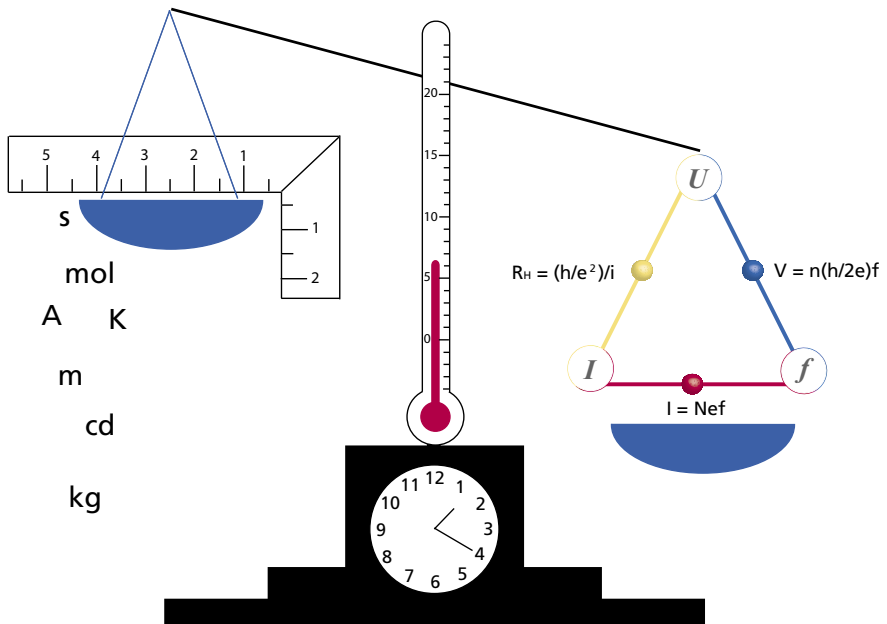


METROLOGIASTA

lyhyesti



Metrologiasta lyhyesti

SUOMENNETTU PAINOS

4. painos

Tammikuu 2008

Toimittajakunta:

Jaana Järvinen

Susanna Eerola

Milla Kaukonen

“Metrologiasta lyhyesti”

Suomennettu painos
4. painos
Tammikuu 2008

Ulkoasu:
MIKES

Paino:
Multiprint

Alkuperäisen kansainvälisen painoksen, “Metrology - in short” 2nd edition, toimittaja,

EUROMET hanke 673, Joulukuu 2003, ISBN 87-988154-1-2:
Preben Howarth, DFM
pho@dfm.dtu.dk

Fiona Redgrave, NPL
fiona.redgrave@npl.co.uk

Suomennetun ja täydennetyn 4. painoksen, “Metrologiasta lyhyesti”, toimittaja:

MIKES
Tekniikantie 1
02150 Espoo
Puh. 010 6054 000
mikes@mikes.fi

Vastuuvapauslauseke:

Tämä asiakirja on tehty EU:n komission ja projektiosallistujien rahoittamana GROWTH-ohjelman puitteissa METROTRADE- (“Metrological support to international trade”) ja REGMET-projektien (“Improving dialogue between national metrology institutes and EU regulatory bodies”) yhteistyönä. Tässä asiakirjassa esitetyt havainnot, johtopäätökset ja tulkinnat ovat asiakirjan tekijöiden eivätkä missään määrin edusta EU:n politiikkaa, asenteita tai mielipiteitä.

ISBN 952-5610-07-1

Sisällysluettelo

Alkusanat	5
1	Johdanto..... 7
1.1	Mittaukset osana ihmiskunnan toimintaa 7
1.1.1	Mittaus vaatii yhtenäistä tietoutta 8
1.1.2	Metrologia on mittauksia käsittelevä tieteenala 9
1.1.3	Metrologia kehittyi 9
1.2	Metrologian luokittelu 10
2	Metrologia..... 11
2.1	Teollisuusmetrologia ja tieteellinen metrologia..... 11
2.1.1	Suurealueet..... 11
2.1.2	Mittanormaalit..... 14
2.1.3	Varmennetut vertailumateriaalit 15
2.1.4	Jäljitettävyys ja kalibrointi..... 15
2.1.5	Referenssimenetelmät 17
2.1.6	Mittausepävarmuus 17
2.1.7	Testaus..... 19
2.2	Lakisääteinen metrologia 20
2.2.1	Lakisääteisen metrologian tekninen toiminta 20
2.2.2	EU-direktiivit 21
2.2.3	Mittauslaitteita koskevan EU-lainsäädännön täytäntöönpano..... 22
2.2.4	Vastuut lainsäädännön täytäntöönpanossa 23
2.2.5	Mittaukset ja testaukset lainsäädännössä 25
3	Metrologinen organisaatio..... 27
3.1	Kansainvälinen infrastruktuuri 27
3.1.1	Metrisopimus 27
3.1.2	CIPM/MRA-asiakirja (Mutual Recognition Arrangement) 28
3.1.3	Kansallinen metrologialaitos 29
3.1.4	Kansallinen mittanormaallaboratorio 32
3.1.5	Sopimuslaboratoriot 32
3.1.6	Akkreditoidut laboratoriot 33
3.1.7	ILAC 33
3.1.8	OIML..... 34
3.1.9	IUPAP..... 35
3.2	Eurooppalainen metrologinen infrastruktuuri..... 36
3.2.1	EURAMET e.V. 36
3.2.2	EA, European Co-operation for Accreditation 37
3.2.3	Eurooppalainen järjestö - WELMEC..... 38

3.2.4	Lakisäateisen metrologian organisaatio Suomessa	39
3.2.5	EUROLAB	39
3.2.6	EURACHEM	40
3.2.7	CITAC	41
3.2.8	COOMET	41
3.3	Amerikkalainen infrastruktuuri	41
3.3.1	Metrologia - SIM	41
3.3.2	Akkreditointi - IAAC	42
3.4	Aasian ja Tyynenmeren alueen infrastruktuuri	42
3.4.1	Metrologia - APMP	42
3.4.2	Akkreditointi - APLAC	43
3.4.3	Lakisäateinen metrologia - APLMF	43
3.5	Afrikkalainen infrastruktuuri	44
3.5.1	SADC	44
3.5.2	Metrologia - SADCMET	44
3.5.3	Akkreditointi - SADCA	44
3.5.4	Lakisäateinen metrologia - SADC MEL	44
3.5.5	Standardisointi - SADSTAN	45
3.6	Metrologiatoimintojen suomalainen organisaatio	45
3.6.1	Johdanto	45
3.6.2	Suomen mittanormaalijärjestelmä	46
3.6.3	Suomen kansallinen kalibrintipalvelu	50
3.6.4	Kansainvälinen yhteistyö	51
3.6.5	Kansallinen yhteistyö - Metrologian neuvottelukunta	52
3.6.6	Suomalaisia tietolähteitä	54
4	Mittayksiköt	56
4.1	SI-perusyksiköt	57
4.2	SI-johdannaisyksiköt	59
4.3	SI-mittayksikköjärjestelmän ulkopuoliset yksiköt	61
4.4	SI-etuliitteet	63
4.5	SI-yksiköiden nimien ja tunnusten kirjoittaminen	64
4.6	SI-yksiköistä Suomessa julkaistut säädökset ja standardit	65
5	Lyhenteet	66
6	Sanasto	69
7	Metrologian tietolähteitä - linkkejä	76

Alkusanat

Suomessa mittalaitteiden vakaustoimintaa ja sitä kautta metrologiaa on toteutettu jo satoja vuosia. Tänäpäin toiminnasta vastaa Mittatekniikan keskus (MIKES), joka perustettiin vuonna 1991. MIKES on kansainvälistä tunnustettu asiantuntijakeskus, jonka tehtävänä on varmistaa osaltaan Suomessa tehtyjen mittausten, testausten, tarkastusten ja sertifiointien luotettavuus ja kansainvälinen tunnustaminen. MIKESin rooli metrologiassa on vastata Suomen kansallisen mittanormaali-järjestelmän toteuttamisesta. Tarkemmin sanottuna MIKES-metrologian tehtävänä on kehittää ja ylläpitää kansallista metrologista järjestelmää niin, että elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kilpailukyky säilyy ja paranee. Tehtävän toteuttamiseen kuuluu kalibrointien lisäksi aktiivinen tutkimus-toiminta, asiantuntijapalvelut teollisuudelle, kurssit ja tiedotustoiminta.

Kädessäsi oleva "Metrologiasta lyhyesti" -kirjanen on tietolähde Suomen metrologisista toiminnoista ja niiden yhteyksistä Euroopan ja koko maailman metrologiseen infrastruktuuriin.

Espoossa 18.1.2008

Johtaja Heikki Isotalo
Metrologia
MIKES





1 Johdanto

1.1 Mittaukset osana ihmiskunnan toimintaa

Muinaisen Egyptin temppele- ja pyramidirakennustyömailla 3000 vuotta eKr. käytettiin mittana graniitista tai puusta tehtyä kyynärää. Käytössä olevien kyynärämittojen ylläpito kuului rakennustyömaista vastuussa oleville arkkitehteille. Mikäli työmaan kyynärämittojen kalibrointi unohdettiin, tai muuten laiminlyötiin, uhkasi vastuussa olevaa arkkitehtiä kuolemanrangaistus. Mittanormaalina käytetty, mustasta graniitista vuoltu, alkuperäinen kyynärämitta oli määritetty hallitsevan faaraan kyynärän ja kämmenen mittojen mukaan. Kyynärän pituus määritettiin mittaamalla etäisyys faaraan kyynärpäähstä hänen keskisormensa päähän ja lisäämällä tähän mittaan hänen kämmenensä leveys.

Meistä voi tuntua siltä, että olemme pitkän matkan päässä muinaisesta Egyptistä sekä ajallisesti että maantieteellisesti. Kuitenkin voidaan todeta, että ihmiset ovat kiinnittäneet huomiota ja antaneet suurta arvoa oikeille, paikkansapitäville, mittauksille niistä ajoista lähtien. Meidän aikojamme lähempänä on vuoden 1791 Pariisi, jolloin ensimmäisen kerran vahvistettiin virallisesti metrin pituus. Vuonna 1799 vahvistettiin kaksi platinasta tehtyä mallia, joista toinen edusti metriä ja toinen kilogrammaa. Tämän voidaan sanoa olevan nykyisin käytössä olevan SI-järjestelmän alku (ransk. Le Système International d'Unités, engl. The International System of Units).

Nykypäivän Euroopassa mittauksiin ja punnituksiin liittyvät kokonais kustannukset ovat enemmän kuin 1 % yhteenlasketusta bruttokansantuotteesta ja taloudellinen tuotto 2 - 7 % bruttokansantuotteesta laskettuna¹. Metrologiasta on tullut luonnollinen osa meidän jokapäiväistä elämäämme; sekä puuta että kahvia ostetaan mittojen ja painon mukaan, niin ikään mitataan veden, sähkön ja lämmön kulutusta. Kaikilla näillä mittauksilla on suora vaikutus omaan lompakkoomme. Ei pidä myöskään unohtaa ikävämpiin tapauksiin liittyviä mittauksia, kuten turhasta vedenkulutuksesta aiheutuvaa suurta vesilaskua tai poliisin antamia sakkoja mitatusta ylinopeudestamme. Ainakin näissä tapauksissa jokainen meistä haluaa olla varma siitä, että mittaukset pitävät paikkansa eikä meitä laskuteta tai rangaista turhaan. Mittausten oikeellisuuteen liittyvät kriittiset seuraukset tulevat mieleen, kun mietimme esimerkiksi lääkkeissä olevien vaikuttavien aineiden määrää, ve-

¹ Geoffrey Williams, Dr. University of Oxford. "The Assessment of the Economic role of Measurements and Testing in Modern Society". Final Report, European Commission DG Research, contract G6MA-2000-20002, July 2002

rikokeista saatavia tuloksia tai esimerkiksi laserhoitoa tai -leikkausta, joissa potilas on hengenvaarassa, ellei kaikki ole kohdallaan. Näin ollen onkin miltei mahdotonta kuvata mitään asiaa viittaamatta jollain tavalla mittoihin; puhumme päivän pituudesta, alkoholiprosenteista, lähettämiemme postipakettien ja kirjeiden painosta, huoneen lämpötilasta, auton renkaiden ilmanpaineesta ja niin edelleen. Huvin vuoksi jokainen voi kokeilla keskustelua siten, että missään vaiheessa ei tarvitse viitata mihinkään mittaan.

Myös kaupankäynti ja viranomaistoiminta ovat riippuvaisia mitoista. Lentäjä tarkkailee lentokoneen korkeutta, kulkusuuntaa, polttoaineen kulutusta ja nopeutta, elintarvikkeiden tarkastaja mittaa ruoka-aineiden bakteeripitoisuutta, merenkulkuviranomaiset mittaavat veden aiheuttamaa nostetta, yritykset tekevät raaka-ainehankintansa perustuen mittoihin ja edelleen määrittelevät valmiit tuotteensa niiden perusteella. Tuotanto-prosesseja säädetään ja hälytysrajoja asetetaan mittauksiin perustuen. Systemaattisesti suoritettut mittaukset, joiden epävarmuustaso on tiedossa, ovat yksi teollisuuden laadunvalvonnan peruslähtökohdista ja yleensä ottaen nykyaikaisen yrityksen mittaustoiminnasta aiheutuvat kustannukset muodostavatkin 10 - 15 % yrityksen tuotantokustannuksista.

Ja viimeisimpänä, muttei vähäisimpänä; tiede on täysin riippuvainen mittauksista. Geologit mittaavat shokkiaaltoja, joita aiheutuu suurten voimien vaikuttaessa maanjäristysten yhteydessä, tähtitieteilijät yrittävät määrittää tähtien ikää ja tekevät pitkäjänteisiä mittauksia mitatessaan kaukaisten tähtien lähettämää valoa, atomifyysikot ovat innoissaan, kun mittaus onnistuu miljoonasosasekunnin tarkkuudella ja äärettömän pienen partikkelin olemassaolo voidaan näin viimeinkin todentaa. Mittausvälineiden saatavuus ja kyky käyttää niitä ovat avainasemassa, jotta tutkijoiden saavuttamat tulokset voidaan dokumentoida luotettavasti ja puolueettomasti. Mittaamista käsittelevä tieteenala - *metrologia* - on todennäköisesti vanhin tieteenala maailmassa. Tietämys siitä, kuinka metrologiaa sovelletaan, on perustavaa laatua oleva edellytys käytännöllisesti katsoen kaikilla luonnontieteisiin perustuvilla osa-alueilla.

1.1.1 Mittaus vaatii yhtenäistä tietoutta

Metrologia on harvoin huomiota herättävää tai mahtailevaa. Tyynen pinnan alla piilee kuitenkin sellaista tiedon syvyyttä, jota vain harva meistä voi ymmärtää, mutta jota useimmat meistä hyödyntävät - luottamus siihen, että ilmaisuilla kuten metri, kilogramma, litra, watti ja niin edelleen, on kaikkialla ja kaikille yhteinen ja sama tarkoitus. Luottamus on avainasemassa pyrittäessä yhteistyöhön yli maantieteellisten ja ammatillisten rajojen. Tämä luottamus ja varmuus kasvaa verkostoituneen yhteistyön, yhteisten mittayksiköiden ja yhtenäisten mittaustapojen sekä eri maiden mittanormaalien vertailumittausten, laboratorioden akkreditoinnin ja vastavuoroisten

tunnustamissopimusten myötä. Ihmiskunnalla on tuhansien vuosien mukanaan tuoma kokemus ja varmuus siitä, että elämä todellakin helpottuu, kun metrologiassa toimitaan yhteistyössä.

1.1.2 Metrologia on mittauksia käsittelevä tieteenala

Metrologia kattaa kolme pääaluetta:

1. Kansainvälisesti hyväksytyjen mittayksikköjen määritelmät, esim. metri.
2. Mittayksikköjen toteuttaminen tieteellisin keinoin, esim. metrin toteuttaminen stabiloidun laserin valonsäteen aallonpituuden avulla.
3. Jäljitettävyysetjun muodostaminen mittausten tarkkuuden dokumentointia varten, esim. dokumentoitu jälki konepajassa käytössä olevan mikrometriruuvin ja primaarilaboratorion laserin avulla reaalisuuden välillä.

Metrologiaan kuuluvat lisäksi sekä teoreettiset että käytännölliset mittauserongelmat riippumatta mittaustarkkuudesta.

1.1.3 Metrologia kehittyä

Metrologia on välttämätöntä luonnontieteellisessä tutkimuksessa ja tieteellinen tutkimus taas luo perustan kehittää metrologiaa. Perusmetrologian tehtävänä on olla mukana kehittämässä tieteellisten tutkimusten mittaustieteellistä osaamista tieteen siirtäessä mahdollisena pidetyn rajoja koko ajan kauemmas. Tästä seuraa entistä paremmat metrologisten työkalujen saatavuus mahdollistaen sen, että tutkijat voivat jatkaa havaintojensa ja löytöjensä parissa työskentelyä. Ainoastaan metrologian kehittyvät alat voivat jatkaa yhteistyössä innovatiivisen tutkimuksen ja teollisuuden kanssa.

Vastaavasti myös lakisääteisen metrologian ja teollisuusmetrologian tulee kehittyä. Niiden tulee pysyä ajan hermolla ja yhteiskunnan ja teollisuuden tarpeita vastaavina.

1.2 Metrologian luokittelu

EU:ssa metrologian toiminnot jaotellaan kolmeen osaan:

1. *Tieteellinen metrologia* käsittelee mittanormaalien ja niiden ylläpidon kehitystyötä ja organisointia.
2. *Teollisuusmetrologia* varmistaa teollisuudessa, niin tuotannossa kuin kehitystyössä, käytössä olevien mittavälineiden toiminnan asianmukaisella tasolla.
3. *Lakisääteinen metrologia* huolehtii sellaisten mittausten tarkkuustasosta, joilla on vaikutusta taloudellisten toimien läpinäkyvyyteen, terveyteen ja turvallisuuteen.

Perusmetrologialla ei ole kansainvälistä määritelmää, mutta se edustaa korkeinta tarkkuustasoa kulloinkin kyseessä olevalla alueella. Perusmetrologiaa voitaisiin sen vuoksi kutsua tieteelliseksi metrologiaksi täydennettynä tieteellistä tarkastelua vaativilla teollisuusmetrologian ja lakisääteisen metrologian osa-alueilla.

2 Metrologia

2.1 Teollisuusmetrologia ja tieteellinen metrologia

Teollisuusmetrologia ja tieteellinen metrologia ovat kaksi metrologian osaluetta (ks. kohta 1.2).

Metrologiset toimet, kuten testaus ja mittaus, ovat useimmiten hyödyllisiä apuvälineitä, kun työskennellään teollisuudessa laadunvalvonnan parissa. Tähän sisältyy jäljitettävyyden tarve, joka on muodostumassa lähes yhtä tärkeäksi seikaksi kuin itse mittaus. Metrologisen pätevyyden tunnustaminen jokaisella jäljitettävyydetjun tasolla voidaan toteuttaa keskinäisillä tunnustus sopimuksilla, kuten esimerkiksi CIPM (*Comité International des Poids et Mesures*) MRA (*Mutual Recognition Arrangement*) ja ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*) MRA (ks. kohta 3.1.2 ja 3.1.7). Käyttökelpoisia välineitä pätevyyden toteamisessa ovat myös akkreditointi ja asiantuntijaryhmän suorittama ulkoinen auditointi.

2.1.1 Suurealueet

Euroopan maiden kansallisten metrologialaitosten yhteistyöorganisaatio EURAMET on jakanut perusmetrologian 12 suurealueeseen: massa, sähkö, pituus, aika ja taajuus, lämpötila, ionisoiva säteily ja radioaktiivisuus, fotometria ja radiometria, virtaus, akustiikka, ainemäärä, tieteidenvälinen metrologia sekä laatu. Taulukossa 2.1 on esitetty suurealueet tärkeimpine mittanormaaleineen. Tieteidenvälinen metrologia ja laatu eivät tosin ole luettavissa tekniseksi alueeksi.

Taulukko 2.1: Suurealueet, niiden osa-alueet ja tärkeimmät mittanormaalit. Taulukko sisältää 10 ensimmäistä suurealuetta.

