrämuuntimelle tehtiin suunnitellut käytännön testaukset, joiden seurauksena tuli esiin joitakin ongelmia laitteen käyttöön liittyen.

Paineen näyttämän heittely koettiin laitteen käyttäjien kannalta ongelmalliseksi ja aiheutti epävarmuutta laitteen kalibroinnin virheeseen. Tarkasteltaessa painenäyttämien keskiarvoja oltiin kuitenkin sallittujen virheiden rajoissa. Painemittauksen näyttämän rauhoittamisen mahdollisuutta ja sen vaikutusta määrämuuntimen mittaustulokseen pitäisi tutkia. Lisäksi Elster-Instromet:n ohjeissa mainittujen kalibroitipisteiden optimaalisuutta voisi tarkastella ja tuloksia verrata Gasum Tekniikka Oy:n mallin mukaisiin kalibroitipisteisiin.

Kahden kuukauden testikäytössä määrämuuntimen laskentaa verrattiin toiseen muuntoimeen. Laitteiden laskeman tilavuusvirtauksen ero oli 0,07 % normaaliolotilassa ja tämän perusteella laskentaa voidaan pitää varsin luotettavana. Testikäytön jälkeen kalibroinnin pysyvyyden muutokset olivat yllättävän suuria. 5 °C lämpötilassa mittauksen virhe oli suurin sallittu. Painemittauksen virhe oli vähentynyt testikäytön jälkeen. Painemittauksen virheen vähentyminen herättää kysymyksen, että onko kalibroinnissa virityksen asettuminen negatiiviselle virherajalle tarkoituksenmukaista, jotta kalibroinnilla olisi saavutettu pidempää pysyvyyttä. Tätä asiaa pitäisi kysyä laitteen asiantuntijalta.

Absolute Encoder S1 -virtauslaskurin toiminnasta EK280-määrämuuntimen kanssa saatiin hyviä tuloksia. Absolute Encoder S1 voidaan todeta toimivaksi ratkaisuksi takaisinvirtauksien varalle, mutta vaatii yhteensopivan määrämuuntimen asennuksen.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että EK280-määrämuunnin toimii Gasum Tekniikka Oy:n virtausmittausjärjestelmässä. Määrämuunnin sisältää kuitenkin myös sellaisia ominaisuuksia, joita ei vielä osata hyödyntää tai ei voida hyödyntää nykymallin mukaisessa järjestelmässä. Esimerkiksi uusien tiedonsiirtomahdollisuuksien, laitteen tallentamien mittauslokien ja mittaushäiriöiden varalle tehtyjen ominaisuuksien hyödyntämistä pitäisi tarkastella. Lisäksi testauksissa ilmenneisiin ongelmiin pitäisi kysyä ratkaisua laitteen asiantuntijalta.

LÄHTEET

Aerzener Maschinenfabrik GmbH. Internetsivut. <http://www.aerzengb.com>. [viitattu 28.3.2015.]

Andersson, P., Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. 1. painos. Porvoo: WSOY

Emerson process. 2005. Flow Manual. Saatavissa:

http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public/documents/instruction_manuals/d301224x012.pdf

Elster-Instromet. 2012. EK280-datenblatt. Saatavissa:

<http://docuthek.kromschroeder.com/documents/download.php?lang=de&doc=34219&download=1>

Elster-Instromet. 2015. Internetsivut. <http://www.elster-instromet.com>. [viitattu 25.3.2015].

Ketola, R. 2013. Mittausten jäljitettävyys - laboratorion näkökulma. Esitysmateriaali. Helsingin yliopisto. Saatavissa: http://www.finas.fi/documents/upload/ii_finas-paiva_2013_ketola.pdf

Loomis, A. W. 1982. Compressed air and gas data. 3. Painos. Ingersoll-Rand Company. Washington, N.J.07882.

Gasum Oy. 2014. Internetsivut. <http://www.gasum.fi>. [viitattu 23.3.2015].

Gasum Oy. 2014. Järjestelmävastaavan asettamat ehdot järjestelmävastuun toteuttamiseksi. Saatavissa: <http://www.gasum.fi/globalassets/siirtoportaali/ehdot/jarjestelmavastaavan-asettam-ehdot-jarjestelmavastuun-toteuttamiseksi-2014.pdf>

Halko, P., Härkönen, S., Lähteenmäki, I., & Välimaa, T. 1996. Teollisuuden mittaus-tekniikka. 6. painos. Helsinki: Edita

Instromet. 2000. Rotary piston gas meter handbook. Saatavissa:

<http://docuthek.kromschroeder.com/documents/download.php?lang=en&doc=17875>

Instromet. 2000. Turbine gas meter handbook. Saatavissa:

<http://docuthek.kromschroeder.com/documents/download.php?lang=en&doc=17812>

ISO 9951:1993. Measurement of gas flow in closed conduits – Turbine meters. Standardi.

