

1/2024
ROČNÍK 33

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ





Ve věku 95 let ukončil svou životní pouť jeden z nestorů české metrologie,

Ing. Jindřich Běťák.

Ing. Běťák se narodil v Liptále u Vsetína, dětství prožil v Kyjově, kde také vystudoval střední školu a poté absolvoval v Brně elektotechnickou fakultu VUT. Po ukončení studií odešel do Prahy, kde nastoupil do Ústavu pro stavbu strojů (později SVÚSS) v Praze - Běchovicích. Zabýval se zejména problematikou měření teploty a vlhkosti a zároveň koordinoval práci metrologů v celém ústavu.

Byl jedním z prvních členů metrologické sekce, která vznikla v rámci ČSVTS, oficiálně zahájila svou činnost v roce 1970 a postupem času se přetransformovala na Českou metrologickou společnost (ČMS).

Ing. Běťák se zde věnoval přednáškové činnosti na seminářích, konferencích nebo kurzech. Významné byly zejména konference o metrologii teploty, na kterých společně s Ing. Černým předávali mnohaleté zkušenosti začátečníkům a informovali o aktuálním rozvoji oboru. Zároveň byl aktivní v publikování článků nebo jako spoluautor několika knih z oblasti metrologie, např.:

<https://www.antikavion.cz/kniha/technicka-mereni-ve-strojnictvi-josef-jencik-1982>

<https://www.antikavion.cz/kniha/mereni-mechanickych-velicin-v-automatizaci-ludvik-kuhn-1967?produkt=12728>

V publikační činnosti se věnoval mimo jiné problematice zprostředkovaného měření a vyhodnocování měření.

Pracoval také mnoho let jako předseda zkušební komise Certifikačního orgánu č. 3008, který je oprávněn certifikovat způsobilost pracovníků pro metrologickou a zkušební činnost. Při této činnosti se projevily jeho široké znalosti v oblasti měření různých fyzikálních veličin. Při zkoušení zájemců o certifikát byl schopen se velmi dobře orientovat nejen v oblasti jemu nejbližší □ tj. v oblasti tepelně technických veličin, ale i ve stavebnictví, chemii nebo strojírenství. Ani po odchodu do důchodu nepřestával být aktivní ve své činnosti pro metrologii a do nedávné doby byl předsedou kontrolní komise ČMS.

Mnozí pamětníci vzpomínají na jeho až fenomenální paměť v oblasti literární: do vysokého věku byl schopen doslovných citací z děl klasické prózy i poezie. Jeho koníčkem se v posledních letech stalo sestavování rodokmenů. V odchodu Ing. Běťáka ztrácí metrologická obec zaníceného metrologa a příjemného společníka.

Čest jeho památce.

Redakční rada časopisu Metrologie vyjadřuje rodině, přátelům a členům ČMS hlubokou soustrast.



METROLOGIE V PRAXI

**Ing. Michal Žoužela, Ph.D.; Ing. Pavel Zubík, Ph.D.;
Bc. Lenka Burdová; Bc. Adéla Jechová**

Úřední měření průtoku v profilech s volnou
hladinou plošnou integrační metodou rychlostního
pole s využitím elektromagnetických indukčních
měřidel – Část I2

Ing. Leoš Vyskočil

Jednoduché a přesné stanovení hustoty vzduchu5

VĚDA A VÝZKUM

Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc.

Ing. Martin Šimůnek

Oktofilární odporové etalony s vypočitatelnými
kmitočtovými závislostmi7

Ing. Václav Hora

Ověřování předpokladů o tvaru
rozdělení10

ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Richard Slávik, Ph.D.; Ing. Tomáš Kocfelda;

Ing. Petr Sláčík

Teplotní mosty ve stavebních konstrukcích15

Mgr. Václava Holušová

Zabezpečení jednotného postupu při posuzování
stavebních výrobků ze skla – Část V18

INFORMACE

Ing. Eliška Machová

Vyhodnocení Programu rozvoje
metrologie 202323

Ing. František Hnízdil

Nové dokumenty vydané ČMS, z. s. v rámci
PRM 2023 ÚNMZ28

Ing. Jiří Kazda

Informace o činnosti ČKS, z.s.29

Ing. Martin Valenta

Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace
v oboru hmotnost31

Ing. Kateřina Kőkényová, Jekatěrina Kromková

Český metrologický institut a mezinárodní
spolupráce33

Nabídka akcí ČMS na I. pololetí roku 202436

METROLOGY IN PRACTICE

**Ing. Michal Žoužela, Ph.D.; Ing. Pavel Zubík, Ph.D.;
Bc. Lenka Burdová; Bc. Adéla Jechová**

Official measurement of flow in profiles with free
surface using the volumetric integration method
of the velocity field utilizing electromagnetic
induction meters – Part I2

Ing. Leoš Vyskočil

Simple and precise determination of air density5

SCIENCE AND RESEARCH

Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc.

