

VYHODNOCENÍ PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE 2013

V Programu rozvoje metrologie 2013 bylo zařazeno 41 úkolů. Z tohoto počtu řešil Český metrologický institut 22 úkolů, ostatní subjekty potom zbývajících 19 úkolů. Z toho přidružené laboratoře 4 úkoly. Úkoly byly, v souladu s pravidly pro ukončování úkolů PRM ukončeny závěrečnými oponenturami. U všech bylo konstatováno jejich splnění.

Pro větší přehlednost je tato zpráva rozdělena na dvě části.

První část podává informace o úkolech, které řešil Český metrologický institut a které tvořily hlavní část PRM 2013.

V druhé části jsou potom stručně popsány výstupy úkolů ostatních řešitelů.

Výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů:

A) Úkoly ČMI

II/1/13 Uchovávání státních etalonů

Úkolem byly práce spojené s uchováváním a pravidelným udržováním metrologických vlastností 44 státních etalonů ČR provozovaných v ČMI s cílem zajištění jejich požadované funkčnosti a využitelnosti pro navazování měřidel nižších řádů. Seznam příslušných etalonů je uveden na webových stránkách ÚNMZ v části metrologie v rubrice metrologický systém.

III/1/13 Rozvoj etalonáže hmotnosti a hustoty

Jednotlivé části úkolu pro rok 2013 měly za cíl připravit laboratoř primární metrologie hmotnosti na výzvy, které čekají v několika následujících letech, především v souvislosti s projekty EMRP a EURAMET. Všechny části slouží k rozvoji znalostí chování závaží v různých prostředích. Tyto poznatky budou využity v jednom z projektů, který je zaměřen na přenos jednotky hmotnosti v podmínkách nové definice kilogramu.

V následujících letech se budou práce na tomto typu úkolu zaměřovat na standardizaci metody měření hmotnosti a hustoty závaží tak, aby ji bylo vždy možné bez problémů použít pro přenos jednotky hmotnosti mezi různými prostředími.

Obecně se předpokládá, že bude existovat skupina závaží, která budou trvale uchovávána ve speciálních podmínkách. V případě potřeby manipulace s takovými závažími nesmí dojít ke kontaktu s nevhodným prostředím. Proto se jeví jako vhodné rozšíření vakuového komparátoru hmotnosti o speciální manipulační prostor například s gumovými rukavicemi (tzv. Glove-box).

Vzhledem k tomu, že možnosti regulace tlaku ve vakuovém komparátoru jsou stále omezené a závisí prakticky jen na zkušenostech operátora, jeví se jako vhodným projektem zavedení určitého stupně automatizace nastavení optimálních podmínek.

Všechny dílčí části úkolu podle plánovacího listu:

1) Měření hmotnosti a hustoty závaží v různých prostředích

- Výběr širšího spektra plynů pro měření
- Zavedení měření v různých tlacích
- Určení hmotnosti a hustoty závaží z několika měření
- Vyhodnocení nejistot.

2) Chování povrchu závaží v různých prostředích

- Sledování změn hmotnosti v závislosti na použitém plynu
- Sledování změn hmotnosti v závislosti na způsobu čerpání komory
- Vyhodnocení chování závaží.

byly splněny.

III/2/13 Rozvoj etalonáže síly a momentu síly

Předmětný úkol měl dvě části, které se týkaly dvou etalonů síly.

První část úkolu se zabývala provedením potřebných kontrolních měření pro zajištění stability etalonu ESZ 1 MN po jeho uvedení do provozu v nové laboratoři síly a vypracování podkladů pro rozbor nejistoty kalibrace a revizi CMC tohoto etalonu.

Druhou částí úkolu bylo přepracování konstrukce systému zatěžovacích těles pro etalon ESZ 500 N a výroba potřebných dílů pro tento systém podle vytvořené výrobní dokumentace.

III/3/13 Rozvoj primární etalonáže tlaku

V metrologii středního tlaku byla provedena rešerše a vypracován postup pro přepočítání a určení nejistot místního tíhového zrychlení v laboratořích oddělení 6013 na základě měření provedených v těchto prostorách Geofyzikálním ústavem. Umožní to větší operabilitu ve využití laboratoří, při provádění mezilaboratorních porovnání a výkonů v prostorách zákazníků či při vydávání doporučení zákazníkům v této oblasti. Počítá se i s využitím pro oddělení tlaku OI Praha (v případě zájmu i v rámci EURAMETu).

V oblasti etalonáže vakua proběhlo dokončení základní konstrukce aparatury přechodové expanze, rozvaha a volba průtokoměru a úspěšné ověření základních parametrů. Dále byla provedena rešerše možnosti a vhodnosti vybudování primárního etalonu velmi malých héliových netěsností dle vzoru IMT. Dále byla vypracována zpráva o státním etalonu vysokého vakua 6013-ZV-C001-13.

V oboru malého průtoku plynů byla úspěšně vytvořena a odzkoušena metodika kalibrace kritických dýz nekorozyvnými plyny v rozsahu průtoků od 1 ml/min do 30 l/min, při tlacích (0 – 3) bar abs. Umožní to udržet tempo s rozvojem sekundárních etalonů malých průtoků plynu a stále náročnějšími požadavky metrologické veřejnosti.

V oblasti etalonáže průtoku plynu pomocí diferenčních prvků byl vytvořen program pro metrologickou kontrolu diferenčních průtokoměrů na principu čtyřtvorových clon pro směsi plynů. Tento kontrolní program bude plnit nejen funkci kontrolní v procesech kalibrace a ověřování předmětných měřidel, ale i v procesech schvalování typu měřidel uvedených aplikací a v procesech validace či testování případných nově vzniklých kontrolních programů. V oboru koncentrace plynů je výsledkem funkční automatický systém dynamické přípravy směsí plynů dané koncentrace včetně rozboru nejistot a návrh metodiky kalibrace.

V oblasti metrologie hustoty plynů byly vytvořeny a odzkoušeny aktuální metodiky návaznosti gravimetrů. Předpokládá se jejich využití při tvorbě odpovídajícího opatření obecné povahy.

Řešení úkolu umožnilo zpřesnění metodik ČMI v oborech středního tlaku, koncentrace plynů, malých průtoků plynů a hutnoty plynů. Vytvořilo základ pro pokrytí mezer v systému primární etalonáže vakua a héliových vakuových netěsností a snížení nejistot příslušných CMC tabulek v oboru vysokého vakua. Zpřesnění etalonáže koncentrace a malých průtoků plynu se ihned promítne do zlepšení šíře, kvality metrologických služeb i ekonomických výsledků ČMI. Přínosem pro významné klienty z oblasti transportu plynu se stane nový softwarový nástroj v metrologii průtoku plynů pomocí diferenčních prvků i rozšíření možností návaznosti gravimetrů.

III/4/13 Rozvoj etalonáže tvrdosti a drsnosti povrchu

V rámci úkolu byla provedena montáž a nastavení nového laserinterferometru na tvrdoměr Rockwell-N,T a sloučení software pro řízení časového průběhu měření se software laserinterferometru do jednoho měřicího systému.

Dále analýza nového měřicího systému včetně stanovení nejistot měření a CMC.

III/5/13 Rozvoj etalonáže elektrických a magnetických veličin

Hlavní cíle a výsledky úkolu:

Etalonáž ss a nf veličin

V oblasti metrologie stejnosměrných napětí byla řešena kalibrace linearity nanovoltmetrů a voltmetrů pomocí kvantového etalonu stejnosměrného napětí. Byl sestaven algoritmus kalibrace linearity nanovoltmetrů a voltmetrů a opakovaně byla určena linearita a nelinearita na několika rozsazích dvou přístrojů. Porovnání výsledků s binárním děličem ukazuje na minimálně desetinásobné snížení nejistot měření linearity na napětových rozsazích menších než jeden volt.

V oblasti metrologie střídavého napětí byl sestaven a otestován dvoukanálový napětový dělič vhodný pro použití se vzorkovacím etalonem fáze. Byla změřena stabilita vzorkovacího etalonu fáze bez i s děličem a určena nejistota daná stabilitou děliče. Následně byla změřena stabilita generátoru rozdílu fáze a byl kalibrován pro různá napětí a frekvence. Výsledkem je rozšíření napětového rozsahu vzorkovacího etalonu fáze do sto voltů efektivního napětí signálu a určení stability pracovních etalonů ČMI.

