

Metrologiaorganisaatio ja mittausten jäljitettävyys Suomessa

Jaana Järvinen

Mittatekniikan keskus, MIKES
Tekniikantie 1, 02150 Espoo
jaana.jarvinen@mikes.fi

Tiivistelmä. Metrologia on mittauksia käsittelevä tiedonala. Metrologiaa ja metrologiaorganisaatiota tarvitaan, jotta kussakin maassa tehtävät mittaukset olisivat luotettavia, jäljitettäviä ja kansainvälisestikin hyväksyttäviä. Metrologiaorganisaatio Suomessa on periaatteiltaan samankaltainen kuin useimmissa muissakin Euroopan maissa. Mittatekniikan keskus eli MIKES toimii kansallisena metrologialaitoksena, joka tehtävänä on SI-mittayksikköjärjestelmän toteuttaminen Suomessa ylläpitämällä ja kehittämällä kansallista mittanormaalijärjestelmää sekä koordinoimalla alan kansainvälistä yhteistyötä. Kansalliseen mittanormaalijärjestelmään kuuluvia tehtäviä hoitavat kansalliset mittanormaalilaboratoriot, joita ovat MIKES ja muut MIKESin nimeämät kansalliset mittanormaalilaboratoriot ja sopimuslaboratoriot. Lisäksi kaksi laitosta toimii oman lainsäädäntönsä perusteella kansallisina mittanormaalilaboratorioina. Niistä toinen on Geodeettinen laitos, joka vastaa pituuden (geodesia) ja putoamiskiintyvyyden kansallisista mittanormaaleista. Kansallisen mittanormaalijärjestelmän tehtävänä on yhdessä kansallisen kalibrointipalvelun kanssa turvata jäljitettävien ja luotettavien mittausten ja kalibrointien tarjonta Suomessa. Kansalliseen kalibrointipalveluun kuuluvat MIKESin akkreditointiyksikön eli FINAS-akkreditointipalvelun päteväksi toteamat eli akkreditoituidut kalibrointilaboratoriot.

MIKES on metrologian ja mittaustekniikan tutkimuslaitos, jonka tarkoituksena on jäljitettävien mittausten mahdollistaminen, uusien menetelmien tutkiminen mittauserävarmuuden pienentämiseksi sekä uusien mittauslaitteiden kehittäminen. Suomen tarkimmat mittaukset ja kalibroinnit tehdään nykyään olosuhteiltaan huippulaatuisissa laboratoriotiloissa, jotka valmistuivat MIKESin uuteen toimitukseen syksyllä 2005. MIKES tarjoaa tutkimus-, mittaus-, kalibrointi-, asiantuntija- ja koulutuspalveluja. Kalibrointipalveluja MIKES tarjoaa esim. pituuden mittauslaitteille. Lisäksi MIKES ylläpitää kansallista aikaa.

Myös vakaustoiminta eli lakisääteinen mittauslaitteiden varmentaminen kuuluu metrologian tehtäväkenttään. Vakaustoiminta Suomessa kohdistuu ensisijassa yleiseen kaupankäyntiin liittyviin mittauksiin. Turvatekniikan keskus eli TUKES ohjaa ja valvoo lakisääteistä metrologiaa.

Avainsanat: Mittatekniikan keskus, MIKES, metrologia, mittayksikkö, SI, kansallinen mittanormaali, jäljitettävyys, kalibrointi, mittauserävarmuus, pituusmittaukset

1 Metrologiaorganisaation taustaa

Elämässä ei liene montaakaan asiaa, joka ei liittyisi jollakin tapaa mittaamiseen. Mittaamista käsittelevä tiedonala, metrologia, onkin todennäköisesti vanhin tieteenala maailmassa. Ranskan vallankumouksen aikoihin tiedemiehet ja johtajat eri maissa kiinnittivät huomiota siihen epäjärjestykseen ja epävarmuuteen, joka aiheutui vaihtelevista mitoista ja painoista. Asiantila häiritsi niin kauppaa kuin tieteen kehitystäkin. Silloin syntyi ajatus metrijärjestelmästä. Alusta alkaen tavoitteena oli sellaisen mittajärjestelmän luominen, joka perustuisi yleismaailmallisiin luonnonvakioihin ja olisi siten kaikkien maiden hyväksyttävissä. Ranskassa tämän idean mukainen uusi järjestelmä otettiin käyttöön ensimmäisenä. Vuonna 1791 Ranskan kansalliskokous päätti hyväksyä uuden mittajärjestelmän perustaksi metrin. Metrin pituudeksi määriteltiin kymmenesmiljoonasosa maapallon pituuspiirin neljänneksestä. Vuonna 1799 metrin mittanormaaliksi valmistettiin platinainen päätemitta, joka nykyisin tunnetaan arkistometrinä.