Ing. Martin Šimůnek

Octofilar resistance standards with calculable
frequency dependencies7

Ing. Václav Hora

Verification of assumptions about the shape
of distributions10

TESTING

Ing. Richard Slávik, Ph.D.; Ing. Tomáš Kocfelda;

Ing. Petr Sláčík

Thermal bridges in building structures15

Mgr. Václava Holušová

Standardization of the Uniform Procedure
for Assessing Glass Building Products – Part V18

INFORMATION

Ing. Eliška Machová

Evaluation of the Metrology Development
Program 202323

Ing. František Hnízdil

New documents issued by ČMS, z.s. (Czech Metrology
Society) within the Metrology Development Program
2023 of the Czech Office for Technical
Standardization, Metrology and State Testing28

Ing. Jiří Kazda

Information on the activities of ČKS, z.s.
(Czech Calibration Association)29

Ing. Martin Valenta

Standardization of uncertainty calculations
and calibration principles in the field of mass31

Ing. Kateřina Kőkényová, Jekatěrina Kromková

Czech Metrology Institute and International
Cooperation33

Offer of Events by the Czech Metrology Society

for the 1st half of 202436

ÚŘEDNÍ MĚŘENÍ PRŮTOKU V PROFILECH S VOLNOU HLADINOU PLOŠNOU INTEGRAČNÍ METODOU RYCHLOSTNÍHO POLE S VYUŽITÍM ELEKTROMAGNETICKÝCH INDUKČNÍCH MĚŘIDEL – ČÁST I

Ing. Michal Žoužela, Ph.D.; Ing. Pavel Zubík, Ph.D.;
Bc. Lenka Burdová; Bc. Adéla Jechová

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Ústav vodních staveb, Laboratoř vodohospodářského výzkumu*

1. Úvod

V případech použití klasických hydrometrických metod pro stanovení průtoku při proudění vody s volnou hladinou, popsanych v normě ČSN EN ISO 748 [3], je třeba v měrném profilu udržet po dobu měření ustálený stav proudění. U tzv. vícebodových metod to v měrných profilech i relativně malých velikostí (šířka v hladině > 0,5 m) znamená dlouhou dobu měření v řádu jednotek či desítek minut. Při praktických měřeních *in situ* je splnění okrajových podmínek pro zajištění správnosti měření díky měnícím se proudovým podmínkám často problematické.

Je proto třeba se zabývat hledáním nových a zpřesňováním stávajících metod, které zkracují dobu měření, a tím i nároky na trvání ustáleného stavu při současném zachování dostatečné přesnosti stanoveného průtoku. Jednou z možných metod, splňujících uvedená kritéria, je plošná integrační metoda stanovení střední profilové rychlosti. Ta byla zavedena i do metrologického předpisu Českého metrologického institutu MP 010 [1], ovšem s tím, že pro měření bylo možné použít pouze vodoměrné vrtule.

V letech 2018–2020 byly na našem pracovišti zpracovány tři úkoly Plánu rozvoje metrologie (PRM) [7, 8, 9], které posuzovaly vlastnosti a možnosti využití elektromagnetických indukčních (EMI) měřidel bodových rychlostí pro oblast úředního měření průtoku. Převážná většina zkoušek byla provedena s celkem šesti měřidly, pravidelně zapůjčovanými v intervalu dvou měsíců. Z analýzy získaných dat bylo učiněno několik zásadních závěrů a doporučení pro použití a rekaliibraci EMI měřidel, včetně pokynů pro provádění úředního měření. Začátkem roku 2021 byly získané informace a závěry z provedených zkoušek zapracovány do MP 010 [1]. Výsledky těchto dříve realizovaných úkolů PRM byly v roce 2020 a 2021 publikovány na stránkách časopisu Metrologie [11, 12].

