Rozvoj technické základny NMS podle jednotlivých oborů metrologie

I. Metrologie hmotnosti

Měření hmotnosti je jedním z nejrozšířenějších měření v technické praxi. Lze je nalézt ve vědě, výzkumu, výrobě, obchodu, službách (především logistice), dále v oblasti ochrany životního prostředí a v zemědělství. Měření hmotnosti je také základem pro mnoho nepřímých metod měření, například pro chemické analýzy, vědecký výzkum, biologii, zdravotnictví. Značnou část rozsahu aplikací pokrývá průmyslová vážicí technika, která v ČR v poměrně krátké době prodělala výraznou technologickou změnu. V tomto oboru jsou následující cíle:

i. Aplikace mezinárodních dokumentů JCGM 101:2008 a JCGM 102:2011 při primární etalonáži hmotnosti.

   Termín: 12/2027

ii. Zavedení automatizace realizace metrologické návaznosti měření hmotnosti v primární laboratoři hmotnosti ČMI.

   Termín: 12/2030

iii. Plná digitalizace legální metrologie s využitím nástrojů umělé inteligence v souladu se směrnicemi MID a NAWID.

   Termín: 12/2031

II. Metrologie elektrických a magnetických veličin

Měření elektrických a magnetických veličin jsou jedněmi z klíčových oborů měření pro velké množství průmyslových procesů a vědních oborů. Mimořádný ekonomický význam má přesné měření zejména ve výrobě, v distribuci a spotřebě elektrické energie, v komunikacích a v dopravě. Neopomenutelné jsou ale i aplikace v „neekonomických“ oblastech, například v oblasti zdraví a bezpečnosti. Rychle se rozvíjející oblastí, která vyžaduje značnou metrologickou podporu, je zejména přenos a distribuce elektrické energie prostřednictvím inteligentních sítí. Další prioritní oblastí je metrologické zajištění pro charakterizaci elektromagnetických vlastností nových materiálů. Rozvoj metrologie elektrických veličin je zaměřen především na dobudování a modernizaci souboru etalonů a rozšíření měřicích schopností.

a. V oboru metrologie ss a nf elektrických veličin je cílem

   i. Vývoj nového pracoviště pro zajištění metrologické návaznosti malých střídavých proudů pomocí technologie rychlého reversního spínání stejnosměrných proudů (FRDC).

      Termín: 12/2029

   ii. Rozšíření primárního měřicího systému využívajícího technologii programovatelného kvantového Josephsonova jevu (PJVS) o možnost měřeni komplexního poměru napětí.

      Termín: 12/2030

   iii. Rozšíření frekvenčního rozsahu metrologické návaznosti střídavého napětí pomocí technologie primárního kvantového etalonu napětí.

Termín: 12/2031

b. V oboru metrologie vf elektrických veličin je cílem

   i. Zajištění metrologické návaznosti intenzity elektrického pole v páskovém vedení v kmitočtovém pásmu nejméně do 100 kHz.

      Termín: 12/2027

   ii. Zajištění metrologické návaznosti pro měření kalibračního faktoru výkonových čidel pomocí vektorového analyzátoru obvodů.

      Termín: 12/2029

   iii. Vypracování metodiky pro měření vysokofrekvenčních veličin vzorkováním pomocí širokopásmových digitálních vzorkovacích osciloskopů (DSO).

      Termín: 12/2029

   iv. Rozšíření frekvenčního pásma metrologické návaznosti pro měření rozptylových parametrů až do 110 GHz

      Termín: 12/2029

c. V oboru metrologie elektrické impedance je cílem

   i. Zpřesnění realizace stupnice elektrické kapacity a impedance s návazností na kvantový etalon na bázi Hallova jevu (KHJ) pomocí implementace technologie digitálních můstků.

      Termín: 12/2031

d. V oboru metrologie elektrického výkonu a práce je cílem

   i. Zabezpečení metrologické návaznosti a infrastruktury pro ověřování měřidel pro nabíjení elektrovozidel s výkonem nad 400 kW.