Laajempaan käyttöön metrijärjestelmä tuli kansainvälisen metrisopimuksen allekirjoittamisen jälkeen vuonna 1875. Tällöin järjestelmä perustui metriin ja kilogrammaan. Jatkossa järjestelmää täydennettiin uusilla mittayksiköillä ja muutaman välivaiheen kautta siitä kehittyi kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä, SI, jonka metrisopimuksen perusteella kokoontuva Yleinen paino- ja mittakonferenssi (CGPM) hyväksyi vuonna 1960. SI-mittayksikköjärjestelmään kuuluu seitsemän perusyksikköä (metri, kilogramma, sekunti, ampeeri, kelvin, kandela ja mooli) ja niiden johdannaisyksiköt. SI-mittayksiköt otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1965. Nykyään metrisopimuksen on allekirjoittanut 51 maata.

Suomi siirtyi metrijärjestelmään vuonna 1886 annetulla keisarillisella asetuksella mitoista ja painoista. Metrijärjestelmään siirtymisen toimeenpanon valmisteleminen ja valvominen annettiin silloisen maanmittausylihallituksen alaiselle vakauskomissiolle. Sen toimesta Suomeen hankittiin metrin ja kilogramman prototyypit vuonna 1890. Metrologinen toiminta Suomessa keskittyi lähinnä lakisääteiseen metrologiaan eli vakaustoimintaan. Suomen itsenäistyttyä vakauskomission tehtävät siirtyivät ensin vuonna 1921 vakaustoimistolle ja sen tehtävät edelleen vuonna 1974 perustetulle kauppa- ja teollisuusministeriön alaiselle teknilliselle tarkastuskeskukselle (TTK).

Mittatekniikan keskus eli MIKES perustettiin vuonna 1991 voimaan tulleella lailla, jolla metrologia- ja akkreditointitoiminnot siirrettiin TTK:sta MIKESIin. Lisäksi myöhemmin TTK:sta on muodostettu Turvatekniikan keskus eli TUKES, joka valvoo ja ohjaa lakisääteisen metrologian eli vakaustoiminnan alueelle kuuluvia asioita ja avustaa asiaankuuluvan lainsäädännön valmistelussa. Vakaustoiminta Suomessa kohdistuu ensisijassa yleiseen kaupankäyntiin liittyviin mittauksiin.

2 MIKES on kansallinen metrologialaitos ja metrologian tutkimuslaitos

Metrologian keskeinen painopistealue on kansainvälisen mittayksikköjärjestelmän SI:n mukaisten perus- ja johdannaisyksiköiden toteuttaminen ja toteuttamismenetelmien kehittäminen. Kansainvälisesti yhdenmukaiset mitat ja mittayksiköt ovat välttämätön edellytys kansainväliselle kaupalle ja tieteelle. Mittayksikköjärjestelmä on jatkuvasti kehittynyt yhdessä tieteen ja tekniikan kehityksen kanssa. Toisaalta mittayksikköjärjestelmä on helpottanut tutkimustoimintaa tarjoamalla tutkijoille yhteiset ja tarkat mittayksiköt ja toisaalta taas tieteen innovaatiot ovat tarjonneet uusia tapoja toteuttaa mittayksiköt yhä tarkempia mittauksia vaativan tieteen ja teollisuuden tarpeisiin.