Suurealue	Osa-alue	Tärkeimmät mittanormaalit
MASSA ja siihen liittyvät suureet	massa	punnukset, vaa'at
	voima ja paine	punnitusanturit, suorakuormituskoneet, voiman, momentin ja vääntömomentin muuntimet, painevaa'at, joissa on mittauselimenä mäntä-sylinteriyhdistelmä, voiman testauslaitteet
	tilavuus ja tiheys viskositeetti	tilavuusnormaalit, värähtelyyn perustuva tiheysmittari, tislattu vesi, lasiset areometrit, viskosimetrit, piikide
SÄHKÖ ja MAGNETISMI	tasasähkö	Josephson-normaali, kvantti-Hall, zener-normaalit, kryogeeniset virtavertailijat, mittasillat
	vaihtosähkö	AC/DC muuntimet, kapasitanssinormaalit, induktanssinormaalit, termomuuntimet
	suurtaajuussähkö	kalorimetrit, bolometrit, termomuuntimet
	suurjännite ja -virta	virran ja jännitteen mittaustuuntajat, suurjännitteen referenssilähteet
PITUUS	metrin toteuttaminen ja interferometria	stabiloidut laserit, taajuusketjut ja -kamat, kulkuajanmittaukseen perustuvat menetelmät, interferometrit, taitekerroinmittalaitteet
	dimensiometrologia	mittapalat, mittausspektroskopit, koordinaattimittauskoneet, rengastulkit, piirtomitat
	kulma	autokollimaattorit, kääntöpöydät, kulmamittarit, monitahokkaat, tasot
	muodot	suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuusnormaalit/ mittalaitteet, ympyrämäisyysnormaalit, sylinterimäisyysnormaalit
	pinnan laatu	uran syvyysnormaalit,

Suurealue	Osa-alue	Tärkeimmät mittanormaalit
		pinnankarheusnormaalit, pinnankarheuden mittavälineet
AIKA ja TAAJUUS	aika	cesium-atomikello, ajanhetken mittausvälineet
	taajuus	cesium-atomikello, kvartsikideoskillaattori laserit, elektroniset laskinlaitteet ja syntetisoijat
LÄMPÖTILA	lämpötila (koskettavat)	kaasulämpömittarit, ITS 90 -kiintopisteet, vastuslämpömittarit, termoelementit
	lämpötila (lämpösäteily)	mustan kappaleen säteilijät, kryogeeniset radiometrit, pyrometrit
	kosteus	kastepistemittarit, kosteusgeneraattorit
IONISOIVA SÄTEILY ja RADIOAKTIIVISUUS	absorboitunut annos (korkeata- soiset teolliset mittaukset)	kalorimetrit, kalibroidut ionisaatiokammiot, dikromaatti annosmittarit
	absorboitunut annos (lääketieteelliset mittaukset)	kalorimetrit, ionisaatiokammiot
	säteilysuojelu	ionisaatiokammiot referenssisäteilylähteet/-kentät erilaiset säteilymittarit, TEPC, Bonner neutronispektrometrit
	radioaktiivisuus	Well-tyyppiset ionisaatiokammi- ot, sertifioidut säteilylähteet, gamma ja alfaspektroskopia, 4 gammadetektorit
FOTOMETRIA ja RADIOMETRIA	optinen radiometria	kryogeeninen radiometri, siirtonormaalidetektorit, suodatinradiometrit, mittanor- maalilamput, stabiloidut laserit
	fotometria	mittanormaalilamput, referenssifotometri, integroivat pallot, referenssispektrometri, vertailumateriaalit
	spektrofotometria	
	kuituoptiikka	ir-alueen detektorit, aallonpi- tuusmittarit

Suurealue	Osa-alue	Tärkeimmät mittanormaalit
VIRTAUS	kaasujen virtaus (tilavuus)	kaasukellot, mäntäkalibraattorit, pyörivät kaasumittarit, turbiinivirtausmittarit, kriittisillä suuttimilla varustetut siirrettävät mittarit
	veden virtaus (tilavuus, massa ja energia)	tilavuusnormaalit, coriolis-virtausnormaalit, induktiiviset virtausmittarit, ultraäänivirtausmittarit pinnankorkeusmittarit
	virtausnopeus (muiden nesteiden kuin veden virtaus)	anemometrit
AKUSTIIKKA, ULTRAÄÄNI ja VÄRÄHTELY	akustiset mittaukset kaasumaisessa väliaineessa	mikrofoninormaalit, mäntä-äänilähteet, kondensaattorimikrofonit, äänitasokalibraattorit
	kiihtyvyyden mittaus	kiihtyvyydsmittarit, voiman muuntimet, vibraattorit, laserinterferometrit
	akustiset mittaukset nesteissä	hydrofonit
	ultraääni	ultraäänien tehomittarit
AINEMÄÄRÄ	ympäristökemia	varmennetut
	kliininen kemia	vertailumateriaalit
	materiaaliekemia	puhtaat materiaalit, varmennetut vertailumateriaalit
	elintarvikekemian	varmennetut vertailumateriaalit
	biokemia	
	mikrobiologia	
pH-mittaukset		

2.1.2 Mittanormaalit

Mittanormaali on kiintomitta, mittauslaite, vertailumateriaali tai mittausjärjestelmä, jolla määritellään, realisoidaan, säilytetään tai toistetaan suureen mittayksikkö tai suureen yksi tai useampi referenssarvo.

Esimerkki: Metri on määritelty sen matkan pituudeksi, jonka valo kulkee tyhjiössä ajassa $1/299\,792\,458$ sekuntia. Primaaritasolla metri realisoidaan useimmiten määrittämällä jodistabiloidun helium-neon-laserin tyhjiöaallonpituus optisen taajuuskamman avulla. Alemmilla tasoilla käytetään esimerkiksi mittapaloja, jotka on kalibroitu interferometrisesti vertaamalla niiden pituutta jäljitettävästi kalibroidun laserin aallonpituuteen.

2.1.3 Varmennetut vertailumateriaalit

Varmennettu vertailumateriaali/-aine, sertifioitu referenssimateriaali on vertailumateriaali, jota seuraa todistus ja jonka yksi tai useampi ominaisarvo on varmennettu menettelyllä, jossa syntyy jäljitettävyys sen mittayksikön tarkkaan toteutukseen, jonka suhteen ominaisarvo on ilmaistu ja jossa kullekin varmennetulle arvolle annetaan tiettyä luottamustasoa vastaava epävarmuus.

Varmennetut vertailumateriaalit valmistetaan yleensä suurina erinä, jolloin ominaisuudet ja ilmoitettu mittausepävarmuus määritetään koko erälle.

2.1.4 Jäljitettävyys ja kalibrointi

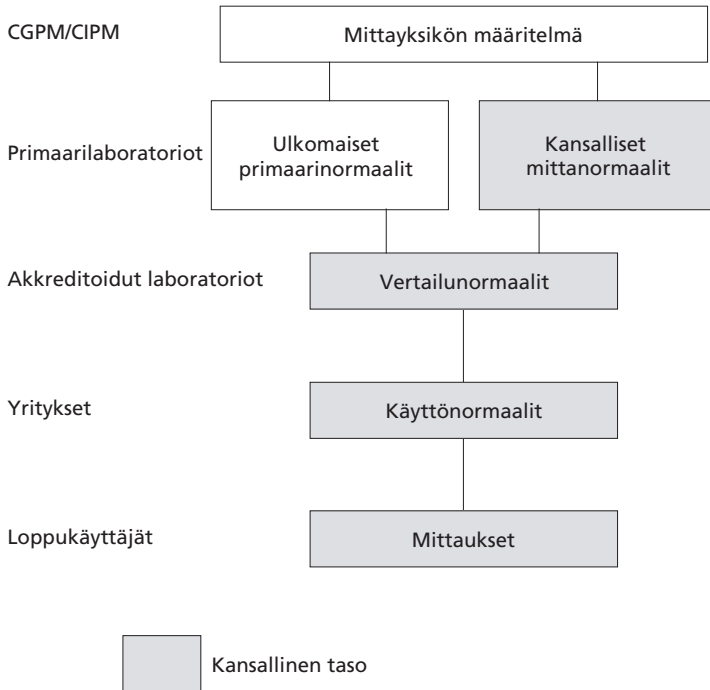
Jäljitettävyys

Jäljitettävyysketju on katkeamaton vertailujen ketju, jolla varmistetaan, että mittauksen tulos tai normaalin arvo on sidoksissa korkeamman tason vertailumittaan. Jäljitettävyysketjun tulee ulottua katkeamattomana aina korkeimmalle tasolle, primaarinormaaliin, asti ja ketjun kaikille kalibroineille on oltava määritelty ja ilmoitettu epävarmuus. Kuvassa 2.1 on esitetty mittanormaalien hierarkkisuus.

Kemiallisissa ja mikrobiologisissa määriyksissä jäljitettävyys perustuu useimmiten varmennettujen vertailumateriaalien ja referenssi-menettelmien käyttöön (ks. kohta 2.1.3 ja 2.1.5).

Eurooppalaiset teollisuusyritykset varmistavat jäljitettävyyden korkeimmalle kansainväliselle tasolle käyttämällä kansallisten ja ulkomaisten mittanormaallaboratorioiden ja akkreditoitujen laboratorioiden tarjoamia kalibrointipalveluja. USA:ssa teollisuusyritykset varmistavat jäljitettävyyden korkeimmalle kansainväliselle tasolle käyttämällä suoraan NISTin tarjoamia kalibrointipalveluja.

Esimerkki: Suomessa kuluttaja voi ostaessaan hedelmiä vähittäiskaupassa luottaa punnituksen oikeellisuuteen. Kaupan vaat tarkistetaan (vaataan) säännöllisin väliajoin. Tarkistuksen suorittaa vakaaja. Vakaajan käytämät punnukset ovat jäljitettävissä tarkempiin punnusnormaaleihin. Ketju päättyy Suomessa MIKESiin. MIKESin tarkinta punnusnormaalia (kilogramman prototyyppi Nro 23) verrataan Pariisissa säilytettävään kansainvälisen kilogramman kopioon noin kymmenen vuoden välein. Mittausepävarmuus näissä tarkimmissa vertailuissa on kilogramman punnuksille noin 5 µg.



Kuva 2.1: Mittanormaalien hierarkia.

Kalibrointi

Perustyökalu mittausten jäljitettävyyden varmistamiseksi on mitta-välineen kalibrointi. Kalibrointi käsittää mittavälineen metrologisten ominaisuuksien määrittämisen. Tämä tapahtuu vertaamalla kyseessä olevaa mittavälinettä mittanormaaliiin ja kalibroinnin tuloksena annetaan esim. mittavälineen nimellismittan tai näyttämän virhe. Kalibrointitulosta tulee aina seurata tieto tuloksen luotettavuudesta, epävarmuudesta. Ilman tällaista tietoa tulosta ei voida pitää jäljitettävänä eikä tulosta voida verrata edellisiin tuloksiin tai referenssiarvoihin. Kalibroinnista annetaan kalibrointitodistus ja yleensä kalibroituun mittavälineeseen kiinnitetään tarra, josta ilmenee mm. kalibrointipäivämäärä. Kalibrointituloksista käyttäjä voi päätellä, onko mittaväline aiottuun tarkoitukseen sopeva.

Mittavälineet tulee kalibroida, jotta:

1. Saadaan varmuus siitä, että mittavälineellä saatavat tulokset ovat yhtäpitäviä muiden mittausten kanssa.
2. Saadaan selville mittavälineen näyttämien tarkkuustaso.
3. Saadaan varmistettua mittavälineen luotettavuus.

Kalibroimalla mittavälineet saavutetaan seuraavaa:

- kalibroinnin tulosten perusteella voidaan joko siirtää mittaussuureiden arvot mittaussuuren näyttämään tai määritellä korjaukset mittaussuuren näyttämään
- kalibroinnilla voidaan määritellä myös muita metrologisia ominaisuuksia kuten vaikutussuureen (ympäristötekijä tai mittaussuuren ominaisuus) aiheuttama vaikutus mittaussuuren näyttämään.

Kalibroinnin tulos kirjataan kalibrointitodistukseen.

2.1.5 Referenssimenetelmät

Referenssimenetelmä on tarkoin määritelty ja validoitu testausmenettely, mittausta tai analyysiä, jota käytetään muiden menetelmien laadullisessa vertailussa ja vertailumateriaalin ominaisuuksien tai vertailuarvojen määrittelyssä.

Referenssimenetelmällä saatujen tulosten mittausepävarmuus tulee olla riittävästi arvioitu ja käyttötarkoitukseen sopiva.

Referenssimenetelmää voidaan käyttää:

- muiden samantapaisten mittausta- tai testausmenetelmien validoimiseen ja mittausepävarmuuden määrittämiseen
- vertailuarvojen määrittämiseen materiaaleille (arvot voidaan kerätä esim. käsikirjoihin tai tietokantoihin).

2.1.6 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on mittaustuloksen laadun kvantitatiivinen arvio, jonka avulla on mahdollista verrata mittaustulosta toisiin tuloksiin, spesifikaatioihin tai mittanormaaleihin.

Jokaisella yksittäisellä mittaustuloksella on tietty viriheensä, jolla se eroaa mittaustuloksen todellisesta arvosta. Useimmat mittausten virhelähteet voidaan identifioida, se vain vaatii aikaa ja työpanostusta, esim. kalibroinnin avulla. Tähän on kuitenkin harvoin mahdollisuutta aika- ja resurssipulan takia. Siksi mittaustulosten yhteydessä käytetään mittausepävarmuutta, joka on muodoltaan vaihteluväli, jota voidaan soveltaa kaikkiin tietyn mittausmenetelmän tuloksiin.

Mittausepävarmuus voidaan määrittää monella eri tavalla. Laajasti käytetty ja mm. akkreditointielimien hyväksymä menettely on kansainvälisen standardoimisjärjestön ISON suosittelema "GUM-menetelmä", joka on kuvattu oppaassa "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement"². GUM-menetelmän pääkohdat ja periaatteet on esitetty alla olevassa taulukossa.

GUM-mittausepävarmuusfilosofia

- 1) **Mittaussuure** X , jonka arvoa ei täsmälleen tunneta, pidetään tietyn todennäköisyysjakauman omaavana satunnaismuuttujana.
- 2) **Mittaustulos** x on arvio oletusarvosta $E(X)$.
- 3) **Standardiepävarmuus** $u(x)$ on varianssin $V(X)$ neliöjuuri.
- 4) **A-tyyppin mittausepävarmuussarvio**
Mittausepävarmuus lasketaan tilastollisia menetelmiä käyttäen.
- 5) **B-tyyppin mittausepävarmuussarvio**
Mittausepävarmuus arvioidaan muilla kuin tilastollisilla menetelmillä, esim. olettaen todennäköisyysjakauman suorakulmaiseksi tai käyttäen aikaisempia kokemuksia, kirjallisuustietoja ja valmistajan ilmoittamia arvoja.

Esimerkki: Mittaustulos ilmoitetaan kalibrointitodistuksessa muodossa $Y = y \pm U$, missä laajennettu mittausepävarmuus U ilmoitetaan korkeintaan **kahden** merkitsevän numeron tarkkuudella ja y on vastaavasti pyöristetty samaan numeromäärään, esimerkiksi seitsemään numeroon.

Vastusmittarilla saatiin vastuksen arvoksi 1,0000527 Ω . Valmistajan spesifikaatioiden mukaan vastusmittarin lukemassa on 0,081 m Ω mittausepävarmuus. Tällöin mittaustulos ilmoitetaan seuraavasti:

² ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1st edition 1995, ISBN 92-67-10188-9

$R = (1,000\ 053 \pm 0,000\ 081) \Omega$, kattavuuskertoimella $k = 2$. Mittausepävarmuus ilmoitetaan useimmiten juuri laajennettuna mittausepävarmuutena (U), joka saadaan kertomalla yhdistetty mittausepävarmuus $u(y)$ numeerisella kattavuuskertoimella, joka on useimmiten $k = 2$. Se vastaa n. 95 % luotettavuusväliä.

GUM-menettely (perustuu GUM-filosofiaan)

- 1) **Identifioi kaikki tärkeät mittausepävarmuuskomponentit**
Monet tekijät vaikuttavat mittausepävarmuuteen. Määrittele komponentit yksityiskohtaisen mittausmenetelmäkaavion avulla. Käytä *mittaussuurelta* ko. matemaattisessa mittausyhtälössä.
- 2) **Laske jokaisen mittausepävarmuuskomponentin standardiepävarmuus**
Jokainen mittausepävarmuuden komponentti määritetään joko A-tyyppin tai B-tyyppin mittausepävarmuusarvion avulla.
- 3) **Laske yhdistetty mittausepävarmuus**
Periaate: yhdistetty mittausepävarmuuden määrittäminen perustuu osaepävarmuuksien neliölliseen yhdistämiseen.
Käytännössä: yhdistetty mittausepävarmuus saadaan laskemalla standardiepävarmuuskomponenttien neliöt yhteen ja ottamalla summasta neliöjuuri.
- 4) **Laske laajennettu mittausepävarmuus**
Kerro yhdistetty mittausepävarmuus kattavuuskertoimella k .
- 5) **Esitä mittaustulos muodossa:**

$$Y = y \pm U$$

2.1.7 Testaus

Testaus on tuotteen, prosessin tai palvelun ominaisuuksien määrittämistä tietyjen menettelyjen tai vaatimusten mukaisesti.

Testauksen tarkoitus on todeta tuotteen vaatimustenmukaisuus spesifikaatioihin nähden (esim. turvallisuusvaatimukset tai kaupankäyntiin liittyvien ominaisuuksien täyttyminen). Testausta tehdään laajalti mitä moninaisimmilla aloilla ja eri tasoissa sekä erilaisilla tarkkuusvaatimuksilla.

Testausta suorittavat laboratoriot voivat olla ensimmäisen, toisen tai kolmannen osapuolen laboratorioita. Ensimmäisen osapuolen laboratorioita ovat tuottajien testauslaboratoriot ja toisen osapuolen laboratoriot ovat taas

asiakkaiden laboratorioita. Kolmannen osapuolen laboratoriot ovat itsenäisiä testauslaboratorioita.

Metrologia luo perustan testaustulosten vertailukelpoisuudelle, mm. määrittelemällä yhteisesti käytettävät mittayksiköt sekä huolehtimalla mittaustulosten jäljitettävyydestä ja siihen liittyvästä mittausepävarmuudesta.

2.2 Lakisääteinen metrologia¹

Lakisääteinen metrologia on metrologian kolmas osa-alue (ks. kohta 1.2).

Lakisääteinen metrologia sai alkunsa tarpeesta taata rehti kaupankäynti. Keskeinen tavoite lakisääteisessä metrologiassa on suojella kansalaisia virheellisten mittausten seuraamuksilta. Keskeisiä soveltamisalueita ovat

- kaupankäynti
- verojen ja tullien sekä sakkojen määrääminen
- terveyteen ja turvallisuuteen sekä ympäristönsuojeluun liittyvät mittaukset.

Soveltamisalan laajuus vaihtelee eri maissa huomattavasti. Lainsäädännössä on yleensä määrätty vaatimukset

- mittauslaitteille ja -välineille
- mittaus- ja testausmenetelmille
- valmispakkauksille
- tarkastuslaitoksille.

OIML on lakisääteisen metrologia kansainvälinen yhteistyöjärjestö (ks. kpl 3.1.8).

2.2.1 Lakisääteisen metrologian tekninen toiminta

Lakisääteisen metrologian alueelle kuuluvia mittaustuloksia käyttävien henkilöiden ei tarvitse olla metrologian asiantuntijoita. Valtio varmistaa lakisääteisen metrologian alueelle kuuluvien mittausten uskottavuuden. Käytettävien välineiden tulee taata oikeat mittaustulokset:

- työskentelyolosuhteissa
- koko käyttöikänsä ajan
- sallittujen virheiden rajoissa.

¹ Suomessa lakisääteisestä metrologiasta vastaa Turvatekniikan keskus, Tukes.

2.2.2 EU-direktiivit

Edellä mainituilla alueilla on kaikkialla maailmassa säädetty kansallisissa laeissa vaatimuksia, jotka mittauslaitteiden ja niiden käytön tulee täyttää.

EU:ssa sääntelyn piiriin kuuluvat mittauslaitteet

Yhdenmukaistaminen alkoi Euroopassa direktiivistä 71/316/EEC. Direktiivi sisältää yleisiä vaatimuksia kaikenlaisille mittauslaitteille. Mittauslaiteryhmäkohtaiset yksityiskohtaiset vaatimukset on määritelty muissa vuoden 1971 jälkeen julkaistuissa direktiiveissä. Mittauslaitteita, joille on myönnetty ETY-tyyppihyväksyntä ja ETY-ensivakaus voidaan markkinoida ja käyttää kaikissa jäsenmaissa ilman lisätestejä tai kansallista tyyppihyväksyntää. Nämä direktiivit ovat luonteeltaan rinnakkaisia, joten jäsenmailla voi olla ja myös on omia kansallisia säädöksiä samoista mittauslaitteista.

Uusi menettely teknillisestä yhdenmukaistamisesta ja standardisoinnista, mukaan lukien metrologia, annettiin EY:n Neuvoston päätöksellä vuonna 1989, jotta voitaisiin saavuttaa tavaroiden vapaan liikkuvuus Euroopan alueella. Tavoitteena on, että direktiivit sitoisivat kaikkia jäsenvaltioita ja kansallisia poikkeamia niistä ei sallittaisi. Tällaisia direktiivejä ovat ei-automaattisia vaakoja koskeva direktiivi ja useita laiteryhmiä kattava mittauslaitedirektiivi.

EU:n mittauslaitedirektiivi

Mittauslaitedirektiivin (Measuring Instrument Directive, MID) soveltaminen alkoi 30.10.2006, Direktiivi koskee mittauslaitteita, joille useimmissa jäsenmaissa asetetaan lakisääteisiä vaatimuksia. Tyypillisesti tällaisia mittauslaitteita käytetään kaupankäynnissä ja viranomaistoiminnassa; esimerkkejä ovat polttoainemittarit, taksimittarit, vesi-, kaas- ja sähköenergiamittarit sekä automaattiset vaa'at, joita käytetään teollisuudessa mm. tuotteita pakattaessa. Direktiivi kattaa suuren joukon mittauslaitteita ja korvaa monia vanhoja direktiivejä. Muita kuin automaattisia vaakoja koskeva direktiivi 90/384/ETY (ns. NAWI-direktiivi).

