

Opinnäytetyö (AMK)  
Elektronikka  
Elektronikkasuunnittelu  
2016

Emil Leskinen

# KAASUNILMAISIMEEN KOHDISTUVIEN TOIMENPITEIDEN SÄHKÖISEN RAPORTOINNIN KEHITTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma | Elektroniikkasuunnittelu

2016 | 39 sivua

Ohjaaja: Tkt Timo Tolmunen

Emil Leskinen

# KAASUNILMAISIMEEN KOHDISTUVIEN TOIMENPITEIDEN SÄHKÖISEN RAPORTOINNIN KEHITTÄMINEN

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin toimeksiantajan tarkastuspöytäkirjaa ja kalibraattoria vastaamaan toimeksiantajan kasvaneita vaatimuksia varten. Työn tavoitteena oli nykyaikaistaa kalibraattorin käyttöliittymä, laajentaa tarkastuspöytäkirjaa vastaamaan kaasunilmaisimen huollossa tarkasteltavia asioita sekä automatisoida raportointiprosessi hyödyntämällä kalibraattorin mittaustulosten tallennusominaisuutta.

Työssä perehdyttiin kalibrointiin yleisellä tasolla, kaasunilmaisimen kalibrointi- ja testausprosessin kulkuun ja siihen käytettäviin välineisiin. Lisäksi työssä tarkasteltiin toimeksiantajan huoltoraportointia ja sen tarkoitusta.

Työ toteutettiin tutkimalla toimeksiantajan tietokannasta aiempia huoltodokumentteja ja käymällä läpi puutteet toimeksiantajan tarkastuspöytäkirjapohjassa. Dokumentaation kartoituksen jälkeen luotiin Excel-pohjainen tarkastuspöytäkirjapohja, jossa kalibraattorilla tallennettaville parametreille määriteltiin positiiviitteet. Puuttuvat viitteet lisättiin kalibraattorin parametreihin. Toimeksiantaja suoritti kalibraattoriin kohdistuneet muutokset opinnäytetyön yhteydessä.

Raportointiprosessia pystyttiin helpottamaan sekä nopeuttamaan kalibraattorille ja tarkastuspöytäkirjapohjalle tehtyjen muutoksien ansiosta. Pöytäkirjamuutokset mahdollistavat yksityiskohtaisemman tiedon saamisen huollettavasta kaasunilmaisimesta, ja näin laitteistoa pystytään kehittämään edelleen.

ASIASANAT:

kalibraattori, raportointi, parametri, automatisointi, pöytäkirja

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Electronic Design

2016 | 39 pages

Instructor(s): Tkt Timo Tolmunen

Emil Leskinen

## DEVELOPMENT OF ELECTRONIC REPORTING OF PROCEDURES ON THE GAS DETECTOR

This thesis focuses to develop client's documentation and calibrator to respond the growing needs of the client. The goal was to modernize calibrator's user interface, expand the document to respond to parameters examined while maintaining a gas detector, as well as automate documentation process utilizing calibrator's ability to save measurements. The thesis also discusses calibrating on a general level, defines gas detectors calibration and testing process and the instruments used in them. In addition the thesis discusses client's maintenance documentation and the purpose behind it.

The project was carried out by exploring client's maintenance documentations and reviewing the absences in the client's documentation template. A new Excel-based documentation template was created, where there was added references to parameters which calibrator can save. The missing references were added to calibrator's parameters.

Reporting process was being able to facilitate and speed up after the changes being made to documentation template and calibrator. Changes to the document provide more specific information about the maintained gas detector, which can be used to further develop equipment.

### KEYWORDS:

calibrator, report, parameter, automate, document

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 STANDARDIT</b>	<b>8</b>
2.1 SFS-EN 45544-4, yleiset vaatimukset kaasunvalvontalaitteille	8
2.2 SFS-EN ISO 14001, ympäristövaatimukset	9
2.3 SFS-EN ISO 9001, laadunhallintajärjestelmät ja vaatimukset	10
2.4 SFS-EN 50281-1-2, pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet	11
<b>3 KALIBROINTI JA TESTAUS</b>	<b>12</b>
3.1 Yleistä kalibroinnista ja testauksesta	12
3.1.1 Kalibrointi- ja testausprosessi	14
3.1.2 Huolto ja käyttöönotto	16
3.2 Kalibrointijärjestelmä	17
3.2.1 Kalibrointikaasu	18
3.2.2 Yleismittari	20
3.3 Kalibraattori	23
3.4 Tiedonsiirto	25
<b>4 RAPORTOINTI</b>	<b>28</b>
4.1 Raportoinnin tarkoitus ja nykyinen tila	28
4.2 Kenttäraportointi	31
4.3 Raportoinnin automatisointi	32
<b>5 TUOTEMUUTOKSET</b>	<b>33</b>
5.1 Työn lähtökohdat	33
5.2 Tarkastuspöytäkirja	33
5.3 IRC3 käyttöliittymä	35
5.4 Käytännön muutokset	36
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>37</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>

## KUVAT

Kuva 1. Mittausten jäljitettävyys SI-järjestelmään asti. [7]	13
Kuva 2. DGTt2 kaasunilmaisim. [10]	15
Kuva 3. Virtalähdön ja kaasunpitoisuuden skaalaus. [9]	16
Kuva 4. Eräkohtaisen sertifikaatin etiketti pullossa. [9]	19
Kuva 5. Kalibrointimerkintä yleismittarissa.	21
Kuva 6. IR Communicator 3 eli kalibraattori. [9]	23

## KÄYTETYT LYHENTEET

b/s	bittiä sekunnissa, bits per second
CAT	katalyyttinen palaminen
CEN	Euroopan Standardisoimisliitto, European Committee for Standardization
EC	sähkökemiallinen menetelmä
EN	Eurooppalainen standardi
IR	Infrapuna-absorbointi
IrDA	Infrared Data Association
ISO	kansainvälinen standardisoimisliitto, International Organization for Standardization
kb/s	kilobittiä sekunnissa, kilobits per second
LEL	alempi syttymisraja, Lower Explosive Level
mb/s	megabittiä sekunnissa, megabits per second
ppm	pitoisuuden mitta, parts per million
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SIR	Serial Infrared physical layers
SS	puolijohdemenetelmä, Solid State
WLAN	langaton lähiverkko, Wireless Local Area Network

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on pyrkiä kehittämään toimeksiantajan raportointiprosessia, laajentamaan kaasunilmaisimen tarkastuspöytäkirjan tietoja sekä päivittämään kaasunilmaisimien kalibrointiin käytettävän infrapunakommunikaattorin eli kalibraattorin käyttöliittymä. Työssä perehdytään myös laadunvalvonnan standardeihin. Työssä tutustutaan myös kalibrointiin yleisellä tasolla sekä sen merkitykseen ilmaisimen toiminnan kannalta. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii turkulainen kaasunvalvontayritys Detector Oy.

Työn teoriaosuudessa käydään aluksi läpi kaasunvalvontaan ja yleisiin ympäristövaatimuksiin liittyvät standardit, jotka toimivat ilmaisimien huoltotöiden ja raportoinnin perustana. Teoriaosuudessa käydään läpi myös ilmaisimen kalibrointi- ja testausprosessin kulku sekä tarkastellaan ilmaisimen kalibrointiin käytettäviä välineitä ja niiden käyttötarkoituksia.

Opinnäytetyössä perehdytään yritysten raportointiin yleisellä tasolla sekä kuvaillaan, miten toimeksiantajalla harjoitetaan huoltotöiden dokumentointia. Luvussa 5 kuvaillaan työn lähtökohdat sekä käydään läpi työn käytännön osuuden kulkua. Luvussa käydään läpi myös, millaisiin ratkaisuihin projektissa lopulta päädyttiin.

Työssä käytetään lähteinä toimeksiantajan sisäistä koulutusmateriaalia, SFS-standardeja sekä kalibrointiin liittyviä julkaisuja ja sivustoja.

## 2 STANDARDIT

Tässä luvussa käydään läpi kaasunvalvontaan ja kaasunilmaisimien kalibrointiin ja testaukseen liittyviä standardeja, jotka luovat edellytykset kalibrointi- ja testaustöiden turvallisuudelle sekä ympäristöystävälliselle suorittamiselle. Näiden vaatimuksien ja testauskäytäntöjen perusteella toimeksiantaja harjoittaa toimintaansa. Luvussa esille nostettavia asioita ovat kentällä suoritettavien mittausten ja testausten perusvaatimukset sekä ympäristövaatimukset ja ympäristön vaikutuksien huomioon ottaminen työn aikana.

Lähes kaikilla aloilla on olemassa jokin standardi. Standardit on luotu yhdenmukaistamaan saman toimialan yritysten toimintaa, ja niillä pyritään lisäämään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojelemaan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpottamaan kotimaista ja kansainvälistä kaupankäyntiä. [1]

Standardit eivät ole lain määrittelemiä, vaan jonkin organisaation luomia ohjeistuksia siihen, miten määritellyt työt tulisi tehdä. Kirjainyhdistelmät, kuten SFS (Suomen Standardisoimisliitto), EN (European Standard) ja ISO (International Organization for Standardization), ilmoittavat organisaation, jossa standardin teksti on vahvistettu. SFS on suomessa vahvistetun standardin tunnus, CEN (European Committee for Standardization) käyttää vahvistamiseen kirjainyhdistelmää EN, ja kansainvälisistä standardeista vastaa ISO. Tunnusyhdistelmä SFS-EN tarkoittaa, että sama standardi on voimassa sekä Suomessa että Euroopassa. SFS-ISO on voimassa sekä Suomessa että ISOssa, mutta sitä ei ole vahvistettu CENissä. [1]

Tässä työssä käsiteltäviä standardeja ovat lähinnä SFS-EN 45544 -standardit, jotka on luotu myrkyllisiä kaasuja mittaaville laitteille, sekä ISO 14001, jossa määritellään yleiset ympäristövaatimukset. Tässä luvussa kerrotaan myös hieman SFS-EN 50281—standardista.