Metrologiatoiminnasta Suomessa vastaa nykyisin MIKES. MIKES on kansainvälisesti tunnustettu asiantuntijakeskus, jonka tehtävänä on varmistaa Suomessa tehtyjen mittausten, testausten, tarkastusten ja sertifiointien luotettavuus ja kansainvälinen vertailukelpoisuus. MIKES toimii kansallisena metrologialaitoksena (National Metrology Institute, NMI), joka

ylläpitää ja kehittää Suomen kansallista mittanormaalijärjestelmää, huolehtii kansallisesta kalibroitopalvelusta, tekee alan huippututkimusta ja koordinoi metrologian kansainvälistä yhteistyötä. Lisäksi MIKES ylläpitää kansallista aikaa. MIKESin tehtävänä on kehittää ja ylläpitää kansallista metrologista järjestelmää siten, että elinkeinoelämän ja muun yhteiskunnan kilpailukyky säilyy ja paranee. Tehtävän toteuttamiseen kuuluu kalibroitien lisäksi aktiivinen tutkimustoiminta, koulutus, tiedotustoiminta sekä asiantuntijapalvelut teollisuudelle ja muulle yhteiskunnalle. Tutkimustoiminnasta mainittakoon mm. seuraavat projektit: optinen taajuuskampa metrin realisoinniseksi suoraan määritelmänsä perustuen, levitointiin perustuva kilogramman realisointi kilogramman nykyisen määritelmän korvaamiseksi, kvanttimitrologiakolmio sähkösuureiden mittayksiköiden sitomiseksi luonnonvakioihin ja matalien lämpötilojen ns. CBT-lämpömittari kansainvälisen lämpötilasteikon määrittelemiseksi. Asiantuntijapalvelut voivat olla esim. neuvontaa asiakkaan mittaus- tai kalibroitongelmien ratkaisemiseksi, mittausmenetelmien ja -tekniikoiden suunnittelua asiakkaan tarpeita varten, optimoidun kalibroitijärjestelmän kehittämistä tai tutkimushankkeisiin osallistumista. Lisäksi MIKES osallistuu aktiivisesti kansainväliseen yhteistyöhön ja huolehtii siitä, että suomalainen metrologia on kansainväliset vaatimukset täyttävää. Tällä hetkellä MIKESissä työskentelee yli 60 vakituista henkilöä, joista vajaat 40 on metrologian yksikössä.

Syksyllä 2005 MIKESille valmistui uusi toimitalo Espoon Otaniemessä (kuva 1). Se tarjoaa metrologian tutkimukselle huippuolosuhteet, sillä toimitilat on toteutettu ottaen huomioon tutkimustoiminnan erilaiset vaatimukset, kuten stabiili ja tarkka ilman lämpötila ja kosteus, värinänvaimennus, liikuntasaumattomat laboratorioden välillä, sähköinen häiriösuojaus ja puhdistilamaiset olosuhteet. Tarkimmissa metrologisissa mittauksissa esim. lämpötila saa poiketa asetusarvosta vain 0,05 °C. Tästä syystä osa laboratorioista sijaitseekin kokonaan maan alla. Uusi toimitalo parantaa oleellisesti MIKESin tutkimus- ja yhteistyövalmiuksia.



Kuva 1. MIKES Espoon Otaniemessä, Tekniikantie 1.

3 Kansallinen mittanormaalijärjestelmä

Suomessa MIKES on vastuussa kansallisen mittanormaalijärjestelmän toteuttamisesta ja kehittämisestä. Kansalliseen mittanormaalijärjestelmään sisältyy keskeisten SI-järjestelmän mittayksiköiden toteuttaminen, niiden mittanormaalien ylläpito ja kehittäminen sekä jäljitettävyyden siirto kalibroimalla alemman tarkkuustason mittanormaaleja tai mittauslaitteita. Mittanormaali on kiintomitta, mittauslaite, vertailumateriaali tai mittausjärjestelmä, jolla määritellään, realisoidaan, säilytetään tai toistetaan suureen mittayksikkö tai suureen yksi tai useampi referenssiarvo. Jäljitettävyys on mittaustuloksen tai mittanormaalin yhteys ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa on ilmoitettu kaikkien vertailujen epävarmuudet. Kalibrointi käsittää toimenpiteet, joiden avulla spesifioituissa olosuhteissa saadaan mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomittan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla toteutettujen arvojen välinen yhteys (SFS 3700).

