

KALIBROINTITODISTUS

KALIBRERINGSBEVIS

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Nro
nr • no.

M-16P013

Tilaaaja
Uppdragsgivare • Customer

Beamex Oy Ab
Ristisuonraitti 10
68600 PIETARSAARI

Kalibroitu laite
Kalibrerat instrument • Calibrated instrument

Painevaaka ja kaksi mäntä-sylinteriyhdistelmää

Valmistaja
Tillverkare • Manufactured by

Ruska Instrument Corporation

Tyyppi
Typ • Model

Vaakarunko 2465
Mäntä-sylinteriyhdistelmät:
- V korkeapainealue 0,13 MPa ... 4,1 MPa
TL matalapainealue 5 kPa ... 110 kPa

Sarjanumero
Serienummer • Serial number

Vaakarunko 21035
Korkeapainealueen msyl.yhdistelmä V-431
Matalapainealueen msyl.yhdistelmä TL-1006


Kalibrointipäivä
Kalibreringsdatum • Date of calibration

08.02.2016

Päiväys
Datum • Date

11.02.2016

Allekirjoitukset
Underskrifter • Signatures


Juho Salminen
Tutkija


Sari Saxholm
Erikoistutkija

Sivu
Sida • Page

1/6

Liitteitä
Bilagor • Appendices

-

Kalibroidun laitteen kunto

Kondition av kalibrerat instrument • Condition of calibrated instrument

Kalibroittavasta painevaa'asta ja sen mäntä-sylinteriyhdistelmistä oli käytettävissä seuraavat tiedot:

Valmistaja	Ruska instrument Corporation
Malli	2465
Valmistusnumero	21035
Mäntä-sylinteriyhdistelmät	TL-1006 (matala painealue 5 ... 110 kPa) V-431 (korkea painealue 0,13 ... 4,1 MPa)
Referenssitaso	Merkitty vaa'an runkoon
Mäntä-syl. yhdistelmien	Mp-alue: 0,000015 1/°C (valmistajan ilm.)
lämpötilakertoimet	Kp-alue: 0,000009 1/°C (valmistajan ilm.)
Punnussarja	20845, punnusten ja mäntien massat kalibroitu, todistus M-16M013, massat ja tiheydet todistuksen mukaiset

Kalibroittavan laitteen toimintakunnossa ei havaittu huomauttamista.

Kalibrintimenetelmä

Kalibreringsmetod • Calibration method

Kalibroittavan painevaa'an ja sen mäntä-sylinteriyhdistelmien annettiin tasaantua mittaushuoneessa vallitseviin olosuhteisiin vähintään 16 tunnin ajan ennen mittauksia. Painevaaka ja mittanormaali asetettiin rinnakkain työpöydälle ja säädettiin vaaka-asentoon pienen vesivaa'an avulla, joka asetettiin männän päälle.

Kalibroittavan painevaa'an punnuksista valittiin sekä matalapainealueelle että korkeapainealueelle viisi yhdistelmää, joita vastaavat paineet mitattiin paineen mittanormaalin avulla 4 kertaa. Mittauksia tehtiin sekä paineen nousevassa että laskevassa suunnassa käyttäen männän molempia pyörimissuuntia. Pyörimisvauhti männälle ja sen päällä oleville punnuksille annettiin käsin.

Kalibroittavan laitteen ja mittanormaalin mäntä-sylinteriyhdistelmän lämpötila mitattiin laitteen runkoon asennetun Pt-100-anturin avulla, vastus luettiin yleismittarilla.