      Termín: 12/2031

III. Metrologie v chemii a biologii

Metrologie v chemii a biologii zasahuje do oblastí jako petrochemie, zemědělství, potravinářství, zpracování odpadů, zdravotnictví, klinické biochemie, ale také např. do hutního průmyslu, kde produkce směřuje k výrobě vysoce kvalitních materiálů podmíněné špičkovou měřicí technikou. V tomto oboru jsou následující cíle:

   i. Realizace mobilního etalonážního systému s využitím technologie plynového chromatografu (PGC) pro ověřování měřicího systému pro stanovení energetické hodnoty energetických plynů a jejich směsí.

      Termín: 12/2028

   ii. Zajištění metrologické návaznosti měření kvality vodíku a směsi vodíku se zemním plynem.

      Termín: 12/2030

iii. Zpřesnění metrologické návaznosti analyzátorů plynu pomocí gravitometrické metody.

Termín: 12/2031

iv. Zajištění metrologické návaznosti diagnostických metod založených na analýze dechu.

Termín: 12/2031

IV. Metrologie průtoku a objemu tekutin

Do oboru metrologie průtoku a objemu tekutin spadá měření průtoku a objemu kapalin a zkapalněných plynů (zejména voda, kapalné potraviny, ropa, ropné produkty a další). V oblasti plynů je to zejména měření protečeného objemového nebo hmotnostního množství plynu, průtoku plynu a také anemometrie. V tomto oboru jsou následující cíle:

i. Vývoj a validace zpřesněné metodiky pro kalibrace měřidel směru proudění vzduchu.

Termín: 12/2030

ii. Návrh a validace nové metodiky včetně návrhu etalonážního zařízení pro oblast metrologie teplonosných a chladonosných kapalin jiných než voda a technických kapalin na bázi vody.

Termín: 12/2030

iii. Měření při distribuci, přepravě a spotřebě energií s důrazem na metrologické zabezpečení problematiky měření nově se uplatňujících alternativních médií (např. vodík či směsi vodíku se zemním plynem). Zpřesnění etalonáže malých průtoků plynu v rozsahu pod 3 ml/min.

Termín: 12/2031

V. Metrologie teploty, vlhkosti a termálních veličin

Měření teploty je důležité pro širokou škálu oblastí a aplikací v průmyslu (metalurgie, chemie a biochemie, kvantová výpočetní technika), ve zdravotnictví a v životním prostředí (monitorování a poskytování informací o klimatu a klimatické změně, o ovzduší, o půdě a o vodě). Tento obor zajišťuje metrologické služby v oblasti kontaktního i bezkontaktního měření teploty, kalibrace teploměrů, kalibrace celých měřicích řetězců, obdobně pak i v oboru vlhkosti. S oborem teploty bezprostředně souvisí také metrologie tepelné energie a termofyzikálních vlastností materiálů.

a. V oboru kontaktní termometrie je cílem

i. Metrologické zabezpečení návaznosti jednotky kelvin pomocí technologie akustické termometrie.

Termín: 12/2029

ii. Zajištění metrologické návaznosti pomocí nového etalonu povrchové teploty využívající technologii povrchových akustických vln (SAW).

Termín: 12/2029

iii. Plná automatizace teplotní laboratoře ČMI pro realizaci mezinárodní teplotní stupnice ITS-90.

Termín: 12/2031

b. V oboru metrologie vlhkosti pevných látek a plynů je cílem

i. Zajištění metrologické návaznosti měření velmi nízkých vlhkostí plynů při zvýšeném tlaku média.

Termín: 12/2028

ii. Zajištění metrologické návaznosti měření rosného bodu vody a vyšších uhlovodíků v zemním plynu pomocí přenosného etalonu v reálných provozních podmínkách.

Termín: 12/2029

iii. Metrologické zabezpečení měření vlhkosti v energetických plynech s obsahem vodíku vyšším než 10 %.

Termín: 12/2030

c. V oboru termofyzikálních vlastností materiálů je cílem

i. Zajištění metrologické návaznosti termických vlastností materiálů pomocí nových certifikovaných referenčních materiálů (CRM).