MID tähtää teknisten esteiden poistamiseen mittauslaitteiden kaupassa. Tämä tapahtuu seuraavien mittauslaitteiden markkinointia ja käyttöönottoa säätelemällä:

- MI-001 vesimittarit
- MI-002 kaasumittarit
- MI-003 sähköenergiamittarit
- MI-004 lämpöenergiamittarit
- MI-005 mittausjärjestelmät muille nesteille kuin vedelle
- MI-006 automaattiset vaa'at
- MI-007 taksimittarit
- MI-008 kiintomitat
- MI-009 dimensiomittauslaitteet
- MI-010 pakokaasuanalysointilaitteet.

Mittauslaitteiden tulee täyttää direktiivissä määritelty olennaiset vaatimukset. Laitteen valmistaja voi kuvata tekniset yksityiskohdat tai viitata yhdenmukaistettujen eurooppalaisten standardien tai OIML:n suositusten noudattamiseen. Standardien ja suositusten soveltaminen helpottaa markkinoille pääsyä. Olettamus on, että laitteet, jotka ovat näiden standardien ja suositusten mukaisia, täyttävät myös direktiivissä asetetut vaatimukset.

Valvottu välineistö

Historiallisista syistä lakisääteisen metrologian soveltamisala ja kattavuus eivät ole samoja kaikissa maissa. Mittauslaitedirektiivi MIDin tultua voimaan monet vanhan lähestymistavan mukaisista direktiiveistä on jo kumottu. Alla olevassa luettelossa on mainittu tärkeimmät vielä voimassa olevat vanhaan lähestymistapaan perustuvat direktiivit. Direktiivit on julkaistu Euroopan yhteisön virallisessa lehdessä; katso myös kappale 3. Suomessa valvonnan piiriin kuuluvista mittauslaitteista saa tietoa Turvatekniikan keskukselta (www.tukes.fi).

Vanhaan lähestymistapaan perustuvat direktiivit

71/317	Särmiömäiset punnukset 5 kg ... 50 kg ja sylinterimäiset punnukset 1 g ... 10 kg
71/347	Viljan varastointitilavuuden standardimassa
74/148	Punnukset 1 mg ... 50 kg
75/107	Mitta-astiapullot
75/443	Moottoriajoneuvojen nopeusmittarit
76/765	Alkoholimittarit
76/766	Alkoholin mittataulukot
86/217	Moottoriajoneuvojen rengaspainemittarit

Ohjelmistot

Ohjelmistoja koskevia vaatimuksia ei ole vanhan menettelyn mukaisissa direktiiveissä, mutta mittauslaitedirektiiviin (MID) sisältyvät myös ohjelmistoja koskevat vaatimukset.

2.2.3 Mittauslaitteita koskevan EU-lainsäädännön täytäntöönpano

Ennaltaehkäisevät toimenpiteet

Ennaltaehkäiseviä tarkastuksia tehdään ennen laitteiden markkinointia ja käyttöönottoa. Vanha direktiivi edellytti aina tyyppihyväksyntää ja ensivakauskausta. Mittauslaitedirektiivin ja NAWI -direktiivin mukaiset menettelyt sallivat valmistajille muitakin vaihtoehtoja osoittaa markkinoille saatettavien laitteiden vaatimustenmukaisuuden.

Vanhan direktiivin mukaan mittauslaitteelle on hankittava tyyppihyväksyntä ja jokaiselle mittauslaitteelle on tehtävä ensivakaus. Tyyppihyväksyntä myönnetään valmistajalle, jos kaikki asiaan kuuluvat vaatimukset täyttyvät.

Tyyppihyväksynnän myöntää viranomainen, tai kuten Suomessa, viranomaisen valvonnassa toimiva tarkastuslaitos. Sarjatuotannon ollessa kyseessä on tarkistuksin varmistettava, että myös jokainen yksittäinen tuotettu laite vastaa hyväksyttyä laitetyyppiä ja muutenkin täyttää täysin asetetut vaatimukset.

Suomessa laitteille tehdään määrävlein tarkastuksia eli määräaikaisvakuuksia, joilla varmistetaan, että käytössä olevat mittauslaitteet täyttävät laisalla niille asetetut vaatimukset. Eri maissa sovelletaan vaihtelevia menettelyjä laitteiden käytönaikaisen luotettavuuden turvaamiseen. Tarkastuksia tekevät Tukesin hyväksymät tarkastuslaitokset. Mittauslaitteen käyttäjän tai haltijan vastuulla on teettää tarvittavat tarkastukset ajallaan.

Vaatumustenmukaisuuden arviointi

Vaatumustenmukaisuuden arviointimenettelyt ovat direktiivin 93/65/EEC mukaisia moduuleissa mainittuja menettelyjä, joita käytetään kaikissa uudenmuotoisissa teknisissä yhdenmukaistamisdirektiiveissä. Mittauslaitteiden osalta nämä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt ovat käytössä ei-automaattisia vaakoja (NAWI) koskevan direktiivin 30/384/EY ja mittauslaitedirektiivin 22/2004/EY soveltamisessa.

Esimerkkinä vaihtoehtoisesta arviointimenettelyistä on D-moduuli, jossa tarkastuslaitos valvoo valmistajan toimintojärjestelmää ja valmistaja tekee ensivakausta vastaavat tarkastukset.

Varmistavat toimenpiteet

Markkinavalvonta on varmistava toimenpide, jonka avulla pyritään estämään määräysten vastaisten laitteiden markkinoille saattaminen ja käyttöön otto. Markkinavalvonta on viranomaisten tehtävä. Viranomaisvalvonnalla varmistetaan myös, että käytössä on vain vaatimukset täyttäviä mittauslaitteita.

2.2.4 Vastuut lainsäädännön täytäntöönpanossa

Direktiivi määrittelee:

- *Valmistajan vastuun:*
Tuotteen tulee täyttää direktiivin vaatimukset.
- *Valvontaviranomaisten vastuun:*
Tuotteita, jotka eivät täytä vaatimuksia ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön.

Valmistajan vastuu

MIDin ja NAWI -direktiivin vaatimusten mukaisesti valmistajan tulee kiinnittää CE-merkki ja täydentävät metrologiset merkinnät tuotteeseen. Niin tekemällä valmistaja vakuuttaa, että tuote on direktiivien vaatimusten mukainen.

Valmispakkausten valmistajan on käytettävä tuotannossaan laadunvarmistusmenettelyjä ja vertailutestauksia. Toimivaltainen julkinen taho tai ns. ilmoitettu tarkastuslaitos voi hyväksyä laadunvarmistusjärjestelmän ja suorittaa vertailutestejä. Valmispakkauksia koskeva direktiivi 76/211/ETY ei ole pakollinen.

Ilmoitetut tarkastuslaitokset

Ilmoitettu tarkastuslaitos on pätevä sertifiointi-, tarkastus- tai testauslaitos, joka osallistuu tuotteen vaatimustenmukaisuuden arviointiin silloin, kun se on direktiivin mukaan välttämätöntä tuotteen turvallisuuden varmistamiseksi tai jos tuotteen valmistaja haluaa arviointia. Jäsenvaltiot ilmoittavat nämä tarkastuslaitokset Euroopan komissiolle. Ilmoitetut tarkastuslaitokset voivat olla joko yksityisiä tai valtion laitoksia. Valmistajilla on vapaus valita näiden eurooppalaisten tarkastuslaitosten välillä, joten ilmoitetut tarkastuslaitokset kilpailevat keskenään. Suomessa Inspecta Tarkastus Oy toimii mittauslaitteiden osalta ilmoitettuna tarkastuslaitoksena (numero 0424). Suomalaiset ilmoitetut tarkastuslaitokset löytyvät internetistä TEM:n kotisivulta osoitteessa: <http://www.tem.fi>.

Valvontaviranomaisten vastuu

Mittauslaitteiden lakisääteinen valvonta on jätetty jokaisen jäsenvaltion itsensä hoidettavaksi. Vaatimuksia, jotka laitteiden tulee täyttää käyttöön oton jälkeen, on yhdenmukaistettu vain osittain. Uusintavakauksista, tarkastuksista ja vakausten voimassaolojaksoista voidaan säätää kussakin jäsenvaltiossa omaan kansalliseen lainsäädäntöön perustuen.

Kuluttajansuojelun taso ja tarve voi olla erilainen eri jäsenvaltioissa. Tästä syystä mittauslaitteita koskevat käytönaikaiset vaatimukset jätetään osaksi kansallista lainsäädäntöä. Jäsenvaltiot voivat perustelluista syistä säätää kansallisesti vaatimuksia mittauslaitteille, jotka eivät kuulu mittauslaitedi-
rektiivin soveltamisalaan.

Valvontaviranomaisten vastuulla on estää sellaisten laitteiden markkinointi ja käyttö, jotka eivät ole tuotetta koskevien vaatimusten mukaisia. Muussa tapauksessa viranomaisten tehtävänä on valvoa, että vaatimusten vastainen poistetaan markkinoilta. Viranomaisten tulee myös varmistaa, että valmispakkaukset jotka on varustettu "e"- tai "ə"- merkinnällä, täyttävät tuotteelle asetetut vaatimukset.

Markkinavalvonta

Viranomaiset hoitavat vastuunsa markkinavalvonnan avulla. Valvontaviranomaisten tarkastajat

- valvovat markkinoita
- antavat huomautuksia kaikista tuotteista, jotka eivät täytä vaatimuksia
- tiedottavat havaituista puutteista omistajille tai tuotteiden valmistajille
- raportoivat poikkeavista tuotteista ja muista havainnoista.

2.2.5 Mittaukset ja testaukset lainsäädännössä

Maailman talous ja jokapäiväinen elämä on riippuvainen luotettavista mittauksista ja testeistä, jotka ovat kansainvälisesti hyväksytyjä ja jotka eivät muodosta kaupan teknisiä esteitä. Lakisäätöiden vakaustoiminnan piirissä olevien laitteiden lisäksi monella säännellyllä alalla vaaditaan mittauksille ja testeille vaatimustenmukaisuuden täyttymistä joko säännöksiin tai standardeihin perustuen esim. ilmailussa, autojen turvatesteissä, ympäristönvalvonnassa sekä lasten lelujen turvallisuusvalvonnassa. Kansalliset metrologialaitokset ja muut organisaatiot tarjoavat asiantuntemustaan mittauksiin liittyvissä asioissa käyttäjille.

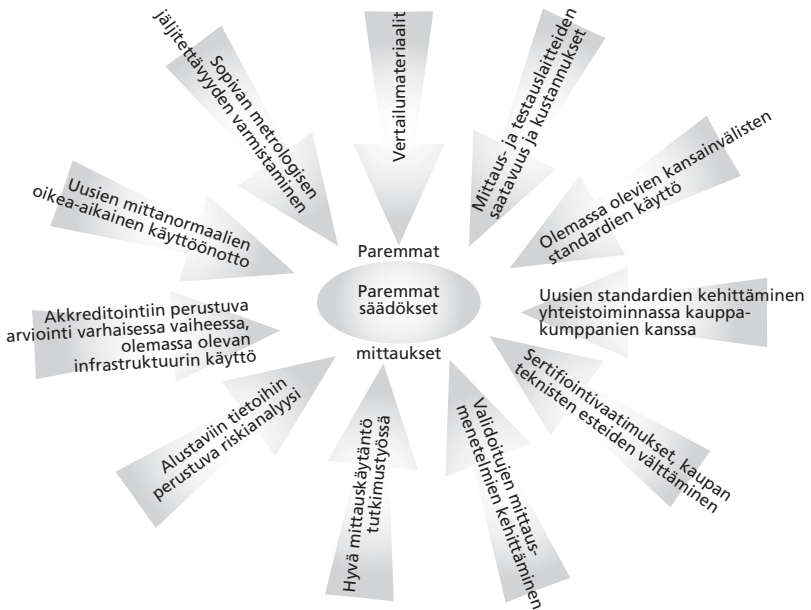
Ohjeita parhaalle mittauskäytännölle säädösten valmistelussa

Mittauksia voidaan vaatia missä tahansa säädösten valmisteluvaiheessa. Hyviin säädöksiin liittyy aina sopivia mittauksia ja testejä:

- laadittaessa perusteita lainsäädännölle
- lainsäädäntöä kirjoitettaessa ja teknisiä rajoja määritettäessä
- markkinavalvontaa toteutettaessa.

Eurooppalaisten metrologialaitosten välisen yhteistyön tuloksena (RegMet-projekti) on laadittu opas auttamaan niitä, jotka pohtivat mittauksen tarpeellisuutta säännösten valmistelussa. Seuraavassa on lyhyt tiivistelmä opaan sisällöstä.

Perusteet säännökselle	Säännöksen laatiminen	Markkinavalvonta
Vaikuttavien tekijöiden identifiointi	Nykytilanteen arviointi	Kustannustehokasta mittauksista & testeistä
Olemassa olevan tiedon kerääminen	Karkeiden teknisten rajojen määrittäminen	Palautteen kerääminen
Säädösperusteille tarpeellisen T&K:n teettäminen	T&K:n teettäminen rajojen tarkentamiseksi	Uusien teknologioiden käyttöönotto
	Yksityiskohtaisempien rajojen määrittäminen	



Edellä mainittujen lisäksi on vielä 8 tärkeää mittauksiin liittyvää seikkaa, jotka on huomioitava jokaisessa vaiheessa:

1. Mitä parametreja tulee mitata?
2. Olemassa olevan metrologisen infrastruktuuriin käyttö.
3. Sopivan metrologian jäljitettävyyden varmistaminen - jäljitettävyys SI-mittayksiköihin (mikäli mahdollista) aukottoman vertailuketjun välityksellä.
4. Onko sopivia menetelmiä käytettävissä kaikille testauksille ja/tai kalibroinneille?
5. Riskianalyysien perusteella määritetyt tekniset raja-arvot alustavien tietojen perusteella - tukeeko olemassa olevat tulokset säännökselle asetettuja perusteita, tarvitaanko uutta lisätietoa?
6. Olemassa olevien kansainvälisten standardien käyttö - täydennettynä tarpeellisilla lisävaatimuksilla tai uusien kansainvälisten standardien kehittäminen.
7. Mittausepävarmuus - miten se suhtautuu teknisiin raja-arvoihin nähdessä, miten se vaikuttaa kykyyn arvioida vaatimustenmukaisuutta?
8. Tiedon keruu - onko se sattumanvaraista vai valikoivaa, onko tieteellistä perustaa vaatimuksille tiedon keruun frekvenssille, mikä on ajoituksen, vuodenajan tai maantieteellisten variaatioiden vaikutus?

3 Metrologinen organisaatio

3.1 Kansainvälinen infrastruktuuri

3.1.1 Metrisopimus

Yhteisen metrijärjestelmän tarve tuli konkreettiseksi 1800-luvun puolivälissä, ensimmäisten yleismaailmallisten messujen yhteydessä. Vuonna 1875 järjestettiin Pariisissa kokous, jossa allekirjoitettiin metrisopimus 17 eri maan hallituksen kesken. Metrisopimuksen organisaatio näkyy kuvassa 3.1. Allekirjoittaneet maat päättivät perustaa pysyvän tieteellisen laitoksen, Kansainvälisen paino- ja mittatoimiston (**BIPM**), ja rahoittaa sen toiminnan.

Lisäksi perustettiin Yleisen paino- ja mittakonferenssi (**CGPM**), jonka tehtävänä on kehittää SI-mittayksikköjärjestelmää sekä vahvistaa mittanormaalien määritelmät ja luonnonvakioiden arvot. CIPM perustettiin valmistelemaan suosituksia CGPM:ille sekä valvomaan yksikköjärjestelmän maailmanlaajuista yhtäpitävyyttä. CIPM perusti avukseen useita neuvoa-antavia komiteoita (CC) eri suurealueille. Näiden komiteoiden tehtävänä on kerätä tietoa ja laatia suosituksia omilta suurealueiltaan. Ne myös koordinoivat kansainvälistä metrologian tutkimusta.

Nykyään metrisopimuksen allekirjoittaneita maita on 51 (tilanne lokakuussa 2007) ja lisäksi 24 valtiota on CGPM:n liitännäisjäseniä. Näiden lisäksi SI-mittayksikköjärjestelmä on käytössä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta lähes kaikissa kehittyneissä maissa.

Lukuisia BIPM:n alakomiteoita ja muita kansainvälisiä organisaatioita on perustettu eri tarkoituksiin:

- JCDCMAS Joint Committee on coordination of assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
- JCGM Joint Committee for Guides in Metrology
- JCR Joint Committee of the BIPM and the International Astronomical Union
- JCRB Joint Committee of the Regional Metrology Organisations and the BIPM
- JCTLM, Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine.

3.1.2 CIPM/MRA-asiakirja (Mutual Recognition Arrangement)

Kansallisten metrologialaitosten johtajat 38:sta metrisopimuksen piiriin kuuluvasta valtiosta sekä kahden kansainvälisen järjestön edustajat allekirjoittivat CIPM/MRA-asiakirjan (Mutual Recognition Arrangement) Pariisissa 14. lokakuuta 1999 pidetyssä kokouksessa. MIKES oli yksi allekirjoittajista. Lokakuussa 2007 oli allekirjoittaneita 45 metrisopimukseen kuuluvaa maata, 2 kansainvälistä organisaatiota ja 20 CGPM:n liitännäisjäsentä. MRA koskee kansallisia mittanormaaleja ja kansallisten metrologialaitosten ja kansallisten mittanormaallaboratorioiden antamia kalibrointitodistuksia. MRA:n yksi osa koskee laboratorioiden laatimien kalibrointitodistusten ja näissä laboratorioissa suoritettujen mittausten molemminpuolista tunnustamista. ”Yhdesti mitattu, kaikkialla hyväksytty” onkin MRA-sopimuksen päätavoite. Suomen osalta MRA:ssa ovat MIKESin lisäksi omalla nimellään kansalliset mittanormaallaboratoriot (Teknillinen korkeakoulu, Geodeettinen laitos ja Säteilyturvakeskus) sekä sopimuslaboratoriot (Lahti Precision Oy ja Ilmatieteen laitos).

Nykyään n. 90 % maailman kauppaan kuuluvasta viennistä käydään CIPM/MRA:han osallistuvien valtioiden välillä.

MRA:n tärkeimmät kohdat on esitetty BIPM:n kotisivuilla, osoitteessa www.bipm.org.

Tavoitteet

- perustan luominen kansallisten metrologialaitosten ja mittanormaallaboratorioiden ylläpitämien kansallisten mittanormaalien tasavertaisuudelle
- kansallisten metrologialaitosten ja mittanormaallaboratorioiden antamien kalibrointitodistusten vastavuoroinen tunnustaminen
- turvaten teknisen perustan antaminen viranomaisille ja muille osapuolille niiden tehdessä laajempia kansainväliseen kauppaan tai säädöksiin liittyviä sopimuksia.

Menettely

- Mittausten kansainväliset vertailut, avainvertailut (tällä hetkellä tietoa n. 600 kansallisten metrologialaitosten välisistä avainvertailuista)
- Täydentävät mittausten kansainväliset vertailut
- Kansallisten metrologialaitosten ja mittanormaallaboratorioiden laatujärjestelmät ja kansainvälisiin kriteereihin perustuva pätevyyyden demonstroiminen.

Tulokset

- Kunkin kansallisen metrologialaitoksen ja mittanormaalilaboratorion mittauskykytietojen julkaiseminen BIPM:n ylläpitämässä tietokannassa, joka on kaikkien käytettävissä BIPM:n kotisivuilla, osoitteessa www.bipm.org/kcdb.

Kansallisten metrologialaitosten osallistuminen CIPM/MRA:han edesauttaa kansallisia akkreditointielimiä ja muita vakuuttumaan kansallisten metrologialaitosten tuottamien mittaustulosten kansainvälisestä uskottavuudesta ja hyväksyttävyydestä. Se antaa myös kansainvälisen tunnustamisen akkreditoitujen testaus- ja kalibrointilaboratorioiden mittaustuloksille, edellyttäen että nämä laboratoriot voivat osoittaa pätevästi tulostensa jäljitettävyyden CIPM/MRA:han osallistuviin kansallisiin metrologialaitoksiin.

BIPM:n avainvertailujen tietokanta

BIPM:n avainvertailujen tietokanta **KCDB** sisältää avainvertailujen ja täydentävien vertailujen tulokset sekä listan kansallisten metrologialaitosten kalibrointi- ja mittauskyvyistä, ns. CMC-listan (Calibration and Measurement Capabilities). CMC-listalle pääsevät vain alueellisten organisaatioiden (Euroopassa EURAMET) alaisten ko. alan asiantuntijoiden muodostamien arviointiryhmien hyväksymät tiedot. Vuonna 2006 BIPM:n tietokannassa oli noin 18400 yksittäistä CMC:tä, Suomesta noin 420. CMC-listalle hyväksyttävistä tiedoista koordinoi alueellisten metrologiaorganisaatioiden yhteiskomitea (Joint Committee of the Regional Metrology Organisations and BIPM) eli **JCRB**.