TULOSTEN LASKENTA

Kalibroittavan painevaa'an tasapainotilaa vastaava paine p_{obj} sen referenssitasossa voidaan laskea kaavasta:

$$p_{obj} = \frac{mg(1 - \rho_a/\rho_m) + \sum Mg(1 - \rho_a/\rho_M)}{S_{(20,p)}[1 + 2\alpha(t - 20^\circ\text{C})]} \quad (1)$$

jossa

m	on männän massa;
ρ_m	on männän tiheys;
$\sum M$	on ko. punnusyhdistelmän massa;
g	on paikallinen putoamiskiintyvyys;
ρ_a	on ympäröivän ilman tiheys;
ρ_M	on punnusten tiheys;
$S_{(20,p)}$	on mäntä-sylinteriyhdistelmän tehollinen pinta-ala lämpötilassa 20 °C ja paineessa p ;
2α	on mäntä-sylinteriyhdistelmän tehollisen pinta-alan lämpötilakerroin ja
t	on mäntä-sylinteriyhdistelmän lämpötila.

Kun kalibroitava painevaaka ja paineen mittanormaali ovat liitettyinä samaan paineverkkoon, on

$$p_{obj} = p_{norm} - (\rho_f - \rho_a)g\Delta h$$

jossa p_{obj} on kalibroittavan vaa'an referenssitasoa vastaava paine ja p_{norm} on paineen mittanormaalin referenssitasoa vastaava paine.

Tekijä $(\rho_f - \rho_a)g\Delta h$ on referenssisitasojen korkeuserosta aiheutuva hydrostaattinen paine, jossa

ρ_f	on väliaineen tiheys;
ρ_a	on ympäröivän ilman tiheys;
g	on paikallinen putoamiskiihtyvyys ja
Δh	on referenssisitasojen korkeusero (positiivinen, jos kalibroitava paine-vaaka on ylempänä)

Kalibroitavan painevaa'an mäntä-sylinteriyhdistelmän lämpötilaa 20 °C ja valittua referenssisitasoa vastaava tehollinen pinta-ala $S_{(20,p)}$ voidaan ratkaista kaavasta 2 kutakin mitattua painenormaalien paineen arvoa vastaavana, kun männän ja mittauksessa käytettyjen punnusten massat, mäntä-sylinteriyhdistelmän lämpötila ja ympäristöolosuhteet tunnetaan:

$$S_{(20,p);i} = \frac{mg(1 - \rho_a/\rho_m) + \sum M_i g(1 - \rho_a/\rho_M)}{\rho_{obj;i}[1 + 2\alpha(t - 20\text{ °C})]} \quad (2)$$

Mäntä-sylinteriyhdistelmän tehollinen pinta-ala ilmoitetaan yleensä lämpötilaa 20 °C ja painetta $p = 0$ vastaavan pinta-alan $S_{(20,0)}$ ja paineriippuvuuskertoimen λ avulla. Arvot $S_{(20,0)}$ ja λ määritetään esittämällä tehollisen pinta-alan arvot $S_{(20,p);i}$ paineen funktiona ja sovittamalla arvoihin pienimmän neliösumman suora.

Tehollinen pinta-ala lämpötilassa t ja paineessa p voidaan laskea kaavasta

$$S_{(t,p)} = S_{(20,0)}[1 + 2\alpha(t - 20\text{ °C})](1 + \lambda p) \quad (3)$$

Jos pinta-alalla ei ole paineriippuvuutta, lämpötilaa 20 °C ja painetta $p = 0$ vastaavan pinta-alan $S_{(20,0)}$ lasketaan painotettuna keskiarvona. Koska mittanormaalien suhteellinen epävarmuus kasvaa paineen pienentyessä, myös laskettujen $S_{(20,p);i}$ -arvojen epävarmuus kasvaa. Tästä syystä kalibroinnin tulos esitetään laskettujen $S_{(20,p);i}$ -arvojen painotettuna keskiarvona käyttäen painoina lukuja w_i seuraavasti:

$$w_i = S_{\text{norm};p_{\text{max}}} / S_{\text{norm};p_i}$$

jossa

$S_{\text{norm};p_{\text{max}}}$	on mittanormaalien suhteellinen epävarmuus suurimmalla mittauksissa käytetyllä paineella p_{max} ja
$S_{\text{norm};p_i}$	on mittanormaalien suhteellinen epävarmuus paineella p_i .