Termín: 12/2030

VI. Metrologie akustiky a kinematiky

Metrologie akustických a kinematických veličin je zaměřena nejen do standardních oblastí, jako je průmysl, doprava nebo zdravotnictví, ale v případě akustiky i do oblastí umění, multimédií, komunikačních technologií i moderních technologií zábavního průmyslu tak, aby se metrologické možnosti přizpůsobily poptávce i v těchto oborech. Koncepce rozvoje akustiky a kinematiky je rozdělena na dvě základní části, metrologii akustiky a metrologii kinematiky.

a. V oboru měření akustických veličin je cílem

i. Vývoj a validace nové metodiky měření akustických veličin pomocí technologie měření ve volném poli dle norem ČSN EN 61094-8, ČSN EN 61672-3 ed2:2013 a ČSN EN 60942 ed2:2018.

Termín: 12/2028

b. V oboru měření kinematických veličin je cílem

i. Vypracování, validace a praktická realizace nové metody ověřování rychloměrů využívající novou technologii snímačů na principu frekvenčně modulovaného kontinuálního radaru (FCMW).

Termín: 12/2028

ii. Vývoj, validace a realizace nové metody metrologické návaznosti polohy, rychlosti a zrychlení za využití globální navigační satelitní technologie (GNSS).

Termín: 12/2030

VII. Metrologie síly a momentu síly

Potřeba metrologických služeb metrologie síly a momentu síly odpovídá situaci průmyslu v ČR. Metrologické služby těchto veličin se uplatňují ve strojírenství, hutnictví a stavebnictví, ale také v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu, jejichž další rozvoj v příštích letech lze předpokládat. V tomto oboru je cílem

i. Rozšíření rozsahu státního etalonu síly ESZ 10 N až do síly 50 N.

   Termín: 12/2028

VIII. Metrologie ionizujícího záření

Obor metrologie ionizujícího záření se uplatňuje v mnoha oblastech průmyslu, aplikovaného výzkumu a ochrany životního prostředí a je nepostradatelný zejména pro zdravotnictví a jadernou energetiku. Smyslem navržených cílů je zajištění metrologických potřeb, které vyplynou z rozvoje těchto oblastí. V oboru metrologie ionizujícího záření je cílem

i. Zpřesnění státního etalonu aktivity radionuklidů pomocí nové technologie digitizéru CAEN pro převod analogového signálu z detektoru částic na digitální data.

   Termín: 12/2028

ii. Rozšíření metrologické návaznosti veličin ionizujícího záření pro podporu výstavby nových jaderných zařízení včetně malých modulárních reaktorů.

   Termín: 12/2031

IX. Nanometrologie

Nanometrologie se zaměřuje na měření rozměrů a dalších fyzikálních veličin s prostorovým rozlišením v řádu nanometrů na objektech využívaných v polovodičovém průmyslu, optickém průmyslu a obecně v nanotechnologiích. Rozvoj tohoto oboru se zaměřuje na zvýšení přesnosti měření, zvýšení rozsahu měření pro lepší aplikovatelnost v praxi a zavedení nových postupů návaznosti pro další fyzikální veličiny důležité pro průmysl. Pro období 2027-2031 se jedná o následující cíle:

i. Zpřesnění metrologické návaznosti interferometrických měření v sub-nanometrové oblasti pomocí technologie využívající Heydemannovu korekci.

   Termín: 12/2027

ii. Rozšíření rozsahu metrologické návaznosti měření lokálních mechanických vlastností velmi měkkých materiálů s modulem pružnosti menším než 100 MPa.

   Termín: 12/2028

iii. Zavedení metod pro měření termoelektrických vlastností pevných látek v mikro- a nano-měřítku s využitím technologie více sond rastrovací mikroskopie (SPM).

   Termín: 12/2029

iv. Vývoj, validace a implementace nové metody zajištění nové metrologické návaznosti měření tvarových odchylek a lokální povrchové drsnosti na asférických a freeform optických prvcích v rozsahu do 100 mm s nejistotou pod 5 nm.

   Termín: 12/2030

v. Vývoj, validace a implementace nové metody pro měření reziduálního napětí s využitím indentační zkoušky.