Vuoden 1994 alusta lähtien Suomen kansallinen mittanormaalijärjestelmä on perustunut lakiin mittayksiköistä ja mittanormaalijärjestelmästä. Sen mukaan kauppa- ja teollisuusministeriö päättää siitä, mitkä SI-järjestelmän mukaiset perus- ja johdannaisyksiköt realisoidaan kansallisilla mittanormaaleilla. Kansallisia mittanormaaleja ylläpitävät MIKES ja sen nimeämät muut kansalliset mittanormaali-laboratoriot (kuva 2).

MIKES vastaa itse useimpien suureiden mittayksiköiden kansallisista mittanormaaleista (massa, paine, tiheys, lämpötila, kosteus, virtaus, pituus ja dimensionaaliset suureet, sähkösuureet, aika ja taajuus sekä akustiikka). Omien laboratorioden lisäksi MIKES on nimennyt Teknillisen korkeakoulun Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osaston kansalliseksi mittanormaali-laboratorioksi, joka vastaa optisten suureiden sekä suurjännitemittausten kansallisista mittanormaaleista. Oman lainsäädäntönsä perusteella kansallisia mittanormaaleja ylläpitävät Geodeettinen laitos pituuden ja putoamiskiiktyvyyden osalta ja Säteilyturvakeskus ionisoivan säteilyn osalta.

Lisäksi MIKES on sopinut kahden akkreditoitun kalibrointilaboratorion kanssa, että ne toimivat sopimuslaboratoriona tietyillä tärkeillä mittaalueilla, joille kansalliset mittanormaali-laboratoriot eivät tällä hetkellä tarjoa kalibrointipalveluja. MIKES on tehnyt sopimuksen Raute Precision Oy:n (2.10.2006 alkaen Lahti Precision Oy) kanssa voiman ja vääntömomentin osalta ja Ilmatieteen laitoksen kanssa tiettyjen kaasuseosten osalta. Sopimukseen kuuluu, että laboratoriot tuottavat asiantuntijapalveluita, ylläpitävät referenssinormaaliensa jäljitettävyyttä, opastavat asiakkaita, osallistuvat kansainväliseen yhteistyöhön ja järjestävät vertailumittauksia. Lisätietoja kansallisten mittanormaali-laboratorioiden ja sopimuslaboratorioiden toiminnasta ja palveluista löytyy MIKESin kotisivuilta (www.mikes.fi).

Kansallisten mittanormaali-laboratorioiden mittanormaalit edustavat parasta mittatieteellistä tasoa maassa eli ne kuuluvat parhaimpaan tarkkuusluokkaan. Kansallisen mittanormaali-laboratorion tehtävänä on luoda perusta jäljitettäville mittauksille kalibroimalla muiden kansallisten mittanormaali-laboratorioiden, akkreditoitujen laboratorioden sekä tarvittaessa suoraan teollisuuden mittauslaboratorioiden ja muiden tarvitsijoiden referenssinormaaleja. Näiden laboratorioden suorittamien kalibrointien kautta mittayksikön realisointi leviää laajalle yhteiskuntaan. Lisäksi kansalliset mittanormaali-laboratoriot tekevät kansainvälisesti tunnustettua tutkimustyötä, ylläpitävät ja kehittävät mittanormaaleja ja osallistuvat vertailumittauksiin korkeimmalla kansainvälisellä tasolla.

Suomi on mukana Kansainvälisen paino- ja mittakomitean (CIPM) MRA-sopimuksessa (Mutual Recognition Arrangement), jonka perusteella sopimuksen piirissä olevat kansalliset metrologialaitokset ja kansalliset mittanormaali-laboratoriot tunnustavat toistensa antamat mittaus- ja kalibrointitodistukset tasavertaisiksi. ”Kerran mitattu, kaikkialla

hyväksytyt” onkin MRA-sopimuksen päätavoite. MRA antaa kansainvälisen tunnustamisen myös akkreditoitujen testaus- ja kalibrointilaboratorioiden mittaustuloksille edellyttäen, että nämä laboratoriot voivat osoittaa pätevästi tulostensa jäljitettävyyden MRA:han osallistuviin kansallisiin metrologialaitoksiin ja kansallisiin mittanormaalilaboratorioihin. Lisätietoja MRA-sopimuksesta löytyy Kansainvälisen paino- ja mittatoimiston eli BIPM:n kotisivuilta (www.bipm.org).