Samaa painotustapaa käytetään myös tulosten keskihajontaa laskettaessa.

Kalibroinnissa käytetyt mittanormaalit ja jäljitettävyys

Mättnormalerna som använts i kalibrering och spårbarhet • Measurement standards used in calibration and traceability

MATALAPAINELUE

Painevaaka DHI PG7601 nro 149:

- mäntä-sylinteriyhdistelmä nro 277, kalibroitodistuksen nro M-15P035 ja männän massa, kalibroitodistuksen nro M-14M060
- punnusten kannatin nro 249, kalibroitodistuksen nro M-14M060
- punnussarja nro 2229, kalibroitodistuksen nro M-15M045

Mittanormaalien paras mittauskyky (CMC) on 0,5 Pa + 0,0022 % mitatusta paineen arvosta ($k = 2$).

KORKEAPAINELUE

Painevaaka Desgranges & Huot 5203 nro 4401:

- mäntä-sylinteriyhdistelmä nro 4012, kalibroitodistuksen nro M-15P076 ja männän massa, kalibroitodistuksen nro M-15M008
- punnusten kannatin nro 2926, kalibroitodistuksen nro M-15M007
- punnussarja nro 2926, kalibroitodistuksen nro M-15M019

Mittanormaalien paras mittauskyky (CMC) on 5 Pa + 0,0022 % mitatusta paineen arvosta ($k = 2$).

ff

Kalibroitavan painevaa'an lämpötilamittauksen vastuslukemat mitattiin yleismittarilla:

- Agilent 34401A nro US36134097, kalibroitodistuksen nro M-15E047

Toimeksiannon tunniste on VO-16-0075 ja raakadatiedostojen tunnisteet ovat Beamex TL-1006 SS.xls ja Beamex V-431 SS.xls

Paineen kalibroitulokset ovat jäljitettäviä kansainväliseen mittayksikköjärjestelmään (SI) paineen, massan, putoamiskiihtyvyyden ja pituuden kansallisten mittanormaalien kautta. Vakuumin kalibroitulokset alle 3 pascalin alueella ovat jäljitettäviä Saksan kansallisiin mittanormaaleihin. Kansalliset mittanormaalit ovat vertailumittauksin kansainvälisesti tunnustettuja ja yhdenvertaisiksi todettuja.

Kalibrointiolosuhteet

Kalibreringsförhållanden • Calibration conditions

Mittaaja:	Sari Saxholm
Mittauspaikka:	MIKES 060PAI ja MIKES 061PAI
Mittauspäivä:	8.2.2016 ja 3.2.2016
Lämpötila:	20,7 °C ± 1 °C
Ilmanpaine:	989 hPa ± 5 hPa
Suht. kosteus:	47 % ± 10 %
Putoamiskiihtyvyys:	9,81907 m/s ²
Väliaine:	Typpikaasu

Kalibroitulokset ja mittauserävarmuus

Kalibreringsresultat och mätosäkerhet • Calibration results and measurement uncertainty

Kalibroinnin tuloksena saadut lämpötilaa 20 °C vastaavat mäntä-sylinteriyhdistelmän tehollisen pinta-ala arvot ovat

Matalapainealue, TL-1006:

$$S_{(20,p)} = 335,742 \text{ mm}^2 \pm 0,011 \text{ mm}^2$$

($k = 2$, mittaukset ylip.alueella 16,4 kPa ... 101 kPa)