   Termín: 12/2031

X. Metrologie tlaku a vakua

Metrologie tlaku a vakua představuje klíčový obor pro široké spektrum průmyslových aplikací, energetiku, dopravu, zdravotnictví i ochranu životního prostředí. Zvláštní význam mají oblasti vakua a detekce netěsností, které jsou nezbytné pro zajištění kvality pokročilých technologií a pro spolehlivé testování těsnosti. V posledních letech lze pozorovat výrazný nárůst požadavků na metrologické zajištění v oblasti vyššího vakua, zkracování termínů kalibrací a vydávání kalibračních listů pokrytých uznávaným systémem řízení kvality (akreditace, CIPM MRA). Cílem rozvoje metrologie tlaku a vakua je zlepšování nejistot státních etalonů, rozšiřování technických parametrů primární etalonáže, zvyšování míry automatizace měření i výpočtů a efektivní reakce na nově se objevující potřeby uživatelů. V oboru metrologie tlaku a vakua je cílem:

i. Vývoj, validace a implementace nové, plně automatizované metody pro zajištění metrologické návaznosti kombinovaných (tzv. full-range) vakuometrů v rozsahu minimálně (10^{-5} až 10^{5}) Pa.

   Termín: 12/2028

ii. Vývoj, validace a implementace nové metody pro zajištění metrologické návaznosti atmosférických vodíkových netěsností.

   Termín: 12/2029

iii. Zajištění metrologické návaznosti etalonů malé tlakové diference za vysokých statických tlaků.

   Termín: 12/2030

iv. Rozšíření rozsahu státního etalonu velmi vysokého vakua (UHV) na principu dynamické expanze.

   Termín: 12/2031

XI. Metrologie tvrdosti a drsnosti povrchu

Drsnot povrchu je důležitou metodou měření v celém strojírenském průmyslu. Současné měření drsnosti povrchu a měření profilu povrchu jako jsou úhly, vzdálenosti, průměry a poloměry, je v současné době čím dál více využíváno. S tím je spojená také nutnost metrologického zajištění. V návaznosti na tyto trendy bude v oboru měření drsnosti a profilu povrchu cílem

i. Rozšíření státního etalonu drsnosti povrchu o měření profilu povrchu.

   Termín: 12/2028

XII. Metrologie délky a rovinného úhlu

Rozsah měření délek je velký od měření atomových mřížek, přes nano a mikro metrologii, přes strojírenská měření a dále přes geodetické měření až k měření kosmických rozměrů. V poslední době nabývá na významu měření ne jenom v jedné ose, ale ve dvou a třech osách 3D-třídimensionální (souřadnicová) metrologie. Ta je zabezpečována 3D měřicími stroji, lasertrackery, optickými skenery a mnoha dalšími přístroji. Pod obor měření délek

patří i měření rozměrů, tvarů, odchylek tvarů, drsnosti a vlnitosti, měření obecných ploch a v neposlední řadě úhlu. Úhel se měří a vyhodnocuje na základě buď rovinné a prostorové trigonometrie, nebo pomocí speciálních přístrojů. V tomto oboru je cílem

i. Vývoj, validace a realizace nových metod pro zajištění metrologické návaznosti optických měřidel objemu nákladů na vozidlech v souladu s požadavky novelizované směrnice EU MID 2014/32/EU.

   Termín: 12/2029

ii. Vyhlášení nového referenčního etalonu prostorové polohy.

   Termín: 12/2029

XIII. Metrologie optických veličin

Radiometrická a fotometrická měření jsou důležitá pro širokou škálu průmyslových odvětví a aplikací, zahrnující technologie osvětlování vnitřních prostor budov i venkovních veřejných prostor, osvětlování a světelnou signalizaci v dopravě, ale také polovodičovou techniku, fotovoltaické systémy, optické komunikace, automobilový průmysl, obranný průmysl, zdravotnictví a mnoho oblastí vědeckého výzkumu. Spektrální rozsah měřených veličin je (200 - 50 000) nm. Toto vymezení respektuje členění oboru postupně ustálené v rámci CCPR BIPM a následně v databázi KCDB CIPM. Navrhované cíle odpovídají současným požadavkům po metrologické zajištění v jednotlivých podoborech metrologie optických veličin.

a. V oboru radiometrie detektorů a zdrojů optického záření je cílem

   i. Zajištění metrologické návaznosti radiometrů pulsních laserů pro pulzy v energetických oblastech pJ – nJ a opakovací frekvenci do 1 kHz ve spektrálním rozsahu viditelného a blízkého infračerveného záření se zajištěním mezinárodní ekvivalence měření na úrovni BIPM CCPR.