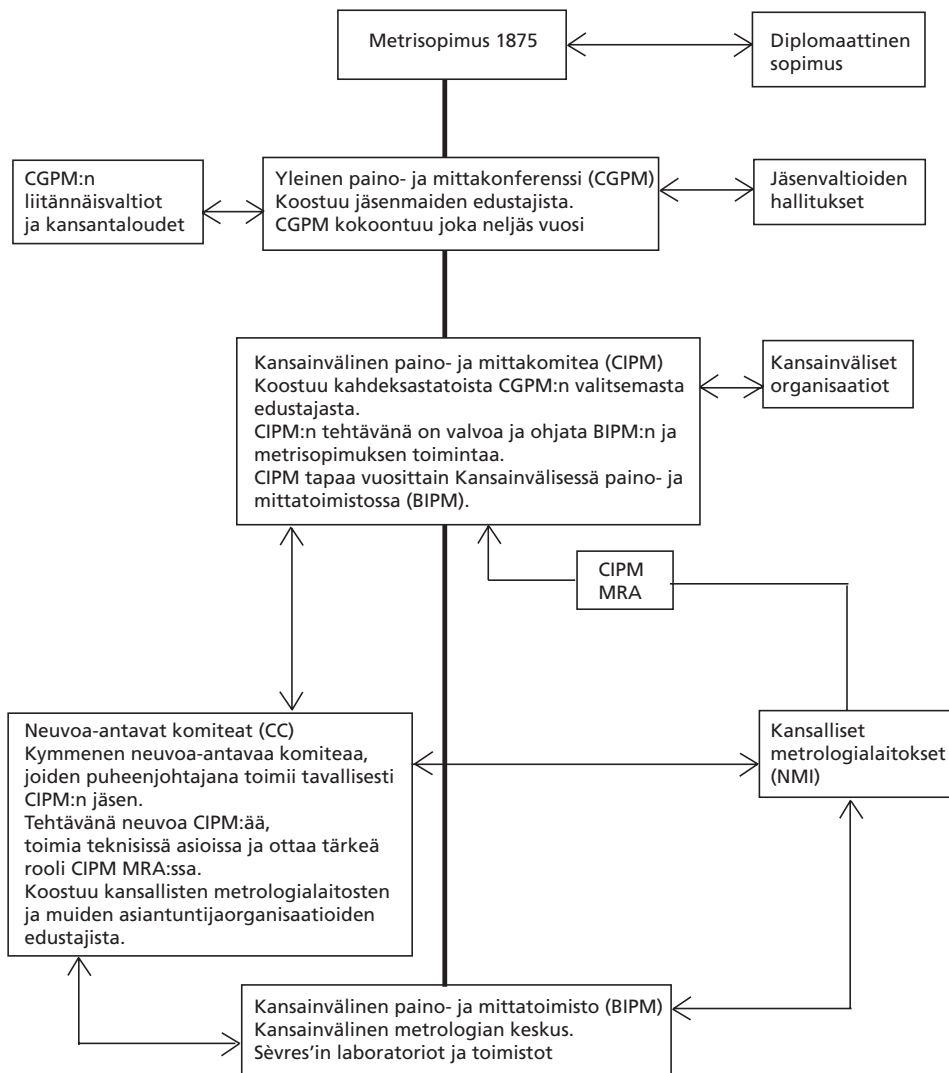
3.1.3 Kansallinen metrologialaitos

EURAMET määrittelee kansallisen metrologialaitoksen seuraavasti: Laitos, joka on kansallisen päätöksen perusteella nimitetty kehittämään ja ylläpitämään kansallisia mittanormaaleja yhden tai useamman suureen osalta.

Eräillä mailla ja talousalueilla on keskitetty metrologian organisaatio, jossa on yksi kansallinen metrologian laitos. Kansallinen metrologian laitos voi siirtää tiettyjen normaalien ylläpidon tietyille laboratorioille, vaikka nämä eivät olisikaan kansallisia metrologian laitoksia. Joillakin mailla ja talousalueilla on käytössä hajautettu organisaatio, joka käsittää useita laitoksia, jotka kaikki ovat kansallisia metrologian laitoksia.

Kansallinen metrologialaitos edustaa maata hoitamalla suhteita muiden maiden kansallisiin metrologialaitoksiin, alueellisiin metrologiaorganisaatioihin ja kansainväliseen paino- ja mittatoimistoon (BIPM). Kansalliset metrologian laitokset osallistuvat aktiivisesti kuvassa 3.1. esitetyn kansainvälisen organisaation toimintaan.

Kansallisten metrologialaitosten luettelo on saatavissa alueellisten metrologiaorganisaatioiden kautta, Euroopassa luettelo on EURAMETin kotisivuilla, www.euramet.org.



Kuva 3.1. Metrisopimuksen organisaatio. Neuvoo-antavista komiteoista Suomi on mukana seuraavissa: CCEM, CCPR ja CCL.

3.1.4 Kansallinen mittanormaalilaboratorio

Kansallisella metrologialaitoksella (Suomessa MIKES) on usein valtuudet nimetä kansalliset mittanormaalilaboratoriot (KML) eri suurealueiden metrologisten toimintasuunnitelmien sekä kyseessä olevan maan metrologiapolitiikan mukaisesti. KML:t ylläpitävät ja kehittävät päätöksissä nimettyjä kansallisia mittanormaaleja. Nämä mittanormaalit edustavat parasta mitattieteellistä tasoa maassa.

Kansallisen mittanormaalin jäljitettävyys voi perustua suoraan mittayksikön määrittelmään. Tällaista mittanormaalia kutsutaan primaarinormaaliksi. Jos KML:n ylläpitämä kansallinen mittanormaali on jäljitettävissä kansainvälisesti hyväksytyyn mittanormaaliiin (esim. kilogramman prototyyppi), on ko. kansallinen mittanormaali ns. sekundaarinormaali.

Kansallisen mittanormaalilaboratorion tärkeä tehtävä on luoda perusta jäljitettäville mittauksille kalibroimalla muiden KML:ien, akkreditoitujen laboratorioden sekä tarvittaessa suoraan teollisuuden mittauslaboratorioiden referenssinormaaleja. Näiden laboratorioden suorittamien kalibrointien kautta mittayksikön toteutus jäljitettävästi leviää laajalle yhteiskuntaan. Lisäksi kansalliset mittanormaalilaboratoriot:

- tekevät kansainvälisesti tunnustettua tutkimustyötä
- ylläpitävät ja kehittävät ko. yksikön mittanormaaleja
- osallistuvat vertailumittauksiin korkeimmalla kansainvälisellä tasolla.

Esimerkki: Mittanormaalin parhaan mahdollisen arvon määrittämiseksi tarvitaan olosuhteiltaan hyvä laboratorio. Esimerkiksi metrin mittaisen mittapalan pituus voidaan mitata 50 nm tarkkuudella. Tämä vaatii 50 mK lämpöstabiilisuutta ja hyvää värinävaimennettua tilaa.

3.1.5 Sopimuslaboratoriot

Suomessa sopimuslaboratorio on akkreditoitu kalibrointilaboratorio, jonka kanssa MIKES on tehnyt sopimuksen ja jossa kyetään suorittamaan tietyn suureen kalibrointi maan parhaimmalla tarkkuustasolla. Suomessa käytetään ko. laboratorioista nimitystä sopimuslaboratorio (engl. designated laboratory) sekaannusten välttämiseksi, koska mm. ympäristöministeriö on nimennyt Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) laboratorion ympäristövalvonnalla referenssilaboratorioksi (engl. reference laboratory).

3.1.6 Akkreditoidut laboratoriot

Akkreditoidulla laboratoriollla on kolmannen osapuolen myöntämä tunnus- tus teknisestä pätevydestään, laadunvarmistuksestaan ja puolueettomuus- destaan. Sekä yksityinen että julkinen laboratorio voidaan akkreditoida. Akkreditointi on vapaaehtoista, mutta useat eurooppalaiset viranomaiset varmistavat toimialueensa testaus- ja kalibrointilaboratorioiden toiminnan laadun vaatimalla akkreditointielimen suorittaman akkreditoinnin. Akkredi- tointia vaaditaan esimerkiksi laboratorioilta, jotka toimivat elintarvikealalla ja laboratorioilta, jotka suorittavat vähittäismyymälöissä käytettävien pun- nusten kalibrointia.

Akkreditointi myönnetään laboratorion arvioinnin ja säännöllisesti toistuvien määräaikaiskäyntien perusteella. Laboratorioiden akkreditointi suoritetaan yleensä standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaisesti. Suomessa labora- torioiden akkreditointia voi hakea Mittatekniikan keskuksen FINAS- yksiköltä.

EA:n (European co-operation for Accreditation) puitteissa kaikki kalibrointi- todistukset, jotka on myöntänyt akkreditoitu laboratorio,

- joka on Euroopan akkreditointielimen valvonnassa
- ja joka sijaitsee MLA:n (Multilateral Agreement) allekirjoittaja- maassa

ovat tasavertaisia kaikkien MLA:n allekirjoittajamaissa annettujen kalibroin- titodistusten kanssa.

Eurooppalaiset akkreditointielimet

- myöntävät akkreditointeja kussakin alueelleen kuuluvassa maas- sa
- suorittavat määräaikaiskäyntejä ja
- ylläpitävät kansallista rekisteriä akkreditoituista laboratorioista ja hyväksytyistä GLP-laboratorioista* (Suomessa GLP-laboratoriot hyväksyy ja rekisteriä ylläpitää Lääkelaitos).

3.1.7 ILAC

ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) on kansainväli- nen eri puolilla maailmaa olevien laboratorioita akkreditoivien elinten yh- teistyöjärjestö, joka on perustettu v. 1996. Vuonna 2000 ILACin jäsenet al- lekirjoittivat keskinäisen tunnustamissopimuksen MRA:n (Mutual Recogni- tion Arrangement), joka puolestaan edesauttoi kansainvälistä testaustulos- ten hyväksymistä sekä kaupan teknisten esteiden poistamista. ILACin MRA tukee maailman kauppajärjestön WTO:n tavoitteita kaupan teknisten

* Good Laboratory Practice

esteiden poistamisessa. ILAC ja WTO sopivat keskinäisestä yhteistyöstä v. 2003.

ILAC on siten maailmanlaajuinen pääfoorumi laboratorioiden akkreditoinnin käytäntöjen ja menettelyjen kehittämisessä. ILAC suosittelee laboratorioiden akkreditointia kaupankäynnin apuvälineeksi yhdessä tunnustettujen pätevien kalibrointi- ja testauslaitosten kanssa ympäri maailmaa. Maailmanlaajuisten tavoitteidensa mukaisesti ILAC tarjoaa myös asiantuntija-apua maille, jotka ovat kehittämässä omaa laboratorioiden akkreditointijärjestelmää. Tällaiset kehittyvät maat voivat osallistua ILACin kokouksiin liittäntäjäjäsenenä ja siten ne voivat hyödyntää ILACin edistyneempien jäsenmaiden voimavaroja.

3.1.8 OIML

Lakisääteisen metrologian kansainvälinen järjestö OIML (International Organisation of Legal Metrology) perustettiin vuonna 1955 yleissopimuksella. Järjestön tarkoituksena on tukea lakisääteisen metrologian maailmanlaajuisista yhdenmukaistamista mm. mittauslaitteiden kansainvälisen kaupan teknisten esteiden poistamiseksi.

OIML on valtioiden välinen sopimusjärjestö, jossa on 59 jäsenmaata ja 56 maata tarkkailijajäsenenä. Teknisten komiteoiden toimintaan voivat osallistua sekä jäsenmaiden ja tarkkailijamaiden nimeämät edustajat, mutta äänestys-oikeus on vain varsinaisilla jäsenmailla.

OIML toimii yhteistyössä metrisopimuksen ja BIPM:n kanssa lakisääteisen metrologian kansainvälisen yhdenmukaistamisen hyväksi. OIML tekee yhteistyötä yli 100 kansainvälisen ja alueellisen toimielimen kanssa metrologiassa ja standardisoinnissa sekä näihin liittyvillä alueilla.

Metrologiset suuntaviivat

Maailmanlaajuinen teknillinen verkosto välittää jäsenilleen suuntaviivoja metrologian alalla. Suuntaviivojen pohjalta suunnitellaan yksityiskohtaisia kansallisia ja alueellisia vaatimuksia mittauslaitteiden valmistukselle ja käytölle lakisääteisen metrologian alueelle kuuluvissa sovelluksissa.

Mallisäädökset ja kansainväliset suositukset

OIML kehittää mallisäädöksiä ja julkaisee kansainvälisiä suosituksia, jotka antavat jäsenille kansainvälisesti hyväksytyyn pohjan kansallisen lainsäädännön luomiseksi erilaisille mittauslaitteille. Euroopan mittauslaitedirektiivin (MID) luonnoksessa esitetyt tekniset vaatimukset ovat valtaosin yhtäpitäviä OIML:n kansainvälisten suositusten kanssa.

Kansainvälisten suositusten pääkohdat ovat:

- soveltamisala, soveltaminen ja terminologia
- metrologiset vaatimukset
- tekniset vaatimukset
- menetelmät ja laitteet, joita käytetään testeihin ja vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen
- testiraporttien muoto.

Tekniset komiteat tai alakomiteat, jotka koostuvat OIML:n jäsenmaiden edustajista, laativat luonnoksia OIML:n suosituksiksi ja asiakirjoiksi. Myös tietyt kansainväliset ja alueelliset järjestöt osallistuvat työskentelyyn neuvoo-antavina osapuolina. OIML:n ja eri instituutioiden (esim. ISO ja IEC) kanssa on tehty yhteistyösopimuksia, joiden tavoitteena on välttää ristiriitaisia vaatimuksia. Näin laitevalmistajat, mittauslaitteiden käyttäjät ja testauslaboratoriot voivatkin samanaikaisesti käyttää OIML:n ja muiden instituutioiden julkaisuja.

OIML:n sertifiointijärjestelmä

OIML:n sertifiointijärjestelmä antaa valmistajille mahdollisuuden saada OIML:n sertifiointin ja testiraportin, jotka osoittavat, että kyseinen laitetyyppi on asiaankuuluvien OIML:n kansainvälisten suositusten mukainen.

Sertifikaatteja julkaisevat OIML:n jäsenmaat, jotka ovat osoittaneet yhden tai useamman toimielimen vastuulle valmistajien tyyppihyväksyntää varten tekemien hakemusten käsittelyyn. Näiden sertifiointien hyväksyntä muissa maissa on vapaaehtoista.

Olemassa olevan OIML:n sertifiointijärjestelmän lisäksi OIML on kehittänyt monenkeskisen hyväksymissopimuksen (MAA, Mutual Acceptance Arrangement), joka liittyy OIML:n tyyppihyväksyntätesteihin.

MAA:n toimeenpano alkoi tammikuussa 2005 ja se kattaa nykyään mittalaitteet, jotka liittyvät OIML R 60:n (punnitusanturit) ja OIML R 76:n (ei-automaattiset vaa'at) alueisiin. Suuri osa OIML:n sertifiointeista annetaan näille laitteille.

3.1.9 IUPAP

IUPAPin (The International Union of Pure and Applied Physicists) toiminta kohdistuu

- fysikaalisiin mittauksiin
- tieteelliseen ja soveltavaan metrologiaan
- fysikaalisten suureiden ja yksikköjen nimitykseen ja symboleihin

- IUPAP tukee toimintaa, joka edistää tarkennettujen atomimassojen ja fysikaalisten perusvakioiden arvojen maailmanlaajuisia käytönottoa.

IUPAP julkaisee ”punaista kirjaa” Symbols, Units and Nomenclature in Physics.

3.2 Eurooppalainen metrologinen infrastruktuuri

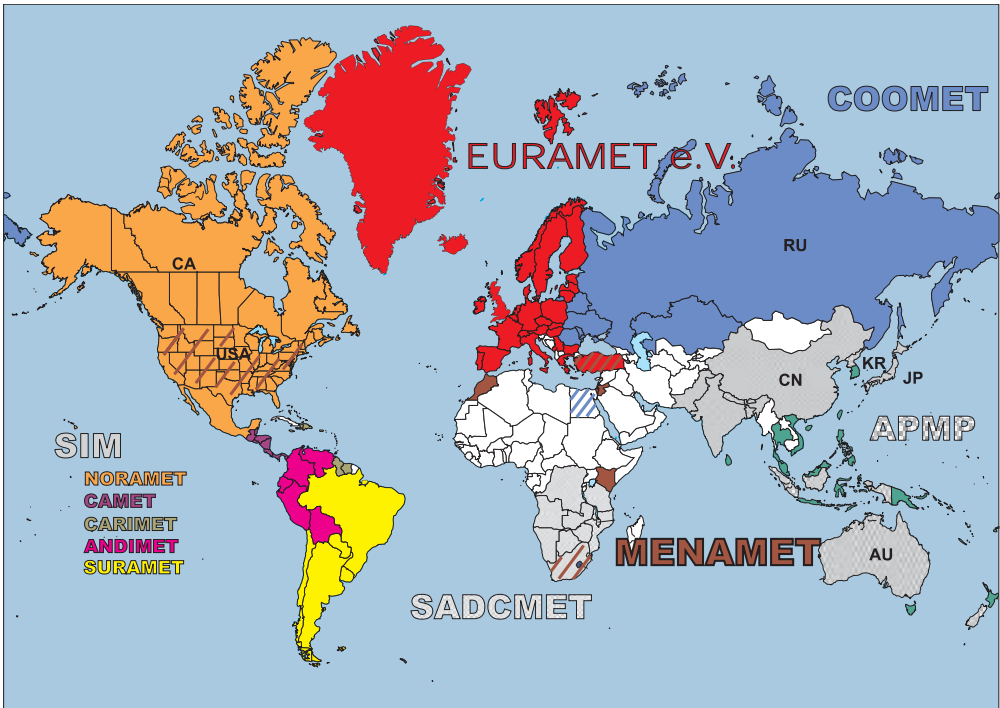


3.2.1 EURAMET e.V.

EURAMET e.V. (European Association of National Metrology Institutes, 30.6.2007 asti nimellä EUROMET) on Euroopan maiden kansallisten metrologialaitosten yhteistyöelin, joka aloitti toimintansa vuonna 1987. Sen juuret ovat Länsi-Euroopan metrologiaklubissa WEMC (Western European Metrology Club), joka sai alkunsa v. 1973. EURAMET on Euroopan alueellisenä organisaationa mukana CIPM:n monenkeskisessä kansallisten metrologialaitosten antamien kalibrointitodistusten vastavuoroisessa tunnustamissopimuksessa. Muita alueellisia järjestöjä on kuvassa 3.2.

Tällä hetkellä EURAMETissä on 34 jäsentä (tilanne lokakuussa 2007) ja useat maat hakevat EURAMETin jäsenyyttä parhaillaan. Yhteistyön perusajatuksena on toteuttaa projekteja, jotka koskevat tutkimusta, laboratorioden välisiä vertailumittauksia ja jäljitettävyyttä. Näitä hankkeita viedään eteenpäin suurelta osin teknisissä komiteoissa, joissa kustakin jäsenmaasta voi olla yksi edustaja. Teknisissä komiteoissa tehdyn työn, esim. vertailumittausten, avulla voidaan varmentaa jäsenmaiden mittanormaali-laboratorioiden mittausten yhtäpitävyys.

Yhteiseurooppalainen tutkimustoiminta kansallisten metrologialaitosten välillä on syventymässä Euroopan komission päätettyä rahoittaa tutkimustoimintaa. Tätä varten tehtiin laajoja organisatorisia muutoksia, joista ulospäin näkyy vain nimenmuutos. EURAMET e.V. (e.V. = eingetragener Verein) on nyt saksalaiseen lainsäädäntöön perustuva rekisteröity yhdistys, jonka EU-komissio on hyväksynyt sopimusosapuoleksi.



Kuva 3.2: Alueellisia metrologiajärjestöjä.

3.2.2 EA, European Co-operation for Accreditation

EA on eurooppalaisten akkreditointielinten yhteistyöorganisaatio, joka perustuu monenkeskiseen sopimukseen ja pohjautuu keskinäisiin vertaisarviointeihin. EA:n muodostaa noin 30 kansallista akkreditointielintä joista 26 on mukana EA:n monenkeskisessä tunnustamissopimuksessa MLA:ssa (Multilateral Agreement). Lisäksi sillä on keskinäisiä sopimuksia useiden muiden maiden vastaavien laitosten kanssa.

EA:n jäsenorganisaatiot, jotka ovat hyväksytysti läpäisseet arvioijaryhmän arvioinnin voivat allekirjoittaa monenkeskisen sopimuksen seuraavilla aloilla:

- sertifiointielinten akkreditointi
- laboratoriodien akkreditointi

- tarkastuslaitosten akkreditointi.

Tavoitteena on, että kunkin EA-jäsenmaan viranomaiset ja teollisuuden edustajat hyväksyisivät testit ja kalibroinnit, jotka on suoritettu missä tahansa toisessa EA-jäsenmaan akkreditoitussa laboratoriossa MLA-sopimuksen mukaisesti. Useimmissa maissa metrologian infrastruktuuri koostuu kansallisista mittanormaallaboratorioista, vertailu-/sopimuslaboratorioista ja akkreditoituista laboratorioista.

3.2.3 Eurooppalainen järjestö - WELMEC

Uuden lähestymistavan (New Approach) mukaisten direktiivien valmistelun ja täytäntöönpanon yhteydessä allekirjoitettiin aiempöytäkirja. Aiempiytäkirjan allekirjoitti 15 EU:n jäsenmaata ja kolme EFTA-maata vuonna 1990 WELMEC:in (Western European Legal Metrology Co-operation, Läntisen Euroopan lakisääteisen metrologian yhteistyöelin) perustamistilaisuudessa. WELMEC:in nimi muutettiin vuonna 1995 muotoon ”European co-operation in legal metrology”, josta edelleen käytetään lyhennettä WELMEC. Tästä ajankohdasta lähtien WELMEC on hyväksynyt liittännäisjäseniä maista, jotka ovat allekirjoittaneet sopimuksia EU:n kanssa. Tällä hetkellä WELMEC:ssa on 30 jäsenmaata.

