

2/2023  
ROČNÍK 32

# METROLOGIE

VĚDECKÁ  
LEGÁLNÍ  
PRAKTICKÁ



Měření podporující globální  
potravinový systém

**SVĚTOVÝ DEN METROLOGIE****Ing. František Jelínek, CSc.**Světový den metrologie 2023 – Měření podporující  
globální potravinový systém .....1**Ing. Romana Hamrlová**Metrologie v potravinářství – úřední kontrola potravin  
SZPI .....2**Ing. Zuzana Pálková, Ph.D., Pavel Srpek**

Metrologie obilovin a olejnin .....4

**METROLOGIE V PRAXI****Ing. Martin Valenta**Principy kalibrace v oborech délka  
a rovinný úhel .....6**Ing. Jana Horská, Ph.D.**Přívody měřicích přístrojů a jejich vliv  
pro DC a LF měření – část II .....9**doc. Ing. David Milde, Ph.D.**Faktor nejistoty – alternativní způsob odhadu  
nejistoty měření .....11**Ing. Eliška Machová**

Program rozvoje metrologie 2023 .....14

**VĚDA A VÝZKUM****Ing. J. Kučera Ph.D., Ing. Pavel Svoboda, CSc.**EURAMET projekt GIQS: Grafenový kvantový  
etalon impedance .....17**Bc. Andrej Miček, doc. Ing. Michal Bachratý, CSc.****doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D., Mgr. Livia Lukšicová**  
Zariadenie na meranie mechanických vlastností  
biomateriálov .....21**ZKUŠEBNICTVÍ****Mgr. Václava Holušová**

Program rozvoje zkušebnictví v roce 2023 .....24

**INFORMACE****Ing. Miroslav Hanák**30. mezinárodní konference  
„Měřicí technika pro kontrolu jakosti“ .....25**Ing. Miroslav Čermák**Česká agentura pro standardizaci přináší  
novinky ze světa technických norem .....29**Ing. František Hnízdil**Nové dokumenty vydané českou metrologickou  
společností, z. s. v rámci PRM 2022 ÚNMZ .....33**HISTORIE****Ing. František Hnízdil**

Minimuzeum vah ve Křenovech .....35

Nabídka akcí ČMS

**WORLD METROLOGY DAY****Ing. František Jelínek, CSc.**World Metrology Day 2023 - Measurements  
Supporting the Global Food System .....1**Ing. Romana Hamrlová**Metrology in the Food Industry - Official Food  
Inspection by CAFIA .....2**Ing. Zuzana Pálková, Ph.D., Pavel Srpek**

Metrology of Cereals and Oilseeds .....4

**METROLOGY IN PRACTICE****Ing. Martin Valenta**Principles of Calibration in the Fields of Length  
and Planar Angle .....6**Ing. Jana Horská, Ph.D.**Inputs of Measuring Instruments and Their Effect  
on DC and LF Measurements - Part II .....9**doc. Ing. David Milde, Ph.D.**Uncertainty Factor - an Alternative Way  
of Estimating Measurement Uncertainty .....11**Ing. Eliška Machová**

Metrology Development Programme 2023 .....14

**SCIENCE AND RESEARCH****Ing. J. Kučera Ph.D., Ing. Pavel Svoboda, CSc.**EURAMET's GIQS Project: Graphene-Based  
Quantum Standard for Impedance .....17**Bc. Andrej Miček, doc. Ing. Michal Bachratý, CSc.****doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D., Mgr. Livia Lukšicová**  
Equipment for Measuring the Mechanical Properties  
of Biomaterials .....21**TESTING****Mgr. Václava Holušová**

2023 Testing Development Programme .....24

**INFORMATION****Ing. Miroslav Hanák**The 30<sup>th</sup> International Conference “Measurement  
Technology for Quality Control” .....25**Ing. Miroslav Čermák**Czech Standardization Agency - News from  
the World of Technical Standards .....29**Ing. František Hnízdil**New Documents Issued by the Czech Metrological  
Society under ÚNMZ's PRM 2022 .....33**HISTORY****Ing. František Hnízdil**

Scales Mini Museum in Křenovy .....35

The List of ČMS Events

## SVĚTOVÝ DEN METROLOGIE 2023 – MĚŘENÍ PODPORUJÍCÍ GLOBÁLNÍ POTRAVINOVÝ SYSTÉM

Ing. František Jelínek, CSc.



Za dva roky, 20. května, to bude už 150 let od podpisu Metrické konvence. Tato úmluva je od té doby základem celosvětového soudržného systému měření, základem vědeckých objevů a inovací, průmyslové výroby a mezinárodního obchodu, jakož i zlepšování kvality života a ochrany globálního životního prostředí. Význam tohoto systému a měření vůbec připomíná letošní Světový den metrologie svým tématem; to se zabývá měřením, podporujícím globální potravinový systém. Téma bylo vybráno kvůli rostoucím výzvám změny klimatu a globální distribuci potravin ve světě s neustále rostoucí populací.

Významnou roli v globálním systému měření hrají Národní metrologické instituty, které soustavně vyvíjejí a validují nové měřicí techniky a účastní se porovnávání měření koordinovaných Mezinárodním úřadem pro měření (BIPM), aby byla zajištěna spolehlivost výsledků měření po celém světě. Mezinárodní organizace pro legální metrologii (OIML) vypracovává mezinárodní doporučení, jejichž cílem je sladit a harmonizovat požadavky po celém světě v mnoha oblastech. OIML také provozuje certifikační

systém OIML, který usnadňuje mezinárodní akceptaci regulovaných měřicích přístrojů a celosvětový obchod s nimi. To vše dává nezbytnou jistotu toho, že měření jsou přesná, poskytují solidní základ pro dnešní světový obchod a pomáhají nám připravit se na výzvy zítřka.

Dostatek potravy patří mezi základní podmínky života a tudíž je zajištění přístupu k bezpečným a dostupným potravinám jednou z hlavních výzev pro vlády na celém světě a také pro zemědělce a výrobce potravin. V roce 2021 měl obchod s potravinami hodnotu 22 bilionů USD a představoval přibližně 20 % veškerého světového obchodu.

Abyste výrobci mohli obchodovat na mezinárodní úrovni a mít přístup na trhy s výrobky vysoké hodnoty, musí být schopni prokázat, že splňují potravinové normy. Kromě toho musí vlády zajistit bezpečnost a spravedlivý obchod, zejména na místních trzích s potravinami. To vše je podpořeno spolehlivými měřeními množství a kvality primárních a zpracovaných potravinářských produktů. Světový den metrologie v roce 2023 je zaměřen na mnoho výzev v oblasti měření, které je třeba řešit, aby globální potravinový systém fungoval. Například:

- Množství nakoupených a prodaných potravin se měří podle jejich hmotnosti nebo objemu. Tato měření sahají od velkých objemů obilí obchodovaných v mezinárodním měřítku až po rychlá online vážení, která zajišťují správné označení baleného zboží;
- účinné skladování a balení potravin závisí na přesné kontrole teploty a vlhkosti jejich skladovacího prostředí;
- kvalita a bezpečnost potravin se určuje měřeními jejich složení, až například po měření izotopového složení, aby se ověřil původ potravin s vysokou hodnotou, jako je med nebo víno; bezpečnost potravin je zajištěna pečlivým měřením ke zjištění přítomnosti chemické kontaminace, jako jsou rezidua pesticidů a těžkých kovů, nebo biologické kontaminace, jako jsou mykotoxiny.

Všeobecně se uznává, že vyčerpávání přírodních zdrojů a dopad změny klimatu představují pro globální potravinový systém velké výzvy s cílem dosažení světa bez hladu a s všeobecným přístupem k čisté vodě. Tento cíl byl zařazen mezi cíle udržitelného rozvoje stanovené Organizací spojených národů. Nasnadě je potom téma Světového dne metrologie 2023 a připomenutí důležitosti práce na všech úrovních metrologie.

### Zpracováno podle:

MILTON, M. DONNELLAN A.: *World Metrology Day - 20 May 2023, Directors' message*. [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z <https://worldmetrologyday.org>

## METROLOGIE V POTRAVINÁŘSTVÍ – ÚŘEDNÍ KONTROLA POTRAVIN STÁTNI ZEMĚDĚLSKÉ A POTRAVINÁŘSKÉ INSPEKCE

**Ing. Romana Hamřová**

*metrolog Ústředního inspektorátu SZPI*

Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI) je v České republice jediným dozorovým orgánem, který má kontrolu potravin a tabákových výrobků jako svoji hlavní a jedinou kompetenci. Potravin, jejich jakost a bezpečnost jsou jedním ze základních faktorů, které mají přímý vliv na lidské zdraví. Komplexní úřední kontrola potravin je SZPI vykonávána jak ve výrobě, tak v průběhu celého obchodního řetězce a také v oblasti společného stravování a v některých dalších souvisejících činnostech, jako je například reklama.

Činnost SZPI, tedy kontrola potravin a její výsledky, se opírá o poznání, které je odrazem objektivní reality. Na tomto poznání se podstatně podílí měření jako základní metoda zjišťování vlastností výrobků při jejich zkoušení/kontrola. Každé měření je zatíženo nejistotami a jeho výsledky se v různém stupni blíží pravým, objektivně existujícím hodnotám. Na znalosti těchto nejistot a jejich velikosti závisí jakost výsledků měření a zkoušení. SZPI má svými vnitřními předpisy stanovenou metodiku měření při kontrolách potravin a jsou také pečlivě stanoveny nejistoty měření a zohledňovány možné odchylky dané příslušnými právními předpisy. Při kontrole potravin je pro dosažení objektivních výsledků nutno dbát na organizaci práce, způsobilost zaměstnanců, kontrolu měřidel, kalibraci, ověření, metody a postupy, výpočty, vliv prostředí atd.

Pro metrologické zabezpečení v rámci SZPI je důležitá zejména oblast legální metrologie. Základní úkoly a povinnosti SZPI z tohoto hlediska vyplývají ze zákona o metrologii a z dalších obecně závazných právních předpisů o metrologii.

Zjišťuje se návaznost používaných měřidel na etalony, jejich ověření nebo doklady o kalibraci a zkoušení. Všechna měřidla používaná v SZPI ke zkušebním účelům podléhají buď ověřování, nebo kalibraci. U měřidel používaných k udělování sankcí (či k obchodnímu styku) je velmi důležité vedení veškerých záznamů o datu ověření měřidla. Kontrolní orgán je například povinen doložit doklad o ověření i 5 let zpětně. SZPI má vypracovaný metrologický řád, kde jsou mimo jiné nastaveny veškeré požadavky, např. povinnosti záznamů, lhůty kalibrací měřidel a celkové nastavení metrologické evidence a metrologického řízení v organizaci.

### Kontrola potravin v provozovnách

Při úředních kontrolách potravin v provozovnách je zapotřebí vyškolených zaměstnanců a přístrojů, které splňují podmínku metrologické návaznosti.

Jednou z kontrolovaných vlastností ve vztahu k bezpečnosti potravin je teplota. SZPI se zabývá kontrolou stanovených teplot potravin/pokrmů. Stanovená teplota (tedy číselně vyjádřená hodnota teploty nebo teplotní interval, uvedená ve °C) může být dána právním předpisem

o potravinách, výrobcem potravin uvedena na obale potravin nebo jinak deklarována a vztahuje se k teplotě uchovávání potravin/pokrmu nebo k teplotě potravin/pokrmu v jádře. Teplota může být stanovena také pro jednotlivé výrobní operace při přípravě a výdeji pokrmů v platném právním předpisu nebo v postupu založeném na zásadách HACCP (Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů / Hazard Analysis and Critical Control Points).

Teplota nebo teplotní interval uvedený v příručce či normě upravující zásady správné hygienické praxe, zejména v normě Codex Alimentarius CAC/RCP 39-1993 - Kodex hygienických pravidel pro předvařené a vařené potraviny ve společném stravování (např. teplota nebo teplotní rozmezí stanovené pro tepelnou úpravu, výdej, regeneraci, zchlazování, zmrazování, výdej pokrmů), se nepovažuje za stanovenou teplotu, respektive za právně závazný předpis. Výše uvedené neplatí v případě, že provozovatel přijal teploty uvedené v příručce či normě upravující zásady správné hygienické praxe jako své zásady pro provádění postupů založených na zásadách HACCP. V těchto případech jsou teploty uvedené v normě nebo příručce považovány za stanovené teploty.

Pro kontrolu teplot SZPI používá teploměry elektronické s vnější sondou, s měřicím rozsahem alespoň od -20 °C až do +30 °C, v případě měření teplot pokrmů až do +100 °C, s hodnotou dílku menší nebo rovno 0,1 °C. Pro kontrolu nesmí být použity skleněné teploměry s kapalinnou náplní (rtuť, líh apod.).

Při kontrole teplot zmrazených potravin je používáno teploměrů, které jsou ve smyslu zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, pracovními měřidly stanovenými, uvedenými ve vyhlášce č. 345/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu. Současně, pokud jsou tyto teploměry používány pro měření teplot pokrmů, mají platnou kalibraci v teplotních bodech 60 °C a 80 °C (eventuálně v dalších teplotních bodech, ve kterých se předpokládá nejčastější měření teplot).

Používané snímače a vyhodnocovací jednotky teploměru jsou jednoznačně identifikovatelné (číselným označením, neodnímatelným štítkem apod.). Odnímatelné snímače jsou používány jen s vyhodnocovací jednotkou, s níž byly kalibrovány nebo ověřeny.

Teploměry používané SZPI jsou podle účelu použití vybaveny snímači dotykovými, které mohou být se špičatým (vpichový) nebo spirálovým (závrtné) zakončením, nebo se zakončením zcela plochým. Pro kontrolu teploty vzduchu jsou používány snímače prostorové.

Teploměry pro kontrolu teplot potravin v oblasti kladných teplot nemají chyby větší než 0,5 °C (včetně nejistoty, s níž byla chyba stanovena) a musí být kalibrovány v odpovídajícím rozsahu teplot použití teploměru. Teploměr bez platného ověření (v případě stanovených měřidel) nebo platné kalibrace (u nestanovených měřidel) se nesmí ke kontrole použít.

Kontrolu stanovených teplot potravin SZPI provádí v jednom až třech krocích, kterými jsou:

- Zjištění teploty prostředí, ve kterém je potravina uváděna na trh;
- zjištění teploty na povrchu obalu potraviny;
- zjištění vnitřní teploty potraviny.

SZPI přistupuje buď ke kontrole teploty ve všech třech krocích, nebo pouze v jenom kroku, podle toho, zda se stanovená teplota vztahuje k teplotě úchovy potraviny/pokrmu nebo přímo k teplotě v jádře potraviny. Například když právní předpisy v případě zmrazených potravin (vyhláška č. 366/2005 Sb., vyhláška č. 397/2016 Sb. aj.) nestanovují teplotu prostředí, ale teplotu uvnitř potraviny, je nutné pro kontrolní vyhodnocení měřit teplotu v jádře produktu.

Pokud při úřední kontrole dojde ke zjištění překročení stanovené teploty, je nutné potvrzení této teploty pomocí druhého teploměru (s platným ověřením nebo kalibrací) či provedení mezilhůtové kontroly teploměru dle interně nastaveného postupu.

SZPI kontroluje také teplotu inspekci odebraných vzorků přepravovaných do laboratoře k analýze. Tyto vzorky je nutné doručit do laboratoře tak, aby splňovaly podmínky úchovy a bylo tak vyloučeno pomnožení patogenních mikroorganismů či jiných známek kažení nebo rozkladu potraviny. Pro tyto účely přepravy vzorků používá SZPI chladicí boxy s instalovanými datalogery (elektronické záznamníky teplot s vnitřní sondou) pro nepřetržité sledování teploty vzorků během přepravy.

SZPI má rovněž kompetence ke kontrole stanovených teplot v mezinárodních přepravách zkazitelných potravin, při které se postupuje podle Dohody o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a o specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy (ATP), publikované ve Sdělení č. 32/2016 Sb. mezinárodních smluv, ve znění pozdějších předpisů.

Při kontrolách teplot je důležitý lidský faktor. Inspektor SZPI musí zohledňovat nerovnoměrnost teplotního pole, uvážit přenos tepla při některých typech tepelné úpravy (pokrmu), znát vlastnosti chladicích zařízení a objektivně vyhodnotit kontrolu teplot tak, aby potraviny nebo pokrmu nemohly vést k ohrožení zdraví spotřebitele.

SZPI se rovněž zabývá např. kontrolou objemu čepovaných/rozlévaných nápojů, které jsou nabízeny v provozovnách společného stravování.

Pro kontrolu objemu používá odměrné válce dělené třídy A dle tab. č. 1 ČSN EN ISO 4788 „Laboratorní sklo - Odměrné válce dělené“ o jmenovitých objemech 25 ml, 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml. Používané odměrné válce musí být kalibrovány akreditovanou kalibrační laboratoří. Provedené kalibrace odměrných válců mají neomezenou dobu platnosti.

Objem čepovaného nápoje SZPI stanovuje také pomocí výpočtu z naměřené hmotnosti a hustoty nápoje. Tato metoda vyžaduje použití vah třídy přesnosti II opatřené platným ověřením a kalibrovaný přenosný hustoměr, který podléhá kontrole před každým použitím. Při stanovení skutečného množství (objemu) podaného nápoje se neuvažuje vliv

teploty na objemovou roztažnost nápoje. Při stanovení objemu výpočtem musí být zohledněny rozšířené nejistoty metody a v odůvodněných případech zohledněny největší dovolené chyby odměrných nádob podle nařízení vlády č. 120/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Kompetence SZPI umožňují také kontrolu hmotnosti hotově baleného zboží přímo v provozovnách potravinářských podniků. Ke kontrole jsou používány váhy třídy přesnosti II s platným ověřením (v návaznosti na vyhlášku č. 345/2002 Sb., bod 2.1.4). Při vyhodnocení naměřené hodnoty hmotnosti hotově baleného zboží je důležité zohlednit největší dovolenou chybu vah (dle ČSN EN 45501 „Metrologické aspekty vah s neautomatickou činností“ a rovněž nařízení vlády č. 121/2016 Sb.).



Obr. 1: Kontrola fritovacího oleje

Od roku 2016 kontroluje SZPI také kvalitu tuků a olejů používaných při smažení (fritování) pokrmů a měření teplot při smažení. Kalibrovaným analyzátořem Testo 270 je inspektory měřen procentní podíl polárních látek v tucích a olejích, který vypovídá o kvalitě tuku a stupni přepálení používaného oleje. U tuků se měří také teplota při smažení, která by neměla přesáhnout 180°C. Teploměr je tedy pro toto měření nutno kalibrovat v rozmezí teplot až do 180 °C. U analyzátořů probíhá interní kalibrace pomocí referenčního materiálu jednou za měsíc.

Rozsah kontrolní činnosti SZPI je poměrně široký. Zmíněna zde byla pouze část úředních kontrol v potravinářských provozovnách, kdy je potřeba dbát ze strany SZPI na zabezpečení přístrojů a jejich metrologickou návaznost a nezmiňujeme se zde o aspektu analýz v úředních laboratořích a jejich metrologickém zabezpečení.

SZPI jako orgán státní správy komunikuje a využívá služeb ČMI, ať už pro účely poradenské či pro účely služeb kalibrační laboratoře. SZPI je členem Českého kalibračního sdružení a má svého zástupce v Radě pro metrologii ÚNMZ. V rámci své kompetence, jako úřad, spolupracuje i na aktualizaci některých předpisů souvisejících s metrologií.

Citát na závěr: „Hlavním úkolem v životě člověka je rozlišit záležitosti na ty, které jsou zcela mimo jeho kontrolu a na ty, které opravdu ovlivnit může.“ – Epiktétos

## METROLOGIE OBILOVIN A OLEJNIN

Ing. Zuzana Pálková, Ph.D., Pavel Srpek

Český metrologický institut

Obiloviny a olejniny jsou jednou z důležitých komodit, které podléhají závazkovým vztahům. Při sklizni obilovin a jiných plodin sklizených na semeno je důležitým parametrem vlhkost sklizeného materiálu. Na vlhkosti závisí jak výsledná prodejní cena při výkupu, tak kvalita materiálu při uskladnění. Dalším důležitým parametrem je hodnota objemové hmotnosti, podle které je obilí zařazováno do jakostních tříd, je určován objem obchodovaného, transportovaného, skladovaného a zpracovávaného obilí, což má vliv na cenu za jednotku hmotnosti nebo objemu.

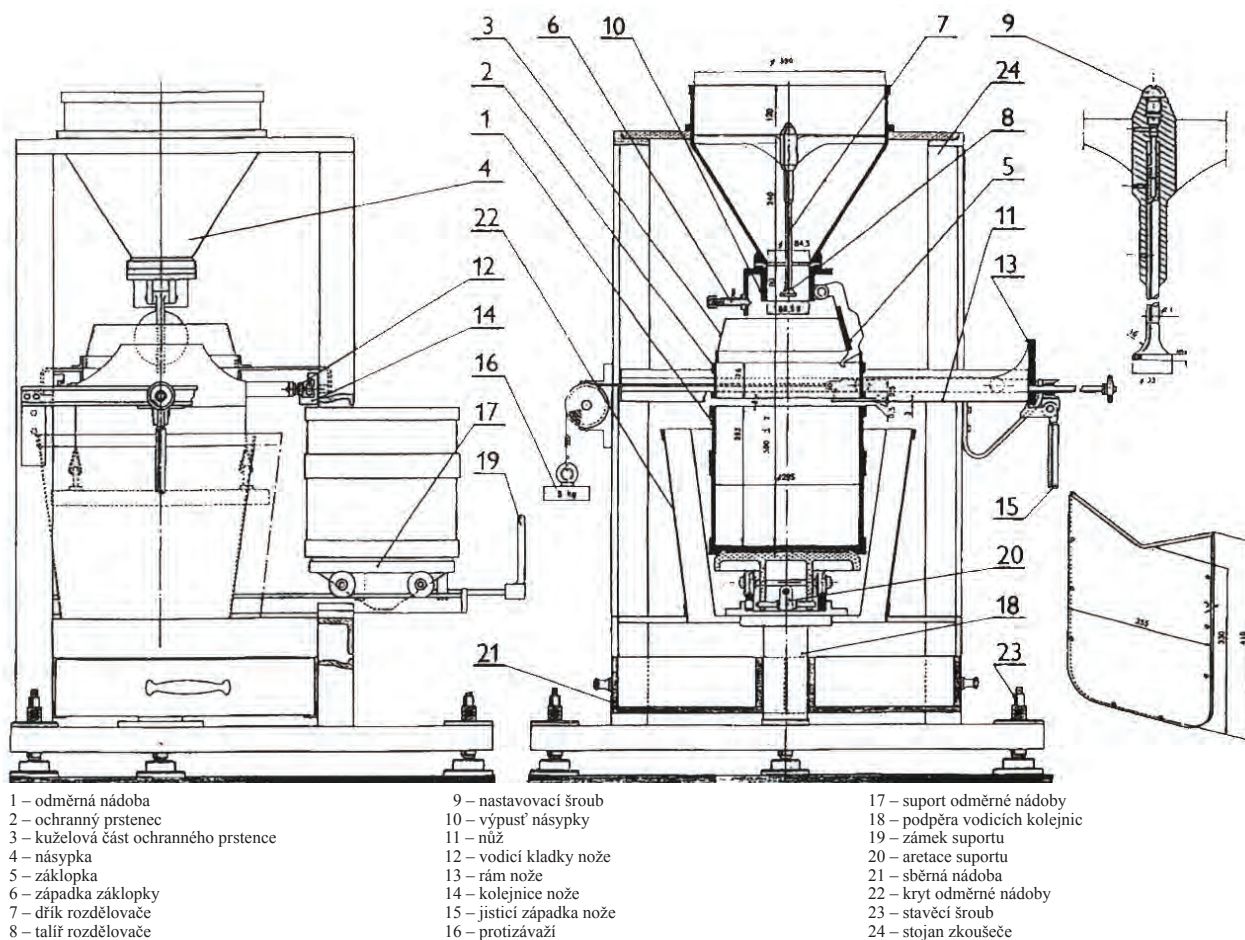
Proto je důležité, aby byly tyto parametry měřeny co nejpřesněji a jejich měření bylo metrologicky návazné. Přístroje, jež tyto parametry měří, vlhkoměry a obilní zkoušeče dle vyhlášky č. 345/2002 Sb., jsou v ČR zařazeny jako měřidla stanovená k povinnému ověřování. Doba platnosti ověření je u vlhkoměrů na obiloviny a olejniny 1 rok, u obilních zkoušečů pak 2 roky. Ověřování těchto stanovených měřidel zajišťuje oddělení vlhkosti pevných látek, situované na oblastním inspektorátu Českého metrologického institutu v Pardubicích.



Obr. 1: Statní a svědecký etalon objemové hmotnosti obilovin

## Obilní zkoušeče

Metrologické a technické požadavky na obilní zkoušeče upravuje opatření obecné povahy číslo 0111-OOP-C058-16, které je převodem normy ISO 7971 *Cereals — Determination of bulk density, called mass per hectolitre: Part 1: Reference method; Part 2: Method of traceability for measuring instruments through reference to the international standard instrument a Part 3: Routine method.*



Obr. 2: Schéma konstrukce etalonu objemové hmotnosti obilovin

Státní etalon objemové hmotnosti č. ECM 129-1/02-021 (**obr. 1**), jež od roku 1971 vlastní a udržuje ČMI, je nezbytnou součástí schématu návaznosti měřidel v oboru objemové hmotnosti obilovin v ČR, ve kterém zaujímá nejvyšší místo. Je přímo navázán na etalon objemové hmotnosti Evropského společenství umístěný v PTB Braunschweig a slouží k uchování jednotky objemové hmotnosti obilovin ( $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ ) a jejímu přenosu na etalony nižších řádů o objemu 1 l a  $\frac{1}{4}$  l metodou navazování obilím.