Byl sestaven a otestován vzorkovací etalon THD, který je možné kalibrovat přímo vůči stejnosměrným a střídavým etalonům elektrického napětí. Výhodou etalonu oproti dříve používaným měřičům THD je zobrazení celého spektra a tedy lze zhodnotit vliv různých artefaktů a šumu na nejistotu THD. Nový etalon THD má desetkrát nižší úroveň šumu než Audioanalyzátor HP8903B, což snižuje nejistotu při menších hodnotách amplitudy harmonických složek měřeného signálu.

V oblasti elektrické impedance byla sestavena aparatura čtyřpárového koaxiálního transformátorového můstku pro nízké hodnoty impedance. Jako součást aparatury byl navržen a realizován oddělovací napájecí transformátor. Byla provedena citlivostní analýza a analýza nejistoty měření. Funkčnost můstku byla otestována měřením na vybraných etalonech AC odporu. Navržený můstek umožňuje zpřesnění poměrových měření nízkých impedancí v oblasti kmitočtů 50 Hz až 5 kHz s nejistotou měření od jednotek po desítky ppm v závislosti na velikosti vedlejší složky impedance a kmitočtu. V oblasti pod 1 Ω jde o řádové snížení nejistot proti měření na RLC můstcích.

Dále byla provedena příprava na porovnání činitele jakosti Q. Byly navrženy dvě metody měření:

pomocí RLC můstků pro nízké hodnoty Q a modifikovaný Q-metr s odečtem z rezonančních křivek pro všechny hodnoty Q. U obou metod byla provedena analýza dosažitelných nejistot měření. V závěru úkolu bylo provedeno samotné porovnání. Čeká se na dokončení měření dalšího účastníka a na výsledky od SNIIM. V případě obdržení kladných výsledků porovnání bude možné snížit kalibrační nejistotu pro kalibrace vedlejší složky impedance na RLC můstcích pro kmitočty do 1 MHz a činitel jakosti do 150. Dle vypočtených nejistot měření ze současných 3,5 až 7,5 % na cca 0,6 až 1,2 %.

V oblasti metrologie elektrického výkonu byl sestaven třífázový vzorkovací wattmetr, vyvinut program pro vzorkování průběhu napětí a proudu až pro tři fáze elektrického výkonu a vyřešeny problémy se synchronizací vzorkovacích karet. Dále byl sestaven rozsáhlý soubor skriptů k výpočtu výsledků měření a nejistot elektrického výkonu.

Etalonáž ss odporu

Cíle úkolu splněny s následujícími výsledky:

Výzkumné práce s oběma polovodičovými strukturami P 579 - 101 a P 686 - 7 z PTB Braunschweig a testovací procedury potvrdily, že nebyly zaznamenány žádné příznaky zhoršení metrologické kvality těchto struktur. Polovodičové struktury jsou vhodné k dalšímu používání jako primární kvantový etalon elektrického odporu.

Vytvoření programu k automatizovanému řízení magnetického pole SM, který umožňuje automatizaci charakterizace vlastností QHR, zejména měření závislosti podélného a příčného odporu kvantové struktury na magnetickém poli.

Realizace QHR a výzkumná měření při přenosu jednotky ss el. odporu z kvantové struktury ($R_H(2)$) na oba referenční etalony odporu Tinsley 1000 Ω (RE 1 a HS) potvrdily při obou experimentech (jaro a podzim) velmi dobrou shodu mezi návazností na kvantový etalon el. odporu a návazností na klasické etalony (referenční a transportní).

Experimentální měření poměru $R_H(2)/TEGAM$ 12,9 k Ω velmi malými proudy potvrdilo, že multimetr FLUKE 8508A může být použit pro základní charakterizaci kvantových struktur na bázi grafenu.

Výsledkem výzkumu časové stability referenčních a transportních etalonů na základě znalosti jejich krátkodobého časového driftu, dlouhodobé historie a experimentálně stanovených tlakových koeficientů bylo stanovení chyb dekadických hodnot poměrů odporu mostu MI 6010 Q v rozsahu 1 Ω ÷ 10 k Ω za účelem přenosu jednotky ss el. odporu na dekadické hodnoty nízkoohmové stupnice.

Výzkum metrologických parametrů při realizaci stupnice vysokoohmových etalonů odporu (100 k Ω ÷ 1 G Ω) prokázal výrazný časový drift etalonů odporu výrobců Tinsley a MI a současně potvrdil dlouhodobou časovou stabilitu ostatních vysokoohmových etalonů odporu. Bylo dosaženo snížení nejistot ve srovnání s předchozími experimenty v roce 2012.

Výzkumná měření s novou automatizovanou měřicí procedurou při realizaci stupnice ultravysokoohmových etalonů odporu (10 G Ω ÷ 100 T Ω) a nová analýza jednotlivých složek nejistot, které ovlivňují měřicí proceduru, přispěly ke zlepšení opakovatelnosti měřicích souborů a ke snížení nejistot všech diskrétních hodnot etalonů ve srovnání s výsledky v předchozích letech.

Rozvoj etalonáže vf el. výkonu a EMC

V roce 2013 byly práce v rámci úkolu zaměřeny na postupné zlepšování parametrů státních etalonů i na rozšiřování a zkvalitňování služeb pro zákazníky.

V rámci rozvoje oboru etalonáže intenzity elektromagnetického byl připraven pracovní postup pro kalibraci smyčkových antén a dalších měřidel reagujících na magnetickou složku pole.

Pro obor etalonáže činitele odrazu a přenosu je velkým přínosem účast v klíčovém porovnání CCEM.RF-K5c.CL.

V oboru etalonáže vf výkonu úspěšně pokračovaly práce zaměřené na významné snížení nejistot v oblasti nižších kmitočtů a rozšíření dynamického rozsahu směrem k nízkým výkonovým úrovním.

V oblasti EMC byla řešena problematika kalibrace přístrojů s kvazivrcholovým detektorem. Těžištěm prací bylo praktické ověření různých metod charakterizace zdrojů kalibračního signálu a jejich porovnání.

Mimo rozsah plánu byl v souvislosti se zjednodušováním stávajících tabulek CMC v databázi KCDB připraven návrh na sloučení některých řádků a úpravu či doplnění příslušných matic s rozsahy a nejistotami.

Rozvoj etalonáže měřicích transformátorů

Úkol byl zaměřen na snížení nejistot v oblasti měřicích transformátorů napětí s využitím indukčních děličů. Byla provedena kalibrace indukčního děliče při vstupním napětí 100 V a frekvenci 50 Hz. Dále navržen a ověřen postup pro kalibraci elektronického děliče napětí resp. měřicích transformátorů napětí s rozsahem 1 kV pomocí indukčních děličů. V systému indukčních děličů bylo navrženo rozšíření napěťového rozsahu do 10 kV.

V oblasti magnetismu byl navržen, realizován a úspěšně testován nový modul proudového zesilovače jako součást zdroje pro elektromagnet Radiopan, což je důležité zařízení pro etalonáž při stejnosměrném magnetickém poli v rozsahu indukce do 2 T. Byly navrženy

a realizovány dva kusy cívkového etalonu pro měření magnetického momentu a dokončena realizace metody měření magnetů v otevřeném magnetickém obvodu.

Byly vyhodnoceny výsledky porovnání EURAMET.EM.RF-S27 v oblasti měření vlastností antén. V návaznosti na výsledky tohoto porovnání budou do konce tohoto roku navržena rozšíření a zlepšení nejistot CMC odd. 8017 ČMI.

III/6/13 Rozvoj etalonáže délky

Primární etalony a interferometry Státního etalonu délky jsou používány pro zajišťování návaznosti sekundárních etalonů jednotky délky – kalibraci průmyslových interferometrů, interferometru pro krátké koncové měřky TESA, vlnoměrů a spektrálních analyzátorů a pro měření délky koncových měrek a přesných čárkových měřítek.

Čtyřletý program vývoje nové elektroniky pro primární etalony vlnové délky a interferometrický komparátor byl úspěšně ukončen realizací elektronik pro všechny v současnosti používané etalony etalony vlnových délek (633nm, 532nm a 1.54μm) a implementací do systému pro kalibraci průmyslových interferometrů, které jsou nejdůležitějším prvkem přenosu návaznosti od státního etalonu do metrologické praxe a průmyslu.

Rozsah etalonu pro optické telekomunikace (1,54μm) byl rozšířen o možnost stabilizace na přechod P(13) acetylénu $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$, který se vyznačuje dobrou shodou se střední frekvencí standardního kanálu ITU č. 46 (194,6 THz - ITU Grid: C-Band, 100 GHz) což usnadní budoucí využití pro charakterizaci vysoce koherentních laserů pro vláknový přenos optický frekvencí.