### 2.1 SFS-EN 45544-4, yleiset vaatimukset kaasunvalvontalaitteille

EN 45544-4 on eurooppalainen standardi, jossa määritellään yleiset vaatimukset ja testauskäytännöt laitteelle, jolla havaitaan ja mitataan myrkyllisiä kaasuja sekä höyryjä. Standardissa käsitellään myös kentällä tapahtuvaa kalibrointia ja mittauksia, niiden vaatimuksia kalibroinnin suorittajalta sekä riskienhallintaa kalibroitaessa. [2]



Standardin mukaan kalibroijan on saatava tarvittava koulutus, jotta vältetään vääränlaisilta huoltotoimenpiteiltä, jotka voivat aiheuttaa vahinkoja kaasunilmaisimelle. Jos koulutusta ei ole, pitää laite palauttaa valmistajalle tai muulle kalibroinnin suorittamiseen kykenevälle taholle. [2]

Kalibrointi suoritetaan valmistajan laatiman ohjekirjan ohjeiden mukaan, joka tulisi olla jokaisen kaasunilmaisimen sekä ilmaisinryhmän mukana. Kalibrointi voidaan suorittaa korvaavalla kaasulla, jos valmistajan suositus on olemassa, jolloin laite reagoi määritellyllä tavalla. [2]

Suosittelun uudelleenkalibrointiaika riippuu monesta osatekijästä, kuten käytetystä anturiyypistä, mittalaitteesta, ympäristön vaikutuksista sekä käyttäjän kokemuksesta vastaavissa tilanteissa. Tämä sisältää jokaisen korjatun anturin kalibroinnin kalibrointi-kaasulla sekä täydellistä järjestelmän huoltotoimenpidettä. Aikaväli täydellisellä anturinkalibroinnin ja järjestelmän testauksen välillä riippuu myös monesta osatekijästä, kuten anturin virumisesta, lämpötilasta, pölyn määrästä, myrkyttävyydestä, ilmakehän korroosiosta sekä työmaan sijainnista. [2]

Myös ympäristön olosuhteet on otettava huomioon kenttämittauksia tehtäessä sillä niillä voi olla merkittäviä vaikutuksia laitteen toimintaan. Laitteen on sovellettava käyttöympäristön olosuhteisiin, ja täten suojattava lumi- ja vesisateen pääsylvältä anturielemeenttiin. Jos laite siirretään viileästä kosteasta ympäristöön, on laitteen annettava saavuttaa tasainen lämpötila, jotta vältetään veden kondensoitumiselta ilmaisimessa. Tämä voi viedä joissain tapauksissa useita tunteja. [2]

Tarpeetonta altistamista suurille kaasukeskittymille on vältettävä, sillä se voi vaikuttaa lyhyellä tai pitkällä aikavälillä laitteen toimintavarmuuteen. Altistumisen tapahtuessa laite siirretään puhtaaseen ympäristöön sopivaksi ajaksi palautumaan. Palautumisen jälkeen suoritetaan toiminnan tarkistus ja tarpeen mukaan kalibrointi. [2]

## 2.2 SFS-EN ISO 14001, ympäristövaatimukset

Tämä kansainvälinen standardi määrittelee ympäristöjärjestelmää koskevat vaatimukset. Täten organisaatio voi laatia ja ottaa käyttöön toimintapolitiikan ja tavoitteet, joissa otetaan huomioon lakisääteiset ja muut vaatimukset, joihin organisaatio on sitoutunut, sekä tiedot merkittävistä ympäristönäkökohdista. Standardissa määritellään ympäristö-

järjestelmää koskevat vaatimukset, kuten tarkkailun ja mittauksien vaikutusta ympäristöön ja niiden dokumentointia. Tällä tarkoitetaan merkittäviä ympäristövaikutuksia, jotka aiheutuvat kyseisistä toimenpiteistä, ja niihin sisällytetään sellaisten tietojen tallennus, joilla jäljitetään toimintojen suorituskyky, asiaankuuluvat toimintojen ohjaukset ja yhdenmukaisuus yrityksen ympäristöpäämäärien ja -tavoitteiden kanssa. [3]

Organisaation tulee varmistaa, että työntekijät ovat tietoisia yrityksen ympäristöpolitiikasta, ymmärtävät merkittävät ympäristönäkökulmat ja todelliset tai mahdolliset työstä aiheutuvat ympäristövaikutukset. Työntekijän tulee myös ymmärtää oma myötävaikutuksensa ympäristönhallinnan tehokkuuteen, mukaan lukien tehostetun ympäristön toimintakyvyn hyödyt, sekä ympäristönhallintajärjestelmän noudattamatta jättämisen seuraukset. [3]

Valvontavälineistö sekä huolletaan että kalibroidaan ja tapahtumasta säilytetään tallenteita yrityksen menettelytapojen mukaisesti. Organisaation täytyy luoda ja ylläpitää dokumentoitu menettelytapa, jolla säännöllisesti arvioidaan asiaankuuluvan ympäristölainsäädännön ja -määräystenmukaisuutta. [3]

### 2.3 SFS-EN ISO 9001, laadunhallintajärjestelmät ja vaatimukset

ISO 9001 on kansainvälinen standardi, jossa määritellään laadunhallintajärjestelmiä koskevat vaatimukset, joita yritys voi hyödyntää kun sen tarvitsee osoittaa pystyvänsä toimittamaan johdonmukaisesti tuotteita, jotka täyttävät asiakasvaatimukset sekä tuotetta koskevat lakien ja viranomaisten vaatimukset. Lisäksi pyrkimyksenä on lisätä asiakasyytyväisyyttä soveltamalla vaikuttavaa järjestelmää, joka sisältää järjestelmän jatkuvan parantamisen prosessit ja asiakasvaatimusten sekä tuotetta koskevien lakien ja viranomaisten vaatimusten täyttämisen varmistavat prosessit. [4]

Jotta tuote täyttää määritellyt vaatimukset, tulee yrityksen laatia suoritettavat seurannat ja mittaukset sekä laitteistot näille toimenpiteille. Yrityksen tulee luoda myös prosessit varmistukseksi, että seurannat ja mittaukset on mahdollista suorittaa siten, että ne täyttävät seuranta- ja mittausvaatimukset. Kelvollisten tulosten varmistamiseksi mittauslaitteet voidaan joutua kalibroimaan tai todentamaan tai sekä kalibroimaan että todentamaan joko määräajoin tai ennen käyttöä. Vertauskohteena käytetään kansainvälisiä tai kansallisia mittanormaaleja, mutta jos niitä ei ole, kalibroinnin tai todentamisen peruste tallennetaan. Tarvittaessa laitteet viritetään tai viritetään uudelleen, merkitään niin että

kalibroinnin tila on määriteltävissä, tai suojataan mittaustulokset mitätöivältä virittämiseltä. Laite on suojattava vahingoittumiselta käsittelyn, huollon ja varastoinnin ajan. [4]

Kalibroinnin ja todennuksen tuloksista tulee pitää tallenteita. Jos todetaan, että laitteen aikaisemmissa mittauksissa saadut tulokset eivät täytä vaatimuksia, on yrityksen arvioitava ja tallennettava ne. Tarvittavat toimenpiteet suoritetaan myös niille tuotteille, joihin kyseinen laite on vaikuttanut. [4]

#### 2.4 SFS-EN 50281-1-2, pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet

Tämä standardi koskee sähkölaitteita, jotka on suojattu koteloinnilla ja lämpötilaa rajoittamalla niin, että niitä voidaan käyttää tiloissa, joissa palavaa pölyä on siinä määrin, että se voi johtaa palo- tai räjähdysvaaraan, sekä määrittellään laitteiden valinta-, asennus ja huolto-ohjeet. Standardi ei koske räjähdypölyjä, jotka eivät tarvitse ilman happea palaakseen, eikä itsestään syttyviä aineita. Myös sähkölaitteet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi kaivoskaasulle alttiissa kaivoksissa, ei käsitellä tässä standardissa. [5]

Sähkölaitteiden räjähdysvaarallisessa tilassa aiheuttaman syttymisriskin minimoimiseksi on varmistettava tehokas laitteiden, järjestelmien ja asennusten tarkastus. Tähän tulee kuulua tarkistus, että alkuperäiset suunnitteluolosuhteet (pölytyyppi, suurimmat pölykerrosten paksuudet) ovat ennallaan. [5]

Palavalta pölyltä koteloinnilla suojattujen laitteiden tarkastamiseksi ja kunnossapitämiseksi on olemassa muutamia suosituksia. Palavaa pölyä sisältävissä tiloissa käytettävien laitteiden tarkastus- ja kunnossapitotyötä saa tehdä vain henkilöt, jotka tuntevat suojausperiaatteet. Jos huollettava laite on räjähdysvaarallisessa tilassa, tulee laitteen kaikki navat erottaa verkosta ennen laitteen avaamista, ja estettävä laitteen tarkoitukseton jälleenkytkeminen avattuna ollessa. Mikäli mahdollista sähkölaitteet on vietävä pölyttömään tilaan, mikäli niiden huolto vaatii laitteen avaamista. Jos tämä ei ole mahdollista, sopivin toimenpitein on estettävä pölyn pääsy koteloon. [5]

Kun käytettävä laite sijaitsee palavaa pölyä sisältävässä tilassa, on tarkastettava ja huollettava ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti. Tarkastus- ja huoltovälit riippuvat yleisistä olosuhteista, laitteiden käytön määrästä ja valmistajan ohjeista. Mahdollisuuden mukaan sähkölaitteet on siirrettävä pölyttömään tilaan, mikäli niiden huolto vaatii laitteen avaamista. Jos siirto ei ole mahdollista, on pölyn pääsy koteloon estettävä sopivin toimenpitein. [5]

## 3 KALIBROINTI JA TESTAUS

Tässä luvussa käydään läpi kalibrointiin liittyvää teoriaa, kalibrointi- ja testausprosessin kulkua, käytännön esimerkki erään toimeksiantajan kaasunilmaisimen kalibroinnin suorittamisesta sekä syitä, miksi kalibrointi on kaasunilmaisimen tarkkuuden ja luotettavuuden kannalta niin tärkeä toimenpide. Luvussa perehdytään myös kaasunilmaisimen kalibroinnissa käytettävään kalibrointijärjestelmään eli kalibrointiin ja testaukseen käytettäviin välineisiin ja niiden käyttötarkoitukseen, toimintaan sekä niihin liittyviin epävarmuustekijöihin. Olennaisessa osassa on myös toimeksiantajan laitteiden huollon ja käyttöönoton merkitys kaasunvalvontajärjestelmän kannalta.

### 3.1 Yleistä kalibroinnista ja testauksesta

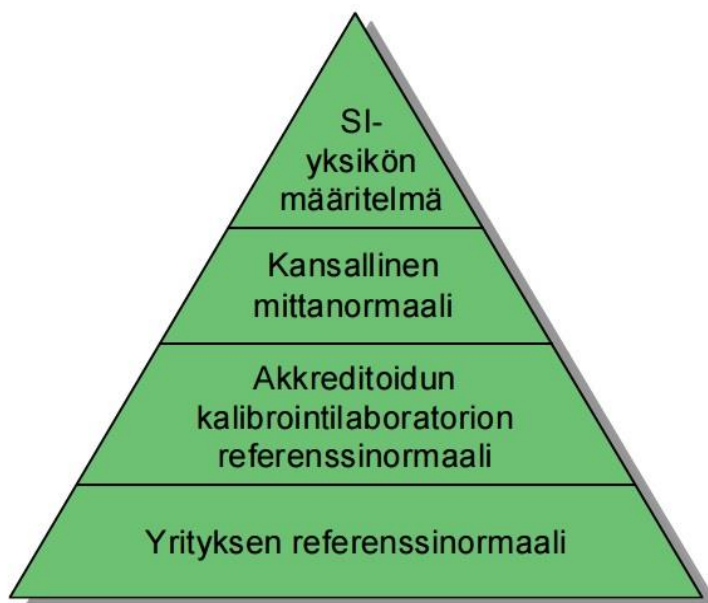
Kaikki kaasunilmaisimet ovat vertailuun pohjautuvia laitteita ja herkkiä virumiselle, joka voi johtaa todellisen kaasupitoisuuden yli- tai aliarviointiin. Nämä ilmiöt pystytään minimoimaan, mutta ei täysin poistamaan, dokumentoidulla kalibroinnilla ja huoltotoimenpiteillä valmistajan ohjeita ja suosituksia noudattamalla. Kalibrointi määrittää yhteyden mittalaitteen lukeman ja varsinaisen kaasupitoisuuden välillä, ja on oleellinen linkki mittauksen ja kansainvälisten standardien välillä. [6]

Kalibrointitoimenpiteen luonne riippuu monesta tekijästä, ja se voi pitää sisällään pelkän toiminnan testauksen tai täydellisen järjestelmän huollon. On tärkeää huomata ero kalibroinnin ja säätämisen välillä; kalibrointi koostuu vertailusta jäljitettävään lähteeseen, kun taas säätäminen sisältää laitteen muokkaamista odotetun arvon saamiseksi jäljitettävään lähteeseen. Tarpeen mukaan säätö voidaan suorittaa kalibroinnin yhteydessä. [6]