Kuva 2. Kansalliset mittanormaalilaboratoriot 1.1.2007.

4 Kansallinen kalibrointipalvelu

Kansallinen kalibrointipalvelu koostuu MIKESin akkreditointiyksikön eli FINAS-akkreditointipalvelun päteväksi toteamista eli akkreditoituista kalibrointilaboratorioista. Akkreditoituilla laboratorioilla on siten ns. kolmannen osapuolen myöntämä tunnustus teknisestä pätevydestään, laadunvarmistuksestaan ja puolueettomuudestaan. Akkreditointi myönnetään laboratorion arvioinnin ja säännöllisesti toistuvien määräaikaikäyntien perusteella. Laboratorion akkreditointi suoritetaan yleensä standardin SFS-EN ISO/IEC

17025 mukaisesti. Kalibrointilaboratorioiden pätevyyden arvioinnissa kiinnitetään erityisesti huomiota mittauksen ja kalibrointien jäljitettävyyteen ja mittausepävarmuuden arviointiin.

Akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden suorittamat kalibroinnit ovat jäljitettäviä kansallisten mittanormaalilaboratorioiden ylläpitämiin kansallisiin mittanormaaleihin. Kansallisen mittanormaalijärjestelmän ja kansallisen kalibrointipalvelun ensisijaisena tehtävänä on luoda edellytykset mittauksen jäljitettävyydelle ja huolehtia jäljitettävyyssketjuista loppukäyttäjien mittausvälineistä SI-mittayksikköjärjestelmään. Jäljitettäviä mittauksia vaaditaan erityisesti sovelluksissa, joissa säädöksiin, standardein tai sopimuksiin määritellään tietyt vaatimukset mittauksen varmistamiselle. Yleinen laadunhallintaan liittyvä periaate teollisuudessa, kaupassa ja muussa mittaus toiminnassa, johon liittyy taloudellisia tai oikeudellisia vaikutuksia tai teknisiä tarkkuusvaatimuksia, on että mittauslaitteet on jäljitettävästi kalibroitu ja että mittausepävarmuus on tunnettu.

FINAS akkreditoi kalibrointilaboratorioiden lisäksi myös mm. testauslaboratorioita, tarkastuslaitoksia ja sertifiointielimiä. Tällä hetkellä FINASin akkreditoimia laboratorioita on yli 200, joista kalibrointilaboratorioita on 30. Akkreditoidut kalibrointilaboratoriot tarjoavat palveluitaan suoraan loppukäyttäjille. Tiedot akkreditoiduista laboratorioista löytyvät MIKESin verkkosivuilta (www.mikes.fi). FINAS on mukana akkreditoinnin kansainvälisen yhteistyöjärjestön monenkeskisessä tunnustamissopimuksessa, jolloin akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden antamat todistukset pätevät kaikissa sopimuksessa mukana olevissa maissa.

5 Kansainvälinen yhteistyö

MIKES on vastuussa kansainvälisestä yhteistyöstä metrologian alalla. Kansalliset mittanormaalilaboratoriot huolehtivat kansainvälisistä yhteyksistä omilla erityisalueillaan. Yhteistyön tärkeä osa-alue on vertailumittaukset eri maiden kansallisten mittanormaalien kesken. Vertailumittauksen avulla voidaan osoittaa oma pätevyys kansainvälisellä tasolla. Tärkeimpiä kansainvälisiä yhteistyöfoorumeja ovat metrisopimukseen perustuvat CGPM, CIPM, BIPM ja neuvoo-antavat komiteat (CC:t) sekä EUROMET, joka on yhteistyötä Euroopan kansallisten metrologialaitosten välillä. Suomen kansalliset mittanormaalilaboratoriot noudattavat EUROMETissa sovittuja laatuperiaatteita.

