

Teemu Luoma

# Kaukolämpöverkon painemittaustietojen kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

4.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Teemu Luoma Kaukolämpöverkon painemittaustietojen kehitys
Sivumäärä Aika	51 sivua + 3 liitettä 4.5.2017
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Verkkopalvelupäällikkö Mikael Österholm Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Työssä selvitettiin viiden Vantaan Energia Oy:n laskutuskäytössä olevan kaukolämpömittarin mittausominaisuuksien laajentamista soveltuvaksi myös paineenmittaukseen meno- ja paluuputkesta. Neljä muutoskohdetta valittiin kriittisyyden perusteella kehittyvistä verkon osista, joista ei ollut saatavilla painemittaustietoa. Yksi kohde valittiin uuden mittaustiedon luotettavuuden varmistamiseksi verkossa jo olevan paine-eromittauksen yhteydestä.</p> <p>Tavoitteena oli tuottaa mahdollisimman reaaliaikaista ja luotettavaa lämpötila- ja painemittaustietoa kaukolämpöverkoston lämmöntuotannon optimointia ja simulointia varten. Menetelmänä käytettiin mittareiden vaihtamista sellaiseen malliin, johon voitiin asentaa painemittaukseen soveltuva piirilevykortti. Piirilevykorttiin liitettiin meno- ja paluuputkiin asennetut paineanturit. Menetelmän toimivuus luotettavan mittaustiedon saamiseen ja toimittamiseen vuorokausittain ajastettuna tiedostona varmistettiin ennen kenttäasennuksia mittaripajalle rakennetun testikohteen avulla.</p> <p>Mittaustietoa analysoitiin joulukuun 2016 ja maaliskuun 2017 väliseltä ajalta. Kaikista viidestä kohteesta piirrettiin jatkuvaa trendikäyrää lämpötiloista ja paineista, jotta havaittiin kohteiden ja lähialueen mahdolliset ongelmat riittävän lämmön ja paine-eron toimittamiseen. Kahden kohteen mittaustiedoista saatiin vahvistus muutostarpeesta kaukolämpöputkiin. Ennen kaukolämpömittausta toiseen kohteeseen lisättiin kiertolenkki meno- ja paluuputkien väliin lisäämään haaran virtausta riittävän lämmön toimittamiseksi asiakkaalle. Toinen muutostyö liittyi kehittyvän alueen riittävän paine-eron varmistamiseen putkikoon kasvattamisella, koska muutoskohteessa jo yksistään havaittiin suuri painehäviö.</p> <p>Kaukolämpöverkon simulointia varten projektissa saavutettiin riittävä mittaustiedon laatu sekä luenta- ja mittaustiedon toimitustiheys. Kaukolämpöverkon lämmöntuotannon perusteelliseen optimointiin tarvittaisiin reaaliaikaista mittaustietoa, jota tässä projektissa ei voitu toteuttaa. Asiaan paneuduttiin lähinnä työn tulevaisuuden vision ratkaisuna.</p>	
Avainsanat	kaukolämpö, kaukolämpöverkko, paine-ero, painemittaus

Author(s) Title	Teemu Luoma The development of pressure measurement data in the district heating network
Number of Pages Date	51 pages + 3 appendices 4 May 2017
Degree	Master's Degree
Degree Programme	Electrical Engineering and Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Mikael Österholm, Manager Network Services Jarno Varteva, Senior Lecturer
<p>Five district heating meters installed by Vantaan Energia were examined in this study. The purpose of this study was to find out if the meters can be utilized also in pressure measurement. Four of these metering points were chosen because of their critical location in the district heating network. Pressure measurement data was not available in these points. One metering point that already produced pressure measurement data was chosen to verify the reliability of the measurement.</p> <p>The aim of this study was to produce real time and reliable temperature and pressure measurement data in order to optimize and simulate heat production in the district heating network. The district heating meters were replaced by new meters that were capable of pressure measurement. A pressure measurement card was installed in new meters. The operability of the measurement was controlled by a test meter.</p> <p>Measurement data was analyzed in a time period between December 2016 and March 2017. A continuous trend diagram of temperature and pressure was collected from every five metering point in order to detect possible problems in district heating delivery to these five critical locations and the neighboring area. Based on measurement data from two locations it was possible to notice that there were changes needed in district heating pipes. To deliver warmer district heating water for customers, a connection pipe between the supply and return pipe was installed in one of these two locations to increase the flow of the pipes. In the other location, the diameter of the pipe was increased to ensure the differential pressure in a developing area.</p> <p>The quality of the data was good enough for the simulation of the district heating, as well as reading and exporting data. To optimize the heat production in the district heating network thoroughly, a real time measurement data would be needed, but it was not possible to obtain it in this project. A real time measurement was discussed as a solution in the future.</p>	
Keywords	differential pressure, district heating, district heating network, pressure measurement

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	3
3	Vantaan Energia Sähköverkot Oy	5
4	Kaukolämmitys	6
4.1	Kaukolämmitys ennen ja nyt	6
4.2	Kaukolämmityksen tulevaisuus ja tutkimukset	7
4.3	Kaukolämpö Suomessa	11
4.4	Kaukolämpö Vantaalla	12
5	Kaukolämpöverkon painemittaustietojen kehitys	13
5.1	Tutkimuksen lähtökohdat	14
5.2	Toteutusmenetelmä	15
5.3	Taustaa ja aiemmat tutkimukset	15
5.4	Projektin aloituspalaveri – organisoituminen ja tavoite	16
5.5	Toinen palaveri	18
5.6	Kolmas palaveri	22
5.7	Testimittari	23
5.8	Kenttäasennukset	31
5.8.1	Kohde 1	32
5.8.2	Kohde 2	38
5.8.3	Kohde 3	40
5.8.4	Kohde 4	42
5.8.5	Kohde 5	45
5.9	Neljäs palaveri	47
5.10	Yhteenveto ja visio tulevasta	47
	Lähteet	50

## Liitteet

Liite 1. Lämpöenergiamittauksen laajentaminen paineluentakohteeksi

Liite 2. Testimittarin paineantureiden kalibroitodistukset

Liite 3. Paineantureiden tehdaskalibroitodistukset

## Lyhenteet

AMR Manager	CDAPI:n osa, joka hallinnoi mittareita ja mo- deemeja
CDAPI	EMS10 luentajärjestelmän osa, joka suorittaa luennat
CHP	Combined Heat and Power, sähkön ja lämmön yhteistuotato
EMS10	Kamstrup A/S:n toimittama luentaohjelma (käyttöliittymä)
EPBD	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
GPRS	General Packet Radio Service, GSM-verkon tiedonsiirtopal- velu
GSM	Global System for Mobile Communications, matkapu- helinjärjestelmä
M-Bus	Mittaustiedon siirtoväylä
SCADA	Supervisory control and data acquisition, valvomo- ohjelmisto
VE	Vantaan Energia Oy
VES	Vantaan Energia Sähköverkot Oy
4GDH	The 4th Generation District Heating, neljännen sukupolven kaukolämpö

## 1 Johdanto

Tässä Vantaan Energia Oy:lle (VE) tehtävässä opinnäytetyössä tutkitaan kaukolämpöverkon viiden käyttöpaikan lämpöenergiamittauksen mittausominaisuuksien laajentamista soveltuvaksi painemittaukseen ja niistä saatujen mittaustietojen hyödynnettävyyttä lämmöntuotannon optimointiin.

Tavoitteena on hankkia mahdollisimman reaaliaikaista ja luotettavaa lämpötila- ja painemittaustietoa kaukolämpöverkon viidestä kriittisestä kohteesta. Mittaustietoa on tarkoitus kerätä Vantaalla uudella tavalla hyödyntäen kaukolämmön luentajärjestelmää ja asiakasmittauksiin tehtävillä muutostöillä.

Opinnäytetyöllä tavoitellaan lisähyötyä kaukolämpöverkon suunnitteluun eli simulointiin, johon riittää kerran vuorokaudessa toimitettu tuntimittaustieto valituista kohteista. Optio-tavoitteena olisi voida ajaa kaukolämpöverkkoa uuden mittaustiedon avulla, mikäli luentatiheys olisi 10 sekuntia. Optio-tavoitteen mahdollisuutta analysoidaan opinnäytetyössä tulevaisuuden kehitystyön visiona.

Opinnäytetyössä selvitetään myös, kuinka usein nykyisellä luentajärjestelmällä on mahdollista lukea ja toimittaa monipuolisempaa mittaustietoa. Mittaustiedon luotettavuuden varmistamiseen panostetaan vertailemalla yhden kohteen uutta mittaustietoa jo kaukolämpöverkon olemassa olevaan valvomo-ohjelmisto SCADA:n painemittaukseen. Kaukolämpöverkon suunnittelua kiinnostaa tieto verkon lämpöhäviöistä. Mikäli opinnäytetyön aikana ilmenee uutta asian tiimoilta, siihen tartutaan.

Tämä aihe valitaan kaukolämmön mittauksiin liittyvien henkilöiden ja mittaustuloksia työkseen käyttävien henkilöiden yhteisissä kokouksissa jo syksyllä 2015 ilmenneeseen tarpeeseen monipuolisemmasta painemittaustiedosta kaukolämpöverkon kriittisistä kohteista. Projektissa tehtävät muutokset mittalaitteisiin ja mittaustietoihin liittyviin järjestelmiin tullaan opinnäytetyön myötä dokumentoimaan asennusohjeeksi (Liite 1). Projektin ohella tehtävä opinnäytetyö tukee myös tulevaisuudessa mahdollisia VE:n ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n (VES) jatkotutkimuksia tästä aiheesta. Valittuihin mittauksiin tehtävien muutostöiden ja uuden painemittaustiedon avulla voidaan tulevaisuudessa parhaassa tapauksessa vaikuttaa kaukolämpöverkon ajolämpötilaan ja -

paineeseen, mikäli verkon simuloinnilla voidaan ne järkeviksi osoittaa. Muutos näissä suureissa vaikuttaa lämmöntuotannon kustannuksiin. Tosin muutokset kaukolämpöverkon ajolämpötilaan ja -paineeseen vaikuttavat kaukolämpöveden pumppauskustannuksiin ja lämpöhäviöihin.

Kaukolämpöverkon suunnittelu, eli simulointi, on laskentaa, jolla selvitetään painesuhteita ja virtauksia verkon eri osissa. Laskennalla selvitetään verkon kapasiteetin riittävyyttä eri käyttötilanteissa. Tulevaisuuden tarpeita voidaan myös näin suunnitella laskennallisesti. [1, s. 218]

Kaukolämpöverkon kriittiset kohteet ovat verkon loppuhaaroissa olevia kuluttajia, joilla kaukolämpöveden paine-ero saattaa laskea alle asiakkaalle luvatus 0,6 barin. Kun kaukolämpöverkkoa ajetaan siten, että kriittisinkin asiakas saa käyttöönsä tuon 0,6 barin paine-eron, se on myös taloudellisin tapa ajaa verkkoa. Kriittinen kohde voi olla myös verkon epäedullisessa osassa, jossa kaukolämpöputki on esimerkiksi alimitoitettu asiakkaan lämmönsaannin kannalta.

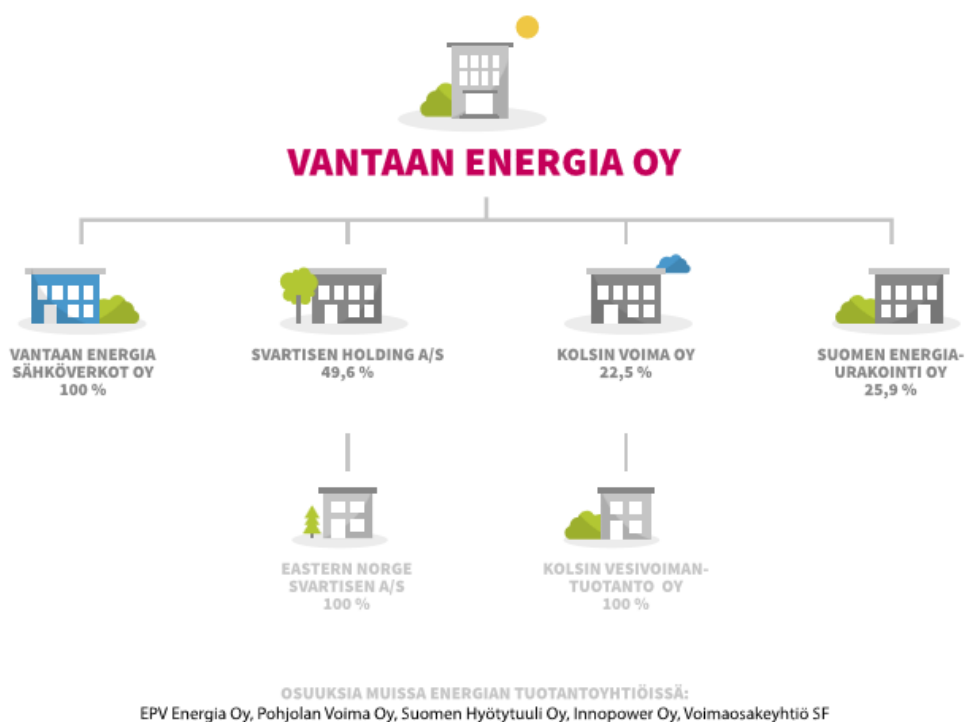
Opinnäytetyössä peilataan Vantaan kaukolämmityksen nykytilaa tulevaisuuden neljännen sukupolven (4GDH) kaukolämmön näkyymiin ja tavoitteisiin mittaustulosten näkökulmasta. 4GDH-asiaan palataan kappaleessa 4.2 Kaukolämmityksen tulevaisuus ja tutkimukset. 4GDH-teoria valittiin työhön mukaan sen tavoitteiden hyödyntämismahdollisuuksien vuoksi jo projektin ja opinnäytetyön tässä vaiheessa, mutta lähitulevaisuuden kehitystyössä merkitys korostuu huomattavasti, mikäli VE vaihtaa projektissa asennettavat mittaukset reaaliaikaiseen luentaan tämän työn vision mukaisesti. Jos tämän työn visio toteutuu, tässä projektissa asennettavien paineantureiden tuottaman mittaustiedon avulla voidaan mahdollisesti ajaa kaukolämpöverkkoa optimaalisemmin ja taloudellisemmin.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kuitenkin vain tuottaa työn tilaajalle haluttua mittaustietoa, ei ratkaista uuden mittaustiedon avulla tehtäviä analyysejä eikä toimenpiteitä kaukolämmön tuotannon optimoimiseen tai simuloimiseen.



## 2 Vantaan Energia Oy

VE on yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä, joka tuottaa ja myy sähköä ja kaukolämpöä. Yhtiö toimittaa myös maakaasua Vantaan alueella muutamille teollista tuotantoa harjoittaville yrityksille. VE:n omistavat Vantaan kaupunki (60 %) ja Helsingin kaupunki (40 %). Vuosi 2017 on yhtiön 107. toimintavuosi. Kuvassa 1 on esitettyä VE:n osakkuusyhtiöt omistusosuuksien. [2, s.1]



Kuva 1. VE -konserni vuonna 2016. [3]

Tätä kirjoitettaessa on Vantaalla ollut käytössä pari vuotta sekajätettä polttava jätevoimala, joka tuottaa vantaalaisille kaukolämpöä ja sähköä valtakunnan verkkoon. Vuoden 2015 jälkeen jätevoimala on vähentänyt fossiilisten polttoaineiden käyttöä VE:n tuotannossa 40 prosenttia ja hiilidioksidipäästöjä 20 prosenttia. Näillä näkymin VE on luopumassa kivihiilen käytöstä 2020-luvulla. Kivihiili korvataan biopohjaisilla polttoaineilla. [3; 4; 5; 6]

VE:n sähkön- ja lämmöntuotannon peruskuorma tuotetaan yhteistuotantona Martinlaakson voimalaitoksella (kuva 2) ja Långmossebergin jätevoimalassa (kuva 3).



Kuva 2. Martinlaakson voimalaitos. [7]

Yhtiössä on käytössä ISO 14001 -standardin mukainen ympäristöjärjestelmä, jonka mukaan lait, vaatimukset, vastuut ja tavoitteet käsitellään. Ympäristövaikutuksia VE:llä vähennetään kasvattamalla uusiutuvan ja hiilineutraalin osuuksia tuotannossa sekä tuotantolaitosten ajanmukaisella kehityksellä. Tuotanto ja lämmönjakelu -toiminnolle myönnettiin ISO 9001 -standardin mukainen johtamisjärjestelmäsertifikaatti joulukuussa 2016. [8, s. 15, 63]

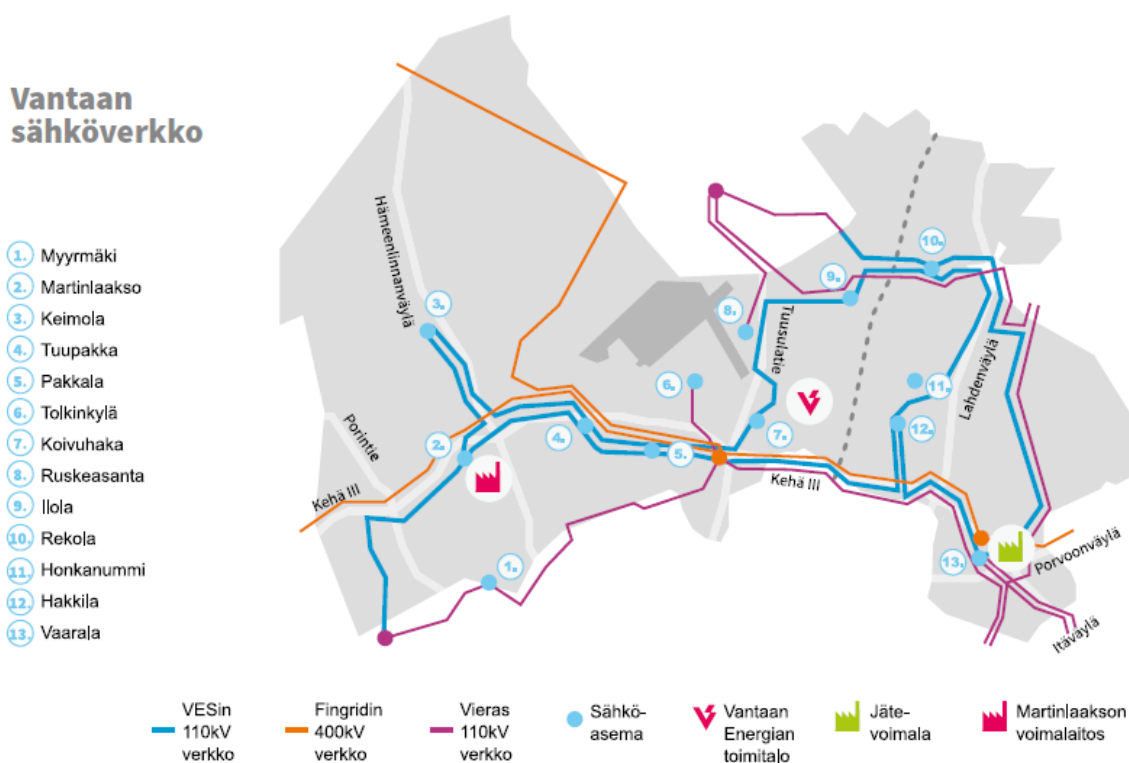


Kuva 3. Vantaan Energian jätevoimala. [7]

Yhteistuotannon kannattavuus on muuttumassa yhteiskunnan uusiutuvan energian tukien vuoksi, mutta VE uskoo tehokkaaseen yhteistuotantoon energiantuotannossa. VE selvittää biopolttoaineiden käyttömahdollisuutta tulevaisuuden tuotannossa, sillä biopolttoaineiden käyttö on yksi VE:n päämääristä ilmastonmuutoksen hillinnässä. [8, s. 11, 30, 48]

### 3 Vantaan Energia Sähköverkot Oy

Vantaan Energia Sähköverkot Oy (VES) vastaa Vantaan sähköverkkojen rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta (Kuva 4). VES:n vastuulla on Vantaan alueen asiakasmittaukset sähkön, kaukolämmön ja maakaasun osalta. VES on täysin VE:n omistama. [3]



Kuva 4. Vantaan sähköverkko. [8, s. 34]

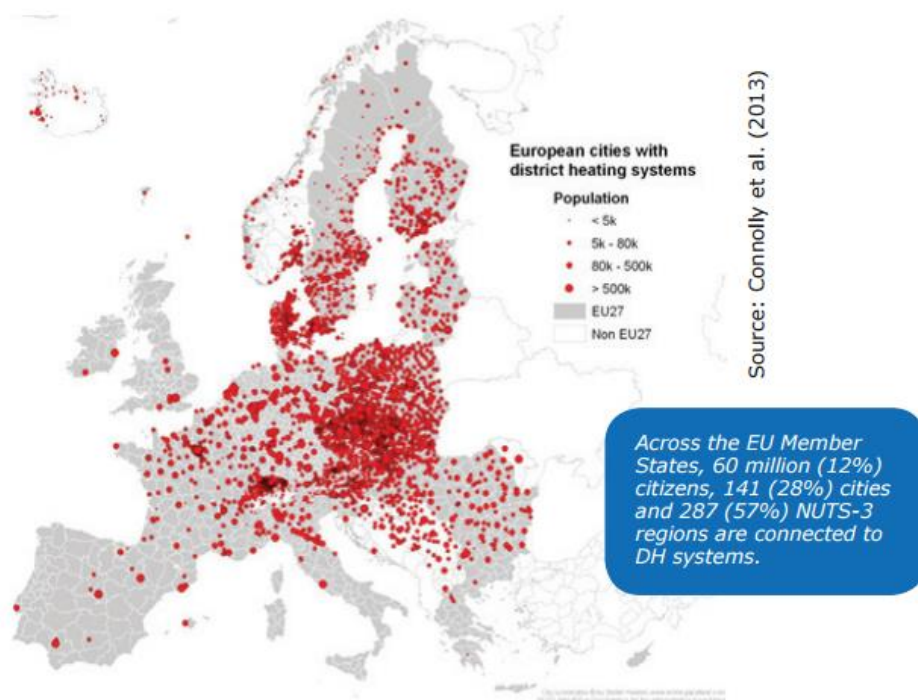
## 4 Kaukolämmitys

Kaukolämmitys toteutetaan keskitettynä tuotantona yhdessä tai useammassa siihen soveltuvassa laitoksessa. Kaukolämmön julkisella jakelulla lämpöä siirretään asiakkaiden käyttöön useimmiten rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämpö siirretään sidottuna veteen tai höyryyn asiakkaiden rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Euroopassa väliaineena on käytetty vettä, muuta esimerkiksi Pohjois-Amerikassa on laajalti käytössä höyryllä siirrettävä lämmöntoimitus. [1, s. 25, 29]

Kaukolämpövettä pumpataan asiakkaiden kulutuksen vaatiman tehon mukaan, huomioiden kaukolämpöveden lämpötila. Pumppauksella kierrätetään vettä verkossa ja tataan riittävä ja luvattu 0,6 barin paine-ero asiakkaille. Verkko on myös pidettävä ylipaineessa, jotta vesi ei höyrysty missään verkon osassa. Kaukolämpöveden menolämpötilaa säädetään pääasiassa ulkolämpötilan mukaan, koska kulutuksen määrää enimmäkseen rakennusten lämmitystarve. Asiakkaiden lämmönjakokeskuksille on toimitettava vähintään 65-asteinen kaukolämpövesi, jotta asiakkaiden käyttöveden lämmönvaihdin toimii tarkoituksenmukaisesti. [9, s. 20 - 22]

### 4.1 Kaukolämmitys ennen ja nyt

Kaukolämmön historia ulottuu aina 1600-luvulle periaatteen keksimisestä Englannin ja Venäjän 1700- ja 1800-luvun lämminvesijärjestelmiin. 1877-luvulla ensimmäinen kaupallinen kaukolämpöjärjestelmä oli New Yorkissa. Euroopassa kaukolämmitys yleistyi 1900-luvun alussa ollakseen nykyään yli 100 miljoonan käyttäjän lämmitysmuoto. Euroopan kaupunkien kaukolämpöjärjestelmien määrää havainnollistaa kuva 5.