Kalibroinnista puhuessa on tunnettava muutamia avainsanoja, jotka tukevat kalibroinnin periaatteita, kuten epävarmuus. Epävarmuus on perusluonteeltaan mahdollinen vaihtelu mitatun arvon ja todellisen arvon välillä, yleensä ilmaistuna siihen liittyvään luotettavuustasoon. Tyypillisesti kaasunvalvontasovelluksissa epävarmuus ilmoitetaan suhteellisin prosentuaalisin termein. Esimerkiksi jos mittaus 2,5 %:n metaanilla ilman seassa on tehty  $\pm 2$  %:n epävarmuudella, on oikea arvo 2,45 % – 2,55 % välillä kalibroinnin sekä mittauksista aiheutuvien epävarmuuksien vuoksi. Luotettavuustasolla tarkoitetaan tietoista hyväksyntää, että satunnaiset ilmiöt voivat tapahtua hallituissa prosesseissa. Siinä

käytetään tilastollista analyysiä, jolla päätellään onko tulos määritellyllä epävarmuusalueella. [6]

Toinen avainsana on jäljitettävyys, joka viittaa vahvistamisen periaatteeseen vertailun katkeamattoman ketjun avulla kansainväliseen tai tunnettuun viitearvoon. Jokaisella mittauksella tulisi olla määritelty epävarmuus, jotta mittauksen kokonaisepävarmuus pystytään luomaan. Esimerkiksi jos huollettu kaasunvalvontajärjestelmä kalibroidaan käyttämällä kaupallista kaasuseosta, on tärkeää, että seoksen valmistaja pystyy todistamaan sen jäljitettävyyden kansainväliseen standardiin. Yleensä tämä tehdään vertaamalla kaasuseoksen tositetta kyseiseen standardiin. Kuvassa 1 on hahmoteltu mittausten jäljitettävyyden hierarkia. [6]



Kuva 1. Mittausten jäljitettävyys SI-järjestelmään asti. [7]

Kalibrointi on ilmaisimen tarkkuuden ja luotettavuuden kannalta erittäin tärkeä toimenpide, jolla pystytään optimoimaan laitteen toiminta sekä ylläpitämään turvallista työympäristöä. Kun ilmaisimien kalibroidaan ja testataan, pystytään osoittamaan, että laite toimii niissä mittatarkkuusvaatimuksissa jotka laitteelle on määritelty. Tuotteen korkean laadun säilyttämiseksi ja viranomais määräyksien lisäksi myös yritys hyötyy taloudellisesti kalibroinnista tehtävän asianmukaisen laskutuksen avulla. Sen sijaan kalibroinnin laiminlyönnillä voi olla vakavia taloudellisia seurauksia sekä turvallisuusriskejä, kuten henkilövahingot, tehtaissa tuotannon pysähtyminen, yrityksen toimiluvan menetys sekä tuotteiden takaisinkutsu. [8]

### 3.1.1 Kalibrointi- ja testausprosessi

Toimeksiantajan oma huolto-osasto vastaa kaasunvalvontalaitteiden huollosta sekä käyttöönotosta, joissa tarkastetaan laitteiden toiminnot ja kalibroinnit, sekä korjataan vioittuneet laitteet tarpeen mukaan. Toimeksiantajan ohjeistuksen mukaan testaus- ja kalibrointityön suorittaminen turvallisesti edellyttää, että testaus- ja kalibrointivälineitä käsitellään huolellisesti ja ohjeita noudattaen. Sovellettavien ohjeiden tulee vastata suoritettavaa toimenpidettä, johon tarvitsee ilmaisimen käyttöohjeen, testikaasun käyttöturvallisuustiedotteen sekä kaasukohtaisen ohjeen. [9]

Toimeksiantaja valmistaa turvallisten tilojen sekä räjähdysvaarallisten tilojen kaasunvalvontalaitteita eri kaasujen mittaamiseen. Toimeksiantajan ilmaisimissa hyödynnetään neljää menetelmää, joilla kaasuja voidaan mitata:

- sähkökemiallinen menetelmä (EC)
- infrapuna-absorbointi (IR)
- katalyyttinen palaminen (CAT)
- puolijohdemenetelmä (SS). [10]

Menetelmästä riippumatta kaikkien ilmaisintyyppien kalibrointiprosessi noudattaa hyvin samankaltaista kaavaa, jossa useimmiten kalibrointi suoritetaan toimeksiantajan suunnittelemana ja kehittämällä IR Communicator 3 käsilaitteella eli kalibraattorilla. Jos kyseessä on uusi ilmaisin pelkkä tehdaskalibrointi riittää, joten ilmaisinta ei tarvitse kalibroida asennuksen yhteydessä vaan pelkkä toiminnallinen testaus riittää.

DGTt2 on eräs toimeksiantajan turvalliseen tilaan soveltuvista kaasunilmaisimista, jonka mittausteknologia perustuu sähköjohtavuuden muutokseen puolijohdepinnoilla (kuva 2). Kyseisellä ilmaisimella voidaan havaita ja mitata esimerkiksi hiilimonoksidia eli häkää, ammoniakia, alkoholia, palavia kaasuja sekä auton pakokaasuja. DGTt2-ilmaisimessa kalibrointi suoritetaan anturin vaihdon yhteydessä anturikohtaisten parametrien perusteella. Vallitsevista ympäristöolosuhteista ja niiden anturia vanhentavista vaikutuksista johtuen, voidaan ilmaisimen parametreja sovittaa paremmin asennuskohteeseen soveltuviksi. Tällöin puolijohdeilmaisimen toimintaperiaate on tarkkaan tunnettava. [9] [10]

Hiilimonoksidi-ilmaisimen kalibrointi voidaan suorittaa kostutetulla sovittimella, jossa tarvitaan:

- ilmaisin DGTt2
- testikaasu (200 ppm CO)
- kostutettava testikaasusovitin.

Oli kyseessä uusi tai käytössä ollut mittaelementti, työn valmistelu suoritetaan samalla tavalla. Jos kyseessä on mittaelementin uusinta, käytetään etukäteen laskettuja ja merkittyjä parametreja mittaelementtien mukana toimitetusta mittatietopaperista. Nämä parametrit syötetään ilmaisimelle, jonka jälkeen ilmaisimen annetaan stabiloitua. Mittapään lämmitettyä ilmaisimelle annetaan testikaasua ja tarkistetaan näyttämä, jotta pystytään varmistamaan, että ilmaisin on riittävän herkkä. [9]



Kuva 2. DGTt2 kaasunilmaisim. [10]

Jos kalibroidaan mittaelementtiä kenttäolosuhteissa, otetaan ensin ilmaisimeen yhteys IR Communicatorin avulla, jonka jälkeen ilmaisimen antama lukema tarkistetaan kalibraattorilla. Tämän jälkeen ilmaisimelle annetaan testikaasua, jonka aikana odotetaan, että lukema vakiintuu. Testikaasutusta tehdään kuitenkin maksimissaan minuutin ajan, ja kun testikaasutus on tehty, kalibrointi kuitataan kalibraattorilla. Kalibroinnin lukitus tarkistetaan sammuttamalla kalibraattori ja lukemalla ilmaisin uudestaan samalla seuraten, että näyttämän lukema vakiintuu. Lopuksi selvitetään onko ilmaisin ryöminyt. [9]

Kaasunilmaisimen virtalähdön kalibrointi voidaan suorittaa kalibraattorilla. Kaasunilmaisimen virtalähdön minimiarvo on 4 mA ja maksimiarvo on 20 mA. Kun kaasunilmaisimen

mittaama pitoisuus on virtalähdön skaalaukselle asetettu ala-arvo, syöttää kaasunilmaisimen virtalähtö 4 mA. Yleensä tämä ala-arvo on asetettu nollopitoisuudelle. Kun kaasunilmaisimen mittaama pitoisuus on virtalähdön skaalaukselle asetettu yläarvo, syöttää kaasunilmaisimen virtalähtö 20 mA. Poikkeuksena on aiemmin mainittu DGTt2-kaasunilmaisim, jonka virtalähdön skaalauksen ala-arvoksi voidaan asettaa 0. Kuvassa 3 on hahmotettu kaasunilmaisim 4–20 mA virtaskaalauksella, jossa virtaskaalauksen ala-arvoksi on asetettu 0 ppm ja yläarvoksi 100 %LEL. [9]



Kuva 3. Virtalähdön ja kaasunpitoisuuden skaalaus. [9]

### 3.1.2 Huolto ja käyttöönotto

Kaasunilmaisimet ovat tarkoitettu toimimaan kaasujen ja liuottimien raja-arvohälyttiminä ja ne vaativat säännöllistä huoltoa ja toiminnan testausta, jotta varmistetaan ilmaisimen oikeanlainen toiminta. Kalibrointi tulee suorittaa vähintään kerran vuodessa, vaativissa ympäristöolosuhteissa jopa useammin. Kalibrointien lisäksi toimeksiantaja suosittelee asiakkaan suorittavan toiminnallisia testejä 4–6 kertaa vuodessa. Toiminnallisilla testeillä tarkoitetaan kaasunilmaisimen vasteen tarkastamista testikaasulla, jonka pitoisuus tunnetaan. Pitoisuus ei saa ylittää kaasunilmaisimen mitta-aluetta, eikä 50 % kaasun LEL-arvosta. Liian suuri kaasupitoisuus saattaa vaurioittaa mittaelementtiä, suurien kaasupurkauksien jälkeen tulee kaasunilmaisim kalibroida uudelleen. Testikaasutuksien aikana on syytä tarkastaa myös jatkohälytyksien toiminnot, jolla varmistetaan myös niiden aktivoituminen. Hälytyksien testauksen aikana on ilmoitettava tarvittaville tahoille testauksen suorittamisesta sekä jatko-ohjauksien tarkastamisesta. Laitteiden huolto sekä kalibrointiväli määritellään yhdessä asiakkaan kanssa ensimmäisen huollon tai käyttöönoton jälkeen. [9]



Uusille kaasunvalvontajärjestelmille on suositeltavaa suorittaa käyttöönotto, jonka yhteydessä tarkastetaan järjestelmän toiminta ja varmistetaan, että se toimii tarkoituksen mukaisesti, sillä hallitsematon käyttöönotto saattaa aiheuttaa esimerkiksi odottamattomia pysäytyksiä prosessissa. Käyttöönotossa tarkastetaan kaasunvalvontalaitteen tai -laitteiden asetukset, toiminnot ja kalibroinnit, sekä suoritetaan kaasuhälytyksien jatko-ohjauksen tarkastus. Käyttöönotossa ei kuitenkaan suoriteta laitteiden asennuksia tai kytkentätöitä. [9]

Kaasunvalvontajärjestelmän hälytystoimintojen testauksessa puutteiden ja kunnossapitotarpeiden havaitsemiseksi täytyy paikallishälyttimen, hälytysohjausten, hälytystoimien ja ilmoitusten siirron toiminta todentaa säännöllisesti ja kattavasti. Tämä edellyttää, että hälytystoiminnot ja niihin liittyvien laitteiden dokumentaatio on ajan tasalla ja saatavilla. Hälytystoimintojen todentamisen tulisi pitää sisällään koko hälytystapahtumien ketju siten, että myös inhimilliset tekijät otetaan huomioon ja toteutetaan mahdollisimman yhdenmukaisesti vastaamaan todellista hälytystilannetta. Ilmaisimen koestamisessa on käytettävä vain kyseiselle ilmaisimelle soveltuvaa koestusmenetelmää, jotta vältetään ilmaisimen vaurioitumiselta sekä kulumiselta. Ennen todennusta on hyvä ottaa selvää tarvittavista työluvista, tiedottaa valvontaorganisaatiota sekä henkilökuntaa hälytyksestä ja sopia todentamisesta aluehälytyskeskuksen kanssa. [9]

### 3.2 Kalibrointijärjestelmä

Kalibrointijärjestelmä koostuu kalibraattorista, yleismittarista sekä kalibrointikaasusta, jotka ovat olennaisimpia kaasunilmaisimen kalibrointiin käytettäviä välineitä. Näiden mittavälineiden käyttö ilman minkäänlaista koulutusta tai perehdytystä voi kuitenkin olla monimutkaista eikä näin ollen suositeltavaa. Välineisiin liittyy myös tiettyjä epävarmuustekijöitä, jotka tekevät kalibrointijärjestelmästä epätäydellisen ja siksi nämä epävarmuudet on huoltotöitä tehdessä huomioitava. Aiheeseen liittyvissä standardeissa on kuitenkin mainittu vaatimukset mittavälineiden tarkkuuksille sekä kalibroinnin suorittajan pätevyyksille, joiden mukaan toimeksiantaja soveltaa toimintatapojaan.