Jednou z oblastí, která však v souvislosti s EMI měřidly nebyla experimentálně prověřena, je jejich využití pro plošnou integrační metodu. V roce 2022 byl předložen a schválen úkol PRM, který měl za cíl zhodnotit plošnou integrační metodu, navrhnout metodiku výpočtu příslušné nejistoty stanoveného průtoku včetně popisu a kvantifikace jednotlivých dílčích složek nejistoty měření.

Část nejdůležitějších výsledků získaných v rámci řešení tohoto úkolu PRM [13] je prezentována v následujícím příspěvku.

2. Metoda rychlostního pole

2.1 Princip metody rychlostního pole

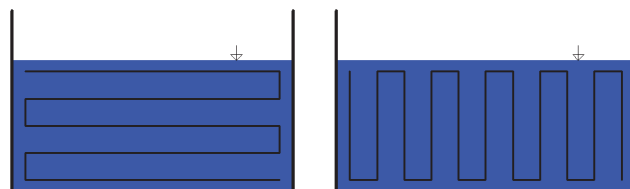
Metoda rychlostního pole je využívána především v systémech s volnou hladinou. Stanovení průtoku pomocí této metody, jak je uvedeno v [1, 2, 3], je založeno na integraci funkce $f(u)$ rychlostního pole přes plochu průtočného průřezu S ve smyslu rovnice:

$$Q = \int_S f(u) ds = \iint_S f(u) dx dy. \quad (1)$$

Obvykle se funkce rychlostního pole stanoví tak, že ve vhodně zvolených měrných bodech průtočného profilu jsou změřeny bodové rychlosti u , které jsou pak následně aproximovány vhodnou matematickou funkcí.

Podle většiny autorů se stanovení funkce bodových rychlostí a její následná integrace provádí nejdříve po výšce měrného profilu (po svislici), kdy obdržíme hodnotu průměrné rychlosti na svislici. Integraci takto získaných hodnot po šířce měrného profilu získáme průtok Q . Uvedený postup odpovídá **klasické bodové metodě rychlostního pole**.

Mnohdy obtížný přístup k měrnému profilu a především ustálenost průtoku pouze na krátkou dobu v něm vytváří tlak na hledání časově méně náročné (v řádu několika málo minut), přesto dostatečně přesné metody. Tou může být integrační metoda.



Obr. 1: Schéma posunu – po horizontálách nebo po vertikálách

Integrační metodu lze využít jak pro stanovení pouze průměrné rychlosti na svislici [3, 4], tak i pro přímé stanovení střední profilové rychlosti v . Hovoříme o **plošné integrační metodě rychlostního pole**. Při její aplikaci pohybujeme měřidlem pro stanovení bodové rychlosti po dráze zvolené tak, aby postihla plochu celého měrného profilu. Při měření v prismatických profilech je vhodné volit posun měřidla v horizontálách nebo vertikálách ve smyslu **obr. 1**. Počet horizontál, resp. vertikál je závislý především na velikosti plochy S a tvaru průřezu měrného profilu i na požadované přesnosti měření (maximální požadované nejistotě měření). Stanovení průtoku Q vychází z rovnice kontinuity ve smyslu vztahu:

$$Q = S \cdot v \quad (2)$$

Z charakteru integrační metody je zřejmé, že pohyb měřidla po ploše profilu nepostihuje skutečné rozložení rychlostí u jeho dna a stěn zcela přesně. V souladu s pracemi [2, 4, 10] je patrné, že vyhodnocení skutečné střední profilové rychlosti v měrném profilu je prováděno bez ohledu na existenci rychlostního gradientu v přístěnné oblasti měrného profilu. Z tohoto předpokladu vyplývá, že rychlost v_{int} stanovená touto metodou je prakticky vždy vyšší než rychlost střední profilová v . Proto se zavádí opravný koeficient $k < 1$ ve smyslu vztahu:

$$v = k \cdot v_{int}. \quad (3)$$

Stanovení tohoto opravného koeficientu není snadné a vyžaduje náročný experimentální výzkum v podmínkách s definovanými průtokovými poměry. Právě tyto práce byly stěžejním obsahem realizovaného úkolu PRM v roce 2022 [13].

2.2 Měřidla bodové rychlosti vodního proudu

Pro stanovení bodové rychlosti je možné využít několik typů měřidel bodové rychlosti vodního proudu [1, 2, 3].