WELMECin tavoitteet ovat:

- edistää Euroopan metrologiaviranomaisten keskinäistä luottamusta
- harmonisoida lakisääteisen metrologian toimintoja
- ylläpitää tietojen vaihtoa jäsenten välillä.

WELMEC:in jäsenet

WELMEC:in jäsenet ovat kansallista lakisääteistä metrologiaa edustavia viranomaisia EU- ja EFTA-maista. Mailla, jotka ovat siirtymävaiheessa kohti EU:n jäsenyyttä, on WELMEC:issa kansallista lakisääteistä metrologiaa edustava viranomainen liittännäisjäsenenä. WELMEC:in päätavoite on kehittää eurooppalaisten viranomaisten keskinäistä luottamusta lakisääteisen metrologian alueella. Tätä kautta pyritään yhtenäistämään lakisääteisessä metrologiassa käytettäviä toimenpiteitä ja edistämään tiedonkulkua kaikkien asiasta kiinnostuneiden osapuolten kesken.

WELMEC:in komitea

WELMEC:in päättävä elin, komitea, koostuu jäsenvaltioiden ja ulkojäsenvaltioiden edustajista sekä EURAMET:in, EA:n, OIML:n ja muiden lakisääteisestä metrologiasta kiinnostuneiden alueellisten järjestöjen tarkkailijoista. WELMEC-komitea kokoontuu vähintään kerran vuodessa. Puheenjohtajalla on apunaan pieni puheenjohtajan ryhmä, joka antaa neuvoja strategisia asioita käsiteltäessä.

Työryhmät

Työryhmät kokoontuvat aina tarvittaessa. Ne keskustelevat erilaisista tärkeistä asioista ja laativat suosituksia WELMEC-komitealle. Tällä hetkellä komitean työtä avustaa kahdeksan työryhmää:

WG 2	Vaakadirektiivin (90/384/EEC) täytäntöönpano ja automaattiset va'at.
WG 4	Lakisääteisen metrologian yleiset kysymykset.
WG 5	Metrologinen markkinavalvonta.
WG 6	Valmispakkaukset.
WG 7	Ohjelmistot.
WG 8	Mittauslaitedirektiivin yleiset kysymykset (MID).
WG 10	Mittauslaitteet muille nesteille kuin vedelle.
WG 11	Vesi-, kaasu-, lämpö- ja sähköenergiamittarit.

Esimerkkejä julkaistuista oppaista, jotka käsittelevät yhdenmukaistamista Euroopassa:

- Vaakadirektiivin soveltaminen (90/384/EEC, ei-automatitset va-
at)
- Opas mittauslaitteiden ohjelmistojen vaatimuksista.

WELMEC antaa neuvoja Euroopan komissiolle ja neuvostolle mittauslaitteita koskevien direktiivien kehittämiseksi.

3.2.4 Lakisääteisen metrologian organisaatio Suomessa

Lakisääteinen metrologia ja vakaus liittyvät läheisesti myös kansalliseen mittauspalveluun. Tärkein vakaustoiminnan soveltamisala Suomessa on keskittynyt mittauksiin ja mittauslaitteisiin, joita käytetään kaupankäynnissä ja valmispakkausten valmistuksessa. Turvatekniikan keskus (Tukes) on kansallinen viranomais, joka valvoo ja ohjaa lakisääteisen metrologian alueelle kuuluvaa toimintaa ja avustaa työ- ja elinkeinoministeriötä alan lainsäädännön valmistelussa (www.tukes.fi).

Kansallisten vakausten ja tyyppitarkastusten tekeminen kuuluu Tukesin hyväksymien tarkastuslaitosten tehtäviin. Tarkastuslaitoksen on oltava ammattitaitoinen, luotettava, riippumaton ja kansainvälisesti uskottava. Tietoja tarkastuslaitoksista on saatavilla Tukesin sivuilla (www.tukes.fi).

3.2.5 EUROLAB

EUROLAB on kansallisten testauslaboratorioiden liittoutuma, johon kuuluu noin 2000 laboratoriota. EUROLAB on vapaaehtoista yhteistyötä, joka edistää testauslaboratorioiden ammatillista osaamista sekä niitä koskevien kansainvälisten säännösten tuntemista ja koordinoi toimenpiteitä, jotka

koskevat esimerkiksi Euroopan komissiota, eurooppalaista standardointia ja kansainvälisiä asioita.

EUROLAB järjestää yhteisiä keskustelufoorumeja ja symposiumeja ja laatii tilanneraportteja ja teknisiä raportteja. Useat laboratoriot, jotka ovat teke- misissä metrologian kanssa, ovat EUROLAB:in jäseniä.

3.2.6 EURACHEM

EURACHEM on eurooppalaisten analyttisten laboratorioden v. 1989 perustettu yhdistys. Siihen kuuluu organisaatioita 32 maasta sekä Euroopan Komissio. Tavoitteena on edistää kemiallisten mittausten jäljitettävyyttä ja hyvää laadunhallintaa. Jäljitettävyyteen ja laadunvarmistukseen kemian alalla kohdistuu yhä kriittisempiä vaatimuksia EU:ssa. EURACHEM toimii yhteistyössä EURAMETin kanssa tehden työtä referenssilaboratorioiden perustamisen, vertailumateriaalien käytön ja moolin jäljitettävyyden puolesta.

EURACHEM on julkaissut useita oppaita yhdessä CITACin kanssa (ks. kohta CITAC), esim. seuraavat oppaat:

- The fitness for Purpose of Analytical Methods: A laboratory Guide to Method Validation and Related Topics (1998)
- Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 2nd Edition (2000)
- The Selection and Use of Reference Materials (2002)
- Measurement uncertainty arising from sampling: A guide to methods and approaches (2007).

Suomessa toimii Suomen Kemian Seuran jaostona EURACHEM-Suomi - jaosto. Jaosto on perustettu v. 1992 edistämään suomalaisten kemistien ja yritysten mahdollisuuksia saada tietoa kemian alan eurooppalaisista yhteishankkeista sekä parantamaan mahdollisuuksia vaikuttaa ja osallistua niihin.

EURACHEM-Suomi ja Eurolab Finland jaostojen toiminnat yhdistyvät vuonna 2008. Uuden yhteistyöjärjestön nimi on **Finntesting** ja se jatkaa kansallista toimintaa tiedottamalla ja kouluttamalla uusia laadunvarmistukseen ja laatuajatteluun liittyviä toimintatapoja ja käsitteitä.

3.2.7 CITAC

Vuonna 1993 perustetun CITACin (Co-Operation on International Traceability in Analytical Chemistry) tavoitteena on edistää olemassa olevien organisaatioiden yhteistyötä parantamaan kansainvälistä kemiallisten mittausten jäljitettävyyttä. CITAC on järjestänyt laboratorioden välisiä mittauksia pyrkien toimimaan yhdysiteenä primaarimittauksien ja käytännön tason välillä.

CITAC on julkaissut yhteistyössä muiden järjestöjen, mm. EURACHEMin kanssa useita oppaita:

- Traceability in Chemical Measurement
- Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement
- Quality Assurance for Research and Development and Non-routine Analysis
- Guide to Quality in Analytical Chemistry.

3.2.8 COOMET

COOMET (Euro-Asian cooperation of state metrology institutions) on EURAMETia vastaava järjestö, jonka jäsenistö muodostuu Keski- ja Itä-Euroopan maista sekä Aasian maista. Se on perustettu 1991. Jotkut COOMETin jäsenistä kuuluvat myös EURAMETiin.

3.3 Amerikkalainen infrastruktuuri

3.3.1 Metrologia - SIM

SIM (Sistema Interamericano de Metrologia, engl. The Inter-American Metrology System) on perustettu 1970-luvun alkupuolella OAS:n (Organisation of American States) kuuluvien 34 maan kansallisen metrologiaorganisaation sopimuksella. SIM on amerikkalainen alueellinen metrologiaorganisaatio CIPM/MRA-asiakirjan puitteissa (ks. luku 3.1.2).

SIM perustettiin edistämään kansainvälistä, erityisesti Amerikan maiden välistä alueellista metrologista yhteistyötä. SIMin tavoitteena on, että amerikkalaisissa valtioissa käytetään maailmanlaajuisia mittausjärjestelmää ja että siihen voivat kaikki luottaa.

SIM koostuu useasta Amerikan mannerten paikallisista metrologisista järjestöistä:

- NORAMET (Pohjois-Amerikka)
- CARIMET (Karibian alueen valtiot)
- CAMET (Väli-Amerikka)
- ANDIMET (Andien alueen valtiot)
- SURAMET (Etelä-Amerikka).

SIMin toiminta-alueeseen kuuluu myös lakisääteinen metrologia Amerikan alueella. Tavoitteena Lakisääteisen metrologian työryhmällä (Legal Metrology Working Group) on harmonisoida amerikkalaisten valtioiden lakisääteistä metrologiaa OIML:n suositusten ja asiakirjojen perusteella.

3.3.2 Akkreditointi - IAAC

IAAC (The Inter American Accreditation Cooperation) on akkreditointielinten ja muiden amerikkalaisten vaatimustenmukaisuuden arvioinnista kiinnostuneiden organisaatioiden yhdistys. Sen tavoitteena on saada aikaan kansainvälisesti tunnustettuja tunnustamissopimuksia amerikkalaisten akkreditointielinten välillä. IAAC edistää myös yhteistyötä akkreditointielinten ja niiden amerikkalaisten yhteistyökumppaneiden kanssa. Tavoitteena on, että vaatimustenmukaisuusmenettelyjen kehittämisen tuloksena tuotteita, prosesseja ja palveluja parannetaan. IAAC:n jäseninä voivat olla sekä laboratorioita että toimintajärjestelmiä akkreditoivat elimet. IAAC tarjoaa laajamittaista koulutusta jäsenilleen.

3.4 Aasian ja Tyynenmeren alueen infrastruktuuri

3.4.1 Metrologia - APMP

APMP (The Asia Pasific Metrology Programme) on yli 30 Aasian ja Tyynenmeren maan/alueen metrologinen yhteistyöjärjestö, joka aloitti brittiläisen kansainyhteisön alueellisena ohjelmalla v. 1977 ja laajeni koko alueen ohjelmaksi v. 1980. APMP on vanhin jatkuvasti toiminut alueellinen metrologinen ryhmittymä maailmassa. APMP:n tavoitteena on sen jäsenten mittauskykyjen kansainvälinen tunnustaminen. APMP on Aasian ja Tyynenmeren alueen alueellinen metrologiaorganisaatio CIPM/MRA-asiakirjan puitteissa (ks luku 3.1.2).

APMP työskenteli läheisessä yhteistyössä BIPM:n ja muiden alueellisten metrologiaorganisaatioiden kanssa maailmanlaajuisen MRA:n aikaansaamiseksi ja sillä on aktiivinen vertailumittausohjelma, jonka avulla se tarjoaa jäsenilleen pääsyn BIPM:n avainvertailujen tietokantaan (ks. luku 3.1.2).

3.4.2 Akkreditointi - APLAC

APLAC (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation) on Aasian ja Tyynenmeren alueen laboratorioita ja tarkastuslaitoksia akkreditoivien elinten yhteistyöjärjestö. Jäsenet ovat kansallisesti tunnustettuja akkreditointielimiä ja yleensä valtion omistamia. APLAC perustettiin v. 1992 akkreditointielinten tietojenvaihtoforumiksi, harmonisoimaan menettelyjä ja kehittämään keskinäistä tunnustamissopimusta, jotta akkreditoitujen testauslaboratorioiden sekä tarkastuslaitosten tulokset tunnustettaisiin yli kansallisten rajojen. APLACilla on aktiivisia toimintoja seuraavilla alueilla:

- jäsentenvälinen tietojen vaihto
- teknisten opaskirjojen laatiminen
- laboratorioiden väliset vertailumittaukset/pätevyyskokeet
- laboratorioiden arvioijien koulutus ja
- menettelyjen ja sääntöjen kehittäminen keskinäisen tunnustamissopimuksen aikaansaamiseksi.

3.4.3 Lakisääteinen metrologia - APLMF

APLMF (The Asia-Pacific Legal Metrology Forum) on lakisääteisten metrologiaviranomaisten ryhmittymä, jonka tavoitteena on lakisääteisen metrologian kehittäminen ja alueen vapaan ja avoimen kaupan edistäminen harmonisoimalla ja poistamalla teknisiä tai hallinnollisia kaupan esteitä lakisääteisen metrologian alalla. Alueellisena metrologisena organisaationa APLMF työskentelee läheisessä yhteistyössä OIML:n kanssa ja edistää lakisääteisten metrologiaorganisaatioiden yhteydenpitoa ja kanssakäymistä sekä pyrkii lakisääteisen metrologian harmonisointiin Aasian ja Tyynenmeren alueella.

APMP, APLAC ja APMF ovat APECin (Asia-Pacific Economic Cooperation) tunnustamia alueellisia asiantuntijaelimiä. Alueelliset asiantuntijaelimet avustavat APECin alakomiteoita standardien ja vaatimustenmukaisuuden kehittämisessä tavoitteena alueen kaupan teknisten esteiden poistaminen. Alueelliset asiantuntijaelimet ovat yhteistyössä muiden alueellisten ja kansainvälisten osapuolten kanssa.

3.5 Afrikkalainen infrastruktuuri

3.5.1 SADC

SADCIin (The Southern African Development Community) kuuluu 14 sopimuksen allekirjoittanutta maata. Vuonna 2000 allekirjoitettiin yhteistyösopimus SADC SQAM (Memorandum of Understanding on Cooperation in Standardisation, Quality Assurance, Accreditation and Metrology in Southern African Development Community). Tämä MoU oli lähtökohtana SADC SQAM-ohjelmalle sekä siihen kuuluville alueellisille rakenteille SADCA, SADCMET, SADCMEEL, SADCSTAN ja SGAMEG, joiden kaikkien tarkoituksena on kaupan teknisten esteiden poistaminen.

3.5.2 Metrologia - SADCMET

SADCMET (The SADC Cooperation in Measurement Traceability) perustettiin v. 2000. Nykyisin SADCMETiin kuuluu 14 varsinaista jäsentä, jotka ovat kansallisia metrologialaitoksia, sekä 4 liitännäisjäsentä. SADCMET on eteläisen Afrikan alueen metrologiaorganisaatio CIPM/MRA-asiakirjan puitteissa (ks. luku 3.1.2).

3.5.3 Akkreditointi - SADCA

SADCA (The SADC Cooperation in Accreditation) edesauttaa kansainvälisesti hyväksytyjen akkreditoitujen laboratorioden ja sertifiointielinten (henkilö-, tuote-, laatu- ja ympäristön hallintajärjestelmät) aikaansaamista alueella. SADCA tarjoaa jäsenvaltioilleen käyttää akkreditointia välineenä poistaa kaupan teknisiä esteitä sekä vapaaehtoisella että säännellyllä alueella.

3.5.4 Lakisääteinen metrologia - SADCMEEL

SADCMEEL (The SADC Cooperation in Legal Metrology) edistää kansallisten jäsenvaltioiden lakisääteisten metrologiasäännösten harmonisoinnista sekä myös SADCin ja muiden alueellisten ja kansainvälisten kauppajärjestöjen välistä yhteistoimintaa lakisääteisen metrologian alalla. SADCMEELin varsinaiset jäsenet ovat SADC:n jäsenvaltioiden lakisääteisen metrologian viranomaisia.

3.5.5 Standardisointi - SADSTAN

SADCSTAN (The SADC Cooperation in Standardisation) edistää alueen standardisointitoimintojen ja -palvelujen koordinoimista. Tavoitteena on standardien ja teknisten säännösten harmonisointi pois lukien lakisääteisen metrologian säännökset.

3.6 Metrologiatoimintojen suomalainen organisaatio

3.6.1 Johdanto

Suomalaisen metrologian kehityksen alku ajoittuu 1800-luvun loppupuolelle, jolloin Suomi siirtyi vuonna 1886 annetusta keisarillisesta mitta- ja painoasetuksesta metrijärjestelmään. Vakausta on kuitenkin harjoitettu 1600-luvulta asti; ennen metrijärjestelmääkin oli säädeltyä mittaustoimintaa. 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 v. 1921 vakaustoimistolle ja edelleen v. 1974 perustetulle kauppa- ja teollisuusministeriön alaiselle teknilliselle tarkastuskeskukselle (TTK). Vuonna 1991 metrologia- ja akkreditointitoiminnot siirrettiin TTK:sta vastaperustettuun Mittatekniikan keskukseseen (MIKES). Lisäksi TTK:sta muodostettu Turvatekniikan keskus (TUKES) valvoo ja ohjaa lakisääteisen metrologian alueelle kuuluvia asioita ja avustaa asiaankuuluvan lainsäädännön valmistelussa.

Kansallisen mittanormaalijärjestelmän uudelleenorganisointi sai alkunsa hallituksen päätöksellä vuonna 1978 ja se johtui erityisesti teollisuuden mittauksille asettamista kasvavista vaatimuksista. Valtioneuvosto nimitti useita valtiollisia tutkimuslaitoksia kansallisiksi mittanormaali-laboratorioiksi, jotka vastasivat suurimmasta osasta perussuureita ja joistakin johdannaisuureista.

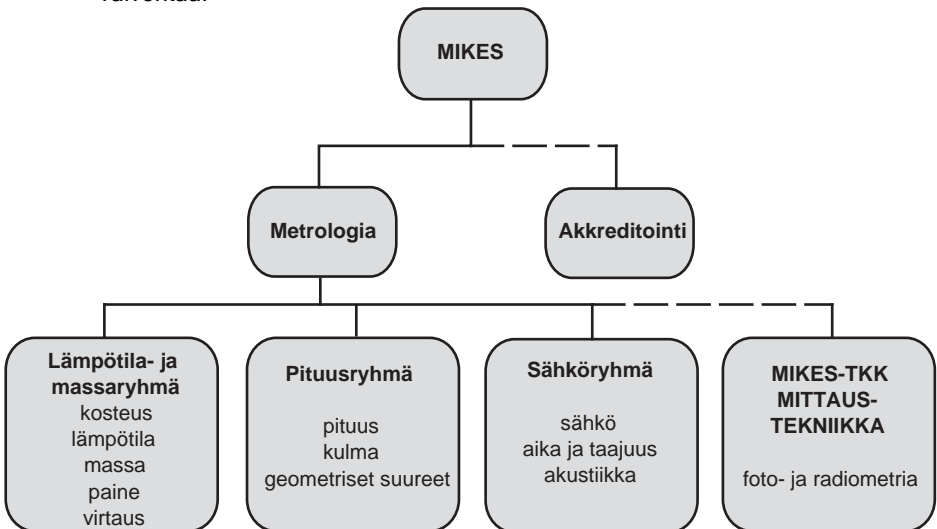
Vuonna 1994 kauppa- ja teollisuusministeriö valtuutettiin uuden mittayksiköjä ja kansallisia mittanormaaleja koskevan lain perusteella päättämään, mitkä SI-järjestelmän mukaiset perus- ja johdannaisyksiköt realisoidaan ja ylläpidetään kansallisina mittanormaaleina. Päätösvalta kansallisten mittanormaallilaboratorioiden nimeämisestä siirrettiin MIKESille. Kansalliset mittanormaallilaboratoriot on esitetty kuvassa 3.4.

Suomessa MIKES on vastuussa kansallisen mittanormaalijärjestelmän toteuttamisesta ja kehittämisestä. MIKES osallistuu aktiivisesti kansainväliseen yhteistyöhön ja huolehtii siitä, että suomalainen metrologia on kansainväliset tasovaatimukset täyttävää. MIKESin organisaatio on esitetty kuvassa 3.3.

3.6.2 Suomen mittanormaalijärjestelmä

Tällä hetkellä Suomessa on jossain määrin hajautettu kansallisten mittanormaalilaboratorioiden organisaatio. MIKES itse toimii Suomen kansallisena metrologialaitoksena (NMI, National Metrology Institute) ja nimeää kansalliset mittanormaalilaboratoriot (National Standards Laboratories).

MIKESin kautta hoidetaan myös kansainvälinen yhteistyö. MIKES vastaa asioista, jotka koskevat kansallisen mittanormaalijärjestelmän ylläpitoa ja valvontaa.



Kuva 3.3: MIKESin organisaatio.

MIKES toimii kansallisena mittanormaallilaboratoriona 9 suurealueella: kosteus, pituus, lämpötila, paine, massa, virtaus, aika ja taajuus, sähkösuureet ja akustiikka. MIKES on nimennyt Teknillisen korkeakoulun optisten suureiden ja suurjännitemittausten laboratoriot kansallisiksi mittanormaallilaboratorioiksi. Lisäksi kahden kansallisen mittanormaallilaboratorion toiminta perustuu omaan lainsäädäntöön: Geodeettinen laitos (GL) puotamiskiihtyvyydessä ja geodeettisessa pituudessa sekä Säteilyturvakeskus (STUK) ionisoivassa säteilyssä.

Lisäksi MIKES on sopinut kahden akkreditoidun kalibrointilaboratorion kanssa, että ne toimivat sopimuslaboratorioina tietyillä tärkeillä mitta-alueilla, joille KML:t eivät tällä hetkellä tarjoa kalibrointipalveluja. MIKES on tehnyt sopimuksen Lahti Precision Oy:n kanssa voiman ja vääntömomentin osalta sekä Ilmatieteen laitoksen kanssa ilmanlaadun osalta. Sopimukseen kuuluu, että laboratoriot tuottavat asiantuntijapalveluita, ylläpitävät referenssinormaaliensa jäljitettävyyttä, opastavat teollisuuden asiakkaita, osallistuvat kansainväliseen yhteistyöhön ja järjestävät vertailumittauksia.