Jedná se o mechanické zařízení (**obr. 2**). Vzorek o objemu 24 litrů se ručně sype z odměrné nádoby (není součástí obr. 2) do násypky (1), propadá přes rozdělovač (18) do odměrné nádoby (7), ve které se vymezi objem 20 l pomocí nože (19). U odměřeného objemu obilí se změří hmotnost a vypočítá objemová hmotnost v  $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ . Nejlepší měřicí schopnost tohoto etalonu je  $0,034 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ .

Jednotka objemové hmotnosti je přenášena reálnými vzorky obilí. Požadovaný počet vzorků k přenosu jednotky z důvodu přesnosti pro nejvíce obchodované komodity je upravován aktualizovanými normativními požadavky. Norma ISO 7971-2:2019 udává zkoušení sedmi vzorky pšenice a sedmi vzorky ječmene. Sady zkušebních vzorků podle požadavků normy však není snadné sestavit, norma určuje velmi přísné rozložení parametru objemové hmotnosti (OH) – 7 vzorků ječmene od sebe vzdálené min. (1–3)  $\text{kg}/\text{hl}$ , z nichž jeden je nižší než 64  $\text{kg}/\text{hl}$ ; 7 vzorků pšenice od sebe vzdálené (1–3)  $\text{kg}/\text{hl}$ , z nichž jeden je vyšší než 82  $\text{kg}/\text{hl}$ ; plus jeden vzorek pšenice pro kontrolu stálosti. Pšenice jako potravina musí mít při výkupu OH větší než 78  $\text{kg}/\text{hl}$ , proto je velmi složité získat i nízké hodnoty, která norma doporučuje (např. (71–76)  $\text{kg}/\text{hl}$ ), protože pak se jedná o krmné obilí, se kterým se ale neobchoduje a farmáři si ho případně zpracovávají sami. Vlhkost vzorků se zároveň musí pohybovat v rozsahu (10–16) %. Následné skladování vzorků se řídí požadavky normy.

Oddělení vlhkosti pevných látek vlastní mimo státního etalonu také obilní zkoušeč Pfeuffer (vzor 1938), v.č. 789 (**obr. 3**) o objemu 1 l – sekundární etalon I. řádu, který je používán pro přenos jednotky ze státního etalonu na pracovní měřidla. Konstrukce tohoto měřidla odpovídá požadavkům na obilní zkoušeče vzoru 1938 uvedeným v normě ISO 7971-3, příloha A.



**Obr. 3:** Obilní zkoušeč Pfeuffer, vzor 1938

### Vlhkoměry na obiloviny a olejniny

Metrologické a technické požadavky na vlhkoměry na obiloviny a olejniny upravuje opatření obecné povahy číslo 0111-OOP-C071-18, které je převodem norem ISO 7700 *Food Products – Checking the Performance of Moisture Meters in Use – Part 1: Moisture meters for cereals* a *Part 2: Moisture meters for oilseeds*. Ověřit lze pouze ty vlhkoměry, které mají typové schválení. Typové schvalování vlhkoměrů

se řídí metrologickými předpisy TMP 8520-00 *Vlhkoměry na obiloviny, olejniny a luštěniny – Metrologické a technické požadavky*, TMP 8521-00 *Vlhkoměry na obiloviny, olejniny a luštěniny – Metody zkoušení při ověřování* a 0111-OOP-C058-16. Tyto technické metrologické předpisy vycházejí z mezinárodního doporučení OIML R 59 *Moisture Meters for Cereal Grain and Oilseed*. Typové schvalování, ověřování i kalibrace vlhkoměrů a víceparametrových analyzátorů, které kromě vlhkosti stanovují i např. obsah dusíkatých látek, zajišťuje oddělení vlhkosti pevných látek.

### Kalibrační síť vlhkoměrů

Služba kalibrační sítě má v ČMI dlouholetou tradici od roku 1992 a jedná se o komplexní službu zajišťující, aby všechny vlhkoměry na území ČR měly stejné parametry kalibračních křivek a ty odpovídaly referenčnímu stanovení vlhkosti gravimetrickou metodou podle ČSN EN ISO 712 *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda*, ČSN 46 1011-20 *Zkoušení obilovin, luštěnin a olejin – Zkoušení luštěnin – Stanovení vlhkosti*, ČSN ISO 6540 *Kukuřice – Stanovení obsahu vody* a ČSN EN ISO 665 *Olejnatá semena – Stanovení vlhkosti a obsahu těkavých látek*. Součástí služby jsou dvě návštěvy technika ročně, kontrola kruhovým testem, možnost zapůjčení náhradního přístroje během opravy apod. Momentálně je součástí kalibrační sítě 12 typů přístrojů od 6 celosvětových výrobců.

### Princip kalibrační sítě

Principem kalibrační sítě je přenos jednotky ze vzorového měřidla téhož typu (mastru, případně submastru) na jednotlivá měřidla uživatelů. Do sítě lze zapojit jen ty typy měřidel, které splňují několik nezbytných podmínek. Jednou z nejdůležitějších podmínek je to, že přístroj lze nastavit (např. přístrojovými konstantami) tak, aby na stejných vložených kalibračních křivkách pro jednotlivé plodiny poskytoval při měření této plodiny stejné hodnoty vlhkosti jako mastr. Nenastavuje se tedy každá jednotlivá kalibrace pro danou plodinu, jak je to obvyklé u NIR analyzátorů, ale celý přístroj. Při změně kalibračních křivek se pak do přístrojů nahrávají celé nové sady kalibrací. V naší laboratoři máme od každého takového typu vlhkoměru jeden mastr (**obr. 4**). Na těchto mastrech je pak v průběhu roku analyzováno okolo 500 vzorků všech typů plodin. Referenční hodnota vlhkosti se stanoví na sekundárním etalonu vlhkosti obilovin (gravimetrická metoda) a zároveň se stanoví i objemová hmotnost na ověřeném obilním zkoušeči. Výsledky pro jednotlivé typy masterů se zpracují a pakliže je to vhodné, provede se změna kalibrační křivky pro daný typ přístroje a plodinu. Nové kalibrační sady pak technik do přístrojů nahraje během pravidelné návštěvy v prvním pololetí. Stálost masterů se zajišťuje cyklickým měřením a zamražením kontrolních vzorků. Jelikož jednotlivé typy vlhkoměrů v kalibrační síti mají rozdílné principy měření a matematický výpočet, je při vytváření kalibračních křivek maximální snaha nejenom o přesnost, ale i shodnost napříč těmito typy.



Obr. 4: Ukázka vybraných masterů vlhkoměrů na obiloviny a olejnin včetně NIR analyzátorů

### Současný stav

V současné době je zapojeno do služby kalibrační sítě cca 210 vlhkoměrů ze 70 subjektů. Dalších cca 20 přístrojů je metrologicky napojeno na kalibrační síť a přibližně 50 pracovních měřidel využívá služby servisu v kalibrační síti. V malém množství jsou zastoupeny původní dosluhující SM 20, taktéž dosluhující přístroje TM a TM-NG a dále pak přístroje AQUA TR II, u kterých již ale byla ukončena výroba. V největším zastoupení (přibližně 70 procent) jsou pak přístroje všech řad GAC 2000/2100. Nejnovějšími typy jsou AM 5200-A a GAC 2500 INTL (obr. 5), které by v budoucnu měly převzít stěžejní postavení. Velké úsilí se nyní upírá na tvorbu a úpravu jejich kalibračních křivek. V minulém roce byly pro oba přístroje vytvořeny národní kalibrační sady, které se budou nejenom dále upřesňovat na základě dat dalších sezón, ale i rozšiřovat co do počtu plodin.

Tyto dva nejnovější typy kapacitních vlhkoměrů používají novou technologii s kmitočtem okolo 150 MHz, tedy v oblasti rádiových vln. Při těchto kmitočtech jsou křivky

závislosti obsahu vody a kapacity komory se vzorkem velmi lineární. Nová technologie je výrazně méně citlivá k teplotě vzorku, standardní rozsah je (0 – 45) °C, umožňuje však měřit až do teploty -18 °C. Přístroje nejsou náchylné ke změnám výsledků stejného vzorku těsně po sklizni a po jeho delším skladování (tzv. problém vydýchání obilí), což u starších technologií může vést až k rozdílům okolo půl procenta vlhkosti. Oba přístroje též měří dobře orientační objemovou hmotnost, ale tento výsledek nelze použít pro obchodní styk.

Nová technologie a možnosti výpočetní techniky přispěly ke zkvalitnění měření vlhkosti obilovin a olejnin a oba přístroje jsou pro tento obor jednoznačně přínosem.



Obr. 5: Vlhkoměry typ AM 5200-A a GAC 2500 INTL

Zmíněná vlhkost a objemová hmotnost obilovin a olejnin patří mezi základní parametry určující kvalitu obilí. Kromě těchto parametrů umí modernější přístroje – NIR (near infrared) analyzátoři – stanovit také obsah dusíkatých látek a obsah oleje. Obsah dusíkatých látek v obilovinách je nízký (6–12) %, v olejninách vyšší (20–57) % dle druhu. Tučky jsou v obilovinách obsaženy jen v malém množství, v olejninách až ve (40–50) %. NIR analyzátoři je možné typově schválit pro stanovení vlhkosti, další parametry lze kalibrovat. Tyto kalibrace provádí oddělení vlhkosti pevných látek, které je akreditovanou kalibrační laboratoří v oboru stanovení vlhkosti, dusíkatých látek a oleje v olejninách.



## PRINCIPY KALIBRACE V OBORECH DÉLKA A ROVINNÝ ÚHEL

### Ing. Martin Valenta

Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Článek shrnuje informace k výsledku řešení úkolu Programu rozvoje metrologie (PRM) v roce 2022 č. VII/05/22 Principy kalibrace v oboru délka a úhel. Kromě pracovníků ČIA se na řešení úkolu podíleli pracovníci Českého metrologického institutu Ing. František Dvořáček a Ing. Václav Duchoň, kterým autor článku touto cestou děkuje za velmi účinnou spolupráci.

Popisovaný úkol již tradičně navazuje na úkoly řešené v předchozích letech, věnované principům kalibrace základních elektrických veličin a tlaku. Jejich výsledky a v nich obsažený teoretický rozbor byly využity i pro řešení popisovaného úkolu. Dalším podkladem byl přehled a rozbor principů kalibrace, uvedených v aktuálně platných přílohách

osvědčení o akreditaci. Výsledný přehled posloužil i jako základ pro vzorovou přílohu osvědčení o akreditaci (POA), která zprávu o řešení úkolu doprovází.

### 1. Úvod a přehled dříve řešených úkolů PRM

V úvodu se autoři věnují informacím, souvisejícím se zadáním úkolu a historií úkolů Programu rozvoje metrologie, které ČIA řešil v uplynulých letech. Všechny úkoly se vztahují ke kalibračním laboratořím; pro přehled je možné je rozčlenit do několika období.

Nejstarší úkoly PRM z let 2009 až 2012 se věnovaly sjednocování kalibračních postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oborech tlak, teplota, elektrické a geometrické veličiny. Tématy úkolů z následujícího období, let 2013 až 2017, byla optimalizace využití MPZ (mezilaboratorní porovnávací zkoušky) v akreditovaných kalibračních



laboratořích, „in-house“ referenční materiály a správná praxe při používání referenčních materiálů.

Následovalo období, v němž byly řešeny nezanedbatelné vlivy na nejistotu a správné postupy stanovení nejistot pro jednotlivé obory. Těmito úkoly byly:

- PRM VII/05/17 pro obor teplota,
- PRM VII/04/18 pro obor statický objem,
- PRM VII/05/18 pro obor tlak a
- PRM VII/05/19 pro obor délka.

Výsledkem řešení těchto úkolů byl přehled nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují hodnoty nejnižších udávaných nejistot měření a které nelze při výpočtu nejistoty měření bez řádného zdůvodnění zanedbat.

Zde popisovaný úkol zatím uzavírá období poslední, v němž jsou stěžejním tématem principy kalibrace. Těmito úkoly byly:

- PRM VII/05/20 Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin a
- PRM VII/05/21 Principy kalibrace v oboru tlak.

První z těchto dvou úkolů se - kromě návrhu správných textů pro popis principu kalibrace - věnoval také velmi podstatnému obecnému popisu vztahu etalonu a kalibrovaného měřidla právě z hlediska popisu jejich vztahu při kalibraci. Tím byl položen základ, na kterém následující úkoly staví, i když samozřejmě berou v úvahu specifika oboru. Může tedy dojít k tomu, že některé postupy a vztahy pro daný obor aplikovat nelze nebo nepřinášejí žádnou výhodu, ale spíše jsou komplikací. I proto jsou další úkoly řešeny právě s ohledem na požadavky a zvyklosti v oboru.

Smyslem řešení všech zadaných úkolů PRM bylo zkvalitnění obsahu příloh osvědčení o akreditaci, aby se tak zvýšila jejich jednotnost, přehlednost a vzájemná porovnatelnost.

## 2. Požadavky na POA a zadání úkolu

Požadavky na informace zveřejňované o akreditovaném subjektu jsou pro tyto subjekty i akreditační orgány definovány velmi jednoznačně, protože jsou obsahem kapitoly 7 harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018, konkrétně článku 7.8.3 c). Stejně požadavky lze nalézt i v článku 4, resp. 4.1 dokumentu ILAC P14:09/2020 „Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci“. Tento výčet stanovuje minimální informační obsah osvědčení o akreditaci, neřeší ale formu a rozsah takto uváděných informací. Pro ty si každý akreditační orgán stanovuje svůj postup a formu, která má všem zájemcům o služby akreditovaných subjektů dát dostatečný přehled o jimi nabízených službách.

ČIA na svých webových stránkách (sekce Dokumenty ke stažení – Dokumenty pro kalibrační laboratoře) k tomu uvádí především dva dokumenty. Prvním je šablona Přílohy 3 žádosti, která je základem pro přílohu následně vystaveného osvědčení o akreditaci, druhým pak podrobný návod k vyplnění této šablony. Šablona má nastavené formátování v souladu s pravidly, uvedenými v návodu. Využití této šablony v souladu s pokyny v návodu zaručuje laboratoři vysokou míru pravděpodobnosti, že návrh přílohy osvědčení o akreditaci bude připraven bez zbytečných nedostatků a zdržení. V případě požadavku na změny v POA je nevhodnější, aby akreditovaná laboratoř požádala svého vedoucího posuzovatele o poskytnutí platné

POA ve formátu MS Word, do ní následně (ideálně v režimu sledování změn) zanesla potřebné změny. Nemusí tak znovu vyplňovat celou Přílohu 3 žádosti a nehrozí, že dojde k nepochopení nebo zkrácení požadavku laboratoře; také se zmenší nároky na čas věnovaný přípravě změněné POA.

Celkovým cílem úkolu bylo v první části sestavit přehled nejužívanějších principů (metod, postupů) kalibrace, které se reálně v laboratořích používají, a kriticky je zhodnotit podle pravidel, nastavených úkoly PRM ze dvou předchozích roků (viz výše). Druhá část řešení se zaměřila na výchozí pravidla pro uvádění principu kalibrace. Zhodnoceny jsou skupiny měřidel z hlediska četnosti požadavků na jejich kalibraci a související okolnosti dané charakteristikami a vlastnostmi uvedených měřidel. Souhrnně jsou pro vybrané skupiny měřidel zhodnoceny principy kalibrací z předchozí kapitoly a míra jejich vhodnosti z hlediska způsobu, rozsahu a parametrů měření. V navazující části pak zpráva rozděluje měřidla do skupin, k nimž jsou přiřazeny i možné a vhodně popsané principy kalibrace, doplněné o případný výklad a praktické příklady.

## 3. Aktuální stav principů kalibrace na POA

V době řešení úkolu vlastnilo v České republice osvědčení ke kalibracím měřidel v oboru délka 49 kalibračních laboratoří, v oboru rovinný úhel je laboratoří 34. Často dochází ke kombinaci obou oborů, a jen v několika málo případech laboratoř, která kalibruje měřidla úhlu, nekalibruje současně i délku. Jedná se zejména o laboratoře specializující se na měřidla momentu síly, která kromě stěžejního utahovacího momentu dokážou vyhodnocovat i úhel otočení.

Dále text ilustruje principy kalibrace, jak jsou uvedeny v aktuálně platných POA. Strukturovány jsou podle typů kalibrovaných měřidel a seřazeny podle četnosti požadavků na jejich kalibraci. Nepřekvapivě začíná přehled posuvnými měřidly, pokračuje mikrometrickými měřidly a jejich obdobami, přes úchylkoměry, čárková měřidla, koncové měřky až po dutinoměry. Pro obor úhel přehled zahrnuje úhlooměry, úhelníky a etalonové válce, libely a sklonoměry.

K oboru délka se řadí také měřidla méně běžná, jako jsou měřidla drsnosti, konturografy a profiloměry, následují různé kalibry (válečkové, ploché, kroužkové, etalonové fólie, spároměrky). Stranou nezůstala ani rovinnost, přímota a rovnoběžnost, měření ve 2D a 3D prostoru a řada dalších, významně méně užívaných měřidel.

V současné době se lze často setkat s maximálně zjednodušeným popisem principu kalibrace, který neříká nic víc, než že provádíme kalibraci: „porovnáním s etalonem“ nebo „měřením pomocí etalonu“. Takový popis rozhodně nepřidává použitelnou informaci o způsobu provedení kalibrace. Princip musí proto být uveden tak, aby byl způsob kalibrace jednoznačný, bez ohledu na to, zda jde (přísně vzato) o princip, metodu nebo postup. Podstatná je přesnost, stručnost a výstižnost takového popisu reálné činnosti kalibrační laboratoře.

## 4. Pravidla pro uvádění principu kalibrace na POA

Jak je vidět z výčtu v předchozí kapitole, v oborech délka a rovinný úhel je obsaženo velké množství rozličných druhů

a typů měřidel. Princip kalibrace je v mnoha případech obdobný pro měřidla pracující na podobném principu. Některé typy měřidel jsou kalibrovány unifikovanými metodami a jiný způsob jejich kalibrace najdeme výjimečně nebo vůbec. Jedná se např. o posuvná měřítka, kdy se obvykle ke kalibraci používají koncové měrky a jiná metoda je spíše nouzovým řešením. Několik typických měřidel se může kalibrovat různými metodami, volenými obvykle podle etalonového vybavení kalibrační laboratoře. Řadíme k nim např. úhelníky nebo číselníkové úchylkoměry, u nichž by způsob návaznosti měl být jednoznačně zřejmý z popisu principu kalibrace v POA, již proto, že udávaná hodnota nejistoty je závislá právě na způsobu měření. Laboratoř může provádět kalibrace totožného měřidla různými metodami měření s odlišnými nejistotami měření, pokud je uvádí v interním dokumentu, popisujícím rozsah její činnosti, a pokud postup i dokument podléhají posuzování akreditačním orgánem. V POA se v takovém případě uvede ten princip kalibrace, kterým je dosahováno nejnižších nejistot měření.

Z hlediska určení příbuznosti měřidel a jejich uvedení v tabulce CMC není potřebné v příloze přesněji definovat, zda se jedná o měřidla analogová, digitální nebo zda mají stupnici s číselníkovým úchylkoměrem (obecně s kruhovou stupnicí s ryskami a otočnou analogovou ručičkou, ukazatelem hodnoty veličiny). Je zbytečné uvádět různé hodnoty nejistot pro různá dělení stupnice, protože hodnota CMC nejistot se v souladu s definicí určuje pro nejpřesnější existující, dostupné měřidlo (nikoli ideální – teoretické), které je laboratoř schopna kalibrovat.

Dle přehledů v předchozí kapitole vychází princip kalibrace u délkových měřidel obvykle z použitého etalonu a v naprosté většině případů se jedná o metody přímého měření. Konkrétnost postupu je nezbytná hlavně v případech, kdy v příloze osvědčení o akreditaci laboratoř uvádí dvě různé hodnoty CMC nejistot pro kalibraci totožného měřidla, např. z důvodu různého dosažitelného rozsahu měření, a velikost této nejistoty je závislá právě na metodě měření, resp. použitém etalonu. Jedním z názorných příkladů může být např. kalibrace koncových měrek, a to buď běžnou porovnávací metodou (hodnota délky etalonové a kalibrované koncové měrky se porovnává na komparačním přístroji) nebo se použije mnohem přesnější měření na speciálním laserovém interferometru. V principu měření se standardně uvádí pouze přesnější metoda, resp. přesnější etalon. Pokud jsou ale metody technicky odlišné a zároveň se liší jejich rozsahy, objeví se v POA s velkou pravděpodobností metody obě, resp. všechny.

Rozdělení principů v oborech délka a rovinný úhel je tedy nevhodnější odvodit od použitého etalonu, a pokud je to potřebné, dále podrobněji rozlišit např. na přímé a porovnávací měření. Důležitým specifickým uvedených oborů je, že se do POA neuvádí více hodnot CMC nejistot, pokud jediným rozdílným parametrem je různé rozlišení kalibrovaného měřidla nebo typ jeho stupnice, přičemž rozsah měření a princip kalibrace zůstává nezměněn.

## 5. Rozdělení měřidel a příslušné principy kalibrace

Ve stejnojmenné kapitole řešení úkolu jsou uvedeny běžně kalibrované typy měřidel v oborech délka a rovinný

úhel s doporučenými uvedenými principy kalibrací a souvisejícími informacemi, které by měly být v POA uváděny. Z důvodu přehlednosti jsou uvedeny jen nezbytné relevantní údaje. Příklady celých řádků tabulek CMC jsou uvedeny v příloze zprávy, ve vlastním textu jsou uvedeny hodnoty nejistot CMC a jmenovité rozsahy pouze ilustračně.

Struktura této kapitoly je obdobná jako v předchozí kapitole, věnované aktuálnímu stavu, jen pořadí některých skupin měřidel se liší. Pro každou kategorii měřidel je uvedeno, která měřidla do kategorie spadají, a uvedeny jsou hlavní (v praxi reálně používané) principy kalibrace. Dále jsou zmíněny používané etalony a chybět nesmí ani správné pojmenování předmětu kalibrace.

Následuje tabulka příkladů. Tabulka má v záhlaví informaci, které řádky příkladů POA se v příloze zprávy k dané kategorii vztahují. V tabulce jsou uvedeny předměty kalibrace, případně i parametry, a k nim přiřazeny možné principy. Popis pro každou kategorii je v případě potřeby zakončen shrnutím dalších možností, variant, specialit a případných výjimek.

Již zmíněná příloha zprávy má vzhled a uspořádání přílohy osvědčení o akreditaci, jak by mohla být subjektu vydána. Tato teoretická kalibrační laboratoř se dvěma pracovišti má 39 kalibračních postupů v oboru délka a 12 kalibračních postupů v oboru rovinný úhel.

## 6. Seznamování odborné veřejnosti s výstupy z úkolu

Dlouhodobě je cílem všech úkolů PRM, které řeší ČIA, zpřístupnit výsledné řešení co možná nejširší, především odborné veřejnosti. Samotná zpráva o řešení z tohoto pohledu nemá dostatečný dosah, i když je zveřejněna na webových stránkách ÚNMZ a ČIA. Podrobnější seznámení umožňuje ČIA pravidelně pořádanými semináři k řešení daného úkolu. Na tyto semináře ČIA zve zástupce kalibračních laboratoří z oboru i ostatní odbornou veřejnost; pro příslušné odborné posuzovatele je toto školení součástí udržování jejich kvalifikace. K řešení zde popisovaného úkolu proběhl seminář 4. dubna letošního roku.

Součástí informování odborné veřejnosti je i tento článek, připravený pro časopis Metrologie, jehož cílem je čtenáře stručně seznámit s výsledky řešení úkolu a nabídnout jim možnost přečtení celé závěrečné zprávy.

Používání správné terminologie v oborech délka a rovinný úhel na přílohách osvědčení o akreditaci i v kalibračních postupech a jiné dokumentaci laboratoří usnadňuje porovnávání informací o možnostech kalibračních laboratoří, které v daném oboru působí.

## 7. Závěr

Autoři řešení úkolu chtějí touto cestou poděkovat všem, kteří se na zpracování úkolu podíleli, tedy především oponentům a pracovníkům ÚNMZ i dalším spolupracujícím, za cenné náměty a rady, které významně přispěly k dosažené úrovni výsledku řešení úkolu PRM VII/05/22 Principy kalibrace v oborech délka a úhel.

# PŘÍVODY MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ A JEJICH VLIV PRO DC A LF MĚŘENÍ – ČÁST II

Ing. Jana Horská, Ph.D.

EG.D., a.s.

## 1. Úvodem

V minulém čísle jsme se zabývali problematikou rušivých vnějších vlivů na zařízení, a to výběrem měřicích vodičů, offsety, vlivy termonapětí. Začali jsme se zabývat problematikou rušivých signálů, jejich vznikem a rozdělením.

Jak již bylo uvedeno, u každého elektrotechnického zařízení bychom měli uvažovat, že je zdrojem i přijímačem elektromagnetického rušení. Klasifikaci rušení i jejich zdrojů je možné provést podle mnoha hledisek; jeden přístup byl uveden v předchozím čísle, nyní se budeme zabývat jejich vlivy.

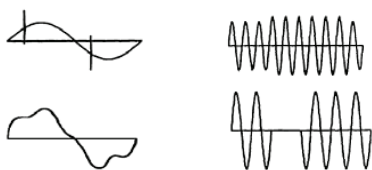
### 1.1 Rušivé signály – klasifikace

Příklady kmitočtových rozsahů rušivých signálů některých zdrojů rušení jsou uvedeny v **tab. 1**.

Tab. 1: Kmitočtová spektra vybraných zdrojů rušení

Zdroj rušení	Způsob šíření (prostředí)	Kmitočtové pásmo
Zářivka	vedení	0,1 Hz – 3 MHz
	prostorem	100 Hz – 3 MHz
Výbojka	vedení	0,1 Hz – 1 MHz
Asynchronní motory	vedení	2 Hz – 4 MHz
	prostorem	10 Hz – 400 kHz
Spínané zdroje	vedení	0,1 Hz – 30 MHz
	prostorem	0,1 Hz – 30 MHz
Výboj	vedení	0,1 Hz – 10 MHz

Z periodických spojitých rušivých signálů jsou nejdůležitější harmonické složky kmitočtu napájecí sítě 50 Hz. Rušivá napětí v napájecí energetické síti mají řadu podob a projevují se především změnami harmonického napájecího napětí 50 Hz. Typické případy jsou uvedeny na **obr. 1**.