      Termín: 12/2028

   ii. Implementace nového kvantového etalonového detektoru PQED-UV pro UV spektrální pásmo pro zpřesnění a zajištění větší robustnosti detektorové UV radiometrie ve spektrální oblasti 300 nm – 400 nm.

      Termín: 12/2030

   iii. Zajištění rozšíření metrologické návaznosti spektrální responzivity detektorů do středního infračerveného spektrálního pásma 1600 nm až 2500 nm se zajištěním mezinárodní ekvivalence měření na úrovni BIPM CCPR.

      Termín: 12/2031

b. V oboru fotometrie je cílem

   i. Realizace nového státního etalonu svítivosti založeného aplikaci kvantově predikovatelných absolutních detektorů v kombinaci s absolutním kryogenním radiometrem.

      Termín: 12/2027

   ii. Realizace nového státního etalonu celkového světelného toku gonio-fotometrickou metodou založenou na aplikaci kvantově predikovatelných absolutních detektorech v kombinaci s absolutním kryogenním radiometrem.

Termín: 12/2029

c. V oboru spektrofotometrie optických materiálů je cílem

i. Zajištění primární realizace metrologické návaznosti veličiny zrcadlového lesku povrchu optických materiálů založené na fundamentální metodě měření BRDF se zajištěním mezinárodní ekvivalence měření na úrovni BIPM CCPR.

Termín: 12/2030

ii. Zajištění primární realizace metrologické návaznosti veličiny spektrální difusní odraznosti optických materiálů ve viditelném spektrálním rozsahu založené na fundamentální metodě měření obousměrné distribuční funkce odrazu BRDF se zajištěním mezinárodní ekvivalence měření na úrovni BIPM CCPR.

Termín: 12/2031

XIV. Metrologie času a frekvence

Frekvence je nejpřesněji měřitelná fyzikální veličina a etalonáž času a frekvence slouží jako základ metrologického systému jednotek SI. Etalony frekvence a času jsou potřebné pro realizaci definice řady dalších základních jednotek. V ČMI byl vyvinut etalon s jedním zachyceným a laserem chlazeným iontem ytterbia a v roce 2023 byl vyhlášen státním etalonem (Státní etalon frekvence a vlnové délky na bázi iontu ytterbia, ECM 100-2/23-71) s relativní nejistotou 1×10^{-14}. V tomto oboru je cílem

i. Snížení relativní rozšířené kombinované nejistoty optického etalonu frekvence ČMI s $^{171}Yb^{+}$ na hodnotu lepší než 1×10^{-15}.

Termín: 12/2027

XV. Digitalizace v metrologii

Digitalizace v metrologii je základním kamenem digitální transformace v průmyslu, hospodářství a celé společnosti. Její význam spočívá především v zajištění připravenosti legislativních a technických rámců na nové technologie a v rozvoji vysoce přesných standardů, které tyto technologie podmiňují. V této oblasti je cílem

i. Vývoj, validace a implementace nové metody pro zajištění metrologické návaznosti a analýzu a hodnocení rizik senzorových sítí.

Termín: 12/2027

ii. Implementace nových metod posuzování shody měřících a rádiových zařízení a zdravotnických prostředků s měřicí funkci v souladu s Aktem o kybernetické bezpečnosti (nařízení EU 2019/881).

Termín: 12/2029

XVI. Metrologie drahých kovů

Metrologie drahých kovů se zaměřuje na přesné měření hmotnosti a ryzosti (podílu drahého kovu ve slitině). Měření ryzosti drahých kovů se nejčastěji provádí nedestruktivními metodami jako např. XRF spektrometrie, ultrazvuk nebo měření elektrického odporu a hustoty. K přesnému ověření se používají destruktivní zkoušky, které mohou vzorek poškodit. Měření drahých kovů nachází významné uplatnění zejména v puncovnictví pro odhalování padělků. V tomto oboru je cílem

i. Zavedení nových metod měření čistoty drahých kovů.
   Termín: 12/2028