Ilmaisimen kalibrointi on suoritettava asianmukaisesti ja huolellisesti, jotta kalibrointi suoritetaan oikein. Myös käytettäviä välineitä valitessa on kiinnitettävä huomiota, että ne täyttävät niille määritellyt vaatimukset. Vääränlaisesta kalibroinnista johtuvat tapaturmat ovat kuitenkin todella harvinaisia, ja useimmiten kaasuun liittyvissä tapaturmissa syinä

ovat vialliset kaasupullot tai niihin kohdistunut fyysinen rasite, jonka seurauksesta pullo on alkanut vuotaa haitallista kaasua ympäristöön. [11]

### 3.2.1 Kalibrointikaasu

Kaasulla kalibroitaessa käytetään toimeksiantajan ohjeistuksen mukaista kalibrointikaasua, mutta nollan kalibrointiin voidaan käyttää hapen ja typen seosta. Kalibrointikaasu on välttämätön väline kun kalibroidaan ilmaisimen kohdekaasua ja on siksi tärkeää, että kyseiseen toimenpiteeseen käytetään siihen tarkoitettua testikaasua, sillä vääränlainen testikaasu ja kaasutus vaikuttavat ilmaisimen mittaustarkkuuteen sekä ominaisuuksiin.

Kalibrointiin käytettävää kaasua säilytetään kaasupullossa, jota on käsiteltävä asianmukaisesti, jotta välttyään vuotamiselta. Kaasupullon vuotamiseen liittyvät riskit on tiedostettava ja laadittava sitä koskevat toimintaohjeet. Kalibrointikaasujen pitoisuudet ovat kuitenkin pieniä eivätkä räjähdysvaaralliset kalibrointikaasut ylitä 50 % alemmasta syttymisrajasta. Tarkoitukseton vuoto voi aiheutua esimerkiksi kaasupullon pudotessa maahan synnyttäen reiän pullon kylkeen ja näin vuotaen myrkyllistä kaasua ilmaan, mutta tämän tapaisia tapaturmia tapahtuu kuitenkin hyvin harvoin. On myös mahdollista, että pullo alkaa vuotamaan vaikka sitä ei käytetä, esimerkiksi varastosäilytyksen aikana viallisen pulloventtiilin johdosta.

Huoltotoimenpiteen suorittajalta vaaditaan huolellisuutta kalibrointikaasua valitessa. Jos kaasun kalibrointiin käytetään väärää kaasua ilmaisimen mitatessa esimerkiksi hiilimonoksidia, jonka mittausalueen skaalaus on 0–250 ppm ja testikaasutus suoritetaan puhtaalla hapella, näyttää ilmaisin jatkuvasti puhtaassa ilmassakin kaasupitoisuudeksi 250 ppm. Väärää myrkyllistä testikaasua käyttäessä ilmaisimen signaali voi kääntyä päälaelleen, täten hälytysrajan ylittyessä ilmaisin hälytyksen sijaan meneekin vikatilaan ja lakkaa toimimasta.

Vaikka käytettävä kalibrointikaasu olisikin oikea, on toimenpiteen suorittajan syytä tarkistaa myös sen pitoisuus. Jos kalibroidaan hiilimonoksidi-ilmaisimella hälytysrajanaan 250 ppm käyttäen oikeanlaista kalibrointikaasua, mutta sen pitoisuus onkin esimerkiksi 10 000 ppm, tulee ilmaisimesta liian epäherkkä eikä hälytys toteudu kaasupitoisuuden noustessa hengenvaarallisiin lukemiin kyseisessä valvottavassa tilassa.

Jos kaasupullo päätetään testata, voidaan sen antamien tuloksien perusteella luoda päätelmä kyseisen kaasupulloerän laadusta, tosin tätä päätelmää ei tule pitää absoluuttisena totuutena. Tästä johtuvat epävarmuudet on otettava huomioon huoltotöitä tehdessä.

Käytettävän testikaasun on oltava todennettu käyttökelpoiseksi, esimerkiksi voimassa oleva sertifikaatti on luotettava todennustapa. Sertifikaatit ovat eräkohtaisia, joihin viitataan kaasupullossa olevassa etiketissä (kuva 4). Sertifikaatin yhteneväisyys on kuitenkin tarkistettava joka kerta. Aiemmin avattu pullo tarkistetaan aina ennen työn aloitusta voimassa olevalla kalibroinnilla tai sertifikaatilla varustetulla vertailumittarilla. Vertailumittauksen on oltava jäljitettävissä, josta on saatavilla esimerkiksi pöytäkirja, kalibroitodistus tai muut luotettava dokumentti, jossa mainitaan päiväys, vertailutulokset, menetelmä ja vertailun tekijä. Kaasujen käyttäminen laimentaa kaasua virtaussäätimen mukana siirtyvän ilman kautta ja reaktiiviset kaasut ovat pääsääntöisesti kertakäyttöisiä. [9]



Kuva 4. Eräkohtaisen sertifikaatin etiketti pullossa. [9]

Kaasupullo on paineastia ja sitä tulee kuljettaa aina virtaussäädin irtonaisena ja huolellisesti pakattuna. Kaasupullon putoamisen tai varioitumisen estämiseksi työn yhteydessä voi käyttää esimerkiksi kaasupulloreppua. Työvälineiden, kuten kaasunilmaisimen tai kaasupullon, on sovelluttava käyttötarkoitukseen, eikä niissä saa olla näkyviä vaurioita. Esimerkiksi sovittimen, säätimen sekä letkun on oltava kaasunilmaisimelle ja testikaasulle soveltuvat. Väärän sovittimen käyttö tai väärin asennettu sovitin laimentavat käytettävää kalibroitikaasua kalibroitiprosessissa. Jos sovitin asetetaan liian löysästi, pääsee kaasun sekaan ilmaa, joka laimentaa syötettävän kaasun pitoisuutta ja tekee ilmaisimesta liian epäherkän. Tämän vuoksi laite ei suorita hälytystä suunnitellulla tavalla. [9]

### 3.2.2 Yleismittari

Yleismittari on elektroninen mittalaite sähköisten mittausten tekemiseen. Pääasiallisesti sillä mitataan voltteja, ohmeja ja ampeereita, mutta siinä voi olla useitakin erikoistoimintoja. Toimeksiantajalla on käytössä Fluken mittareita, mutta jonkun muun valmistajan yleismittarit saattavat toimia eri tavalla sekä niissä voi olla eri toimintoja.

Kalibrointiin ja huoltotöihin käytetään digitaalista Fluke-yleismittaria, jolla kalibroitiprosessissa mitataan ilmaisimen lähettämä virtaviesti pitoisuuden ollessa ala- sekä ylärajassa kytkemällä mittari ilmaisimen virtalähtöön. Yleismittaria käytetään myös käyttöjännitteen tarkistamiseen, ilmaisinkaapelin häiriöiden sekä maadoituksen mittaamiseen. Käyttöjännite tulee mitata virtalähdön ollessa 20 mA, jos mahdollista.

Eräs toimeksiantajan käytössä oleva prosessiyleismittarimalli on Fluke 789, jonka ominaisuuksiin kuuluu muun muassa 24 V silmukajännitteen syöttäminen ja 0 %:n ja 100 %:n tarkistuspainikkeet, joilla voi vaihdella 4 tai 20 mA:n signaalin välillä. Sillä pystytään suorittamaan 0,1 %:n tarkkuudella olevia tasajännitemittauksia, sekä 0,05 %:n tarkkuudella AC/DC-virtamittauksia. Laitteesta löytyy myös infrapunaportti datan käsitteilyyn, mutta kyseistä ominaisuutta ei käytetä kaasunilmaisimen kalibroinnissa. [12]

Yleismittari on mittalaite siinä missä kaasunilmaisinkin ja näin ollen se on kalibroitava tietyin väliajoin tai tarpeen mukaan. Kuten kaasunilmaisimillakin, yleismittareilla käytetään säännöllisiä kalibrointijaksoja, jolloin kalibroinnit ja niiden valvonta on helpoiten toteutettavissa. Kalibrointi on suoritettava ohjeistuksen mukaisesti sekä niin, että se on jäljitettävissä. Tähän jäljitettävyyteen lukeutuu kalibrointitulosten ja mittausepävarmuuden dokumentointi. [13]

Mikäli kalibroitua ei pystytä suorittamaan omassa organisaatiossa tai se ei ole taloudellisesti järkevää, voi laitteen antaa akkreditoidun mittauspaikan kalibroitavaksi, jolloin varmistetaan kalibroinnin oikeanlainen suoritus ja säilyvä jäljitettävyys. Akkreditoidulla mittauspaikalla tarkoitetaan, että toimivaltainen elin on todennut kalibrointi- ja testauslaboratorion päteväksi suorittamaan mittaus- ja kalibrointitoimintaa. Pätevyys on todettu suorittamalla sarja tarkastuksia, joilla on saatu selville, onko toiminta ohjeineen pätevää ja täyttääkö se siitä esitetyt dokumentit. Jos yritys päättää antaa laitteen niin sanotun epävirallisen tahon kalibroitavaksi, on varmistettava että kalibroija täyttää yleisesti hyväksytyyn standardin tarkoituksen esimerkiksi jäljitettävyyden ja ammatillisen pätevyyden suhteen. Toimeksiantaja ei itse suorita yleismittareidensa kalibroitua, vaan toimenpide on ulkoistettu. [13]

Kalibroinnin voimassaolo ilmaistaan yleensä yleismittariin kiinnitettävällä tarralla (kuva 5). Tarran on merkitty kalibroinnin suorittaneen organisaation nimi, kalibroinnin suorituksen päivämäärä ja seuraavan kalibroinnin ajankohta. Kalibroinnista luodaan kalibrointitodistus johon merkitään, onko laite kalibroinnin yhteydessä viritetty vai tarvitseeko mitauksissa saaduille tuloksille laskea korjausmittausten yhteydessä. Jos laitetta viritetään kalibroinnin yhteydessä, on standardien mukaan merkittävä kalibrointituloksessa mitaustulokset ennen ja jälkeen virityksen, jotta kalibrointihistoria säilyy. [13]



Kuva 5. Kalibroitimerkintä yleismittarissa.

Yleismittarilla mitattaessa on otettava huomioon mittausepävarmuus, jolla tarkoitetaan mittaussuureen arvojen luotettavuutta. Jos epävarmuutta ei ole määritelty, ei mittaustuloksia voida pitää jäljitettävänä eikä tulosta pystytä kunnolla vertaamaan aiempiin tuloksiin. Tästä syystä mittaustuloksiin on hyvä merkitä mittaussuureen arvon lisäksi sen tunnettu mittausepävarmuus. [13]

Kaasunilmaisimen huollossa ja kalibroinnissa on huolehdittava ennen työn aloitusta, että käytettävä yleismittari toimii tarkoitetulla tavalla. Jos kalibroidessa on syytä epäillä mittarin toimivuutta voi suorittaa kahden samanlaisen mittarin toiminnallisen vertailun. Empiirisesti tarkasteltuna laitteesta voidaan havaita ainakin voimassa oleva kalibrointi sekä laitteen käynnistyminen, joka varmistaa että sulake on kunnossa. Myös mittajohdoista voidaan tarkistaa silmämääräisesti, että ne näyttävät ehjiltä, sekä tunnustelemalla johtoja koko pituudeltaan katkeamien varalta. Joskus tunnustelun eikä empiirisen tarkastelun aikana kuitenkaan ilmene mitään, vaan vasta mitatessa huomataan, ettei mittari anna mitään lukemaa. Tällöin vika on luultavimmin katkennut johto tai johdon huono kontakti mittapäässä jonka seurauksena johdot on vaihdettava ehjiin.