Mezi nejstarší používaná měřidla patří **vodoměrná vrtule** propelerového typu [1, 2, 3]. Obvykle se používají propelery o průměru (30–50) mm s možností měření rychlostí v rozsahu (0,05–5,00) m/s. Vodoměrné vrtule velmi dobře pracují v relativně čisté vodě. Pokud dochází k ulpívání či namotávání nečistot z odpadní vody na propeler vodoměrné vrtule, může dojít ke zkreslení měření, případně k jeho úplnému selhání. Z pohledu využití vodoměrné vrtule pro integrační svislicová měření podle [3] platí základní požadavek pro eliminaci vlivu interference rychlostí proudu a posunu vodoměrné vrtule. Rovnoměrná rychlost posunu nemá překročit 5 % měřené rychlosti vody a v žádném případě by neměla překročit rychlost 0,04 m/s. Z našich provedených rozsáhlých experimentálních prací s vodoměrnými vrtulami vyplývá zjištění, že „běžná“ rychlost posunu vodoměrné vrtule nemá prakticky žádný vliv na stanovení aktuální rychlosti proudu. Interference rychlostí se u vodoměrných vrtulí propelerového typu výrazně neprokázala, jak také uvádí [4]. Uvedená rychlost 0,04 m/s (2,4 m/min) je na základě provedených zkoušek z hlediska techniky provádění měření spíše horní hranicí. Běžná ruční měření se provádějí rychlostí do 2 m/min.

Další možností, jak stanovit bodovou rychlost vodního proudu, je použití **elektromagnetického indukčního měřidla**, jež pracuje na principu elektromagnetické indukce. Velikost měřicího snímače odpovídá zhruba velikosti vodoměrné vrtule. Pro správnou funkci měřidla je třeba zajistit, aby měrná vodivost měřené kapaliny byla minimálně 100 mS/cm. Vzhledem k tomu, že předložený příspěvek se zabývá využitím právě těchto měřidel, budou bližší informace k EMI měřidlům uvedeny v následující kapitole. Využití EMI měřidel pro integrační měření není v dostupné literatuře popsáno. Z podkladů [5] výrobce OTT Hydromet EMI měřidla MF Pro je integrační metoda možná, dokonce je i součástí nabídky SW vyhodnocovací jednotky. Více informací k použití integrační metody výrobce neudává, dle několika provedených zkoušek však s největší pravděpodobností ne-

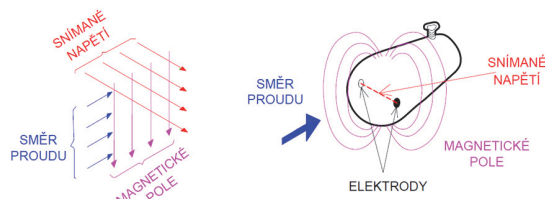
počítá s opravným koeficientem k definovaným rovnicí (3).

V poslední době jsou pro stanovení bodové rychlosti proudění používána i měřidla pracující na **ultrazvukovém principu**. Ruční přenosná měřidla využívají vysílač, který vysílá ultrazvukové impulzy do kapaliny, a dva nebo tři přijímače, které přijímají odražený signál. Z vyhodnocení je určena bodová rychlost v relativně malém (cca 0,3 cm³) objemu vody. Tato měřidla stanovují rychlost proudění vody měřením změny frekvence (Dopplerova posunu) zvukové vlny odražené od pohyblivých částic nebo bublinek plynů (nehomogenit) v proudu, o kterých se předpokládá, že se pohybují stejnou rychlostí jako voda. Pokud voda neobsahuje dostatečné množství odrazných částic, není možné toto měřidlo použít. S využitím uvedeného typu měřidla bodové rychlosti pro integrační měření *in situ* jsme se v praxi nesetkali.