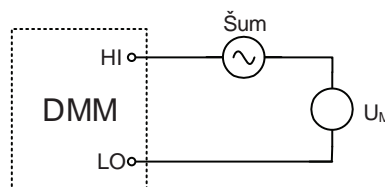


Obr. 1: Příklady tvarů rušivého napětí v síti (vř pulzy, přepětí, harmonické složky, výpadek napájení)

### 1.2 Rušivé signály – přenos

Jak již jsme uvedli výše, samotné připojené zařízení způsobuje rušení.

Samotné připojené vodiče jsou zdrojem potenciálních problémů, zároveň spojují dva další zdroje potenciálních problémů (zařízení).



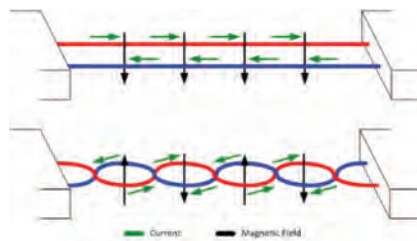
Obr. 2: Příklady klasické úlohy měření

Proto je důležité se věnovat vlastnímu způsobu připojení. Provedení spojů mezi přístroji má velký vliv na přesnost měření.

Každý uzavřený elektrický obvod tvoří smyčku, proto je vhodné používat propojovací vodiče odpovídající druhu měření a jen nezbytné délky (nejčastěji užívané jsou 0,5 m, 0,75 m, 1 m), vazba je úměrná délce vodičů. Vazbu nelze zcela eliminovat, pouze omezit.

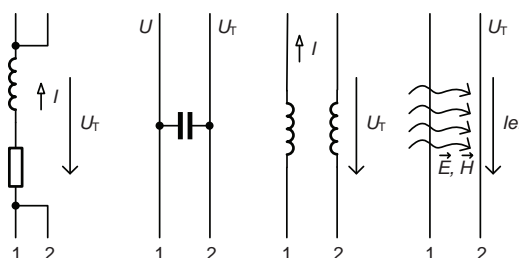
Zásadou je:

- „citlivé“ vodiče vedeme tak, aby indukované napětí bylo co nejmenší (tedy rovnoběžně s magnetickými siločarami a co nejdále od zdrojů rušivých magnetických polí),
- výkonové vedení k zátěži vedeme zkroucenými vodiči.



Obr. 3: Princip indukovaného napětí ve vodiči (dva paralelní vodiče, zkroucený pár), zdroj obrázku <https://emianalyst.wordpress.com/2016/08/31/how-cable-twisting-improves-emi/>

Druhy parazitních vazeb podle fyzikálního principu pro působení mezi dvěma vodiči (obvody): galvanická, kapacitní, induktivní, vyzařování.



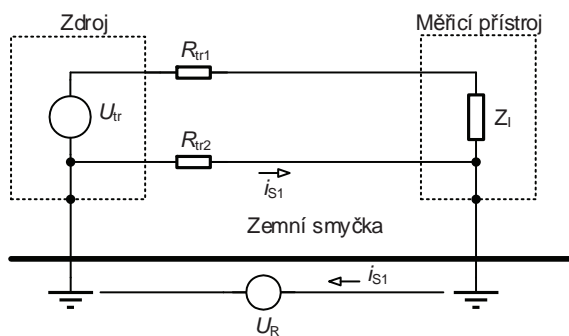
Obr. 4: Vazba galvanická, kapacitní, induktivní a vyzařováním.

Galvanická vazba dvou elektrických přístrojů je vazbou, kdy proudové smyčky obou zařízení se uzavírají společnými úseky spojovacích vedení (společnou impedancí) jako:

- vnitřní impedanci společného napájecího zdroje
- společného přívodu řídicích obvodů
- impedanci společného uzemnění

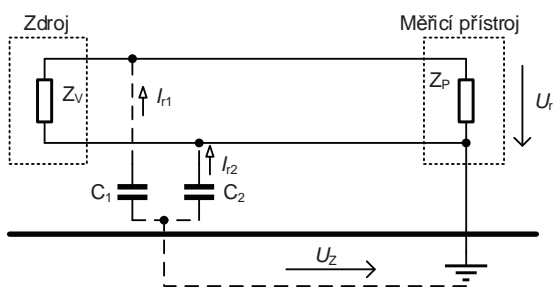
Častým případem parazitní galvanické vazby je vzájemná vazba zemní smyčkou, která vzniká v případě zemnění v různých bodech. Společnou impedanci teče proud, který po průchodu vazební impedancí tvoří napětí  $U_r$  (rušivé napětí). Pro představu: pro společnou zemní smyčku o délce 0,5 m koaxiálním kabelem o  $L = 200$  nH/m při sepnutí proudu 10 mA po dobu 100 ns vznikne rušivé napětí o velikosti 10 mV.

Zemní smyčky vznikají tím, že běžné přístroje bezpečnostní třídy I mají spojeny země nejen v trase signálu, ale i přes napájecí příklady. Proto je třeba jednu měřicí úlohu napájet z jednoho síťového vývodu. Další zlepšení se dosáhne izolovanými zdroji, případně napájením citlivých přístrojů z baterií. Při extrémně přesných nízkofrekvenčních měřeních se používají koaxiální tlumivky, omezující velikost indukovaných rušivých proudů.



Obr. 5: Vznik zemní smyčky při připojení na více zemí

Kapacitní vazba je způsobena parazitními kapacitami mezi vodiči (rušícím a rušeným) s různými potenciály, mezi kterými vzniká elektrické pole. Toto nastává při souběžném vedení napájecích a signálových kabelů, příp. při paralelním vedení vodivých drah plošných spojů. Pro představu: pro dva souběžné kabely se vzájemnou kapacitou 100 pF při sepnutí 230 V po dobu 100 ns vzniká rušivý proud 230 mA. Častým typem parazitní kapacitní vazby je velká kapacita přívodů obvodu vůči společné zemi.



Obr. 6: Kapacitní vazba proti zemi, rušivé napětí  $U_z$  se přes parazitní kondenzátory  $C_1, C_2$  přeneslo na svorku zařízení  $Z_p$

Kapacitní vazby se uplatňují ve vysokoimpedančních obvodech. Chráníme se proti nim stíněním. Stínící opletení běžného koaxiálního kabelu kryje jen asi 95 % povrchu.

Lépe stíní kabely ovinuté kovovou fólií nebo polopevné koaxiální vodiče.

Je třeba rozlišovat vodiče stíněné, kde je stínění připojeno jen na jednu stranu, a není tedy nebezpečí vzniku zemních smyček, a vodiče koaxiální, s vývody na obou stranách.

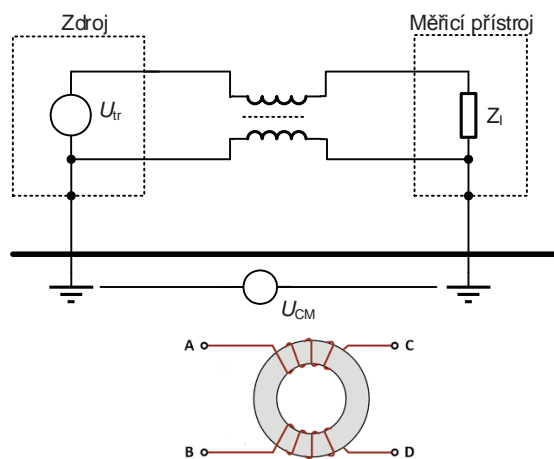
Prochází-li obvodem elektrický proud, vzniká v jeho okolí magnetické pole závislé na časovém průběhu proudu, vzniká *parazitní induktivní vazba*. Ve vodičích, které jsou v časově proměnném magnetickém poli, se indukuje napětí, jehož velikost roste se zvyšováním kmitočtu. Pro představu: pro měřicí vodič v blízkosti silového vodiče o délce 1 m při vzájemné indukčnosti 100 nH a zvýšení proudu o 1 A v napájecím vodiči po dobu 10  $\mu$ s se v signálovém vodiči naindukují napětí 10 mV.

Při větších vzdálenostech mezi zdrojem a přijímačem rušení je možná vzájemná vazba *vzájemným elektromagnetickým polem*. Sem zahrnujeme rušení blízkými vysílači a atmosférická rušení i řadu druhů průmyslových poruch. Pro přiblížení: pro malý vysílač vysílající na  $f = 300$  MHz s výkonem  $P = 10$  W na pracovišti operátora ve vzdálenosti 3 m od antény vysílače je intenzita elektrického pole 10 V/m. Ve vodiči o délce 10 cm se bude indukovat napětí 2 V.

Účinnou ochranu proti elektromagnetickému rušení vyzařováním lze realizovat pomocí stínicího krytu či přepážky umístěné mezi zdroj a přijímač rušení.

### 1.3 Odušovací tlumivky

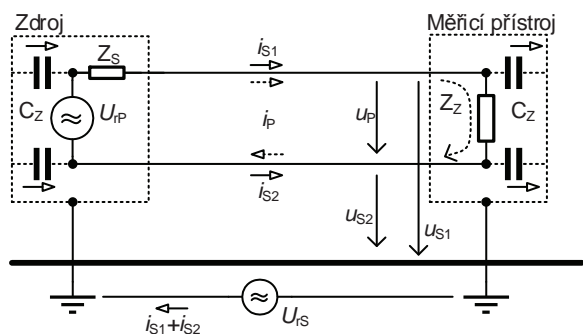
Princip této tlumivky na obr. 7 spočívá v tom, že oba vodiče jsou navinuty na společném jádru ve stejném směru tak, že pro pracovní proud a pro protifázové rušivé proudy mají jejich magnetické toky opačný směr, vzájemně se ruší. Pro soufázové rušivé proudy obou vodičů (rušivé proudy protékající oběma vodiči ve stejném směru) mají magnetické toky souhlasný směr, indukčnost pro tyto proudy je vysoká.



Obr. 7: Odušovací tlumivka, princip, možný příklad provedení

### 2. CMMR

Odolnost zařízení vůči souhlasným rušivým napětím, která působí stejnou měrou na jeho vstupy  $H_1$  a  $L_0$  vzhledem k signálové zemi, se nazývá činitel potlačení souhlasného rušení CMRR (Common Mode Rejection Ratio).



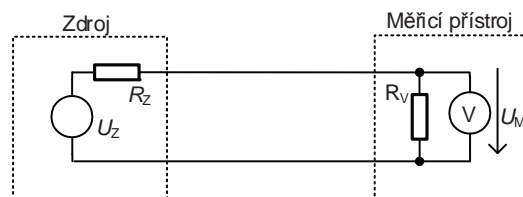
Obr. 8: CMMR, soufázové a protifázové rušení, princip.

Soufázové rušivé signály (Common Mode Voltages) se projevují mezi jednotlivými vodiči vedení a společnou zemí. Proudů  $i_{s1}$  a  $i_{s2}$  mají v jednotlivých vodičích vedení stejný směr a uzavírají se přes společnou zem parazitními kapacitami  $C_z$ . Vlivem nesymetrie systému působí rozdíl soufázového rušivého napětí ( $u_{s1} - u_{s2}$ ) přímo na impedanci  $Z_z$ .

Protifázové rušivé signály – (Differential Mode Voltages) se projevují mezi jednotlivými vodiči vedení navzájem, tj. jsou přímo superponovány na užitečné (pracovní) napájecí či datové proudy  $i_p$  a napětí  $u_p$  na přenosovém vedení. Proudů  $i_p$  mají v jednotlivých vodičích vedení stejný směr jako užitečné proudy, protifázové napětí  $u_p$  působí přímo na impedanci užitečné zátěže.

### 3. Vstupní odpor

Není-li dostatečný poměr výstupního odporu zdroje a vstupního odporu multimetru při ss a nf měření dostatečně velký, vnáší do měření systematickou chybu. Zvláště výrazně se uplatňuje na nízkonapěťových rozsazích kalibrátorů.

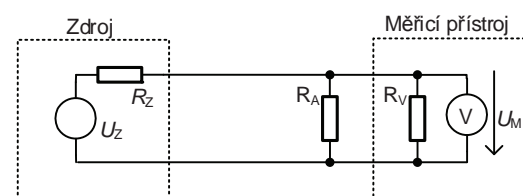


Obr. 9: Vliv vstupního odporu voltmetru.

Budeme-li uvažovat vstupní odpor multimetru  $R_V$  a vnitřní odpor zdroje  $R_Z$ , bude napětí  $U_M$  na voltmetru

$$U_M = U_Z \frac{R_V}{R_V + R_Z}$$

V případě připojení zátěže  $R_A$  to bude takto:



Obr. 10: Vliv vstupního odporu voltmetru při zatížení.

Budeme-li uvažovat vstupní odpor multimetru  $10 \text{ M}\Omega$  a hodnotu zátěže  $1 \text{ k}\Omega$  a vnitřní odpor zdroje  $1 \Omega$ , naměříme voltmetrem napětí

$$U_M = U_Z \frac{R_V \parallel R_A}{R_V \parallel R_A + R_Z}$$

$$U_M = U_Z \frac{10 \text{ M}\Omega \parallel 1 \text{ k}\Omega}{10 \text{ M}\Omega \parallel 1 \text{ k}\Omega + 1 \Omega}$$

## FAKTOR NEJISTOTY – ALTERNATIVNÍ ZPŮSOB ODHADU NEJISTOTY MĚŘENÍ

doc. Ing. David Milde, Ph.D.

Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta,  
Univerzita Palackého v Olomouci

**Eurachem**  
Zaostřeno na analytickou chemii v Evropě

### Úvod

Nejistota měření přidružená k výsledku měření představuje stejně důležitý údaj jako výsledek sám, a to zejména proto, že velikost nejistoty do značné míry odráží kvalitu a spolehlivost výsledku měření, a také proto, že se v řadě oblastí nejistota využívá při posuzování shody s mezními hodnotami a následných výrochů o shodě. Nejen z těchto důvodů je zásadní vhodné zvolit způsob odhadu nejistoty měření. Přestože se v posledních letech diskutují způsoby vyjadřování nejistoty měření i u kvalitativních zkoušek [1], tento příspěvek se bude věnovat pouze nejistotě kvantitativních zkoušek. Většina laboratoří provádějících

chemické zkoušky vyjadřuje nejistotu měření buď jako rozšířenou nejistotu ( $U$ ) nebo relativní rozšířenou nejistotu ( $U\%$ ), a to nejčastěji s použitím koeficientu rozšíření  $k = 2$ , tedy s přibližně 95% spolehlivostí. Naměřená hodnota veličiny ( $x$ ) je pak uváděna jako  $x \pm U$ . Například je-li koncentrace dusičnanů ve vodě  $45 \pm 5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , leží naměřená hodnota s 95% spolehlivostí mezi 40 a 50  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Tento přístup, poskytující symetrický konfidenční interval nejistoty, vyhovuje za předpokladu, že distribuce dat pochází z normálního rozdělení a nejistota měření není příliš vysoká. Za příliš vysokou nejistotu lze považovat relativní standardní nejistotu  $u' > 20\%$  (tj.  $U' > 40\%$ ) [2]. S takto vysokými hodnotami nejistoty měření se v běžné chemické praxi setkáváme zejména při stanovování velmi nízkých koncentrací (tzv. stopová analýza) ve složitých maticích anebo v případě započtení nejistoty spojené s odběrem vzorků u nehomogenních materiálů. Oblast stopové analýzy

také často vede k distribuci výsledků, která se významně odchyloje od Gaussova normálního rozdělení z hlediska symetrie, tj. koeficient šikmosti takového souboru dat dosahuje kladných hodnot (místo 0 pro symetrické rozdělení) a datům více odpovídá rozdělení logaritmicke-normální. Výše popsany způsob uvádění nejistoty měření přidružené k výsledku ( $x \pm U$ ) pak může vést k záporným hodnotám koncentrace pro dolní mez konfidenčního intervalu nejistoty. Záporná koncentrace však z praktického hlediska nedává smysl. Právě v těchto případech se faktor nejistoty jeví jako vhodný alternativní způsob odhadu nejistoty měření.

### Faktor nejistoty

Faktor nejistoty byl ve vědecké literatuře představen v roce 2015 [3] a do povědomí české odborné veřejnosti se dostal publikováním KVALIMETRIE 25 [4] zaměřené na nejistotu měření vyplývající z odběru vzorků. Pojďme si nyní tento nový koncept stručně představit.

Při výpočtech lze využít faktoru standardní nejistoty ( $^F u$ ) a také faktor rozšířené nejistoty ( $^F U$ ). Vynásobením naměřené hodnoty  $^F U$  vypočítáme horní konfidenční mez, vydělením  $^F U$  pak vypočteme dolní konfidenční mez intervalu nejistoty výsledku měření. Tento způsob uvádění nejistoty pak lze označit jako ( $x \times / ^F U$ ).

S využitím směrodatné odchylky  $\log_e$  transformovaných hodnot  $s_G = s(\ln(x)) = s(\log_e(x))$  lze faktor standardní nejistoty ( $^F u$ ) vypočítat podle rovnice (1).

$$^F u = \exp(s_G) \quad (1)$$

Běžněji používaný faktor rozšířené nejistoty pro  $k = 2$  pak je možné vypočítat z rovnice (2):

$$^F U = \exp(2s_G), \quad (2)$$

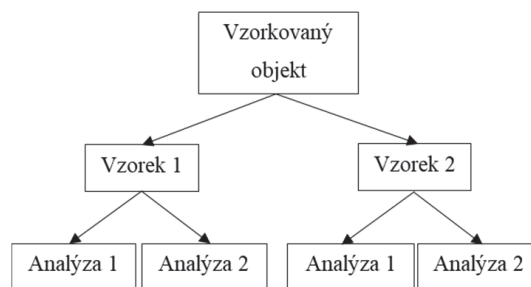
nebo vzhledem k tomu, že vynásobení  $k$  v logaritmicke škále je stejné jako umocnění na  $k$  v lineární škále, tedy  $^F U = (^F u)^k$ , alternativně lze  $^F U$  vypočítat jednoduše jako  $^F U = (^F u)^2$ .

Horní konfidenční mez intervalu rozšířené nejistoty se vypočítá vynásobením naměřené koncentrace ( $x$ )  $^F U$ , dolní konfidenční mez pak  $x$  děleno  $^F U$ . Pokud bychom k naměřené hodnotě  $45 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  měli k dispozici  $^F U = 2$ , pak by dolní mez intervalu nejistoty byla rovna  $50/2 = 25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  a horní mez  $50 \times 2 = 100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Takovýto konfidenční interval nejistoty není symetrický okolo naměřené hodnoty, nicméně nám zabezpečí, že dolní mez konfidenčního intervalu nenabude záporné hodnoty.

### Příklady aplikace faktoru nejistoty

Dva ilustrační příklady použití faktoru nejistoty, které jsou dále ve stručnosti představeny, jsou převzaty z příruček KVALIMETRIE [1, 5].

Prvním příkladem je odhad nejistoty měření při stanovení olova v kontaminované půdě. Celková nejistota má obsahovat i příspěvek odběru vzorků. Odhadnutá nejistota za použití faktoru nejistoty je porovnávána s „klasickým“ způsobem odhadu nejistoty měření. Ručním spirálovým vrtákem

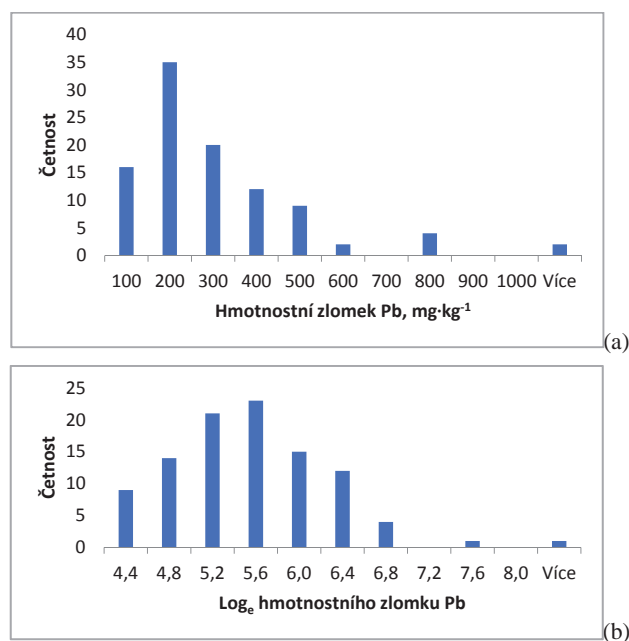


**Obř. 1:** Duplikátní metoda odběru a analýzy vzorku používaná při odhadu nejistoty měření zahrnující i příspěvek odběru vzorků

bylo odebráno 100 vzorků ornice z 9 hektarů a olovo bylo stanoveno v kompetentní laboratoři pomocí metody ICP-OES (optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem) po rozkladu vzorků ve směsi kyselin. Pro odhad celkové nejistoty skládající se z nejistoty analýzy a odběru vzorků byla použita tzv. duplikátní metoda, která je ilustrována na **obř. 1**. Na 10 náhodně vybraných odběrových místech byly místo jednoho vzorku odebrány dva a ty byly analyzovány dvakrát, čímž bylo získáno 40 výsledků.

Vzhledem k zaměření tohoto příspěvku pouze stručně uvedeme, že nejistota byla odhadnuta ze směrodatné odchylky opakovatelnosti, která tvořila největší příspěvek k celkové nejistotě. Přítomnost vychýlení (bias) výsledků byla laboratoři pomocí analýzy certifikovaného referenčního materiálu potvrzena jako nevýznamná.

Vizuální kontrola histogramu naměřených hodnot hmotnostního zlomku olova (Pb) v místě odběru (**obř. 2a**) naznačuje, že rozdělení četností je kladně zešikmené. Toto zešikmení lze do značné míry odstranit pomocí přirozených logaritmů těchto naměřených hodnot, což vede k přibližně normálnímu rozdělení (**obř. 2b**).



**Obř. 2:** Histogramy hmotnostní zlomků Pb (v  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) měřené ve 100 vzorcích půdy znázorněných na (a) původní lineární stupnici, (b) po použití přirozených logaritmů.

Pokud by se k odhadu nejistoty výsledků měření přistoupilo „klasickým“ způsobem, provedl by se výpočet relativní rozšířené nejistoty  $U'$  ze směrodatné odchylky ( $s_m$ ) naměřené hodnoty veličiny ( $x$ ) pro obvyklý koeficient rozšíření  $k = 2$  podle rovnice 3:

$$U' = 100 \cdot \frac{2 \cdot s_m}{x} [\%] \quad (3)$$

Tento způsob výpočtu však ze statistického hlediska můžeme považovat za vhodný, pokud pocházejí data z normálního rozdělení. Vzhledem k tomu, že v našem příkladu tomu tak není (obr. 2a), je vhodným řešením transformace dat. Výhodou zde použité logaritmické transformace oproti jiným transformacím (např. mocninná, Boxova-Coxova) je, že data lze transformovat v běžném tabulkovém procesoru a není k tomu nutné použít specializovaný statistický software. Faktor nejistoty  ${}^F U$  můžeme pak snadno vypočítat ze směrodatné odchylky 40 logaritmicky transformovaných výsledků použité duplikátní metody. Detaily výpočtu jsou uvedeny v literatuře [5] a zde je pouze představen výsledek  ${}^F U = 2,62$ . Výsledek měření spolu s přidruženou nejistotou získanou oběma uvedenými způsoby pro typickou hodnotu hmotnostního zlomku Pb 300 mg·kg<sup>-1</sup> uvádí **tab. 1**.

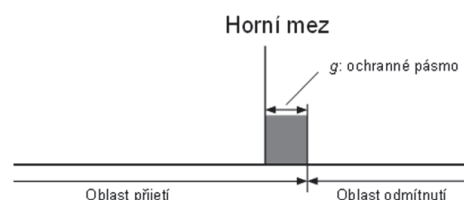
**Tab. 1:** Konfidenční meze (dolní LCL a horní UCL) vypočtené pro naměřenou hodnotu koncentrace 300 mg·kg<sup>-1</sup>, je-li nejistota měření vyjádřena jako rozšířená relativní nejistota ( $U'$ ) nebo jako faktor rozšířené nejistoty ( ${}^F U$ ).

	Hodnota	LCL (mg·kg <sup>-1</sup> )	Výpočet LCL	UCL (mg·kg <sup>-1</sup> )	Výpočet UCL
$U'$	83,6 %	49	300 – 83,6 %	551	300 + 83,6 %
${}^F U$	2,62	115	300 / 2,62	784	300 × 2,62

Široký asymetrický konfidenční interval pro faktor nejistoty je způsoben zejména procesem odběru značně heterogenního vzorku ornice. Přístup pomocí faktoru nejistoty zahrnuje několik velmi vysokých hodnot, s UCL dosahující k 784 mg·kg<sup>-1</sup> spíše než jen k 551 mg·kg<sup>-1</sup>, a je tedy reprezentativnější pro rozptyl původních měření. Dále rozdělení četnosti původních naměřených hodnot naznačuje, že existuje více než 10 % odlehklých hodnot, což je obvykle akceptovaná mezní hodnota pro spolehlivý odhad nejistoty při použití robustních statistických metod, které by se teoreticky daly aplikovat místo logaritmické transformace dat. Oba tyto faktory naznačují, že přístup využívající faktor nejistoty vede v tomto případě ke spolehlivějším hodnotám nejistoty měření.