Kuva 5. Euroopan kaupunkien kaukolämpöjärjestelmät. [10, s. 7]

Suomessa kaukolämmitys yleistyi 1900-luvun puolivälissä, ja jo silloin havaittiin sähköntuotannon hukkalämmön hyödynnettävyys asuntojen lämmitykseen. [1, s. 25, 29, 32, 34]

#### 4.2 Kaukolämmityksen tulevaisuus ja tutkimukset

Kaukolämmityksen historia maailmalla on moninainen, mutta esimerkiksi EU-tasolla energiatehokkuuteen ja päästöihin valmisteltujen direktiivien, kilpailevien lämmitysmuotojen ja alan tutkimusten valossa myös kaukolämmityksen tulevaisuus elää enemmän kuin aikoihin.

Kaukolämpöalalla puhutaan neljännen sukupolven (4th generation district heating, 4GDH) asioista. Kansainvälisiä tutkimuksia yhdistää neljännen sukupolven kaukolämpö ja sen tavoitteet tulevaisuuden kestäville energiaratkaisuille. Keskeisinä asioina ovat muun muassa:


- kaukolämpöverkon lämpötilan alentaminen
- verkostohäviöiden pienentäminen

- kaukojäähdytys
- fossiilisista polttoaineista luopuminen
- hajautettu energiantuotanto
- lämpöverkon älykkyys ja tuottaja-kuluttajat
- lämmön varastointi
- lämmitysjärjestelmän integroituminen osaksi muita energiajärjestelmiä
- kaukolämmön kysynnän lasku energiatehokkuuden kehityksen johdosta

Kansainvälisissä neljännen sukupolven tutkimushankkeissa energiatehokkuuden näkökulmasta on tutkittu viime vuosina paljon etenkin matalan lämpötilan verkkoja, hajautettua energiantuotantoa kaukolämpöverkoissa ja lämmön varastointia. Nämä tutkimukset ovat olleet lähinnä mallinnusmenetelmiin perustuvia, ei kokeellisia. [11, s. 5, 19]

Kaukolämmön sukupolvien kehitys, jakelun ja kysynnän näkymät taulukossa 1 osoittavat muutosten askelmerkit sukupolvien välillä.

Taulukko 1. Kaukolämmön sukupolvien kehitys. [12, s. 5]

	1st Generation	2nd Generation	3rd Generation	4th Generation
Label	Steam	In situ	Prefabricated	4GDH
Period of best available technology	1880–1930	1930–1980	1980–2020	2020–2050
 <b>Distribution and demand</b>				
Heat carrier	Steam	Pressurised hot water mostly over 100 °C	Pressurised hot water often below 100 °C	Low-temperature water 30–70 °C
Pipes	In situ insulated steel pipes	In situ insulated steel pipes	Pre-insulated steel pipes	Pre-insulated flexible (possible twin) pipes
Circulation systems	Steam pressure	Central pumps	Central pumps	Central and decentralised pumps
Substations heat exchanger	No	Tube-and-shell heat exchangers	Without or with plate heat exchangers	Probably mostly with plate heat exchangers Introduction of flat-stations (decentralised supply of hot water in new buildings)
Buildings	Apartment and service sector buildings in the city	Apartment and service sector buildings 200–300 kWh/m <sup>2</sup>	Apartment and service sector buildings (and some single-family houses) 100–200 kWh/m <sup>2</sup>	New buildings: <25 kWh/m <sup>2</sup> Existing buildings: 50–150 kWh/m <sup>2</sup>
Metering	Condensate meters in order to measure the amount of steam used.	Initially only flow meters in substations, later replaced by heat meters. Annual or monthly readings. Sometimes use of allocation meters on radiators for internal distribution of heat costs.	Heat meters and sometimes additional metering of flow in order to compensate for high return temperatures. Wireless readings introduced for more frequent readings.	As earlier but continuous reading used for continuous commissioning of customer heating system.
Radiators	High-temperature radiators (+90 °C) using steam or water.	High-temperature radiator (90 °C) using district heating water directly or indirectly.	Medium-temperature radiators (70 °C) using district heating water directly or indirectly. Floor heating.	Floor heating. Low-temperature radiators (50 °C). Indirect system.
Hot water	Hot water tanks heated directly with steam or from a secondary water circuit.	DHW tank heated to 60 °C. Circulation at 55 °C when needed.	Heat exchanger heating DHW to 50 °C. Domestic hot tank heated to 60 °C. Circulation at 55 °C when needed.	Very efficient local heat exchanger heating DHW to 50–40 °C. In district heating systems with supply temperature of 30 °C, a heat exchanger preheats DHW and a heat pump with buffer tank and heat exchanger increases DHW temperature to 40 °C by cooling down the return temperature.

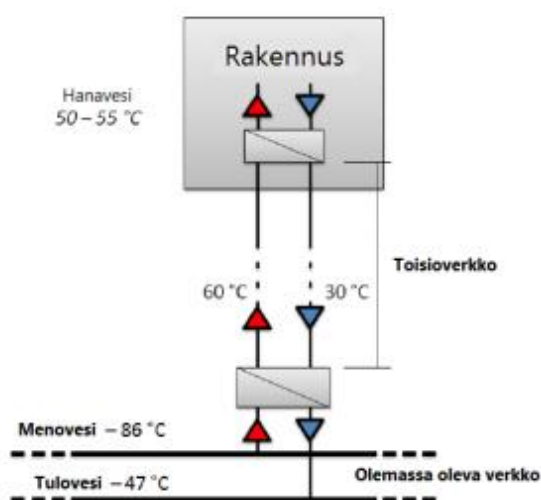
Useat viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että kaukolämmityksellä on tärkeä rooli osana kestäväen energian kokonaisuutta. Nykymuotoisen kaukolämpöverkon on kuitenkin muututtava kohti alhaisemman lämpötilan kaukolämpöverkon tulevaisuutta. [12, s. 2]

Suomessa ainutlaatuinen Turku Energian Skanssi-energiahanke ja aihetta käsittelevä Lotta Lyytikäisen diplomityö antavat suuntaviivoja älykkään energiankäytön ja suunnitella olevan matalalämpötilaisen ja kaksisuuntaiseen kaupankäyntiin soveltuvan lämpöverkon tulevaisuudesta. Matalalämpöinen verkko mahdollistaa hajautetun ja paikallisen tuotannon. Alueen lämmöntuotantoon voivat osallistua asukkaat tai kolmas muu toimija. Energiayhtiö on sitoutunut ostamaan muiden tuottaman lämmön. Skanssi-



energiahankeessa kaukolämpöverkon suunniteltu lämpötila on 65–75 °C. Turku Energian 110–120-celsiusasteiseen pääverkkoon uusi, matalalämpöinen Skanssin verkko liitetään lämmönvaihtimella. [13, s. 10, 73]

Norjassa on tutkittu matalalämpötilaista kaukolämpöverkkoa, joka on kytketty pääverkkoon toisioverkkona, kuten kuvan 6 periaatekuvassa. Tutkimuksen mukaan toisioverkko osoittautuu kannattavaksi vain matalaenergiataloalueella. Tutkimuksessa selvitettiin myös muoviputkien käyttöä ja alhaisen menolämpötilan legionella-bakteerin riskejä. [11, s. 9]



Kuva 6. Matalalämpötilainen toisioverkko kaukolämpöjärjestelmässä. [11, s. 9]

Uusilla alueilla matalalämpöisen verkon liittäminen pääverkkoon lämmönvaihtimella voidaan pitää vaihtoehtona pääverkon laajenukselle. Kustannustehokkuutta voidaan parantaa tiukemmalla putkimitoituksella ja alhaisen lämpötilan erillisverkoilla. Myös lisäeristys ja kaukolämpöverkon syöttölämpötilan lasku kulutuksen salliessa tuovat säästöä. Verkon tehokas ja optimaalinen käyttö vaatii verkoilta älyä mukautuakseen muuttuviin tilanteisiin verkon lämpötilatason ja paine-eron suhteen. [14, s. 34; 15, s. 64]

Muutoksia kaukolämmityksen tulevaisuuteen seuraa rakennuksien energiataloudellisuuden kohenemisesta. Jo olemassa olevia rakennuksia saneerataan, joten niissä lämmön kysyntä laskee. Uudet rakennukset rakennetaan alusta alkaen lähes nolla-



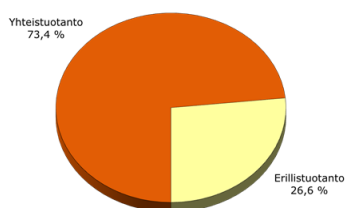
energiarakentamisena rakennusten energiatehokkuusdirektiivin EPBD:n mukaisesti vuoden 2021 alusta alkaen. [16, s.10]

Tiedonhallinnan ja älykkään kaukolämpöverkon osalta esille nousee edelleen kasvavan mittausdatan hyödyntäminen etenkin tulevaisuuden tuottaja-kuluttajien osallistumisesta kaukolämpöverkon lämmöntuotantoon, hajautettujen lämmönlähteiden integroituminen kaukolämpöjärjestelmään ja osittainen siirtyminen matalalämpöisiin järjestelmiin. Tulevaisuudessa mittaustietoja ja reaaliaikaisuutta hyödynnetään entistä tehokkaammin tuotannon ja kulutuksen ohjaukseen ja optimoimiseen. [11, s. 23; 14, s. 34]

#### 4.3 Kaukolämpö Suomessa

Suomen kaupunkien ja taajamien rakennuskannasta suuri osa lämmitetään kaukolämmöllä. Suomessa 90 prosenttia asuinkerrostaloista lämmitetään kaukolämmöllä. Lisäksi teollisuusrakennuksista 30 prosenttia, muista rakennuksista 60 prosenttia ja omakotitaloista 10 prosenttia kuuluvat kaukolämmön piiriin. Kaukolämmön osuus Suomen lämmitystarpeesta on noin 45 %. Suomen kaukolämpöön liittyvä infrastruktuuri on valtaosin rakennettu, joten matalanlämpötilan kaukolämpöverkon mahdollisuudet ovat näillä näkymin rajalliset, koska tulevaisuuden matalalämpöiset verkot tullaan rakentamaan tuoreimpien tutkimusten ja keksintöjen mukaan. Nykyverkkojen menolämpötilassa saattaisi olla mahdollisuus muutaman celsiusasteen laskupotentiaaliin. Tätä asiaa tukevat myös tehdyt tutkimukset Suomessa ja Ruotsissa. Jos menolämpötilaa laskettaisiin enemmän, muutoksia tarvittaisiin myös nykyisiin lämmönjakokeskuksiin ja rakennusten lämmitysjärjestelmiin. [16, s. 3, 40; 11, s. 6, 18; 9, s. 67–68]

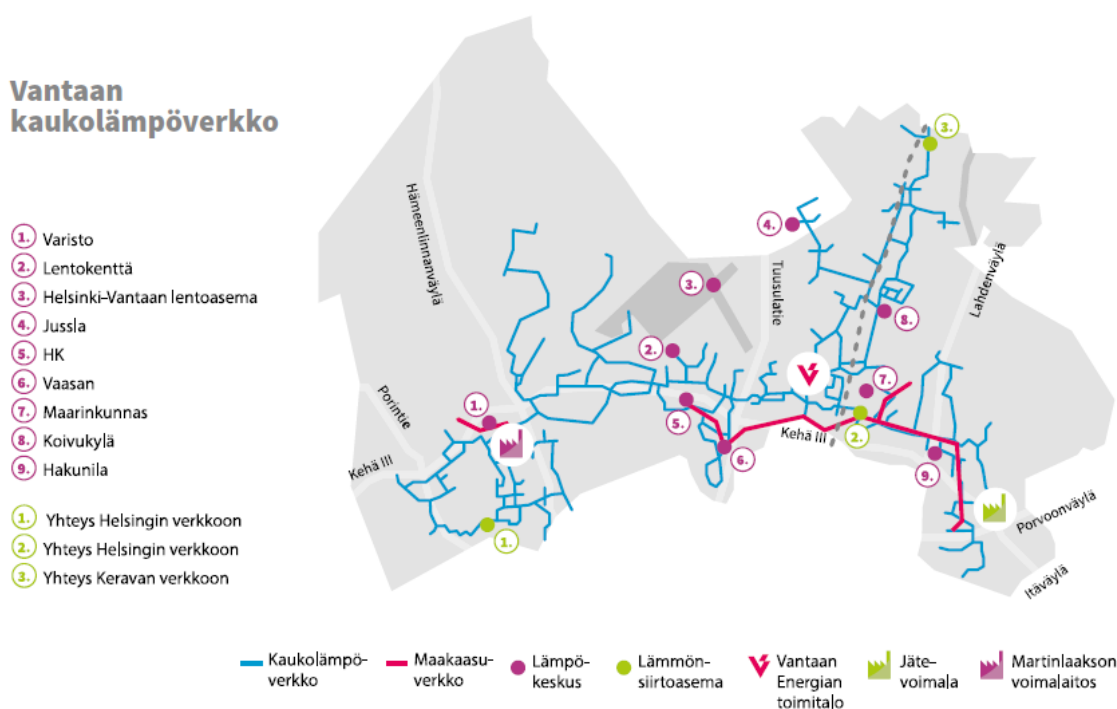
Vuonna 2015 kaukolämpöä tuotettiin Suomessa 33,3 TWh, josta yhteistuotannon osuus oli noin 73 %, kuva 7. [17, s. 9]



Kuva 7. Yhteistuotannon ja erillistuotannon suhde vuonna 2015. [17, s. 9]

#### 4.4 Kaukolämpö Vantaalla

96 % vuonna 2015 Vantaalla tuotetusta kaukolämmöstä oli peräisin yhteistuotannosta. Kuvassa 8 on merkittynä kartalle myös VE:n lämpökeskukset ja siirrinasemat. VE on toimittanut kaukolämpöä Vantaalla jo yli 40 vuotta. Vuoden 2015 lopussa kaukolämpöasiakkaiden yhteenlaskettu sopimusteho oli 960 MW. Kaukolämpöjohtoa Vantaan alueella oli vuonna 2015 noin 546 km.



Kuva 8. Vantaan kaukolämpöverkko ja laitokset. [8, s. 34]

Kaukolämpöverkon häviöt vuonna 2015 olivat 10,6 %, joka on prosentuaalisesti korkea Vantaan kokoluokan verkolle, vaikka verkon huolto ja seuranta on jatkuvaa. Vantaalla on vuoden 2016 lopulla hieman alle 4700 käyttöpaiikkaa, joissa VE:n omistamilla lämpöenergiamittauksilla asiakkaita lämmönkäytöstä laskutetaan. Kaukolämpöliittymien nettolisäys vuonna 2016 oli 75. Vuonna 2015 uusia liittymiä rakennettiin 74 kappaletta. Vantaa on muuttovoittoinen kaupunki, joten 4GDH-tutkimusten maalailema kaukolämmön kysynnän väheneminen ei vielä näy Vantaalla, vaan lämmitystarve kasvaa vielä muutaman vuoden. 2020-luvulla on kuitenkin havaittavissa lämmitystarpeen tasaantuminen ja 2030-luvulla pienentyminen. [1; s. 203; 8, s. 10, 34–35, 39; 18]

Vuonna 2015 Vantaalla lisävedettä laitettiin verkkoon 1,42-kertaisesti verkon tilavuuteen nähden, mikä sekkin on enemmän kuin Suomessa keskimäärin kaukolämpöverkoissa. Vuoden 2016 lopulla kuluvan lisäveden määrä näyttäisi asettuvan kaksinkertaiseksi verkon tilavuuteen nähden. Kaukolämpöverkon tilavuus on noin 37 400 m<sup>3</sup>. Lisäveden suuri määrä johtuu verkossa olevista vuodoista, jotka ovat vaikeita havaita. Viimevuosina kaukolämpöverkon vuotoja on Vantaalla etsitty helikopterista käsin maanpinnan lämpökamerakuvauksilla. Verkon vuotokohtia ja huonoja liitoseristyksiä on toiminnan avulla saatu korjattua. Vuonna 2016 ilman joulukuun tilastoja kaukolämpöverkon 79 viasta 66 oli vuotoja. Vuonna 2015 korjattiin 63 kaukolämpöverkon vauriota. [9, s.28; 8, s. 39; 1, s.374, 18]

VE on osallistunut myös lämmön varastointiratkaisujen ryhmätutkimukseen, jossa tutkittiin lämmön varastointia lähinnä kalliolouhoksiin ja soraonttuihin. VE:n mukaan tutkimuksessa tunnistetut ratkaisut ovat tällä hetkellä kalliita toteutuakseen. [8, s. 30, 18]

Vantaalla on käytössä kaksi lämpöakkuja, joilla varataan lämpöenergiaa verkon kulu-tushuippuja tasoittamaan. Martinlaaksossa sijaitsevan lämpöakun tilavuus on 20 000 m<sup>3</sup> ja jätevoimalan yhteydessä olevan 10 000 m<sup>3</sup>. Lämpöakkujen tehoreservi on noin 800 MW. Kiristyvään pakkaseen voidaan myös varautua ajamalla verkkoon kuumempaa vettä, kuin ajohetken tarve vaatii. Kaukolämpöverkkoa ajetaan pääsääntöisesti kuitenkin ulkolämpötilan mukaan. Haasteita lämmöntoimitukseen tuo kuitenkin nopeasti muuttuvat ulkolämpötilat, koska verkon loppuhaaroihin lämpö kulkeutuu noin kuusi tuntia. Myös verkon paine-eron hallinta vaikeutuu, mikäli lämpöä ajetaan verkkoon etukäteen. [18]

## 5 Kaukolämpöverkon painemittaustietojen kehitys

Vantaan kaukolämpöverkon kriittisistä kohteista ei ole tällä hetkellä saatavilla kaukolämpöveden painetietoja. Ilman kriittisten kohteiden mittaustietoja on verkon lämmön-tuotannon optimointi ja laadukas suunnittelu, eli simulointi, hankalaa. Tällä hetkellä simulointia tehdään SCADAn mittaustietojen avulla. SCADAn mittauspisteet eivät enää kaukolämpöverkon laajennuttua palvele maankäytön kannalta kehittyvien alueiden simulointia. Nykyiset SCADAn mittauspisteet ovat aikanaan olleet kriittisiä kohteita. [19]

## 5.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Tätä tutkimusta motivoi mahdollisuus saada mittaustiedolla vahvistettua näkemystä kaukolämpöverkon ajamisesta taloudellisemmin. Voitaisiinko jo ottaa ensiaskeleet kohti matalamman verkon lämpötiloja projektin muutoksien tuomien tarkempien mittaustietojen avulla? Vai tarvitaanko vielä seuraava kehitysaskel lähes reaaliaikaiseen luenta- ja näytetiheyteen verkon kriittisten kohteiden paine-eroista? Voidaanko verkon paine-eroa tai menolämpötilaa muuttaa kriittisiltä asiakkailta saatujen mittaustietojen perusteella? Uudet mittaustiedot toimitetaan verkon ajoon liittyvien henkilöiden käytettäväksi ja analysoitavaksi.

Tässä projektissa valittuihin mittauksiin tehtävillä muutoksilla voidaan parhaassa tapauksessa vaikuttaa 4GDH-tavoitteisiin kaukolämpöverkon lämpötilan ja verkostohäviöiden pienentämiseen. Vaikka 4GDH-tavoitteet nähdään enemmän rakentamattomien verkkojen mahdollisuuksina, verkot ovat ajansaatossa muokattavissa kohti matalan lämpötilan verkkoja. Neljännen sukupolven kaukolämmön yhtenä tavoitteena on pienentää kaukolämmön menoveden lämpötilaa, mikä toteutuessaan vähentäisi automaattisesti verkon lämpöhäviöitä, joita tässä tutkimuksessa myös käsitellään mahdollisuuksien mukaan. Liian korkeassa lämpötilassa ajettavan verkon lisäksi lämpöhäviöiden aiheuttajia ovat eristykseen liittyvät ongelmat, ulkopuolisen veden jäähdytysvaikutus, maaperän ominaisuudet, putkiston matala peitesyvyys tai mahdollinen putkien ylimitoitus. Myös lämmön mittausepä-tarkkuudet tulkitaan häviöiksi. Uusien kuluttajien kytkeminen verkkoon parantaa verkon hyötysuhdetta. [1, s. 209; 12, s. 3]

Kaukolämmön mittaustietojen luentajärjestelmänä Vantaalla käytetään tanskalaisen Kamstrup A/S:n (Kamstrup) toimittamaa EMS10:tä, jonka pääkäyttäjyys on VES:llä. Myös laskutusikäytössä olevat kaukolämpömittarit ovat Kamstrupin valmistamia. Tässä opinnäytetyössä analysoidaan viiteen verkon kriittisessä kohdassa olevaan kaukolämpömittaukseen lisättävien paineantureiden tuottaman mittaustiedon käytettävyyttä VE:n toimintaan. VES:n asiakkuuden hallinnan yksikössä tehdään palveluna emoyhtiö VE:lle luentapalvelua ja mittarointia kaukolämmön ja kaasun osalta.