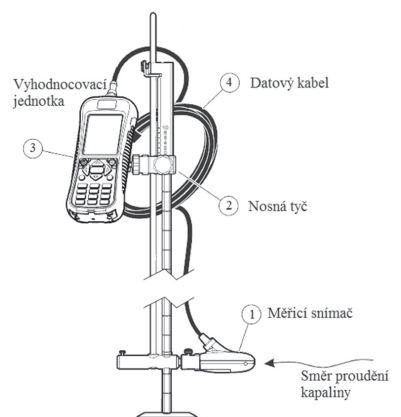
3. Elektromagnetická měřidla bodové rychlosti vodního proudu

3.1 Princip fungování EMI měřidel

EMI měřidlo měří rychlost proudění kapaliny na principu elektromagnetické indukce, kdy se na koncích elektrického vodiče, pohybujícího se v magnetickém poli, vytváří elektrické napětí. Velikost tohoto napětí je následně přímo úměrná rychlosti pohybu tohoto vodiče. Prakticky je měřicí snímač měřidla, zobrazený na **obr. 2 a obr. 3**, vybaven elektrickou cívkou, která vytváří magnetické pole. Dvojice uhlíkových elektrod následně měří napětí indukované rychlostí elektrického vodiče, kterým je v našem případě proudící voda. Naměřené napětí je elektronikou zařízení zpracováno a převedeno na hodnotu rychlosti [5, 6].



Obr. 2: Princip měření rychlosti kapaliny EMI metodou (vlevo) a jeho aplikace v podobě snímače měřidla (vpravo) [6]



Obr. 3: Obvyklá sestava EMI měřidla [5]

Obvyklá sestava přenosného EMI měřidla je patrná z **obr. 3** a **obr. 4**. Měřicí snímač, který se za pomoci nosné tyče umísťuje do konkrétního bodu v ploše měrného profilu, je připojen datovým kabelem k vyhodnocovací jednotce. Ta současně zajišťuje i elektrické napájení celé měřicí sestavy.

3.1 Použitá EMI měřidla

Jak je patrné z **obr. 6**, výzkum plošné integrační metody při použití ručního posunu byl prováděn s EMI měřidlem MF Pro, jež je v majetku naší laboratoře. Zkoušky vlivu rychlosti posunu měřidla v rovině měrného profilu na jím vykazovanou rychlost proudu byly prováděny se dvěma měřidly. Vedle výše popsaného přístroje bylo použito ještě druhé EMI měřidlo FloMate 2000, jež bylo zapůjčeno z Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. (BVK). Technické a metrologické parametry posuzovaných EMI měřidel jsou dostupné na stránkách příslušných výrobců [5, 6] a v závěrečné zprávě [7]. Protože bylo měřidlo MF Pro určeno pro stanovení absolutní hodnoty opravného koeficientu k integrační metody, bylo třeba ho podrobit kalibraci. Pro tyto účely byly využity služby Akreditované kalibrační laboratoře vodoměrných měřidel ve VÚVH v Bratislavě.

Těla snímačů obou EMI měřidel byla upevněna k ocelové tyči o průměru 9 mm, k tomuto účelu určené. Hodnoty rychlostí byly u obou měřidel odečítány z displejů příslušných vyhodnocovacích jednotek.

Spolu s měřením příslušnými EMI měřidly byly zaznamenány i hodnoty měrné vodivosti vody ve zkušební trati. Ta byla stanovena přenosným konduktometrem DiST 3 EC Tester.



Obr. 4: Vyhodnocovací jednotka, kabel a snímač EMI měřidla MF Pro výrobce OTT Hydromet GmbH

4. Zkušební hydraulické měrné žlaby a použitá měřicí technika

Experimentální výzkum proběhl na dvou hydraulických měrných žlabech o jmenovitých šířkách 1,0 m (dále jen žlab 100) a 0,4 m (dále jen žlab 40).

Měrný hydraulický žlab 100, jenž je patrný z **obr. 5**, je 14 m dlouhý a s prosklenými stěnami výšky 0,9 m. Dvě odstředivá čerpadla řízená měniči frekvence jsou schopna do měrného profilu dopravit až 160 l/s. Referenčním měřidlem průtoku je v tomto případě Thomsonův měrný přeliv.

Měrný hydraulický žlab 40 na **obr. 6** je 12,5 m dlouhý a výška jeho prosklených stěn činí 0,5 m. Vodu do žlabu dodávají

