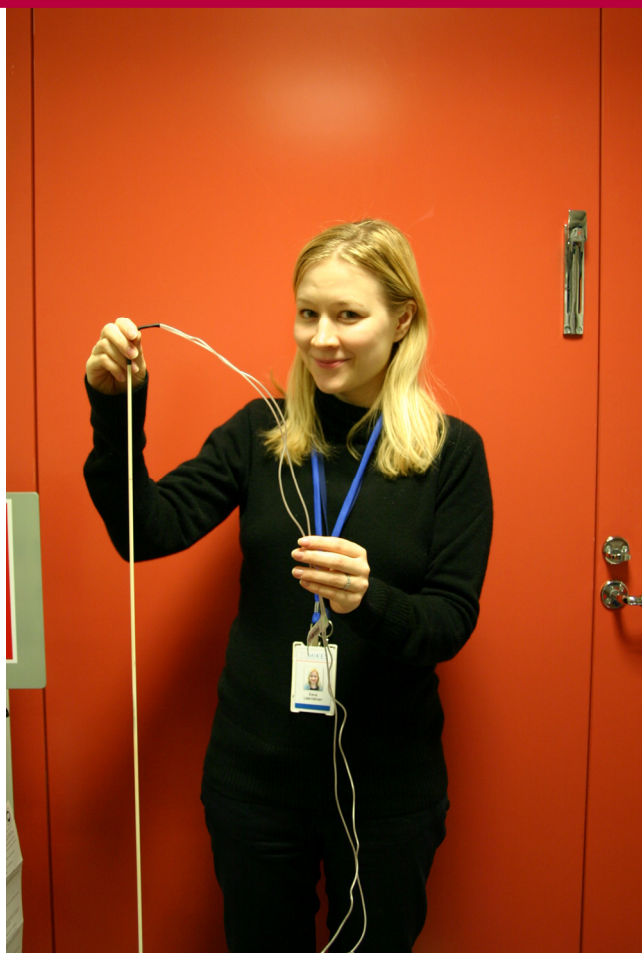


 MIKES

METROLOGIA

J7/2007



Termoelementtivertailu

Loppuraportti

Thua Weckström
Mittatekniikan keskus

Espoo 2007

Julkaisu J7/2007

Termoelementtiverailu L13

Loppuraportti

Thua Weckström

Mittatekniikan keskus

Espoo 2007

Abstract

An intercomparison in the temperature range from 0 °C to 1000 °C was arranged in Finland in 2007 by the Centre for Metrology and Accreditation (MIKES). The task was the calibration of a thermocouple at four temperatures. Two calibration laboratories for thermometry participated in the comparison.

The transfer standard was a type S (Pt10%Rh/Pt) thermocouple.

All the calibration results were consistent with the reference results obtained by MIKES within the reported uncertainties.

Tiivistelmä

Mittatekniikan keskus (MIKES) järjesti vuonna 2007 vertailumittauksen, missä tehtävänä oli termoelementin kalibrointi neljässä lämpötilapisteessä välillä 0 °C ja 1000 °C. Vertailuun osallistui kaksi kalibrointilaboratoriota Suomesta.

Siirtonormaali oli S-tyyppin termoelementti (Pt10%Rh/Pt).

Kaikki raportoidut kalibrointitulokset olivat mittausepävarmuuksien puitteissa yhtäpitäviä MIKESissä määritettyjen referenssitulosten kanssa.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	7
2	Osallistujat	7
3	Siirtonormaali	7
4	Mittausohjeet	7
5	Vertailun tulokset	8
6	Johtopäätökset	10

1 Johdanto

Mittatekniikan keskus (MIKES) ja sen edeltäjä Teknillinen tarkastuskeskus on järjestänyt lämpömittarien kalibrointia koskevia vertailuja jo 1980-luvulta lähtien. Niiden avulla suomalaiset kalibrointilaboratoriot ovat voineet osoittaa toimintansa pätevyyden eri mitta-alueilla. Tämänkertaisen vertailun (L13) tavoitteena oli tutkia osallistujien kykyä kalibroida termoelementtejä lämpötila-alueella 0 °C - 1000 °C. Vertailuun osallistui kaksi laboratoriota, joista kumpikin teki mittauksensa alueella 450 °C - 1080 °C.

2 Osallistujat

Vertailuun osallistuivat seuraavat laboratoriot:

Inspecta Oy, Espoo
IRCAL Oy, Kalibrointikeskus, Lahti

Näistä ensimmäinen teki mittaukset ja raportoi ne akkreditoitun pätevyysalueensa mukaisesti.