Byla navržena a v několika předběžných variantách i realizována metoda pro měření korekce mezi mechanickým a optickým (bezkontaktním) měřením délky – metoda Newtonových kroužků. Tato korekce je nejvýznamnějším příspěvkem ke konstantní složce nejistoty měření například koncových měrek, nová metoda může v budoucnu přispět ke snížení této nejistoty nebo umožnit přesnější měření jednotlivých měrek – především v případech kdy není možné použít standardní „stack“ metodu a nebo umožnit náhradu standardní metody měření podle ISO3560 novou bezkontaktní metodou.

III/7/13 Rozvoj etalonáže akustických a kinematických veličin a vibrací

Řešení úkolu sestávalo z 5 částí

1) Analýza metod ověřování taxametrů – měření ujeté dráhy alternativními způsoby

Na základě rozboru různých principů měření ujeté vzdálenosti a i na základě praktických zkoušek různých typů měřidel ujeté dráhy v ČMI vyplývá, že vhodným etalonem při dráhových zkouškách taxametrů při jejich ověřování by byly GPS měřidla, po případě válcové stolice. GPS měřidla rychlosti a ujeté dráhy zajišťují dostatečnou přesnost kalibrace a způsob jejich umístění (montáže) přímo uvnitř zkoušených vozů taxislužby je snadnější a rychlejší než montáž dopplerovských nebo optických měřidel, které vyžadují montáž na vnější část automobilu.

Použití válcové zkušební stolice by mělo velkou výhodu v tom, že zkušební místo může být zastřešeno a tedy nezávislé na nepříznivém počasí (sníh, déšť...).

Závěrem lze doporučit GPS měřidlo DEWETRON typ DEWE-VGPS-200C, které prokázalo, že jím lze měřit dráhu 1000 m přesností lepší než 2 m, což je hodnota vyžadovaná při dráhových zkouškách taxametrů zabudovaných ve vozidlech taxislužby.

2) Analýza a konstrukce systému pro zavedení dvoufázového měření necelých otáček

Generátor dvoufázového signálu je dokončen a byl již použit pro měření pomalých otáček.

3) Tvorba aplikace pro automatizovaný systém měření filtrů zvukoměrů

Měřicí systém je v provozu a již na něm byla uskutečněna praktická měření. Vzhledem k plné automatizaci náběru vzorků je možné provádět velmi podrobná měření těch částí kmitočtové charakteristiky, které vykazují nestandardní parametry a tím odhalit případné problémy s testovaným zařízením. Vyřešení úkolu rozšířilo měřicí možnosti laboratoře akustiky LPM.

4) Akustická analýza nové měřicí zvukové komory při použití kalibračního programu ARTA pro akustická měření mikrofonů, zvukoměrů a reproduktorů ve volném poli

V nové, akustické měřicí komoře byly provedeny úvodní měření a bylo potvrzeno, že ve srovnání s původní, malou akustickou komorou se opakovatelnost výrazně zlepšila a tím se nejistoty měření podstatným způsobem snížily. Měření bylo prováděno jak s měřicím mikrofonom, tak s mikrofonom určeným pro komerční použití. Ukázalo se, že měřicím systémem bude možné měřit také mikrofony, které nebyly deklarované jako měřicí.

5) Zavedení a analýza výsledků při použití kalibračního programu ARTA pro akustická měření mikrofonů a zvukoměrů ve volném poli

Program ARTA byl úspěšně uveden do provozu. S jeho pomocí bude možné provádět akustická měření mikrofonů, zvukoměrů i reprosystémů, případně dalších akustických zařízení.

III/8/13 Rozvoj etalonáže teploty

Hlavní cíle úkolu byly:

- Metrologické zhodnocení vlastností pecí a termostatů nově dodaných do laboratoře
- Vytvoření schématu návaznosti kontaktního měření teploty
- Úprava stávajících kalibračních postupů v návaznosti na nová dodaná zařízení jak v kontaktní, tak v bezkontaktní oblasti
- Úprava nejistot za účelem vyhlášení nových CMC tabulek
- Metrologické zhodnocení upraveného černého tělesa pro podnulové teploty
- Výpočet emisivity jednotlivých černých těles
- Rekalibrace pracovních etalonů
- Údržba a metrologické zhodnocení pecí, lázní a kyvet, které nejsou součástí SET
- Kontrolní porovnání jednotlivých kyvet realizace teplotní stupnice ITS-90.

III/9/13 Rozvoj etalonáže veličin ionizujícího záření

Úkol sestával z 3 částí:

A. Rozvoj etalonáže aktivity radionuklidů

V oboru etalonáže aktivity radioaktivních plynů byla vypracována metoda založená na vážení. Výsledky dříve vypracované metody založené na měření tlaku a teploty se v rámci experimentálních nejistot shodují s novou metodou. Při přípravě jsou používány obě metody a tím je eliminována eventuální hrubá chyba. Základ pro stanovení objemové aktivity slouží metoda založená na vážení. Metoda je popsána v metodických pokynech 911-MP-C002 a 911-MP-C003.

Schopnosti spektrometrické laboratoře byly rozšířeny instalací nového Si(Li) detektoru. Detektor je umístěn ve speciálním stínění a opatřen držákem vzorků ve fixní geometrii.

Bylo optimalizováno zapojení k novému spektrometrickému systému a ověřeny základní parametry linearita, rozlišení a účinnost detekce v oboru energií od 5 do 120 keV.

Byla vyvinuta nová koincidenční aparatura postavená na bázi modulu RIO s programovatelným hradlovým polem (FPGA). Základem hardwaru je modul National Instruments NI PXI 7811R, který výše zmíněné prostředky obsahuje. Architektura programu vychází z použitého vývojového prostředí - LabView 2011 doplněný o LabView FPGA 2011, tedy programy pro FPGA a pro hostitelské PC s OS Windows.

Parametry zařízení se $4\pi\text{NaI(Tl)}$ detektorem byly kromě obvyklých rutinních měření ověřeny dalšími měřeními fotonů o různé energii s použitím nuklidů, jejichž aktivita byla stanovena koincidenčně. Získané údaje byly použity pro měření nuklidu ^{109}Cd a byla připravena ampule pro zaslání do systému SIR.

Nová metodika přípravy vzorků o vyšší účinnosti pro měření nuklidů ^{134}Cs a ^{137}Cs zahrnuje přidání kyseliny pikrové, tento postup přinesl pouze mírné zvýšení účinnosti. Měření pomocí digitální koincidence přinesla drobnou změnu v nastavení, obě tyto změny přispěly ke zpřesnění měření a analýze zdrojů nejistot.

B. Rozvoj etalonů expozice, dávky a kermy a etalonu absorbované dávky ve vodě

Řešení úkolu bylo v roce 2013 zaměřeno na rozvoj státních etalonů kermy ve vzduchu a absorbované dávky ve vodě. V průběhu řešení úkolu byl vypracován výpočetní model nově instalovaného Mo/Mo rentgenu pro mamografické kvality v kódu MCNPX a softwarové a hardwarové prostředky, umožňující sběr dat z elektrometrů Keithley v perspektivním prostředí LabView.

C. Etalonáž dozimetrických veličin směsných polí neutronů a fotonů

V roce 2013 byly stanoveny emise radionuklidových zdrojů neutronů ^{252}Cf a Am-Be v méně obvyklých pouzdrech, aby byly rozšířeny možnosti měření relativní metodou. Bonnerovým spektrometrem byla změřena řada spekter fotoneutronů při různých nastaveních kolimačních clon radioterapeutických lineárních urychlovačů Varian Clinac 2100 C/D a Siemens ARTISTE.

III/10/13 Rozvoj etalonáže fotometrických a radiometrických veličin

Předmětný úkol PRM 2013 je součástí dlouhodobého projektu zajištění metrologické návaznosti radiometrických a fotometrických veličin v ČMI. Obecně je jeho úspěšné řešení významným krokem ve směru kvalitního zajištění primární kalibrace optických veličin v ČMI a kvalitního zajištění metrologické návaznosti pro průmysl, vědu a veřejný sektor. Významným způsobem přispívá k dosažení CMC základních radiometrických veličin ČMI na špičkové světové úrovni a k jejich udržení.

V uplynulém období byly splněny všechny stanovené úkoly.