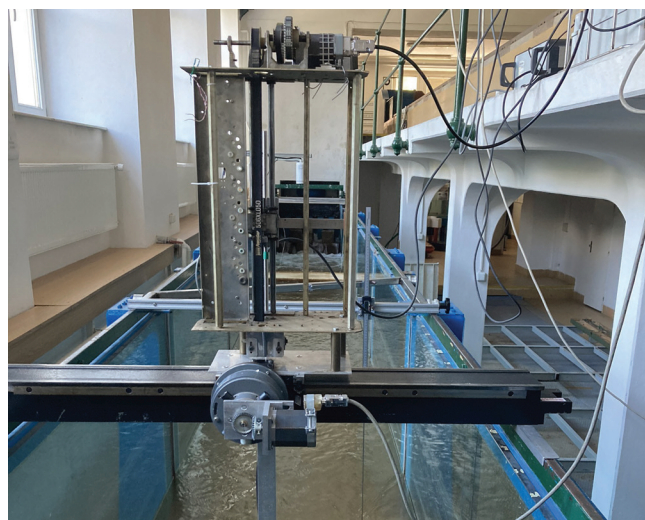
čtyři čerpadla řízená měniči frekvence, přičemž maximální kapacita žlabu je 70 l/s. Průtok je stanovován pomocí indukčního průtokoměru DN 150 na tlakovém příváděcím potrubí.

U obou žlabů je proud na přítoku homogenizován tlumičmi prvky. Úroveň hladiny byla nastavována vertikálními žaluziemi umístěnými na koncích obou žlabů. Hloubka v měrných profilech byla odečítána hrotovými měřidly. Měření probíhala z lávek instalovaných na horních kolejnicích obou měrných žlabů.

Pro plně automatický, přesný a opakovatelný posun snímače EMI měřidla různými rychlostmi v ploše měrného profilu žlabu 100 na předem definovaných drahách (horizontálách nebo vertikálách) bylo použito speciální traverzační zařízení, které je patrné z **obr. 5**.

Pro měření teplot v měrných tratičích, jež se pohybovaly okolo 18 °C, byl využit vpichovací kalibrovaný teploměr. Hodnota měrné vodivosti, která činila cca 450 mS/cm, byla stanovena přenosným konduktometrem.

Detailní, rozsáhlé a doplňující informace o hydraulických okruzích, měrných tratičích, způsobu stanovení průtoku a použité měřicí technice jsou uvedeny ve zprávě k PRM 2017 [10].



Obr. 5: Traverzační zařízení pro automatický posun snímače EMI měřidla na žlabu 100



Obr. 6: Realizace ručního integračního měření na hydraulickém měrném žlabu 40

Pokračování v Metrologii č. 2/2024

JEDNODUCHÉ A PRESNÉ STANOVENIE HUSTOTY VZDUCHU

Ing. Leoš Vyskočil

Slovenský metrologický ústav

Úvod

V metrologii býva často potrebné poznať hustotu vzduchu, a to s dosť veľkou presnosťou. Všade tam, kde sa jedná o stanovenie hmotnosti, je potrebné robiť korekciu na vztlak (buoyancy correction), či už ide o metrologiu váženia, tlaku alebo pri presných meraniach v chémii. Doposiaľ sa pre tento účel používali rôzne rovnice, kde bolo možné vypočítať hustotu vzduchu z teploty, tlaku a relatívnej vlhkosti. Niektoré metrologické ústavy počítajú hustotu vzduchu zo stavovej rovnice vzduchu naivne sa domnievajúc, že majú správnu hodnotu.

Teória

Pri všetkých meraniach treba mať na zreteli, že váhy ukazujú **zdanlivú** hmotnosť. Sila pôsobiaca na váhy je zmenšená o vztlakovú silu prostredia.

Pre zdanlivú hmotnosť¹ „bochnička“ z_{air} na vzduchu platí vzťah:

$$z_{air} = V_b (\rho_b - \rho_{air}) \quad (1)$$

Pre zdanlivú hmotnosť „bochnička“ z_w ponoreného do vody je vztlaková sila daná množstvom vytlačenej vody a množstvom vytlačeného vzduchu. Za hustotu vody sme použili hodnotu z práce Tanaka a kol. [8], ktorá je v súčasnosti používaná v celom svete.

$$z_w = V_b (\rho_b - \rho_w - \rho_{air}) \quad (2)$$

Základným predpokladom pre úspešné meranie je, že hustota „bochnička“ by mala byť čo najmenšia.

Ak odčítame rovnicu (2) od rovnice (1), získame vzťah pre výpočet objemu „bochnička“.

$$V_b = \frac{z_{air} - z_w}{\rho_w} \quad (3)$$

Význam symbolov je nasledovný:

V_b	objem „bochnička“
z_{air}	zdanlivá hmotnosť „bochnička“ na vzduchu
z_w	zdanlivá hmotnosť „bochnička“ vo vode
ρ_w	hustota vody

Podobným spôsobom získame vzťah pre hustotu bochnička zo vzťahu (1).