## 5.2 Toteutusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä hyödynnetään kaukolämmön mittausten parissa työskentelevien ja mittaustuloksia työsssänsä hyödyntävien henkilöiden kanssa käytyjä keskusteluita sähköpostitse, puhelimitse ja henkilökohtaisissa tapaamisissa. Haastattelutavoista sovitettiin opinnäytetyön aloituspalaverissa.

Opinnäytetyöstä tehdään tapaustutkimus, jossa selvitetään Vantaan tapa hyödyntää etäluennan avulla saatavaa monipuolisempaa mittaustietoa kaukolämpöverkon kriittisistä kohdista.

Projektissa käyttöön otettava tekniikkaa testataan ensin VES:n mittaripajalla testipenkissä, johon rakennetaan vastaavanlainen kokonaisuus, kuin myöhemmin kentälle on tarkoitus viedä viiteen valittuun kohteeseen. Kun rauta- ja ohjelmapuoli on kunnossa, voidaan kentällä aloittaa asennukset.

Opinnäytetyön tekemisessä hyödynnettävät teoriat liittyvät alan tutkimusaineistoon, kuten kansainvälisiin artikkeleihin ja Energiateollisuuden kaukolämmön tutkimusraportteihin ja suosituksiin. Tässä opinnäytetyössä viitataan myös kaukolämpöverkon käytön optimointia käsittelevään diplomityöhön. Aineistona käytetään lisäksi VE:n kaukolämpöverkon aikasarjamoitoista mittaustietoa ja tilastoja.

## 5.3 Taustaa ja aiemmat tutkimukset

Syyskuussa 2015 alkoi keskustelu kaukolämpöverkon painetietojen monipuolisemmasta saamisesta verkon eri osista. Asia oli yhtenä kohtana VE:n kaukolämmön luentajärjestelmä- ja mittaritoimittajan Kamstrupin kanssa pidetyssä palaverissa. Asia ei kuitenkaan vielä tuolloin edennyt.

Marraskuussa 2015 asiaan palattiin taas, kun ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry:n tarjoamasta palvelusta Theseuksesta löytyi Oulun ammattikorkeakoulussa Oulun Energia Oy:n toimeksiannosta ansiokkaasti tehty opinnäytetyö: Tuntidatan hyödyntäminen kaukolämmön palveluissa (Tuohino 2015). Opinnäytetyössä ilmeni, että noin kahdeltakymmeneltä kohteelta saadaan Oulussa painetiedot meno- ja paluuputkesta asiakasmittauksiin lisättyjen painemittauksien avulla. Tämän tiedon avulla

osasimme esittää oikeat kysymykset Kamstrupin suuntaan painetietojen luentamahdollisuudesta VE:n käytössä olevalla luentajärjestelmällä ja mittareilla. Vastaukset kysymyksiimme olivat kannustavia. Tarvitaan paineantureiden lisäksi tietynlainen mittari, johon asennetaan tietynlainen piirilevykortti ja tietynlainen kaapeli mittarin ja modeemin välille. Lisäksi luentaan liittyviin järjestelmiin pitää tehdä tiettyjä konfiguraatiomuutoksia.

Lisäselvittelyn avulla Theseuksesta löytyi myös Oulun Seudun Sähkölle vuonna 2013 tehty opinnäytetyö Kempeleen kaukolämpöverkon pumppauksen ohjauksen tehostamisesta (Siltakoski 2013). Kyseisestä opinnäytetyöstä saatiin arvokasta oppia paine-eromittausten merkityksestä verkon kriittisistä paikoista. Tutkimuksessa korostettiin etäluennan merkitystä paine-eromittaustiedon hyödyntämisestä pumppaustarpeen optimoimiseksi, mutta siihen tarvittaisiin työn mukaan reaaliaikaista mittaustietoa.

Helmikuussa 2016 VE:llä järjestettiin aiheesta yhteinen kokous, jossa oli paikalla henkilöitä kaukolämmön myynnistä, kaukolämpöverkoista, tuotannosta ja VES:n asiakkaiden hallinnasta. Kokouksen antina oli päätös asentaa kahteen kohteeseen painemittaukset. Kokouksessa keskusteltiin myös luentatiheyden merkityksestä ja vaihtoehtoisesta tavasta hankkia mittaustietoa Netcontrolin ratkaisun avulla hankittavasta jatkuvasta mittaustiedosta.

Toukokuussa 2016 ilmeni, että viimeisimmässä kaukolämmön yleissuunnitelupalaverissa oli taas puhetta aiheesta ja asiaa heräteltiin eloon, jotta saataisiin tulevaa talvea varten muutama mittauspiste kaukolämpöverkkoon tuottamaan painetietoja. Toukokuun 2016 lopussa lähetettiin tarjouspyyntö kahdesta paineanturista ja suunniteltiin sopivaa sijoituspaikkaan kaukolämpöverkkoon. Viimeistään tässä kohtaa varmistui, että jatketaan painetietojen hankintaa Kamstrupin järjestelmien ja mittarien avulla.

Heinäkuussa 2016 paineanturit saapuivat ja mietittiin edelleen sopivia paikkoja verkossa. Lähtökohtana oli, että kohteessa olisi jo valmiiksi sopivan mallinen Kamstrupin MC601-, MC602- tai MC801-mittari.

#### 5.4 Projektin aloituspalaveri – organisoituminen ja tavoite

Syksyn 2016 aikana projektiin saatiin vauhtia, kun ilmeni mahdollisuus tehdä VE:lle tapaustutkimustyyppinen opinnäytetyö. Lokakuulle sovittiin projektin ja opinnäytetyön

aloituspalaveri, jossa sovittiin projektille tavoitteiksi saada mahdollisimman reaaliaikais- ta paine- ja lämpötilatietoa kaukolämpöverkon valituilta kohteilta. Todettiin, että verkon simulointiin riittää kerran vuorokaudessa toimitetut viimeisen vuorokauden tuntimittaus- tiedot painekohteista. Tavoitteena on myös varmistua painetiedon luotettavuudesta. Sitä varten päätettiin valittavan yhdeksi kohteeksi jo kaukolämpöverkossa olevan SCADA-pisteen läheinen mittauspiste. SCADA-mittauksen paine-eroa tullaan vertaa- maan painekohde 1:n myöhemmin tuottamaan painetietoon. Yhteensä kentälle päätet- tiin asentaa viisi paineluentaan soveltuvaa mittaria, joihin kytketään paineanturit meno- ja paluuputkeen.

Tavoitteeksi asetettiin myös saada todellista mittaustietoa verkon kriittisistä pisteistä kaukolämpöverkon lämmöntuotannon optimoimiseen. Sovittiin myös niin sanottu optio- tavoite, jossa tavoitellaan kaukolämpöverkon ajamista reaaliaikaisella mittaustiedolla, jonka luentatiheys olisi 10 sekuntia. Tämä ymmärrettiin mahdottomaksi myös Vantaan tapauksessa jo palaverissa ja viimeistään seuraavana päivänä tuotannon automaati- oinsinöörin palaverin muistion sähköpostikommentissa. Hän totesi, että GSM:ää hyö- dyntävä tiedonsiirto ei sovi tällä hetkellä VE:n palomuurien läpäisyyn SCADA-käytössä.

Aloituspalaverissa sovittiin selvitettäväksi, kuinka usein EMS10:llä voidaan lukea ja toimittaa luentatietoa. EMS10:n suorituskykyä on tarkoitus testata projektin alkuaikana testimittarin luentojen avulla. Painekohteista sovittiin toimitettavaksi menopaine, paluu- paine, paine-ero, lämpötilaero ja virtaus. Myöhemmin toimittajan kanssa käydyssä säh- köpostikeskustelussa selvisi, että paine-erorekisteriä sellaisenaan ei ole saatavilla, mutta se on laskettavissa meno- ja paluupaineen erotuksena, joten se ei olisi ongelma. Rekistereitä voi tarvittaessa toimitukseen vaihtaa, mikäli esimerkiksi meno- ja paluu- lämpötilat kiinnostavat sellaisinaan.

Päätettiin, että kuukausittaisella tiedottamisella projektin henkilöille varmistetaan riittävä tiedonkulku. Joulukuulle 2016 sovittiin pidettävän välipalaveri.

Projektin etenemisen aikataulu oli vielä lokakuussa avoin, koska tarvittavien kompo- nenttien tilaukset olivat kesken. Myöhemmin selvisi, että paineanturit ja mittarit saapu- sivat marraskuun 2016 puolivälin jälkeen.

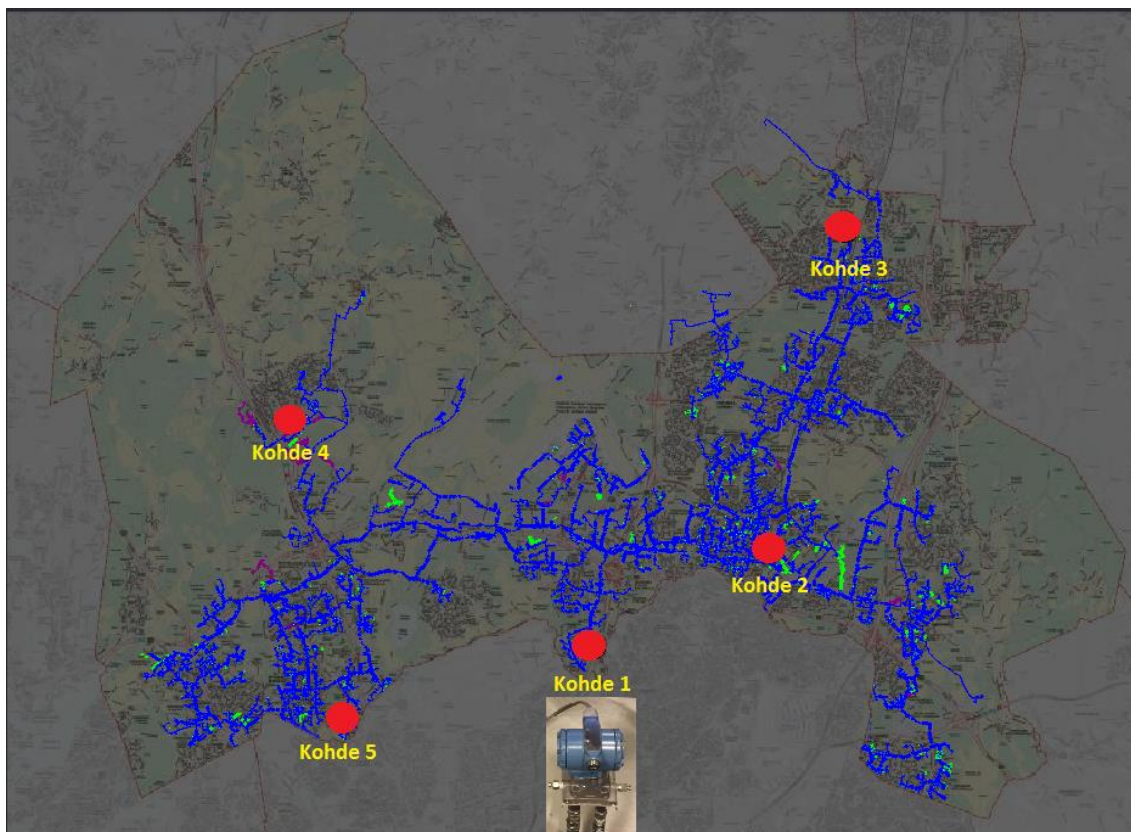
Projektin aloituspalaverissa myös organisoiduttiin ja nimettiin keskeiset henkilöt toteuttamaan projektia. Mittaustietovastaava VES:n asiakkuuden hallinnasta koordinoi opinnäytetyön kirjoituksen ohella projektin yhteydenpitoa, tiedon hankintaa ja aikataulutusta. Tuotannon automaatioinsinööri ja kaukolämpöverkkojen yleissuunnittelija sovittiin teknisten tietojen antajiksi. Heiltä voi pyytää työn laadinnassa tarvittavaa tietoa ja heitä voi haastatella. VES:n Asiakkuuden hallinnan verkkopalvelupäällikkö vahvistettiin työpaikan ohjaajaksi opinnäytetyölle. Kentällä tehtävissä muutoksissa ovat vastuullisina kaukolämpöverkkojen rakennuttaja ja asiakkuuden hallinnan kenttäpalveluesimies. Projektin kustannuksista vastaa kaukolämpöverkkojen verkkopäällikkö. Verkkopäälliköltä saatiin myös suostumus opinnäytetyön tekemiseen.

Aloituspalaverissa sovittiin, että projektin valmistuessa lopputulos esitetään tuotantopäällikölle.

## 5.5 Toinen palaveri

Toisessa projektipalaverissa lokakuun 2016 lopulla kokoontui lähinnä operatiiviseen työhön liittyviä henkilöitä. Palaverissa vahvistettiin paineluentaan valittavat kohteet, jotka ovat merkittynä kartalle kuvassa 9. Kohteet valittiin simuloinnin tuloksena kriittisyyden mukaan. Myös kulkuyhteydet kohteen mittaustaikalle otettiin huomioon paikkojen valinnassa. Kohteet on nimetty asennusjärjestyksessä kohde 1–5. Itä-Vantaan eteläosassa on kaukolämpöverkon haara, johon ei ainakaan tässä vaiheessa kaivattu painemittaustaikaa, koska alueella ei ole näköpiirissä kasvua maankäytössä ja kaavoituksessa. [19]

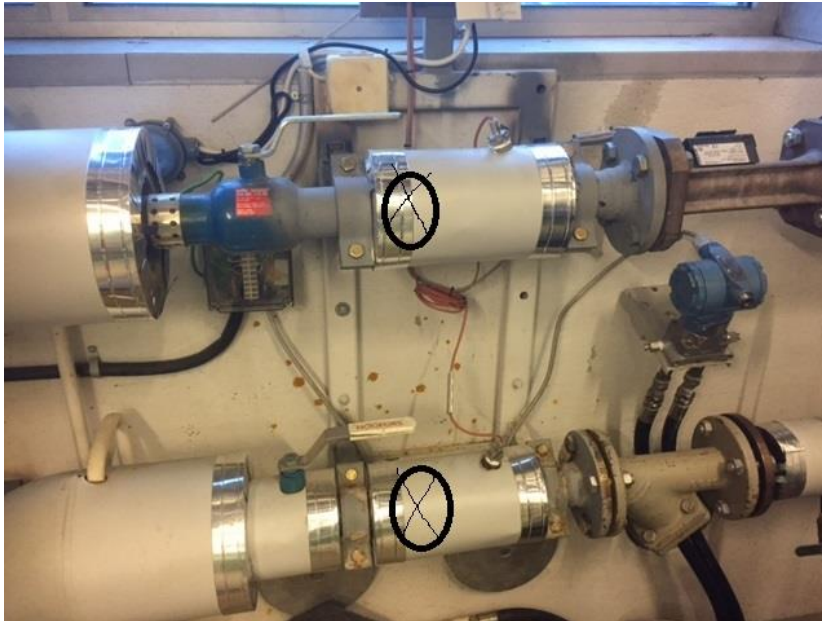




Kuva 9. Painekohteet on sijoitettu ki-verkon kartalle, kohteessa 1 SCADA-mittaus.

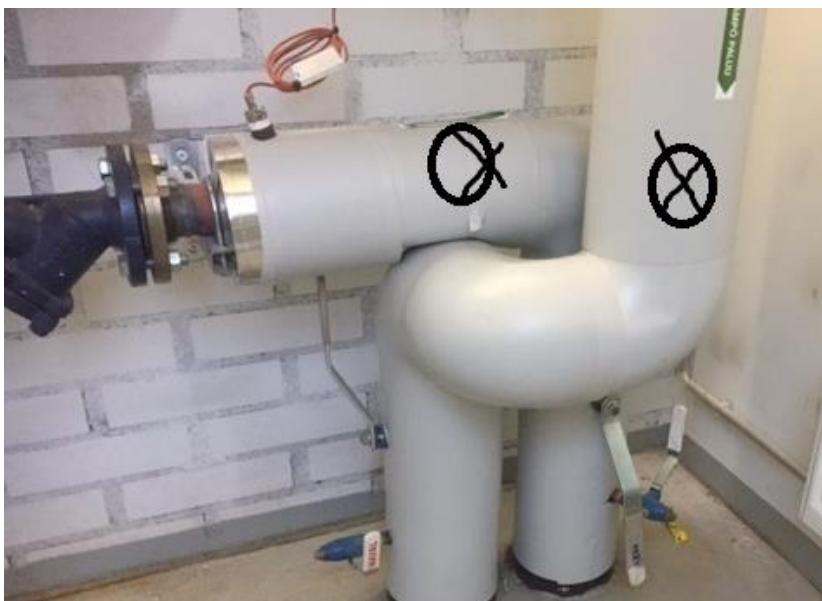
Sovittiin, että kaukolämpöverkon asentaja käy kuvaamassa kohteiden tulevat paineanturipaikat lämmönjakohuoneissa lämpölaitoksen ja asiakkaan sulkujen välissä. Lisäksi sovittiin kuvattavan kohteen mittauspelti, johon tullaan asentamaan paineantureiden virtalähde. Katselmukset valmistuivat lokakuussa 2016, jolloin saatiin käsitys asennusyhteiden mahdollisista paikoista. Kuvat kohteista saatiin projektissa mukana oleville sähköpostitse jo samalla viikolla. Kaukolämpöverkkojen rakennuttaja ja asentaja merkitsivät mahdolliset asennusyhteiden paikat, jotka ovat esitettynä kuvissa 10–14.

Kohde 1:n mittaus on SCADA:n mittauksen rinnalla, joten paine-eroja voidaan verrata toisiinsa. Kohteen avulla varmistetaan mittausten luotettavuus.



Kuva 10. Suunnitelma kohteen 1 paineantureiden asennusyhteiden paikoiksi.

Kohde 2:n avulla on tarkoitus seurata Keski-Vantaan menopaineita. Keski-Vantaa sijaitsee maantieteellisesti alhaalla, joten menopaine saattaa nousta verkossa korkeaksi.



Kuva 11. Kohteen 2 menopuolen paineanturi asennetaan pystyputkeen.

Kohde 3:n asiakas on tällä hetkellä Pohjois-Vantaan kriittisin asiakas. Mittausmuutoksien avulla saatavalla paine-erotiedolla voidaan seurata Pohjois-Vantaan paine-eron riittävyttä.



Kuva 12. Paineantureiden asennuspaikan katselmus kohteessa 3.

Kohde 4:n asiakas on tällä hetkellä laskennallisesti Luoteis-Vantaan alueen kriittisin asiakas. Mittausmuutoksen avulla tullaan seuraamaan paine-eron riittävyttä Luoteis-Vantaan alueella.



Kuva 13. Kriittisen asiakkaan kaukolämpömittaus.

Kohde 5:n asiakas on tällä hetkellä laskennallisesti Länsi-Vantaan alueen kriittisin asiakas. Mittausmuutoksen avulla tullaan seuraamaan paine-eron riittävyttä Länsi-Vantaan alueella.



Kuva 14. Katselmus tehty ja asennusyhteiden paikat on merkittynä kohteessa 5.

Kaikkiin kohteisiin saatiin työstettyä asennusyhteet valmiiksi marraskuun 2016 puoleenväliin mennessä.

### 5.6 Kolmas palaveri

Joulukuun 2016 puolessavälissä pidetyssä projektipalaverissa käytiin läpi testikohteesta ja ensimmäisestä tuotantokohteesta saatuja kokemuksia. Palaveripäivän aamuna saatiin kohteen 1 ensimmäiset tuntimittaustiedot, joista oli saatavilla painearvot. Palaverissa päätettiin, että loput neljä kohdetta asennetaan vielä vuoden 2016 aikana.

Palaverin antia oli myös keskustelu asennusyhteiden asentamisesta putkien pystyosuuksille. Asia oli sovittu ja kirjattu muistioon jo toisessa palaverissa lokakuun lopussa. Myöhemmin ilmeni, että asennusyhteiden asentaminen pystyosuuksille ei toteutunut yhtä asennusyhdettä lukuun ottamatta valmistuneissa asennuksissa. Useimmissa kohteissa sekä meno- että paluuputken sulkuventtiilit sijaitsivat vaakasuuntaisella putkiosuudella, joten pystyputkiasennus, eli paineanturi kohtisuorassa pystyputkeen näh-



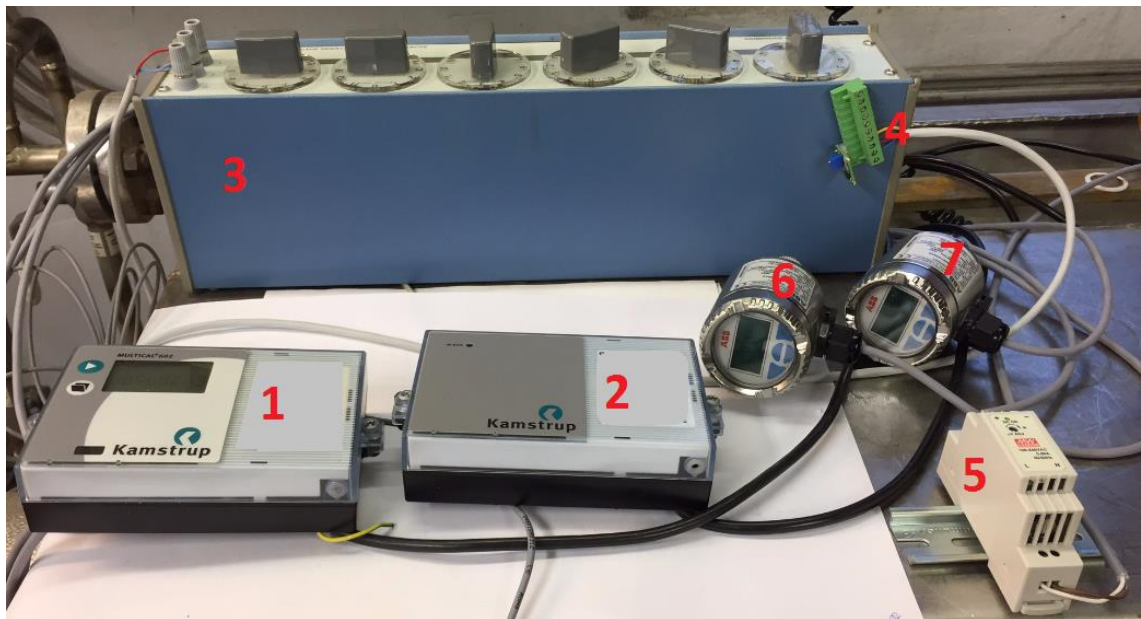
den, ei olisi ollut useinkaan mahdollista. Jälkikeskusteluissa alaviistoon osoittava asennusyhde vaakasuuntaisessa putkessa olisi ollut ainakin ilman poistumisen kannalta paineanturilta suotuisin asennussuunta. Toisaalta todettiin myös, että usein ahtaissa lämmönjakohuoneissa seinästä tai putkilinjasta ulospäin osoittavat instrumentit ovat vaarassa vaurioitua ihmisten liikkuesssa tiloissa.