Druhý příklad ilustruje dopady použití faktoru nejistoty při posuzování shody s mezní hodnotou pro asymetrické rozdělení. Budeme hodnotit, zda hmotnostní zlomek zakázané látky v krvi sportovce 3,3 ng·g<sup>-1</sup> přesahuje horní povolenou mez  $L_u$ , která je rovna 2 ng·g<sup>-1</sup>. Ve stručnosti lze uvést, že je aplikován přístup s výpočtem tzv. ochranného pásma a následně oblastí přijetí a zamítnutí (**obr. 3**). Podrobnosti výpočtů jsou uvedeny v literatuře [1]. Pro stanovení zakázané látky deklaruje laboratoř relativní rozšířenou nejistotu  $U' = 70$  %. V tomto případě se jedná o stopovou analýzu a asymetrie rozdělení dat je způsobena velkou relativní nejistotou kontrolní analýzy zakázané

látky a rozdělení nejistoty je přibližně logaritmicko-normální. Hmotnostní zlomek zakázané látky v krvi sportovce bude považován za nadlimitní, pokud pravděpodobnost hodnoty, že hodnota koncentrace bude větší než mez  $L_u$ , bude  $\geq 95$  %. V případě logaritmicko-normálního rozdělení lze ochranné pásmo vypočítat pomocí faktoru nejistoty  ${}^F U$  ze vzorce  ${}^F U \approx \exp(k \cdot u_{rel})$ ;  $k$  je 1,64, z jednostranného horního 95% kvantilu normálního rozdělení a  $u_{rel} = 0,35$ , což poskytne  ${}^F U \approx \exp(1,64 \cdot u_{rel}) = 1,78$ . Ochranné pásmo  $g$  pro správné odmítnutí lze pak vypočítat jako:  $g = L_u \cdot {}^F U - L_u = 1,6$  ng·g<sup>-1</sup>. Oblast přijetí tedy končí na hodnotě  $2 + 1,6 = 3,6$  ng·g<sup>-1</sup> a můžeme konstatovat, že vzorek je vyhovující. I u tohoto příkladu je zásadní předpoklad typu rozdělení dat. Pokud bychom předpokládali normální rozdělení, oblast přijetí by končila na hodnotě  $L + g = L + k \cdot u = 2 + 1,64 \cdot 0,35 = 3,2$  ng·g<sup>-1</sup> a vzorek by byl nevyhovující.



**Obr. 3:** Oblasti přijetí a odmítnutí pro horní mez

## Závěr

Faktor nejistoty jako alternativní přístup k odhadu nejistoty měření může v některých případech výsledků (nejen chemických kvantitativních zkoušek) přinést realističtější hodnoty nejistoty měření. Jedná se zejména o oblast stopové analýzy, kdy nejsou neobvyklé hodnoty relativní rozšířené nejistoty větší než 40 %, a dále o případy, kdy zpracovávaná data pocházejí z asymetrického rozdělení s kladnou šikmostí. Je třeba zmínit, že vyjádření nejistoty výsledku způsobem  $x \times / {}^F U$  vedoucí k asymetrickému intervalu místo relativně nedávno zavedeného  $x \pm U$  se symetrickým intervalem může být pro zákazníky výsledků obtížně uchopitelné. Jako další nevýhodu je třeba zmínit nezbytnost pokročilejšího statistického zpracování výsledku, na což nemusí být řada uživatelů vybavena jak odbornými znalostmi, tak vhodným softwarem. V neposlední řadě je zde riziko nadbytečného používání faktoru nejistoty v případech, kdy laboratoř záměrně prezentuje data s vyšší nejistotou a ze statistického hlediska k tomu není žádný důvod.

## Literatura:

- [1] Posuzování výkonnosti a nejistota v kvalitativní analýze. In: Milde D. (ed.): KVALIMETRIE 27. Eurachem-ČR, Ústí nad Labem 2022. (ISBN 978-80-86322-16-2) Dostupné z [www.eurachem.cz](http://www.eurachem.cz).
- [2] What is the uncertainty factor? Eurachem leaflet, 2021. Dostupné z [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org).
- [3] Ramsey M. H., Ellison S. L. R.: Uncertainty factor: an alternative way to express measurement uncertainty in chemical measurement. Accred. Qual. Assur. 20, 153-155 (2015).
- [4] Milde D. (ed.): KVALIMETRIE 25 – Nejistota vzorkování. Eurachem-ČR, Ústí nad Labem 2020. (ISBN 978-80-86322-13-1) Dostupné z [www.eurachem.cz](http://www.eurachem.cz).

## PROGRAM ROZVOJE METROLOGIE 2023

### Ing. Eliška Machová

*Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

Hlavním cílem Programu rozvoje metrologie je plnění Koncepce rozvoje národního metrologického systému České republiky, která byla pro období let 2022 až 2026 schválena Usnesením vlády ČR č. 961 ze dne 5. listopadu 2021. Program obsahuje úkoly zaměřené zejména na uchovávání a rozvoj státních etalonů, podporu rozvoje předpisové základny legální metrologie, dozorové činnosti, zabezpečování mezinárodní spolupráce a dále podporu výzkumných úkolů a rozvoje metrologických laboratoří vysokoškolských pracovišť, sjednocování postupů kalibračních laboratoří a kontrolních a měřicích pracovišť. Program rozvoje metrologie schvaluje předseda ÚNMZ na základě doporučení Rady pro metrologii. Od roku 2020 jsou rozpočtové prostředky určené na Program rozvoje metrologie ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu výrazně kráceny, a to v době realizace závěrů Inovační strategie České republiky 2019–2030 zpracované Radou pro výzkum, vývoj a inovace a schválené vládou (UV č. 104/2019), která je postavena na podpoře vědy, výzkumu a inovací. Toto opatření má tedy v posledních letech za následek nutnost provedení významných škrťů v rozpočtu plánovaných úkolů v rámci tohoto programu. Schválený Program rozvoje metrologie pro rok 2023 obsahuje 19 úkolů plněných Českým metrologickým institutem, jeho přidruženými laboratořemi, Českou metrologickou společností, Českým institutem pro akreditaci a dalšími výzkumnými i vzdělávacími institucemi.

### Úkoly Programu rozvoje metrologie 2023 podle jednotlivých kapitol PRM

#### I. Metrologická legislativa

##### I/1/23 Zpracování metrologických předpisů pro stanovená měřidla, řešitel ČMI

Náplní úkolu je zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování, přezkušování či postupy prodloužení doby platnosti ověření stanovených měřidel za účelem dosažení jednotné aplikace metod/postupů zkoušení definovaných opatřeními obecné povahy pro vybrané druhy stanovených měřidel. Bude se jednat o metrologické předpisy pro následující stanovená měřidla (v závorce je uvedeno označení položky druhového seznamu stanovených měřidel, která je přílohou vyhlášky č. 345/2002 Sb.):

- Výdejní stojany pro pohonné hmoty – metrologické, technické a provozní aspekty při používání ve funkci stanovených měřidel (položka 1.3.12)
- Váhy pro vysokorychlostní kontrolní vážení silničních vozidel za pohybu (doplnění dalších procesních a technických aspektů souvisejících s prokazováním plnění požadavků právního předpisu) (položka 2.1.3 c))
- Provádění a vyhodnocování statistických výběrových zkoušek membránových plynometrů (revize MP 012) (položka 1.3.10 a))

- Postup provádění a vyhodnocování statistických výběrových zkoušek elektroměrů (revize MP 013) (položky 4.1.2 a), 4.1.3 a))
- Postup provádění a vyhodnocování statistických výběrových zkoušek vodoměrů (nový MP) (položka 1.3.9 d))

#### II. Uchovávání státních etalonů

##### II/1/23 Uchovávání státních etalonů, řešitel ČMI

Náplní úkolu budou práce spojené s uchováváním a udržováním státních etalonů ČR, jejichž funkčnost zabezpečuje ČMI, s cílem zachovat jejich potřebnou metrologickou úroveň a využitelnost pro navazování měřidel nižších řádů. K 1. lednu 2023 bylo těchto etalonů 61. Seznam všech státních etalonů je uveden na webových stránkách ÚNMZ v části Metrologie v rubrice Metrologický systém (<https://www.unmz.cz/metrologie/metrologicky-system/statni-etalon-y-ceske-republiky/>).

##### II/2/23 Uchovávání státního etalonu času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR

Základním cílem tohoto úkolu je zajištění metrologické úrovně a funkčnosti státního etalonu času a frekvence. Hlavní součástí úkolu jsou následující: fyzická aproximace trvání sekundy TAI, realizace národní časové stupnice UTC(TP), navazování atomových hodin ČR pro vytváření TAI, klíčová porovnání BIPM CCTF-K001.UTC, analýza časového transferu z/do laboratoře, realizace krátkodobě stabilní frekvence, rekalibrace etalonů a základních měřicích systémů laboratoře. Kromě toho jsou prováděny související činnosti, dále prezentace výsledků a spolupráce s laboratořemi v ČR i v zahraničí.

Úkol bude zahrnovat následující: Fyzická aproximace trvání sekundy TAI. Realizace národní časové stupnice UTC(TP). Navazování atomových hodin ČR pro vytváření TAI. Klíčová porovnání BIPM CCTF-K001. UTC. Analýza časového transferu z/do laboratoře. Realizace krátkodobě stabilní frekvence. Rekalibrace etalonů a základních měřicích systémů laboratoře. Uchovávání databáze. Udržování podpůrných systémů laboratoře. Prezentace výsledků, konzultační činnost a popularizace. Spolupráce v oblasti TF s partnerskými pracovišti v zahraničí i ČR.

Řešení úkolu má přinést mj. následující výstupy: Aproximace sekundy TAI s rozšířenou relativní nejistotou  $8 \cdot 10^{-14}$  v průměrovacím intervalu 1 den, realizace UTC(TP) s rozšířenou nejistotou 55 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, zaslání výsledků do BIPM, analýza vybraných diferencí UTC(TP) – UTC(k) získaných metodou společných pozorování GNSS, distribuce UTC(TP) v internetu prostřednictvím serverů NTP. Pracoviště zároveň zastupuje ČR v EURAMET a výsledky činnosti publikuje na mezinárodní úrovni.



### **II/3/23 Uchovávání státního etalonu délky 25 m až 1450 m, řešitel VÚGTK Zdiby**

Základním cílem úkolu je uchovávání státního etalonu délky 25 m až 1450 m a zajištění jeho funkcí, zejména realizace metrologické návaznosti státního etalonu a systematická měření pro sledování stability délkových parametrů státního etalonu s využitím měřidel SE. V souvislosti se záměrem nahrazení laserového interferometru LIMTEK je cílem realizováno v roce 2023 nové složení tohoto státního etalonu.

### **II/4/23 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení, řešitel VÚGTK Zdiby**

Cílem úkolu je uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení (ECM 120-3/08-040), který je od roku 2020 tvořen sestavou absolutních balistických gravimetrů FG5-215/HS5 a FG5X-251/HS5. Hlavními cíli navrženého úkolu je v roce 2023 účast na klíčovém porovnávacím měření absolutních gravimetrů CCM.G-K2.2023, porovnání absolutních gravimetrů FG5-215/HS5 a FG5X-251/HS5 a aktualizace rozpočtu nejistot obou gravimetrů.

## **III. Rozvoj etalonáže**

### **III/14/23 Průtokoměr konstantní vodivosti systému přípravy směsi plynů, řešitel MFF UK**

Hlavním cílem úkolu je návrh a realizace vhodného restričního prvku pro průtokoměr konstantní vodivosti. Pomocí takového typu průtokoměru lze následně realizovat systém etalonáže vakuových měrek a hmotnostních spektrometrů ve směsích plynů na stávajících etalonech na principu dynamické expanze. Výsledkem řešení úkolu bude průtokoměr konstantní vodivosti včetně jeho předběžné metrologické charakterizace.

## **V. Metrologický dozor**

### **V/1/23 Státní metrologický dozor, řešitel ČMI**

Náplní úkolu je zabezpečení výkonu státního metrologického dozoru u autorizovaných a registrovaných subjektů a ostatních uživatelů stanovených měřidel nad dodržováním povinností stanovených zákonem o metrologii, dále dozor nad dodržováním podmínek autorizace, úředních měřičů a registrace a řešení případů nedodržení zákona o metrologii, postoupených ČMI jinými kontrolními orgány – např. ČOI, GŘC, ŽÚ, SZPI a stížností občanů.

## **VI. Mezinárodní spolupráce**

### **VI/1/23 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie, řešitel ČMI**

Plnění úkolů vyplývajících z členství České republiky v mezinárodních metrologických organizacích, zejména EURAMET, CIE, Metrické konvenci (BIPM), OIML a WELMEC, DUNAMET, EA a NCSLI a vyplývajících ze spolupráce ČMI s národními metrologickými instituty v rámci mezivládních dohod či jejich přípravy.

## **VII. Transfer znalostí**

### **VII/1/23 Nové kalibrační postupy, řešitel ČMS**

Cílem úkolu je doplnění soustavy kalibračních postupů o další skupinu měřidel. Navrhovaný kalibrační postup není dosud zpracován a jsou zaznamenávány požadavky ze strany uživatelů na zpracování. Kalibrace měřidel mají zásadní vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů a vypracované postupy přispívají ke zkvalitnění základního podkladu pro práci kalibračních laboratoří a kontrolních a měřicích pracovišť podnikové sféry. Řešení úkolu přinese zkvalitnění základního podkladu pro jejich práci. Bude zpracován VKP pro klínové měřky.

### **VII/2/23 Revize vydaných kalibračních postupů, řešitel ČMS**

Cílem řešení úkolu je uvést kalibrační postupy do souladu s platnými normami a doplnit postupy o stanovení nejistot se vzorovými příklady, a zároveň sjednotit jejich obsah i formu. Dříve vydané kalibrační postupy neobsahovaly vzorový příklad výpočtu nejistot měření a současně u řady technických norem došlo v posledním období k jejich změnám (např. změněný způsob vyhodnocení výsledků měření). Řešení úkolu přinese zkvalitnění a sjednocení základního podkladu pro práci kalibračních laboratoří i metrologických pracovišť podnikové sféry. V rámci úkolu budou revidovány následující kalibrační postupy pro kontrolní a rýsovací hrotové přístroje, měřidla pro kontrolu svárů, měřicí a regulační řetězce teplotních a klimatických komor (nové označení KP 2.5.2/01/23).

### **VII/3/23 Metodiky provozních měření, řešitel ČMS**

Metodiky provozních měření jsou postupy poskytující informace o správném a jednotném měření v technologických i laboratorních aplikacích. Mají zásadní a přímý vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů v průmyslových provozech a slouží jako podkladové materiály pro certifikaci odborné způsobilosti personálu. Řešení úkolu přinese zkvalitnění měření v podnikové a státní sféře a ve sféře služeb. V rámci úkolu budou vytvořeny dvě metodiky – Metodika měření závitových kalibrů a Metodika měření svarovými měrkami.

### **VII/4/23 Překlady dokumentů WELMEC, řešitel ČMS**

Cílem úkolu je zajištění kvalitních překladů mezinárodně uznávaných dokumentů WELMEC pro potřeby jejich uživatelů v České republice, resp. revize již dříve přeložených dokumentů. Návodové dokumenty WELMEC slouží mj. jako výklad aplikace metrologických směrnic, který je uznávaný Evropskou komisí. V rámci úkolu budou přeloženy návodové dokumenty WELMEC 2.10 a 7.6 a revidovány návodové dokumenty WELMEC 7.2 a 7.4.

### **VII/5/23 Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost, řešitel ČIA**

Cílem úkolu je získání přehledu principů kalibrace v oboru hmotnost, kombinovaného s přehledem faktorů ovlivňujících nejistotu, jejichž vliv je nutné při stanovování

CMC laboratoře vzít v úvahu. Sjedený náhled na způsob výpočtu nejmenší uváděné nejistoty vzhledem k rozsahu a její správné uvádění výrazně zvyšuje porovnatelnost výkonu jednotlivých laboratoří. Dalším prvkem, který toto sjednocování posiluje, je uvedení principu (metody, postupu) kalibrace. Bez této znalosti nelze dostatečně vyhodnotit úroveň služeb poskytovaných laboratoří ani v POA uvedenou nejmenší udávanou nejistotu. Vzhledem k tomu, že tato informace nebyla doposud běžně poskytována, liší se názory jednotlivých laboratoří i pracovníků v metrologii na míru její podrobnosti. Stejný princip lze také různě pojmenovat. Součástí výsledku úkolu bude zpřístupnění řešení úkolu odborné veřejnosti formou semináře a článkem v odborném periodiku.

#### **VII/6/23 KVALIMETRIE 28: Akreditace mikrobiologických laboratoří; Návody pro validaci metod, řešitel Eurachem - ČR**

V rámci úkolu bude vytvořena nová metodická příručka určená zejména pracovníkům mikrobiologických a chemických laboratoří. Příručka přinese odborné překlady nově vydaných pokynů Eurachem do češtiny. První ze dvou částí bude obsahovat překlad 3. vydání pokynu Eurachem: „Accreditation of Microbiological Laboratories“. Druhou část bude tvořit překlad nově vydaných praktických doplňků k pokynu zaměřenému na validaci metod. Jedná se o dokumenty zaměřené na plánování validace a oblast slepých pokusů a jejich vyhodnocení.

Výstupem úkolu bude elektronické vydání 28. dílu řady příruček KVALIMETRIE, jež bude zdarma k dispozici na webových stránkách Eurachem-ČR ([www.eurachem.cz](http://www.eurachem.cz)).

### **VIII. Ostatní**

#### **VIII/1/23 Inovace systému pro porovnávání časových stupnic UTC(FEL) a UTC(TP) pomocí zařízení Low Jitter White Rabbit Switch, řešitel ČVUT FEL, katedra měření**

Úkol je zaměřen na zprovoznění a kalibraci optické přenosové trasy mezi Laboratoří přesného času a frekvence (LPČF) FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence ÚFE AV při použití technologie White Rabbit (WR). Výsledkem řešení úkolu bude především návrh a realizace systému optického přenosu času a frekvence založeného na technologii WR mezi LPČF FEL a Státním etalonem času a frekvence (SEČF) ÚFE, návrh technického a programového vybavení, kalibrace systému WR mezi LPČF a SEČF, ověření dlouhodobého chování realizovaného systému přenosu času, porovnání výsledků měření časových stupnic FEL Time a UTC(TP) pomocí optického přenosu a metodou Common-View.

#### **VIII/3/23 Metrologické charakteristiky nových psychoaktivních látek, řešitel VŠCHT**

Cílem úkolu je určení metrologických charakteristik pěti nových syntetických látek, které jsou zneužívány jako omamné a psychotropní drogy. Referenční materiály

těchto látek budou validovány pro praktické využití ve forenzních a toxikologických laboratořích, zejména v Celní správě a Policii České republiky.

#### **VIII/6/23 Testování kalibrátorů částečných výbojů menších než 10 pC, řešitel ČVUT FEL, katedra elektrotechnologie**

Hlavní náplň úkolu se týká realizace a ověření vlastností nábojového zesilovače použitého pro analogovou integraci proudových impulzů částečných výbojů o velikosti náboje menší než 10 pC. Součástí řešení je rovněž stanovení strmosti nárůstu náboje a určení nejistot měření. Pro ověření funkce bude realizován generátor impulzů částečných výbojů odpovídající velikosti.

#### **VIII/9/23 Posouzení použitelnosti měřidel využívajících ultrazvukový princip pro měření rychlosti vodního proudu, řešitel FS VUT Brno**

Cílem úkolu je posoudit možnost využití uvedených měřidel rychlostí vodního proudu v oblasti úředního měření průtoku v prizmatických profilech s volnou hladinou. V rámci zpracování úkolu bude provedeno shrnutí teoretické části související s použitím vybraných ultrazvukových měřidel bodových a svislicových rychlostí vodního proudu, shrnutí zkušeností s použitím, provozem a kalibrací předmětných měřidel, průběžně opakované experimentální zkoušky zaměřené na posouzení mezilehlé preciznosti, variability měřených rychlostí a posouzení stability nulové rychlosti u dvou vybraných předmětných měřidel.

#### **VIII/16/23 Oktofilární odporové etalony s vypočítatelnými kmitočtovými závislostmi, řešitel ČVUT FEL, katedra měření**

Úkol je zaměřen na výpočty kmitočtových závislostí oktofilárních odporových etalonů, jejichž odporové elementy jsou tvořeny čtyřmi dlouhými smyčkami odporového drátu. První etapa řešení úkolu bude věnována výpočtům parazitních kapacit a indukčností etalonů, které jsou hlavními příčinami AC/DC diferencí jejich hodnot. AC/DC diference budou v druhé etapě řešení úkolu stanoveny z vypočtených hodnot parazitních kapacit a indukčností na základě modelu etalonu ve formě dlouhého vedení s rovnoměrně rozloženými parametry. Bude přitom uvažován též vliv vířivých proudů indukovaných do vodivých součástí etalonu. Výstupem úkolu budou podklady pro výpočty kmitočtových charakteristik oktofilárních odporových etalonů přímo z jejich konstrukčních parametrů.

Řešení úkolů Programu rozvoje metrologie se zahajuje obvykle v březnu až v dubnu. V souladu s pravidly realizace Programu rozvoje metrologie jsou jednotlivé úkoly předmětem úvodní, průběžné a závěrečné oponentury, v jejichž rámci odborní oponenti zhodnotí vhodnost zařazení jednotlivých úkolů do Programu, dále průběh, respektive výsledky řešení úkolů, jejich kvalitu a přínos, a posoudí, zda řešitelé dosáhli stanovených cílů. Všechny úkoly musí být ukončeny nejpozději k 30. listopadu, a to včetně závěrečné oponentury.

## EURAMET PROJEKT GIQS: GRAFENOVÝ KVANTOVÝ ETALON IMPEDANCE

<sup>1)</sup>Ing. J. Kučera Ph.D., <sup>2)</sup>Ing. Pavel Svoboda, CSc.

<sup>1)</sup>Český metrologický institut,

<sup>2)</sup>externí pracovník Českého metrologického institutu

### 1. Úvod

Primární návaznost veličin elektrické impedance na konstanty revidované Mezinárodní soustavy jednotek (SI) je v dnešní době řešena více metodami. Pro primární návaznost jednotky elektrické kapacity se používají vypočítatelné etalony kapacity na bázi Thompson-Lampardova teorému nebo návaznost na stejnosměrný kvantový Hallův jev pomocí etalonů elektrického odporu s vypočítatelnou kmitočtovou závislostí a kvadratických impedančních můstků. V současné době se mimo národní metrologické instituce používá jen velmi málo kvantových etalonů, a to z důvodu vysokých investic, vysokých provozních nákladů a složitosti používání. Pro kvantovou návaznost jednotky impedance, faradu, by bylo jednoznačně přínosné, kdyby byla zavedena ekonomicky životaschopná cesta. Složitá kalibrační řetězce návaznosti z kvantového Hallova odporu (QHR) na různé hodnoty kapacity a indukčnosti však existují pouze v některých největších institutech. To nebylo přijatelné a bylo jednoznačně zapotřebí kratšího a jednoduššího řetězce návaznosti impedance na kvantové etalony, který by byl dostupný a cenově přijatelný pro všechny instituty, kalibrační střediska a průmyslová odvětví (např. automobilový průmysl a elektronika).

Pro návaznost jednotky elektrické kapacity lze využít i přímého porovnání etalonu kapacity s QHR pracujícím ve střídavém režimu (AC QHR). Příklad řetězce návaznosti jednotky kapacity na kvantový Hallův jev je na **obr. 1**. Proč využít pro realizaci kvantového Hallova jevu grafen? Jeho potenciál pro metrologii byl pochopen téměř okamžitě, protože v grafenu může kvantový Hallův jev existovat při mnohem nižších magnetických polích (pod 6 T) a vyšších teplotách (nad 4 K) než v konvenčních systémech. Realizace stejnosměrného kvantového jevu byla díky použití grafenu zjednodušena. Realizace základní jednotky pro střídavé jednotky impedance, tj. pro kapacitu a indukčnost, rovněž může využít grafen s jeho mnohem méně náročnými provozními mezemi vzhledem k teplotě a magnetickému poli. Poté lze realizovat QHR v cryocoolerem chlazené aparatuře s kompaktním magnetem místo kryogenních zařízení chlazených nedostatkovým tekutým héliem. Kromě toho bylo třeba dále vyvinout, optimalizovat a přizpůsobit jednodušší a flexibilnější střídavé přístrojové vybavení pro

použití grafenových vzorků, které pracují přímo ve střídavém režimu, a vyhnout se tak problematickému postupu převodu stejnosměrného odporu na střídavou impedanci pomocí dalších aparatur.

V roce 2022 skončil projekt GIQS [1] zaměřený právě na realizaci kvantového etalonu impedance na bázi grafenu. Pro splnění cílů projektu partneři úspěšně vyvinuli kvantové etalony impedance na bázi grafenu a zlepšili parametry a pracovní rozsahy digitálních a Josephsonových impedančních můstků. Tato zařízení se snáze ovládají a umožní uživatelům jednodušší návaznost impedančních jednotek na kvantový Hallův jev s vysokou metrologickou přesností. Vyvinuté komponenty kryogenního systému pro provoz kvantových zařízení pomohou v budoucnu zjednodušit náročné požadavky na realizaci měření.

Projekt ideálně navázal a významnou měrou rozšířil teorii a praxi získanou partnery v oblasti metrologické aplikace grafenu z projektu EURAMET GraphOhm [2] (*Quantum resistance metrology based on graphene*) a v oblasti měření impedance v projektu EURAMET VersiCaL (*A versatile electrical impedance calibration laboratory based on digital impedance bridges*), popsáno v *Metrologii* 1/2022 [3]. Detaily k informacím uvedeným níže jsou dostupné v [4].

Konsorcium sestávalo – mimo ČMI – z institutů PTB (Německo), INRIM (Itálie), LNE (Francie), METAS (Švýcarsko), RISE (Švédsko), VTT (Finsko), CNRS (Francie), NIMT (Thajsko), POLITO (Itálie) a KRIS (Korejská republika). ČMI se do projektu GIQS zapojil významnou měrou, především v následujících oblastech:

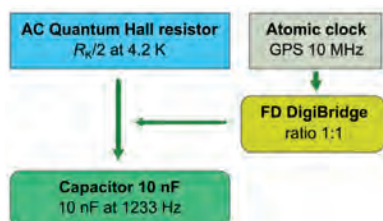
- návrh optimální konstrukce kryogenního držáku grafenové struktury,
- mentoring dalších institutů při vývoji střídavých kryogenních vložek,
- rozvoj digitálních impedančních můstků pro přímé navazování jednotky kapacity na kvantové etalony impedance na bázi grafenu,
- charakterizace metrologických parametrů grafenových struktur.