Itse kalibrointiprosessissa ilmaisimen virtaviestiä kalibroitaessa on pidettävä huoli, että työ suoritetaan oikeita menetelmiä käyttäen, jotta vältetään yleiseltä sekaannukselta, sekä ilmaisimen että yleismittarin vahingoittumiselta. Useimmat virran kalibroinnissa ilmenevät ongelmat ovat mittauksen suorittajasta riippuvaisia, mutta helposti vältettävissä selkeillä ohjeistuksilla. Eräs virhe on unohtaa kuorman kytkeminen piirilevyn sille tarkoitettuun liittimeen, jonka seurauksesta yleismittari ei anna minkäänlaista lukemaa. Virtajohdon väärään paikkaan kytkeminen on mahdollista, sillä sen pystyy kytkemään piirikortin kolmeen eri liittimeen. Useimmissa tapauksissa johtojen kytkeminen väärään paikkaan polttaa yleismittarin sulakkeen, eikä kalibrointia pystytä jatkamaan ilman ylimääräistä toimivaa mittaria.

Kokemattomampi yleismittarin käyttäjä voi mahdollisesti tulkita mitta-alueen väärin ja esimerkiksi yrittää kalibroida 4 mA virtaviestin kymmenen kertaa korkeammalle virralle. Kaasunilmaisimien virranrajoitus pyörii muutamassa kymmenessä milliampeerissa, joten kalibroinnin ei pitäisi teoriassa onnistua eikä ilmaisimen vahingoittua. Oikean virta-alueen valitseminen on myös asia joka tulee ottaa huomioon, sillä useimmissa yleismittareissa on mahdollisuus mitata vaihto- tai tasavirtaa.

### 3.3 Kalibraattori

Kaasunilmaisimien kalibrointiin käytetään toimeksiantajan suunnittelemaa ja kehittämää kalibrointikäsilaitetta eli niin kutsuttua kalibraattoria (kuva 6). Kalibraattoreita on tois-  
taiseksi käytössä kaksi eri versiota: IR Communicator 2 ja IR Communicator 3. Kalibraat-  
tori mahdollistaa kommunikoinnin ilmaisimen ja käsilaitteen välillä ilman, että ilmaisimen  
kantta tarvitsee avata. Kalibraattorista löytyy infrapunälähetin-vastaanotin, jota osoite-  
taan kaasunilmaisimessa olevaan infrapunavastaanottimeen, jonka jälkeen laitteiden vä-  
lille syntyy infrapunalinkki. Infrapunalinkki mahdollistaa ilmaisimen huollon ilman mekaa-  
nista kytkemistä, mikä on erinomainen tapa välttää galvaanista kytkeytymistä. Ilmaisi-  
men infrapunavastaanottimen on kuitenkin oltava esteettä näkyvissä, jotta infrapu-  
nalinkki pystytään muodostamaan luotettavasti.



Kuva 6. IR Communicator 3 eli kalibraattori. [9]

Yhteyden muodostamisen jälkeen kalibraattorin lukukomennolla näytölle ilmestyy pää-  
valikko, josta päästään tarkastelemaan ilmaisimen teknisiä tietoja, kuten mitattavaa kaa-  
sua, kaasupitoisuutta, käytettyä kalibrointikaasua, mitattavan alueen skaalausta sekä  
virtaviestiä. Kalibraattori ja ilmaisimien voidaan kytkeä yhteen myös kaapelin avulla, jos inf-  
rapunaa ei voida käyttää, esimerkiksi vanhemmat ilmaisimet, joissa ei ole infrapunalin-  
siä, tai jos infrapunalla yhteyttä muodostaessa ilmenee häiriöitä eikä kalibrointia pystytä  
suorittamaan sen avulla.

Kalibraattorilla pystytään tarkastamaan sekä säätämään kaasunilmaisimia. Laitteella on  
mahdollista tarkkailla ilmaisimen mittaamaa kohdekaasua, lukea ja syöttää parametreja

sekä kalibroida ilmaisimien. Myös ilmaisimen tietoja pystytään päivittämään, kuten päivämäärä, sarjanumero, kalibrointipäivämäärä sekä anturinvaihtopäivämäärä. Käsilaitteella voidaan kalibroida nollapiste, kohdekaasu, 4 mA:n tai tapauskohtaisesti 0 mA:n ja 20 mA virtaviesti, kalibroinnin tapahtuessa edellä mainitussa järjestyksessä.

Kalibrointilaitteen on suositusten mukaan oltava kolme kertaa tarkempi kuin kalibroitavan kohteen, mutta joissain tapauksissa tarkkuuden on oltava jopa kymmenkertainen. SFS-EN 45544-1 -standardin mukaan kaikki säätölaitteet ja säätämiseen tarkoitettut erikoistyökalut on suunniteltava niin, etteivät ne aiheuta luvattonta häiriötä säädettävässä laitteessa. [14] [15]

Nollapisteellä tarkoitetaan ilmaisimen mittaaman kaasupitoisuuden alarajaa, joka alkaa ajan myötä niin sanotusti ryömimään. Kun nollapiste viruu, ilmaisimien alkaa näyttämään pieniä kaasupitoisuuksia, vaikka mitattava ilma olisi puhtaasta, toisin sanoen nollapisteen kalibroinnilla pyritään nollaamaan ilmaisimen näyttämä puhtaassa ilmassa. Tämä toimenpide tulee suorittaa ennen mitattavan kaasun kalibrointia, sillä testikaasutuksen jälkeen ilmaisimen annetaan palautua nollanäyttämään, joka voi esimerkiksi ammoniakki-ilmaisimilla kestää jopa tunnin. Nollapisteen kalibroinnissa ilmaisimien luetaan kalibraattorilla syöttämättä mitään kaasua, eli mitataan puhtaassa ilmassa, mutta tarpeen mukaan ilmaisimelle voidaan antaa hapen ja typen seosta kaasupullosta. Yhteyden muodostamisen jälkeen valitaan kalibraattorin valikosta 'kalibroi nolla', asetetaan pitoisuuden alarajaksi nolla ja lukitaan nollapisteen kalibrointi kalibraattorilla.

Kohdekaasun kalibroinnissa säädetään ilmaisimen mittaaman kaasupitoisuuden yläraja, jonka ylittyessä ilma alkaa hälyttää. Kun yhteys on muodostettu, valitaan kalibraattorin valikosta kalibrointikomento, jonka jälkeen asetetaan pitoisuuden yläraja, ja hyväksytään valinta enter-näppäimellä. Ilmaisinta kaasutetaan ohjeiden mukaisella kalibrointikaasulla, ja samaan aikaan kalibraattorilla mitataan, että kaasupitoisuus nousee ennalta määrättyyn ylärajaan asti. Tämän jälkeen kalibrointi lukitaan kalibraattorilla.

Virtaviestien kalibrointi suoritetaan kalibroimalla ensin pienempi virtaviesti ja sen jälkeen suurempi. Yleismittari kytketään ilmaisimen virtalähtöön ja tarkkaillaan mittarin antamaa lukemaa, jonka pitäisi puhtaassa ilmassa olla 4 mA. Kalibraattorin valikosta valitaan 'kalibroi 4 mA', jonka jälkeen on mahdollisuus määrittellä vahvistuksen koko. Vahvistusta joko nostetaan tai lasketaan sen mukaan, mitä yleismittarin lukema näyttää, eli toisin sanoen vahvistuksen kokoa muuttamalla pystytään hienosäätämään ilmaisimen virtaa. 20 mA virtaviestin kalibrointi suoritetaan samoja toimenpiteitä käyttäen.



Vaikka kalibraattori onkin käytännöllinen laite kaasunilmaisimien kalibrointiin, sen käyttäminen vaatii koulutuksen. Laitteen vääränlainen operoiminen vaikuttaa ilmaisimen toimintaan, sekä jotkin laitteella tarkasteltavat parametrit voivat olla hankalia tulkita kokemattomalle käyttäjälle. Jos ilmaisimelle syötetään väärä parametri, esimerkiksi pitoisuuden yläraja asetetaan liian korkeaksi, ilmaisimesta tulee liian epäherkkä. Epäherkkä ilmaisimien ei suorita hälytystä silloin, kun sen pitäisi, ja voi aiheuttaa henkilövahinkoja pitoisuuden ollessa liian korkea. Jos alaraja asetetaan liian alas käy päinvastoin, eli ilmaisimien toimii liian herkästi ja tulee tarpeettomia hälytyksiä, jotka laskevat hälytyskeskuksen arvoa. Jotkin parametrit, kuten mitattava kohdekaasu ja kalibrointipäivämäärä, eivät varsinaisesti vaikuta ilmaisimen toimintaan, mutta niiden oikein asettaminen edistää jäljitettävyyttä eikä sekaannuksia pääse syntymään. Parametrien oikein asettaminen helpottaa myös ilmaisimien ja keskusten huoltamista.

Toimeksiantaja tarjoaa koulutusta kalibraattorin käyttämistä varten, mikäli asiakas on kiinnostunut. Kalibraattorilla on monia ominaisuuksia, jotka saattavat olla kaasunvalvontaan perehtymättömälle tuntemattomia, joiden takia laitteen käyttäminen ilman koulutusta ei ole suositeltavaa.

### 3.4 Tiedonsiirto

Kalibraattorin pääsäännöllisiä tiedonsiirtomenetelmiä ovat infrapunasäteily sekä kytkemällä kaapeli kalibraattorin ja mitattavan ilmaisimen välille. Samoja käytäntöjä pystytään hyödyntämään käsilaitteen ja tietokoneen väliseen tiedonsiirtoon, jolloin tietokoneeseen asennetaan infrapunalinssi ja muodostetaan infrapunalinkki samalla tavalla kuin ilmaisimenkin kanssa.