Täsmällisemmällä tiedonvaihdolla ja -kululla olisi välttytty asennusyhteiden suunnitelmattomalta asennustavalta ja niiden arvioinnilta jälkikäteen. Tekninen osaaminen projektissa on jakaantunut eri alueiden osaajien välillä, ja tässä kohtaa projektia saatiin muistutus tiedonvaihdon merkityksestä. Mikäli kohteiden painetiedot ovat jatkossakin tarpeellisia ja paineantureiden toteutuneet asennusasennot aiheuttavat harmia, ne ovat kohtuullisella vaivalla muutettavissa antureiden ilmauksen kannalta suotuisammiksi.

Palaverissa nähtiin jo mahdollisia kehityssuuntia luentatavan muutoksesta kohti jatkuvan mittaustiedon saamista. Asiaa käsitellään tarkemmin kohdassa 5.10 tulokset ja niiden analysointi.

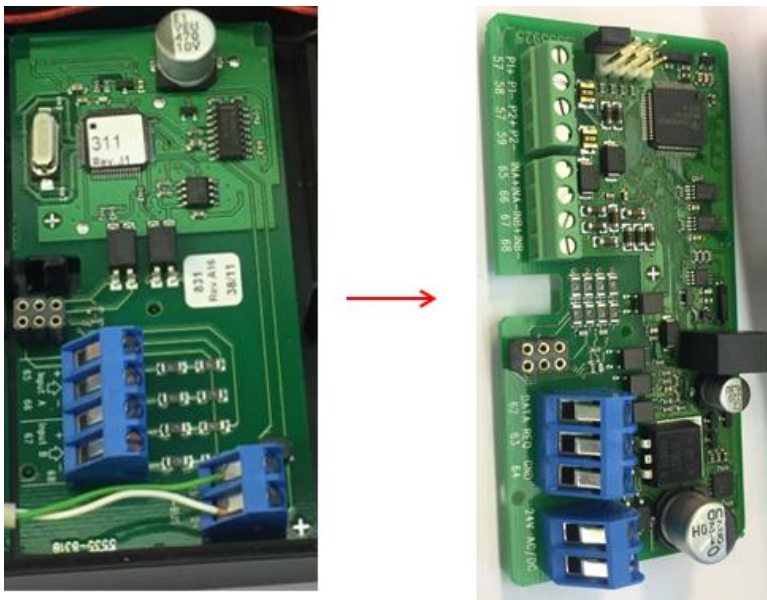
## 5.7 Testimittari

VES:n mittaripajalla on lämpöenergiaa mittaava Kamstrup MC602 -testimittari, jolla testataan mittariin, modeemiin, luentajärjestelmään tehtyjä muutoksia ja niiden vaikutuksia mittaustietoihin. Testimittari on ollut testiluennassa jo muutamia vuosia luentojen kehitystarkoituksessa. Tässä projektissa mittaukseen liitetään kaksi paineanturia. Kuvassa 14 on numeroituna testimittauksen komponentit: 1 lämpöenergiamittari, 2 modeemi, 3 dekadi, jolla simuloidaan menolämpötilaa resistanssia muuttamalla, 4 pulssi-generaattori, jolla simuloidaan virtausta, 5 virtalähde, 6 menopuolen painetta mittaava paineanturi ja 7 paluupuolen painetta mittaava paineanturi. Paluulämpötila-anturi roikkuu vapaana testihuoneen lämpötilassa ja ei siten ole näkyvissä muiden mittauskomponenttien ohella.



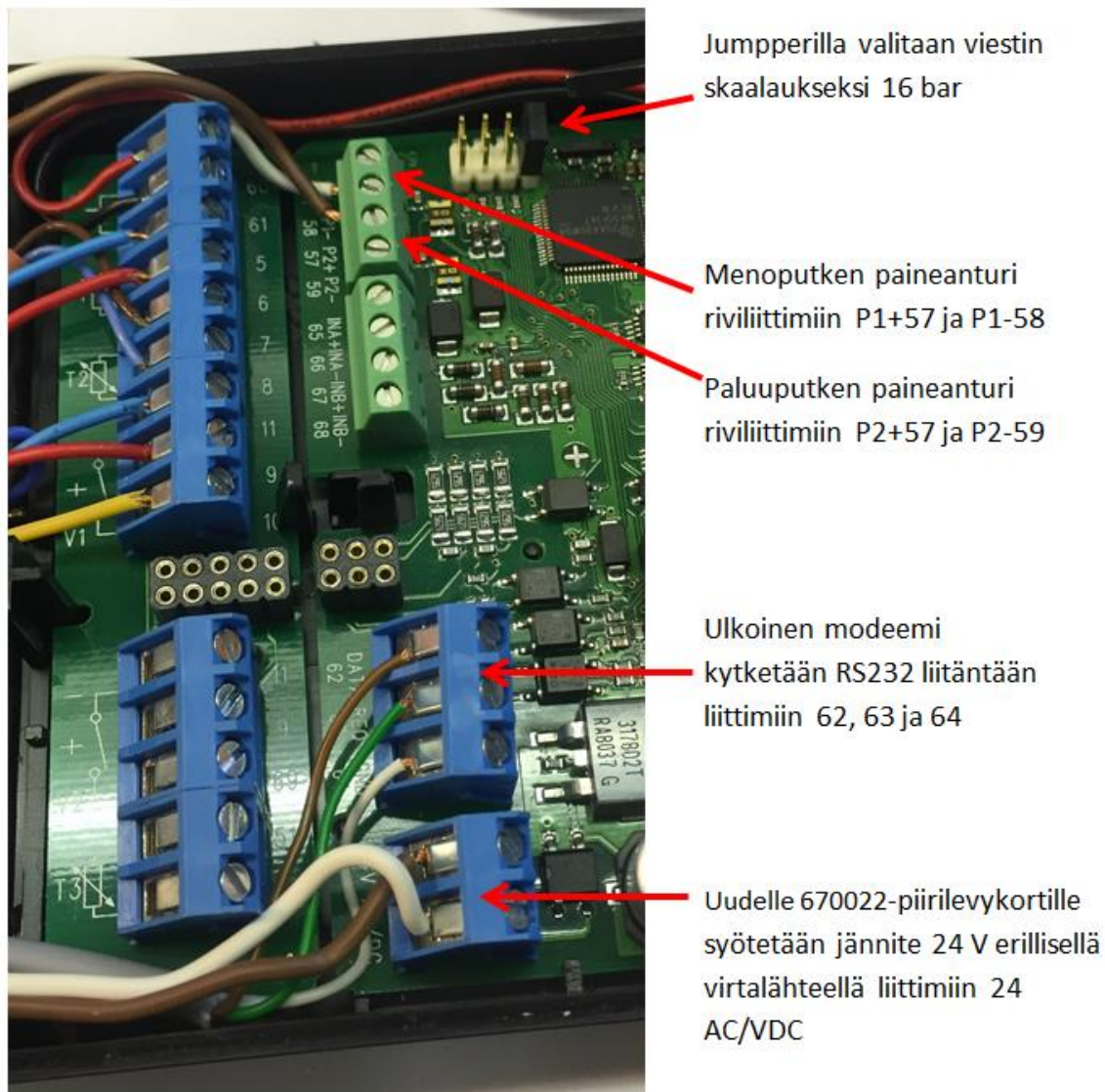
Kuva 15. Testikohteen komponentit.

Paineluentaprojektin myötä testikokoonpanoa modifioitiin paineluentaan sopivaksi vaihtamalla mittarin sisältä M-Bus-kortti paineluentaan sopivaksi piirilevykortiksi, kuten kuvassa 16.



Kuva 16. vanhan M-Bus-kortin vaihto 670022-piirilevykortiksi.

Uuden piirilevykortin kytkennät ilmenevät kuvasta 17, jossa menopuolen paineanturi on jo kytketty. Painealue kortilla asetettiin jumpperin avulla 16 barin alueelle. [20]



Kuva 17. Uuden 670022-piirilevykortin kytkennät. [20]

Paineanturit on asetettu jo tehtaalla 16 barin alueelle tilauksen mukaisesti. Paineanturin kytkentä on näkyvässä kuvassa 18, jossa anturin näyttö on irrotettu vetämällä koh-tisuoraan anturista poispäin, jotta liittimet saadaan esille. Paineanturi toimii normaalisti, vaikka näyttö on vedetty pois. Näyttö on vain informatiivinen. Paineantureina käytetään ABB 261 GS -mallia, joka soveltuu ominaisuuksiltaan kuumiinkin olosuhteisiin aina 120 celsiusasteeseen asti. [21, s. 38]



Kuva 18. Paineanturin kytkentä on näkyvässä, kun näyttö on vedetty pois.

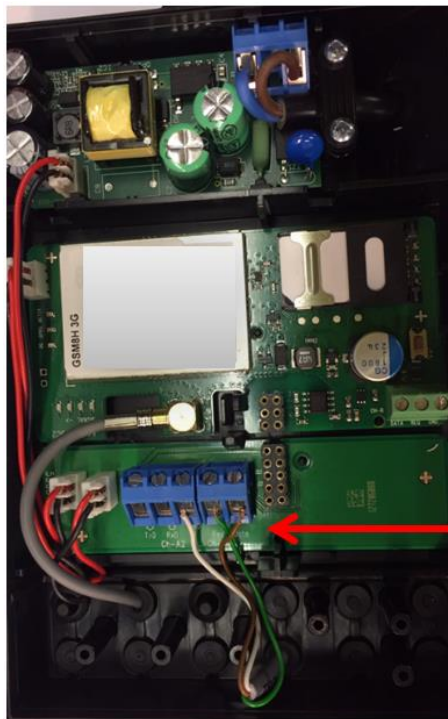
Modeemin kannessa olevasta loggerimodulista poistettiin M-Bus-johto kuvassa 19 näkyvästä liittimestä. Vanha loggerimoduli jätettiin modeemin sisälle, vaikka sille uudessa mittauskokoospanossa ei ole enää tarvetta.



Kuva 19. M-Bus-johdon irrotus meneillään.



Mittarilta tuleva RS232-johto kytkettiin modeemin pohjaosaan kuvan 20 mukaisesti.



RS232-johto liitetään  
kuvan mukaisiin  
liittimiin

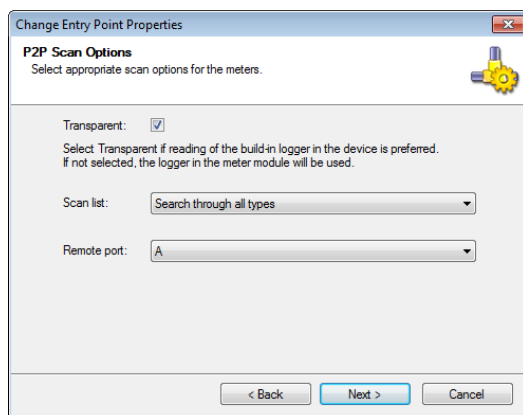
Kuva 20. Modeemiin vaihdettiin RS232-johto.

24 V jännite syötetään mittarissa olevan uuden 670022-piirilevykortin 24 AC/VDC -liittimiin kuvan 21 mukaisella virtalähteellä.



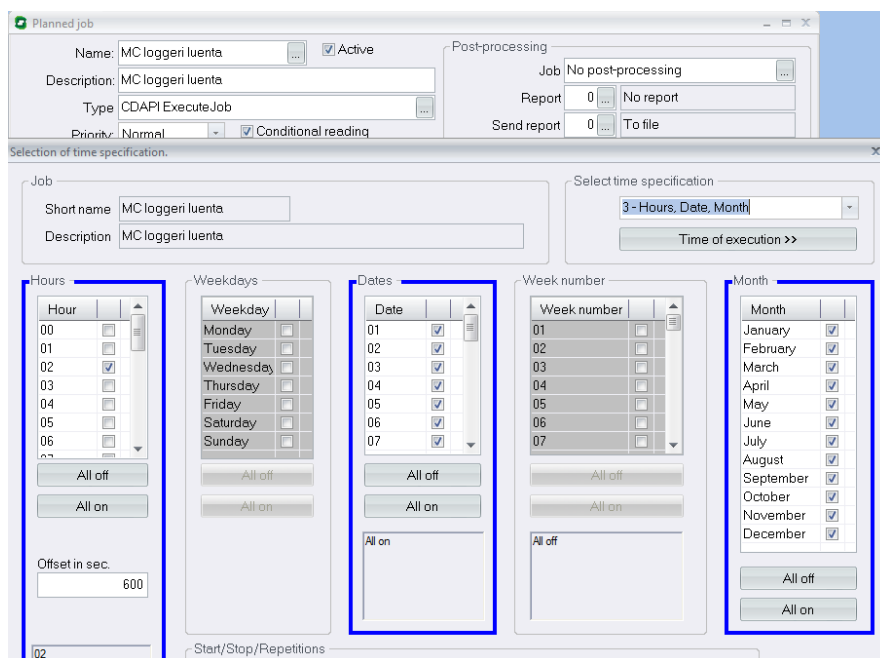
Kuva 21. Testikohteen virtalähde on kytkettynä tuotantokohteista poiketen DIN-kiskoon.

Ennen onnistunutta luentaa piti vielä EMS10:n luentamoottorin CDAPI:n AMRManager-osaan muuttaa asetuksia niin, että transparent-ominaisuus tuli valituksi, kuten kuvassa 22.



Kuva 22. Muutos AMR Manageriin.

Seuraavaksi ajettiin EMS10:ssä List meters -ajo ja suoritettiin testimittarille Meter gonfig -ajo, joka lukee uusien mittareiden konfiguraatiot automaattisesti, jonka seurauksena muodostui uusi ryhmä All\_Heat meter-MC602, jolle ajastettiin päivittäinen työ kuvan 23 osoittamin valinnoin.



Kuva 23. Luentatyön ajastusvalintojen tekoa EMS10:ssä.

Lokakuun 2016 alusta lähtien testimittarilta on saatu luettua tuntiarvoja sisältäen myös painerekisterit, mutta painearvot näyttivät luentajärjestelmässä pitkään nollaa, kunnes marraskuun 2016 puolivälissä simuloitiin kuvan 24 mukaisen Beamex-kalibraattorin avulla painetta antureihin.



Kuva 24. Testikohteen menopuolen paineanturin kalibrointi.

Paineen simulointi aloitettiin syöttämällä menoanturille yhden barin paine, joka oli tarkoitus saada luettua EMS10:een. Ensimmäisillä yrityksillä simuloitua yhden barin painetta ei saatu näkymään luentajärjestelmän lokilla. Omat selvitykset eivät tuoneet ratkaisua, joten otettiin yhteyttä luenta- ja mittaritoimittajan edustajaan. Hänen kanssaan käydyssä keskustelussa ilmeni, että painetietojen päivityssykli 670022-piirilevykortille on kymmenen minuuttia, eli teoreettinen maksimiluentatiheys päivittyneillä painetiedoilla tulisi olemaan viisi kertaa tunnissa. Kuutta kertaa tuskin saataisiin luettua, koska luentojen viiveet mukaan laskien täsmällinen ajoitus kymmenen minuutin välein ei tulisi onnistumaan. [20; 22]

Menoanturille simuloitua yhden, kuudentoista ja kahdeksan barin paineet saatiin luettua, kun kortin päivityssykli ymmärrettiin ottaa huomioon. Kuudentoista barin kohdalla ilmeni, että EMS10:n lokilla painearvo jää tapittamaan asetetun 16 barin maksimiarvoa

ilman desimaaleja, vaikka anturille syötettiin hieman yli maksimiarvoa. Paineanturin nestekidenäytöllä arvot voivat näyttää yli alueen meneviä arvoja.

Paluanturille syötettiin samat painearvot ja myös ne luettiin EMS10:n lokille. Paluanturin testauksessa yläpään painemaksimi jätettiin hieman alle 16 barin (15,92 bar), jotta nähtiin saatavan desimaaliarvoja EMS10:n lokilla painealueen yläpäässä, kuten kuvassa 25.

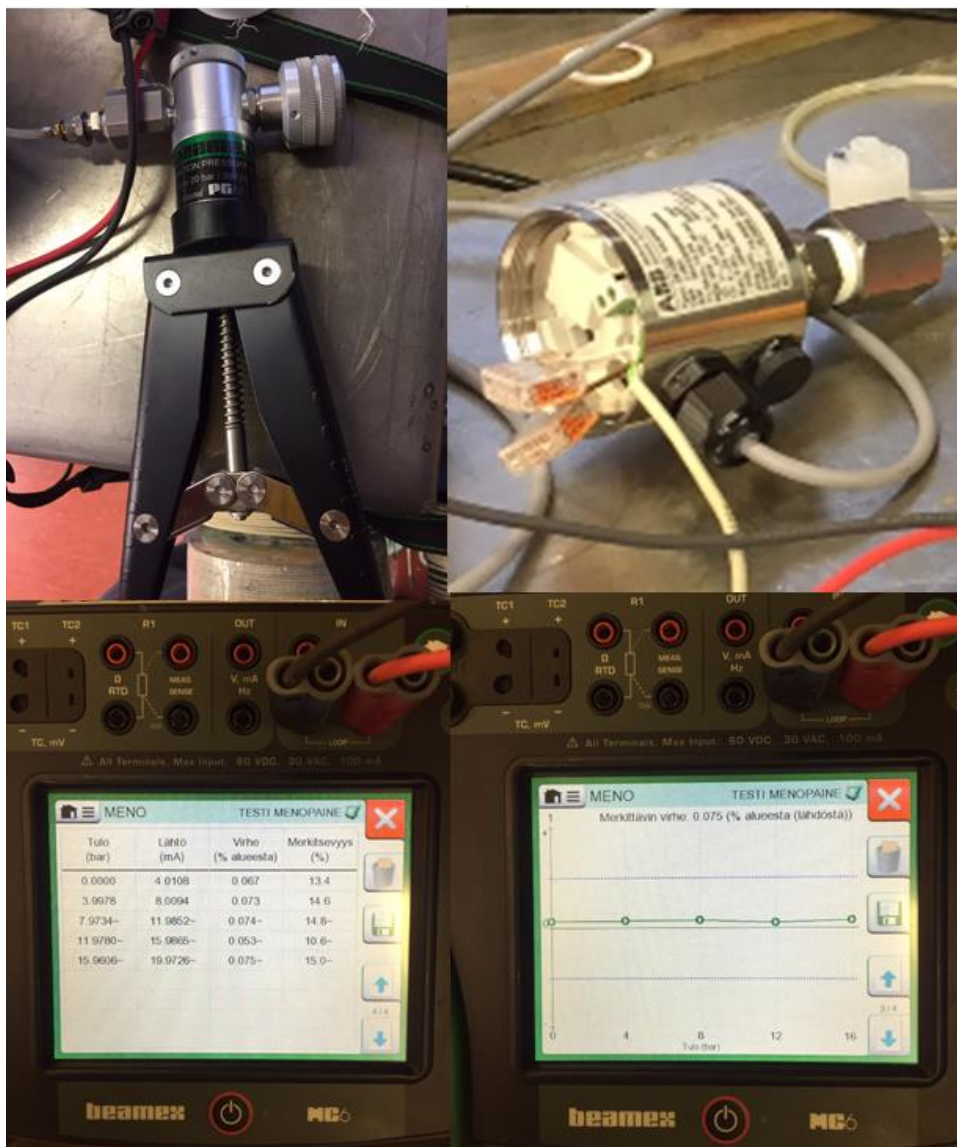
Time	E1 - E2	Volume 1	Oper...	Info	T1	T2	Delta...	Pow...	Flow 1	Press...	Press...
17.11.2016 10:25:21	9578,34 MWh	104383 m3			105,13 C	19,58 C	85,55 K	522 kW	5256 l/h	0,02 bar	0,02 bar
17.11.2016 10:06:20	9578,17 MWh	104381,3 m3			105,14 C	19,46 C	85,68 K	522,9 kW	5256 l/h	0,03 bar	15,92 bar
17.11.2016 10:04:06	9578,15 MWh	104381,1 m3			105,14 C	19,44 C	85,7 K	523 kW	5256 l/h	0,03 bar	8,02 bar
17.11.2016 10:02:48	9578,14 MWh	104381 m3			105,14 C	19,43 C	85,71 K	523 kW	5256 l/h	0,03 bar	8,02 bar
17.11.2016 09:55:45	9578,08 MWh	104380,4 m3			105,15 C	19,42 C	85,73 K	523,1 kW	5256 l/h	0,03 bar	8,02 bar
17.11.2016 09:47:36	9578,01 MWh	104379,7 m3			105,13 C	19,4 C	85,73 K	523,1 kW	5256 l/h	0,02 bar	1,02 bar
17.11.2016 09:44:47	9577,98 MWh	104379,4 m3			105,14 C	19,41 C	85,73 K	523,1 kW	5256 l/h	0,02 bar	0,02 bar
17.11.2016 09:43:11	9577,97 MWh	104379,3 m3			105,13 C	19,38 C	85,75 K	523,3 kW	5256 l/h	0,02 bar	0,02 bar
17.11.2016 09:40:03	9577,94 MWh	104379 m3			105,14 C	19,31 C	85,83 K	523,8 kW	5256 l/h	0,02 bar	0,02 bar
17.11.2016 09:38:23	9577,93 MWh	104378,9 m3			105,13 C	19,39 C	85,74 K	523,2 kW	5256 l/h	0,02 bar	0,02 bar
17.11.2016 09:06:39	9577,65 MWh	104376,1 m3			105,15 C	19,14 C	86,01 K	524,9 kW	5256 l/h	8,18 bar	0,03 bar
17.11.2016 09:02:08	9577,61 MWh	104375,7 m3			105,13 C	19,2 C	85,93 K	524,4 kW	5256 l/h	16 bar	0,03 bar
17.11.2016 08:59:36	9577,59 MWh	104375,5 m3			105,13 C	19,2 C	85,93 K	524,4 kW	5256 l/h	16 bar	0,03 bar
17.11.2016 08:55:53	9577,55 MWh	104375,2 m3			105,14 C	19,32 C	85,82 K	523,7 kW	5256 l/h	16 bar	0,03 bar
17.11.2016 08:55:03	9577,55 MWh	104375,1 m3			105,14 C	19,32 C	85,82 K	523,7 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:53:57	9577,54 MWh	104375 m3			105,13 C	19,36 C	85,77 K	523,4 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:51:54	9577,52 MWh	104374,8 m3			105,13 C	19,37 C	85,76 K	523,3 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:50:54	9577,51 MWh	104374,7 m3			105,13 C	19,35 C	85,78 K	523,4 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:49:30	9577,5 MWh	104374,6 m3			105,14 C	19,34 C	85,8 K	523,6 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:47:25	9577,48 MWh	104374,4 m3			105,13 C	19,35 C	85,78 K	523,4 kW	5256 l/h	1,03 bar	0,02 bar
17.11.2016 08:43:16	9577,44 MWh	104374 m3			105,13 C	19,33 C	85,8 K	523,6 kW	5256 l/h	1,06 bar	0,02 bar

Kuva 25. Paineen simulointimittaustietoa EMS10:n lokilla.