Suomen kansalliset mittanormaallilaboratoriot ja sopimuslaboratoriot vastualueineen on listattu MIKESin [www-sivuilla](http://www.sivuilla) osoitteessa www.mikes.fi.



Kuva 3.4: Kansalliset mittanormaalilaboratoriot Suomessa. MIKES = Mittatekniikan keskus, TKK = Teknillinen korkeakoulu, IL = Ilmatieteen laitos, GL = Geodeettinen laitos, STUK = Säteilyturvakeskus.

Taulukko 3.1: Suomen kansalliset mittanormaallilaboratoriot ja ylläpidettävät suureet.

Kansalliset mittanormaallilaboratoriot	Suureet
Mittatekniikan keskus (MIKES)	massa, paine, tiheys, lämpötila, kosteus, virtauspituus, kulma, tasomaisuus, kohtisuoruus, ympyrämäisyys, lieriömäisyys, pinnankarheusjännite (DC ja AC), virta (DC ja AC), sähköteho ja -energia (DC ja AC), resistanssi, kapasitanssi, suurtaajuiset sähkösuureet, aika ja taajuus, akustiset suureet
Teknillinen korkeakoulu (TKK)	Suurjännite: DC-jännite, AC-jännite (50 Hz), jännitesuhde, vaihtovirta, virtasuhde, vaihesiirto, kapasitanssi (50 Hz), induktanssi (suurjännitekuristimet), häviökerroin, salamasyökyjännite, kytkentäsyökyjännite, virtapulssit, ESD-pulssi, pulssin varaus
MIKES TKK Mittaustekniikka	Fotometria ja radiometria: valovoima, valaistusvoimakkuus, valovirta, luminanssi, spektrinen irradianssi, spektrinen radianssi, värikoordinaatit, väriämpötila, optinen teho, transmittanssi, reflektanssi, hajaheijastusluku, spektrinen herkkyys, optinen aallonpituus, kuituoptinen teho
Geodeettinen laitos (GL)	putoamiskiihtyvyyys, geodeettinen pituus
Säteilyturvakeskus (STUK)	säteilytysnopeus (ilmassa), ilmakermanopeus, absorptioannosnopeus (veteen, pehmeään kudokseen, kudoksen pinnalla), annosekvivalenssinopeus (fotoni-, beeta- ja neutronisäteily)
Sopimuslaboratoriot	Suureet/alueet
Lahti Precision Oy	voima, vääntömomentti
Ilmatieteen laitos (IL)	ilmanlaatu

3.6.3 Suomen kansallinen kalibrointipalvelu

Suomen kansallinen kalibrointipalvelu koostuu kansallisista mittanormaali-laboratorioista ja FINASin akkreditoimista akkreditoituista kalibrointilaboratorioista. Akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden suorittamat kalibrointi-toimenpiteet ovat jäljitettäviä kansallisten mittanormaali-laboratorioiden yl-läpitämiin kansallisiin mittanormaaleihin.

Kansallisen kalibrointipalvelun ensisijainen tehtävä on luoda edellytykset fysikaalisten mittausten jäljitettävyydelle. Jäljitettäviä mittauksia vaaditaan yleisesti sovelluksissa, joissa säädöksiin, standardein tai sopimuksiin määri-tellään tietyt vaatimukset mittausten varmistamiselle. Tällaiset vaatimukset käsittävät mittausten oikeellisuuden varmistamisen teollisuuden omien laa-tujärjestelmän standardien, laboratoriestandardien tai ISO-standardien mukaisesti.

Kaikissa mittauksissa on epävarmuus. Tämä on keskeinen tekijä mittausten, samoin kuin mittanormaalin, luotettavuutta kuvattaessa. Kansalliset ja kansainväliset mittanormaalit kuuluvat korkeimpaan tarkkuusluokkaan. Tarkkuusvaatimukset erilaisissa rutiinimittauksissa ovat riippuvaisia kul-loinkin vallitsevista mittaussovelluksista.

Suomen kansallinen kalibrointipalvelu on organisatorisilta periaatteiltaan sa-mankaltainen kuin useimmissa Euroopan teollistuneissa maissa. Sen tärkein tehtävä on huolehtia jäljitettävyydetyistä loppukäyttäjien mittavälineistä SI-mittayksikköjärjestelmään.

Akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden tarjoavat palveluitaan suoraan loppu-käyttäjille. Akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden antamat kalibrointito-distukset kuuluvat Euroopan akkreditointielinten yhteistyöelimen EA:n mon-keskisen tunnustamissopimuksen piiriin. Suomen akkreditoitujen labo-ratorioiden pätevyysalueet löytyvät MIKESin internet-sivuilta, osoitteesta www.mikes.fi/finas.



Kuva 3.5: MIKES-metrologian ja FINASin käyttämät logot. Vasemmanpuoleista logoa käytetään MIKESin kirjoittamissa kalibroitidistuksissa (poistuu v. 2008 aikana). Oikeanpuoleista logoa käyttävät FINAS sekä FINASin akkreditoimat laboratoriot. Kolmas logo on CIPM MRA -logo, joka voidaan sisällyttää kalibroi- ja mittaustodistuksiin niiden kansallisten metrologialaitosten osalta, jotka ovat allekirjoittaneet CIPM MRA:n. Yksityiskohtaiset ohjeet logojen käytöstä löytyvät MIKESin www-sivuilta, osoitteesta www.mikes.fi ja BIPM:n sivuilta www.bipm.org.

3.6.4 Kansainvälinen yhteistyö

MIKES on vastuussa kansainvälisestä yhteistyöstä mittauspalvelujen ja metrologian alalla. Kansalliset mittanormaallilaboratoriot huolehtivat kansainvälisistä yhteyksistä omilla erityisalueillaan. Yhteistyön tärkeä osa-alue ovat vertailumittaukset eri maiden kansallisten mittanormaalien kesken. Vertailumittausten avulla voidaan osoittaa oma pätevyys kansainvälisellä tasolla. Tärkeimpiä yhteistyöfoorumeita ovat: CGPM/CIPM/BIPM, jotka perustuvat metrisopimukseen, sekä EURAMET, joka on yhteistyötä Euroopan kansallisten mittanormaallilaboratorioiden välillä. Lakisääteisen metrologian alueella tärkeimmät järjestöt ovat WELMEC, joka on Länsi-Euroopan maiden yhteistyöelin, ja OIML, joka on kansainvälinen yhteistyöelin.

Suomen kansalliset mittanormaallaboratoriot noudattavat EURAMETissa sovittuja laatuperiaatteita, jotka on julkaistu EURAMETin ohjeasiakirjoissa (EURAMET-Guides).

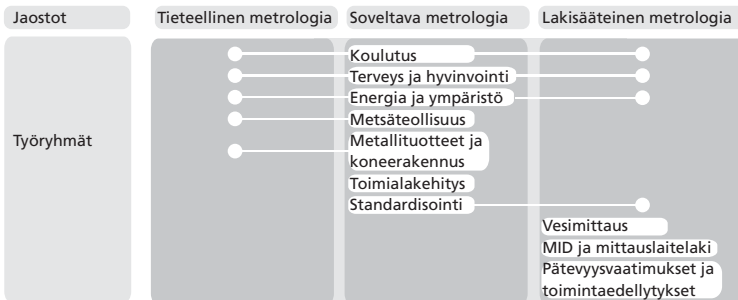
Suomen kansalliset mittanormaallaboratoriot osoittavat pätevyytensä ja laadukkuutensa osallistumalla soveltuviin avainvertailuihin CIPM:n puitteissa ja alueellisiin avainvertailuihin sekä lisäksi EURAMETin muihin vertailuihin ja kahdenkeskisiin vertailuihin. Tehtyjen vertailujen tulokset ja viitteet julkaistaan BIPM:n avainvertailujen tietokannassa (www.bipm.org).

3.6.5 Kansallinen yhteistyö - Metrologian neuvottelukunta

Metrologian neuvottelukunta toimii työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) sekä MIKESin ja TUKESin apuna mittanormaalijärjestelmän ja sen kehittämiseen liittyvissä asioissa. Neuvottelukunta on valtioneuvoston asettama ja sen jäsenet edustavat metrologian ja mittauksen varmentamisen kannalta keskeisiä hallinnonaloja sekä elinkeinoelämää ja kuluttajia. Lisäksi neuvottelukunnassa ovat edustettuina metrologinen tutkimus ja kansallinen mitta-aspalvelu sekä mittauslaitteiden valmistajat.

Neuvottelukunta jakautuu jaostoihin, jotka käsittelevät neuvottelukunnan puolesta alansa koskevia asioita. Jaostot jakautuvat edelleen työryhmiin, joiden jäseniä ovat alalla työskentelevät asiantuntijat. Työryhmän puheenjohtajana on aina neuvottelukunnan jäsen. Neuvottelukunnan toimintaan osallistuu lähes 200 asiantuntijaa eri sidosryhmistä.

Metrologian neuvottelukunta 2007 - 2010



Metrologian neuvottelukunta mm.

- määrittelee metrologiaa koskevia yleisiä suuntaviivoja
- edistää mittausten varmentamista ja eri hallinnonalojen välistä yhteistyötä
- seuraa ja edistää metrologista kehitystä, tutkimusta ja kansainvälistä yhteistyötä
- valmistelee ja priorisoi metrologian alan kehityssuunnitelmia
- edistää kilpailukykyä ylläpitävän rahoituksen saamista metrologiaan sekä uusien rahoitusmahdollisuuksien löytymistä siihen
- antaa lausuntoja ja toimii asiantuntijana metrologiaa koskevilla asioilla
- osallistuu metrologiaa koskevan lainsäädännön ja sen uudistamisen valmisteluun
- osallistuu alan kansallisten ja kansainvälisten säännösten ja suositusten valmisteluun
- edistää Suomen metrologian toiminnan kansainvälistä näkyvyyttä
- tekee esityksiä ja aloitteita sekä osallistuu metrologian tutkimus-, koulutus- ja tiedotustoiminnan kehittämiseen
- edistää metrologian sovellutusten syntyä ja niiden käytäntöön siirtämistä
- painottaa toiminnassaan metrologian koulutusta ja verkostoitumista
- toimii akkreditoinnin asiantuntijana metrologiaa ja jäljitettävyyttä koskevilla asioilla
- edistää metrologian ja akkreditoinnin välistä yhteistyötä
- edistää kansallisen mittausjärjestelmän strategiaselvityksen päivityksen toimenpidesuosituksen toteutumista, sekä
- edistää MIKESin uuden toimitalon hyödyntämistä.

3.6.6 Suomalaisia tietolähteitä

Yleistiedot ja kansainvälinen toiminta metrologiassa:

Johtaja Heikki Isotalo
 Metrologia
 Mittatekniikan keskus (MIKES)
 Tekniikantie 1
 02150 Espoo
 s-posti: heikki.isotalo@mikes.fi

Taulukko 3.2. Yhteystiedot kansallisiin mittanormaali- ja sopimuslaboratorioihin.

Kansallinen mittanormaali-laboratorio	Suurealue	Vastuuhenkilö	Sähköposti
MIKES Tekniikantie 1 02150 Espoo puh. 010 6054 000 fax 010 6054 299	massa paine pituus lämpötila, kosteus virtaus sähkö aika ja taajuus akustiikka	Kari Riski Markku Rantanen Antti Lassila Martti Heinonen Sampo Sillanpää Antti Manninen Kalevi Kalliomäki Kari Ojasalo	kari.riski@mikes.fi markku.rantanen@mikes.fi antti.lassila@mikes.fi martti.heinonen@mikes.fi sampo.sillanpaa@mikes.fi antti.manninen@mikes.fi kalevi.kalliomaki@mikes.fi kari.ojasalo@mikes.fi
Teknillinen korkeakoulu Sähkötekniikan laitos PL 3000, 02015 TKK puh. 09 - 4511 faksi 09 - 451 2395	suurjännitesuureet	Jari Hällström	jari.hallstrom@tkk.fi
Teknillinen korkeakoulu MIKES TKK Mittaustekniikka PL 3000, 02015 TKK puh. 09 - 4511 faksi 09 - 451 2222	fotometria ja radiometria	Erkki Ikonen	erkki.ikonen@mikes.fi
Säteilyturvakeskus PL 14, 00881 Helsinki puh. 09 - 759 88446 faksi 09 - 759 88450	ionisoiva säteily	Antti Kosunen	antti.kosunen@stuk.fi

Geodeettinen laitos Geodeetinrinne 2 02430 Masala puh. 09 - 295 550 faksi 09 - 2955 5200	putoamiskiihtyvyyys geodeettinen pituus	Jaakko Mäkinen Jorma Jokela	jaakko.makinen@fgi.fi jorma.jokela@fgi.fi
Sopimuslaboratorio	Suurealue	Vastuuhenkilö	Sähköposti
Lahti Precision Oy Massa- ja voimalaboratorio PL 22, 15801 Lahti puh. 03 - 829 21 faksi 03 - 829 4106	voima väätömomentti	Aimo Pusa	aimo.pusa @lahtiprecision.com
Ilmatieteen laitos Ilmanlaadun tutkimus Erik Palménin aukio 1, 00560 Helsinki Puh. 09- 192 91 Faksi 09- 179 581	ilmanlaatu	Jari Walden	jari.walden@fmi.fi

Tietoja Suomen akkreditoituista kalibrointilaboratorioista löytyy MIKESin kotisivuilta, osoitteesta www.mikes.fi. FINASin akkreditoimia kalibrointilaboratorioita on 26, testauslaboratorioita 148, tarkastuslaitoksia 16 ja sertifiointielimiä 16 (tilanne lokakuussa 2007).

4 Mittayksiköt

Ajatus metrijärjestelmästä - yksikköjärjestelmä, joka perustuu metriin ja kilogrammaan - syntyi Ranskan vallankumouksen aikoihin. Tiedemiehet ja johtajat eri maissa kiinnittivät huomiota siihen epäjärjestykseen ja epävarmuuteen, joka aiheutui vaihtelevista mitoista ja painoista. Asiantila häiritsi paitsi kauppaa myös tieteen kehitystä. Useat tutkijat pohdiskelivat uuden mittajärjestelmän perustaa. Alusta alkaen kunnianhimoisena tavoitteena oli sellaisen mittajärjestelmän luominen, joka perustuisi yleismaailmallisiin luonnonvakioihin ja olisi siten kaikkien maiden hyväksyttävissä. Ranskassa tämän idean mukainen uusi mittanormaalijärjestelmä otettiin käyttöön ensimmäisenä. Vuonna 1791 Ranskan kansalliskokous päätti Akatemian suosituksesta hyväksyä uuden mittanormaalijärjestelmän perustaksi metrin. Metri määriteltiin maapallon meridiaanin neljänneksen kymmenesmiljoonasosana mitattuna pohjoisnavalta Pariisiin kautta päiväntasaajalle. Metrijärjestelmästä tehtiin alusta lähtien täysin kymmenjakoinen. Myös painon yksikkö gramma kiinnitettiin metriin määrittelemällä sen suuruus yhden kuutiosenttimetrin suuruisen vesimäärän painoksi 4 °C lämpötilassa. Jotta kyseisiä määrittelyjä metrille ja (kilo)grammalle ei tarvitsisi jatkuvasti toistaa, ne siirrettiin platinasta valmistettuihin metrin ja kilogramman normaaleihin. Normaalit talletettiin Ranskan valtionarkistoon, Pariisiin, vuonna 1799. Myöhemmin nämä normaalit opittiin tuntemaan arkistometrinä ja arkistokilogrammana.

Laajempaan kansainväliseen käyttöön metrijärjestelmä tuli 17 valtion välisen metrisopimuksen allekirjoituksen jälkeen vuonna 1875. Jatkossa järjestelmää täydennettiin uusilla suureilla. Vuonna 1946 MKSA-järjestelmä (metri, kilogramma, sekunti, ampeeri) hyväksyttiin käyttöön metrisopimuksen kuuluvissa maissa. Vuonna 1954 MKSA-järjestelmää laajennettiin siten, että siihen sisällytettiin myös kelvin (K) ja kandela (cd). Tämän jälkeen MKSA-järjestelmä nimettiin Kansainväliseksi mittayksikköjärjestelmäksi, josta käytetään lyhennettä SI (Le **S**ystème International d'Unités) ja, joka nykyään tunnetaan SI-järjestelmänä.

Yleinen paino- ja mittakonferenssi (CGPM) vahvisti SI-järjestelmän vuonna 1960, 11. kokouksessaan:

”Kansainvälinen yksikköjärjestelmä, SI, on yhtenäinen yksikköjärjestelmä, jonka CGPM on hyväksynyt ja, jota CGPM suosittelee käytettävän.”

SI-järjestelmä rakentuu seitsemästä perusyksiköstä, jotka yhdessä johdannaisyksiköiden kanssa muodostavat yhtenäisen yksikköjärjestelmän. Lisäksi tietyt muita yksiköitä, jotka eivät kuulu SI-järjestelmään (lisäyksiköt) on hyväksytty käytettäväksi SI-järjestelmän mukaisten yksiköiden kanssa.

Taulukoissa 4.1 - 4.7 on esitetty perus-, johdannais- ja lisäyksiköt:

SI-yksiköt

- Taulukko 4.1: SI-perusyksiköt.
- Taulukko 4.2: SI-järjestelmän johdannaisyksiköt, joilla on erityisnimi.
- Taulukko 4.3: Terveystieteisiin liittyvät SI-järjestelmän johdannaisyksiköt, joilla on erityisnimi.
- Taulukko 4.4: Esimerkkejä SI-järjestelmän johdannaisyksiköistä.

SI-järjestelmän ulkopuoliset yksiköt

- Taulukko 4.5: SI-yksiköiden kanssa käytettävät yksiköt.
- Taulukko 4.6: SI-järjestelmään kuulumattomia yksiköitä, joita käytetään erikoisaloilla.
- Taulukko 4.7: SI-yksiköiden kanssa käytettävät yksiköt, joiden arvot SI-yksikköinä on saatu kokeellisesti.

4.1 SI-perusyksiköt

Perusyksikkö on perussuureen mittayksikkö määrättyssä suurejärjestelmässä. Jokaisen SI-järjestelmän perusyksikön määrittely tai toteuttaminen tulee muuttamaan metrologisissa tutkimuksissa tehtävien havaintojen myötä niin, että on mahdollista löytää vieläkin tarkempi toteuttamiskeino yksikölle.

Esimerkki: Vuodelta 1889 peräisin oleva metrin määrittely perustui kansainväliseen platina-iridium prototyyppiin, jota säilytettiin Pariisissa.

Vuonna 1960 metri määriteltiin uudelleen; metri oli 1 650 763,73 kertaa krypton-86:n tietyn spektriviivan aallonpituus.

Vuonna 1983 edellinen määrittely todettiin riittämättömäksi ja päätettiin määritellä metri uudelleen sen matkan pituiseksi, jonka valo kulkee tyhjiössä aikavälissä $1/299\,792\,458$ sekuntia. Huomattavaa on, että tällä määrittelyllä metri kiinnitettiin luonnonvakioon eikä määrittelyllä itsessään ole enää epävarmuutta. Yleisimmin metri realisoidaan käyttäen jodistabiloituja helium-neon-lasereita.

Nämä uudelleenmäärittelyt ovat pienentäneet metrin realisoinnin epävarmuuden 10^{-7} metristä 10^{-13} metriin.

Taulukko 4.1: SI-perusyksiköt.

Perussuure	SI-perusyksikkö	
	Nimi	Tunnus
pituus	metri	m
massa	kilogramma	kg
aika	sekunti	s
sähkövirta	ampeeri	A
termodynaaminen lämpötila	kelvin	K
ainemäärä	mooli	mol
valovoima	kandela	cd

SI-järjestelmän perusyksiköiden määritelmät

metri: Metri on sellaisen matkan pituus, jonka valo kulkee tyhjiössä aikavälissä $1/299\,792\,458$ sekuntia.

kilogramma: Kilogramma on massan yksikkö; se on yhtä suuri kuin kansainvälisen kilogramman prototyypin massa.

sekunti: Sekunti on $9\,192\,631\,770$ kertaa sellaisen säteilyn jakson aika, joka vastaa cesium 133-atomin siirtymää perustilan ylihienorakenteen kahden energiatason välillä.

ampeeri: Ampeeri on ajallisesti muuttumaton sähkövirta, joka kulkiessaan kahdessa suorassa yhdensuuntaisessa, äärettömän pitkässä ja poikkipinnaltaan mitättömässä pyöreässä johtimessa, jotka ovat metrin etäisyydellä toisistaan tyhjiössä, aikaansaa johtimien välille $2 \cdot 10^{-7}$ newtonin voiman johtimen metriä kohti.

kelvin: Kelvin, termodynaamisen lämpötilan yksikkö, on $1/273,16$ veden kolmoisasteen termodynaamisesta lämpötilasta.

mooli: Mooli on sellaisen systeemin ainemäärä, joka sisältää yhtä monta perusosasta kuin $0,012$ kilogrammassa hiili 12:ta on atomeja. Moolia käytettäessä perusosaset on yksilöitävä, ja ne voivat olla atomeja, molekyyliä, ioneja, elektroneja, muita hiukkasia tai sellaisten hiukkasten määriteltäviä ryhmiä.

kandela: Kandela on sellaisen säteilijän valovoima, joka tiettyyn suuntaan lähettää monokromaattista $540 \cdot 10^{12}$ hertsin taajuisista säteilyä ja jonka säteilyintensiteetti tähän suuntaan on $1/683$ wattia steradiaania kohti.