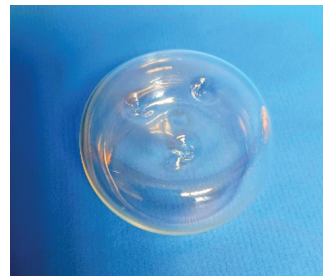
$$\rho_b = \frac{z_{air}}{V_b} + \rho_{air} \quad (4)$$

Význam symbolov je podobný, ako v predošlom prípade.

Keď poznáme objem a hustotu bochnička, môžeme vyjadriť vzťah pre výpočet hustoty vzduchu.

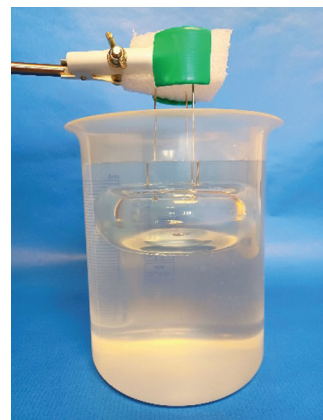
$$\rho_{air} = \rho_b - \frac{z_{air}}{V_b} \quad (5)$$

Príprava banky



Obr. 1: Bochniček

Aby „bochniček“ dobre fungoval, musíme poznať jeho objem a jeho hustotu. Dali sme vyrobiť u sklára „bochniček“ s tromi vpielmi po okraji. Tieto vpiely slúžia na ponorenie „bochnička“ do vody pomocou ihliel.



Obr. 2: Ponorenie bochničku do vody

Pretože má „bochniček“ hustotu menšiu ako jedna, musí byť do vody ponorený násilne. Uskutočňuje sa to pomocou troch ihliel, pre ktoré sú v „bochničku“ pripravené vpiely. Pre zistenie objemu je potrebné „bochniček“ ponoriť do vody a sledovať váhy. Uplatňujú sa tu tri vplyvy. Vztlaková sila vody, vztlaková sila vzduchu a odparovanie vody. Bohužiaľ kadička s vodou musí byť na váhach a odparovanie sa priamo podieľa na výsledku. Korekcia sa dá urobiť tak, že sa sleduje čas počas váženia, pri čom sa robí extrapolácia na nulový čas. Presnosť, s akou je stanovený objem banky, priamo vplýva na presnosť stanovenia hustoty vzduchu. Vztlakovú silu pôsobiacu na ihly možno zanedbať.

Pri výpočte hustoty „bochnička“ podľa vzťahu (4) vystupuje vo vzorci hustota vzduchu, ktorú ešte nepoznáme. Dočasne dosadíme výsledok $1,18 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a na konci, keď je hustota vzduchu už známa, zmeníme ju podľa vzťahu (5). Súčasne sa trochu zmení aj hustota vzduchu.

Vzorce používané na výpočet hustoty vzduchu

Metrologické ústavy (NMI) používajú rôzne vzorce pre výpočet hustoty vzduchu. Tie lepšie potrebujú ako vstupné údaje teplotu, tlak a relatívnu vlhkosť vzduchu. Výsledok je obvyčajne celkom dobrý. Otázka znie, ako dobrý. Ide o funkciu troch premenných a dnes už nikto nevie, za akých podmienok boli vzťahy vytvorené. Je pravda, že sa používajú obvykle pre bežné hodnoty hustoty vzduchu, takže výsledok je obvykle prijateľný.

¹ Zdanlivá hmotnosť je číslo, ktoré indikujú váhy.

Iný prípad je stavová rovnica vlhkého vzduchu. Je založená na termodynamických princípoch, teda má teoretické opodstatnenie. Problémom je, že je treba poznať presné zloženie plynov, aby sa hustota dala vypočítať. Hustote je však úplne jedno, z akých plynov je systém zložený.