V první etapě řešení úkolu byla úspěšně realizována nová sada přenosových etalonových filtrů kolmé spektrální propustnosti ve spektrální oblasti (250 – 1000) nm, včetně charakterizace spektrálně distribuované plošné homogenity. Nová sada přenosových etalonů umožní ČMI zkvalitnit zajišťovanou metrologickou návaznost, což se okamžitě promítne do řady oblastí českého průmyslu (automobilový, letecký, chemický a potravinářský) a do zdravotnictví. Povede také k podpoře a zpřesnění již existujících CMC ČMI v této veličině.

Uvedením systému zrcadlového gonio-spektro-fotometru do provozu a zpracováním prvních výsledků měření byl splněn další hlavní cíl úkolu. Na základě nově získaných zkušeností byla přepracována a vhodně doplněna metodika měření (818-MP-C014).

Dále byl splněn i třetí hlavní cíl úkolu. Byl vypracován návrh schématu zajištění metrologické návaznosti laserové radiometrie v ČMI ve spektrálním rozsahu 220 nm až 10 000 nm a výkonovém rozsahu do 100 W v kontinuálním a pulsním režimu. Přenosové etalony budou realizovány vlastním vývojem a z vlastních zdrojů ČMI s minimálními požadavky na investice a sekundární etalonáž bude efektivně realizovaná formou investičního pořízení v budoucnosti vybraných optimálních měřících systémů, dosahujících požadované parametry.

Část kapacity na řešení úkolu byla věnována rozvoji sekundární etalonáže radiometrických a fotometrických veličin. Výsledky jsou dokladovány kalibračními listy sekundárních etalonů.

III/11/13 Rozvoj etalonáže průtoku a objemu plynu

Obecně výsledky úkolu vedly k získání důležitých podkladů pro další rozvoj oboru zkoušení membránových plynoměrů, „smart“ plynoměrů, k rozvoji zkoušení v oboru přepočítávačů množství plynu, k prověření metrologických vlastností zkušebního zařízení, k prokázání kvality měření a k zachování či rozvoji služeb ČMI v oboru průtoku a objemu plynu.

ČMI dosud nebyl schopen provádět posouzení shody membránových plynoměrů podle postupu B z nařízení vlády č.464/2005 Sb., protože se v ČR na začátku roku 2013

nenacházela funkční zkušební stanice s teplotně vlhkostní komorou. Proto bylo v rámci úkolu zprovozněno a uvedeno do chodu příslušné zařízení. Teplotně vlhkostní komoru bude možné využít i při budoucích schvalováních typu přepočítávačů množství plynu a jiných druhů plynoměrů, například plynoměrů s mechanickou teplotní kompenzací nebo „smart“ plynoměrů. V rámci úkolu bylo prakticky zakončeno zavedení zkoušek všech membránových plynoměrů. ČMI je tak nyní schopna provádět posuzování shody všech druhů plynoměrů včetně smart plynoměrů.

V rámci úkolu byl vybrán, pro zrychlení zkoušek přepočítávačů množství plynu oddělení 5012 na OI ČMI Pardubice, ke stávajícímu vybavení *Beamex MC6* další regulátor tlaku *Beamex POC6* s automatickou regulací tlaku.

Dále bylo v rámci tohoto úkolu PRM 2013 provedeno mezilaboratorního porovnání mezi zkušební stanicí pro plynoměry P1 a PTB. Získané pozitivní a vyhovující výsledky z tohoto porovnání potvrdily metrologickou kvalitu daných zařízení a bude možné je využít při potvrzování CMC v rámci MRA. Zkušební stanice P1 (SONICAL SN1000), kterou vlastní ČMI, je uvedena v databázi BIPM na <http://kcdb.bipm.org/> v položce *appendix C, Mass and related quantities, Fluid flow*.

III/21/13 Zabezpečení etalonáže v oblasti fyzikální chemie

Úkol sestával z 3 částí:

1. Příprava a účast na klíčovém porovnání měření pH tetraboritanového tlumivého roztoku APMP.QM-K19, APMP comparaison on pH measurement of borate buffer byl splněn beze zbytku. Byly připraveny referenční elektrody argento-chloridové Ag/AgCl a vodíkové elektrody. Dále byla změněna výpočetní technika a vyřešen problém s ovládacími programy. Změna byla validována porovnáním změřených potenciálů standardních elektrod při stejných podmínkách měření před změnou a po změně. Po obdržení dvou vzorků pufrů byly provedeny měření aciditní funkce při teplotách (15; 25 a 37) °C. Byly vypočteny nejistoty měření a vypracována zpráva z měření s výsledky a nejistotami měření, která byla zaslána organizátorovi porovnání NIMJ. Zatím nebyla zaslána organizátorem zpráva s vyhodnocením porovnání.

2. Příprava a účast na porovnání EURAMET Study 1271 Electrolytic conductivity at pure water level, byl splněn beze zbytku. Byly připraveny roztoky o nízkých vodivostech (1; 5; 10 a 20) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, které z důvodu zamezení znečištění oxidem uhličitým, byly připraveny ze směsi 30 % hm. 1-propanolu a 70 % hm. vody. Tyto roztoky byly změřeny na primárním etalonu elektrolytické konduktivity s frekvenční závislostí. Při vyhodnocování hodnot el. konduktivity byla použita impedanční spektroskopie. Roztoky byly použity na kalibraci pracovního etalonu Mettler Toledo InPro 7001, který byl zaslán na porovnání do laboratoře PTB. Zpráva z porovnání bude během ledna 2014. Zařízení ostatních účastníků porovnání (PTB, DFN a SP) bylo na úrovni primárních etalonů, vybudovaných těmito NIM, kdežto zařízení ČMI je na úrovni pracovního etalonu. Doporučuje se v dalších letech vybudovat průtočný primární etalon na měření nízkých vodivostí včetně vzduchového termostatu.

3. Byla vypracována rešerše na stanovení iontů oxidačně redukčními titracemi a vybrán dodavatel referenčních materiálů a ostatních chemikálií potřebných ke stanovení měďnatých iontů. Byla vypracována metodika na stanovení látkového množství měďnatých iontů v roztoku RM. Byly připraveny a certifikovány RM měďnatých iontů.

III/22/13 Rozvoj primární metrologie průtoku kapalin

Splněné hlavní cíle řešení úkolu byly:

Budování tažné tratě pro kalibrace anemometrů při nízkých rychlostech.

Příprava na vyhlášení státního etalonu rychlosti proudění vzduchu.

Řešení odvodu teplého vzduchu z chladicího systému tunelu ven z budovy.

Dořešení instalace ovládacích prvků v odhlučněné místnosti.
Zkoušky vlivu zakuřování na chybu termálních a Prandtlových anemometrů.

III/24/13 Rozvoj etalonáže vlhkosti pevných látek a kvalitativních ukazatelů obilovin

V rámci řešení úkolu byla provedena aktualizace metrologické návaznosti hmotnosti – kalibrace vah v měsíci květnu 2013. Laboratoř se 8x účastnila MPZ BIPEA v okruhu 01 – pšenice potravinářská a v okruhu 09 – vlhkost obilovin a olejnin a okruhu 10 – olejnatá semena. Přičemž se laboratoř ještě 1x zúčastní MPZ BIPEA v měsíci listopadu roku 2013. Laboratoř se úspěšně zúčastnila 2x MPZ se Službami legální metrologie SR, pracoviště Bánská Bystrica – na vlhkost dřeva (červenec 2013) a na vlhkosti obilovin a olejnin (srpen 2013). Zároveň byly stanoveny optimální teploty sušení pro vybrané druhy plastů a byla vytvořena tabulka optimálních teplot sušení. Na závěr byla provedena optimalizace metody stanovení obsahu vody v plastech a na základě toho vytvořena metodika pro kalibraci vlhkoměrů na plasty.

IV/1/13 Rozvoj metrologie plyných směsí

V rámci úkolu bylo vybudováno pracoviště ČMI OI Praha pro kontrolu kvality vstupních surovin použitých při gravimetrické přípravě plyných směsí.

Byl vypracován postup pro gravimetrickou přípravu plyných směsí s obsahem sirných složek a provedeno kontrolní měření RM s obsahem sirných složek.

Dále provedeno porovnání na OI Praha gravimetricky připravených RM s obsahem sirných složek s komerčně dodávanými RM a provedeno dlouhodobé sledování stability RM s obsahem sirných složek.

Gravimetricky připraveny plyné směsi (etanol / N₂) pro oblast využití v oboru AAD, resp. pro recertifikace sekundárních CRM.