Infrapunatekniikan löytymisen jälkeen sitä on hyödynnetty useissa eri sovelluksissa, joista yleisin ja tutuin lienee viihde-elektronikassa television kaukosäädin, joka välittää näppäinten painallukset televisiolle infrapuna-aaltolina. Infrapunatekniikkaa hyödynnetään muun muassa lääketieteessä, jossa sillä voidaan häiritsemättä ja leviämättä ihmiskehoon tutkia kudoksia ja nesteitä. Rakennustekniikan sovelluksessa sitä käytetään lämpövuotojen paikantamiseen, lujuuden mittaamiseen ja vaurioiden paikantamiseen. Kulunvalvonnassa sitä hyödynnetään esimerkiksi varashälyttimissä suojaamaan kiinteistöjä ja estämään asiattomien henkilöiden sisäänpääsy. [16]

Infrapunasäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon, mutta pienempi kuin mikroaaltojen. Infrapuna-aaltoja ei pysty havaitsemaan silmin, koska ne sijaitsevat näkyvän punaisen valon spektrin alapuolella. Infrapunasäteilyä kutsutaan myös lämpösäteilyksi, koska kappaleet säteilevät infrapuna-alueella sitä voimakkaammin, mitä lämpimämpiä ne ovat. [17] [18]

Infrapunatekniikan suurin hyöty on ehdottomasti sen tiedonsiirron vaivattomuus, sillä laitteiden välille ei tarvitse kytkeä kaapeleita, vaan laitteet sijoitetaan lähelle toisiaan ja tiedonsiirto tapahtuu ilman välityksellä, joka nopeimmillaan voi olla 16 mb/s. Infrapunatekniikka suositaan kannettavissa laitteissa, koska sen standardien mukaiset komponentit ovat edullisia sekä niiden tehonkulutus on pientä. Infrapunan etuja on myös sen kyky olla häiritsemättä muita laitteita, toisin kuin RF-laitteissa, jotka säteilevät läpäiseviä sähkömagneettisia aaltoja ympäristöön aiheuttaen häiriöitä muissa laitteissa. Tämä on tärkeä ominaisuus kriittisissä ympäristöissä, kuten sairaaloissa ja lentokentissä. [18]

Infrapunan suurimpia etuja on myös sen tietoturvallisuus. Sen avulla lähetettävää tietoa on erittäin vaikea siepata, koska infrapunavalon suunnataan haluttavaan kohteeseen. Se on myös turvallinen ihmiselle niin kauan kun sitä käytetään oikealla tavalla. Siihen liittyvät standardit eivät ole yksityisomistuksellisia, eli ne ovat ilmaisia, joka helpottaa sen omaksumista ja mahdollistaa alustojen välisen yhteensopivuuden. Infrapunasäteiden taajuuDET ovat juuri näkyvän valon alapuolella sähkömagneettisessa mittakaavassa, joten sitä voi käyttää kuka tahansa ilman minkäänlaisia rajoituksia. [18]

Infrapunalaitteisiin liittyviä ongelmia ovat sen rajallinen liikennöintietäisyys, joka tällä hetkellä rajoittuu muutamiin metreihin, jonka takia laitteita ei voi sijoittaa kauas toisistaan. Suurempaa tiedonsiirtoa vaativat laitteet sijoitetaan alle metrin etäisyydelle toisistaan, jotta tiedonsiirron virheet pystytään minimoimaan, koska tiedonsiirron virheet lisääntyvät etäisyyden kasvaessa. Suurin tiedonsiirtokapasiteetti ei myöskään yllä samalle tasolle kuin esimerkiksi WLAN-viestinnässä. Infrapunalaitteet vaativat esteettömän ilmatien, jotta laitteet voivat kommunikoida keskenään, koska ne eivät läpäise seinää tai muita kiinteitä esineitä. Siksi kaasunilmaisimet pyritään sijoittamaan niin, että infrapunalähetinvastaanotin on esteettä näkyvissä.

Infrared Data Association (IrDA) on kansainvälinen infrapunatekniikan standardoimisjärjestö, joka tarjoaa laatuvaatimukset protokollien muodossa langattomaan tiedonsiirtoon käyttäen infrapunasäteilyä. Lyhenne IrDA viittaa myös sen protokollakokoelman nimeen.

Järjestö on voittoa tavoittelematon, jonka tavoitteena on kehittää maailmanlaajuisesti käytettäviä määrittämiä langattomaan tiedonsiirtoon infrapunalla.

Infrapunatekniikkaa hyödynnetään myös toimeksiantajan kaasunilmaisimissa sekä IR Communicator -laitteissa. Laitteet voidaan kytkeä toisiinsa nopeasti, sekä ilmaisimen ohjelmointi kalibraattorilla tapahtuu kätevästi ja nopeasti. Infrapuna mahdollistaa ilmaisimen kalibroinnin niin, ettei ilmaisimen kantta tarvitse avata.

Toimeksiantaja käyttää tuotteissaan infrapunälähetin-vastaanotin -piirejä. Piirit noudattavat viimeisintä IrDAn fysikaalisen tason protokollaa IrDA-SIR (Serial Infrared physical layers), jonka mukaan komponentin on tuettava tiedonsiirtonopeuksia aina 115,2 kb/s asti, mutta toimeksiantajan kaasunilmaisimet käyttävät tiedonsiirtonopeutenaan 4800 b/s. Moduuli koostuu PIN-valodiodista, infrapunaemitteristä (IRED) sekä matalatehoisesta IC-kontrollerista. Laitteen liikennöintietäisyys on noin metrin, mutta ulkoisella vastuksella etäisyyttä pystytään säätämään pienemmälle etäisyydelle.

Toimeksiantajan kaasunilmaisimet ja kalibraattori noudattavat yhteistä protokollaa. Protokollassa määritellään muun muassa kohdelaitteen parametreille kohdistuvat komento- ja kyselytunnisteet. Komentotunnisteella laitteelle annetaan käsky yksittäiselle toiminnolle, kyselytunnisteella tätä toimintoa voidaan tarkastella. Laitteiden rajapintana toimii header-tiedosto, jossa määritellään kyseiset tunnisteet, josta ne voidaan hakea ohjelmointitiedostoon.

## 4 RAPORTOINTI

Tässä luvussa käydään läpi miten toimeksiantajalla harjoitetaan laitteiden huoltoon liittyvää raportointia yleisesti sekä kentällä, raportoinnin merkitystä, sekä pohditaan, mitä kehitettävää toimeksiantajan raportoinnissa on. Luvussa tutkitaan myös, miten raportointiprosessi pystyttäisiin automatisoimaan sekä mitä hyötyä siitä on toimeksiantajalle.

### 4.1 Raportoinnin tarkoitus ja nykyinen tila

Raportti on yksinkertaisesti ilmaistuna asiattylinen selonteko tai tilannekatsaus jostakin asiasta tai tapahtumasta, kuten esimerkiksi kaasunilmaisimelle suoritetusta huollosta ja siihen liittyvistä mittaustiedoista. Sen tehtävänä on dokumentoida tapahtumia ja välittää tietoa. Raportointia tapahtuu monella eri ammattialalla ja se voi olla kirjallista tai suullista alasta riippuen.

Kaasunvalvonnassa raportoinnilla pyritään keräämään tietoa huollettavasta ilmaisimesta tai keskuksesta, jotta mahdolliset puutteet pystytään havaitsemaan ja näin kehittämään laitteistoa edelleen. Voidaan siis todeta, että dokumentointi toimii toimeksiantajan laadunvalvontatapana. Pöytäkirjat arkistoidaan toimeksiantajan tietopankkiin, jossa se on kaikkien yrityksen jäsenten nähtävissä. Dokumentointi mahdollistaa toiminnan tarkoituksen ja sisällön viestinnän, joka myötävaikuttaa

- asiakkaan vaatimusten täyttämiseen ja laadun paranemiseen
- sopivan koulutuksen järjestämiseen
- toistettavuuteen ja jäljitettävyyteen
- objektiivisen näytön tuottamiseen
- laadunhallintajärjestelmän vaikuttavuuden ja jatkuvan soveltuvuuden arvioimiseen.

Dokumentoinnin tuottamisen ei pitäisi olla itsetarkoitus, vaan sen tulisi tuottaa lisäarvoa. [19]

Toimeksiantajan huoltoraportointi laadittiin valmiiseen pöytäkirjapohjaan, josta oli olemassa kaksi erilaista versiota. Näitä olivat kaasunilmaisimen oma tarkastuspöytäkirja, joka toimii samalla kalibrointitodistuksena, sekä erillinen keskuksen tarkastuspöytäkirja.

Molemmat pöytäkirjat tehtiin Word-ohjelmalla, jonka jälkeen ne muunnettiin pdf-tiedostomuotoon ja lähetettiin asiakkaalle sekä arkistoituihin toimeksiantajan tietokantaan.

Pöytäkirjoihin kirjataan kutakin valvottavaa tilaa tai aluetta kohden

- valvottavan tilan kuvaus
- kaasunilmaisimien järjestelmäpositiot ja sijaintiviitteet
- koestettujen kaasunilmaisimien ja koestustavat
- toteutuneet hälytystoiminnot
- toteutuneet ilmoitusten siirrot
- havaitut poikkeamat ja puutteet.

Tämän lisäksi pöytäkirjaan merkitään

- todennuksen suorittaja, hyväksyjä ja suorituspäivä
- poikkeamien ja puutteiden toimeksiannot niiden korjaamiseksi sekä päivä, jolloin todentaminen uusitaan korjausten onnistumisen varmistamiseksi
- suoritettavat toimenpiteet ja ilmoitukset normaalin valvonnan palauttamiseksi.

Todennusraportti liitetään kaasunvalvontajärjestelmän tarkastuspöytäkirjojen liitteeksi.  
[9]

Toimeksiantajan liiketoiminta on kasvanut viime vuosina ja sen myötä toimintatapoihin on tullut muutoksia. Kasvaneet vaatimukset ovat luoneet tarpeen muutoksille tarkastuspöytäkirjojen ulkoasuun ja täyttämiseen sekä siihen, miten pöytäkirjan tietoja tulkitaan ja käytetään. Pöytäkirjat kattoivat jo valmiiksi kaasunilmaisimien sekä keskusten huoltotiedot hyvin, mutta joidenkin tietojen ilmaisutapaa haluttiin muuttaa niin, että ne olisivat yksityiskohtaisia, kattavia sekä yksiselitteisiä. Myös kaasunilmaisimen tarkastuspöytäkirjan sisältöä haluttiin laajentaa integroimalla kaasunvalvontakeskuksen pöytäkirjan tiedot ilmaisimen pöytäkirjaan. Ilmaisimen ja keskuksen tarkastuspöytäkirjat yhdistettäisiin niin, että kaikki huollon ja testauksen kannalta olennaiset tiedot tulisi ilmi yhdestä tarkastuspöytäkirjasta, jotta välttyttäisiin ristiin viittaamiselta kahden pöytäkirjan välillä. Samalla minimoidaan kahden pöytäkirjan mallista johtuva niin sanottu paperien pyörittely, kun kaikki huoltotyön kannalta olennainen tieto nähdään yhdestä pöytäkirjasta.

Pöytäkirjassa jo olemassa olevien tietojen esitystapaa haluttiin muuttaa niin, että ne olisivat esitelty yksiselitteisesti ja selkeästi, jotta pöytäkirjan tietoja ei tarvitsisi jälkepäin miettiä asiakkaan kanssa. Esimerkkinä selkeydestä voisi olla huollettavat ilmaisimet,

jotka ovat lueteltuna taulukkoon kanavakohtaisesti tai juoksevan numeron avulla riip-puen, onko ilmaisin kytketty toimeksiantajan omaan valvontakeskukseen vai asiakkaan automaatiojärjestelmään. Tarkasteltava ilmaisin on merkitty sen tuotenimellä, jonka pe-rään on merkitty sen käyttämä virtaviestialue ja joissain tapauksissa tämän perään on liitetty vielä laitteen sarjanumero, jonka takia kyseinen solu täyttyy tekstillä ja pakottaa käyttämään pientä ja epäselvää fonttia. Sen sijaan, että nämä tiedot olisivat laitettuna samaan soluun, niille jokaiselle luotaisiin oma sarake, jotta nämä tiedot olisivat helpom-min luettavissa. Toisin sanoen sarakkeiden tietoja haluttiin pilkkoa yhdestä sarakkeesta useampaan.