6 Metrologian neuvottelukunta

Metrologian neuvottelukunta (MNK) toimii kauppa- ja teollisuusministeriön sekä MIKESin ja TUKESin apuna mittanormaalijärjestelmään ja sen kehittämiseen liittyvissä asioissa. Sen tehtävänä on esim. tuoda esiin teollisuuden, elinkeinoelämän ja yhteiskunnan näkemys tutkimustarpeista ja toimia kanavana, jonka kautta metrologiapalvelujen käyttäjäkunta voi antaa palautetta. MNK on valtioneuvoston asettama ja sen jäsenet edustavat metrologian ja mittauksen varmentamisen kannalta keskeisiä hallinnonaloja sekä elinkeinoelämää ja kuluttajia. Lisäksi MNK:ssa on edustettuina metrologian tutkimus, kansallinen kalibrointipalvelu ja mittauslaitteiden valmistajat. MNK jakautuu jaostoihin, jotka käsittelevät MNK:n puolesta alaansa koskevia asioita. Jaostot jakautuvat edelleen työryhmiin, joiden jäseninä on alalla työskenteleviä asiantuntijoita. MNK:n toimintaan osallistuu noin 200 asiantuntijaa eri sidosryhmistä.

7 Pituusmittausten jäljitettävyys

Pituusmetrologian kansallisen mittanormaalityön vastuujärjestäjiä Suomessa ovat MIKES ja Geodeettinen laitos. Geodeettinen laitos vastaa pituudesta geodesiassa. Geodeettisen laitoksen mittaukset ovat myös jäljitettäviä SI-järjestelmään joko MIKESin tai muiden laboratorioden kautta. Pituuden virallisia mittauslaitteiden kalibrointia tarjoavat myös useat FINASin akkreditoimat laboratoriot. Tällä hetkellä pituuteen ja dimensionaalisiin suureisiin liittyviä kalibrointia tarjoaa kymmenen akkreditoitua kalibrointilaboratoriota.

Pituus oli massan rinnalla ensimmäinen suure, jolle metrisopimuksessa luotiin kansainvälisesti yhtenäiset metrologiset perusteet. Sen mittayksiköksi valittiin metri. Vuosien varrella ja tarkkuusvaatimusten kasvaessa metrin määritelmää on useaan kertaan muutettu. Nykyisen, vuonna 1983 hyväksytyyn määritelmän mukaan metri on sellaisen matkan pituus, jonka valo kulkee tyhjiössä aikavälissä $1/299\,792\,458$ s. Tällä määritelmällä metri on kiinnitetty luonnonvakioon eikä määritelmässä itsessään ole epävarmuutta. Metrin määritelmää pystytään harvoin suoraan soveltamaan. Tämän takia Kansainvälinen paino- ja mittakomitea (CIPM) on antanut suosituksia määritelmän realisoinnista erilaisten lasereiden avulla. MIKESissä metrin realisointi on vuodesta 1995 lähtien tapahtunut CIPM:n suositusten mukaisesti kolmen jodistabiloidun He-Ne-laserin avulla. Näiden aallonpituuden suhteellinen epävarmuus on $2,1 \times 10^{-11}$, mikä vastaa sitä, että maapallon ympärysmitta tunnettaisiin alle 1 mm virheellä.

Uusia parempia metrin realisointitapoja tutkitaan maailmalla koko ajan. MIKES on tutkimuksen kärkimaita. Tuloksista mainittakoon ns. optinen taajuuskampa, jonka MIKES on toteuttanut yhtenä ensimmäisistä laboratorioista maailmassa yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun kanssa. Optisen taajuuskamman avulla metri voidaan realisoida suoraan määritelmäänsä ja atomikellosta saatavaan taajuuteen perustuen. MIKESin kansallisina mittanormaaleina toimivat jodistabiloidut laserit on kalibroitu taajuuskampaa vastaan.