Na GC HP 5890 II / FID bylo provedeno experimentální měření RM vyrobených 2012 a 2013. Totéž na THC analyzeru Ratfisch RS 53-T / FID - exp. měření RM vyrobených 2012 a 2013.

Dále validace RM (etanol / N₂) vyrobených v 2013 na RM vyrobené 2012 a provedena gravimetrická příprava úkolem PRM 2013 požadovaných plyných směsí (etanol/interferující látka/N₂) pro oblast využití v oboru AAD.

Součástí řešení úkolu bylo rovněž dlouhodobé sledování vlivu interferujících látek u vybraných stanovených měřidel AAD.

V/1/13 Metrologický dozor

Na základě výsledků realizovaného státního metrologického dozoru lze konstatovat, že věcné plnění je v souladu se zadáním úkolu a stanovenými cíli.

Zjištění metrologického dozoru dokladují stav metrologického pořádku u jednotlivých skupin subjektů a výrazně přispívají ke zvýšení právního vědomí u prověřovaných subjektů. Mimo operativního řešení zjištěných nedostatků znamenají dozorové akce i významnou osvětu zejména u uživatelů stanovených měřidel (zdravotnictví, silniční cisterny, čerpací stanice).

Nežádoucím stavem v této oblasti dozoru je skutečnost, že plánované prostředky nedovolují vyčlenit tolik kapacity, aby každé autorizované metrologické středisko bylo prověřeno alespoň 1x ročně.

Rovněž u ostatních skupin subjektů by bylo žádoucí rozšíření počtu dozorových akcí pro plošné prověření stavu metrologického pořádku.

Stav metrologického pořádku v prověřovaných oblastech lze s výjimkou zdravotnictví hodnotit jako uspokojivý, s občasným výskytem nedostatků.

Ze zhodnocení výsledků státního metrologického dozoru lze ke zvýšení účinnosti a zlepšení stavu doporučit následující opatření:

- udržet trvalou pozornost na oblast zdravotnictví a na ověřování vah, krevních i očních tonometrů,
- v příštím roce zvýšit kapacitu na dozor v oblasti zdravotnictví i distribuci v celé ČR prováděném krom ÚLM hlavně také pracovníky všech VOJ ČMI,
- nadále udržovat spolupráci s celní správou potřebnou k vykonání dozoru silničních cisteren na pozemních komunikacích,
- metrologický dozor v autorizovaných metrologických střediscích orientovat na ty subjekty, kde není jiná možnost kontroly správnosti výkonu autorizace (např. účast v mezilaboratorním porovnávání, prověřování způsobilosti v souvislosti s požadavkem na vystavení „osvědčení“).

VI/1/13 Zabezpečení mezinárodní metrologické spolupráce v rámci BIPM, OIML, EUROMET a WELMEC

Český metrologický institut splnil ve sledované části r. 2013 všechny úkoly vyplývající ze zabezpečení mezinárodní metrologické spolupráce.

Značný věcný, odborný i společenský význam mají také akce, které mezinárodní spolupráci doplňují, resp. realizují na domácí půdě – v r. 2013 šlo o zasedání WELMEC WG 8, EURAMET TC-T, EURAMET TC-AUV, EURAMET TC-IR a projekt TAIEX (ÚNMZ – Turecko na taxametry). Tyto svým způsobem prestižní akce usnadňují konkrétní zapojení do mezinárodní spolupráce, přispívají k prestiži ČR v zahraničí a k rozšíření služeb ČMI v zahraničí a jsou přínosem k vytváření vzájemné důvěry metrologických institucí.

Mimo základní význam mezinárodní spolupráce spočívající v nezbytném zastupování v příslušných organizacích, prezentace stanovisek a podílu na přípravě rozhodnutí, dokumentů a doporučení lze v r. 2013 vyzdvihnout následující specifické přínosy:

- obecně se daří v rámci mezinárodních akcí stále získávat důležité informace, prezentace apod., které jsou následně ČMI využívány k přenosu informací do české metrologické komunity a k dalšímu technickému rozvoji jednotlivých oborů měření;
- v poslední době existuje tlak ze strany vlády ČR ne redukce dotací určitých činností ze státního rozpočtu, což se týká též nákladů spojených s činností mezinárodních organizací metrologie – i aktivním přístupem zástupců ČR se daří dosahovat dílčích úspor: snížení členských příspěvků v OIML o 3 % až do r. 2016, o snížení příspěvku na sekretariát WELMEC o 5 % se bude jednat příští rok, racionalizace cest na TC EURAMETu – snížení o ca 100 000 Kč;
- Metrická konvence/BIPM: konstrukce etalonového vybavení pro kalibraci mamografických rentgenů a LINACů byla ve spolupráci s BIPM a LNE-LNHB Francie úspěšně ukončena na konci r. 2012, v r. 2013 bude uvedeno do plného provozu (ozařování pacientů s nádorovými onemocněními začíná nabývat na stále větším významu – zvýšení přesnosti měření těchto svazků má přímý vliv na zachování zdravých tkání);
- Metrická konvence/BIPM: na ČMI IIZ se obrátili pracovníci Protonového centra v Praze s žádostí o proměření polí neutronů – cyklotron zde generuje svazek protonů o energii 230 MeV. V současnosti ČMI IIZ nedisponuje adekvátním měřicím zařízením (nad 20 MeV) – tímto zařízením však disponuje SMÚ SR, Ing. Dobrovodský, který je připraven toto měření provést. Vedení ČMI tuto situaci monitoruje - počet protonových center v okolních zemích narůstá (mělo by být 1 na 5 mil. obyvatel), podle potřeb je možné k tomu navrhnout úkol EMRP a pořídit k tomu potřebné vybavení (Bonnerův spektrometr, řádově jednotky milionů Kč). M. Králík na zasedání CCRI(III) neuspěl se získáním doporučení v této věci na světové (evropské) úrovni.
- DUNAMET: jsou zde získávány aktuální informace o vývoji v oblasti metrologie v sousedních zemích, které mají společnou historii, a vytváří se zde platforma o operativním zajišťování porovnání v netradičních oblastech (legální metrologie – chystá

se porovnání AAD a mostových vah). V Chorvatsku se podařilo nalézt partnery pro porovnání v oblasti tvrdosti a drsnosti, kde je to výhodné i pro ČMI pro systém managementu kvality;

- EURAMET – kvalita: EURAMET je zde stále pod tlakem ostatních RMO, zejména APMP, zda se u institutů s vlastním prohlášením dělá dost pro monitorování systémů managementu kvality (např. na zasedání JCRB v březnu 2013). Generálnímu řediteli ČMI jako současnému předsedovi TC-Q se podařilo dotáhnout všechny instituty pod CIPM MRA do stavu, kdy jsou všechny přikryty externím posuzování na místě; je schopen takové útoky snadno odvracet.
- EA LC wg ILC for calibration: na základě průběhu jednání lze konstatovat, že nebyť aktivní přímé účasti zástupkyně ČIA/ČMI nepodařilo by se získat žádné z nabízených porovnání pro ČMI – nakonec ČMI byla přidělena 3 evropská porovnání s celkovým odhadovaným příjmem pro ČMI ve výši až 20 - 30 000 EUR v r. 2014.

VIII/9/13 Vysokorychlostní AFM měření

V rámci úkolu byly vyvinuty mechanické, elektronické a softwarové prvky umožňující ve spolupráci s Universitou v Bristolu zkonstruovat vysokorychlostní měřicí systém umožňující měření pomocí metod rastrovací sondové mikroskopie (SPM) na velkých plochách a s metrologickou návazností na státní etalony.

V první etapě řešení byla ve spolupráci s Univerzitou v Bristolu upravena nová verze vysokorychlostního scanneru pro účely montáže na zařízení ČMI a byly vyvinuty a otestovány mechanické a elektronické prvky pro vysokorychlostní SPM.

Dále byly řešeny otázky software pro řízení experimentu a zpracování dat.

V druhé etapě řešení byly dokončeny prvky potřebné ke kompletaci celého experimentu, dokončeno software pro měření a zpracování dat a provedeny první experimenty.

VIII/11/13 Využití přesných artefaktů ke zvýšení přesnosti měření na souřadnicových měřicích strojích

Cílem úkolu bylo shromáždění souboru velmi přesných artefaktů, dále navržení a výrobu nových a jejich kalibrace.

Dále bylo vhodnou metodou, (substituční) spolu s filtrací dat dosaženo podstatného snížení nejistoty měření, v mnoha případech překračující navrženou hranici 20 %.