Seuraavaksi kalibroitiin molemmat paineanturit 0–16 barin paineilla viidessä pisteessä. Kalibrointia varten antureista otettiin kaksinapainen mittarin kortilta tuleva jännitesyöttöjohto irti ja kytkettiin kalibraattorin johtimet anturiin. Käsipumpulla pumpattiin koko pai-



nealue ja nähtiin, että 4-20 mA -lähdot olivat kunnossa suhteessa syötettyyn paineeseen (kuva 26). Kalibrointitodistukset (Liite 2) antureille saatiin siihen tarkoitettujen ohjelmien avulla Beamex-kalibraattorin muistiin tallennetusta tiedostosta. Paineantureita ei tarvinnut virittää.



Kuva 26. Käsipumppu, paineanturi ja Beamex-kalibraattorin näkymät.

## 5.8 Kenttäasennukset

Kenttäasennuksia oli mahdollista esivalmistella jo VES:n mittaripajalla johdotuksien osalta. Kohteisiin asennettaville paineantureille pyydettiin valmistajalta tehdaskalibroin-

titodistukset (Liite 3). Taulukossa 2 on kirjattuna valittuihin kohteisiin asennettujen painantureiden sarjanumerot, joiden mukaan ne voidaan yksilöidä kalibrointitodistuksiin.

Taulukko 2. Paineantureiden sarjanumerot kohteittain

Kohde	Paineanturin sarjanumero (meno)	Paineanturin sarjanumero (paluu)
1	261GS6600110880	261GS6600110879
2	261GS6600110882	261GS6600110881
3	261GS6600110883	261GS6600110884
4	261GS6600110886	261GS6600110888
5	261GS6600110887	261GS6600110885

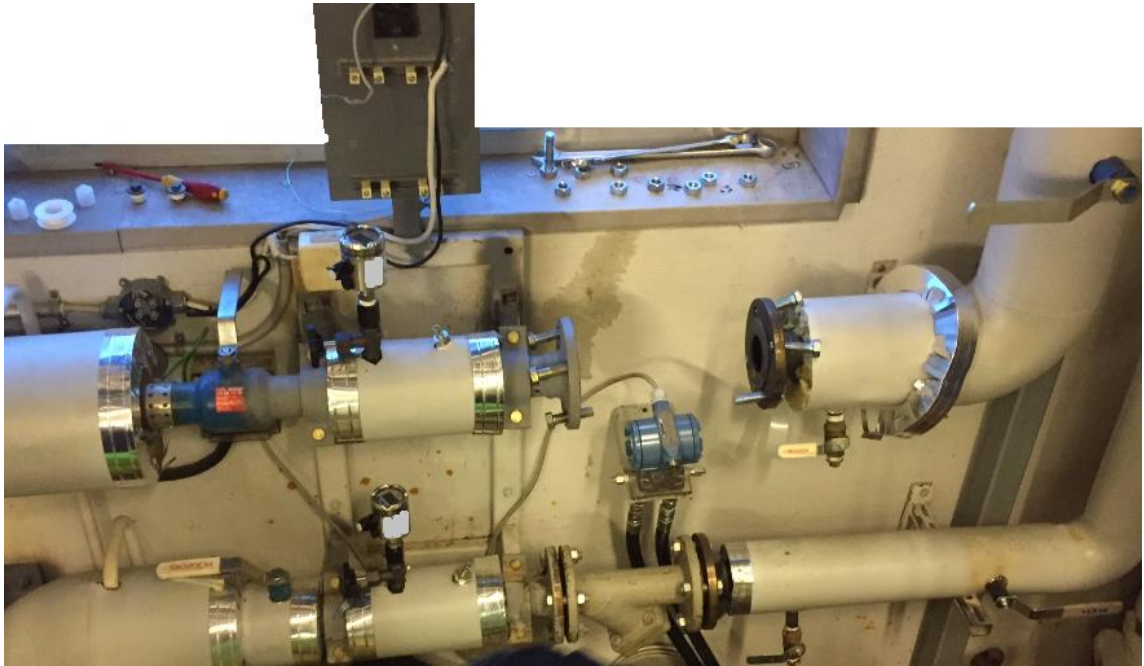
Jokaisessa viidessä kohteessa tehtiin käytännössä samat työt kohteen putkikoosta tai muista ominaisuuksista huolimatta, joten muutostyöt kuvataan vain kohteen 1 osalta tarkemmin selittäen ja kuvittaen. Mikäli muutoskohteessa oli käytössä 2G-modeemi, vaihdettiin se 3G-modeemiksi, jolle piti lisäksi asentaa ulkoinen antenni.

#### 5.8.1 Kohde 1

Ensimmäinen kenttäasennus tehtiin 9.12.2016, kun paineluentaan tilatut mittarit olivat saapuneet laitetoimittajalta.

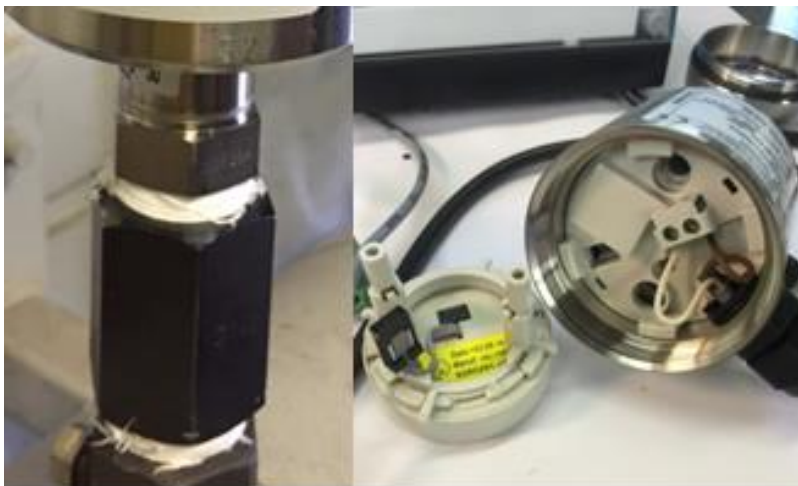
Kohteeksi valikoitui painekohde 1, koska kohde on erityisen kiinnostava uudenlaisen painemittauksen luotettavuuden ja vertailtavuuden vuoksi SCADA:aan menevän paine-eromittauksen kannalta.

Työ aloitettiin sopimalla asiakkaan kanssa hetkellisestä lämmityksen katkaisusta. Seuraavaksi otettiin yhteys VE:n lämpövalvomoon ja ilmoitettiin SCADA:aan menevän paine-eromittauksen pian hälyttävän, koska venttiilit paluuputkesta suljetaan virtausanturin vaihdon takia. Kaukolämpömittaukselta katkaistiin sähköt pääkeskuksesta. Vaihdettiin lämpöenergiamittaus ja modeemi (kuva 27).



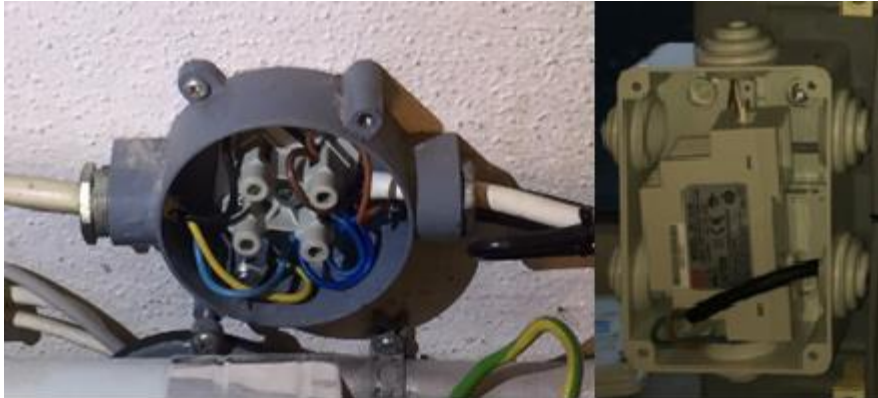
Kuva 27. Lämpöenergiamittauksen ja modeemin vaihtotyö meneillään.

Paineantureiden kierresosat tiivistettiin teflonteipillä. Paineanturin johdot kytkettiin kiertämällä anturin lasikansi auki ja vetämällä näyttö irti kohtisuoraan ylöspäin (kuva 28).



kuva 28. Paineanturin asennusyhteen tiivistys (vas.) ja johtojen kytkentä (oik.)

Lämpöenergiamittauksen rasialta otettiin verkkovirtasyöttö myös omassa rasiassaan olevalle 24 V:n virtalähteelle (kuva 29).



Kuva 29. 230 V:n syöttö (vas.) ja 24 V:n virtalähde (oik.).

24 V:n virtalähteeltä johdotettiin syöttö puolestaan mittarin uudelle 670022-piirilevykortille kuvan 30 alimmaisena nuolen osoittamaan liittimeen.

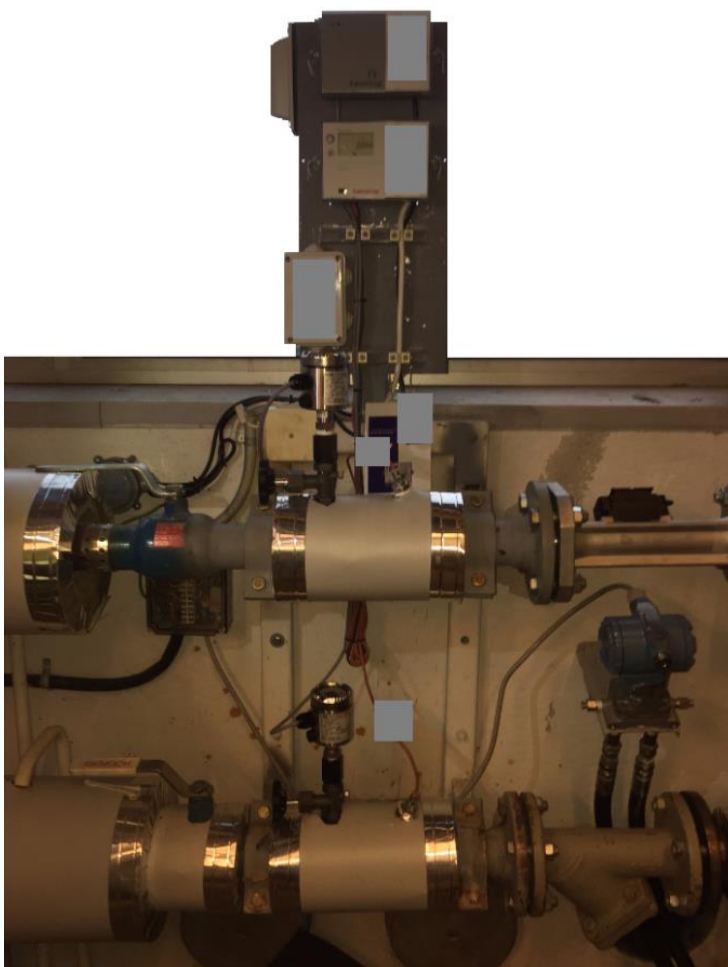


Kuva 30. Modeemin (ylh.) ja mittarin (alh.) kytkennät.



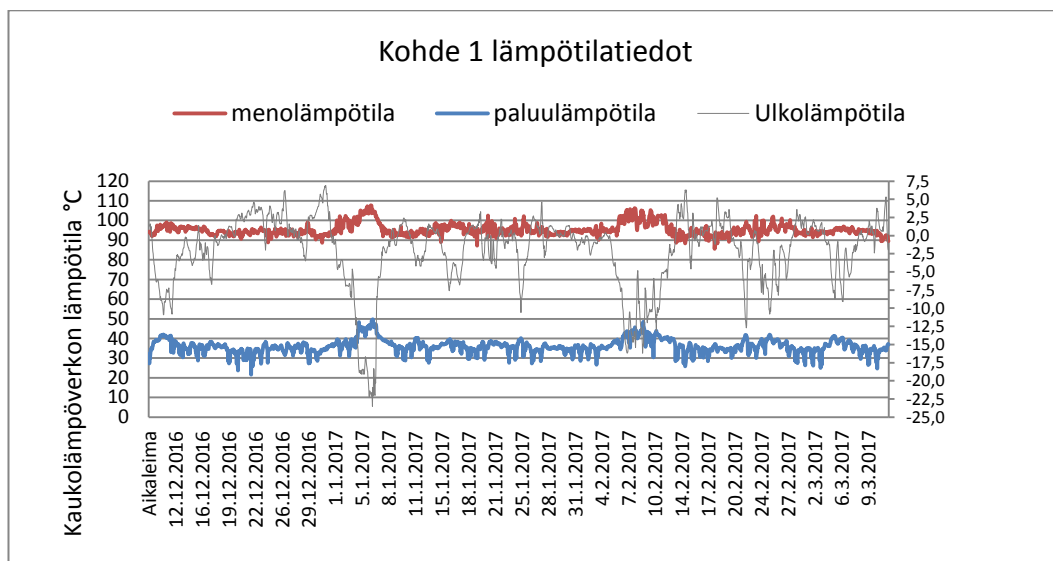
Kun muutostyöt valmistuivat, tehtiin tarvittavat muutokset luentajärjestelmään kannettavalla tietokoneella etäyhteyden avulla. Suoraluennalla saatiin luettua muiden rekistereiden ohella myös painetiedot hetkellistietona. Kun kaukolämpövalvomoon soitettiin SCADA:aan menevän paine-eromittauksen palautumisesta normaaliksi, saatiin käsitys, että uudet paineanturit ovat oikealla mittausalueella valvomohenkilön kertoman vallitsevan paine-eron perusteella. Asennusta seuranneena yönä EMS10:ssä pyörähti aikavakio, joka mahdollisti uuden 670022-piirilevykortin tuntiloggausominaisuuden.

Kuvassa 31 painekohde 1 on valmiina. Tämän kohteen asennuksen yhteydessä ja myös kolmannessa projektipalaverissa huomattiin, että paineantureiden asennusyhteet on tehty pystyasentoon. Pystyasennus ei ole optimaalisin tapa paineanturille, koska anturin ilmaus ei onnistu suunnitellulla tavalla. Vaikutus on kuitenkin pieni ja näiden antureiden käyttötarkoitukseen nähden merkityksetön.



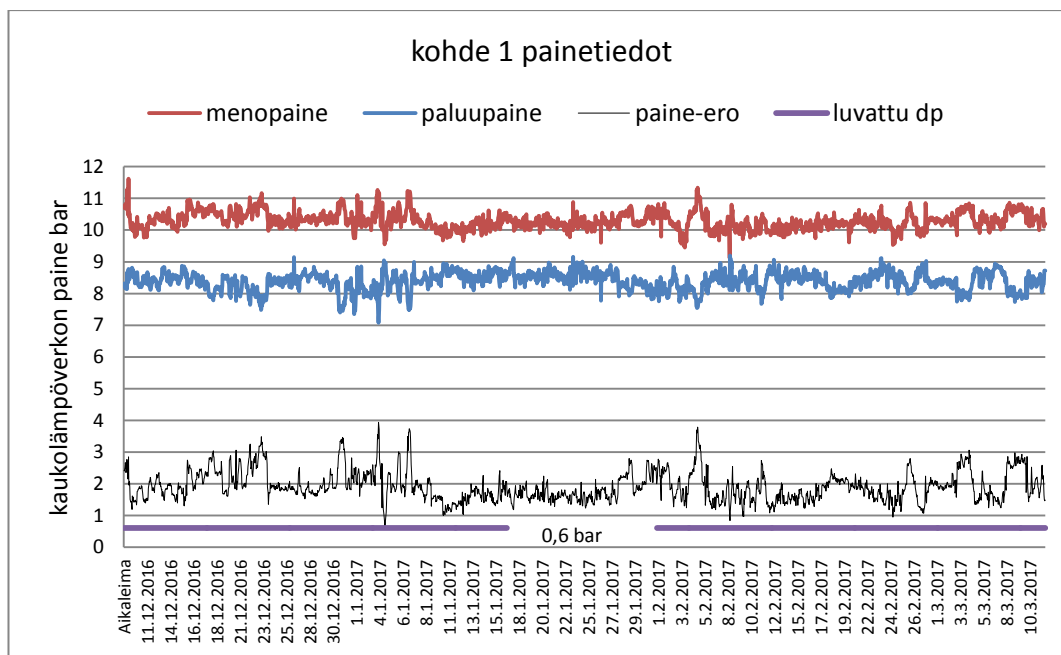
Kuva 31. Kohde 1 valmiina paineluentaan.

Kohteen 1 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata ulkolämpötilan vaikutusta meno- ja paluulämpötiloihin kuvasta 32.



Kuva 32. Kohteen 1 lämpötilatrendit.

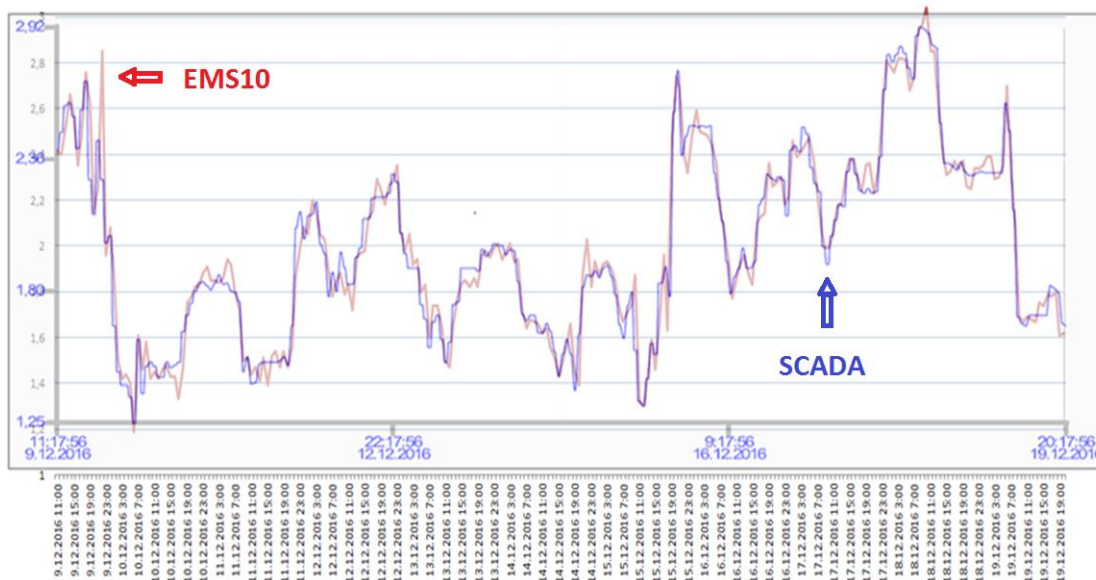
Kohteen 1 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata meno- ja paluupainetta sekä niistä laskettua paine-eroa kuvassa 33.



Kuva 33. Painetiedot kohteesta 1.

Kohteen 1 yhteydessä oleva SCADA-paine-eromittauspiste vikaantui 20.12.2016 veden tunkeuduttua sähköjohdon liitokseen. Scadan mittaustietoa ehdittiin verrata uusitun asiakasmittauksen mittaustietoon kymmenen päivän ajan, joten kohde saavutti merkityksensä EMS10:n tuottaman mittaustiedon luotettavuuden kannalta, koska mittaustietojen todettiin olevan samaa suuruusluokkaa paine-eron osalta (Kuva 34). Mittaus saatiin kuntoon 10.2.2017, joten mittauksen vertailu on taas siitä lähtien ollut mahdollista. [19; 23]

Poikkeavuuksia käyristä on helppo havaita. Oleellinen syy eroihin on mittauksen näytteenottotaajuus. EMS10 antaa tunnin välein hetkellisarvon, kun taas SCADA:aan piirtyy jatkuvaa trendiä.



Kuva 34. Kohteesta 1 mitatun paine-eron ja SCADA:n paine-eron vertailu päällekkäin asetettuna.

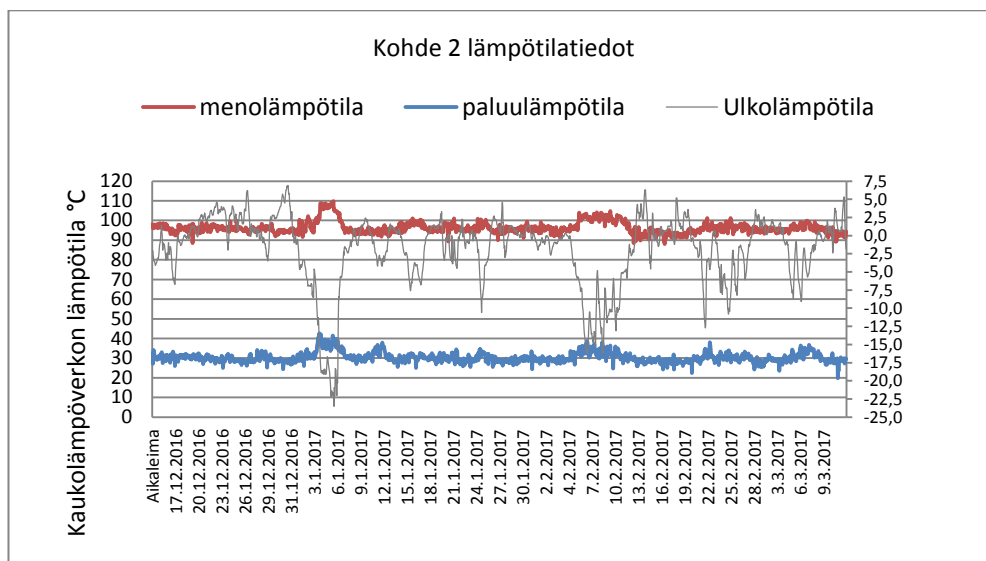
## 5.8.2 Kohde 2

Toinen kenttäasennus tehtiin 14.12.2016 (Kuva 35). Mittauksen avulla seurataan Keski-Vantaan menopainetta ja etenkin sitä, ettei paine nouse liian suureksi alueen maantieteellisen alavuuden vuoksi.