Jodistabiloiduista lasereista metri siirretään muihin pituuden mittanormaaleihin ja käytännön mittauksiin kalibrointien lasereiden ja interferometriä avulla. MIKESillä on eri tarkoituksiin useita erilaisia interferometrejä, joiden avulla voidaan optisin menetelmin verrata esim. kohteiden etäisyyttä tai mittanormaalin pituutta laservalon tunnettuun aallonpituuteen. Laitteiden mittausalueet vaihtelevat nanometreistä kymmeneen metriin. Varsinaisten pituusmittausten lisäksi MIKES kalibroi myös kulman ja muiden pituussuureiden kuten tasomaisuuden, suoruuden, ympyrämäisyyden ja pinnankarheuden mittanormaaleja ja mittauslaitteita, esimerkiksi teodoliitteja, vaaituskojeita ja kulmaprismoja.

MIKESillä on 30-metrinen interferometrinen mittarata (kuva 3), joka sijaitsee maanalaisessa lämpötila- ja kosteusstabiloidussa laboratoriossa. Mittaradalla voidaan siirtää siinä käytetyn kalibroidun laserin aallonpituudesta saatava metri hyvin monenlaisiin mittauslaitteisiin eli sillä voidaan kalibroida esim. laserseuraimia, mittalattoja, mittanauhoja ja takymetrejä.

MIKESissä takymetrin kalibrointi pitää sisällään sekä pituus- että kulma-asteikkojen tarkistukset. Takymetrin pituusasteikkoa verrataan interferometriseen mittaukseen useissa pisteissä 30 metrin mittaradalla. Sekä pysty- että vaakakulma-asteikot kalibroidaan tarkan pyöröpöydän avulla yli koko liikealueen. Lisäksi laitteen herkkyys fokusointietäisyydelle voidaan tarkastaa erillisen kollimaatioputken avulla. Tulokset näyttävät laitteen tarkkuustason ja niitä voidaan käyttää hyväksi myös laitteen virittämisessä tarkemmaksi. Vaikka takymetrin kalibrointi takaa sen jäljitettävyuden ja antaa hyvän kuvan parhaasta saavutettavissa olevasta mittausepävarmuudesta, on kentällä aina otettava käyttöolosuhteet huomioon tulosten epävarmuutta arvioitaessa.



Kuva 3. MIKESin 30 metrin mittarata, jolla voidaan kalibroida esim. takymetrejä.

8 Maanmittarin metri

Maanmittarin tekemillä mittauksilla on usein esim. taloudellisia ja oikeudellisia vaikutuksia, joten mittausten tulee olla luotettavia. Maanmittarin metrin tulee olla samanmittainen kuin muidenkin mittaajien metri Suomessa tai ulkomailla. Siksi maanmittarinkin käyttämä metri tulee jäljittää aina lopulta metrin määritelmään asti.

Perustyökalu mittausten jäljitettävyyden varmistamiseksi on mittauslaitteen kalibrointi. Mittauslaitteet tulee kalibroida, jotta saadaan varmuus siitä, että mittauslaitteella saatavat tulokset ovat yhtäpitäviä muiden mittausten kanssa. Kalibrointi tapahtuu esim. vertaamalla kyseessä olevaa mittauslaitetta mittanormaaliin ja kalibroinnin tulosten perusteella voidaan joko siirtää mittaussuureiden arvot mittauslaitteen näyttämään tai määritellä korjaukset mittauslaitteen näyttämään. Kalibrointitulosta tulee aina seurata tieto tuloksen mittausepävarmuudesta. Mittausepävarmuus on mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua. Ilman tällaista tietoa tulosta ei voida pitää jäljitettävänä eikä tulosta voida verrata edellisiin tuloksiin tai referenssiarvoihin. Kalibrointituloksista käyttäjä voi päätellä, onko mittauslaite aiottuun tarkoitukseen sopiva. Kalibroinnin tulos kirjataan kalibrointitodistukseen.

Kirjallisuutta

BIPM, Bureau International des Poids et Mesures. Kotisivut osoitteessa www.bipm.org.

Ehder, T., Kuva, J. (toim.) (2005). Metrologiasta lyhyesti. Suomennettu painos. Mittatekniikan keskuksen julkaisu. 3. painos. 80 s.

MIKES, Mittatekniikan keskus. Kotisivut osoitteessa www.mikes.fi.

SFS 3700. (1998). Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto. 3. painos. 31 s.

SFS-EN ISO/IEC 17025. (2005). Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset. 2. painos, 61 s.