Dalším úkolem bylo provést alespoň jednu zkoušku mezi ČMI a zákazníkem, při které by byl využit artefakt obecného tvaru.

Zákazník ZF Engineering Plzeň se strojem LK požádal LPM o mezi laboratorní zkoušku, která by byla podkladem k udělení akreditace pro provádění 3D kalibrací. U tohoto porovnání požadoval zákazník vyhodnocení kritéria En. Byly proto porovnávány jednotlivé naměřené rozměry na zvolené síti.

Protože porovnávání těles a artefaktů obecných tvarů nabývá v poslední době na důležitosti, provedlo se navíc oproti plánu i porovnání artefaktů ČMI 1 a ČMI 2 (Omega). Porovnání se provedlo mezi ČMI na stroji SIP, Werth a Faro a dále byl porovnán výsledek s měřením bílým světlem na stroji Werth, přímo ve výrobním závodě WERTH, Giessen, SRN. Při vyhodnocení těchto porovnání se využilo barevného znázornění odchylek tvaru od CAD modelu a v tabulce se pak vyjádřily číselné hodnoty. Všechna měření mají nejistotu o něco větší než je 1µm, což pro tato náročná měření obecných ploch je velmi dobrý výsledek. Tato mezi laboratorní měření lze považovat ze všech letošních experimentálních prací jako nejdůležitější a nejaktuálnější.

Z teoretických prací letošního úkolu lze vyzdvihnout odvození unikátní metody vyhodnocení měření koule. Mrak naměřených bodů na kouli byl vyhodnocen pomocí b-spline plochy. Tuto metodu, která vede mj. ke snížení odchyly tvaru, lze použít i pro jiná tělesa.

VIII/14/13 Rozvoj metod a zařízení na interferometrickou etalonáž

V rámci řešeného úkolu byla provedena příprava a seřízení interferometru NPL TESA před klíčovými porovnáními měření koncových měrek.

Dále bylo prováděno měření v rámci tohoto porovnání (CCL-K1.2011), porovnávání bylo vyhodnoceno a výsledky odeslány pilotní laboratoři.

Bylo provedeno další měření v rámci porovnání výsledků s bezkontaktním přístrojem na měření koncových měrek, který vyvinul ÚPT Brno a porovnány výsledky měření. V návaznosti na rok 2012 byl rozšířen výzkum ztráty fáze laseru na základní desky interferometru, které nebyly minulý rok do měření zahrnuty.

VIII/17/13 Experimentální zkoušky pro zjištění dodržení MPE vodoměrů při skokově přerušovaném průtoku

Úkol sestával z výběru různých čtyř typů vodoměrů, experimentálního měření při simulaci různých tří programů provozních podmínek a analýzy výsledků měření. Byl řešen na podnět spotřebitelů - uživatelů bytových vodoměrů, kteří poukazovali na změnu metrologických parametrů při používání vodoměrů za běžných provozních podmínek. Z těchto podmínek bylo v rámci projektu simulováno náhodné otevírání a zavírání baterií na vodu (hlavně pákových) a pouštění různých průtoků.

Při zkouškách, prováděných při typovém schvalování vodoměrů, jsou předepsány a vykonávány všechny zkoušky v souladu s harmonizovanými normami, které však neobsahují zkoušku náhodného zastavení průtoku nebo změny průtoku.

Měření byla vykonána na etalonážním zařízení oddělení primární metrologie průtoku ČMI pomocí simulačního zařízení, které bylo přizpůsobeno těmto zkouškám.

Relativní chyby jednotlivých typů vodoměrů (objemový, jednotokový, vícevokový, ultrazvukový) při stanovení charakteristik měřidel a při zkouškách podle jednotlivých programů byly vyhodnoceny ve vztahu k dodržení MPE vodoměrů.

Závěrem je možné konstatovat, že ze čtyř zkoušených vodoměrů prošel zkouškami skokových změn podle jednotlivých programů popsaných v tomto projektu pouze objemový vodoměr.

B) Úkoly řešené ostatními subjekty

Řešitel

II/2/13 Uchovávání státního etalonu času a frekvence

ÚFE AV ČR

Výsledky řešení úkolu:

Aproximace sekundy TAI s rozšířenou relativní nejistotou $6 \cdot 10^{-14}$ v průměrovacím intervalu 1 den.

Realizace UTC(TP) s rozšířenou nejistotou 42 ns vůči UTC v predikčním intervalu 20 dnů.

Měření diferencí UTC(TP) – AT(c) a jejich analýza. Měření UTC(TP) – T(GPS) ve formátech CGGTTS, P3 a RINEX.

Analýza vybraných diferencí UTC(TP) – UTC(k) získaných metodou společných pozorování GPS.

Distribuce UTC(TP) v internetu prostřednictvím serverů NTP a TSA. Rekalibrace oscilátorů BVA 5 MHz a základních měřicích systémů laboratoře.

Na časovou stupnici UTC(TP) se navazují veškerá měření a kalibrace času a frekvence prováděné v ČR. NTP servery řízené vůči UTC(TP) zajišťují synchronizaci ČR v počítačových sítích. Ve spolupráci s BIPM jsou prostřednictvím UTC(TP) navazovány troje cesiové hodiny operující v ČR, které tak přispívají k vytváření mezinárodní atomové stupnice TAI (resp. UTC).

II/3/13 Uchovávání státního etalonu velkých délek ECM 110-13/08-041

VÚGTK

Hlavní cíle úkolu uchovávání státního etalonu velkých délek (geodetická základna Košnice a dálkoměr Leica TCA 2003) a laser trackeru AT 401 (CMM) v roce 2013 byly především kalibrace základny pomocí laser trackeru AT 401, systematizovaná měření dílčích úseků etalonu a vypracování dokumentace pro doplnění kompletu etalonu o AT 401.

V současné době je SE složen z kompletu 12 stabilizovaných pilířů s nucenou centrací (pilíře jsou vybaveny pevným šroubem pro uchycení příslušných podložek pro ustavení přístrojů) a totální stanicí Leica TCA 2003, pomocí které je prováděna kontrola délkových parametrů SE a vlastní metrologická návaznost SE.

Vzhledem k přesnosti nového přístroje Leica AT 401 je dán návrh, na základě prokázání výhody využití tohoto zařízení na SE, na jeho doplnění do kompletu SE.

II/4/13 Uchovávání státního etalonu tíhového zrychlení ECM 120-3/08-040

VÚGTK

Základním cílem úkolu bylo uchovávání metrologických vlastností státního etalonu tíhového zrychlení (ECM 120-3/08-040), kterým je absolutní balistický gravimetr FG5 č. 215. Vysoká kvalita etalonu byla prokázána v mezinárodním kontextu na předchozích porovnávacích měřeních. Úkol v roce 2013 se skládal z následujících dílčích cílů, částečně zaměřených i k rozvoji státního etalonu

Byly to:

- účast na CIPM klíčovém porovnání ve Walferdange v roce 2013,
- stanovení difrakční korekce státního etalonu,
- aktualizovaný rozpočet nejistot.

III/13/13 Rozvoj etalonáže času a frekvence

ÚFE AV ČR

Všechny cíle úkolu byly splněny. Byla realizována měřicí aparatura pro příjem a zpracování signálů GLONASS a ověřena její funkce.

Na základě výsledků experimentálních měření je možné konstatovat, že měřicí aparatura pro porovnání časových stupnic etalonů času a frekvence prostřednictvím globálního družicového navigačního systému GLONASS instalovaná v LSEČF pracuje podle očekávání a na její činnosti nebyly shledány žádné nedostatky.

Dále se realizoval nový měřicí systém, navržený tak, aby umožnil automatizované zpracování naměřených dat a odesílání výsledků do BIPM na denní bázi.

III/14/13 Sestavení primárního skupinového etalonu MFF UK
vakuových veličin v oboru HV a UHV s cílem vyhlášení státním etalonem

Vyvíjený přístroj je realizován na špičkové úrovni ve srovnání se světovým stavem. Využívá originální koncepce přímo stlačovaného měchovce, kterou doplňuje o stabilizaci vnějšího tlaku a půjde o jednu z prvních konstrukcí primárního průtokoměru konstantního tlaku s reduktorem objemu odplyňovatelným za zvýšené teploty.