### 2. Cíle projektu

Celkovým cílem bylo spojit nové digitální impedanční měřicí můstky s materiálem grafenem ve zjednodušeném kryogenním prostředí. To poskytne evropským metrologickým institutům, kalibračním střediskům a průmyslu technologii, která je potřebná pro praktickou realizaci jednotek elektrické impedance (ohm, farad, henry) v revidované soustavě SI.

Specifickými cíli projektu byly:

1. Optimalizovat a přizpůsobit grafenový materiál a grafenové vzorky QHR s cílem zlepšit porozumění grafenovému střídavému kvantovému Hallovu jevu jako základu pro návaznost impedančních jednotek na QHR při teplotách 4 K nebo vyšších v magnetických polích, která jsou co nejnižší – maximálně 6 T.



**Obr. 1:** Přímá návaznost jednotky kapacity pomocí etalonu o nominální hodnotě 10 nF na AC QHR pomocí plně digitálního impedančního můstku a referenčních hodin.

2. Pokrok v oblasti digitálních můstků pro kapacitní rozsah od 10 pF do 10 nF při frekvencích do 100 kHz a vývoj imedančního můstku pracujícího se spektrálně čistými Josephsonovými napětími do 50 kHz v celé komplexní rovině.
3. Kombinovat grafenové vzorky s Josephsonovým imedančním můstkem (s cílovou nejistotou pod 0,01  $\mu\Omega/\Omega$ ) a s plně digitálním můstkem pro zjednodušený provoz (s cílovou nejistotou okolo 0,1  $\mu\Omega/\Omega$ ), aby bylo možné zajistit návaznost kapacity na střídavý QHR.
4. Vyvinout a charakterizovat cryocoolerový chladicí systém, v němž jsou umístěny supravodivý Josephsonův kvantový etalon napětí a grafenový etalon odporu, které pracují při střídavém proudu a slouží jako základní prvek kvantového odporového a imedančního standardu v revidovaném SI.
5. Usnadnit zavádění technologií a měřicí infrastruktury, vyvinutých v rámci projektu, do dodavatelského řetězce měření (např. výrobci grafenu), organizací vyvíjejících normy a konečných uživatelů (např. národních měřicích institucí a kalibračních center, jakož i projektu Evropské komise Graphene Flagship).

### 3. Výsledky projektu

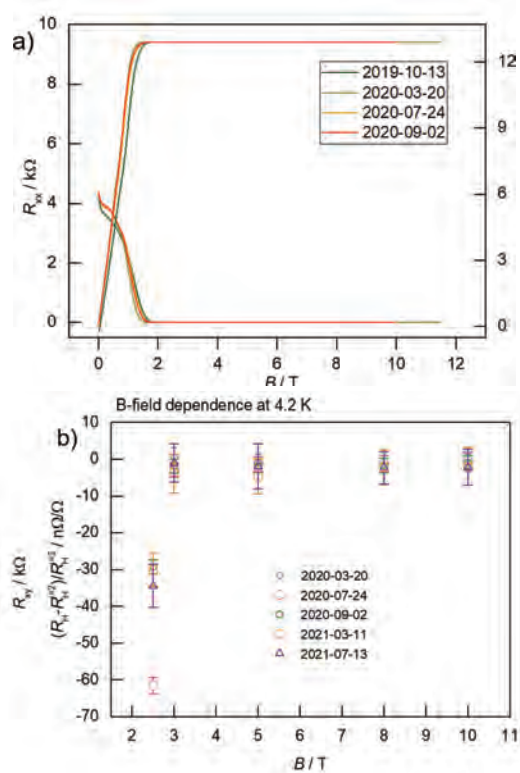
#### Grafenový materiál

Optimalizovat a přizpůsobit grafenový materiál a grafenové vzorky QHR s cílem zlepšit porozumění grafenovému střídavému kvantovému Hallovu jevu (AC QHR) jako základu pro návaznost imedančních jednotek na QHR při teplotách 4 K nebo vyšších v magnetických polích, která jsou co nejnižší – maximálně 6 T.

Klíčem k výrobě spolehlivých kvantových etalonů je kvalita základní vrstvy grafenu. Té bylo dosaženo epitaxním růstem na substrátech z karbidu křemíku (SiC) ve třech partnerských institucích. K pěstování grafenu na SiC byly použity tři metody: „klasická“ sublimace křemíku v KRISS, sublimace Si za pomoci polymerů v PTB a CVD ve vodíkové atmosféře v CNRS. Výsledné vrstvy grafenu se skládaly z homogenní jednoatomové vrstvy grafenu na plochách, které byly dostatečně velké pro výrobu kvantových Hallovyých zařízení až do řádu mm. Proces výroby kvantových Hallovyých zařízení byl optimalizován a vedl k mechanicky stabilním ohmickým kontaktům s nízkými hodnotami odporu několika miliohmů. Dalším klíčovým prvkem bylo úspěšné použití techniky molekulárního dopování, pomocí kterého byla elektronová hustota vyladěna na hodnoty okolo  $10^{11}$  cm<sup>-2</sup>. To umožnilo získat pracovní body pro měření odporu QHR při nízkých magnetických polích  $B < 6$  T. Kvalita vyrobených kvantových struktur byla testována pomocí stejnosměrného kvantového Hallova měření v partnerských laboratořích v Evropě a Asii, které rovněž prokázalo robustnost vzorků a dlouhodobou stabilitu jejich vlastností. Měření v BIPM (Bureau International des Poids et Mesures), který je zúčastněnou stranou projektu GIQS, potvrdila, že etalon QHR na bázi grafenu souhlasí s nominální hodnotou kvantifikovaného odporu konvenčního etalonu na bázi GaAs/AlGaAs s přesností  $1 \pm 3 \times 10^{-9}$  při magnetickém poli 5 T a teplotě 4,2 K. To představovalo

potvrzení vysoké kvality vyrobených vzorků a podporuje to přípravu BIPM na přechod od referenčních kvantových etalonů na bázi GaAs k referenčním etalonům na bázi grafenu.

PTB a KRISS vyrobily řadu grafenových vzorků; příklad výsledku sledování stability v čase vzorku z KRISS je na **obr. 2**. Stabilita kvantizace byla potvrzena prostřednictvím opakovaných tepelných cyklů po dobu dvou let. Úroveň nakvantování při stejnosměrném proudu byla v řádu n $\Omega/\Omega$ . Stabilita nakvantování byla pozorována i u jiných vzorků, včetně vlivu přepravy na dlouhé vzdálenosti prostřednictvím mezilaboratorních srovnání (KRISS, PTB a zpět do KRISS; PTB, ČMI, KRISS a zpět do PTB...), detaily v [5].



**Obr. 2:** Příklad stability magnetorezistence při teplotě 2 K (nahore), relativní odchylka kvantového Hallova odporu při teplotě 4,2 K (dole). Chybová značka udává rozšířenou nejistotu měření ( $k=2$ ).

V dalším kroku (a zároveň poprvé v kvantové metrologii) byly řešeny další optimalizační kroky ke zlepšení střídavých vlastností grafenových vzorků. Patřila k nim výroba speciálního držáku vzorků určeného pro experimenty se střídavým proudem, na které se podílelo významnou měrou ČMI, a také přizpůsobení zařízení a geometrie Hallova vzorku střídavým proudům. Validace vyrobených vzorků AC QHR v partnerských laboratořích vedla k relativní přesnosti reprodukce nominální hodnoty nakvantovaného odporu na úrovni v řádu  $10^{-8}$ , což je srovnatelné s konvenčními kvantovými etalony impedance na bázi GaAs. Úspěšná měření partnerů rovněž ukázala, že tyto AC QHR etalony jsou vhodné pro měření s digitálními imedančními můstky. Výsledky projektu potvrzují, že etalony s QHR na bázi grafenu mohou sloužit jako základ pro návaznost imedančních jednotek na QHR při teplotách 4,2 K a při magnetických polích pod 6 T.

### Rozvoj digitálních můstků pro návaznost jednotky kapacity

*Pokrok v oblasti digitálních můstků pro kapacitní rozsah od 10 pF do 10 nF při frekvencích do 100 kHz a vývoj impedančního můstku pracujícího se spektrálně čistými Josephsonovými napětími do 50 kHz v celé komplexní rovině.*

V laboratorních partnerů projektu byly modernizovány a podrobně vyhodnoceny různé typy digitálních impedančních můstků. Vyhodnocení a optimalizace můstků vedly ke snížení nejistot, vyšší stabilitě a rychlejšímu vyvážení můstků. Kalibrace kapacity byla provedena pomocí kapacitního etalonu 10 nF, který byl přímo spojen s etalonem odporu 12906  $\Omega$  s nízkou celkovou nejistotou  $7 \times 10^{-8}$ . Škálování stupnice jednotky kapacity na hodnotu 10 pF bylo dosaženo poměrovým měřením. Pro zvýšení pracovního kmitočtu z 1233 Hz na 100 kHz byl použit vysokofrekvenční digitální můstek a vyhodnocení bylo provedeno pomocí kalibrovaného kondenzátoru 10 pF. Ukázalo se, že cílovou nejistotu  $10^{-5}$  lze dosáhnout s celkovým rozpočtem nejistot pro nejvyšší frekvence lepším než  $7,3 \times 10^{-6}$  (hodnota při 100 kHz).

Zatímco plně digitální můstky zůstávají v přesnosti obecně za digitálně asistovanými můstkami a můstkami založenými na Josephsonově etalonu napětí (JVS), pro porovnání odpor–kapacita ( $R-C$ ), kde je poměr impedance udržován blízko poměru 1:1, lze dosáhnout nejistoty dostatečné pro mnoho národních laboratoří. Můstek vyvinutý v ČMI dosáhl relativní nejistoty okolo  $0,07 \times 10^{-6}$  pro navázání hodnoty kondenzátoru 10 nF na odpor s nominální hodnotou 12,9 k $\Omega$  při frekvenci 1233 Hz. Můstek se skládá především z ultrastabilních digitálních syntetizátorů SWG (ČMI) se stabilitou poměru až na úrovni  $0,01 \times 10^{-6}$  po dobu několika hodin. V rámci dvou měřicích kroků, kdy se provádí měření poměru impedancí v přímém poměru a v komutovaném, se získají údaje pro výpočet hodnoty kapacity. Při přímém i komutovaném měření se zachovávají stejná napětí hlavních ramen poměru a můstek je vyvážen přidávaným syntetizátorem. Byl zdokonalen automatický postup vyvažování, takže uživatel musí před měřením nastavit pouze hlavní napětí na můstku. Aby se eliminovaly vlivy kabelů, pracuje můstek ve čtyřpárovém režimu.

Kalibrovaný kondenzátor 10 nF musí být udržován v termostatu a měl by mít nízký ztrátový činitel pro zachování přesnosti řetězce návaznosti, pokud se jednotka dále přenáší na jiné hodnoty kapacity. Pro zachování metrologické kvality vzorku QHR a bez nechtěných elektrických nábojů pracuje můstek v nepřetržitém režimu a bez nutnosti zásahu uživatele v každém kroku. Dosažitelná přesnost pro obecný poměr 1:1 byla ověřena pomocí měření kapacity se shodou  $0,03 \times 10^{-6}$ , přičemž Allanova odchylka poměru byla nižší než  $0,01 \times 10^{-6}$ .

Dalšího pokroku bylo možné dosáhnout zdokonalením a vyhodnocením vlastností duálních Josephsonových impedančních můstků (DJIB), které byly vybudovány ve dvou laboratorích (METAS a PTB). Tento typ můstku využívá výhod spektrální čistoty, nízké úrovně šumu a přesnosti založené na kvantování u pulzně řízených Josephsonových

napětových etalonů používaných pro definování potenciálu v impedančním můstku. Frekvenční rozsah tohoto univerzálního přístroje sahá přibližně od 50 Hz do 60 kHz. Srovnání s běžnými impedančními můstkami ukázalo pouze velmi malou relativní odchylku  $2 \pm 7 \times 10^{-9}$  pro navázání kapacitního etalonu 10 nF na kvantový Hallův odpor. Tím byly překročeny původně stanovené cíle a ukázalo se, že DJIB se mohou přiblížit nejistotám tradičních impedančních můstků.

### Začlenění grafenových etalonů odporu na bázi kvantového Hallova jevu do digitálních můstků

*Kombinovat grafenové vzorky s Josephsonovým impedančním můstkem (s cílovou nejistotou pod 0,01  $\mu\Omega/\Omega$ ) a s plně digitálním můstkem pro zjednodušený provoz (s cílovou nejistotou okolo 0,1  $\mu\Omega/\Omega$ ), aby bylo možné zajistit návaznost jednotky kapacity na QHR.*

Během projektu byly částečně digitální, plně digitální a Josephsonovy impedanční můstky rozšířeny o integraci kvantového Hallova odporu na bázi grafenu v tzv. trojnásobném sériovém zapojení. Pomocí něj bylo možné propojit jakýkoli druh impedance s kvantovaným Hallovým odporem. Všechny metrologické instituty v projektu začaly používat modifikované rozhraní navržené v ČMI, které spojuje výhody původních EURAMET držáků s koaxiálním vedením pro střídavá měření a klasických TO-8 držáků původně vyvinutých pro stejnosměrná měření. Tím konečně došlo k unifikaci měřicích rozhraní kvantových etalonů odporu a impedance ve světě.

Jedinečné vlastnosti kvantovaného Hallova odporu ve vícenásobném sériovém zapojení nám umožnily upustit od kompenzace úbytku napětí v části proudových propojení a vedly ke kompaktní a jednoduché konstrukci celé měřicí aparatury. Navíc nízký šum kvantovaného Hallova odporu zkrátil dobu měření ve srovnání s odporovými etalony při pokojové teplotě. Kombinace grafenových vzorků QHR ve všech typech impedančních můstků použitých v rámci projektu se úspěšně osvědčila bez neočekávaných problémů v pěti institutech konsorcia. V tomto komplexním uspořádání nebyly pozorovány žádné další zdroje šumu. To potvrdilo i vyšetřování statistik pomocí měření Allanových odchylek, které byly v rámci teoretického očekávání. Díky tomuto úsilí je nyní možné propojit jakýkoli druh impedance s QHR v širokém rozsahu frekvencí a s automatizovanými systémy. Například návaznost kapacitních etalonů v rozmezí 8 nF až 10 nF na AC QHR je realizovatelná s nejistotou ( $k=1$ ) nižší než  $10^{-7}$  pro digitální můstky a v řádu  $10^{-8}$  pro Josephsonovy impedanční můstky.

Jedním z důležitých měření s těmito aparaturami byla i charakterizace samotných vzorků QHR, která poskytuje zpětnou vazbu výrobním skupinám připravujícím grafenové vzorky. Tato charakterizace byla úspěšně provedena v rámci cílových nejistot ve všech zúčastněných institutech. ČMI se podílelo se svou aparaturou (**obr. 3**) i na mezinárodní charakterizaci stability grafenových struktur ve střídavém režimu [5]. V projektu byla provedena i vzájemná validace digitálního (INRIM) a Josephsonova impedančního můstku (PTB).



**Obř. 3:** Kryogenní aparatura (vlevo) s kvantovým střídavým odporem na bázi grafenu a s digitálním impedančním můstkem (vpravo) pro charakterizaci grafenových struktur.

### Kombinovaný kvantový etalon napětí a impedance

Vývinout a prozkoumat kryochladicí systém, v němž jsou umístěny supravodivý Josephsonův zdroj napětí a grafenový etalon odporu, které pracují při střídavém proudu a slouží jako základní prvek kvantového odporového a impedančního etalonu v revidovaném SI.

Vyvinuté kryochladicí systémy poskytly uživatelsky přívětivý nástroj pro realizaci impedančních jednotek. To je založeno jednak na implementaci impedančního můstku s Josephsonovými zdroji napětí pro zjednodušenou obsluhu a jednak na použití vyvinutých odporových etalonů na bázi grafenu, které umožňují pracovní body při nízkých magnetických polích ( $< 5$  T) a vysoké teplotě (4,2 K), a tedy použití cryocooleru s uzavřeným cyklem. Poprvé na světě se tento projekt věnuje tomuto úkolu, který spočívá v kombinaci obou funkcí v jednom kryosystému. Výsledné úkoly byly řešeny dvěma nezávislými přístupy ve dvou institutech. Zbývající velmi nízká úroveň šumu (Allanův rozptyl pod  $1 \text{ n}\Omega/\Omega$  po 30 min) ukázala, že je skutečně možné použít vyvinutý systém pro metrologická měření kvantového Hallova odporu s přesností lepší než  $10^{-9}$ , což je standardní metrologická přesnost obvykle používaných kryostatů s kapalným heliem. Byly provedeny další optimalizační kroky, např. zlepšení tepelné vazby Josephsonova zdroje napětí a zapojení, které byly velmi přínosné pro výkonnost JVS v reálných experimentálních podmínkách. Vhodným umístěním a stíněním JVS bylo dosaženo účinné ochrany proti rozptylovým polím magnetu. I při vysokých magnetických polích (10 T), která jsou silnější, než je nutné pro dosažení naktantování grafenového odporového etalonu, je zaručena nerušená funkce JVS. V rámci tohoto projektu byl úspěšně vyvinut kryochladicí systém a z provedených experimentů vyplývá, že všechny specifické problémy byly vyřešeny. To umožní úspěšné fungování Josephsonova etalonu

napětí v kombinaci s kvantovým Halloovým odporem na bázi grafenu v jediném kryogenním systému sloužícím jako základní prvek pro realizaci jednotky odporu a impedance v revidované SI. Pouze závěrečný simultánní test kryostatu včetně všech komponent bude třeba provést později, jinak bylo cíle dosaženo.

### 4. Závěr

Tento projekt ukázal možnosti realizace nového primárního etalonu impedance. V současné době se průmyslové a jiné uživatelské komunity spoléhají na dlouhý řetězec kalibrací, který začíná v BIPM nebo v několika velkých institutech a pokračuje přes menší metrologické instituty a poskytovatele kalibračních služeb, aby se nakonec dostal ke konečnému uživateli. Tento dlouhý řetězec může být zjednodušen nasazením nového primárního etalonu impedance. Jak je vysvětleno v návrhu Poradního výboru pro elektřinu a magnetismus (CCEM) *mise en pratique* pro ampér a další elektrické jednotky v revidované soustavě SI, jednotku farad lze realizovat porovnáním kvantového Hallova odporu s impedancí neznámé kapacity například pomocí kvadrurního můstku [6]. Vývoj digitálních řešení, např. digitálních konvenčních můstků, pro takovou realizaci primární jednotky bude jedním z hlavních dopadů tohoto projektu, jehož výstupy jsou k dispozici v [7].

### 5. Použitá literatura

- [1] GQIS web [online] <https://www.ptb.de/empir2019/giqs/home/>, 2022
- [2] GraphOhm web [online] <https://www.ptb.de/emrp/graphohm.html>, 2016
- [3] J. Kučera, EURAMET projekt VersICaL: Univerzální laboratoř pro kalibraci elektrické impedance založená na digitálních impedančních můstcích, [online] <https://www.unmz.cz/metrologie/casopis-metrologie/casopis-metrologie-obsah-vydanych-cisel/>, Metrologie, 1/2022
- [4] K. Pierz: 18SIB07 GQIS Final publishable report, [online] <https://www.euramet.org>, 2022
- [5] D.-H. Chae, M. Kruskopf, J. Kucera, J. Park, N. T. Mai Tran, D. B. Kim, K. Pierz, M. Götz, Y. Yin, P. Svoboda, P. Chrobok, F. Couédo a F. Schopfer, Investigation of the stability of graphene devices for quantum resistance metrology at direct and alternating current, Meas. Sci. Technol. 33, 065012 (2022). <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac4a1a>
- [6] CCEM, Mise en pratique for the definition of the ampere and other electric units in the SI [online] <https://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique>, 2019
- [7] GQIS Euramet Repository: <https://www.euramet.org/repository/research-publications-repository-link/>
- [8] L. Callegaro *et al.*, Good practice guide on the graphene-based AC-QHE realization of the farad, [online] <https://arxiv.org/abs/2205.04915>, 2021



## ZARIADENIE NA MERANIE MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ BIOMATERIÁLOV

**Bc. Andrej Miček**

**doc. Ing. Michal Bachratý, CSc.**

**doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.**

**Mgr. Lívia Lukšicová**

*Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta*

### Abstrakt

Tento príspevok popisuje návrh a konštrukciu zariadenia na testovanie mechanických vlastností biologických tkanív metódou aplanácie. Experiment zahŕňa meranie sily, posunutia a plochy umelej rohovky pri mechanickom namáhaní tlakom. Zariadenie obsahuje mikrometrickú skrutku, odchyľovacie zariadenie, mikroskop a analytické váhy. Cieľom experimentu je priblížiť vlastnosti biomateriálov vlastnostiam živých tkanív a výsledky môžu byť použité na vývoj nových materiálov pre lekárske aplikácie. Zariadenie bolo navrhnuté pre jednoduchú implementáciu ako súčasť riešenej diplomovej práce.

**Kľúčové slová:** biomechanické vlastnosti, biologické tkanivá, meranie, testovacie zariadenie.

### Úvod

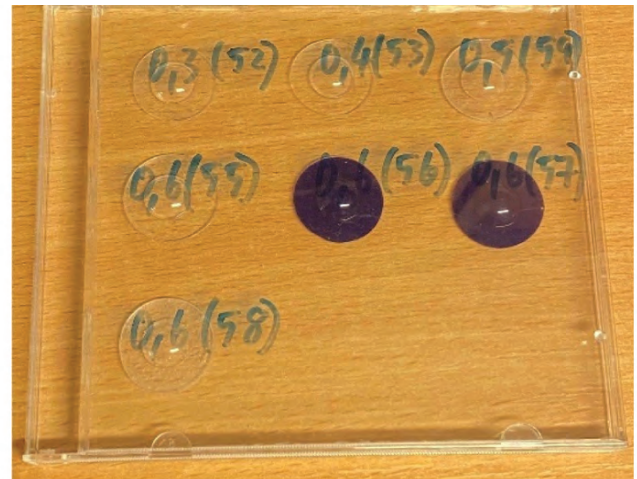
Táto práca je zameraná na návrh jednoducho implementovateľného zariadenia na testovanie mechanických vlastností biologických tkanív. [1]

V súčasnosti už bolo vykonaných mnoho výskumov zameraných na mechanické vlastnosti biologických tkanív. Mechanické vlastnosti vzoriek sa určujú výpočtovo. Takto sa parametre použitého modelu získavajú iba v teoretickej rovine, pretože numerické simulácie môžu skresliť výsledky. Je teda potrebné overiť dané simulácie experimentálne. Na experimentálne skúmanie mechanických vlastností biologických tkanív sa používa mnoho metód. Niektoré z nich využívajú náraz kyvadla na vzorku, zatiaľ čo medzi častejšie používané patria aspiračné metódy vytlačenia objektu do tkaniva alebo metódy za pomoci vyvíjania tlaku na biomateriál. [1; 2] Metóda, ktorá sa v tejto práci rieši, je metóda aplanácie. Experiment bude založený na aplanácii umelej rohovky a následnom skúmaní daných mechanických vlastností. Toto meranie bude sprevádzať meranie 3 parametrov - sily pôsobiacej na aplanovanú rohovku, posunu pomocou mikrometrickej skrutky a odchýlkomerom a tiež plochy aplanovanej rohovky zobrazenej na laboratórnom sklíčku. Na meranie plochy aplanovanej rohovky sa použije mikroskop umiestnený na konzole zariadenia, sila sa meria cez analytickú váhu. V tomto experimente je rohovka vystavená mechanickému namáhaniu za pomoci tlaku.

Toto zariadenie je navrhnuté na testovanie mechanických vlastností biologických tkanív a na hodnotenie vzorky uvedenej v nasledujúcom texte.

### Experimentálne vzorky

Ako experimentálne testovacie vzorky pre tento výskum budú slúžiť umelé rohovky rôznej hrúbky steny [3]. Experiment bude zahŕňať skúmanie odchýlky umelých rohoviek, aplikovanej sily a samotný posun počas aplanácie rohoviek. Testovacie vzorky zobrazené na **obr. 1** budú mať rôzne hrúbky stien a farby, pre výraznejšie zobrazenie povrchu na laboratórnom sklíčku počas aplanácie.



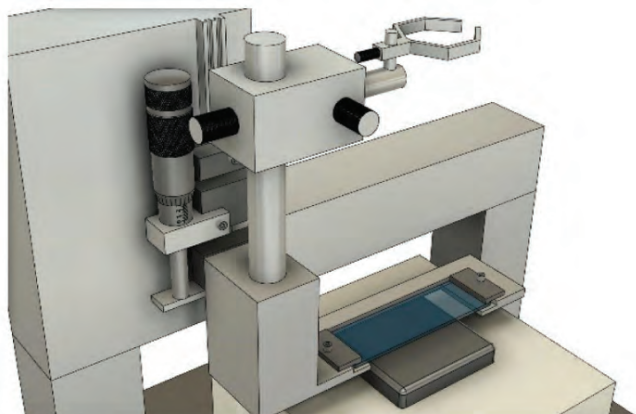
**Obr. 1:** Vzorky rôznej hrúbky stien a farieb použité v rámci experimentu

### Popis experimentálneho merania

Biomateriály sa v modernom lekárstve používajú v širokej škále aplikácií, vrátane implantátov, rovnako tak aj v tkanivovom inžinierstve. Testovanie mechanických vlastností elasticity na biomateriáloch je základným krokom pri vývoji nových materiálov pre medicínske aplikácie. Cieľom tohto experimentu je priblížiť sa vlastnosťami biomateriálov ku vlastnostiam živých tkanív. [4; 5]

Existuje niekoľko metód na testovanie mechanických vlastností elasticity rohovky, vrátane ťahových testov, šmykového namáhania a testov na vnikanie. [6] Tento experiment si kladie za cieľ posúdiť mechanické vlastnosti rohovky a biomateriálov pomocou metódy testovania tlaku. Meranie mechanických vlastností materiálov prebieha pomocou tlakového účinku laboratórneho sklíčka na testovaný materiál, ktorý je znázornený na **obr. 2**. Tlaková sila sa reguluje pomocou mikrometrickej skrutky a zariadenia na zaznamenávanie odchýlky, ktoré nám umožňujú zaznamenávať namerané hodnoty pomocou softvéru. Testovaný materiál sa umiestni na meraciu plochu analytickej váhy, z ktorej sa odčítava hmotnosť. Hmotnosť reprezentuje silu, ktorú laboratórne sklíčko vyvíja na testovaný materiál. Plocha aplanácie testovaného materiálu zobrazená na laboratórnom sklíčku sa zaznamenáva pomocou mikroskopu. Výpočítaním plochy testovaného materiálu sa získava ďalší skúmaný parameter.