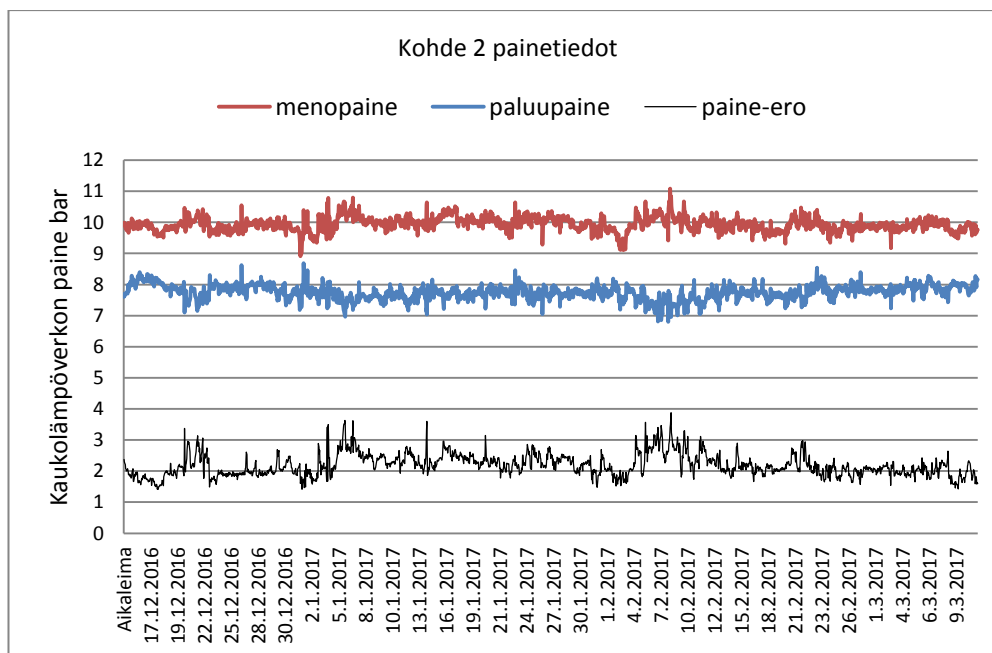
Kuva 35. Kohde 2 valmiina tuottamaan monipuolisempaa mittaustietoa

Kohteen 2 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata ulkolämpötilan vaikutusta meno- ja paluulämpötiloihin (kuva 36).



Kuva 36. Lämpötilakäyrät kohteesta 2.

Kohteen 2 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata meno- ja paluupainetta sekä niistä laskettua paine-eroa (kuva 37).

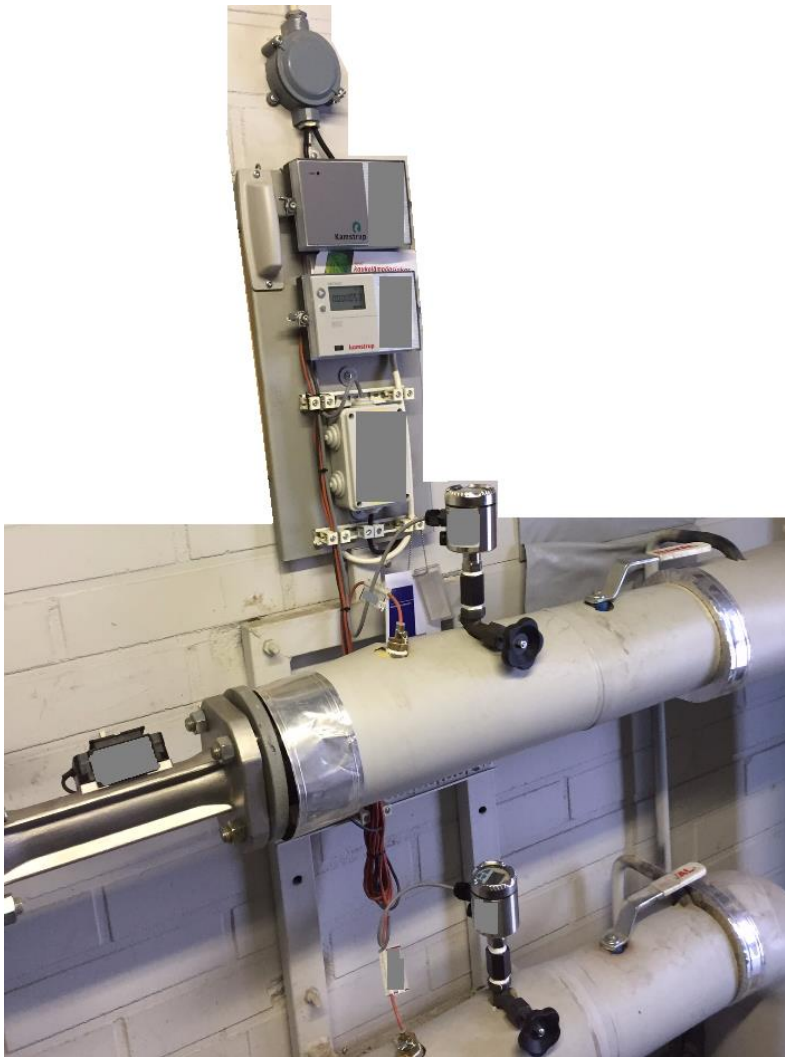


Kuva 37. Painetiedot kohteesta 2.

Kohteen 2 uudesta painemittaustiedosta voidaan todeta, että paineet eivät nouse liian suuriksi Keski-Vantaan alueella. Kohteen uudet painetiedot olivat tärkeää lisätietoa, koska alueen kaukolämpöverkosta ei ollut saatavilla menopaineen mittaustietoa lainkaan. [19]

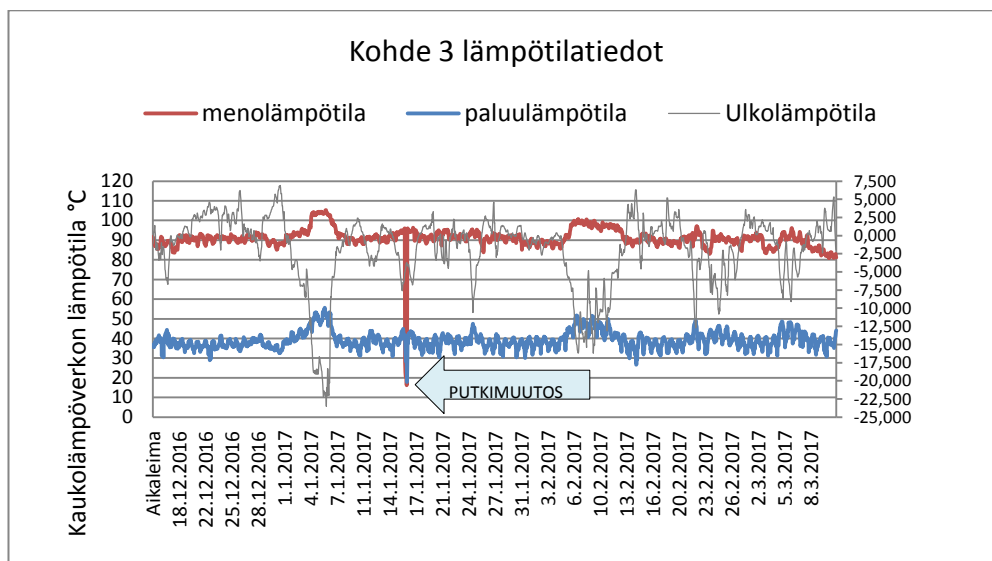
### 5.8.3 Kohde 3

Kohteen mittausmuutos tehtiin 15.12.2016 (Kuva 38). Kohde on kiinnostava sijaintinsa vuoksi kaukolämpöverkon pohjoisessa osassa, josta ei ollut aiemmin saatavilla painerotietoa. Mittauspaikka on kriittinen, koska paine-eron riittävyys kaukolämpöverkossa tulee jatkossakin varmistaa alueelle lähiaikoina tulevien uusien kuluttajien takia.



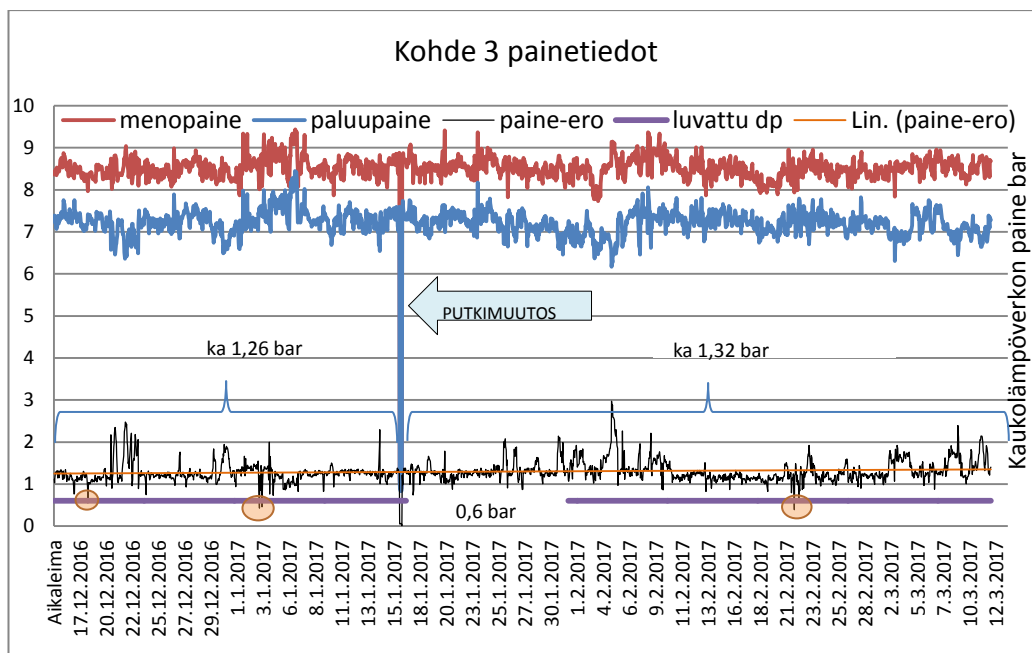
Kuva 38. Kohde 3 viimeistelty tuottamaan myös painetietoa.

Kohteen 3 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata ulkolämpötilan vaikutusta meno- ja paluulämpötiloihin (kuva 39).



Kuva 39. Lämpötilakuvaajat kohteesta 3.

Kohteen 3 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata meno- ja paluupainetta sekä niistä laskettua paine-eroa (kuva 40).



Kuva 40. Painemittaustiedot kohteesta 3 graafisesti esitettynä.



Kohteessa on todettu olevan suuri painehäviö. Uudella mittaustiedolla saatiin vahvistus tarpeelle kasvattaa asiakkaalle johtavan kaukolämpöputken kapasiteettia DN80-koosta DN100-kokoon. Uutta putkea asennettiin sata metriä. Putkikoon kasvattamisen vaikutuksia olisi paremmin nähtävissä kuvasta 40, mikäli talvella olisi ollut pidempi ajanjakso kovia pakkasia.

#### 5.8.4 Kohde 4

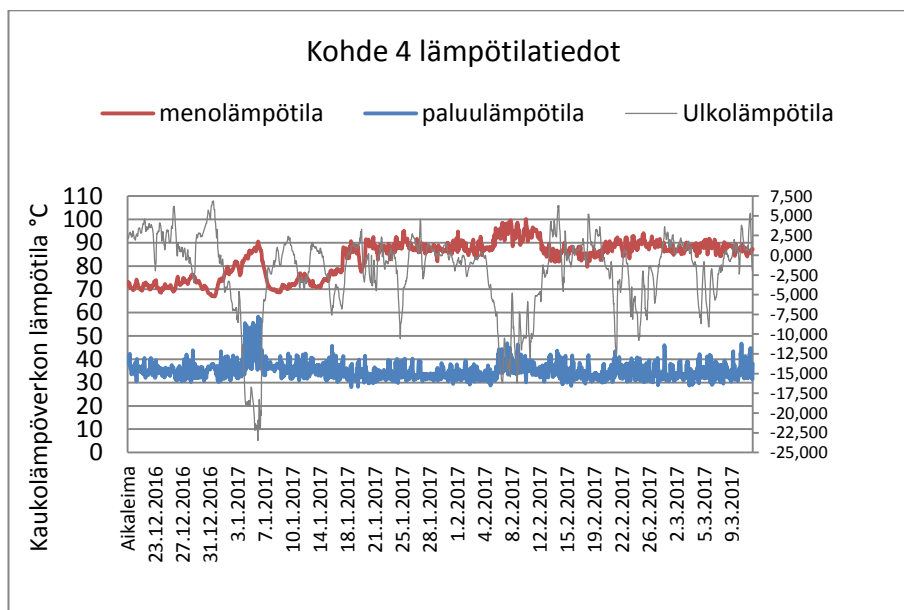
Mittausmuutos paineluentakohteeksi suoritettiin 19.12.2016 (Kuva 41). Alue, jossa mittauskohde sijaitsee, on kehittyvää, joten kulutusta on myöhemmin tiedossa alueella. Se ei auta kuitenkaan nykytilanteessa, jossa halutaan taata asiakkaalle kaukolämmön toimitusehtojen mukaista kaukolämpövettä käyttöveden ja lämmityksen tarpeisiin.



Kuva 41. Paineanturit asennettuna ja mittaus valmiina kohteessa 4.

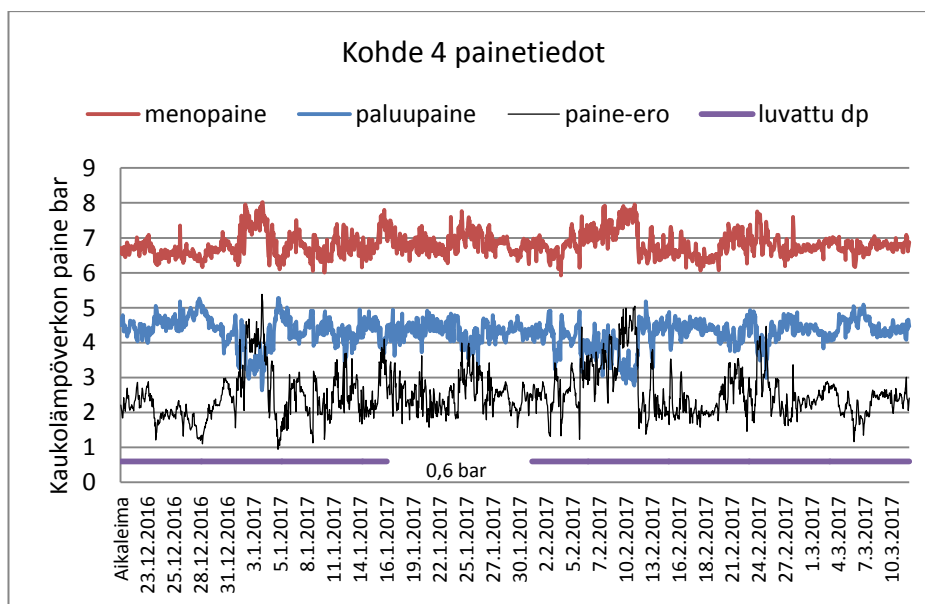


Kohteen 4 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata ulkolämpötilan vaikutusta meno- ja paluulämpötiloihin (kuva 42).



Kuva 42. Lämpötilakuvaajat kohteesta 4.

Kohteen 4 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata meno- ja paluupainetta sekä niistä laskettua paine-eroa (kuva 43).



Kuva 43. Kohteen 4 paineantureiden mittaustiedot käyrämuodossa.

Kohteen 4 kaukolämpölaitteiston sijainnin kaukolämpöverkossa, käyttöönottotarkastuksen havaintojen, uuden mittaustiedon tarkemman tutkimisen ja asiakkaalta saadun tiedon avulla oli helppo päätellä, että jo lämmönjakokeskukselle saapuva kaukolämpöveden lämpötila oli liian alhainen. Alueen DN100-runkoputki on 300 metriä pitkä, ja menovesi pääsee jäähtymään siinä pienehkön virtauksen vuoksi. Mittaustietojen analysoinnin jälkeen asian tutkimista jatkettiin kaukolämpötarkastajan käynnillä kohteessa. Hän totesi, että menovesi oli noin kaksikymmentä astetta viileämpää, kuin kuuluisi olla tarkasteluhetkellä ulkolämpötilan ollessa nollassa. Lämpöenergiamittarin mittausrvirheen mahdollisuus on varmuudella myös poissuljettu – vaihdettiinhan mittalaite painemittausominaisuuden lisäyksen yhteydessä kokonaisuudessaan virtaus ja lämpötilantureita myöten. Vanhan mittalaitteen mitatut suureet olivat käytännössä samat uuden mittalaitteen lämpötilojen ja virtauksen osalta, ulkoilman lämpötila huomioon ottaen. Kaukolämpötarkastajan käynnin jälkeen kaukolämpöverkon verkkomestari lupasi nopealla aikataululla kunnossapidon asentavan kohteeseen ennen kaukolämpömittausta kiertolenkin meno- ja paluuputkien väliin lisäämään haaran virtausta, jotta menovesi ei jäähtyisi haarassa.

Mittausmuutoksen ja kiertolenkin asennuksen jälkeen tämän kriittisen kohteen takia ei tarvitse olla huolissaan kaukolämpöverkon menoveden lämpötilasta. Kuvassa 42 voidaan havaita menolämpötilan nousu uudelle tasolle 17.1.2017.

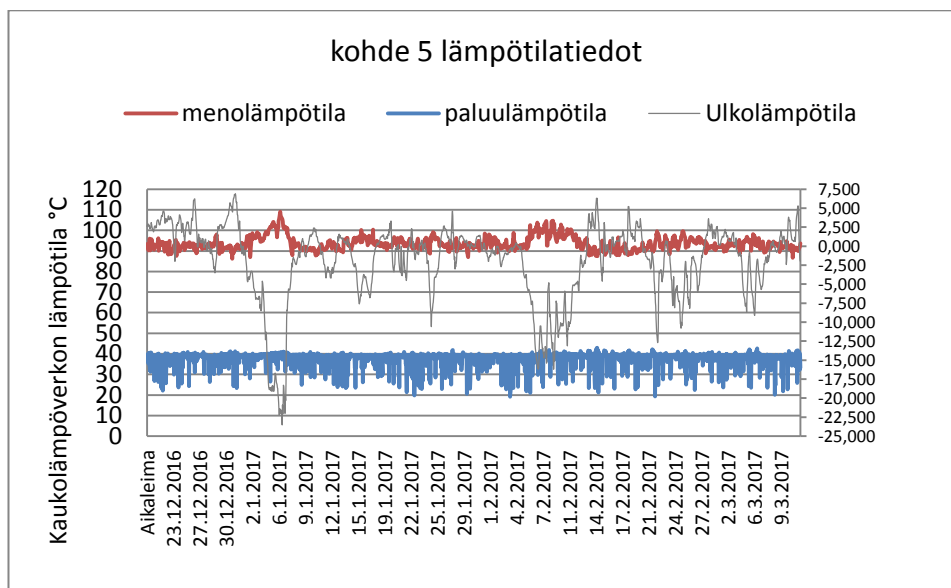
### 5.8.5 Kohde 5

Asennus (Kuva 44) valmistui 20.12.2016, mutta eri kohteeseen, kuin lokakuun 2016 katselmuksessa oli suunniteltu. Tämänkin kohteen kohdalla usean alan eri osaajat VE-konsernissa vaihtoivat tietoa käyttöpaikkanumeron ja asiakkaan nimen mukaan. Aina olisi hyvä tarkistaa, että käyttöpaikkanumero ja nimi täsmäävät keskenään. Kohde 5 muuttui muutosprosessin aikana vahingossa hyvin lähellä sijaitsevan kohteen kanssa, koska tietyllä hetkellä kohdetta työstettiin vain käyttöpaikkanumeron mukaan, kun samaan aikaan tapahtui kirjausvirhe, jossa käyttöpaikkanumero ja asiakastieto vaihtuivat virheellisiksi.



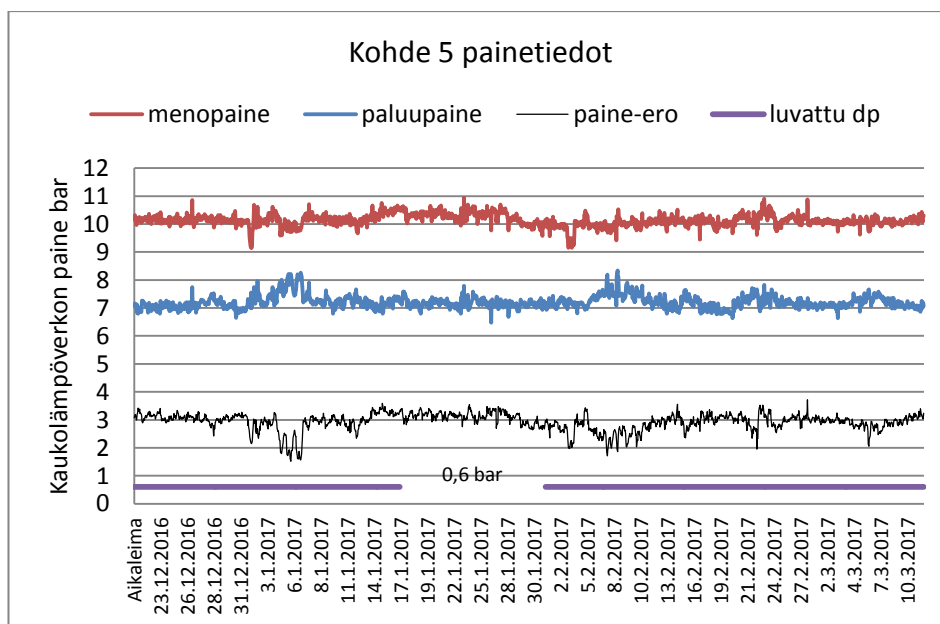
Kuva 44. Paineanturit asennettuna.