Helpomman luettavuuden lisäksi tavoitteena oli laajentaa pöytäkirjan tietoja luomalla kai-kille huollossa tarkasteltaville asioille omat yksittäiset positiomerkinnot. Kaasunilmaisimen pöytäkirjasta puuttui olennaista tietoa sen toiminnan kannalta, esimerkiksi ilmaisimen hälytysrajoihin ja tasoihin sidotut releohjaukset, joiden toiminta tulee testattua koe-kaasutuksen yhteydessä. Kaasutuksesta aiheutumaton hälytystä tulee pitää poik-keamana, joka merkitään pöytäkirjaan. Näille ohjauksille ja hälytyksille tulisi olla myös selitteet, jossa kerrotaan tarkemmin minkälaisista ohjauksista ja hälytyksistä on kyse, esimerkiksi mikä rele kaasunvalvontakeskuksella ohjaa mitään ilmaisinta ja mitkä ovat hälytystavat ja -rajat. Myös muut huoltoprosessin aikana huomatu poikkeamat tulisi kir-jata pöytäkirjaan niin, että ne ovat absoluuttisia. Tämän vuoksi poikkeamille haluttiin luoda oma sarake, jotta niitä pystyttäisiin korostamaan.

Hälytyksien testaus ja hälytysrajat on kyllä merkitty keskuksen tarkastuspöytäkirjassa, mutta nämä tiedot oli tarkoitus siirtää ilmaisimen tarkastuspöytäkirjaan, eivätkä ne katta-neet kaikkea tarvittavaa tietoa. Tietojen siirron lisäksi ne haluttiin ilmoittaa siellä niin, että tiedot ovat yksityiskohtaisia ja selkeästi luettavissa, esimerkiksi erillisen taulukon muo-dossa, jossa olisi lueteltuna kaikkien ilmaisimien releohjaukset, hälytystyyppit jne.

Käytetyt kalibrintikaasut olivat lueteltuina omassa sarakkeessaan mukaan lukien kysei-sellä kaasulla kalibroidut ilmaisimet. Joissain kaasunvalvontajärjestelmissä ilmaisimia voi olla jopa kymmeniä kappaleita huomioiden myös, että ne mittaavat eri kaasuja, jonka takia työssä käytettyjen kalibrintikaasujen määrä saattaa vaihdella yhdestä jopa viiteen eri kaasua. Joitakin ilmaisimia voidaan kalibroida myös muunlaisella kaasulla kuin sen mittaamalla kohdekaasulla, joka saattoi aiheuttaa sekaannusta pöytäkirjaa lukiessa. Sel-keyden vuoksi näille kaasuille luotiin oma sarake taulukkoon. Sen sijaan, että sarakkee-seen merkittäisiin kaasutyyppi ja sen pitoisuus, käytettäisiin viitteenä toimeksiantajan

määrittelemää tuotekoodia, joka sisältää kaasun tiedot sekä muut tarvikkeet, joita tarvitaan kaasulla kalibroitaessa. Tuotekoodit löytyvät toimeksiantajan kotisivuilta, josta pystyy helposti tarkistamaan mitä siihen lukeutuu. Tuotekoodit helpottavat myös huoltotyön suorittajaa työn valmistelussa, jos tarkoitus on esimerkiksi tehdä vuosittainen huolto. Ennen työkohteeseen lähtöä hän voi vanhasta pöytäkirjasta tarkistaa aiemmin kohteessa käytettyjen kaasujen tuotekoodit ja sen mukaan hakea ne varastosta.

Pöytäkirjassa oli merkinnät ilmaisimen ala- sekä ylärajan mitatusta arvosta sekä mahdollisesta säädetystä arvosta. Pöytäkirjaan merkittiin suoritettiin koekaasutus sekä kalibrointi, joita oli tapana kirjata "ok"-merkinnällä. Kaasunilmaisimia ei kuitenkaan välttämättä aina tarvitse kalibroida jos sen näyttämä on sallittujen rajojen sisällä, jotta välttyään turhalta työltä. Kaasutuksen ja kalibroinnin merkintään haluttiin tarkennusta; suoritettiin toimenpide ja jos suoritettiin, mikä oli lopputulos. Lisäksi ala- sekä ylärajan merkintöihin haluttiin lisätä mittauksen odotusarvo, joka toimisi kyseisen rajan optimaalisena tuloksena.

Kaasunilmaisimien sijaintiviitteeseen haluttiin myöskin tarkennusta, sillä ne olivat suhteellisen suurpiirteisesti kirjattu pöytäkirjoihin, eivätkä täten yksiselitteisesti kuvanneet laitteen sijaintia. Useimmiten sijaintiviitteenä toimi asiakkaan itse antama nimitys paikalle tai huoltajan itse määrittelemä sijainti. Ajatuksena oli myös lisätä laitteen fyysisen sijainnin lisäksi sen niin sanottu sähköinen sijainti, jos laite on kytketty esimerkiksi automaatiojärjestelmään.

Laitteilla on tietty käyttöikä jonka tultua täyteen ne on vaihdettava, mutta joskus ilmaisimen osat kuluvat eri tahtiin, esimerkiksi anturin laatu heikkenee ajan myötä tai ilmaisimen kansi altistuu korroosiolle. Ilmaisimeen kohdistuvat muutokset on toimenpiteitä, jotka on kirjattava ylös. Pöytäkirjassa on mittaelementin vaihdolle oma sarakkeensa, johon merkittiin sen vaihdon aikana ollut vuosi ja sen lisäksi muihin huomioihin on ollut tapana tarkentaa vaihdettu osa. Tätä saraketta haluttiin pilkkoa yksityiskohtaisempaan muotoon, jossa vaihtovuoden lisäksi ilmoitettaisiin onko kokonainen ilmaisin vaihdettu, pelkkä anturi vai jokin muun ilmaisimen osa.

#### 4.2 Kenttäraportointi

Kentällä raportointi pyritään mahdollisuuksien mukaan tekemään paikan päällä työkohteessa, mutta aina tämä ei ole mahdollista vaan pöytäkirja täytetään jälkikäteen työmaan

ulkopuolella. Ilmaisimen mittaustulokset luetaan suoraan kalibraattorin näytöltä ja lisätään käsin pöytäkirjaan, poikkeuksena räjähdysvaarallisten tilojen ilmaisimet. Ex-tilojen, eli räjähdysvaarallisten tilojen, ilmaisimien kalibroinnissa tuloksien välitykseen ilmaisimen ja IRC3:n välillä käytetään IRC2-käsilaitetta. Tulokset kirjataan ylös tulostetulle pöytäkirjapohjalle. Raportointiprosessia vaikeuttaa käsin tapahtuvan kirjoittamisen hitaus, tuloksien pyyhkiytyminen IRC3:sta sen sammuesssa automaattisesti, kun laitetta ei käytetä hetkeen sekä työmaan olosuhteet, esimerkiksi vesi- ja lumisade.

#### 4.3 Raportoinnin automatisointi

Työn tavoitteena oli mahdollistaa raportoinnin automatisointi, jotta raportointiprosessia pystyttäisiin nopeuttamaan sekä helpottamaan. Jokaiselle huollossa tarkasteltavalle asialle annetaan viite tai positio, joka vastaavasti löytyisi IRC3:sta. Näin ilmaisinta huollettaessa näille parametreille pystyttäisiin antamaan jokin arvo, jonka IRC3 pystyy tallentamaan muistiinsa.

Raportoinnin automatisoinnilla tarkoitetaan toimeksiantajan ilmaisimien ja keskusten tarkastuspöytäkirjojen tietojen automaattista täyttämistä niiltä osin, jotka pystytään tallentamaan IRC 3-laitteella. Tämä tapahtuisi siten, että ilmaisimen tiedot luettaisiin ensin kalibraattorilla, jonka jälkeen ne siirrettäisiin kalibraattorilta tietokoneelle infrapunavälillä. Kalibraattorin sisältämää tietoa pystyttäisiin tarkastelemaan toimeksiantajan raportointisovelluksen avulla, josta tiedot siirtyvät pöytäkirjapohjaan täyttäen solut niitä koskevilla.



## 5 TUOTEMUUTOKSET

Tässä luvussa käydään läpi opinnäytetyön käytännön osuuden kulkua sekä mahdollisia jatkoprojektimahdollisuuksia. Luvussa esitellään myös muutokset, joita toimeksiantajan kalibraattorille suoritettiin.

### 5.1 Työn lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtana oli mahdollistaa sähköinen tarkastuspöytäkirjan täyttäminen kalibraattorilla, pois lukien ne kohdat pöytäkirjasta, joihin tulee huoltotoimenpiteen suorittajan vapaamuotoista tekstiä. Esimerkiksi työssä ilmeneviä poikkeamia ei pystytä aina ennakoimaan eikä lyhyesti kuvailemaan, joten niille päätettiin luoda vain oma sarakkeensa, jonka solut täytetään käsin. Sähköisen raportoinnin kehittäminen edelsi, että tarkastuspöytäkirjan sisältö olisi muodossa, jota pystyttäisiin kalibraattorilla sähköisesti tulkitsemaan. Tämän vuoksi päädyttiin luomaan pöytäkirjassa useasti toistuville arvoille positiomerkinnot, jotta samoja asioita ei tarvitsisi kirjoittaa uudelleen.

### 5.2 Tarkastuspöytäkirja

Tarkastuspöytäkirjaan haluttiin tehdä muutoksia sen sisältämään tietoon sekä integroida kaasunvalvontakeskuksen pöytäkirjan sisältö kaasunilmaisimen pöytäkirjaan. Aluksi selvitettiin, mitä olennaisia tietoja ilmaisimen pöytäkirjasta puuttui. Tämän jälkeen lähdettiin luomaan uutta pöytäkirjapohjaa tyhjästä Excel-työkirjasta. Vanhaan pöytäkirjaan verrattuna merkittäviä ulkoasullisia muutoksia ei tehty, vaan päätettiin laajentaa sen sisältämää mittausdataa vastaamaan kaasunilmaisimen huoltoprosessissa tarkasteltaviin suureisiin. Tämän lisäksi joitain vanhan pöytäkirjan saraketietoja pilkottiin useampaan sarakkeeseen, jotta niille pystyttäisiin luomaan omat positiot.

Uuden tarkastuspöytäkirjapohjan ulkoasun luomiseen käytettiin mallina vanhaa pöytäkirjapohjaa, johon lisättiin uusia sarakkeita ja positioita sekä muutettiin vanhojen saraketietoja. Pöytäkirjan ulkoasua ei haluttu muuttaa täysin uudennlaiseksi, koska sille ei nähty tarvetta. Pöytäkirjan yleisiin työkohdetietoihin, kuten asiakkaan tai tarkasteltavan järjestelmän tietoihin, ei myöskään tehty merkittäviä muutoksia. Sen sijaan suurimmat muu-

tokset kohdistuivat ilmaisimen kalibroinnin yhteydessä testattavien hälytyksien esitystapaan. Ilmaisimen mittaus- ja kalibroituloksille sekä sen suorittamille ohjauksille luotiin omat erilliset taulukot.

Uudet positiomerkinnot piti määrittellä niin, että ne pystyttäisiin lisäämään kalibraattorin parametreihin, jotta pöytäkirjan automatisointi olisi mahdollista. Ensin luotiin sarakkeet, jotka olivat vanhassa pöytäkirjassa. Tämän jälkeen lisättiin sarakkeet niille tiedoille, joita ei aiemmassa pöytäkirjassa esiintynyt, mutta jotka ovat ilmaisimen toiminnan ja kalibroinnin kannalta tärkeässä asemassa. Tiedot päätettiin ilmaista pöytäkirjassa aloittaen tarkasteltavan ilmaisimen perustiedoista jonka jälkeen ilmoitettaisiin mittaustiedot työn suoritusjärjestyksessä. Näin huollettavan ilmaisimen tiedot ovat johdonmukaisessa ja selkeässä järjestyksessä, joka helpottaa taulukon tulkitsemista.