Primární průtokoměr konstantního tlaku s vypékateľným reduktorem objemu představuje špičkový metrologický přístroj – standard malého proudu plynu a základ standardu malé plynové netěsnosti. V kombinaci s dalšími aparaturami sestavy zvyšuje kapacitu primárních kalibračních úkonů v oblasti metrologie vakua. Celá sestava, jejíž je primární průtokoměr součástí, představuje unikátní primární etalon velmi vysokého vakua, jehož vyvinutím se ČMI zařazuje mezi nejprestižnější metrologické instituty zabývající se metrologií tlaku a vakua.

Celkovým výsledkem řešením úkolu je funkční vakuová aparatura průtokoměru umožňující evakuování jednotlivých částí, odplynění části pro generování nejmenších proudů za zvýšené teploty, plnění jednotlivých částí kalibračním plynem a stabilizaci jeho tlaku, generování konstantního proudu plynu nastavitelného v rozmezí několika řádů.

V roce 2013 v rámci řešení úkolu:

Byly navrženy a úspěšně zrealizovány konstrukční úpravy průtokoměru, které zajišťují bezproblémovou manipulaci s díly průtokoměru během odplyňování reduktorů objemu za zvýšené teploty.

Byla navržena metoda kalibrace změn objemů měchovců průtokoměru.

Systém průtokoměru byl doplněn o potřebné komponenty, které mají být začleněny do automatického měřicího systému během kalibrací. Byly vyvinuty podprogramy pro tyto komponenty a bylo připraveno programové řízení kalibrace měchovců.

Byl proveden návrh a konstrukce měřicího zařízení pro kalibraci reduktorů objemu použitých v průtokoměru a vyřešena technická realizace návaznosti měření časových intervalů na primární etalon času.

Dále byla připravena příslušná část podkladů (sopsis a fyzické shromáždění dokumentace k jednotlivým komponentám sestavy průtokoměrů) pro budoucí vyhlášení sestavy etalonů státním etalonem.

V jeho rámci byla provedena kalibrační měření reduktorů objemu obou průtokoměrů a proveden návrh výpočetního postupu stanovení kalibračních polí pro jednotlivé reduktory.

Tato kalibrační pole pro oba reduktory objemu byla vyhodnocena.

Výsledkem řešení jsou kalibrační pole změn objemů obou reduktorů objemu v závislosti na stupni stlačení a použitém přetlaku.

Kalibrační pole jsou navázána na etalon délky a přenosem na etalony pro vyšší tlaky.

Celkovým výsledkem řešení je možnost absolutního určení generovaného proudu plynu takto kalibrovanou sestavou průtokoměrů v rozsazích $10^{-2} - 10^{-5}$ a $10^{-4} - 10^{-7}$ Pa·m³·s⁻¹.

III/15/13 Mnohooťvorová clona typu NPL pro metrologii vakua MFF UK

Náplní úkolu bylo zvolenými technologiemi výroby vyrobit prototypy přesných mnohooťvorových clon s malými otvory, jejichž vakuovou vodivost je možno určit z geometrických rozměrů. Zároveň byly připraveny mnohooťvorové clony s otvory takových rozměrů, že je zachováno molekulární proudění do tlaků jednotek až desítek Pa. Kombinace obou typů clon umožní konstrukci primárního etalonu vakua na principu dynamické expanze v rozsahu $10^{-2} - 10^2$ Pa.

III/16/13 Impedanční komparátory

FEL ČVUT

V první etapě řešení úkolu byl po rešerši příslušné literatury proveden rozbor různých možností využití uvedených měřičů při postupném navazování etalonů elektrické impedance. Konkrétně se jednalo jednak o navazování 1:1 substituční metodou, jednak o navazování $k:1$ s eliminací vlivu nelinearity měřiče použitím přídavných indukčních poměrových prvků. Při simultánním navazování kapacitních etalonů jmenovitých hodnot 10 pF, 100 pF a 1000 pF byl testován systém vytvořený z měřiče LCR Agilent 4284A, napěťového transformátoru s převodem 1:1 a osmidekadového indukčního děliče napětí NL Engineering PR1.

Ve druhé etapě řešení úkolu byl pro navazování etalonů vlastní indukčnosti s různými jmenovitými hodnotami realizován systém tvořený měřičem Agilent 4284A a dvěma děliči NL Engineering PR1. Systém byl použit při vzájemném porovnávání etalonů vlastní indukčnosti GenRad 1482-E (1 mH), 1482-H (10 mH) a 1482-L (100 mH). Tyto etalony, které jsou třísvorkové, bylo třeba v této souvislosti vybavit adaptory pro čtyřpárové připojení.

VII/1/13 Zpracování nových kalibračních postupů

ČMS

V rámci úkolu byly zpracovány nové kalibrační postupy pro měřidla:

- Mikrometrický hloubkoměr
- Úhlové měrky
- Pevné odpichy
- Tracker (mobilní měřicí systém)
- Bimetalové teploměry
- Výškové mikrometry
- Termokamery
- Digitální anemometry

VII/2/13 Revize vydaných kalibračních postupů

ČMS

V rámci řešení úkolu byly revidovány postupy pro následující skupiny měřidel:

- Mikrokátorová hlavice
- Kuželové kalibry
- Nožové úhelníky
- Tlakové teploměry
- Skleněné teploměry pro viskozimetrii
- Vrcholové a univerzální voltmetry
- Analogový střídavý wattmetr
- Mechanické stopky
- Příměrné desky
- Přístroje pro měření kruhovitosti
- Měřicí mikroskop
- Měřicí přípravky
- Měřicí stroj portálový
- Nastavovací kroužky

VII/4/13 Optimalizace využití mezilaboratorních porovnaní zkoušek (MPZ) v akreditovaných kalibračních laboratořích (AKL)

ČIA

Na základě provedeného rozboru akreditovaných laboratoří a na základě náročnosti provedení optimálního vypracování harmonogramu provádění zkoušení způsobilosti, byly vybrány 4 obory měření, u kterých byl proveden podrobný rozbor. Jednalo se o tyto obory: geometrické veličiny, tlak, teplota a elektrické veličiny. Obdobným způsobem bude vhodné přistupovat i k dalším oborům.

Dále byla vybrána hodnotící kritéria pro optimální a vypovídající tvorbu harmonogramu provádění zkoušek způsobilosti a zpracován konkrétní příklad vytvoření plánu zkoušení způsobilosti na období 5ti let.

Závěry úkolu byly zapracovány do návrhu změny MPA 30-02-12.

VII/5/13 Zavedení služby „Akreditace výrobců referenčních materiálů“ do akreditačního systému ČR ČIA

Základním cílem úkolu bylo zavedení akreditace producentů referenčních materiálů dle ISO Guide 34:2009 do akreditačního systému České republiky dle postupů Českého institutu pro akreditaci, o.p.s. tak, aby postup splňoval požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17011.

Tato akreditace zkvalitní činnost producentů referenčních materiálů v České republice a bude přínosem zejména pro metrologii v chemii.

Řešení úkolu proběhlo dle navrženého postupu:

1. Byla provedena literární rešerše k zadané problematice, která prošla průběžnou oponenturou včetně struktury připravované metodiky.
2. Byla vytvořena metodika pro akreditaci výrobců referenčních materiálů a potřebné formuláře pro žádost o udělení akreditace výrobce referenčních materiálů a zahájení řízení. Dokument také obsahuje informace o tom, jak definovat rozsah akreditace výrobců RM. Metodika vyhovuje požadavkům ILAC- G 12:2000 (11). Formuláře vyhovují procesním požadavkům pro akreditaci subjektů posuzování shody.

VII/8/13 Návrh pravidel pro určení rozsahu měření a hodnot CMC v případě použití náhradní zátěže při kalibracích vah s neautomatickou činností ČKS

Cílem úkolu bylo stanovení závislosti podílu náhradní zátěže na velikosti celkové nejistoty a návrh pravidel pro stanovení rozsahu měření a hodnot CMC při akreditovaných kalibracích vah s neautomatickou činností v případě využití náhradní zátěže. Tyto dosažené cíle jsou podpořeny a ověřeny praktickým měřením.

VIII/1/13 Metody měření parametrů časových základů digitalizátorů spojitých signálů s vysokým rozlišením FEL ČVUT

Výsledkem řešení úkolu Programu rozvoje metrologie 2013 č. VIII/1/13 je rozbor metod pro stanovení parametrů časových základů reálných digitalizátorů, návrh automatizovaného systému pro tato měření, vývoj programového vybavení, inovace měřicího systému pro měření fázového šumu velmi nízké úrovně a návrh metodiky (pracovního postupu) pro určení relativní frekvenční odchylky (příp. stability frekvence) časových základů digitalizátorů, které nemají vyveden signál časové základny na externí výstup.