Kohteen 5 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata ulkolämpötilan vaikutusta meno- ja paluulämpötiloihin (kuva 45).



Kuva 45. Lämpötilakuvaajat kohteesta 5 graafisesti esitettynä.

Kohteen 5 mittausmuutoksen jälkeisistä mittaustiedoista piirretyistä kuvaajista voidaan seurata meno- ja paluupainetta sekä niistä laskettua paine-eroa (kuva 46).



Kuva 46. Painemittaukset kohteesta 5.

Kohteen 5 vaihtuminen toiseksi alkuperäisistä suunnitelmista poiketen ei ollut iso takaisu projektille läheisen sijaintinsa alkuperäiseen kohteeseen nähden ja alueella tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvien kaukolämpöverkon muutostöiden takia. Tästä kohteesta saattaa tulevaisuudessa tulla oikeasti alueen kriittisin asiakas. Kohteesta saadun mittaustiedon turvin voidaan todeta paine-eron riittävän varsin hyvin, joten alueen pumppaustehoa olisi mittaustiedon turvin mahdollista laskea. Nykyisellä kaukolämpöverkon ajotavalla Länsi-Vantaalla paine-erot riittävät hyvin. Laskennallisen pisteen paine-ero toteutuneiden mittausten mukaan on noin kolme baria, joten alueen menopaineessa olisi merkittävä laskuvara. [19]

## 5.9 Neljäs palaveri

Neljännessä kahdenkeskisessä palaverissa kaukolämpöverkon suunnittelijan kanssa analysoitiin kaikkien viiden kohteen tuottaman mittaustiedon antamaa lisätietoa kohteiden asemasta kaukolämpöverkossa. Palaveriin valmistauduttiin tulostamalla kuvaajat kaikkien kohteiden meno- ja paluulämpötiloista suhteessa ulkolämpötilaan. Myös meno- ja paluupaineen sekä paine-eron kuvaajat uuden mittaustiedon aikaisella aikajanelalla tutkittiin. Palaveriin ennakkoon laaditut kysymykset saivat myös vastauksensa.

Palaverissa käytiin läpi aiheeseen liittyviä avoimia kysymyksiä, ja etenkin kiinnostavaa oli todeta, että kaukolämmön suunnittelijan simulointityöskentely uudella mittaustiedolla tuo toivottua lisätietoa vertailussa kaukolämpöpumppujen, verkon ajolämpötilojen, lämpöhäviöiden ja paine-erojen tietoihin.

Aiemmin samalla viikolla tuotannon automaatioinsinööri ilmoitti, että kohteen 1 rinnalla oleva SCADA-pisteen paine-eromittaus oli vioittunut kaapelijatkoon päässeen veden takia. SCADA-mittaus vioittui 20.12.2016, joten mittausten yhdenmukaisuutta ehdittiin vertailla kymmen päivän ajan. SCADA-mittaus saatiin alkuvuodesta 2017 kuntoon, ja mittaukset ovat taas vertailtavissa.

## 5.10 Yhteenveto ja visio tulevasta

Vuoden 2017 tammikuun ja helmikuun alkujen pakkasjaksot olivat toivottuja painekohdeiden mittaustietojen analysoinnin kannalta. Toisaalta yksi pidempiaikainen pakkas-

jakso olisi mahdollistanut laskennallisen huipputilanteen vertaamisen mittauspisteiden näyttämään paine-eroon. Toteutuneilla pakkasilla tarvittavia vertailuja pystyttiin nytkin tekemään ja niistä saatiin hyödyllistä tietoa ajatellen verkon ajotapamalleja. [19]

Opinnäytetyössä oli myös tarkoitus selvittää, kuinka usein uudella tavalla on nykyisellä luentajärjestelmällä mahdollista lukea ja toimittaa mittaustietoa. Tuntimittaustietoa tiheämmälle luentojen ajastukselle ja exporteille ei näillä selvittelyillä löytynyt järkevää ratkaisua. Asiaa on mahdollista tarvittaessa tutkia jatkossa lisää esimerkiksi hetkelisarvojen ajastetuilla luennoilla ja exporttiformaattia uudistamalla, mutta se vaatii oman panostuksensa ajankäyttöön ja testaukseen.

Yrityksen ja työntekijöiden näkökulmasta yhteistyötä eri osastojen välillä olisi tämän tutkimuksen mukaan hyödyllistä kehittää. Projektin aikana ilmeni useaan otteeseen, että henkilöllä, jonka kanssa arkirutiineissa ei juuri ole tekemisissä, voi olla sellaista tietoa, joka olisi suoraan hyödynnettävissä omassa arkityössään.

Lämpöhäviöitä olisi syytä tutkia tarkemmin mittaustietojen avulla verraten tuotettua ja myytyä lämpöä. Tässä työssä niihin ei ollut mahdollista paneutua.

Asiaksmittausten lämpötilatietojen ja verkon lämpötilojen vertailu on vielä puutteellista, vaikka siihen olisikin jo mahdollisuuksia mittaustietojen ja järjestelmien puitteissa. Vertailun avulla saadaan tarkempaa kuvaa lämmön jakautumisesta verkkoon, ja mahdolliset asiaksmittauksien menolämpötila-antureiden ongelmat tulevat helpommin ilmi. Esimerkiksi oikein mittaavan asiaksmittauksen menolämpötila ei voi olla suurempi kuin verkossa oleva alueen menolämpötila.

Tulevaisuuden visiona tässä työssä ja projektissa on saattaa valittuihin kohteisiin asennetut painemittaukset reaaliaikaiseen luentaan. VE:llä on jo kehityksessä reaaliaikaisen mittaustiedon kulku paine-eroanturilta 3G-yhteydellä pilvipalvelun kautta SCADA:n koekohteessa. Mikäli reaaliaikainen tiedonkulku osoittautuu toimivaksi ja sitä päätetään hyödyntää tässä projektissa asennettujen paineantureiden mittaustiedon tiedon siirtoon, voisi projektin mittaukset toimia kaukolämpöverkon ajopisteinä.

Projektissa asennettujen mittausten mittaustiedot ovat lähiaikoina saatavilla tuotantojärjestelmässä, jossa painekohteiden tietoihin voi pureutua käyttöliittymän karttanäkymän kautta.

## Lähteet

- 1 Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki.
- 2 Tilinpäätös 2015 Vantaan Energia -konserni. Verkkodokumentti. <<https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/vantaanenergia/uploads/20150914120657/Vantaan-Energian-tilinpaatos-2015.pdf>>. Luettu 22.11.2016.
- 3 Vantaan Energia. Verkkodokumentti <<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>>. Luettu 22.11.2016.
- 4 Kaukolämpö on lähilämpöä jätevoimalasta. Verkkodokumentti. <<https://www.vantaanenergia.fi/magazine/energiavirtaa-lehti-3-2016/kaukolampolahilampoa-jatevoimalasta/>>. Luettu 4.11.2016.
- 5 Jätevoimala antaa roskalle uuden elämän. Verkkodokumentti. <<https://www.vantaanenergia.fi/jatevoimala-antaa-roskalle-uuden-elaman/>>. Luettu 4.11.2016.
- 6 Luovumme kivihiilen käytöstä 2020-luvulla. Verkkodokumentti. <<https://www.vantaanenergia.fi/ykv/toimitusjohtajan-katsaus/>>. Luettu 7.11.2016.
- 7 Kuvia jätevoimalasta. Verkkodokumentti. <[http://aineistopankki.vantaanenergia.fi/?cart=98-baddmcdkdb&l=FI&\\_ga=1.58673635.898616246.1475738548](http://aineistopankki.vantaanenergia.fi/?cart=98-baddmcdkdb&l=FI&_ga=1.58673635.898616246.1475738548)>. Luettu 7.11.2016
- 8 Vantaan Energia. 2015. Yhteiskuntavastuuraportti.< [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/vantaanenergia/uploads/20160405055146/VE\\_Yhteiskuntavastuuraportti.valmis.pdf](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/vantaanenergia/uploads/20160405055146/VE_Yhteiskuntavastuuraportti.valmis.pdf)>. Luettu 4.11.2016.
- 9 Viander, Tero 2014. Kaukolämpöverkon käytön optimointi. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Saatavissa: <[http://doria32-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/102299/Diplomityo\\_Tero\\_Viander\\_08122014.pdf?sequence=2](http://doria32-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/102299/Diplomityo_Tero_Viander_08122014.pdf?sequence=2)>. Luettu 29.9.2016.
- 10 Verkkojulkaisu. European Commission. Thematic research summary Smart district heating and cooling. <[https://setis.ec.europa.eu/energy-research/sites/default/files/library/ERKC\\_%20TRS\\_Smart\\_District\\_HC.pdf](https://setis.ec.europa.eu/energy-research/sites/default/files/library/ERKC_%20TRS_Smart_District_HC.pdf)>. Luettu 5.11.2016
- 11 Kaukolämpöalan kansainvälinen tutkimus 2012-2015. Julkaisu. Verkkodokumentti. <[http://energia.fi/files/428/Kaukolampoalan\\_kansainvaliset\\_tutkimukset\\_2012-2015\\_loppuraportti\\_AF-Consult.pdf](http://energia.fi/files/428/Kaukolampoalan_kansainvaliset_tutkimukset_2012-2015_loppuraportti_AF-Consult.pdf)>. Luettu 7.11.2016.



- 12 Verkkojulkaisu. Henrik Lund, Sven Werner, Robin Wiltshire, Svend Svendsen, Jan Eric Thorsen, Frede Hvelplund, Brian Vad Mathiesen. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Luettu 25.11.2016. Saatavissa. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214002369>>. Luettu 15.10.2016
- 13 Lyytikäinen Lotta, Uuden asuinalueen kaksisuuntaisen kaukolämpöratkaisun asiakastarveselvitys. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Saatavissa: <[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/113924/Diplomityo\\_Lotta\\_Lyytikainen.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/113924/Diplomityo_Lotta_Lyytikainen.pdf?sequence=2)>. Luettu 31.1.2017.
- 14 Älykäs kaukolämpöjärjestelmä ja sen mahdollisuudet. 2011. Loppuraportti. Verkkodokumentti. <[http://188.117.57.25/sites/default/files/alykas\\_kaukolampojarjestelma\\_gaia\\_2011.pdf](http://188.117.57.25/sites/default/files/alykas_kaukolampojarjestelma_gaia_2011.pdf)>. Luettu 1.2.2017.
- 15 Huipputehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. 2009. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2513.pdf>>. Luettu 6.2.2017.
- 16 Tehokas CHP, kaukolämpö ja -jäähdytys Suomessa 2010 - 2025. 2015. Tutkimusraportti. Verkkodokumentti. <[http://energia.fi/files/412/Raportti\\_Kaukolampo\\_ja\\_CHP\\_VTT\\_20151218.pdf](http://energia.fi/files/412/Raportti_Kaukolampo_ja_CHP_VTT_20151218.pdf)>. Luettu 8.11.2016.
- 17 Energiavuosi 2015 - Kaukolämpö. 2016. Verkkodokumentti. <[http://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi\\_2015\\_-\\_kaukolampo.html#material-view](http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2015_-_kaukolampo.html#material-view)>. Luettu 8.11.2016
- 18 Palaveri Vantaan Energian Jätevoimalassa 13.12.2016. Ennakkoon annetut kysymys asiantuntijoille. Suulliset vastaukset Heikki Ojansuu, Petri Sivula, Risto Nykänen ja Tomi Virtanen.
- 19 Virtanen Tomi. Yleissuunnittelija, Kaukolämpöverkot. Haastattelu mittaripajalla 22.11.2016, 13.1.2017 ja 10.3.2017
- 20 Kamstrup. Painetietojen luenta gsm tekstiviestillä. pdf-dokumentti. Luettu 3.10.2016.
- 21 ABB Pressure Transmitter Operation instruction. Verkkodokumentti. 2013. <[https://library.e.abb.com/public/3aa403487995b7c0c1257bec0026479a/IM\\_261Gx\\_Ax\\_EN\\_07.pdf](https://library.e.abb.com/public/3aa403487995b7c0c1257bec0026479a/IM_261Gx_Ax_EN_07.pdf)>. Luettu 23.11.2016.
- 22 Sammalisto, Timo. 2016. Myynti-insinööri / Sales Engineer, Meters - Water - Heat/Cooling, Kamstrup A/S, Vaajakoski. Puhelinkeskustelu. 17.11.2016.
- 23 Nykänen Risto. Automaatioinsinööri, Tuotanto. Vantaan Energia Oy. Sähköposti 10.1.2017, 17.2.2017 ja 9.3.2017.

## Lämpöenergiamittauksen laajentaminen paineluentakohteeksi



1 (9)

4.5.2017

### LÄMPÖENERGIAMITTAUKSEN LAAJENTAMINEN PAINELUENTAKOHTEEKSI

TYÖOHJE

4.5.2017

**Sisällysluettelo**

1 Työohjeen käyttö.....	3
2 Ennen asennusta.....	3
3 Asennus.....	4
3.1 Alkutilanne.....	4
3.2 Muutokset mittariin.....	5
3.3 Muutokset modeemiin.....	6
3.4 Paineanturit.....	7
3.5 Virtalähde.....	8
4 Asennuksen jälkeen.....	9

4.5.2017

## 1 Työohjeen käyttö

Työohjetta käytetään, kun kaukolämmön kulutus pisteestä halutaan saada paineluentatietoja EMS10:n avulla. Tämän ohjeen mukaiset toimet on tehtävä, ennen kuin mittaustietoja voidaan alkaa kerätä.

## 2 Ennen asennusta

Uuden paineluentakohteen luentaan saattamisen työnkulku on kuvattuna alla:

- Kaukolämpöverkon suunnittelija ilmoittaa kenttäpalvelun esimiehelle ja kaukolämmön rakennuttajalle uuden painekohteen tarpeesta.
- Kenttäpalvelun esimies varaa muutoksessa tarvittavat komponentit (kuva 1).



Kuva 1. Paineluentakohteen komponentit.

- o lämpöenergiamittari MC602
  - o 670022-piirilevykortti
  - o virtalähde
  - o paineanturi ABB 261 GS (2kpl)
  - o 3G-modeemi
  - o RS232-kaapeli
- Kaukolämpöverkon rakennuttaja vastaa paineantureiden asennusyhteiden teosta valittuun kohteeseen (Kuva 2).



Kuva 2. Suunnitelma paineantureiden asennusyhteiden kohdista.

4.5.2017

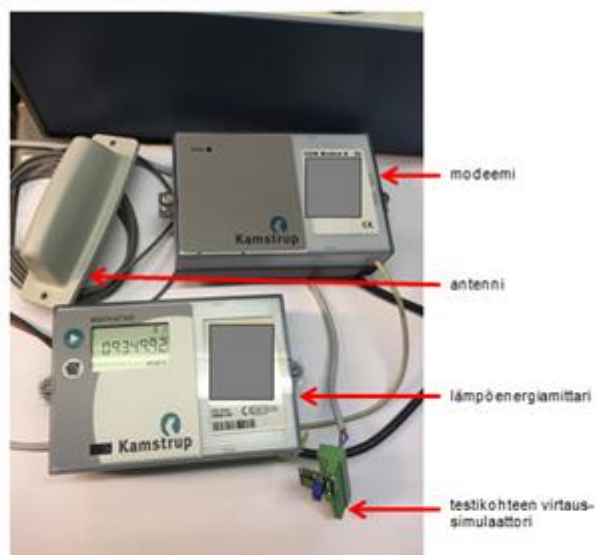
- Kaukolämpöverkon rakennuttaja ilmoittaa kenttäpalvelun esimiehelle kohteen olevan valmis mittarimuutokseen ja painantureiden asennukseen.
- Kohde lisätään tiketti-sovellukseen mittari-asentajan kuitattavaksi työstettäväksi.

### 3 Asennus

Työohjetta käytetään valitussa kohteessa mittauksiin tehtävien muutoksien apuna.

#### 3.1 Alkutilanne

Kuvassa 3 alkutilanne on esitettyä testikohteen avulla, jossa on modeemi, antenni, lämpöenergiamittari ja virtaussimulaattori, jonka tilalla asiakasmittauksissa on virtausanturi.

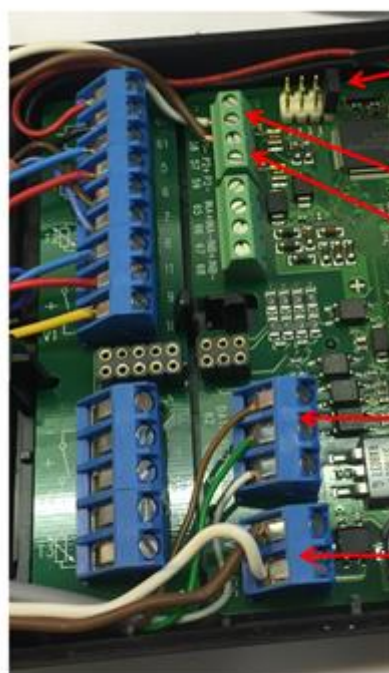


Kuva 3. Testikohteen komponentit.

4.5.2017

### 3.2 Muutokset mittariin

Paineluennassa on sovittu käytettävän MC602-mittaria ja siinä kuvan 670022-piirilevykorttia. Piirilevykortin kytkennät ilmenevät kuvasta 4. Uuden piirilevykortin voi vaihtaa mittarissa olevan tilalle jo mittaripajalla. Painealueen valintaan vaikuttavan jumpperin voi myös vaihtaa valmiiksi 16 barin alueelle.



Jumpperilla valitaan viestin skaalaukseksi 16 bar

Menoputken paineanturi riviliittimiin P1+57 ja P1-58

Paluuputken paineanturi riviliittimiin P2+57 ja P2-59

Ulkoinen modeemi kytetään RS232 liitäntään liittimiin 62, 63 ja 64

Uudelle 670022-piirilevykortille syötetään jännite 24 V erillisellä virtalähteellä liittimiin 24 AC/VDC

Kuva 4. Uuden 670022-piirilevykortin kytkennät.



4.5.2017

### 3.3 Muutokset modeemiin

Paineluennassa on sovittu käytettävän GSM 8 -modeemia, eli 3G-verkkoa käyttävää modeemia.

Ensin modeemista poistetaan kaksinapainen M-Bus-johto kannessa olevasta loggerimodulista (Kuva 5). Loggerimoduli jätetään paikalleen.



Kuva 5. Muutos vanhaan modeemiin, mikäli se on valmiiksi 3G-modeemi.

Modeemiin liitytään RS232-johdolla. Modeemin muutettu kytkentä näkyy kuvassa 6. Värien perusteella johtoja ei tule kytkeä vaan taulukon 1 mukaan.

Taulukko 1. Mittarin ja modeemin RS232-johdon liittimet.

mittari		modeemi
DATA	→	DATA
REQ	→	REQ
GND	→	GND

4.5.2017



RS232-johto liitetään  
kuvan mukaisiin  
liittämiin

Kuva 6. Modeemiin vaihdetaan RS232-johto.

### 3.4 Paineanturit

Insinööriventtiilin kierrelitokset tulee tiivistää teflonteipillä kuten kuvassa 7. Kuvassa näkyy insinööriventtiilin ilmausruuvi etusormen kohdalla.



Kuva 7. Kierrelitosten tiivistäminen.

4.5.2017

Paineanturin kytkentä on näkyvässä kuvassa 8, jossa anturin näyttö on irrotettu vetämällä kohtisuoraan anturista pois päin, jotta liittimet saadaan esille. Paineantureina käytetään ABB 261 GS -mallia.



Kuva 8. Paineanturin kytkentä.

### 3.5 Virtalähde

Virtalähde (kuva 9) asennetaan kohteen mittauspeltiin omaan rasiin, johon otetaan syöttö silumiinirasiasta.



Kuva 9. 24 V:n virtalähde 670022-piirilevykortille.

4.5.2017

#### 4 Asennuksen jälkeen

Kun asennukset kentällä ovat valmiit, seuraavaksi tehdään muutoksia luentajärjestelmiin.

- Asetetaan transparent-raksi AMRManageriin kyseiselle käyttöpaikalle ja haetaan mittari uudelleen.
- Ajetaan EMS10:ssä List meters -ajo.
- Ajetaan EMS10:ssä Config-luenta mittarille.
- Seuraavana yönä EMS10:n aikavakio mahdollistaa tuntiluennan uudella kortilla.
- Uusi mittari lisätään All\_Heat meter-MC602-ryhmään, jossa olevat painekohteet luetaan kerran vuorokaudessa.
- Painemittareiden luennan valmistuttua EMS10:ssä siihen liitetty post process -työ toimittaa mittaustiedot palvelimen luentajärjestelmän siirto-kansioon, josta mittaustieto siirtyy ajastetuna kaukolämmön suunnittelijan käyttöön.