Kaasunilmaisimen ohjauksien testaus kirjattiin aiemmin kaasunvalvontakeskuksen tarkastuspöytäkirjaan, mutta nämä tiedot haluttiin siirtää ilmaisimen pöytäkirjaan. Ideana oli siirtää kaikki ilmaisimen toimintaan liittyvät ja huollossa tarkasteltavat asiat yhteen pöytäkirjaan. Ilmaisimen suorittamille releohjauksille, kuten apureleille ja tasoreleille, luotiin sarakkeet ilmaisimen kalibroitaulukkoon. Releet merkitään soluihin niiden tunnuksilla, jotka toimivat positiona sekä viitteenä ohjaustaulukkoon, jossa määritellään releen ohjaama laite sekä sen suorittamat jatkohälytykset. Lisäksi taulukkoon merkitään muut ohjauslaitetiedot, jotka helpottavat varaosan hankkimista, esimerkiksi vilkun tuotenumero.

Seuraavaksi päätettiin tehdä ilmaisimen kalibroinnissa käytetyille välineille taulukko, jossa mainitaan käytetyn välineen nimi sekä sen sarja- tai tuotenumero. Todettiin parhaaksi käyttää testikaasupullojen kohdalla niiden tuotenumeroa, joka toimii myös viitteenä kalibroitaulukkoon. Tuotenumero sisältää kaasun ja sen pitoisuuden lisäksi sovittimen, säätimen sekä letkun.

Viimeiseksi pöytäkirjaan lisättiin tarkasteltavien järjestelmien taulukko, jossa on yksityiskohtaisemmat tiedot kaasunvalvontakeskuksista sekä asiakkaan automaatiojärjestelmistä. Taulukkoon merkitään muun muassa keskuksen tuotenimi, sarjanumero, fyysinen sijaintiviite sekä sen käyttämä ohjelmistoversio. Keskuksille annetaan juokseva positiiviite, jotta kalibroitaulukossa pystytään viittaamaan jokaisen ilmaisimen kohdalla, mihin keskukseen se on kytketty.

Tarkastuspöytäkirjapohjan luomisen jälkeen luotiin toinen Excel-tiedosto, jossa varsinaisen pöytäkirjapohjan saraketiedot selitetään tarkemmin auki, kuten mitä tietoa sarake

sisältää, miten tieto saadaan ja mihin sitä käytetään. Tämä tiedosto toimisi ohjeistuksena uuden pöytäkirjan täytössä.

### 5.3 IRC3 käyttöliittymä

Toimeksiantajan viime vuosien aikana tapahtunut kasvu ja kasvaneet vaatimukset ovat luoneet paineita myös kalibraattorin käyttöliittymän ja toiminnan muutoksille. Tarkoituksena oli päivittää IRC3:n käyttöliittymä vastaamaan pöytäkirjaan tulleita muutoksia lisäämällä aiemmin puuttuneita, ilmaisimen huollossa tarkasteltavia, parametreja kalibraattoriin. Samalla kalibraattorin käyttöliittymän rakennetta nykyaikaistettiin. Käyttöliittymän päivitys on suoritettu opinnäytetyön ohessa toimeksiantajan toimesta.

Suurimmat muutokset kohdistuivat kalibraattorin käyttöliittymän rakenteeseen. Aiemmin nähdäkseen ilmaisimen tekniset tiedot tai kalibroidakseen ilmaisimen joutui valikkonäkymiä vaihtamaan toimintojen välillä. Päivitetyssä versiossa kalibraattorin näyttö jakautuu kolmeen pienempään ikkunaan, jossa ylin ikkuna toimii niin sanottuna ylätunnisteena, keskimmäinen lomakkeena ja alin ikkuna alatunnisteena. Koko näytölle on varattu 16 riviä, joista ylä- ja alatunnisteelle 4 riviä molemmille ja loput 8 riviä lomakkeelle. Jokaiselle riville on varattu tilaa tekstille 16 merkin verran.

Ylätunnisteen periaatteena on määritellä tarkasteltava laite sekä työkohteen työnumero ja tilauspositioviite. Ylätunnisteessa pystytään yksilöimään raportti, osoite ja laitteen positioviite, sekä määrittelemään kohdelaitteen sarjanumero. Kaikki toimet, jota tarkasteltavalle ilmaisimelle tehdään, kohdistuvat valittuna olevaan osoitteeseen. Toisin sanoen osoite toimii siis ilmaisimien tietojen tallennussijaintina.

Alatunnistetta käytetään kalibraattorin toimintatilojen tietojen määrittelemiseen. Siellä ilmoitetaan käsilaitteen muistin tila, pariston varauksen tila sekä merkistön valinnan tila. Myös valtuutettu käyttäjä pystytään yksilöimään alatunnisteessa. Kalibraattorin käyttäjä asetetaan tietokoneella DGT Studio-raportointiohjelmistolla.

Lomake-ikkuna toimii niin sanottuna mittaus-ikkunana. Neljä ensimmäistä riviä kuvailevat ja ohjeistavat tarkasteltavan parametrin tai toiminnon ja neljä seuraavaa riviä esittävät mitattavat arvot.

Kalibraattorilla pystyttiin aiemmin tallentamaan ja tarkastelemaan yhtä kaasunilmaisinta kerrallaan. Tämän vuoksi kalibraattoriin lisättiin osoite-ominaisuus käyttöliittymän uusinnan yhteydessä. Osoitepaikkoja on 128, ja niissä yhden ilmaisimen tiedot pystytään tallentamaan yhdelle osoitteelle. Tämä mahdollistaa useamman ilmaisimen tietojen tarkastelun. Jos ilmaisimissa ilmenee toistuvia tietoja, pystytään ne tallentamaan ensin yhdeltä ilmaisimelta ja sen jälkeen siirtämään ne muihin ilmaisimiin. Näin vältetään samojen tietojen uudelleenkirjoittamiselta.

#### 5.4 Käytännön muutokset

Merkittävimmät käytännön muutokset kohdistuivat tarkastuspöytäkirjan täyttötapaan. Uudistusten ansiosta pöytäkirja pystytään täyttämään sähköisesti kalibraattorilla. Näin ollen kentällä riittää, että kalibraattori on mukana ja se toimii vaaditulla tavalla. Lisäksi yhden pöytäkirjan malli helpottaa raportointiprosessia, kun kaikki työkohteeseen kohdistuneet huoltotoimenpiteet nähdään yhdestä raportista.

Toimeksiantajan kalibraattorin kokemat muutokset edistävät sekä huolto- että raportointiprosessia. Sähköisen raportoinnin mahdollistaminen kalibraattorilla helpotti tarkastuspöytäkirjan luomista. Lisäksi kalibraattoriin lisättiin 128 osoitepaikkaa, joka mahdollistaa useamman ilmaisimen tallennettujen tietojen tarkastelun sen sijaan, että uuden ilmaisimen luku pyyhkisi vanhan tiedot kalibraattorista. Toisin sanoen kalibraattorilla pystytään tarkastelemaan yhden laitteen sijasta useampaa laitetta.

## 6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin toimeksiantajan raportointiprosessia sekä laajennettiin tarkastuspöytäkirjaa. Työn tarkoituksena oli automatisoida pöytäkirjan täyttö sekä laajentaa pöytäkirjan sisältöä vastaamaan ilmaisimen huollon aikana tarkasteltavia parametreja. Uusi tarkastuspöytäkirjapohja sisältää positioviitteet jo olemassa oleville sekä uusille parametreille.

Opinnäytetyössä perehdyttiin myös kalibrointiin yleisellä tasolla sekä kaasunvalvontaan ja ympäristövaatimuksiin liittyviin standardeihin, jotka luovat edellytykset toimeksiantajan laatuvaatimuksille. Työssä käytiin läpi myös kaasunilmaisimen kalibrointiin käytettävien välineiden käyttötarkoitusta kalibrointi- ja testausprosessissa sekä niiden käyttöön liittyviä riskejä.

Työn lähtökohtana oli toimeksiantajan viime vuosien aikana tapahtunut kasvu, jonka johdosta syntynyt paine muuttaa toimintatapoja vaati muutoksia tarkastuspöytäkirjan täyttämiseen sekä tietojen tulkinta- ja käyttötapaan.

Jatkoprojektin aiheena voisi olla laiterekisteritietokannan luominen huollettujen kaasunilmaisimien huoltotiedoille. Tämä tarkoittaisi sitä, että luotaisiin pääte- sekä pilvitietokanta huoltotietojen hallinnointia varten.

## LÄHTEET

- [1] Suomen standardisoimisliitto SFS RY (www-sivu). Saatavilla: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut). luettu: (13.10.2015)
- [2] SFS-EN 45544-4, Workplace atmospheres. Electrical apparatus used for the direct detection and direct concentration measurement of toxic gases and vapours, 1999
- [3] SFS-EN ISO 14001, Ympäristöjärjestelmät. Spesifikaatio ja ohjeita sen käyttämiseksi, 1996
- [4] SFS-EN ISO 9001, Laadunhallintajärjestelmät ja vaatimukset, 2008
- [5] SFS-EN 50281-1-2, Pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet. Osa 1-2: Koteloinnilla suojatut sähkölaitteet. Valinta, asennus ja huolto, 1998
- [6] Greenham, L., The CoGDEM Guide to Gas Detection. ILM Publications, 2012
- [7] Hiltunen, E., Linko, L., Hemminki, S., Hägg, M., Järvenpää, E., Saarinen, P., Simonen, S. & Kärhä, Laadukkaan mittaamisen perusteet. (PDF-kirja) Saatavilla: [http://mikes.fi/mikes/Op-paat/j4\\_2011\\_laadukkaan\\_mittaamisen\\_perusteet.pdf](http://mikes.fi/mikes/Op-paat/j4_2011_laadukkaan_mittaamisen_perusteet.pdf) (luettu: 21.10.2015)
- [8] Beamex, miksi kalibroida? (www-sivu) Saatavilla: <http://www.beamex.net/fi/about/why-calibrate.html> (luettu: 21.10.2015)
- [9] Detector Oy, yrityksen sisäinen koulutusmateriaali, luettu: (21.10.2015)
- [10] Detector Oy, Kaasunilmaisimet (www-sivu), Saatavilla: <http://www.detector.fi/tuotteet-ratkaisut-ja-referenssit/kaikki-tuotteet/kaasuilmaisimet.html> (luettu: 21.10.2015)
- [11] Tukes, Vaurio- ja onnettomuusrekisteri (www-sivu), Saatavilla: <http://varo.tukes.fi/> (luettu: 16.11.2015)
- [12] Fluke, Fluke 789 ProcessMeter (www-sivu), Saatavilla: <http://www.fluke.com/fluke/fifi/virtasilmukkalibraattorit/prosessikalibraattorit/fluke-789.htm?PID=56133> (luettu: 16.11.2015)
- [13] Lahti Ville-Pekka, Opinnäytetyö, Konepajan mittauslaitteiden kalibroitisuunnitelma, Metropolia ammattikorkeakoulu, 2014, Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76078/Insinorityo.pdf?sequence=1> (luettu: 16.11.2015)
- [14] SFS-EN 45544-1, Workplace atmospheres. Electrical apparatus used for the direct detection and direct concentration measurement of toxic gases and vapours. General requirements and test methods, 1999

- [15] Inkinen Ilkka-Ville, Opinnäytetyö, Kalibroinnin määrittely laitosautomaatiossa, Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2013, s. 37, Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63606/Inkinen%20Ilkka-Ville.pdf?sequence=1> (luettu: 16.11.2015)
- [16] Moilanen Tuomo, Opinnäytetyö, Infrapunasäteilyn tulosuunnan ilmaisun, Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2009, Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12902/TTI4STuomom.pdf?sequence=1> (luettu: 8.12.2015)
- [17] Infrapunasäteily (www-sivu), Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Infrapunas%C3%A4teily> (luettu: 8.12.2015)
- [18] Infrared Data Association, What is infrared? (www-sivu), Saatavilla: <http://irdajp.info/what.html> (luettu: 8.12.2015)
- [19] SFS-EN ISO 9000, Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto, 2000