4.2 SI-johdannaisyksiköt

Johdannaisyksikkö on johdannaissuureen mittayksikkö tietyssä suurejärjestelmässä.

SI-johdannaisyksiköt on johdettu SI-perusyksiköistä yksiköiden välisen fyysikaalisen yhteyden mukaisesti.

Esimerkki: Fysikaalisesta yhteydestä metreissä mitattavan pituussuuren ja sekunneissa mitattavan aikasuureen välillä voidaan johtaa nopeussuure ja mitata sitä m/s.

Taulukko 4.2: SI-järjestelmän johdannaisyksiköt, joilla on erityisnimi.

Johdannaissuure	SI-johdannaisyksikkö		
	Erytisnimi	Tunnus	Yksikön esitys SI-järjestelmän perusyksiköiden ja johdannaisyksiköiden avulla
tasokulma	radiaani	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
avaruuskulma	steradiaani	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
taajuus	hertsi	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
voima	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
paine, jännitys	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
energia, työ, lämpömäärä	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
teho, säteilyvirta	watti	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
sähkövaraus, sähkömäärä	coulombi	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
sähköpotentiaali, potentiaaliero, jännite, sähkömotorinen voima	volti	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
kapasitanssi	faradi	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
resistanssi	ohmi	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
konduktanssi	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
magneettivuon tiheys	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
induktanssi	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
celsiuslämpötila	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
valovirta	celsiusaste ¹⁾	°C	$1 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ K (lämpötilaerolle)}$
valaistusvoimakkuus	lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
	luxi	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

¹⁾ Celsiusaste on yksikön kelvin erityisnimi, jota käytetään ilmaistaessa celsiuslämpötila-arvoja.

Johdannaisyksiköt ilmaistaan algebrallisesti perusyksiköiden avulla. Niiden tunnuksot muodostetaan kerto- ja jakolaskun matemaattisten merkkien avulla; esimerkiksi nopeuden SI-yksikkö on metriä sekunnissa (m/s). Lisää esimerkkejä on esitetty taululukoissa 4.2 ja 4.3.

Joillakin SI-johdannaisyksiköillä on erityisnimi ja -tunnus. CGPM:n hyväksymät erityisnimet ja niiden tunnuksot on lueteltu taulukossa 4.2.

Taulukko 4.3: Terveysthuoltoon liittyvät SI-järjestelmän johdannaisyksiköt, joilla on erityisnimi.

Johdannaisuure	SI-johdannaisyksikkö		
	Erytisnimi	Tunnus	Yksikön esitys SI-järjestelmän perusyksiköiden ja johdannaisyksiköiden avulla
(radioaktiivisen näytteen) aktiivisuus	becquerel	Bq	1 Bq = 1 s ⁻¹
absorboitunut annos, kerma, absorptioannosindeksi	gray	Gy	1 Gy = 1 J/kg
ekvivalenttiannos, ekvivalenttiannosindeksi	sievert	Sv	1 Sv = 1 J/kg

Joskus saattaa olla edullista esittää johdannaisyksikkö siten, että käytetään toisia johdannaisyksiköitä, joilla on erityisnimi. Esimerkiksi sähköisen dipolimomentin SI-yksikkö esitetään tavallisesti muodossa C · m eikä A · s · m. Lisää esimerkkejä on taulukossa 4.4. Käytännössä suositetaan erityisiä yksikkönimiä ja yksiköiden kombinaatioita, jotta erotettaisiin saman dimensio omaavat eri suureet. Niinpä mittauslaitteen tulee näyttää sekä mit-tayksikkö, että laitteella mitattava suure.

Taulukko 4.4: Esimerkkejä SI-järjestelmän johdannaisyksiköistä.

Suure	SI-yksikkö
pinta-ala	m ²
tilavuus	m ³
nopeus	m/s
kiihtyvyyt	m/s ²
kulmanopeus	rad/s
kulmakiihtyvyyt	rad/s ²
tiheys	kg/m ³
magneettikentän voimakkuus,	A/m
pintavirran tiheys	A/m ²
virrantiheys	A/m ²
(voiman) momentti	N · m

sähkökentän voimakkuus	V/m
permeabiliteetti	H/m
permittiivisyys	F/m
ominaislämpökapasiteetti	J/(kg · K)
aineen B konsentraatio	mol/m ³
luminanssi	cd/m ²
(dynaaminen) viskositeetti	Pa · s
pintajännitys	N/m
säteilyeksistanssi, säteilemisvoimakkuus, (säteilyn) tehotiheys	W/m ²
lämpökapasiteetti, entropia	J/K
ominaissisäenergia, termodynaaminen massaenergia	J/kg
lämmönjohtavuus	W/(m · K)
energiatiheys	J/m ³
varaustiheys	C/m ³
sähkövuon tiheys, varauskate	C/m ²
moolinen sisäenergia, moolinen termodynaaminen energia	J/mol
moolientropia, moolinen lämpökapasiteetti	J/(mol · K)
säteilytys	C/kg
säteilyintensiteetti	W/sr
radianssi	W/(sr · m ²)

4.3 SI-mittayksikköjärjestelmän ulkopuoliset yksiköt

CIPM on hyväksynyt käyttöön tiettyjä SI-järjestelmään kuulumattomia yksiköitä, koska niillä on huomattava käytännön merkitys. Eräissä tapauksissa yhdistelmäyksikkö muodostetaan liittämällä taulukoissa 4.5 tai 4.7 annettu yksikkö SI-yksikköön tai sen kerrannaiseen; esimerkiksi kg/h ja km/h.

Taulukossa 4.6 on esimerkkejä SI-järjestelmään kuulumattomista yksiköistä, joita käytetään erikoisaloilla.

Taulukossa 4.7 on esitetty SI-yksiköiden kanssa käytettävät yksiköt, joiden arvot SI-yksiköinä on saatu kokeellisesti.

Taulukko 4.5: SI-yksiköiden kanssa käytettävät yksiköt.

Suure	Yksikkö	Tunnus	Arvo SI-yksiköissä
aika	minuutti	min	1 min = 60 s
	tunti	h	1 h = 60 min = 3600 s
	vuorokausi	d	1 d = 24 h
tasokulma	aste	°	1° = (π/180) rad
	minuutti	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
	sekunti	"	1" = (1/60)' = (π/648 000) rad
tilavuus	litra	l	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
massa	tonni	t	1 t = 10 ³ kg

Taulukko 4.6: SI-järjestelmään kuulumattomia yksiköitä, joita käytetään erikoisaloilla.

Suure	Yksikkö	Tunnus	Arvo SI-yksiköissä
pituus	meripeninkulma	mpk	1 mpk = 1 merimaili = 1852 m
nopeus	solmu		1 solmu = 1,852 km/h = 0,514 444 m/s
massa	karaatti	ka	1 ka = 1 karaatti = 2 · 10 ⁻⁴ kg = 200 mg
pituusmassa	tex	tex	1 tex = 10 ⁻⁶ kg/m = 1 mg/m
taitto- voimakkuus	dioptria	d	1 dioptria = 1 m ⁻¹
pinta-ala	aari	a	1 a = 10 ² m ²
pinta-ala	hehtaari	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
pinta-ala	barn	b	1 b = 10 ⁻²⁸ m ²
paine	torr	torr	1 torr = 1 mmHg = 133 322 Pa
paine	baari	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa = 100 kPa 1 mbar = 1 hPa
aallonpituus	ångström	Å	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m = 0,1 nm
tasokulma	gooni tai uusaste	gon	1 gon = (π/200) rad

Taulukko 4.7: SI-yksiköiden kanssa käytettävät yksiköt, joiden arvot SI-yksiköinä on saatu kokeellisesti.

Suure	Yksikkö	Tunnus	Määritelmä
energia	elektronivoltti	eV	Elektronivoltti on se liike-energia, jonka elektroni saa läpäistessään tyhjiössä voltin suuruisen potentiaalieron: $1 \text{ eV} \approx 1,602\,177 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
massa	atomimassa-yksikkö	u	Atomimassayksikkö on $1/12$ ^{12}C -hiiliatomin massasta: $1 \text{ u} \approx 1,660\,540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

4.4 SI-etuliitteet

CGPM on ottanut käyttöön ja suosittelee taulukossa 4.8 esitettyjä etuliitteitä ja etuliitetunnuksia.

Etuliitteiden oikeaan käyttöön liittyviä sääntöjä:

- Etuliitteet viittaavat aina yksikön kertomista luvun 10 potenssilla (eikä esim. luvun 2 potensseilla).
Esimerkki: Yksi kilobitti vastaa 1000 bittiä *eikä* 1024 bittiä
- Etuliitteet tulee kirjoittaa ilman välilyöntiä yksikön tunnuksen edessä.
Esimerkki: Senttimetri kirjoitetaan cm *ei* c m
- Älä käytä tunnuksien yhdistelmiä.
Esimerkki: 10^{-6} kg tulee kirjoittaa 1 mg *ei* $1 \mu\text{kg}$
- Etuliitettä ei voi kirjoittaa yksin.
Esimerkki: $10^9/\text{m}^3$ *ei* voi kirjoittaa G/m^3

Taulukko 4.8: SI-etuliitteet.

Kerroin	Etuliite		Kerroin	Etuliite	
	Nimi	Tunnus		Nimi	Tunnus
10^1	deka	da	10^{-1}	desi	d
10^2	hehto	h	10^{-2}	sentti	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	eksa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	tsetta	Z	10^{-21}	tseptto	z
10^{24}	jotta	Y	10^{-24}	jokto	y

4.5 SI-yksiköiden nimien ja tunnusten kirjoittaminen

- Tunnuksia ei kirjoiteta isolla kirjaimella, mutta tunnuksen ensimmäinen kirjain kirjoitetaan isolla jos 1) yksikön nimi on peräisin henkilön nimestä tai 2) tunnus aloittaa lauseen.
Esimerkki: Mittayksikkö kelvin kirjoitetaan tunnuksella K.
- Tunnuksia ei koskaan seuraa piste paitsi lauseen lopussa.
- Keskenään kertomalla muodostetut yksiköt tulee kirjoittaa joko korotettua pistettä käyttämällä tai välilyönnillä
Esimerkki: $N \cdot m$ tai $N\ m$
- Yhdistelmäyksikkö, joka on muodostettu jakamalla yksikkö toisella tulee kirjoittaa jakoviivalla tai negatiivisella eksponentilla.
Esimerkki: m/s tai $m \cdot s^{-1}$
- Yhdistelmäyksiköissä tulee olla vain yksi jakoviiva. Monimutkaisissa tapauksissa on käytettävä negatiivisia potensseja tai sulkeita.
Esimerkki: m/s^2 tai $m \cdot s^{-2}$
mutta ei $m/s/s$
Esimerkki: $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ tai $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
mutta ei $m \cdot kg/s^3/A$ eikä $m \cdot kg/s^3 \cdot A$
- Tunnukset on erotettava numeerisista arvoista välilyönnillä.
Esimerkki: $5\ kg$ *ei* $5kg$
- Yksikköjen tunnuksia ja yksikköjen nimiä ei saa yhdistää.

Numeeriset merkintätavat

1. Kolmen numeroyksikön väliin tulee jättää tilaa sekä oikealle että vasemmalle puolelle desimaalipilkkaa; esimerkiksi 15 739,012 53. Neljän numeroyksikön luvuissa tila voidaan jättää pois. Pilkkuja ei pidä käyttää erottamaan tuhansia toisistaan.
2. Matemaattisia laskutoimituksissa tulee käyttää vain yksiköiden tunnuksia (kg/m^3) eikä yksiköiden nimiä (kilogramma/kuutiometri).
3. On merkittävä selvästi mille yksikön tunnukselle tietty numeerinen lukuarvo kuuluu ja mitä matemaattista laskutoimitusta käytetään:

Esimerkkejä: 35 cm x 48 cm *eikä* 35 x 48 cm
 100 g \pm 2 g *eikä* 100 \pm 2 g

4.6 SI-yksiköistä Suomessa julkaistut säädökset ja standardit

Laki mittayksiköistä ja mittanormaalijärjestelmästä (1156/1993) muutoksi-
 neen.

Laki mittayksiköistä ja mittaamisvälineiden vakaamisesta (219/1965).

Asetus mittanormaalijärjestelmästä (972/1994).

Asetus mittanormaalijärjestelmästä annetun asetuksen muuttamisesta
 (497/2006)

Mittayksikköasetus (371/1992).

Asetus mittayksikköasetuksen muuttamisesta (186/2001).

SFS 3700: Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto.

SFS-ISO 1000 +A1: SI-yksiköt sekä suositukset niiden kerrannaisten ja
 eräiden muiden yksiköiden käytöstä.

SFS-käsikirja 19: Suureet ja yksiköt. SI-mittayksikköjärjestelmä 2001.

Lait ja asetukset löytyvät internetistä osoitteesta
<http://www.finlex.fi/lains/index.html>.

SFS-standardeja ja käsikirjaa myy Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
 (www.sfs.fi).

5 Lyhenteet

- BIML** (*Bureau International de Métrologie Légale*) OIML:n sihteeristö Pariisissa.
- BIPM** (*Bureau International des Poids et Mesures*) Kansainvälinen paino- ja mittatoimisto.
- CCAUV** (*Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration*) Akustiikan, ultraäänen ja värähtelyn neuvoa-antava komitea. Perustettu 1998.
- CCEM** (*Consultative Committee for Electricity and Magnetism*) Sähkön ja magnetismin neuvoa-antava komitea. Perustettu 1927.
- CCL** (*Consultative Committee for Length*) Pituuden neuvoa-antava komitea. Perustettu 1952.
- CCM** (*Consultative Committee for Mass and related quantities*) Massan ja sen johdannaisuureiden neuvoa-antava komitea. Perustettu 1980.
- CCPR** (*Consultative Committee for Photometry and Radiometry*) Fotometrian ja radiometrian neuvoa-antava komitea. Perustettu 1933.
- CCQM** (*Consultative Committee for Amount of Substance - Metrology in Chemistry*) Ainemäärän neuvoa-antava komitea. Perustettu 1993.
- CCRI** (*Consultative Committee for Ionising Radiation*) Ionisoivan säteilyn neuvoa-antava komitea. Perustettu 1958.
- CCT** (*Consultative Committee for Thermometry*) Lämpötilan neuvoa-antava komitea. Perustettu 1937.
- CCTF** (*Consultative Committee for Time and Frequency*) Ajan ja taajuuden neuvoa-antava komitea. Perustettu 1956.
- CCU** (*Consultative Committee for Units*) Mittayksiköiden neuvoa-antava komitea. Perustettu 1964.
- CEM** (*Centro Español de Metrología*) Espanjan kansallinen mittanormaali-laboratorio.
- CEN** (*Comité Européene de Normalisation*) Euroopan standardoimisjärjestö.
- CGPM** (*Conférence Générale des Poids et Mesures*) Yleinen paino- ja mittakonferenssi. Järjestettiin ensimmäisen kerran vuonna 1889. Ko-koontuu neljän vuoden välein.
- CIPM** (*Comité International des Poids et Mesures*) Kansainvälinen paino- ja mittakomitea.
- CMI** (*Czech Metrology Institute*) Tsekinmaan kansallinen metrologian lai-tos.
- DFM** (*Dansk Institut for Fundamental Metrologi*) Tanskan kansallinen met-rologian laitos.
- EA** (*European co-operation for Accreditation*) Eurooppalaisten akkre-ditointieliinten yhteistyöelin.

- EUROLab** Kansallisten testauslaboratorioiden yhteistoimintaelin, johon kuuluu noin 2000 laboratoriota.
- EUROMET** (A European Collaboration on Measurement Standards) Euroopan maiden kansallisten metrologialaitosten yhteistyöorganisaatio. EUROMETin tarkoituksena on koordinoida mittanormaalityötä Euroopassa ja tuoda olemassa olevat kansalliset kalibrointiresurssit kaikkien ulottuville.
- EURAMET e.V.** 1.7.2007 lähtien Euroopan maiden kansallisten metrologialaitosten yhteistyöorganisaation uusi nimi. EUROMETin toiminnot siirtyivät tämän uuden nimen alle. EURAMET e.V. on oikeussubjekti ja pystyy koordinoimaan EU-komission tutkimushankkeita kansallisten metrologialaitosten kanssa.
- FGI** (Finnish Geodetic Institute) Geodeettinen laitos, GL.
- FINAS** (Finnish Accreditation Service) Mittatekniikan keskuksen akkreditointipalvelu.
- FMI** (Finnish Meteorological Institute) Ilmatieteen laitos, IL.
- GLP** (Good Laboratory Practice) Hyvä laboratoriokäytäntö. Laatujärjestelmämalli ei-kliinisten terveystestaus- ja ympäristöturvallisuustutkimusten suunnittelulle, suorittamiselle, seuraamiselle, raportoinnille ja arkistoinnille.
- GUM** (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) Opas mitatusepävarmuuden ilmoittamisesta.
- IEC** (International Electrotechnical Commission) Kansainvälinen sähkötekniikan komitea.
- ILAC** (International Laboratory Accreditation Cooperation) Kansainvälinen laboratorioiden akkreditointiyhteistyöelin
- IPQ** (Instituto Português da Qualidade) Portugalin kansallinen metrologian laitos.
- IRMM** (Institute for Reference Materials and Measurements) Euroopan komission alainen tutkimuskeskus.
- ISO** (International Organisation for Standardisation) Kansainvälinen standardisointijärjestö.
- JV** (Justervesenet) Norjan kansallinen metrologian laitos.
- LNE** (The Laboratoire National d'Essais) Ranskan kansallinen metrologialaitosten yhteenliittymä, johon kuuluvat seuraavat kansalliset mittanormaalityölaboratoriot: LNE, LNE-INM, LNE-LNHB, LNE-SYRTE
- LNMC** (Latvian National Metrology Centre Ltd) Latvian kansallinen metrologian laitos
- METAS** (Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung) Sveitsin metrologian laitos, jonka organisaatioon kuuluu myös Sveitsin akkreditointielin SAS (Swiss Accreditation Service).
- AS Metrocert** (Central Office of Metrology in Estonia) Viron kansallinen metrologian laitos
- MID** (The Measuring Instruments Directive) Mittauslaitedirektiivi.
- MIKES** (Centre for Metrology and Accreditation) Mittatekniikan keskus, Suomen kansallinen metrologian laitos.
- MIRS** (The Metrology Institute of the Republic of Slovenia) Slovenian kansallinen metrologian laitos.

MLA (*Multilateral Agreement*) Monenkeskinen tunnustamissopimus.

MRA (*Mutual Recognition Arrangement*) Monenkeskinen tunnustamisasia-kirja.

NAWI *Non Automatic Weighing Instrument*.

NIST (*National Institute of Standards and Technology*) USA:n kansallinen metrologian laitos.

NMI (*National Metrology Institute*) Kansallinen metrologian laitos.

NMI-VSL (*Nederlands Meetinstituut - Van Swinden Laboratorium*) Alankomaiden kansallinen metrologian laitos.

NPL (*National Physical Laboratory*) Iso-Britannian kansallinen metrologian laitos.

NRC (*National Research Council*) Kanadan kansallinen metrologian laitos.

OIML (*Organisation Internationale de Métrologie Légale*) Lakisääteisen metrologian kansainvälinen järjestö.

PTB (*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*) Saksan kansallinen metrologian laitos.

SMU (*Slovensky Metrologicky Ustav*) Slovakian kansallinen metrologian laitos.

SP (*Sveriges Tekniska Forskningsinstitut*) Ruotsin kansallinen metrologian laitos.

STUK (*Radiation and Nuclear Safety Authority*) Säteilyturvakeskus.

TKK (*Helsinki University of Technology*) Teknillinen korkeakoulu.

WELMEC (*European Cooperation in Legal Metrology*) Läntisen Euroopan lakisääteisen metrologian yhteistyöelin.

6 Sanasto

Tämä sanaston suomentamisessa on käytetty lähteinä Suomen Standardisoimisliiton standardia SFS 3700 ja FINASin julkaisua Akkreditointiin liittyviä käsitteitä (FINAS S4/1994). Sanat on annettu myös englanniksi.

Ajautuma (*Drift*) mittarin metrologisen ominaisuuden hidas muutos.

Akkreditoitu laboratorio (*Accredited laboratory*) Laboratorio, joka on muodollisesti todettu päteväksi suorittamaan määrättyjä tai määrätynlaisia tehtäviä. Akkreditoitu kalibrointilaboratorio on toimielin tai sen osa, jonka tarjoamat jäljitettävät kalibrointipalvelut on todettu päteväksi akkreditointipäätöksessä määrittelyssä laajuudessaan. Akkreditoitu testauslaboratorio on toimielin tai sen osa, jonka tietyin kokein suorittamat testit on todettu päteväksi akkreditointipäätöksessä määrittelyssä laajuudessaan.

Anturi (*Sensor*) Mittauslaitteen tai mittausketjun elementti, johon mittaus suure vaikuttaa välittömästi.

Artikla 169 (*Article 169*) EY:n perustamissopimuksessa: ”Monivuotista puiteohjelmaa täytäntöön pantaessa yhteisö voi yhteisymmärryksessä niiden jäsenvaltioiden kanssa, joita asia koskee, määrätä osallistumisesta useiden jäsenvaltioiden käynnistämiin tutkimus- ja kehittämistyötä koskeviin toimintaohjelmiin sekä näiden toimintaohjelmien täytäntöönpanoa koskeviin järjestelmiin.”