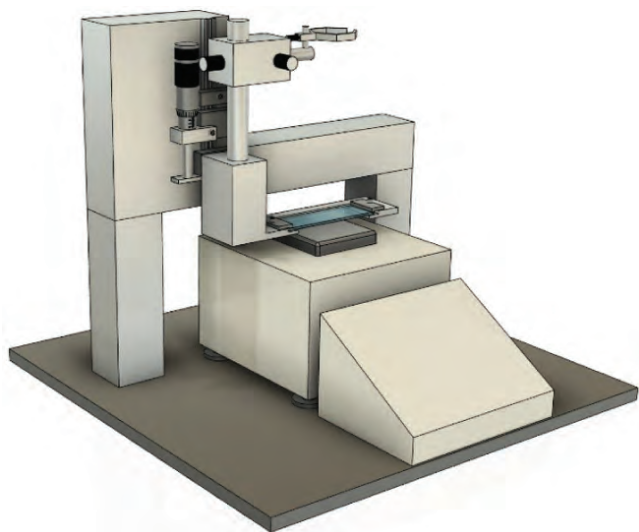
Meraním uvedených parametrov sa získavajú informácie o správaní materiálu za konkrétnych podmienok. V dôsledku toho je možné identifikovať a analyzovať materiál, ktorý je najviac podobný živému tkanivu so svojimi vlastnosťami. [7]



Obr. 2: Experimentálne zariadenie približené na laboratórne sklíčko a aplanačnú časť

### Popis zariadenia

Princípom zariadenia (obr. 3) je, ako už bolo spomenuté, skúmanie parametrov a vlastností materiálov, ktoré sú podobné živým tkanivám. Otočením mikrometrickej skrutky sa konzola pohybuje po valivom vedení na bežci a pohyb, ktorý konzola vykonáva, sa dá odčítať z digitálneho odchýlkomera.



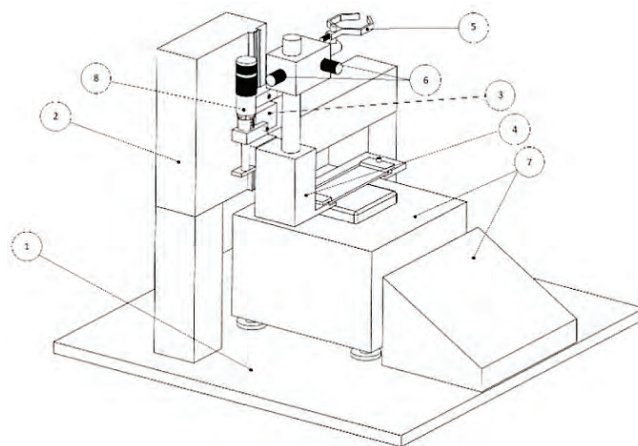
Obr. 3: Zariadenie na meranie mechanických vlastností biomateriálov

Na konzole je pripojený mikroskop pre konštantné zaostrovanie na meraný materiál. Laboratórne sklíčko sa pohybuje s konzolou, ktorá vyvíja tlak na meraný materiál. Meraný materiál sa umiestni na meraciu plochu analytickej váhy tak, aby spadol do zorného poľa mikroskopu.

### Konštrukcia zariadenia

Popísaná konštrukcia je znázornená na obr. 4 Zariadenie bolo navrhnuté s dôrazom na čo najjednoduchšiu

výrobu. Základná doska zariadenia (1) bude vyrobená z hrubej plechovej dosky, na ktorej bude umiestnená analytická váha (7). Na základnej doske bude tiež stojina (2) zložená zo štvorcových plechov, spojených do tvaru malého písmena h, na ktorej bude namontované axiálne valivé vedenie (3), ktoré bude brzdené. Mikrometrická nastavovacia skrutka (8) bude umiestnená na brzdenom axiálnom vedení, upevnená pre vertikálny pohyb. Valivé vedenie bude prepojené na kontakt s mikrometrickou nastavovacou skrutkou a konzolou (4). Vratný pohyb bude zabezpečený pružinou. Digitálny odchýlkomer (8) bude umiestnený z dolnej strany kontaktu mikrometrickej nastavovacej skrutky a konzoly. Z hľadiska zabezpečenia kontaktného povrchu rohovky je nevyhnutné, aby bol mikroskop (5) perfektne zaostrený na laboratórne sklíčko. Celá konzola sa musí spolu s mikroskopom pohybovať zároveň, čo je požiadavka konštrukcie. Skrutky (6) slúžia na nastavenie vzdialenosti mikrometra od laboratórneho sklíčka.



Obr. 4: Konštrukcia zariadenia na meranie mechanických vlastností biomateriálov

### Technické parametre vyvíjaného zariadenia

Nasledujúca tabuľka Tab. 1 zobrazuje dostupné údaje, parametre a merané veličiny zariadení, ktoré sú súčasťou konštrukcie.

### Záver

Zariadenie prezentované v tomto príspevku je momentálne v procese výroby. Cieľom je poukázať na dôležitosť metrologie a potrebu metrologického zabezpečenia očných tonometrov. Zariadenie navrhnuté a vyvinuté v rámci diplomovej práce poskytne spoľahlivé základy pre metrologické zabezpečenie v zdravotníctve. Jeho výroba nie je zložitá a je zvládnuteľná človekom s priemernými zručnosťami.

Niektoré z hlavných ovplyvňujúcich faktorov, ktoré majú potenciál ovplyvniť nameranú hodnotu vnútroočného tlaku, sú mechanické vlastnosti rohovky. Pri meraní vnútroočného tlaku je veľkosť hrúbky rohovky, ktorá výrazne ovplyvňuje meranie, dôležitá. Práve preto je potrebné tieto parametre merať a špecifické miesta musia byť správne



Tab. 1: Parametre zariadení pre konštrukciu meradla

	Mitutoyo 543-790B	Radwag AS 220.3Y	Dino-Lite AM7013MZT	Mikrometer RS PRO
	odchyľovacie zariadenie	analytická váha	mikroskop	mikrometrická skrutka
<b>Rozsah</b>	12,7 mm	(0,01–220) g	(10–70)x, 200x	(0–6,5) mm
<b>Rozlíšenie</b>	0,001 mm	0,1 mg	5 Megapixel (2592x1944)	0,01 mm
<b>Presnosť</b>	0,003 mm	±0,2 mg	–	0,005 mm
<b>Pracovná teplota</b>	(0–40) °C	(+10 až +50) °C	–	–
<b>Merané zaťaženie</b>	>1,5 N	–	–	–
<b>Hmotnosť</b>	140 g	6,2 kg	140 g	–
<b>Napájanie</b>	Batéria -18000 hod. pri normálnom používaní	2×USB, RS 232, Ethernet, 4Inputs/4Outputs	USB 2.0	–
<b>Kalibrácia</b>	Áno (manuálna)	Áno (automatická)	Áno (manuálna)	Nie
<b>Polarizer</b>	–	–	Áno, lineárny	–
<b>Maximálna snímková frekvencia</b>	–	–	30 fps	–

metrologicky zabezpečené. [8; 9] Medicínska metrológia zaisťuje sledovanie správnosti zariadení a ich funkcií pri zohľadnení trendov v zdravotníctve [10].

### Podakovanie

Autori by radi poďakovali Strojníckej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a grantovým agentúram za ich podporu. Konkrétne projektom: KEGA číslo projektu 024STU-4/2023, VEGA číslo projektu 1/0687/21, APVV číslo projektu APVV-21-0216 a ITMS číslo projektu 313011V334.

### Zdroje

- [1] GROSINGER P., HUČKO B., RYBÁŘ J., BACHRATÝ M., ĎURIŠ S., PLESNÍKOVÁ P., FURDOVÁ A. Zariadenie na testovanie mechanických vlastností biologických tkanív. In NEVYHOŠTĚNÁ, S. *Trendy v biomedicínskom inžinýrství 2021*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2021. ISBN 978-80-7494-586-1.
- [2] VARGA F., DRŽÍK M., HANDL M., CHLPÍK J., KOS P., FILOVÁ E., RAMPICHOVÁ M., NECAS A., TRC T., AMLER E. Biomechanical characterization of cartilages by a novel approach of blunt impact testing. *Physiological Research*. 1990.
- [3] BORIOVÁ, S. *Výroba a meranie mechanických vlastností umelých rohoviek*. [Diplomová práca]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky. Vedúci záverečnej práce: Mgr. Ing. Jan Rybář, PhD. Bratislava: Sjf STU BA, 2021. 74 s.
- [4] VASHIST, A., AHMAD, S., & CHAUHAN, V. S. (2011). Mechanical properties of biomaterials: a review. *Journal of biomedical materials research Part A*. 191-204 p.
- [5] MISHRA, S. K., & FERRY, J. D. (2012). Mechanical properties of biomaterials: a review. *Journal of materials science materials in medicine*. 2163-2175 p.
- [6] SCARPA, F., ORSI, F., ZIGLIOTTO, M., CARTA, A., & RAISI, S. (2015). Mechanical properties of the human cornea: a review. *Journal of biomechanics*. 832-845 p.
- [7] GROSINGER P., RYBÁŘ J., MIČEK A., HUČKO B., BACHRATÝ M. Vývoj zariadenia na meranie rohoviek. In ŠTUBŇA, M. *Žilinské očné kazuistiky 7. ročník - Zborník abstraktov*. 1. vyd. Košice: Progress CA, s. r. o., 2022. ISBN 978-80-974080-6-0.
- [8] RYBÁŘ, J., HUČKO, B., ĎURIŠ, S., PAVLÁSEK, P., CHYTILOVÁ, M., FURDOVÁ, A., VESELÝ, P. Factors affecting measurements of iop using non-contact eye tonometer. In *Strojnícky časopis = Journal of Mechanical engineering*. Roč. 70, č. 2 (2020), s. 133-140. ISSN 0039-2472 (2020: 0.276 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databázi: SCOPUS: 2-s2.0-85099079234.
- [9] HUČKO, B., FERKOVÁ, S. L., ĎURIŠ, S., RYBÁŘ, J., PAVLÁSEK, P. Glaucoma vs. biomechanical properties of cornea. In *Strojnícky časopis = Journal of Mechanical engineering*. Vol. 69, no. 2 (2019), s. 111-116. ISSN 0039-2472 (2019: 0.247 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databázi: SCOPUS: 2-s2.0-85074483933.
- [10] RYBÁŘ, J. *Selected topics from medical metrology*. [Habilitation thesis]. Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering. Institute of automation, measurement and applied informatics. Bratislava: FME STU BA, 2022. 78 p.

**PROGRAM ROZVOJE ZKUŠEBNICTVÍ V ROCE 2023****Mgr. Václava Holušová***Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) i letos podpoří státní zkušebnictví v České republice prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)**. Plán PRZ pro rok 2023 byl již schválen, a je tedy možné informovat, které projekty v rámci státem garantovaného zkušebnictví budou letos podpořeny. PRZ vychází z potřeb systému posuzování shody v regulované sféře, zejména pak z potřeb zabezpečení činnosti autorizovaných/notifikovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací, přičemž zohledňuje i potřeby zahraniční spolupráce. Příjemci státní podpory budou jako vždy budto **autorizované osoby**, které posuzují shodu podle českých (neharmonizovaných) právních předpisů, nebo **notifikované osoby, oznámené subjekty či uznané nezávislé organizace**, které posuzují shodu výrobků s harmonizovanými právními předpisy a působí na úrovni celé Evropské unie. Výjimku tvoří jeden úkol v části 5. – Publikační a osvětová činnost, který bude zpracován Asociací akreditovaných a autorizovaných osob (AAAO).

Částka k rozdělení zůstala stejná jako ve třech předchozích letech, tedy **4 800 000 Kč**. Nabídkové listy, které ÚNMZ obdržel v prosinci 2022, posoudili pracovníci odboru státního zkušebnictví (garanti úkolů) a doporučili k realizaci 64 úkolů v celkové výši **4 790 000 Kč**.

Finální znění PRZ pro rok 2023 bylo schváleno 11. dubna 2022. Je velmi pravděpodobné, že v průběhu roku bude schváleno ještě několik dodatků k plánu, protože se změní situace na straně řešitelů některých úkolů anebo dojde ke změně na úrovni EU (např. posun termínu některých akcí či jejich úplné zrušení). Plán PRZ na rok 2023 bude pro zájemce k nalezení na obvyklém místě na internetové stránce ÚNMZ <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/program-rozvoje-zkusebnictvi>.

Úkoly byly opět tematicky rozděleny do pěti oblastí.

**Část 1 Metodické zabezpečení jednotného postupu autorizovaných/notifikovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací při posuzování shody výrobků nebo personálu, podle platných nebo připravovaných právních předpisů**

Tato část obsahuje 6 úkolů v celkové výši 880 000 Kč. Bude podpořen vznik metodiky pro zkoušení ohybové pevnosti ultratenkých tepelně nebo chemicky upravených skel, lehaných skel a lehaných tepelně upravených skel pro stavební účely podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb., zpracování metodiky pro stanovení přetvárných vlastností ve smyku tepelněizolačních výrobků na bázi minerální vlny pro zateplovací fasádní systémy ETICS a metodické zabezpečení jednotného postupu autorizovaných osob při činnostech posuzování

shody podle vyhlášky č. 358/2016 Sb. (vybraná zařízení pro jadernou energetiku). Každoroční revize cca 550 technických návodů pro posuzování shody stavebních výrobků podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb. (neharmonizované stavební výrobky, tedy výrobky ve výlučné pravomoci ČR) si opět vyžádá zapojení desítek expertů z různých autorizovaných osob.

**Část 2 Zabezpečení koordinace jednotného postupu autorizovaných osob/notifikovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací**

Tato část plánu PRZ zahrnuje 13 úkolů za 1 083 000 Kč. Zabezpečení jednotných postupů pro činnost českých subjektů posuzování shody v každém jednotlivém sektoru výrobků je závazek, který podle názoru Odboru státního zkušebnictví vyplývá pro ÚNMZ z právních předpisů na evropské i národní úrovni, proto i počet podpořených úkolů a výše jejich dotace odpovídají předchozím ročníkům PRZ.

**Část 3 Mezinárodní spolupráce**

Tato část zahrnuje 41 úkolů, na jejichž realizaci je určeno 2 292 000 Kč. Bude podpořena mezinárodní spolupráce subjektů posuzování shody v následujících sektorech stavených výrobků: stavební výrobky, spotřebiče plyných paliv, výrobky pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, emise hluku, lanové dráhy a vleky, výtahy, strojní zařízení, tlaková zařízení, osobní ochranné prostředky, hračky, lodní výstroj, zdravotní prostředky a další. Zástupci českých subjektů posuzování shody mají příležitost se prostřednictvím účasti na schůzkách svých vybraných evropských kolegů aktivně podílet na tvorbě společných pravidel, která jsou závazná pro všechny evropské subjekty posuzování shody. Ostatní čeští posuzovatelé se s těmito pravidly seznamují obvykle 2x ročně na koordinačních poradách, jejichž organizační zajištění ÚNMZ podporuje v části 2 (viz výše).

**Část 4 Zdokonalování činnosti autorizovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací**

V této části má být letos podpořen jen 1 úkol (oproti 7 úkolům v roce 2022), a to v ceně 30 000 Kč. Jedná se o podporu udržování, aktualizace a zveřejňování databáze ES/EU certifikátů přezkoušení typu na výbušniny pro civilní použití.

**Část 5 Publikační a osvětová činnost**

V rámci této kapitoly budou letos podpořeny zase 3 úkoly, tentokrát za 505 000 Kč. V oboru stavebních výrobků bude naštěstí pokračovat pravidelná měsíční aktualizace české a anglické verze Informačního portálu ÚNMZ pro stavební výrobky na adrese <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/informacni-portal-unmz/informacni-portal-unmz-specializovany-na-pravni-a-technicke-dokumenty-v-oblasti-uvadeni-stavebnich-vyrobku-na-jednotny-evropsky-trh-c233/>. Bude aktualizována interaktivní databáze legislativních předpisů ČR pro nebezpečné látky ve stavebních výrobcích.

Posledním podpořeným úkolem z této kapitoly bude aktualizace publikace „Uvádění výrobků na vnitřní trh Evropského hospodářského prostoru. Postupy hospodářských subjektů. Služby zkušebních, inspekčních a certifikačních organizací České republiky – členského státu EU – pro hospodářské subjekty. Verze 2023“. Autory jsou odborníci z Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací. Publikace bude na konci roku zdarma ke stažení na webové

stránce ÚNMZ <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/program-rozvoje-zkusebnictvi/> pod nadpisem „Vybrané dokumenty z PRZ“.

Výstupy všech úkolů jsou majetkem ÚNMZ a jsou uloženy v odboru státního zkušebnictví. Využít je mohou všechny subjekty posuzování shody, které působí podle příslušného právního předpisu, jehož se daný úkol týká.



## 30. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE „MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI“

**Ing. Miroslav Hanák**

*Česká metrologická společnost, z.s.*

Konference se konala ve dnech 18. a 19. dubna 2023 v Plzni v kongresovém centru Primavera. Uskutečnila se po dvouleté odmlce, způsobené omezujícími opatřeními v souvislosti s pandemií covidu 19. Konference se uskutečnila pod záštitou předsedy Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pana Mgr. Viktora Pokorného. Na konferenci bylo přítomno 115 účastníků včetně vystavovatelů. Základním mottem konference bylo: „Už 30 let měříme s Vámi“.

Konference byla zaměřena na informace o nových trendech v měřicí technice i ve vyhodnocování měření. V současné době je to využití digitalizace při získávání informací z průběhu měření a zkoušení a následující přímá aplikace na řízení jakosti výrobního procesu. V metrologických laboratořích se totéž týká řízení procesu kalibrací v souladu se základní normou ČSN ISO/IEC 17025:2018. Nedílnou součástí konference také byla výstava měřicích přístrojů a zařízení včetně programového vybavení, informačních systémů a dalších atributů, nezbytných pro kvalitní práci v metrologii. Na výstavě se prezentovalo celkem 21 vystavovatelů, kteří zastupovali desítky výrobců měřicí techniky z celého světa. Tato výstava umožňuje přímé kontakty a širokou výměnu informací mezi odborníky z průmyslových závodů, laboratoří a dodavatelských organizací, bez rušivých vlivů laických návštěvníků a sběratelů prospektů, jak to bývá na veletrzích. Součástí konference také byly oblíbené workshopy, kdy si posluchači mohli ověřit úroveň svých znalostí z vybraných oborů měření.

Na základě požadavků posluchačů z minulých ročníků konference, došlo k částečné změně organizace tak, aby byl větší časový prostor pro odborné přednášky zaměřené na aktuální problémy metrologie a jejich řešení. Současně nesmělo dojít k omezení prezentací jednotlivých vystavovatelů měřicí techniky a prostoru pro prohlídku výstavy a související konzultace. Podařilo se to efektivním využitím dostupného času a zrušením návštěv kalibračních laboratoří v Plzni. O tyto návštěvy byl mezi posluchači malý zájem. Mimo jiné i proto, že představitelé těchto laboratoří byli na konferenci přítomni, a účastníci tak měli možnost

podrobného seznámení s možnostmi a úrovní těchto laboratoří. Celkem bylo na konferenci předneseno 18 referátů. Rozsáhlost materiálů z konference a množství prezentovaných informací umožňuje v dalším uvést jen stručné charakteristiky jednotlivých příspěvků.



Předsedkyně ČMS RNDr. Věra Ježková zahajuje konferenční jednání

Konferenci zahájila a posluchače i vystavovatele přivítala předsedkyně České metrologické společnosti, z. s. RNDr. Věra Ježková. Ve svém příspěvku zdůraznila jak dlouhodobou úspěšnou kontinuitu těchto konferencí zaměřených na novou moderní měřicí techniku a její využití v průmyslu i v laboratořích, tak i úpravu programu, aby posluchači získali nové odborné poznatky z legální metrologie a řešení aktuálních metrologických potřeb. Protože se jednalo o jubilejní 30. ročník, uvedla také základní údaje z historie konferencí, která sahá až do roku 1992.

Ředitel odboru metrologie ÚNMZ Ing. Zbyněk Veselák přednesl obsáhlý referát o novinkách z legální metrologie, doplněný o řadu zásadních informací, které se v dohledné době mohou týkat naprosté většiny metrologických pracovišť. V první části vystoupení informoval o současném stavu harmonizace v rámci EU, kdy doznívá harmonizace podle tzv. směrnic starého přístupu a uplatňují se směrnice založené na novém širším přístupu. Nová verze nařízení o dozoru nad trhem byla zveřejněna ve Věstníku EU ze 29. 6. 2022. Důležité byly informace o zveřejnění harmonizovaných norem, zvláště proto, že se týkají společensky citlivých měřidel (plynoměry, elektroměry, vodoměry).

Ing. Veselák dále informoval o programech EU pro výzkum a inovace. Je to program „Horizont Evropa – Globální výzvy a konkurenceschopnost evropského průmyslu“. Na evropský metrologický program pro inovace a výzkum (EMPIR) navazuje nový program „Metrologické partnerství“, který má prosazovat zavádění a systematické



Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc, moderátorka konference, v debatě s představiteli ÚNMZ Ing. Štěpánem Maškem a ředitelem odboru metrologie Ing. Zbyňkem Veselákem před prezentacemi

využívání výsledků výzkumu a inovací do praxe. Řídicím orgánem je společnost EURAMET. Dále byl uveden přehled kalibračních návodů pro kalibrační laboratoře vydaný společností EURAMET. Jednou z dalších novinek je příprava nového mezinárodního slovníku metrologie VIM 4. Slovník připravuje BIPM, poslední jednání bylo v prosinci 2022. Připravuje se také nová definice sekundy v soustavě jednotek SI. Má vejít v platnost v roce 2030. Pokud se termín zdá vzdálený, je možné připomenout průběh změny definice kilogramu.

V září loňského roku proběhla v Berlíně první Mezinárodní konference o metrologii a digitální transformaci. Digitalizace metrologie je záležitostí, která se v dohledné budoucnosti dotkne naprosté většiny metrologických pracovišť. Bylo představeno schéma digitální metrologické infrastruktury i základní princip digitálních dat v metrologii. Je připraveno osm digitálních formátů pro aplikaci v metrologii. Důležitý je formát Digital Calibration Certificate (DCC), neboli v češtině digitální kalibrační list. Do přípravy digitální metrologie je zapojeno velké množství



Konferenční sál kongresového centra Primavera v průběhu přednášek

odborníků, státních i soukromých organizací. Velký přínos se očekává zejména pro Průmysl 4. 0.

Dotazy od posluchačů byly na nový zákon o metrologii. Skutečností je, že stále platí, po dlouhé řadě novelizací, zákon 505/1990Sb. Nové znění zákona je již určitou dobu připraveno a stále zůstává na Ministerstvu průmyslu a obchodu. Z pohledu metrologů, kteří pracují s aktuální metrologickou legislativou, si pracovníci odboru metrologie ÚNMZ zaslouhují uznání, protože bez existence základního aktuálního legislativního dokumentu aktualizují národní metrologický systém ČR rychle a kvalitně podle odpovídající legislativy EU.

RNDr. Simona Klenovská z ČMI, vedoucí referátu MPZ, v přednášce „Vyhodnocování naměřených dat – role nejistoty měření při posuzování shody“, seznámila posluchače s postupy řešení případů, kdy nelze

jednoznačně stanovit, zda naměřená hodnota je v souladu s požadavky. Posouzení shody je činnost prováděná za účelem stanovení, zda výrobek či proces splňují příslušné normy a vyhovují stanoveným požadavkům. Pro posouzení shody je hlavním zdrojem informací měření. Problém spočívá v tom, že naměřená hodnota se v rozsahu stanovené nejistoty může lišit od skutečné neboli pravé hodnoty měřené veličiny. Pokud je naměřená hodnota blízko toleranční meze (v rozsahu stanovené rozšířené nejistoty), může dojít k přijetí vadného výrobku nebo naopak k odmítnutí dobrého výrobku. Toto riziko nelze zcela eliminovat. Existují postupy, jak stanovit rozhodovací pravidla, případně ochranná pásma proti vadnému přijetí. V přednášce byla uvedena řada norem řešících tuto problematiku. Byly uvedené vztahy a postupy výpočtů umožňujících stanovení rizik dodavatele i odběratele. Toto je důležité k dosažení funkční dohody mezi dodavatelem a odběratelem výrobku nebo služby, protože jejich požadavky mohou být z principu dosahování shody protichůdné. Řešení je ve správném stanovení rozhodovacích pravidel. V přednášce byly uvedeny podrobné postupy jejich stanovení.

RNDr. Pavel Klenovský, ČMI, ředitel odboru fundamentální metrologie, přednesl velmi podnětný příspěvek pro metrologickou praxi v kalibračních laboratořích pod titulem „Náležitosti kalibračního listu a management měření“.