Machine Design. Internetsivut. <http://machinedesign.com/sensors/basics-rotary-encoders-overview-and-new-technologies-0> [viitattu 10.5.2015].

Markkanen, T. 2003. Kompensoinnit. Gasum Tekniikka Oy:n sisäinen aineisto. Ei saatavissa.

Mittauslaitelaki. 17.6.2011/707.

OIML. 2012. International recommendation R 137-1&2:2012 (E). Saatavissa:

https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r137-1-2-e12.pdf

Parikka, T. 2006. ATEX-luokittelemattomien laitteiden käyttö räjähdysvaarallisissa tiloissa. Gasum Tekniikka Oy:n huolto-ohjeet. Ei saatavissa.

Parikka, T. 2008. Gasum Oy:n virtauslaboratorio. Gasum Tekniikka Oy:n sisäinen aineisto. Ei saatavissa.

Pieksemä, A. 2014. Gasum Oy:n määrittäminen. Gasum Tekniikka Oy:n sisäinen aineisto. Ei saatavissa.

Pieksemä, A. Työpöytätyö. Keskustelu 30.4.2015. Kouvola: Gasum Tekniikka Oy.

Suomen Kaasuyhdistys. 2014. Internetsivut. <http://www.maakaasu.fi>. [viitattu 12.2.2015].

Suomen Kaasuyhdistys. 2014. Maakaasukäsikirja. Saatavissa:

http://kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/kuvat/kirja/MaakaasuKasikirja_helmi2014.pdf

Valtioneuvoston asetus. 10.5.2012/211.

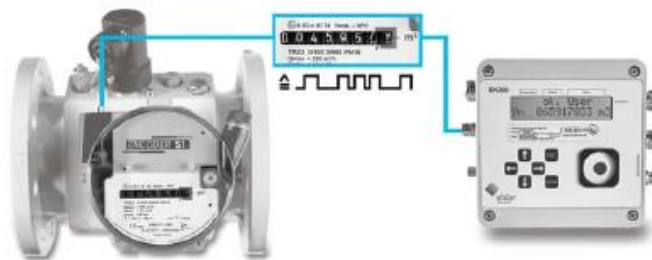
Villanen, J. 2003. Virtausmittarit. Gasum Tekniikka Oy:n sisäinen aineisto. Ei saatavissa.