V první etapě řešení úkolu se podařilo navrhnout a realizovat obvody nutné pro systém měření fázového šumu a ověřit základní funkce obou měřicích systémů.

Ve druhé etapě byl dokončen návrh potřebného programového vybavení, realizována měření na vybraných typech PXI a LXI digitalizátorů a číslicových osciloskopů.

Výsledky praktických měření potvrdily použitelnost a správnost navržených metod. Na jejich základě byla navržena metodika kalibrace s konkrétními postupy a algoritmy.

VIII/3/13 Kvalitativní zkoušky nových syntetických drog Axys Varilab
Předmětem úkolu bylo jednak rozšíření validace metody stanovení nových drog na bázi substituovaných katinonů o stanovení drog na bázi piperazinů a dalším okruhem bylo získání analytických charakteristik nových syntetických cannabinoidů, a to látek s označením XLR-11, AKB-48 a 5-fluoro-AKB-48.

VIII/6/13 Dělič pro přesné měření impulsních napětí do 100 kV FEL ČVUT

V úvodní části úkolu byla provedena rešerše dostupné literatury, která se zabývá problematikou vysokonapěťových impulzních děličů. Na základě rozboru výsledků rešerše bylo navrženo řešení, jehož první částí je návrh a realizace odporového impulzního děliče. Vysokonapěťová část děliče byla realizována pomocí odporového drátu bifilárně uloženého ve speciální tkanině. Ten je tvořen několika tenkými stočenými odporovými vodiči pro snížení vlivu elektrického povrchového jevu. Nízkonapěťová část děliče je tvořena paralelní kombinací SMD rezistorů, což zajišťuje jejich minimální frekvenční závislost. Výsledky ověření vlastností tohoto děliče vykazují jeho použitelnost do frekvence 1 MHz. Při použití tohoto děliče je však problematické stanovení jeho teplotní závislosti poměru odporů, jejich dlouhodobé stability a frekvenční závislosti.

Druhá část řešení úkolu se týkala návrhu a realizace impulzního děliče pomocí kapacit. Vychází ze současného vybavení vn laboratoře ČMI, kde je k dispozici tlakový kondenzátor 50 pF/400 kV a 100 pF/100 kV. Pro návrh děliče byl zvolen kondenzátor 100 pF tak, aby parametry realizovaného děliče bylo možné porovnat s referenčním děličem Haefely CS200/1000, pro měření impulzního napětí tvaru 1,2/50 μ s, o maximální vrcholové hodnotě 200 kV. Bylo zvoleno sériové uspořádání děliče tvořeného dvěma rezistory a dvěma kondenzátory.

V prvním kroku bylo navrženo a ověřeno zapojení, kde byly využity metalizované rezistory a foliové kondenzátory. Při použití těchto součástí dochází ke vzniku výrazných vysokofrekvenčních oscilací v oblasti čela impulsu. Z toho důvodu byl v následujícím kroku nahrazen rezistor ve vn části děliče rezistorem, který je tvořen odporovým drátem bifilárně uloženým ve speciální tkanině. Toto vedlo k utlumení vf kmitů s frekvencí vyšší než 1 MHz, aniž by se ovlivnila oblast nižších kmitočtů. Nepříznivě se rovněž projevila frekvenční závislost kapacity foliových kondenzátorů. K potlačení těchto kmitočtů došlo až při použití speciálních keramických kondenzátorů, které mají minimální frekvenční závislost kapacity. V tomto případě se nepříznivě projeví řádově větší hodnota ztrátového činitele ve srovnání s foliovými kondenzátory. To má za následek rychlejší pokles tílu měřeného impulsu.

Navržené řešení vycházelo z vn kondenzátoru, který byl k dispozici, a v dostupné literatuře dosud nebylo popsáno. U popsaných, resp. komerčně vyráběných kapacitních impulzních děličů je zpravidla použit méně kvalitní vn kondenzátor s podstatně větší kapacitou a větším ztrátovým činitelem. Navržené řešení lze tedy považovat za přínos v oblasti měření impulzních napětí.

VIII/7/13 Nejistoty odběru a stanovení nejistot

CSlab

Úkol se zabýval stanovením nejistot měření vybraných ukazatelů odpadu, vodného výluhu odpadu, vzorkování odpadu a odhadem cílových nejistot měření, a to pomocí cíleného mezilaboratorního experimentu. Jednalo se o ukazatele, které jsou v souladu s platnými právními předpisy - zákonem č. 185/2001 o odpadech v platném znění, vyhlášky č. 294/2005 Ministerstva životního prostředí o podmínkách ukládání odpadů na skládky v platném znění. Jednalo se o ukazatele v pevném materiálu: arzen, kadmium, chrom celkový, rtuť, nikl, olovo, vanad, polychlorované bifenylly (PCB), uhlovodíky C₁₀ – C₄₀, polyaromatické uhlovodíky (PAU), BTEX (suma benzenu, toluenu, ethylbenzenu a xylenů), extrahovatelné organicky vázané halogeny (EOX) a ve vodném výluhu o rozpuštěný organický uhlík (DOC), fenolový index, chloridy, fluoridy, sírany, arsen, baryum, kadmium, chrom celkový, měď, rtuť, nikl, olovo, antimon, selen, zinek, molybden, rozpuštěných látek a pH.

VIII/16/13 Odporové bočníky pro širší kmitočtové pásmo

FEL ČVUT

Řešení úkolu proběhlo ve dvou etapách.

V první etapa řešení úkolu byly realizovány a testovány páskové odporové etalony jmenovitých hodnot 0,01 Ω a 0,001 Ω . Indukčnosti realizovaných etalonů byly vypočteny

z jejich rozměrů, jejich AC-DC difference byly stanoveny experimentálně postupným navázáním na odporový etalon Tinsley 1682 se známou kmitočtovou závislostí.

Ve druhé etapě byla navržena dvě různá provedení etalonů jmenovité hodnoty 0,1 Ω . Jednalo se jednak o oktofilární etalon s odporovým elementem tvořeným manganinovým odporovým drátem průměru 3,5 mm, jednak o etalon se 100 paralelně zapojenými rezistory SMD MELF jmenovité hodnoty 10 Ω , umístěnými v otvorech v celkem 10 žebrech z dvoustranné desky plošných spojů. Jedno z žeberek bylo konkrétně realizováno a měřením byla stanovena jeho časová konstanta. U oktofilárního etalonu byla z navržených konstrukčních parametrů vypočtena předpokládaná kmitočtová závislost jeho sériového ekvivalentního odporu.

VIII/18/13 Zlepšení ověřování měřidel EOAR

SÚJCHBO

Cílem úkolu bylo posuzování alternativních filtrů, jejich testování, hodnocení a nalezení nejvhodnější varianty pro zlepšení metrologických parametrů ověřování měřidel koncentrace ekvivalentní objemové aktivity radonu – EOAR .

Výsledkem řešení úkolu byl výběr mikrovláknitých filtrů Whatman (Glasfaser-Mikrofilter GF/A) za podmínky použití drobných technických vylepšení k zamezení demonstrace netěsností. Jako náhradu je možno použít filtry Sartorius (GLASFIBRE PREFILTER 13400-42-Q), jejichž vlastnosti jsou prakticky totožné s filtry Whatman.

VIII/19/13 Validace metody kalibrace snímačů rychlosti rotace

TZÚS

v trajektorii pohybu tělesa na zařízení PKG - snímače na principu gyro

Pro účely technické diagnostiky jízdních stavů dopravních prostředků (motorových vozidel, letadel, lodí) se v aplikacích měřicích systémů používají gyroskopické senzory úhlových rychlostí v jedno nebo více osém provedení. V převážné většině jsou integrovány do vyhodnocovacích jednotek s výstupem pro sběr naměřených dat. Pro účely zkoušek a experimentálních měření je nutné zjišťovat přesnost naměřených hodnot těmito snímači v hodnotách průběhu úhlového natočení v závislosti na jeho rychlosti, respektive dráze. K tomuto účelu slouží metodika kalibrace, která byla zpracována v rámci řešení úkolu.

Výše uvedené vyhodnocení je pouze stručnou informací o základních výstupech řešení jednotlivých úkolů, zařazených do Programu rozvoje metrologie 2013 a řešených subjekty mimo Českého metrologického institutu.

Kompletní zprávy, případně další písemné dokumenty, popisující výsledky řešení výše uvedených úkolů, jsou k dispozici u zadavatele (ÚNMZ) těchto úkolů a jejich řešitelů.