Korkeapainealue, V-431:

$$S_{(20,p)} = 8,39331 \text{ mm}^2 \pm 0,00022 \text{ mm}^2$$

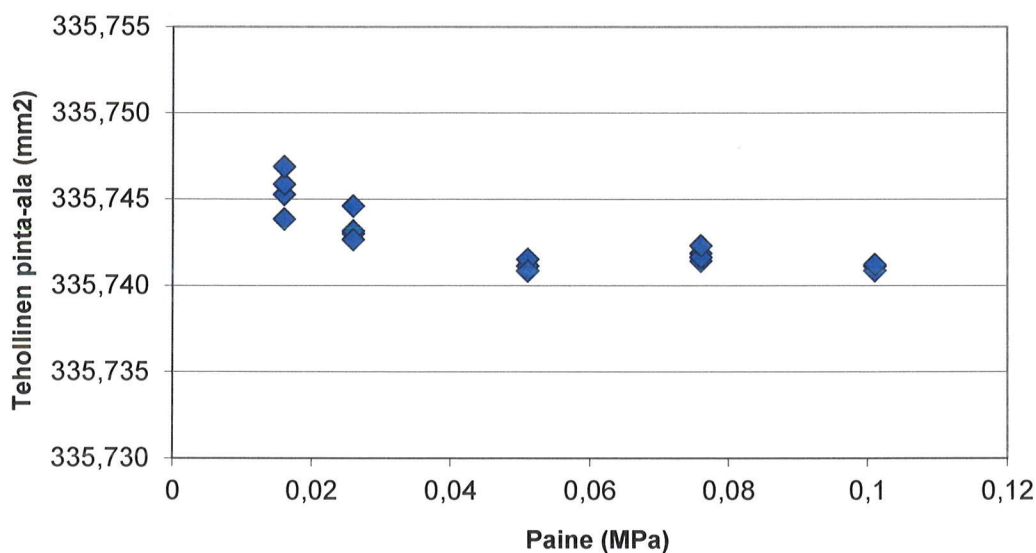
($k = 2$, mittaukset ylip.alueella 0,21 MPa ... 4,01 MPa)

Mainituilla painealueilla tehollisen pinta-alan arvoja voidaan pitää paineesta riippumattomina, samoin riippumattomina männän pyörimissuunnasta.

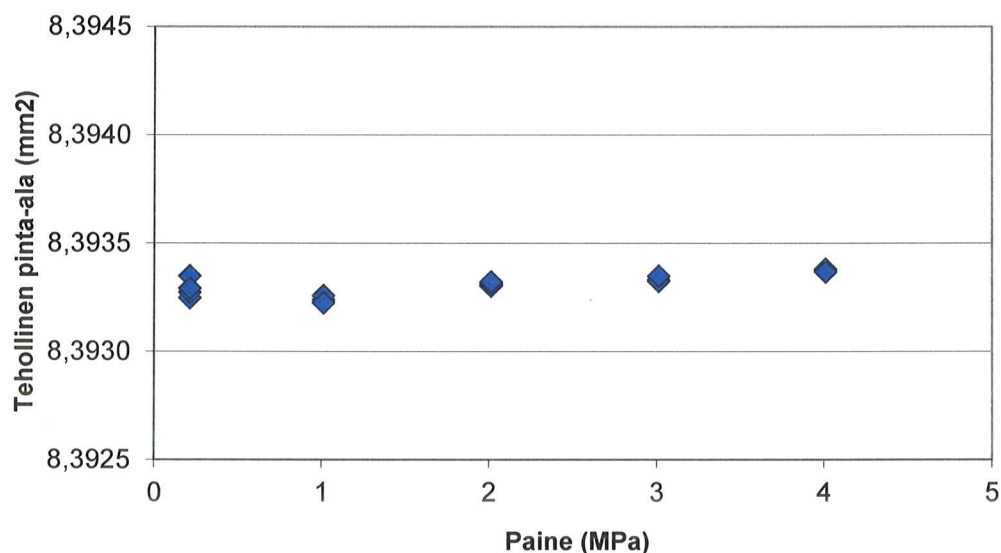
Epävarmuuden osatekijä	Suhteellinen epävarmuus (1s) miljoonasosina (ppm) Matalapainealue	Suhteellinen epävarmuus (1s) miljoonasosina (ppm) Korkeapainealue
Tulosten hajonta	4	6
Mittanormaalien epävarmuus suurimmalla mittauksissa käytetyllä paineella	13	15
Kalibroitavan painevaa'an punnusten massojen epävarmuus	3	3
Kalibroitavan painevaa'an mäntä-syl.yhdistelmän lämpötilan epävarmuus (±0,5 °C)	5	3
Kalibroitavan painevaa'an pystysuoruuteen liittyvä epävarmuus	3	3
Korkeuserokorjauksen epävarmuus	1	1
Yhdistetty epävarmuus	15	17
Kokonaisepävarmuus ($k = 2$), ppm	31	34
Kokonaisepävarmuus ($k = 2$), mm ²	0,0105	0,000220