Technical data (basic unit)		
Order number	83462850	
Housing	Cast aluminium, wall, pipework or meter mounting	
Dimensions	H 180 mm x W 280 mm x D 115 mm (including connections)	
Weight	Approx. 2.8 kg (including 2 batteries)	
Metrological approvals	MID approval (NMI T 10339) Conforms to European standard EN 12405-1:2011-04	
ATEX approval	<ul style="list-style-type: none"> - Zone 1, Ex ia IIB T3 with integrated modem (LCIE 11 ATEX 3027 X) - Zone 1, Ex ia IIB T4 without integrated modem (LCIE 11 ATEX 3027 X) - Zone 2, Ex na IIC T6 GC with integrated power supply (LCIE 12 ATEX 1015 X) 	
Protection class	IP 65 (suitable for outdoor installation)	
Ambient conditions	Temperature: -25 to +55 °C	
Battery power supply	2 lithium battery modules, capacity: 13 Ah (Elster Type 73015774 or 73020663) (service life > 5 years under standard operating conditions) 2 additional batteries as an option	
Modem battery	1 lithium battery module, capacity: 16 Ah (Elster Type 73021211), if an internal GSM/GPRS modem is to be installed	
External power supply	7,5 – 8,5 V DC, I < 40 mA power supply unit can be provided by Elster accessory FE260 or iPS280	
Control panel	Sealed keypad with 7 buttons	
Display	Dot matrix display, 192 x 80 pixels, backlit All parameters, settings and archived values can be displayed.	
Inputs	6 digital inputs for connecting pulse generators and message signals (e.g. tamper detection contact) <ul style="list-style-type: none"> - 1 encoder (Namur or SCR) - max. 2 HF pulsers (max. frequency 2.5 kHz) - max. 6 LF pulsers (max. frequency 10 Hz) 	<ul style="list-style-type: none"> - Input 1: encoder, LF, HF - Input 2: LF, HF, status - Input 3: LF, status - Input 4: LF, status - Input 5: LF, status - Input 6: LF, status
Pressure sensor for volume conversion	Absolute sensor, Type ENVEC CT30, either integrated in the housing or, as an option, provided as an external sensor (if a second pressure sensor is used, this sensor is always integrated) Connection for precision steel pipe (Ermeto 6L) or flexible pressure tube, M12 x 1.5 thread Pressure ratings* 0.7 – 2 bar / 0.8 – 5 bar / 2 – 10 bar / 4 – 20 bar / 8 – 40 bar / 14 – 70 bar *Other pressure ratings on request	
2 nd pressure sensor for monitoring (option)	Absolute sensor, Type ENVEC CT30, provided as an external sensor, length of supply cable 10 m Connection for precision steel pipe (Ermeto 6L) or flexible pressure tube, M12 x 1.5 thread Pressure ratings between 0.7 and 80 bar	
Temperature sensor or 2 nd temperature sensor	Pt-500 resistance thermometer to DIN 60751 Class A with protective tube, for use with thermowells. Temperature range: -30 to +60°C. Installation length 50 mm, Ø 6 mm, length of supply cable 2.5 m (optionally 10 m)	
Compressibility	Calculation in accordance with S-GERG-88, AGA 8 (GC1 or GC2), AGA 8 DC 92, AGA NX-19, AGA NX-19 in accordance with Herning & Wolowsky or programmable as a constant	
Signal outputs	4 digital transistor outputs, freely programmable and protectable via calibration lock as <ul style="list-style-type: none"> - Pulse output for all V_m or V_b counters max. frequency: LF – 4 Hz, HF – 1 kHz - Signal output for alarm and/or warning messages 	<ul style="list-style-type: none"> - Output 1: LF, status - Output 2: LF, HF, status - Output 3: LF, HF, status - Output 4: LF, status
Data interfaces	<ul style="list-style-type: none"> - Optical interface in accordance with IEC 62056-21 (IEC 1107) - Internal serial interface RS232, RS485 or RS422 - Internal modem module iCM280-GPRS (option) 	
Communications protocols	<ul style="list-style-type: none"> - IEC 62056-21 (IEC 1107) - Modbus ASCII, RTU, TCP - DLMS/COSEM (data encryption based on standards AES-128 and Galois/Counter Mode) 	

Absolute ENCODER S1: Electronically readable mechanical index

Technical data		
	ENCODER S1 Single Index	ENCODER S1D Double Index
Number of drums	8	8
Temperature range	-20 °C to +60 °C	-20 °C to +60 °C
Protection class	IP 67	IP 67
Interfaces	NAMUR (II 2G EEx ia IIC T4)	NAMUR (II 2G EEx ia IIC T4)
ATEX approval	SCR (II 2G EEx ib IIB T4)	SCR (II 2G EEx ib IIB T4)
M-Bus		
Meter types	TRZ2, SM-RI, Q, all sizes	RVG, IRM-1, IRM-3 DUO
LF-pulser	Optional or retrofit INS-10, INS-11, INS-12 $U_{max} = 24 \text{ V}$, $I_{max} = 50 \text{ mA}$, $P_{max} = 0,25 \text{ VA}$, $R_i = 100 \Omega$ (series resistor)	Optional or retrofit INS-10, INS-11, INS-12 $U_{max} = 24 \text{ V}$, $I_{max} = 50 \text{ mA}$, $P_{max} = 0,25 \text{ VA}$, $R_i = 100 \Omega$ (series resistor)
Additional specifications ENCODER top		
Torque	0.2 Nmm	0.2 Nmm
Maximum rotation speed of the instrument drive	1 Hz	1 Hz
Mechanical take-off	According to EN 12261	According to EN 12261
Take-off value TR	0,1 - 1 - 10	0,1 - 1 - 10
Decimal places	2 - 1 - 0	2 - 1 - 0

Typical area of application

Typical application example
Namur interface

Schematic representation of transferring the original meter reading via Namur interface to the battery-powered EK260 volume corrector

Your contacts

Germany
Elster GmbH
Steinern Str. 19 - 21
55252 Mainz-Kastel
T +49 6134 605 0
F +49 6134 605 223
www.elster-instromet.com
info@elster-instromet.com

ENCODER S1 EN03

A06.08.2008

Belgium
Elster-Instromet N.V.
Rijkmakerlaan 9
2910 Essen
T +32 3 670 0700
F +32 3 667 6940
www.elster-instromet.com
info@elster-instromet.com

Singapore
Elster-Instromet Sdn. Bhd. (Singapore Branch)
160 Paya Lebar Road
#04-01 Orion@Paya Lebar
Singapore 409022
T +65 6247 7728
F +65 6247 7729
sales@elster-instromet.com.sg

73030053

All rights reserved

Subject to change without prior notice