Askel, asteikon askel (*Scale division*) Minkä tahansa kahden peräkkäisen asteikkomerkin väli.

Askelpituus (*Scale spacing*) Kahden peräkkäisen asteikkomerkin välinen etäisyys mitattuna asteikon pituuden määrittelevää viivaa pitkin.

Erottelukynnys (*Discrimination threshold*) Suurin herätteen muutos, joka ei aiheuta havaittavaa muutosta mittarin vasteessa, kun herätteen muutos tapahtuu hitaasti ja monotonisesti.

Heräte (*Stimulus, impulse*) Mittausjärjestelmän tulosignaalia voidaan nimittää herätteeksi.

Ilmaisain (*Detector*) Laite tai aine, joka ilmaisee ilmiön esiintymisen, vaikka ei välttämättä osoita tähän ilmiöön liittyvän suureen arvoa. Esim. lakmuspaperi.

Johdannaissuure (*Derived quantity*) Suure, joka on suurejärjestelmässä määritelty järjestelmän perussuureiden avulla.

Jäljitettävyyys (*Traceability*) Mittaustuloksen tai mittanormaanin yhteys ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa kaikille vertailuille on ilmoitettu epävarmuudet.

Jäljitettävyysetju (*Traceability chain*) Aukotonta vertailuketjua sanotaan jäljitettävyysetjuksi.

Järjestelmään kuulumaton (mitta)yksikkö (*Off-system unit (of measurement)*) Mittayksikkö, joka ei kuulu tarkasteltavaan mittayksikköjärjestelmään.

Kalibrointi (*Calibration*) Toimenpiteet, joiden avulla spesifoiduissa olosuhteissa saadaan mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomitan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla realisoitujen arvojen välinen yhteys.

Kalibrointitodistus (*Calibration certificate*) Kalibroinnin tulos/tulokset dokumentoidaan asiakirjaksi, jota kutsutaan kalibrointitodistukseksi.

Kansainvälinen (mitta)yksikköjärjestelmä, SI (*International System of Units, SI*) Koherentti mittayksikköjärjestelmä, jonka Yleinen paino- ja mittakonferenssi on omaksunut ja jota se suosittelee käytettävän.

Kansainvälinen mittanormaali (*International (measuring) standard*) Kansainvälisen sopimuksen perusteella tunnustettu mittanormaali, joka toimii kansainvälisenä perustana määritettäessä kyseessä olevan suureen muiden mittanormaalien arvoja.

Kansallinen mittanormaali (*National (measurement) standard*) Kansallinen päätöksen perusteella tunnustettu mittanormaali, joka toimii kansallisena perustana määritettäessä kyseessä olevan suureen muiden mittanormaalien arvoja.

Kansallinen mittanormaalilaboratorio (*National measurement standard laboratory*)

Kansallisen mittanormaalilaboratorion tehtävänä on pitää yllä kansallista mittanormaalia ja sen jäljitettävyyttä sekä siirtää sen kautta mittayksikkö muihin mittanormaaleihin. Lisäksi niiden tulee hoitaa kansallisten mittanormaalien ylläpitoon ja kehittämiseen liittyvää mittatieteellistä tutkimusta, osallistua kansainvälisiin vertailumittauksiin ja muuhun kansainväliseen yhteistyöhön sekä toimia asiantuntijana pätevyysalueellaan. Suomessa kansalliset mittanormaalilaboratoriot nimeää MIKES.

Kerma Absorboitunut annos.

Kiintomitta, mittain (*Material measure*) Laite, jonka tehtävänä on käytön aikana (jatkuvasti) tuottaa tai antaa yksi tai useampi annetun suureen tunnettu arvo/ jolla on tarkoitus kiinteällä tavalla toistaa tai tuottaa annetun suureen yhtä tai useampaa tunnettua arvoa.

Kokeellinen keskihajonta (*Experimental standard deviation*) Saman mittausuureen n peräkkäisen mittauksen kokeellinen keskihajonta s kuvaa tulosten hajontaa ja se saadaan kaavasta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

missä x_i on mittauksen i tulos ja \bar{x} on tulosten (n kpl) aritmeettinen keskiarvo.

Korjattu mittausulos (*Corrected result*) Mittausulos systemaattisen virheen korjaamisen jälkeen.

Korjaus (*Correction*) Lukuarvo, joka lisätään korjaamattomaan tulokseen systemaattisen virheen kompensoimiseksi.

- Korjauskerroin** (*Correction factor*) Luku, jolla korjaamaton mittaustulos kerrotaan systemaattisen virheen kompensoimiseksi.
- Kuljetettava mittanormaali** (*Travelling standard*) Mittanormaali, joskus erikoisrakenteinen, joka on tarkoitettu kuljetettavaksi paikasta toiseen.
- Kuollut alue** (*Dead band*) Suurin alue, jonka puitteissa heräte voi muuttua kumpaankin suuntaan aiheuttamatta muutosta mittauslaitteen vasteesa.
- Käyttönormaali** (*Check standard, working standard*) Mittanormaali, jota käytetään rutiininluonteisesti kiintomittojen, mittauslaitteiden tai vertailuaineiden kalibrointiin tai tarkastukseen.
- Lakisääteinen metrologia** (*Metrology, legal*) Metrologian osa, joka käsittelee mittayksiköitä, mittausmenetelmiä ja laitteita näihin kohdistettujen lakisääteisten vaatimusten osalta.
- Metrijärjestelmä** (*Metric system*) Mittayksikköjärjestelmä, joka perustuu metriin ja kilogrammaan. Tämän järjestelmän voidaan sanoa olevan nykyisin käytössä olevan SI-mittayksikköjärjestelmän alku.
- Metrisopimus** (*Metre Convention*) Kansainvälinen sopimus, joka allekirjoitettiin vuonna 1875 maailmanlaajuisesti pätevän yhdenmukaisen mittayksikköjärjestelmän toteuttamiseksi.
- Metrologia** (*Metrology*) Mittauksia käsittelevä tieteenala. Metrologia sisältää kaikki mittauksiin liittyvät teoreettiset ja käytännölliset seikat/tekijät/näkökohdat riippumatta mittausten epävarmuudesta ja tieteen tai tekniikan alasta.
- Mittanormaali** (*Measurement standard, etalon*) Kiintomitta, mittauslaite, vertailuaine tai mittausjärjestelmä, jolla määritellään, toteutetaan/realisoidaan, säilytetään tai toistetaan suureen mittayksikkö tai suureen yksi tai useampi referenssiarvo. Esim. 1 kg massanormaali.
- Mittanormaalin ylläpito** (*Maintenance of a (measurement) standard*) Toimenpiteet, joiden avulla varmistetaan mittanormaalin metrologisten ominaisuuksien pysyminen asianmukaisten rajojen sisällä. Toimenpiteisiin kuuluu tavallisesti säännöllisin väliajoin tapahtuva kalibrointi, säilytys sopivissa olosuhteissa ja huolellinen käyttö.
- Mittarivakio, näyttämäkerroin** (*Instrument constant*) Kerroin, jolla mittauslaitteen välitön näyttämä täytyy kertoa, jotta saadaan mittaussuureen arvo tai saadaan suureen arvo, jota käytetään mittaussuureen arvon laskemisessa.
- Mittauksen tarkkuus** (*Accuracy of measurement*) Mittaustuloksen ja tosiarvon hyväksytyt yhtäpitävyys.
- Mittaus** (*Measurement*) Toimintojen sarja, jonka tarkoituksena on suureen arvon määrittäminen.
- Mittausalue, (käyttöalue)** (*Measuring range, working range*) Mittaussuureen arvojen joukko, jolla mittauslaitteen virheen tulisi olla spesifioitujen rajojen puitteissa.
- Mittausepävarmuus** (*Uncertainty of measurement*) Mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua.

- Mittausjärjestelmä** (*Measuring system*) Täydellinen sarja mittauslaitteita ja muita laitteita, jotka on koottu yhteen tiettyjen mittausten suorittamiseksi.
- Mittausketju** (*Measuring chain*) Sarja mittauslaite- tai mittausjärjestelmäelementtejä, jotka muodostavat mittaussignaalin polun herätteestä vasteeseen.
- Mittauslaite** (*Measuring instrument*) Laite, joka on tarkoitettu mittausten tekemiseen yksin tai yhdessä lisälaitteen/lisälaitteiden kanssa.
- Mittauslaitteen näyttämä** (*Indication (of a measuring instrument)*) Mittauslaitteen antama suureen arvo.
- Mittauslaitteen tarkkuus** (*Accuracy of a measuring instrument*) Mittauslaitteen kyky antaa vasteita, jotka ovat lähellä tosiarvoa.
- Mittauslaitteen toistokyky** (*Repeatability (of a measuring instrument)*) Mittauslaitteen kyky tuottaa/antaa lähes samoja näyttämiä, kun mittauksia toistetaan samalle mittaussuureelle samoissa mittaolosuhteissa.
- Mittausmenetelmä** (*Method of measurement*) Yleisesti kuvattu, looginen toimintosarja, jonka avulla mittaukset suoritetaan.
- Mittausmenettely** (*Measurement procedure*) Erityisesti kuvattu toimintosarja, jota käytetään tiettyjen mittausten suorittamiseen tietyn menetelmän mukaisesti.
- Mittausperiaate** (*Principle of measurement*) Mittauksen tieteellinen perusta.
- Mittaussuure** (*Measurand*) Yksilöity suure, jota mitataan.
- Mittautulos** (*Result of a measurement*) Mittauksen avulla mittaussuureelle saatu arvo.
- Mittausvirhe** (*Measuring error*) Mittautulos miinus mittaussuureen tosiarvo.
- MKSA-järjestelmä** (*MKSA system*) Mittayksikköjärjestelmä, joka perustuu metriin, kilogrammaan, sekuntiin ja ampeeriin. Vuonna 1954 MKSA-järjestelmää laajennettiin siten, että siihen sisällytettiin myös kelvin ja kandela. Tämän jälkeen MKSA-järjestelmä nimettiin kansainväliseksi mittayksikköjärjestelmäksi, joka nykyään tunnetaan SI-mittayksikköjärjestelmänä.
- Muunnettu arvo, (mittaussuureen) muunnettu arvo** (*Transformed value (of a measurand)*) Tarkasteltavaa mittaussuuretta vastaava mittaussignaalin arvo.
- Nimellisalueen leveys** (*Span*) Nimellisalueen ylä- ja alarajan erotuksen itseisarvo.
- Nimellisarvo** (*Nominal value*) Mittauslaitteelle ominainen pyöristetty tai approksimoitu arvo, joka opastaa laitteen käyttöä. Esim. 100 Ω merkittynä resistanssinormaalina arvoksi.
- Näyttövirhe, mittauslaitteen näyttövirhe** (*Error (of indication) of a measuring instrument*) Mittauslaitteen näyttämän ja sitä vastaavan herätteen tosiarvon välinen erotus.
- Perusmetrologia** (*Fundamental metrology*) Perusmetrologialla ei ole kansainvälistä määritelmää, mutta se edustaa korkeinta mittausten tarkkuustasoa kulloinkin kyseessä olevalla alueella.

- Perusolosuhteet, vertailuolosuhteet** (Reference conditions) Käyttöolosuhteet, jotka on määrätty mittauslaitteen suorituskyvyn testausta tai mittauksien keskinäistä vertailua varten.
- Perusyksikkö** (Base unit (of measurement)) Perussuureen mittayksikkö tarkasteltavassa suurejärjestelmässä.
- Poikkeama** (Deviation) Suureen arvo miinus sitä vastaava referenssiarvo.
- Primaarinormaali** (Primary standard) Mittanormaali, joka on sovittu tai yleisesti tunnustettu korkeimman metrologisen ladun omaavaksi ja jonka arvo on hyväksyttävissä vertaamalla sitä muihin saman suureen mittanormaaleihin.
- Prototyyppi** (Prototype) Mittanormaali, joka määrittelee mitan yksikön. SI-mittayksikköjärjestelmässä ainoa nykyään käytössä oleva prototyyppi on BIPM:ssä sijaitseva kilogramman prototyyppi (yhden kilogramman painoinen punnus).
- Referenssinormaali, vertailunormaali** (Reference standard) Mittanormaali, jolla on tiettyssä paikassa tai organisaatiossa yleensä paras saatavissa oleva metrologinen laatu ja johon siellä tehtävät mittaukset perustuvat.
- Samankantainen (koherentti) mittayksikkö** (Coherent (derived) unit (of measurement)) Johdannaisyksikkö, joka voidaan esittää perusyksiköiden potenssien tulona muuntokertoimen ollessa yksi.
- Satunnaisvirhe** (Random error) Mittaustuloksen ja sellaisten mittausten keskiarvon erotus, jossa keskiarvo saataisiin mittaamalla sama mittausuure äärettömän monta kertaa toistuvissa olosuhteissa.
- Sekundaarinormaali** (Secondary standard) Mittanormaali, jonka arvo määritetään/saadaan vertaamalla sitä saman suureen primaarinormaaliin.
- Siirtonormaali** (Transfer standard) Mittanormaali, jota käytetään välittävänä laitteena/välittäjänä normaalien vertailussa.
- SI-yksikkö** (SI unit) Kansainvälisen (mitta)yksikköjärjestelmän mukainen yksikkö.
- Stabiilius** (Stability) Mittarin kyky säilyttää metrologiset ominaisuutensa muuttumattomina ajan kuluessa.
- Suhteellinen virhe** (Relative error) Mittausvirhe jaettuna mittaussuureen tosiarvolla.
- Suure** ((Measurable) quantity) Ominaisuus, joka voidaan laadultaan tunnistaa ja määrältään mitata.
- Suureen arvo** (Value (of a quantity)) Yksilöidyn suureen arvo esitetään yleensä lukuarvon ja mittayksikön tulona. Esim. tangon pituus 5,34 m.
- Suureen oikea arvo/tosiarvo** (True value (of a quantity)) Arvo, joka on yksilöidyn suureen määritelmän mukainen.
- Suureen oikeaksi sovittu arvo** (Conventional true value (of a quantity)) Arvo, joka on yksilöidylle suurelle annettu ja toisinaan sopimuksella hyväksytty ja jolla on tiettyyn käyttöön soveltuva epävarmuus. ”Sovittua tosiarvoa” sanotaan toisinaan annetuksi arvoksi, arvon parhaaksi estimaatiksi, sovituksi arvoksi tai referenssiarvoksi.
- Suurimmat sallitut virheet, mittauslaitteen suurimmat sallitut virheet** (Maximum permissible errors (of a measuring instrument)) Tarkasteltavalle

mittauslaitteelle spesifikaatioissa, säädöksissä yms. sallitut virheen ääriarajat.

Systemaattinen virhe (*Systematic error*) Keskiarvon ja mittaussuureen tosiarvon erotus, missä keskiarvo saataisiin suorittamalla ääretön määrä saman mittaussuureen mittauksia toistuvissa olosuhteissa.

Tarkkuusluokka (*Accuracy class*) Tietyt metrologiset vaatimukset täyttävien mittauslaitteiden luokka. Vaatimusten tarkoituksena on pitää virheet spesifioituissa rajoissa.

Teollisuusmetrologia (*Industrial metrology*) Varmistaa teollisuudessa, niin tuotannossa kuin kokeilutoiminnassa, käytössä olevien mittavälineiden toiminnan asianmukaisella tasolla.

Testi, koe (*Test*) Tekninen toimenpide, joka käsittää tietyn tuotteen, menetelmän tai palvelun ominaisuuksien määrittämisen tietyn menettelyn mukaisesti.

Tieteellinen metrologia (*Scientific metrology*) Käsittelee mittanormaalien ja niiden ylläpidon kehitystyötä ja organisointia.

Toistettavuus, mittauksen toistuvuus (*Repeatability (of results of measurements)*) Saman mittaussuureen peräkkäisten mittaustulosten yhtäpitävyys, kun mittaukset suoritetaan samoissa olosuhteissa.

Toistokyky, mittauslaitteen toistokyky (*Repeatability (of a measuring instrument)*) Katso Mittauslaitteen toistokyky.

Transparenssi (*Transparency*) Mittauslaitteen kyky olla muuttamatta mittaussuuretta.

Uusittavuus, mittauksen uusittavuus, mittausten uusittavuus (*Reproducibility (of results of measurements)*) Saman mittaussuureen mittaustulosten yhtäpitävyys, kun mittaukset suoritetaan muuttuneissa olosuhteissa.

Vaikutussuure (*Influence quantity*) Suure, joka ei ole mittaussuure, mutta joka vaikuttaa mittaustulokseen.

Varmennettu vertailuaine, sertifioitu referenssimateriaali (*Certified reference material (CRM)*) Vertailuaine, jota seuraa todistus ja jonka yksi tai useampi ominaisarvo on varmennettu menettelyllä, jossa syntyy jäljitettävyys sen mittayksikön tarkkaan toteutukseen, jonka suhteen ominaisarvo on ilmaistu ja jossa kullekin varmennetulle arvolle annetaan tiettyä luottamustasoa vastaava epävarmuus.

Vaste (*Response*) Mittausjärjestelmän lähtösignaali.

Vertailuaine, referenssimateriaali (*Reference material (RM)*) Materiaali tai aine, jonka yksi tai useampi luontainen ominaisuus on riittävän homogeeninen ja vakaa ja tunnettu, jotta sitä voidaan käyttää mittauslaitteen kalibrointiin, mittausmenetelmän arviointiin tai materiaalien arvojen määrittämiseen.

Vertailunormaali, referenssinormaali (*Reference standard*) Mittanormaali, jolla on tietyssä paikassa tai organisaatioissa yleensä paras saatavissa oleva metrologinen laatu ja johon siellä tehtävät mittaukset perustuvat.

Vertailuolosuhteet, perusolosuhteet (*Reference conditions*) Käyttöolosuhteet, jotka on määrätty mittauslaitteen suorituskyvyn testausta tai mittaustulosten keskinäistä vertailua varten.

Viritys, mittauslaitteen viritys (*Adjustment of a measuring instrument*) Toimenpide, jonka avulla mittauslaitteen suorituskyky saadaan käyttöön sopivaksi.

Yksikkö, (mitta)yksikkö (*Unit (of measurement)*) Yksilöity suure, jonka määritelmästä ja käytöstä on sovittu ja johon muita saman lajin suureita verrataan, jotta niiden suuruus voidaan esittää suhteessa tähän suureen.

Yksikköjärjestelmä, (mitta)yksikköjärjestelmä (*System of units (of measurement)*) Annettujen sääntöjen mukaan tietyille suurejärjestelmälle määritely perus- ja johdannaisyksiköiden joukko.

7 Metrologian tietolähteitä - linkkejä

Tietoa kohteesta	Lähteet	Yhteystiedot
Alueelliset metrologia-organisaatiot	BIPM Bureau International des Poids et Mesures	www.bipm.org Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex, France
Akkreditointi Euroopassa Akkreditoidut laboratoriot	EA European co-operation in Accreditation	www.european-accreditation.org
Akkreditointi Amerikassa	IAAC Inter American Accreditation Cooperation	www.iaac-accreditation.org
Akkreditointi Aasian ja Tyynenmeren alueella	APLAC Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation	www.aplac.org/
Analyttiseen kemiaan ja laadunvarmistukseen liittyvät asiat Euroopassa	EURACHEM	www.eurachem.org
Avainvertailujen tietokanta	Julkaistaan " <i>Metrologia</i> "-lehdessä sekä BIPM-avainvertailujen tietokannassa	www.bipm.org/kcdb
EURAMETin tekniset projektit ja vertailumittaukset	EURAMET-directory	www.euramet.org
EU:n lainsäädäntö - metrologia	Euroopan yhteisön virallinen lehti CELEX-tietokanta	http://eur-lex.europa.eu/fi/index.htm
Euroopan kansalliset standardisoimiselimet	CEN (European Committee for Standardisation)	www.cen.eu
Lakisääteinen metrologia Aasian ja Tyynenmeren alueella	APLMF Asia-Pacific Legal Metrology Forum	www.aplmf.org
Lakisääteinen metrologia Euroopassa	WELMEC	WELMEC sihteeristö www.welmec.org
Lakisääteinen metrologia, kansainvälinen	OIML	Sihteeristö BIML:ssä Pariisissa www.oiml.org

Kansalliset metrologialaitokset Afrikassa	SADC MET	www.sadcmet.org
Kansalliset metrologialaitokset Amerikoissa	SIM	www.sim-metrologia.org.br
Kansalliset metrologialaitokset Aasian ja Tyynenmeren alueella	APMP Asia Pacific Metrology Programme	www.nmij.jp/apmp/
Kansalliset metrologialaitokset Euroopassa	EURAMET Directory	www.euramet.org
Kaupan tekniset esteet	EC DG Trade Market Access database	http://mkaccdb.eu.int/
Mittaus-, testauslaboratoriot ja analyttiset laboratoriot Euroopassa	EUROLAB	www.eurolab.org
Standardit	ISO International Organisation for Standardisation	www.iso.org
SI-mittayksikkö-järjestelmä	BIPM	www.bipm.org
Symbolit, vakiot jne. fysiikassa	IUPAP "Red Book"	www.iupap.org/commissions
Vertailumateriaalit kemiallisiin analyysiin	IRMM COMAR tietokanta	www.irmm.jrc.be
Vertailumittaus-/pätevyystesti-ohjelmat EU:n alueella	EPTIS European Proficiency Testing Information System	www.eptis.bam.de
Väli-Amerikan alueellinen metrologia-organisaatio	SIM Inter-American Metrology System	www.sim-metrologia.org.br



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