3 Siirtonormaali

Vertailussa käytettiin siirtonormaalina S-typin termoelementtiä, joka oli kalibroitu ITS-90 lämpötila-asteikon kiintopisteissä Cu (1084,62 °C), Ag (961,78 °C), Al (660,323 °C), Zn (419,527 °C) ja jäähauteessa (0 °C) (MIKESin kalibrointitodistus M-07T060). Kalibrointi toistettiin vertailun loppuksi (MIKESin kalibrointitodistus M-07T138).

4 Mittausohjeet

Vertailun osallistujille lähetettiin mittausohjeet (Liite 1).

5 Vertailun tulokset

Tässä raportissa raportoidut termojännite-lämpötilamuunnokset perustuvat standardiin IEC 584-1 Second Edition 1995.

Laboratoriot raportoivat kalibrointitulokset kalibrointitodistusten muodossa. Ne sisälsivät tiedot kalibrointilämpötiloista, mitatuista termojännitteistä ja niitä vastaavista lämpötila-arvoista. Kalibroinnin epävarmuus oli ilmoitettu lämpötilana. Laboratorioiden ilmoittamat tulokset ovat taulukoissa 1 - 2. Niissä on myös mitatun termojännitteen perusteella laskettujen lämpötilojen poikkeama laboratorion määrittämästä kalibrointilämpötilasta (Korjaus = kalibrointilämpötila - IEC-standardin perusteella laskettu lämpötila).

Taulukko 1. Laboratorion A tulokset

Lämpötila (°C)	Mitattu termojännite (µV)	Vastaava lämpötila (°C)	Korjaus (°C)	Kalibroinnin epävarmuus (°C)
454,5	3780,7	454,0	0,6	0,5
899,0	8434,7	898,7	0,3	1,0
1071,4	10419,4	1071,4	0,0	1,3

Taulukko 2. Laboratorion B tulokset

Lämpötila (°C)	Mitattu termojännite (µV)	Vastaava lämpötila (°C)	Korjaus (°C)	Kalibroinnin epävarmuus (°C)
450,1	3730	448,7	1,4	1,2
899,3	8436	898,7	0,6	1,3
1078,5	10492	1077,6	0,9	1,3

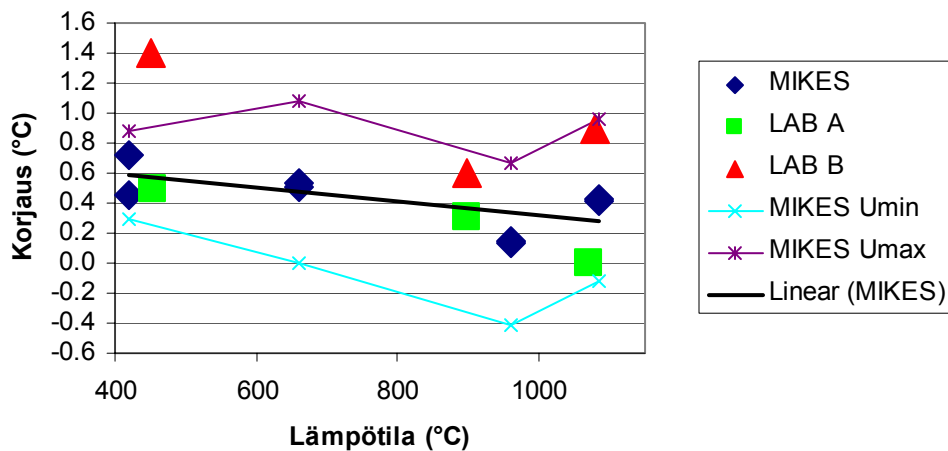
Taulukko 3. MIKESin tulokset ennen vertailua

Lämpötila (°C)	Mitattu termojännite (µV)	Vastaava lämpötila (°C)	Korjaus (°C)	Kalibroinnin epävarmuus (°C)
419,527	3439,80	418,81	0,72	0,20
660,323	5854,54	659,79	0,54	0,20
961,78	9146,35	961,65	0,13	0,20
1084,62	10569,25	1084,20	0,42	0,50

Taulukko 4. MIKESin tulokset vertailun jälkeen

Lämpötila (°C)	Mitattu termojännite (µV)	Vastaava lämpötila (°C)	Korjaus (°C)	Kalibroinnin epävarmuus (°C)
0	-0,2914	-0,05	0,05	0,10
419,527	3442,5	419,08	0,46	0,20
660,323	5854,9	659,82	0,50	0,20
961,78	9146,7	961,64	0,15	0,20
1084,62	10570,1	1084,22	0,41	0,50

Alla olevassa kuvassa 1 on laboratorioiden korjaukset lämpötilan funktiona. MIKESin arvot ovat taulukosta 3 ja taulukosta 4.