Lämpötilaa 20 °C vastaavan tehollisen pinta-alan arvon epävarmuus on laskettu GUMin (Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008) mukaisesti käyttäen kattavuuskerrointa $k = 2$. Laskettuun tehollisen pinta-alan epävarmuuteen vaikuttavat merkitsevät tekijät ja niiden suuruudet on esitetty seuraavassa taulukossa:

TL-1006



V-431



Huomautukset Anmärkningar • Remarks

Esitetty kalibroitutulos ja epävarmuuslaskelma vastaavat painevaa'an kuntoa kalibroitihetkellä. Niissä ei ole otettu huomioon mahdollisia ajan mittaan tapahtuvia muutoksia.

MIKES on kansallinen metrologialaitos, joka nimeää kansalliset mittanormaallilaboratoriot ja valvoo niiden toimintaa. Kansallisen mittanormaallilaboratorion tehtävänä on pitää yllä kansallisia mittanormaaleja ja niiden jäljitettävyyttä SI-järjestelmän yksiköihin. Kansallinen mittanormaalijärjestelmä perustuu lakiin nro 1156/1993 ja asetukseen nro 972/1994. MIKES on osa Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:tä.

Tämä todistus on kansainvälisen paino- ja mittakomitean (CIPM) laatiman vastavuoroisen tunnustamissopimuksen (MRA) liitteeseen C sisällytettyjen kalibrointi- ja mittaustarkkuuksien (CMC) mukainen. Kaikki MRA:ssa mukana olevat laitokset tunnustavat toistensa kalibrointi- ja mittaustodistusten kelpoisuuden niille suureille, mitta-alueille ja mittausepävarmuuksille, jotka on määritelty liitteessä C (katso yksityiskohdat <http://www.bipm.org>).

MIKES är det nationella metrologiinstitutet, som utser de nationella mätnormallaboratorierna och övervakar deras verksamhet. Det nationella mätnormallaboratoriet har som uppgift att upprätthålla nationella mätnormaler och deras spårbarhet till SI-systems enheter. Det nationella mätnormalsystemet är stadgat i lag nr 1156/1993 och förordning nr 972/1994. MIKES är en del av Teknologiska forskningscentralen VTT Ab.

Detta bevis är i överensstämmelse med de kalibrerings- och mättningsförmågor (CMC) som ingår i bilaga C till arrangemanget om ömsesidigt erkännande (MRA), som har utarbetats av den internationella kommittén för vikt och mått (CIPM). Inom MRA erkänner alla deltagande institut giltigheten av varandras kalibrerings- och mättningsbevis för de storheter, mätområden och med de osäkerheter som är angivna i bilaga C (för närmare detaljer se <http://www.bipm.org>).

MIKES is the National Metrology Institute of Finland which designates the National Standards Laboratories and supervises their activities. The National Standards Laboratories are responsible for maintaining of national standards and their traceability to SI units. The Finnish national standards system is based on the Law No. 1156/1993, and the Decree No. 972/1994. MIKES is a part of VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

This certificate is consistent with Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) that are included in Appendix C of the Mutual Recognition Arrangement (MRA) drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognise the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <http://www.bipm.org>).