## Testimittarin paineantureiden kalibrointitodistukset

**Kalibrointitodistus**  
**Todistusnumero: JV/41/2013**

<b>Positiotunnus</b>	MENO
<b>Mittauksen nimi</b>	TESTI 1
<b>Työnumero</b>	
<b>Paikka</b>	
<b>Tehdashierarkia</b>	
<b>Laitetunnus</b>	ABB 261GS UKPN21
<b>Sarjanumero</b>	261GS6600109249
<b>Valmistaja</b>	
<b>Toiminto</b>	TESTI MENOPAINNE (ud)
<b>Kalibrointimenetelmä</b>	Kalibrointimenetelmä
<b>Kalibrointiväli</b>	0 , Seuraava kalibrointi:
<b>Kalibroitu</b>	17.11.2016

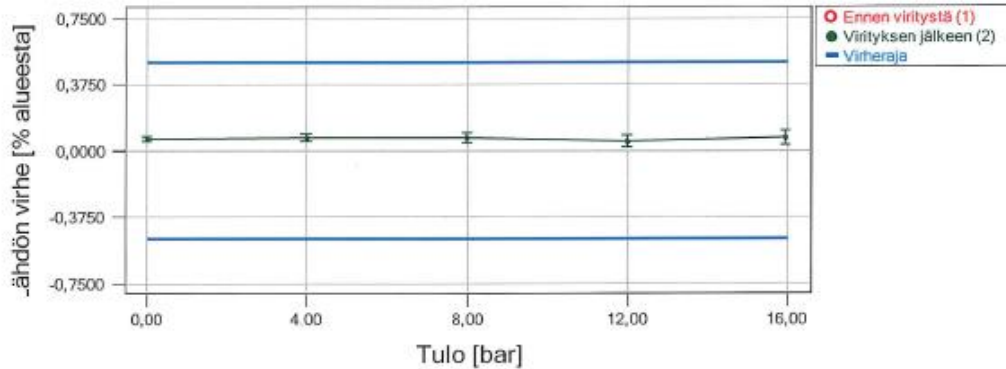
CMX Versio: 2.9.114.0

**Kalibroitodistus**  
**Todistusnumero: JV/41/2013**  
**Positiotunnus: MENO**

Tulostettu: 17.11.2016 11:32:51  
Tulostaja: ADMIN  
CMX Versio: 2.5.114.0 (2.9)

Tulon alue 0 ... 16 bar (Gauge)      Hykäysraja > 0,5 % alueesta      Ympäristön lämpötila  
Lähdön alue 4 ... 20 mA      Virittä kun yli      Ilman kosteus  
Sirtokfunktio Lineaarinen      Viritystavoite      Ilmanpaine  
Luokitus      Mustinpanot:

Ohje ennen kalibrointia:  
Viritysohjeet  
Ohje kalibroinnin jälkeen:



**2. Virityksen jälkeen** **HYVÄKSYTTY**

Tulo [bar]	Tulon epäv. [bar]	Tulon kalibraattori, Tulon moduuli, Kalibroitu	Lähtö [mA]	Lähdön epäv. [mA]	Lähdön kalibraattori, Lähdön moduuli, Kalibroitu	Laajennettu epävarmuus [% alueesta]	Virhe [% alueesta]
0,0000	0,002	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	4,0108	0,0014	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,01526	0,067
3,9978	0,003	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	8,0094	0,0018	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02187	0,072
7,9734	0,00399	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	11,9852	0,0022	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02848	0,074
11,9780	0,00499	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	15,9865	0,0026	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,03517	0,053
15,9806	0,00699	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	19,9726	0,003	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,04187	0,075

Kalibroija: ADMIN  
17.11.2016 9:27:38

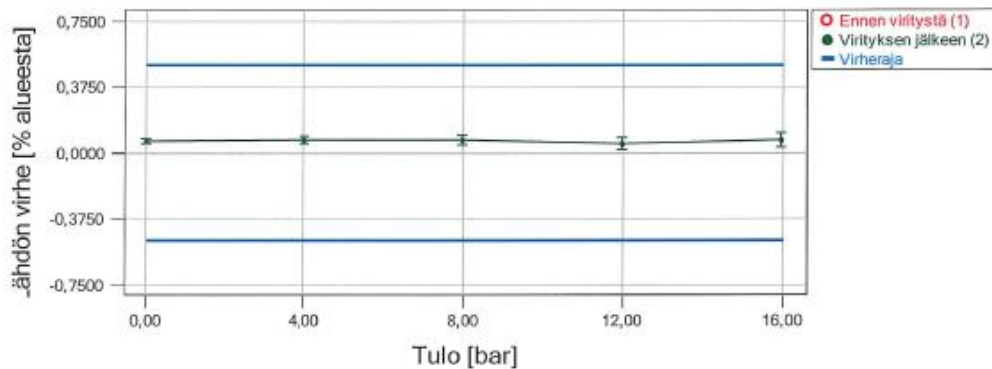


**Kalibroitodistus**  
**Todistusnumero: JV/41/2013**  
**Positiotunnus: MENO**

Tulotieto: 17.11.2016 11:32:51  
 Tarkastaja: ADMIN  
 CMX Versio: 2.9.114.0 (2.9)

Tulon alue 0 ... 16 bar (Gauge)      Hyökkäysraja > 0,5 % alueesta      Ympäristön lämpötila  
 Lähdön alue 4 ... 20 mA      Viritä kun yli      Ilman kosteus  
 Siirtofunktio Lineaarinen      Viritystavoite      Ilmangoinne  
 Luokitus      Muistinpanot

Ohje ennen kalibrointia:  
 Viritysohjeet.  
 Ohje kalibroinnin jälkeen:



**1. Ennen viritystä**

**HYVÄKSYTTY**

Tulo [bar]	Tulon epäv. [bar]	Tulon kalibraattori, Tulon moduuli, Kalibroitu	Lähtö [mA]	Lähdön epäv. [mA]	Lähdön kalibraattori, Lähdön moduuli, Kalibroitu	Laajennettu epävarmuus [% alueesta]	Virhe [% alueesta]
0,0000	0,002	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	4,0108	0,0014	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,01526	0,067
3,9978	0,003	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	8,0094	0,0018	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02187	0,072
7,9734~	0,00399	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	11,9852~	0,0022	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02848	0,074~
11,9780~	0,00499	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	15,9865~	0,0026	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,03517	0,053~
15,9606~	0,00599	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	19,9726~	0,003	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,04187	0,075~

Kalibroija: ADMIN  
 17.11.2016 9:27:38

Sivu: 2 / 3

**Kalibrointitodistus**  
**Todistusnumero: JV/42/2013**

**Positiotunnus**  
**Mittauksen nimi**  
**Työnumero**  
**Palkka**  
**Tehdashierarkia**

PALUU  
PALUUPAINE

**Laitetunnus**  
**Sarjanumero**  
**Valmistaja**  
**Toiminto**  
**Kalibrointimenetelmä**  
**Kalibrointiväli**  
**Kalibroitu**

ABB 261GS  
261GS6600109248  
TESTI PALUUPAINE (ud)  
Kalibrointimenetelmä  
0 , Seuraava kalibrointi:  
17.11.2016

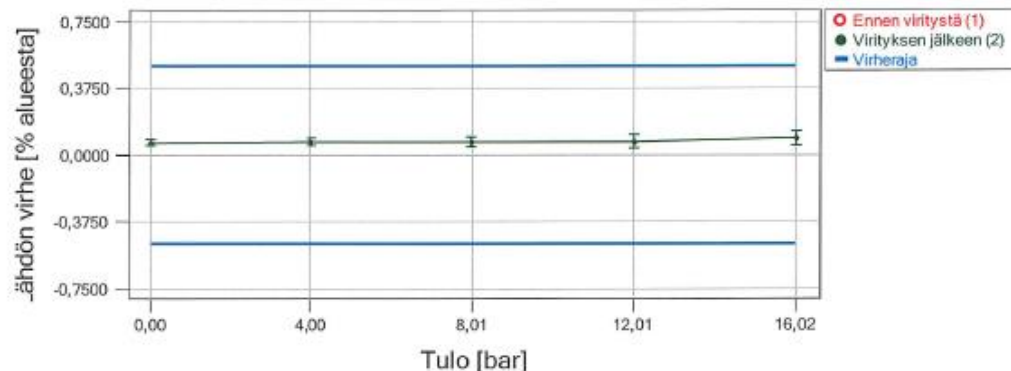
CMX Versio: 2.5.114.0

**Kalibrointitodistus**  
**Todistusnumero: JV/42/2013**  
**Positiotunnus: PALUU**

Tulostettu: 17.11.2016 11:32:51  
 Tulostaja: ADMIN  
 CMX Versio: 2.3.114.0 (2.0)

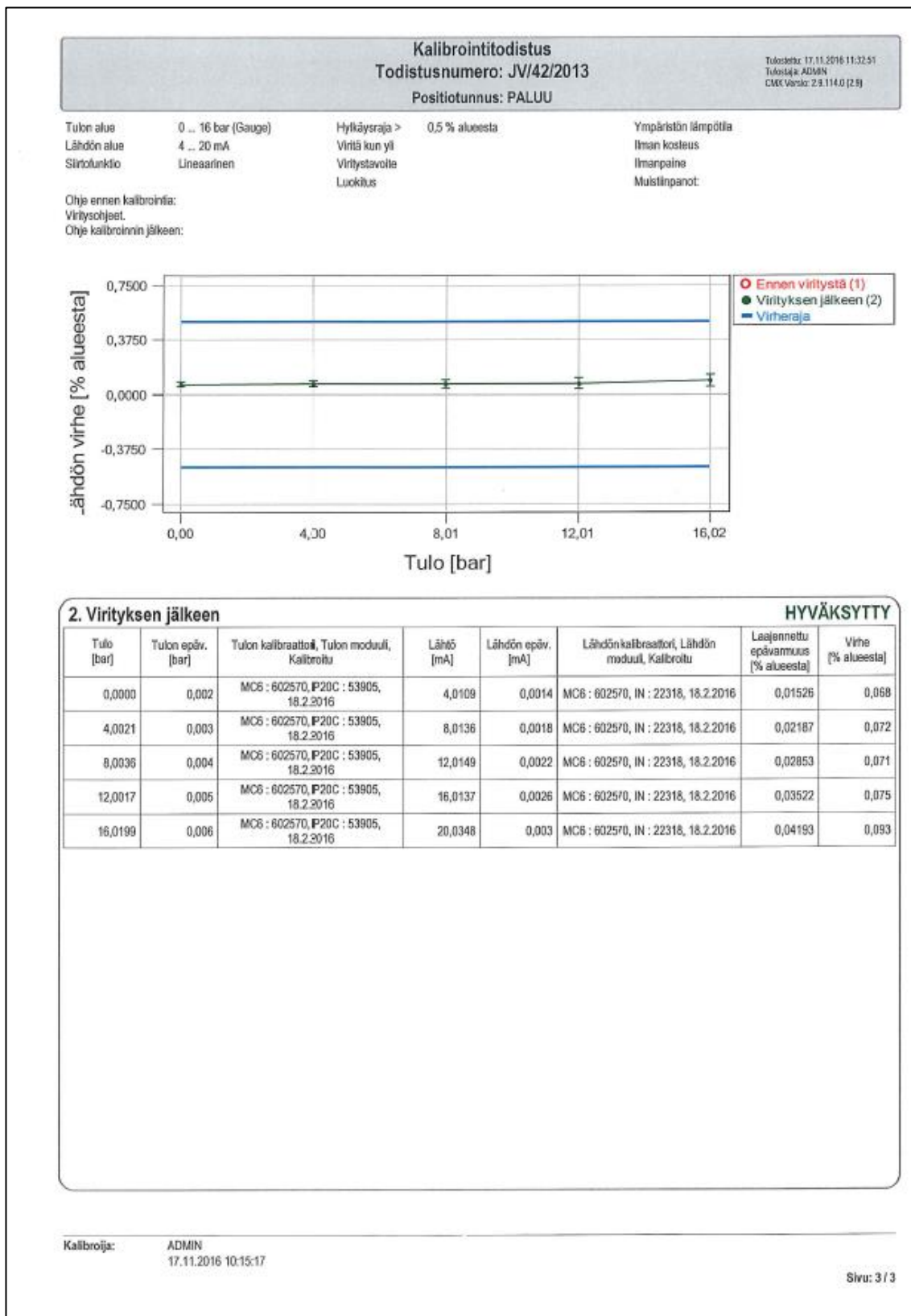
Tulon alue 0 ... 16 bar (Gauge) Hylkäyseraja > 0,5 % alueesta Ympäristön lämpötila  
 Lähdon alue 4 ... 20 mA Virittä kun yli Ilman kosteus  
 Siirtofunktio Lineaarinen Viritystavoite Ilmanpaine  
 Lukitus Muistiinpanot:

Ohje ennen kalibrointia:  
 Viritysohjeet.  
 Ohje kalibroinnin jälkeen:



1. Ennen viritystä					HYVÄKSYTTY		
Tulo [bar]	Tulon epäv. [bar]	Tulon kalibraattori, Tulon moduuli, Kalibroitu	Lähti [mA]	Lähdon epäv. [mA]	Lähdon kalibraattori, Lähdon moduuli, Kalibroitu	Lasjennettu epävarmuus [% alueesta]	Virhe [% alueesta]
0,0000	0,002	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	4,0109	0,0014	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,01526	0,068
4,0021	0,003	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	8,0136	0,0018	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02187	0,072
8,0036	0,004	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	12,0149	0,0022	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,02853	0,071
12,0017	0,005	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	16,0137	0,0026	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,03522	0,075
16,0199	0,006	MC6 : 602570, P20C : 53905, 18.2.2016	20,0348	0,003	MC6 : 602570, IN : 22318, 18.2.2016	0,04193	0,093

Kalibroija: ADMIN  
 17.11.2016 10:15:17



## Paineantureiden kalibrointitodistukset

### 2600T Pressure Transmitters

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Vallimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finnland  
Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Intema - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

#### Transmitter Information

Product Code 261GSUKPN211B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110879
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: -Tarato a: - Ajusté à: 0...16 bar
Special version nr.	Descriptor -/-	Output linear

#### Transducer information

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126756

#### Communication board information

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126756  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

#### Calibration Result - Ergebnis - Risultato

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfling Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Ecart	Output current Ausgangsstrom Corr. Usdta Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Ecart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	4,003	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,003	<0.005
100	16,000	20,001	<0.005	20,003	<0.005
50	8,000	11,999	-0.005	12,002	-0.007
0	0,000	4,003	0,026	4,007	0,027

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,027  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]  
  
Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur [°C]

#### Test equipment information

Test equipment ID 234  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 2.458.10.016  
Pressure controller (1) 2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
 Kalibrierprotokoll  
 Rapporto di Calibrazione  
 Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Ciente/Client  
 ABB Oy, Domestic Sales  
 Order - Auftrag - Ordine - Commande  
 210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
 Valimopolku 4 A  
 00380 Helsinki  
 Finland  
 Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
 4504407554  
 Factory  
 ABB Automation Products GmbH  
 Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
 0243760635  
 Internal O/A pos / s.pos  
 000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110880
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf:-Tarato a:- Ajusté à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R127385

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P127385  
 Software revision 1.5.1  
 Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digitale Prüfung Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,998	<0,005	3,999	<0,005
50	8,000	11,995	-0,026	11,996	-0,025
100	16,000	20,001	<0,005	20,001	<0,005
50	8,000	11,995	-0,030	11,994	-0,032
0	0,000	4,003	0,026	4,003	0,027

Max. deviation from characteristic [%]  
 Max. Kennlinienabweichung [%]  
 Massimo errore della caratteristica [%]  
 Déviation max. de la caractéristique [%]

-0,032

Ambient temperature [°C]  
 Température ambiante [°C]  
 Temperatura ambiente [°C]  
 Umgebungstemperatur[°C]

22°C ± 3°C

**Test equipment information**

Test equipment ID 234  
 Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
 Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
 Multimeter type 2.458.10.016  
 Pressure controller (1) 2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
 Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
 Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
 Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

**Calibration Location/ Date**

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
 32425 Minden  
 Deutschland / Germany  
 www.abb.com

Power and productivity  
 for a better world™





**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Valimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland  
Ref- Bestellung - Rif - Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Intema - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110881
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range-Messbereich-Campo-Étendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to:-Eingest. Auf:-Tarato a:- Ajustée à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126764

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126764  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfling Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0,005	3,999	<0,005
50	8,000	12,000	<0,005	12,000	<0,005
100	16,000	20,001	<0,005	20,001	<0,005
50	8,000	11,999	<0,005	12,000	<0,005
0	0,000	4,003	0,024	4,003	0,025

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,025  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]  
Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur[°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 234  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 2.458.10.016  
Pressure controller (1) 2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Valimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland

Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
4504407554

Factory  
ABB Automation Products GmbH

Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
0243760635

Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110882
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: - Tarato a: - Ajustée à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer Information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R127035

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P127035  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfling Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	3,998	<0.005
50	8,000	12,004	0,027	12,004	0,026
100	16,000	20,001	<0.005	20,001	<0.005
50	8,000	12,003	0,024	12,003	0,022
0	0,000	4,002	0,021	4,002	0,021

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,032  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]

Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur [°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 235  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 1.157.10.003  
Pressure controller (1) M20003

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Vallimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finnland  
Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN211B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110883
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: -Tarato a: - Ajustée à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126564

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126564  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfung Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Usdta Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	4,002	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,000	<0.005
100	16,000	20,001	<0.005	19,999	<0.005
50	8,000	11,999	<0.005	12,000	<0.005
0	0,000	4,002	0,022	4,005	0,020

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%]  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]

0,022

Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C]  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur [°C]

22°C ± 3°C

**Test equipment information**

Test equipment ID 235  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 1.157.10.003  
Pressure controller (1) M20003

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Ciente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Valimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland  
Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Intema - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110884
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: - Tarato a: - Ajusté à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126769

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126769  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfung Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Ecart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Ecart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	4,000	<0.005	4,004	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,002	<0.005
100	16,000	20,001	<0.005	20,001	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,002	<0.005
0	0,000	4,003	0,019	4,007	0,019

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,019  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]  
Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur[°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 235  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 1.157.10.003  
Pressure controller (1) M20003

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

**Calibration Location/ Date**

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
 Kalibrierprotokoll  
 Rapporto di Calibrazione  
 Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
 ABB Oy, Domestic Sales  
 Order - Auftrag - Ordine - Commande  
 210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
 Valimopolku 4 A  
 00380 Helsinki  
 Finland

Ref: Bestellung - Rif - Referencee  
 4504407554

Factory  
 ABB Automation Products GmbH

Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
 0243760635

Internal O/A pos / s.pos  
 000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110885
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: -Tarato a: - Ajusté à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer Information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126760

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126760

Software revision 1.5.1

Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digitali Prüfling Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	4,003	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,002	<0.005
100	16,000	20,001	<0.005	20,001	<0.005
50	8,000	11,999	-0.006	12,001	-0.007
0	0,000	4,003	0,026	4,008	0,027

Max. deviation from characteristic [%]  
 Max. Kennlinienabweichung [%] 0,027  
 Massimo errore della caratteristica [%]  
 Déviation max. de la caractéristique [%]

Ambient temperature [°C]  
 Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
 Temperatura ambiente [°C]  
 Umgebungstemperatur [°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID	234
Tool nr. - Attrezzo nr.	-/-
Operative mode - Modo operativo	Automatic configuration
Multimeter type	2.458.10.016
Pressure controller (1)	2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
 Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
 Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
 Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
 32425 Minden  
 Deutschland / Germany  
 www.abb.com

Power and productivity  
 for a better world™



**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Valimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland  
Ref- Bestellung - Rif -Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Intema - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN211B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110886
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf: - Tarato a: - Ajustée à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126757

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126757  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfling Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	4,003	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,002	<0.005
100	16,000	20,001	<0.005	20,001	<0.005
50	8,000	11,999	-0.005	12,001	-0.006
0	0,000	4,003	0,028	4,008	0,029

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,029  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]

Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur [°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 234  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 2.458.10.016  
Pressure controller (1) 2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™





**2600T Pressure Transmitters****Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Valimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland  
Ref- Bestellung - Rif - Referencee  
4504407554

Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110887
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range - Messbereich - Campo - Etendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to: -Eingest. Auf:-Tarato a:- Ajustée à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126773

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126773  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Ereichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfung Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,999	<0.005	4,003	<0.005
50	8,000	12,000	<0.005	12,002	<0.005
100	16,000	20,000	<0.005	20,001	<0.005
50	8,000	11,999	<0.005	12,002	<0.005
0	0,000	4,002	0,023	4,007	0,023

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,023  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]

Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur [°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 234  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 2.458.10.016  
Pressure controller (1) 2.458.24.043

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

**Calibration Location/ Date**

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™





**2600T Pressure Transmitters**

**Calibration record**  
Kalibrierprotokoll  
Rapporto di Calibrazione  
Rapport de Calibration

Customer/Kunde/Cliente/Client  
ABB Oy, Domestic Sales  
Order - Auftrag - Ordine - Commande  
210004808764

ABB Oy, Domestic Sales  
Vallimopolku 4 A  
00380 Helsinki  
Finland  
Ref: Bestellung - Rif - Referencee  
4504407554  
Factory  
ABB Automation Products GmbH  
Factory Order Ack - Auftragsbest. - Conf. Ordine Interna - I/Commande recon  
0243760635  
Internal O/A pos / s.pos  
000010

**Transmitter Information**

Product Code 261GSUKPN21L1B2CBCC	Tag no. - Messstelle - Sigla - Repère -/-	Serial Number - Serien - Nr. Di serie - No. De série 261GS6600110888
Diaphragm seal S1 side -/-	Communication Tag no. - Messtelle - Sigla - Repère -/-	Meas Range-Messbereich-Campo-Étendue de -1...30 bar
Diaphragm seal S2 side -/-	Message -/-	Adjusted to:-Eingest. Auf:-Tarato a:- Ajusté à: 0...16 bar
Special version nr. -/-	Descriptor -/-	Output linear

**Transducer information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série R126772

**Communication board information**

Serial Number - Serien-Nr - Nr. Di serie - No. De série P126772  
Software revision 1.5.1  
Hardware revision 1.6

**Calibration Result - Ergebnis - Risultato**

Range Messpunkt Campo Echelle	Applied pressure Erreichter Druck Press. Applicata Pression Appliquée	Digital Output Digital Prüfung Uscita Digitale Sortie Numérique	Deviation Abweichung Deviazione Écart	Output current Ausgangsstrom Corr. Uscita Sortie analogique	Deviation Abweichung Deviazione Écart
%	bar	mA	%	mA	%
0	0,000	3,998	<0,005	3,999	<0,005
50	8,000	11,998	-0,005	11,998	-0,006
100	16,000	20,000	<0,005	20,000	<0,005
50	8,000	11,998	-0,006	11,998	-0,007
0	0,000	4,000	0,008	3,999	0,005

Max. deviation from characteristic [%]  
Max. Kennlinienabweichung [%] 0,008  
Massimo errore della caratteristica [%]  
Déviation max. de la caractéristique [%]  
Ambient temperature [°C]  
Température ambiante [°C] 22°C ± 3°C  
Temperatura ambiente [°C]  
Umgebungstemperatur[°C]

**Test equipment information**

Test equipment ID 235  
Tool nr. - Attrezzo nr. -/-  
Operative mode - Modo operativo Automatic configuration  
Multimeter type 1.157.10.003  
Pressure controller (1) M20003

The measuring instruments used for calibration are part of the cyclic surveillance system ISO 9001  
Die verwendeten Messgeräte sind Bestandteil der zyklischen Messmittelüberwachung nach ISO 9001  
Gli strumenti di misura utilizzati per la calibratura fanno parte del sistema ciclico di sorveglianza ISO 9001  
Les instruments de mesure utilisés pour le calibrage font partie du système cyclique de surveillance ISO 9001

Calibration Location/ Date

Minden 28.10.2016

ABB Automation Products GmbH  
32425 Minden  
Deutschland / Germany  
www.abb.com

Power and productivity  
for a better world™ **ABB**