V úvodu byly definovány základní požadavky na obsah a formu kalibračního listu ve smyslu platných norem. Bylo popsáno správné vyjádření výsledků měření jako náhodné proměnné včetně stanovení rozšířené nejistoty kalibrace. Vše bylo doplněno řadou příkladů konkrétních kalibračních listů. V další části přednášky byl uveden správný postup stanovení rozhodovacího pravidla, zda měřidlo splňuje požadavky uživatele, který zadal



RNDr. Simona Klenovská, ČMI, vysvětluje postupy při stanovení shody mezi stanovenými požadavky a výsledky měření

kalibraci. Byl prezentován popis konkrétního příkladu. Nejistota měření stanovená v podmínkách kalibrační laboratoře může být odlišná od nejistoty měření v provozu vlivem okolního prostředí, způsobu používání a změny parametrů v průběhu užívání. Byly vysvětleny souvislosti mezi stanovením tolerančního intervalu, specifických požadavků na regulační meze a maximální dovolenou chybou měřidla. V poslední části vystoupení RNDr. Pavla Klenovského byli posluchači seznámeni s analýzou systémů měření dle platných standardů. Byly porovnány analýzy systému měření podle VDA5 a MSA4 včetně požadavků na způsobilost systému měření. Opět byla uvedena řada konkrétních příkladů jak správně řešit problémy při stanovování metrologických požadavků uživatele měřidla. Velmi poučné byly poznatky z praxe poslední doby včetně analýzy některých negativních projevů, s uvedením konkrétních příkladů.

Aktuální problematiku digitalizace řešil příspěvek „Digitální kalibrační list – digitální zpracování výsledků kalibrací“ Ing. Daniela Šťastného ze společnosti PROMETROLOGY 5. 0. Obsah příspěvku byl připraven na základě materiálů poskytnutých kolektivem Siegfrieda Hackela z PTB Braunschweig.

Měření je základem kvality výrobků v současném průmyslu. Návaznost měřidel na národní a mezinárodní etalony, realizovaná kalibracemi, je potom základem kvality měření. Kalibrační postupy a postupy pro stanovení nejistoty měření by měly být standardizované a harmonizované. Je to nezbytné pro zajištění porovnatelnosti výsledků měření a návaznosti měření. Projekt digitálního kalibračního listu (DCC) má vytvořit příslušné standardy a umožnit vytvoření široké platformy metrologických dat, harmonizovaných a strojově zpracovatelných. Mezinárodně uznávaný formát digitálního kalibračního listu musí respektovat platnost základních metrologických norem a předpisů. Předpokládá se využití digitálního formátu XML. Důležitým požadavkem je kryptografická ochrana regulovaných dat. Součástí je certifikovaný digitální podpis a certifikovaná digitální akreditační značka. Součástí příspěvku byl také podrobný popis struktury DCC a další možný rozvoj. Například tzv. digitální dvojče umožní simulaci chování měřidla v daných, nebo vytvářených podmínkách měření. Celý systém, který by měl vytvořit standardizaci a transparentnost



Debata nad odbornými časopisy

v kalibracích, je očekáván především velkými výrobci, kterým by měl přinést úspory a zvýšení kvality. Realizace v podmínkách ČR závisí na přístupu příslušných metrologických orgánů.

Ing. Josef Vojtíšek, Český metrologický institut, OI Praha, připravil příspěvek „Kalibrace teplotních komor podle evropských předpisů a požadavků NADCAP“. Příspěvek se zabývá kalibrací měřidel teploty teplotních komor podle stávajících normativních předpisů. Vysvětluje rozdíl mezi kalibrací a určováním stability a homogenity teploty v prostoru komory, což je definováno jako charakterizace komory. Dále je vysvětlen a popsán rozdíl mezi evropským a americkým přístupem ke kalibraci a charakterizaci teplotních komor. V evropském přístupu je detailně popsáno vše pro správnou kalibraci podle platných evropských norem – metodika kalibrace, podmínky kalibrace, rozsah kalibrace, postup kalibrace a náležitosti kalibračního listu. Podobně jsou dále uvedeny požadavky na charakterizaci teplotních komor. V popisu amerického přístupu jsou citovány závazné normy a z nich vyplývající požadavky na parametry teplotních komor a kalibrační postupy. Příspěvek Ing. Vojtíška je doplněn podrobným odkazem na literaturu, vztahující se k dané problematice, a o rozsáhlé tabulky, ve kterých jsou uvedeny všechny náležitosti pro správnou kalibraci teplotních komor. Příspěvek lze hodnotit jako dobře zpracovanou stručnou učebnici kalibrace teplotních komor.

Na výstavě měřicí techniky prezentovalo nabídku přístrojů celkem 21 firem. Dále byla součástí výstavy prezentace 7 odborných periodik. Správná metrologická praxe vyžaduje nejen řádnou evidenci a kalibraci přístrojů, ale také řádné označení podle platného metrologického řádu. V případě stanovených měřidel je povinnost a způsob označení dán závazným předpisem. Širokou nabídku kalibračních značek, celkem asi 300 druhů s vysokou odolností v provozních podmínkách, prezentovala firma Coptis.

Z obsahu prezentací a z vystavované měřicí techniky je patrné, že dodavatelé citlivě a pohotově reagovali na současnou ekonomickou situaci v České republice. Byly nabízeny přístroje s univerzálnějším využitím, měřicí zařízení vhodná pro zařazení do výrobního provozu, jednodušší, ale produktivní přístroje a dostupná komunální měřidla.

Mgr. David Pechar ze společnosti MAHR představil 2D a 3D měření struktury povrchu, které umožňuje rychle získat plošné charakteristiky povrchu a jejich analýzu. Dále byla představena měřicí stanice pro kontrolu rotačních dílů, která svou univerzálností dokáže nahradit 4 různé měřicí stroje a díky aktivní kompenzaci vibrací ji lze zařadit do výrobní linky.

Pan Kamil Raška ze společnosti UNIMETRA přednesl prezentaci „Metody měření tloušťek povrchových úprav“, ve kterém seznámil posluchače s destruktivními i nedestruktivními metodami měření tloušťek vrstev. Destruktivní metody pracují na principu řezu, znehodnotí měřený objekt, ale dávají přesné jednoznačné údaje. Nedestruktivní metody pracují na principu magnetických,



Tajemnice ČMS paní Ivana Vidimová propaguje časopis Metrologie jako jediné a nenahraditelné periodikum z oboru metrologie a zkušebnictví

indukovaných elektromagnetických polí, nebo ultrazvuku. Firma nabízí přístroje pracující na těchto principech. Např. ultrazvukový tloušťkoměr QuintSonic pro měření vrstev barev dokáže rozlišit až 5 vrstev až do tloušťky 7 mm.

Ing Rostislav Kadlčík ze společnosti Prima Bilavčík přednesl referát s názvem „Počítačová tomografie Werth vytlačuje konvenční souřadnicové měřicí stroje, Werth messtechnik a mezinárodní normalizace“. Původní počítačové tomografy byly nákladné, jejich ohniskový bod neumožňoval potřebné rozlišení. Technologický rozvoj tyto nedostatky odstranil, a CT systémy již mají parametry potřebné pro vyhovující měření. Současně se snížením ceny a provozních nákladů se stávají výhodnou alternativou k jiným souřadnicovým strojům, protože umožňují měření uvnitř struktur a případné defektace. Zůstává potřeba standardizace na mezinárodní úrovni (normy ISO). V aplikacích se používají kalibrované zkušební vzorky, které umožňují kalibraci měřicího procesu a zajišťují, že měřicí stroje jsou sledovatelné ve smyslu stanovených norem.

Ing Karel Tillinger, společnost ZEISS, přednesl prezentaci na téma „Podpora metrologie v rámci aditivní výroby“. Aditivní výrobou se míní 3D tisk s technologií spékání nanášených vrstev prášku. Je to perspektivní technologie výroby kovových a polymerových dílů. Umožňuje výrobu tvarově náročných dílů, obráběcí technologií nevyrobitelných. Princip 3D tisku spékáním prášku vyžaduje průběžnou kontrolu. První fází je kontrola vstupního materiálu, jehož kvalita zásadně ovlivňuje výslednou kvalitu výrobku. Pomocí optických mikroskopů, případně CT přístroji pro kontrolu vnitřní struktury, se kontroluje zrnitost, pórovitost, případně velikost částic prášku. Dále se kontroluje struktura vzniklé hmoty a provádí se analýza struktury povrchu. Používají se optické mikroskopy, elektronové mikroskopy, případně rentgenové tomografy. Současné přístroje umožňují kontrolní postupy automatizovat.

Pan Jan Sikora ze společnosti INSIZE Czech seznámil posluchače se širokým sortimentem měřicích přístrojů dodávaných na trh v České republice. Společnost je

zastoupena v 75 zemích světa. Celý sortiment představuje celkem 11 000 položek. Zahrnuje komunální přístroje, optické přístroje a další zařízení pro mechanická měření až po testovací a trhací stroje. Zakládá si na komplexní technické podpoře svých výrobků, zaškolení obsluhy, poskytuje servis a opravy všech svých výrobků.

Pan Radek Kmeť ze společnosti Prima Bilavčík prezentoval optické přístroje švýcarské firmy Sylvac. Přístroje Sylvacscan jsou koncipovány tak, aby urychlily proces výroby. Jsou robustní a jsou určeny pro měření přímo u obráběcího stroje. Jsou také vybaveny intuitivním softwarem Reflex SCAN+, umožňujícím měření stisknutím tlačítka bez předchozího programování. Jsou dodávány s vestavěnými kalibračními prvky.

Pan Terek Rebai, společnost KEYENCE, představil moderní 3D mikroskop s označením Keyence VHX. Specifikou mikroskopu je snímání obrazu pomocí vysokorychlostních kamer z různých úhlů. Z takto získaných dat se softwarově vytváří 3D obraz. Lze přitom měnit úhel pozorování, a získat tak údaje podle požadavků operátora.

Na závěr konference byly připraveny dva workshopy.

První workshop, na téma kalibrace závitových kalibrů, vyhodnocení výsledků a posouzení shody se specifikací, vedl Ing. Richard Silovský z Výzkumného a zkušebního ústavu Plzeň. V průběhu workshopu bylo představeno potřebné metrologické vybavení a názorně vysvětleny postupy a vyhodnocování naměřených hodnot.

V druhém workshopu, vedeném Ing. Vladimírem Vilhelmem ze společnosti ENERGIZE GROUP, byl kalibrován digitální multimetr pomocí kalibrátoru i srovnáním s etalonním voltmetrem. Opět bylo podrobně probráno zpracování naměřených hodnot a správné vyhodnocení kalibrace v kalibračním listu.

Na zhodnocení jubilejní 30. mezinárodní konference měřicí techniky pro kontrolu jakosti je ještě brzo. Její průběh byl upravený podle požadavků účastníků z uplynulých ročníků. Znamenalo to v principu zvětšit objem informací, prezentovaných na konferenci, bez snížení jejich kvality. To se zřejmě podařilo, protože některé příspěvky jsou natolik podnětné a užitečné, že by byla vhodná jejich širší publikace. Kladlo to vyšší požadavky na organizátory i na účastníky konference. Je to v souladu s požadavky současné doby na zvýšenou efektivitu všech činností.



Rušné debaty účastníků konference s odborníky vystavovatelů

## ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI – PŘINÁŠÍ NOVINKY ZE SVĚTA TECHNICKÝCH NOREM

**Ing. Miroslav Čermák**

*Zdroj: Česká agentura pro standardizaci*



**Během druhého pololetí roku 2022 byly vydány tyto technické normy v oblasti elektrotechniky, stavebnictví, mechanického zařízení a dalších technických oblastí:**

### Stavebnictví

**ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce**

V dokumentu jsou uvedeny základy pro navrhování zděných pozemních a inženýrských staveb. Dokument se zabývá nevyztuženým zdívem, vyztuženým zdívem a výplňovým zdívem. Dále jsou uvedeny zásady pro navrhování předpjatého zdíva.

**ČSN 36 0459 Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení**

Tento dokument stanovuje požadavky na omezení nežádoucích účinků trvalého venkovního elektrického osvětlení na vnější prostředí v následujících aplikačních oblastech osvětlení: osvětlení pozemních komunikací, osvětlení venkovních pracovišť, osvětlení venkovních sportovišť, architektonické osvětlení a reklamní osvětlení.

Definice a členění pozemních komunikací, venkovních pracovišť a venkovních sportovišť jsou uvedeny v příslušných právních předpisech nebo technických normách. Předmětem tohoto dokumentu je také venkovní osvětlení stavenišť, které nemá trvalý charakter.

Pro ostatní venkovní osvětlení (např. u staveb pro bydlení a rekreaci) jsou požadavky této normy doporučující.

Tento dokument nestanovuje požadavky na omezení nežádoucích účinků na vnější prostředí u dočasného venkovního osvětlení (např. vánoční dekorační osvětlení, osvětlení krátkodobých kulturních, společenských a sportovních akcí apod.) ani požadavky na parametry svítidel a světlometů u dopravních prostředků v silniční, železniční, letecké a lodní dopravě a u světelných návěstidel v dopravě obecně. Zároveň se požadavky této normy netýkají venkovního osvětlení věznic a osvětlení venkovních pracovišť určených pro práci základních složek integrovaného záchranného systému (IZS).

**ČSN EN 13830+A1 Lehké obvodové pláště – Norma výrobku**

Tato evropská norma specifikuje požadavky na sestavy obvodových plášťů určených k použití jako obvodový plášť budovy pro zajištění odolnosti proti povětrnostním vlivům, bezpečnosti při užívání a úspory energie a udržení tepla

a poskytuje metody pro zkoušení, kalkulace a posuzování a kritéria shody souvisejících vlastností. Sestava obvodových plášťů, na kterou se vztahuje tato norma, by měla splňovat požadavky na svou vlastní integritu a mechanickou stabilitu, ale nepřispívá k nosnosti nebo stabilitě hlavní stavební konstrukce a může být vyměněna nezávisle na ní. Tato norma platí pro celé sestavy obvodových plášťů včetně upevňovacích prvků.

**ČSN EN 13888-1 Spárovací malty a lepidla pro keramické obkladové prvky – Část 1: Požadavky, klasifikace, třídění a označování**

Tento dokument platí pro spárovací hmoty pro keramické dlaždice pro vnitřní a vnější pokládku dlaždic na stěny a podlahy. Tento dokument uvádí terminologii týkající se výrobků, pracovních metod (viz příloha A), aplikačních vlastností atd. pro spárovací hmoty na keramické dlaždice. Tento dokument specifikuje požadavky na provedení cementových a reaktivních pryskyřičných spárovacích hmot pro keramické dlaždice. Tento dokument neobsahuje kritéria ani doporučení pro navrhování a pokládku keramických obkladů. Keramické spárovací hmoty na obklady lze použít i na jiné druhy obkladů (přírodní a aglomerovaný kámen apod.), jejichž materiály nepříznivě neovlivňují.

### Stroje pro zemní práce

**ČSN EN 474-13 (27 7911) Strojní zařízení pro zemní práce – Bezpečnost – Část 13: Požadavky pro válce**

Norma společně s EN 474-1:2022 se zabývá všemi významnými nebezpečími, nebezpečnými situacemi a událostmi pro válce, pokud jsou používány, jak je předpokládáno, a za podmínek výrobcem důvodně předvídatelného nesprávného použití (viz příloha A), a to v celém životním cyklu stroje, jak je popsáno v EN ISO 12100:2010, 5.4.

### Zdvihací zařízení

**ČSN EN 280-2 (27 5004) Pojízdňé zdvihací pracovní plošiny – Část 2: Dodatečné bezpečnostní požadavky na zařízení pro zdvihání břemen na výsuvné zvedací konstrukci a pracovní plošině**

Tato norma, která se má používat ve spojení s EN 280-1:2022, stanoví dodatečné bezpečnostní požadavky na pojízdné zdvihací pracovní plošiny (MEWP) typu 1 skupiny B vybavené zařízením pro zdvihání břemene. Zařízení pro zdvihání břemene je určeno pro zdvihání zavěšených břemen pouze jako součást úkolu prováděného personálem z pracovní plošiny. Tento dokument se zabývá dalšími nebezpečími, nebezpečnými situacemi a událostmi, které souvisejí se zařízením pro zdvihání břemen buď na vysouvací zdvihací konstrukci, nebo na pracovní plošině, pokud se MEWP a zařízení pro zdvihání břemene používají tak, jak bylo zamýšleno, a za podmínek nesprávného použití, které lze rozumně předvídat výrobcem MEWP.

## Terminologie v elektrotechnice

ČSN IEC 60050-113/A5 (34 0050) *Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 113: Fyzika pro elektrotechniku*

Tato změna zavádí zcela nový oddíl 113-07: Relativistická fyzika pro elektrotechniku.

## Elektroizolační kapaliny

ČSN EN IEC 60599 ed. 3 (34 6726) *Elektrická zařízení v provozu plněná minerálním olejem – Návod pro interpretaci výsledků analýz rozpuštěných a volných plynů*

Analýza rozpuštěných a volných plynů (DGA) je jedním z nejpoužívanějších diagnostických nástrojů pro zjišťování a vyhodnocování vad v elektrických zařízeních plněných izolační kapalinou. Interpretace výsledků DGA je však často složitá a má být vždy provedena pečlivě, což vyžaduje i zkušený personál údržby izolace.

Norma poskytuje informace, které usnadňují interpretaci výsledků. Popisuje, jak se mohou interpretovat koncentrace rozpuštěných nebo volných plynů pro diagnostikování stavu olejem plněných elektrických zařízení v provozu a navrhovat budoucí akce.

Platí pro elektrická zařízení plněná minerálním izolačním olejem a izolovaná celulóзовým papírem nebo pevnou izolací na bázi lepenky. Informace o specifických typech zařízení, jako jsou transformátory (výkonové, přístrojové, průmyslové, trakční, distribuční), reaktory, průchodky, rozváděče a olejové kabely, jsou uvedeny pouze jako indikace v aplikačních poznámkách.

## Inteligentní dopravní systémy

ČSN P CEN/TS 16157-11 (01 8295) *Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 11: Publikace strojově interpretovatelných dopravních opatření*

Dokument specifikuje publikační submodel v rámci modelu DATEX II, který podporuje publikaci elektronických dopravních opatření. Tato publikace je určena pro zaslání informací od silničních správních úřadů, které vydávají rozhodnutí o dopravním opatření, a od organizací, které tyto opatření provádějí, jiným organizacím, poskytujícím služby ITS nebo následnou výměnu informací.



## Točivé elektrické stroje

ČSN EN IEC 60034-7 ed. 2 (35 0000) *Točivé elektrické stroje – Část 7: Označování tvarů strojů a polohy svorkovnice (IM kód)*

Norma specifikuje IM kód, tj. klasifikaci tvarů strojů a polohy svorkovnice točivých elektrických strojů.

ČSN EN IEC 60034-33 (35 0000) *Točivé elektrické stroje – Část 33: Synchronní hydrogenerátory včetně motorgenerátorů – Zvláštní požadavky*

Norma platí pro trojfázové synchronní generátory s vyniklými póly a synchronní motorgenerátory pro hydraulické turbíny a pro aplikace čerpadlo–turbína, které mají jmenovitý kmitočet 50 Hz nebo 60 Hz, jmenovitý výkon 10 MVA a vyšší, počet pólových dvojic 3 a vyšší, a jmenovité napětí 6 kV a vyšší. Tento dokument doplňuje základní požadavky na točivé stroje uvedené v IEC 60034-1.

## Akumulátorové články a baterie

ČSN EN IEC 62660-3 ed. 2 (36 4328) *Lithium-ion akumulátorové články pro pohon elektrických silničních vozidel – Část 3: Bezpečnostní požadavky*

Norma stanovuje zkušební postupy a přijímací kritéria pro bezpečnostní vlastnosti lithium-ion akumulátorových článků a bloků článků používaných pro pohon elektrických vozidel (EV), včetně bateriových elektrických vozidel (BEV) a hybridních elektrických vozidel (HEV). Tento dokument stanoví základní bezpečnostní vlastnosti článků používaných v bateriových sadách a systémech za podmínek zamýšleného použití i za podmínek rozumně předvídatelného nesprávného použití nebo při nehodě během běžného provozu EV. V této normě jsou bezpečnostní požadavky kladené na články založeny na předpokladu, že články jsou v bateriové sadě a v bateriovém systému správně použity v mezích napětí, proudu a teploty stanovených výrobcem článku (provozní rozsah článku). Hodnocení bezpečnosti baterií během přepravy a skladování není předmětem této normy.

ČSN EN IEC 62619 ed. 2 (36 4362) *Akumulátorové články a baterie obsahující alkalické nebo jiné nekyselé elektrolyty – Bezpečnostní požadavky pro akumulátorové lithiové články a baterie pro použití v průmyslových aplikacích*

Norma stanovuje požadavky a zkoušky pro bezpečný provoz akumulátorových lithiových článků a baterií používaných v průmyslových aplikacích, včetně stacionárních aplikací.

Pokud existuje norma, která specifikuje zkušební podmínky a požadavky pro články používané ve zvláštních aplikacích a která je v rozporu s tímto dokumentem, má přednost dřívější norma (například soubor IEC 62660 pro silniční vozidla).

## Svítlidla

ČSN EN IEC 60598-2-22 ed. 3 (36 0600) *Svítlidla – Část 2-22: Zvláštní požadavky – Svítlidla pro nouzové osvětlení*

Norma specifikuje požadavky na svítlidla pro nouzové osvětlení používající elektrické světelné zdroje napájené



nouzovým napětím nepřevyšujícím 1000 V. Tento dokument se nevztahuje na účinky poklesu napětí svítidel s vysokotlakými výbojkami, které nejsou napájeny nouzovým napětím. Norma uvádí obecné požadavky na zařízení nouzového osvětlení. V tomto dokumentu je použit termín „světelný zdroj“, který také zahrnuje „zdroj(e) světla“, podle potřeby.

### Elektrotechnické předpisy

**ČSN 33 2000-5-53 ed. 3 (33 2000) Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-53: Výběr a stavba elektrických zařízení – Spínací a řídicí přístroje**

Norma se zabývá obecnými požadavky pro odpojování, spínání, řízení a monitorování a požadavky na volbu a stanovuje požadavky na volbu a montáž přístrojů zajišťujících plnění těchto funkcí.

### Elektrotechnika v dopravě

**ČSN CLC/TS 50238-3 (33 3592) Drážní zařízení – Kompatibilita mezi drážním vozidlem a systémy pro detekování vlaků – Část 3: Kompatibilita s počítači náprav**

Dokument definuje meze rušení a hodnotící kritéria pro elektromagnetickou kompatibilitu mezi kolejovými vozidly a detektory počítače náprav. Tento dokument stanovuje soubor mezních hodnot rušení pro magnetická pole, která vznikají jak v důsledku kolejového proudu, tak v důsledku zařízení na palubě vozidel, hodnotící kritéria pro ověření emisí kolejových vozidel a prokázání kompatibility s mezemi rušení pro magnetická pole a sledovatelnost požadavků (pro meze uvažovaného typu počítače náprav).



### Výkonové transformátory

**ČSN EN 50708-2-4 (35 1001) Výkonové transformátory – Dodatečné evropské požadavky – Část 2-4: Střední výkonové transformátory – Zvláštní zkoušky**

Norma popisuje zvláštní zkoušky středních výkonových transformátorů o výkonu  $\leq 3150$  kVA v souladu se

souborem EN 50708-2. Dokument definuje pravidla pro posuzování energetické náročnosti pro prokazování shody výrobku s nařízením Komise (EU) č. 548/2014 a změny z roku 2019.

**ČSN EN 50708-2-6 (35 1001) Výkonové transformátory – Dodatečné evropské požadavky – Část 2-6: Střední výkonové transformátory – Nekonenční technologie magnetických ocelí**

Norma se zabývá energetickou náročností středních výkonových transformátorů vyrobených nekonenční technologií. Obsahuje definici energetické náročnosti středních výkonových transformátorů vyrobených nekonenční technologií v souladu s EN 50708-1-1.

### Elektromagnetická kompatibilita

**ČSN EN 50715 (33 4213) Elektromagnetická kompatibilita – Vysokofrekvenční emise – Statistické úvahy v určení shody s požadavky na nežádoucí emise pro hromadně vyráběné výrobky**

Norma specifikuje statistické úvahy pro vyhodnocení nežádoucích vysokofrekvenčních emisí hromadně vyráběných výrobků. Tato norma určuje požadavky a poskytuje vodítko založené na statistických technikách. Shoda EMC hromadně vyráběných výrobků s požadavky této normy je založena na použití statistických technik, které ujistí spotřebitele se spolehlivostí 80 %, že 80 % výrobků zkoumaného typu splňuje meze pro nezáměrnou vysokofrekvenční emisi. Tato norma nedefinuje meze nebo metody měření. Může být použita pouze po měření nežádoucích vysokofrekvenčních emisí, které je provedeno podle použitelné normy pro nežádoucí vysokofrekvenční emise.

### Elektrická měřicí zařízení

**ČSN EN IEC 60751 ed. 2 (25 8340) Průmyslové platínové odporové teploměry a platínové teplotní senzory**

Norma specifikuje požadavky a vztahy závislosti odporu na teplotě pro průmyslové platínové odporové teploměry (dále označované jako „teploměry“) a průmyslové platínové odporové teplotní senzory (dále označované jako „platínové rezistory“), jejichž elektrický odpor je definován jako funkce teploty.

**ČSN EN IEC 61010-2-012 ed. 2 (35 6502) Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení – Část 2-012: Zvláštní požadavky na klimatické zkoušky, zkoušky prostředí a ostatní zařízení pro úpravy teploty**

Tato část IEC 61010 určuje podrobné bezpečnostní požadavky pro dále uvedené typy a) až c) elektrického zařízení a jeho příslušenství, kdekoliv je určeno k použití, kdykoliv toto zařízení obsahuje jednu nebo více dále uvedených charakteristik:

- Chladicí soustava, která funguje s vestavěnou funkcí topení nebo je jí ovlivněna, jako je kombinovaná topná a chladicí soustava, vytváří dodatečné a/nebo závažnější nebezpečí než tyto obě soustavy, jestliže je s nimi nakládáno odděleně.