Kuva 1. Laboratorioiden korjaukset lämpötilan funktiona. MIKESin arvoille sovitettiin suora: korjaus (°C) = 0,77292 °C - 4,5739 × 10⁻⁴ × t(°C).

Koska laboratoriot suorittivat mittaukset toisistaan poikkeavissa kalibrointilämpötiloissa, käytettiin referenssinä MIKESissä määritettyjen korjausten arvoihin sovitettua suoraa (ks. kuva 1). Referenssiarvon epävarmuus määritettiin seuraavien tekijöiden perusteella:

- MIKESin kalibrointiepävarmuus
- Sovituksen epävarmuus (sisältäen pitkän aikavälin epästabiiliuden sekä epälineaarisuuden)

Vertailun tuloksia arvioitiin laskemalla normalisoidun virheen itseisarvo E_n alla olevan kaavan mukaisesti

$$E_n = \left| \frac{\text{korjaus}_{lab} - \text{korjaus}_{MIKES}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{MIKES}^2}} \right|$$

missä korjaus_{lab} ja korjaus_{MIKES} ovat vertailuun osallistuneen laboratorion keskimääräinen korjaus kyseisessä kalibrointilämpötilassa ja MIKESin tulosten perusteella laskettu vastaava keskimääräinen referenssiarvo. Tekijät U_{lab} ja U_{MIKES} ovat laboratorion ilmoit-

tama kalibroinnin laajennettu epävarmuus ja referenssiarvon laajennettu epävarmuus. Lasketut E_n -arvot ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Lasketut E_n -arvot sekä vastaavat referenssiarvon epävarmuudet ($k=2$)

LAB A			
Kalibrointilämpötila (°C)	1071,4	899,0	454,0
MIKESin korjaus (°C)	0,28	0,37	0,60
U_{ref} (°C)	0,54	0,29	0,29
LAB A korjaus (°C)	-0,03	0,29	0,55
$U_{LAB A}$ (°C)	1,30	1,00	0,50
E_n (LAB A)	0,22	0,07	0,09
LAB B			
Kalibrointilämpötila (°C)	1078,5	899,3	451,1
MIKESin korjaus (°C)	0,28	0,37	0,60
U_{ref} (°C)	0,54	0,29	0,29
LAB B korjaus (°C)	0,90	0,48	1,35
$U_{LAB B}$ (°C)	1,30	1,30	1,20
E_n (LAB B)	0,44	0,08	0,61

6 Johtopäätökset

Normalisoidun virheen itseisarvo kertoo vertailumittauksessa havaitun keskimääräisen eron merkittävyyden määritettyyn mittausepävarmuuteen nähden. Mikäli se on suurempi kuin 1 ($E_n > 1$) laboratorion määrittämä epävarmuus kyseiselle tulokselle ei todennäköisesti ole realistinen eikä saatu tulos ole vertailukelpoinen referenssilaboratorion tuloksen kanssa. Siksi vertailumittauksen tuloksia pidetään yleensä hyväksyttävänä, jos $E_n < 1$. Taulukon 5 tulokset osoittavat, että kaikki tämän vertailun tuloksista lasketut E_n -arvot ovat pienempiä kuin 1. Laboratorioiden tulokset osoittautuivat siis vertailukelpoisiksi ja laboratorioiden epävarmuusarviot realistisiksi.

Kumpikaan osallistuneista laboratorioista ei noudattanut mittausohjetta valinnan osalta: Mittausohjeessa (Liite 1) mainittiin että mittauspisteet olisivat 0 °C, 600 °C, 800 °C ja 1000 °C, mutta molemmat laboratoriot A ja B valitsivat mittauspisteiksi 450 °C, 900 °C ja 1070 °C.

Laboratorioiden toimittamat kalibrointitodistukset sekä epävarmuuslaskennat sisälsivät kaikki tarpeelliset tiedot Laboratorion A todistuksessa oli pyöristysvirhe.

Liite

Lämpötilan vertailumittauksen L13 ohjeet

Mittatekniikan keskus järjestää termoelementtivertailun vuonna 2007. Vertailun tarkoitus katsoa miten termoelementtiä kalibroidaan vertailuun osallistuvien laboratorioiden omilla termoelementeillä. Vertailulaitteena on kiintopistekalibroitu S-tyypin termoelementti.

Toimenpiteet vertailunormaaliala vastaanotettaessa ja normaalin käsittelyssä

Vertailunormaali toimitetaan vertailumittauksen osallistujille pahvilaatikkoon pakattuna. Pakkaus avataan varovasti ja tarkastetaan, että mittauslaite ei ole vahingoittunut kuljetuksen aikana.

Termoelementtiä on käsiteltävä varovasti, jotta se ei rikkoontuisi.

Vertailunormaalien kuvaus

Vertailunormaali on S-tyypin termoelementti, jossa on kupariset jatkojohdot. Termoelementti on omassa keraamisessa suojaputkessa.

Termoelementin kytkentä

Termoelementin ja kuparijohtimiin liitoskohdat laitetaan referenssilämpötilaan. Johtimien toiset päät kytketään jännitemittariin tai digitaalilämpömittariin.

Mittaukset

Mittaukset suoritetaan seuraavissa lämpötiloissa: 0 °C, 600 °C ja 800 °C ja 1000 °C.

Huom: termoelementtiä kalibroidaan omassa keraamisessa suojaputkessa, sitä ei saa laittaa uuniin ilman tätä ulkoista suojaputkea.

Mittaustulosten raportointi

Raportointi tehdään kalibrointitodistus. Todistuksesta pitää käydä ilmi:

- 1) mittausjärjestelmä
- 2) lämpötilan laskentatapa (oman referenssilaitteen laskentatapa)
- 3) kalibroitavan mittarin lukemat (jos on vain lämpötilalukemia pitää selittää miten termojännitteestä on saatu lämpötila)
- 4) mittauksen laajennetun epävarmuuden laskenta (μV tai $^{\circ}\text{C}$) epävarmuuskomponentteineen

Mittaustulosten palautus

Raportti tulee lähettää kahtena kappaleena Thua Weckströmille, Mittatekniikan keskus, Tekniikantie 1, PL 9, 02151 Espoo viimeistään neljän viikon kuluttua mittauksista.

Osallistujat

Inspecta
Ircal

Vertailulaitteen kuljetus

Vertailulaite kuljetetaan tai lähetetään seuraavalle laboratoriolle, ja viimeinen laboratorio palauttaa sen Mittatekniikan keskukseseen.

Yhteystiedot vertailumittaukseen liittyvissä kysymyksissä

Kalibrointiin liittyviin kysymyksiin vastaa Thua Weckström, puh. 010 6054 439, sähköposti thua.weckstrom@mikes.fi.

Viimeisimmät julkaisut

- J1/2006 M. Rantanen, S. Semenoja, *Intercomparison in Gauge Pressure Range from -95kPa to +100 kPa*
- J2/2006 M. Heinonen, J. Järvinen, A. Lassila, A. Manninen (Eds.), *Finnish National Standards Laboratories Annual Report 2005*
- J3/2006 K. Riski, L. Stenlund, *Mass Comparison: 610 g laboratory balance*
- J4/2006 M. Heinonen, *Uncertainty in humidity measurements - Publication of the EUROMET Workshop P758*
- J5/2006 T. Ehder (Toim.), *Kvalitatiivisen kemian metrologian opas orgaanisten yhdisteiden tunnistukseen*
- J6/2006 T. Ehder (Toim.), *Mikrobiologian laboratorion elatusaineiden sisäinen laadunvarmistus*
- J7/2006 J. Järvinen (Toim.), *Kansallinen mittanormaalityö ja sen kehittäminen 2007-2011*
- J8/2006 V-P. Esala, *Pituuden vertailumittaus D8 Loppuraportti 07.12.2006*
- J9/2006 R. Rajala, *Yleismittarin vertailumittaus*
- J1/2007 M. Heinonen, J. Järvinen, A. Lassila, A. Manninen (Eds.), *Finnish National Standards Laboratories Annual Report 2006*
- J2/2007 M. Rantanen, S. Semenoja, G. Peterson, J. Busk, *Low gauge pressure comparisons between MIKES, Metroserit and FORCE Technology Range -2000 Pa to +2000 Pa*
- J3/2007 M. Rantanen, S. Semenoja, J. Leskinen, *Absolute pressure comparison between MIKES and Vaisala Oyj Range 10 Pa to 5000 Pa*
- J4/2007 M. Rantanen, S. Semenoja, M. Ackerholm, A. Condereys, Z. Krajicek, W. Sabuga, J. Verbeek, C. Wüthrich, *High pressure comparisons between seven European National Laboratories - Range 50 MPa to 500 MPa. Report on EUROMET Project 881*
- J5/2007 A. Evenstad, C. Mitsas, K. Riski, V. Vabson, K. Winter, T. Zandarova, *Euromet 832: 50 kg comparison*
- J6/2007 Measurement Traceability and Uncertainty in Machine Vision Applications

Tilaukset: Kirsi Tuomisto, puh. 010 6054 436, e-mail tilaukset@mikes.fi.



- PL 9, Tekniikantie 1, 02151 ESPOO
- Puh. 010 6054 000 • Fax 010 6054 299
- www.mikes.fi