- Zpracovávané materiály v zamýšleném použití přinášejí významné teplo do chladicí soustavy tak, že chladicí soustava v použití přináší dodatečné a/nebo závažnější nebezpečí než nebezpečí pro chladicí soustavu, jestliže je samotná provozována při nejvyšší jmenovité teplotě okolí.
- Funkce ozařování pro zpracovávané materiály představuje dodatečné nebezpečí.
- Funkce, která vystavuje zpracovávané materiály nadměrné vlhkosti, oxidu uhličitému, solné mlze nebo jiným látkám, které mohou mít za výsledek dodatečné nebezpečí.
- Funkce mechanického pohybu představuje dodatečné nebezpečí.

### Elektroenergetika

#### ČSN EN 50522 ed. 2 (33 3201) *Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV*

Norma stanoví požadavky pro návrh a provedení uzemňovacích soustav elektrických instalací v soustavách se jmenovitým napětím AC nad 1 kV a jmenovitým kmitočtem do 60 Hz včetně tak, aby byla zajištěna bezpečnost a správná funkce pro zamýšlené použití.

### Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely

#### ČSN EN 50706 (36 1050) *Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Zvláštní požadavky na elektrické rotační žehliče pro komerční použití*

Norma se zabývá bezpečností elektrických rotačních žehliček pro komerční použití určených pro používání proškolenými osobami např. v hotelích, nemocnicích, továrnách, v lehkém průmyslu a v zemědělství. Pokrývá rovněž rotační žehliče, které jsou deklarovány pro komerční používání v prostorech přístupných široké veřejnosti a provozované neznalými osobami např. v prádelnách a komunálních prádelnách. Jejich jmenovité napětí nepřesahuje 250 V u jednofázových spotřebičů a 480 V u ostatních. Tento dokument také pokrývá elektrické rotační žehliče používající další zdroje energie. Nepokrývá požadavky na tyto jiné zdroje energie pro účely ohřevu. Vliv těchto jiných zdrojů energie na stroj je však zahrnut. Tento dokument pojednává o rozumně předvídatelných nebezpečích představovaných spotřebiči, se kterými se setkávají všechny osoby v domácnosti a podobných prostředích.

#### ČSN EN IEC 60335-2-11 ed. 5 (36 1050) *Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 2-11: Zvláštní požadavky na bubnové sušičky*

Norma se zabývá bezpečností elektrických bubnových sušiček určených pro domácnost a podobné účely, jejichž jmenovité napětí nepřesahuje 250 V u jednofázových spotřebičů a 480 V u ostatních spotřebičů. Tato norma se také zabývá bubnovými sušičkami, které používají chladicí systém, obsahující utěsněné motorkompresory, pro sušení textilního materiálu. Tyto spotřebiče smějí používat hořlavá chladiva. Dodatečné požadavky pro tyto spotřebiče

jsou uvedeny v příloze AA. Tato norma také platí pro spotřebiče, které nejsou určeny pro normální používání v domácnostech, ale mohou přesto představovat zdroj nebezpečí pro veřejnost, jako jsou spotřebiče určené pro používání neznalými osobami v obchodech, lehkém průmyslu a zemědělství.

#### ČSN EN IEC 60335-2-89 ed. 3 (36 1050) *Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 2-89: Zvláštní požadavky na chladicí zařízení a výrobky ledu se zabudovanou nebo oddělenou chladicí kondenzační jednotkou nebo motorkompresorem pro komerční účely*

Norma stanovuje požadavky na bezpečnost elektrických chladicích spotřebičů a výrobců ledu pro komerční účely, které mají zabudovaný motorkompresor nebo které jsou dodávány ve dvou jednotkách k sestavení do jednoho spotřebiče podle návodu výrobce (dělený systém). V možné míře se tato norma zabývá běžnými nebezpečími představovanými těmito typy spotřebičů, včetně spotřebičů, které používají hořlavá chladiva a spotřebičů používajících chladivo R-744. Tato mezinárodní norma neplatí pro spotřebiče s hmotností hořlavého chladiva překračující meze stanovené v 22.110 nebo pro spotřebiče, které používají chladiva se zařazením toxicity B podle ISO 817. Nezahrnuje ty konstrukční a provozní vlastnosti chladicích spotřebičů, kterými se zabývají normy ISO.

### Elektromobilita

#### ČSN EN IEC 62196-6 (35 4572) *Vidlice, zásuvky, vozidlové nástrčky a vozidlové přívodky – Nabíjení elektrických vozidel vodivým připojením – Část 6: Požadavky na rozměrovou kompatibilitu pro vozidlová zásuvková spojení s kolíky a dutinkami na DC proud pro DC napájecí zařízení EV, u nichž ochrana spočívá na elektrickém oddělení*

Norma platí pro vozidlové nástrčky, vozidlové přívodky a kabelové sestavy pro elektrická vozidla (EV) určené pro používání v systémech nabíjení elektrických vozidel vodivým připojením, které zahrnuje řídicí zařízení, se jmenovitým pracovním napětím do 120 V DC a jmenovitým proudem do 100 A. Tyto přístroje jsou určeny pro používání pro DC rozhraní systému vodivého nabíjení podle IEC 61851-25:2020. Tento dokument platí pro přístroje a kabelové sestavy, které se mají používat při teplotě okolí v rozmezí od -30 °C do +40 °C. Vozidlová nástrčka a vozidlové přívodky jsou určeny pro připojení pouze kabely s měděnými vodiči nebo vodiči ze slitiny mědi.

### Elektromechanické ruční nářadí

#### ČSN EN IEC 62841-3-5 (36 1510) *Elektromechanické ruční nářadí, přenosné nářadí a žací a zahradní stroje – Bezpečnost – Část 3-5: Zvláštní požadavky na přenosné pásové pily*

Norma platí pro pásové pily určené pro řezání dřeva a podobných materiálů, plastů a kovů s výjimkou hořčíku.

## NOVÉ DOKUMENTY VYDANÉ ČESKOU METROLOGICKOU SPOLEČNOSTÍ, Z. S. V RÁMCI PRM 2022 ÚNMZ

**Ing. František Hnízdil**

*Česká metrologická společnost*

Česká metrologická společnost, z. s. (dále jen ČMS) obdobně jako v minulých letech přistupuje touto formou ke zveřejnění informací o nových dokumentech, které v rámci Programu rozvoje metrologie vypisovaného ÚNMZ vydává a které jsou veřejnosti přístupné v plném znění ke stažení zdarma na webových stránkách ČMS. Jedná se o revidované vzorové kalibrační postupy, které ČMS doposud poskytovalo za úplatu, a nové Metodiky provozního měření.

Koronavirová pandemie tento ročník PRM ovlivnila ještě více než v roce předchozím. Finanční prostředky, které Ministerstvo průmyslu a obchodu uvolnilo na tento program, byly ještě nižší než v roce předchozím, a to mělo dopad na rozsah úkolů, na které jste byli zvyklí v předchozích letech. Zcela byl zrušen navrhovaný úkol VII/1/22 Vzorové kalibrační postupy (VKP) a rovněž úkol VII/4/22 Překlady dokumentů WELMEC, resp. OIML. Zachovány zůstaly úkoly VII/2/22 Revize vzorových kalibračních postupů a VII/3/22 Metodiky provozních měření (MPM).

Při redukci úkolů bylo rozhodnuto, že množství vydaných VKP je v současné době víceméně vyhovující, ale čas způsobuje, že je nutné průběžně provádět jejich revize. MPM nejsou dosud zpracovány pro všechny potřebné oblasti, a proto úkol jejich tvorby zůstal zachován. U překladů dokumentů WELMEC byla vzata v úvahu skutečnost, že jsou k dispozici alespoň v originálním znění, a tak není jejich využití příliš omezeno.

Z výše uvedeného vyplývá, že v roce 2022 byly po redukci odsouhlaseny následující dva úkoly:

- VII/2/22 Revize vzorových kalibračních postupů
- VII/3/22 Metodiky provozního měření

Po formální stránce se na těchto dokumentech nic nemění, z důvodu zachování jejich přehlednosti.

Vzorové kalibrační postupy jsou koncipovány tak, aby byly použitelné a srozumitelné běžnému metrologickému personálu (pracovníkům provádějícím měření, provozní kontroly měřidel i těm, kteří provádějí kalibrace v menších podnicích). Jejich struktura je v podstatě neměnná. Skládá se z dvanácti článků ošetřujících jednotlivé kroky kalibrace. Ke každému vzorovému kalibračnímu postupu je zpracována validační zpráva, která je uložena v sekretariátu ČMS.

**Pro úkol VIII/2/22 Revize vzorových kalibračních postupů** je výběr VKP prováděn ze souboru dosud nerevidovaných dokumentů podle několika kritérií, z nichž nejdůležitější jsou:

- změny v normách, které vyžadují provést změny ve VKP,
- uplynutí minimálně deseti let od jejich prvotního zpracování.

Někdy mohou nastat problémy s tím, že během roku se objeví nová norma nebo revize stávající normy. Znění

těchto norem a změn je zpravidla známo v anglické verzi, ale český překlad není ještě nějakou dobu k dispozici. Obvykle se to řeší tak, že v nejbližší možné době se provede oprava VKP tak, aby znění postupu odpovídalo aktuálnímu stavu normalizace.

Na webu ČMS lze nalézt dva seznamy VKP. První seznam obsahuje VKP vytvořené po roce 2012, odkdy jejich tvorbu plně dotuje stát. Tyto VKP jsou k dispozici volně ke stažení. Druhý seznam obsahuje starší VKP, které budou následně zdrojem revizí. Tyto postupy lze získat za doplatkové úhrady, které jsou v seznamu uvedeny. Po provedení revize je VKP přesunut do skupiny dokumentů přístupných volně ke stažení.

**Metodiky provozního měření (MPM)** jsou druhým odsouhlaseným úkolem VII/3/22. Jedná se o postupy vzniklé na základě zkušeností s tím, že v mnoha případech provádějí technologická i kontrolní měření v podnicích pracovníci bez patřičného zaškolení, a výsledky jejich měření nemusí být důvěryhodné. Hlavním přínosem je minimalizování velikosti subjektivní chyby pracovníka provádějícího měření, která mnohdy má charakter podobný chybě systematické. Uvedené MPM by měly pomoci podnikovým metrologům se školením těchto provozních pracovníků a pracovníků kontrol, kteří tak mohou získat správný a standardní postup měření písemně k dispozici. Všechny tyto MPM jsou na webu ČMS volně ke stažení.

### Stručné charakteristiky jednotlivých zpracovaných postupů

V PRM VII/2/22 bylo revidováno celkem pět vzorových kalibračních postupů.

Původní označení	Nové označení
KP 1.1.1/01/08/N Koncové měřky	(KP 1.1.1/01/22)
KP 1.2.1/06/07/N Sinusové pravítko s hroty	(KP 1.2.1/06/22)
KP 2.4.1/01/08/N Deformační tlakoměr	(KP 2.4.1/01/22)
KP 2.4.1/02/06/N Deformační barometr (VKP byl v rámci revize zrušen a jeho obsah zpracován do postupu KP 2.4.1/01/22)	
KP 7.2.1/02/08/N Přístroje na měření vlhkosti vzduchu	(KP 7.2.1/02/22)

#### KP 1.1.1/01/08/N Koncové měřky

Jedná se o kalibrační postup základních důležitých kontrolních a dílenských měřidel, u kterých častým používáním dochází k opotřebení, a proto i k nutnosti jejich kontroly formou kalibrace. Postup je doplněn příkladem výpočtu

nejistoty měření. Vytvořena je nová validační zpráva postupu. Vzhledem k tomu, že revidovaný postup bude nově zveřejněn na webových stránkách ČMS a ÚNMZ, je navrženo nové označení **KP 1.1.1/01/22**.

#### **KP 1.2.1/06/07/N Sinusové pravítko s hroty**

Tato měřidla rovněž patří k běžným dílenským měřidlům ve strojírenství, jejich používáním dochází ke snížení přesnosti, a proto i k nutnosti je kalibrovat. Kalibrační postup je doplněn výpočtem nejistoty měření a příkladem jejího výpočtu. Vytvořena je nová validační zpráva. Vzhledem k tomu, že revidovaný postup bude nově zveřejněn na webových stránkách ČMS a ÚNMZ, je navrženo nové označení **KP 1.2.1/06/22**.

#### **KP 2.4.1/01/08/N Deformační tlakoměr a KP 2.4.1/02/06/N Deformační barometr**

KP 2.4.1/01/08/N Deformační tlakoměr byl shledán odborníkem provádějícím revizi obsahově velmi podobným postupem **KP 2.4.1/02/06/N Deformační barometr**, a proto bylo rozhodnuto v rámci této revize o sjednocení obou těchto postupů. Jedná se o kalibrační postupy běžně používaných tlakoměrů a barometrů, u kterých časem dochází k únavě měřicího elementu, a proto i k nutnosti opakované kalibrace. Postup obsahuje stanovení nejistoty i příklad jejího výpočtu pro obě skupiny měřidel tlaku. Vytvořena byla nová společná validační zpráva. Vzniklý sjednocený dokument bude nově zveřejněn na webových stránkách ČMS a ÚNMZ pod navrženým novým označením **KP 2.4.1/01/22**.

#### **KP 7.2.1/02/08/N Přístroje na měření vlhkosti vzduchu**

Jedná se o kalibrační postup základních kontrolních měřidel různých typů, u kterých je nutno zachovat stabilitu a spolehlivost naměřených údajů a periodická kalibrace je tedy nezbytná. Postup je doplněn stanovením nejistoty měření a příkladem jejího výpočtu. Vytvořena je nová validační zpráva. Vzhledem k tomu, že revidovaný postup bude nově zveřejněn na webových stránkách ČMS a ÚNMZ, je navrženo nové označení **KP 7.2.1/02/22**.

V **PRM VII/3/22** byly zpracovány celkem tři metodiky provozního měření z oblasti měření osvětlení a akustiky.

- Metodika měření dopravního hluku (**MPM 8.2.1/01/22**)
- Metodika měření hluku průmyslového zařízení (**MPM 8.2.1/02/22**)
- Měření osvětlení v tunelech pozemních komunikací zobrazujícím jasoměrem (**MPM 9.1.1/03/22**)

#### **MPM 8.2.1/01/22 Metodika měření dopravního hluku**

Měření úrovně dopravního hluku je v současné době velmi požadovaný obor měření, který je uplatňován zvláště

v rámci činnosti hygienické služby a stavebního plánování. Používaná měřidla patří do kategorie pracovních měřidel stanovených, a proto je nezbytné, aby osoby, které uvedená měřidla užívají, měly k dispozici vhodný postup pro jednotné měření. Vzhledem k tomu, že u osob, které uvedená měřidla využívají, je požadována certifikace odborné způsobilosti, může uvedený postup sloužit jako materiál na přípravu k certifikační zkoušce.

#### **MPM 8.2.1/02/22 Metodika měření hluku průmyslového zařízení**

Měření úrovně hluku průmyslového zařízení je důležitým oborem měření, který je uplatňován zvláště v rámci činnosti hygienické služby a jako technický podklad pro uvedení průmyslového zařízení do provozu. Používaná měřidla patří do kategorie pracovních měřidel stanovených, a proto i zde je nezbytné, aby osoby, které uvedená měřidla užívají, měly k dispozici vhodný postup pro jednotné měření. Také u těchto osob, které uvedená měřidla využívají, je požadována certifikace odborné způsobilosti v oblasti metrologie. Uvedený postup může sloužit jako materiál na přípravu k certifikační zkoušce.

#### **MPM 9.1.1/03/22 Měření jasu v tunelech pozemních komunikací zobrazujícím jasoměrem**

Měření osvětlení v podzemních prostorách dopravních komunikací je důležitý obor měření z pohledu bezpečnosti práce, který je uplatňován zvláště ve stavebnictví a sledován rovněž v rámci činnosti hygienické služby. Používaná měřidla patří do kategorie pracovních měřidel stanovených, což vede k tomu, aby osoby, které uvedená měřidla užívají, měly k dispozici vhodný postup pro jednotné měření. Také zde platí, že pracovníci provádějící měření mají mít certifikaci odborné způsobilosti, a uvedená metodika provozního měření může sloužit jako materiál na přípravu k certifikační zkoušce.

## **ZÁVĚR**

Závěrem lze konstatovat, že vydané dokumenty, i když letos v omezeném množství, přispějí k informovanosti odborné veřejnosti a doufáme, že texty jim budou prospěšné. Tuto myšlenku podporuje také vykazovaný počet návštěv webu ČMS, kde je můžete od prosince 2022 najít a volně stáhnout k vaší potřebě.

Současně jsou již navrženy i úkoly na rok 2023. Kompletní návrh ze strany ČMS obsahuje opět celkem čtyři úkoly, tak jako tomu bylo v minulosti. Budou to tradiční vzorové kalibrační postupy, jejich revize, metodiky provozního měření a překlady dokumentů WELMEC.



## MINIMUZEUM VAH V KŘENOVECH

### Metrologická zajímavost i typ na výlet pro metrologa

**Ing. František Hnízdil**

*Česká metrologická společnost*

Česká metrologická společnost, z. s. se vzhledem ke svému statutu věnuje nejen metrologické edukaci a společenské činnosti metrologů, ale řada jejich členů se zajímá i o okrajová témata, jako jsou historie měření, životopisy významných metrologů, ale také například zajímavosti, na které můžete narazit při cestách (nejen těch služebních). Jedním z takových „exotů“ je Minimuzeum vah v malé obci Křenovy na Plzeňsku.



Snímek ukazuje skutečně minimální rozměry muzea s plochou jen o málo více jak 4 m<sup>2</sup>

Obec má jen něco přes sto stálých obyvatel, ale zdá se, že velmi aktivních a agilních. Nápad založit v Křenovech unikátní muzeum vah vznikl před asi dvaceti lety v místní restauraci při klábosení nad pivem. Křenovští chlapi se radili, jak využít bývalý vážní domek s tehdy už nefunkční silniční váhou, stojící uprostřed obce. Ten vznikl v době kolektivizace v 50. letech 20. století a sloužil místnímu JZD Dolina jako zemědělská váha, podobně jako tomu bylo i v mnoha jiných českých obcích. Časem se ale váha přestala používat a jen překážela a chátrala uprostřed vsi.

Jak to tak bývá, zaznělo mnoho nápadů, od zbourání až po rekonstrukci. Nápad křenovského chalupáře doktora Houdka – objekt zrekonstruovat – se místním sice zalíbil, ale co s ním po opravě?

Pod vedením německého penzisty Stefana Zmarslyho, který společně s obcí opravu financoval, začali Křenovští společně objekt přestavovat na tematické muzeum. Po odpracování asi 350 hodin a vynaložení přibližně 45 tisíc korun mohlo být muzeum v květnu roku 2006 otevřeno.

Vznikl tak unikát, zajímavý hned v několika směrech. Prvním je jeho velikost. „Rozkládá“ se celkem na 4,23 m<sup>2</sup>, což je plocha, která pro rozměrnější osobu sama o sobě vytváří nebezpečí poškození vystavených exponátů. Rozhodně tedy nedoporučuji navštívit prostory muzea, když už v nich nějaký návštěvník je. Není ani vhodné se v něm

přilíši otáčet, a tak opustit jej je nejlépe vycouváním. Je nutné si uvědomit, že v něm je (kromě vás) umístěno současně na 60 exponátů, a to od velké osobní váhy, která původně stála na peroně klatovského nádraží, až po drobné váhy na opium pocházející z Barmy. Více než muzejní expozici tak prostor připomíná skladiště, avšak předmětů pečlivě označených popiskami. Přečíst ty níže položené se mi však vzhledem k mým rozměrům nepodařilo.

Není tedy divu, že Minimuzeum vah v Křenově získalo certifikát „nejmenšího muzea v České republice“ od pelhřimovské agentury Dobrý den (stalo se tak 27. června 2006, tedy už po pouhém měsíci jeho existence).

Většina exponátů je funkčních, a tak návštěvy, jako například výpravy školních dětí, si mohou opatřit doklad o tom, kolik žáci třídy váží dohromady.

To zjistí na opravené silniční váze, která zde zůstala zachována z původního vážního domku. Stejně tak jednotlivci se mohou zvážít za pouhou jednu korunu na výše uvedené osobní váze (pokud se k ní na protilehlou stranu muzea protlačí).

Podle návštěvní knihy je objekt poměrně často navštěvován. Muzeum je otevřeno od jara do podzimu, a vlastně i celoročně po dohodě na telefonním čísle 379 492 834. Při trošce štěstí si také lze domluvit prohlídku, i pokud se u váhy v Křenovech ocitnete náhodou, a to na mobilním telefonním čísle 723 961 171. Správce a průvodci nebydlí daleko a určitě se vám pokusí vyhovět. Vstupné je dobrovolné.

Mezi návštěvníky jsou většinou jednotlivci, rodiny s dětmi projíždějící tudy na výlet, školní zájezdy, které tak doplní školní výlet možnostmi, jak už bylo řečeno, si nechat zdokumentovat, kolik kilogramů v ten den žáci dané třídy na školním zájezdu dohromady vážili. Najdou se ale také relativně kuriózní návštěvy, jako prý byl zájezd jakýchsi čínských žen na cestě po Evropě.

A jaké váhy můžete v křenovském muzeu spatřit? V expozici jsou váhy s hmotnostním rozsahem od 2 gramů do 16 tun. Největší je pochopitelně ta původní, silniční, která je zrenovovaná a funkční. O osobní váze jsme



Certifikát o vytvoření českého rekordu – nejmenší muzeum v České republice



Také tabulka s informacemi o muzeu je mini

už psali. Další z osobních vah je váha lékařská, spojená s měřidlem výšky, a také starší váha kojenecká. Mezi nejzajímavější patří rovnoramenné vážky na opium, velmi hezky vyvedené v santalovém pouzdře, pocházející snad z Barmy. Škoda jen, že se u nich nedochovala také originální závaží. Dále jsou to váhy kuchyňské, krámské, decimální, poměrové, rybářské, poštovní, vojenské kapesní váhy, ale i další předměty, které nějakým způsobem s vážením souvisí. Jednotlivé exponáty pocházejí z osmi zemí a většinu jich věnovali místní občané, další pak nadšenci, kteří chtěli muzeum podpořit.



Krásně vyřezávané pouzdro vah na opium ze santalového dřeva...



...obrázek skrývá drobné vážky, jen závažíčka a pochopitelně i opium chybí

Všechny exponáty získalo muzeum darem až na jeden, a tím je malá decimálka, která se v této velikosti často nevidí. Majitel prý za ní požadoval 300 Kč. Váhy jsou zde z různých oborů lidské činnosti. Jednou z nich je i masivní minciř ruské provenience používaný rybáři na vážení úlovku vybraného ze sítě přímo na moři. Je doplněn fotografií přímo z místa použití. Jsou tu různé váhy mechanické, ale i novější elektronické a digitální. Zajímavé měřidlo věnoval křenovským Český hydrometeorologický ústav Plzeň. Jde o speciální



Celkový pohled do prostor muzea dává přehled o pokladech, které skrývá. Zajímavá je váha na ryby (vlevo dole), vzadu osobní váha z klatovského nádraží, na pravé straně rekonstruovaná silniční váha. Na ostatní se musíte podívat více z blízka, ale po jednom. Dva lidé už mají uvnitř problémy a hrozí poškození inventáře.

„trubicovou“ váhu na určení objemu vody v určité vrstvě sněhu. Zajímavostí ale najdete v křenovském minimuzeu více. Nebudu vše popisovat, ať také vy máte co objevovat.

Celá expozice tak trochu připomíná sbírku známek, které filatelisté říkají „chlapecká“. Je to prostě snůška různých přístrojů tak, jak se do muzea postupně dostaly, takže nehleďte nějaký systém či řád. Přesto má muzeum určitou atmosféru nadšení pro věc, a to se také cení. Rozhodně se vyplatí této do určité míry kuriozité věnovat trochu té námahy a muzeum v Křenovech (například při cestě z Plzně do Klatov) navštívit.



ÚŘAD PRO TECHNICKOU  
NORMALIZACI, METROLOGII  
A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ

## VYHLAŠUJE

výběrová řízení na obsazení volných služebních  
a pracovních míst.

Nabídka služebních a pracovních míst je  
zveřejněna na úřední desce ÚNMZ

<https://www.unmz.cz/obecne/nabidka-zamestnani/>

## NABÍDKA AKCÍ ČMS



Česká metrologická společnost, z.s.  
Zakládající člen Českého svazu  
vědeckotechnických společností

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1  
tel.: 606 957 233  
e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)  
[www.spolky-csvts.cz/cms](http://www.spolky-csvts.cz/cms)



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
29. květen 2023 ČSVTS Praha Novotného lávka 5 sál č. 318	K 599-23	Základy měření ve strojírenství

Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
5. červen 2023 ČSVTS Praha Novotného lávka 5 sál č. 318	K 600-23	Nejistoty měření ve strojírenství

Další informace o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení najdete na webových stránkách ČMS  
[www.spolky-csvts.cz/cms](http://www.spolky-csvts.cz/cms) v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS:

<https://spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>.

Pokud máte zájem o aktuální informace a termínech pořádaných akcí, registrujte se prosím na:

<https://spolky-csvts.cz/cms/content/registrace>

### Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Šárka Kotlíková, Ing. Pavel Nosek, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, Ing. Radek Sedláček, Ph.D., doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek. Přizvaní: PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor. Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 10 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Biskupský dvůr 1148/5, 110 00 Praha 1. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: květen 2023. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: [klenik@q-art.cz](mailto:klenik@q-art.cz). Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

### Foto na obálce:

Světový den metrologie 2023 – Měření podporující globální potravinový systém

### Photo on the front page:

World Metrology Day 2023 – Measurements supporting the global food system