Pre porovnanie uvádzam niekoľko rovníc, ktoré používajú rôzne NMI. Tak je možné porovnať, ako sa jednotlivé rovnice zhodia výpočtu hustoty vzduchu.

$$\rho = \frac{3,4848 \cdot p - 0,009024 \cdot RH \cdot \exp(0,0612t)}{t + 273,15} \quad (6)$$

$$\rho = \frac{3,4844 \cdot p - RH \cdot (0,00252t - 0,020582)}{t + 273,15} \quad (7)$$

$$\rho = \frac{3,4863 \cdot p - RH \cdot 0,012916 \cdot e^{(0,058244t - 0,303785)}}{t + 273,15} \quad (8)$$

$$\rho = \frac{3,4863 \cdot p - RH \cdot (0,013203 + 0,0000035379t^{1,8} + 0,000022668t^{2,2})}{t + 273,15} \quad (9)$$

Porovnanie výsledkov

Pri príprave „bochnička“ boli namerané nasledovné parametre:

Teplota:	22,0 °C
Vlhkosť:	51,2 % RH
Tlak:	100,48 kPa
Teplota vody:	20,45 °C
Hustota vody:	998,113 kg·m ⁻³

Parametre „bochnička“ sú nasledovné:

Bochniček na vzduchu:	0,0424029 kg
Bochniček vo vode:	-0,152302 kg
Jeho objem:	0,195073 L
Jeho hustota:	218,550 kg·m ⁻³

V tabuľke 1 sú porovnané výsledky merania hustoty podľa jednotlivých vzorcov a za použitia „bochnička“, pričom do vzorcov boli použité vyššie uvedené podmienky (teplota, vlhkosť a tlak).

Tabuľka 1: Porovnanie rôznych spôsobov merania hustoty vzduchu

Vzorec (6)	1,1803 kg·m ⁻³
Vzorec (7)	1,1802 kg·m ⁻³
Vzorec (8)	1,1809 kg·m ⁻³
Vzorec (9)	1,1809 kg·m ⁻³
Bochniček	1,1809 kg·m ⁻³

Vo väčšine prípadov je hustota veľmi podobná, dokonca posledné dva vzorce udávajú zhodnú hodnotu. Je na užívateľovi, ktorý spôsob si zvolí. „Bochniček“ má výhodu, že nepotrebuje okolité podmienky ani zloženie plynov. Musí byť ale presne vymeraný, ak má dávať správne výsledky. V istom zmysle sa javí ako najvhodnejší spôsob merania hustoty vzduchu. Stačia presné váhy.

Abstract

The article describes the determination of air density using a „loaf“, which just needs to be weighed in the air and the air density value calculated. It is assumed that both the volume and the density of the „loaf“ are known exactly. The advantage is that the air density is measured directly, and it does not matter what parameters affect it.

Literatúra

- [1] Bignel N., Metrologia, 19, 1983, 57
- [2] ČSN ISO 3585, Sklo boritokřemičité 3,3 – vlastnosti, 1999
- [3] EA-4/02 M:2022; „Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration“
- [4] Guide OIML G 14; Density measurement, 1987
- [5] ISO 7888 Water quality – Determination of electrical conductivity. 1985
- [6] Patterson J. B., Morris E. C., Metrologia 31, 1994, 277
- [7] STN 01 0115, Terminológia v metrológii, 2011
- [8] Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A. and Bignell N., Metrologia, 38, 2001, 301-309
- [9] Vyskočil L.: Výpočet a vyjadrovanie neistôt pri meraniach, Školiace stredisko SMU, 2009



Měření sledovanosti televize

Občas se setkáváme s pojmem měření sledovanosti televize, i když vlastně nejde o měření, jak je chápou čtenáři Metrologie. Nicméně, s vývojem technických prostředků a s postupem digitalizace různých služeb, se ke skutečnému měření zřejmě budeme blížit. V publikacích, uvedených níže, je možné dovědět se nejen o používaných zařízeních (peoplemetrech) a metodách sledování, ale i o historii televizního vysílání a o uplatnění výsledků měření sledovanosti. Informace jsou dostupné na:

[Měření sledovanosti – ATO – Asociace televizních organizací](#)
[Peoplemetry.cz - Vše o měření sledovanosti televize!](#)



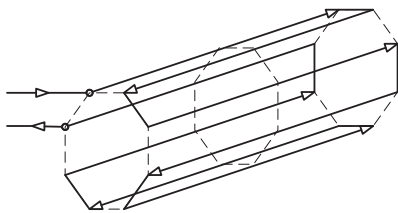
OKTOFILÁRNÍ ODPOROVÉ ETALONY S VYPOČITATELNÝMI KMITOČTOVÝMI ZÁVISLOSTMI

Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc.
Ing. Martin Šimůnek

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická

1. Úvod

Tento článek je zaměřen na výpočty kmitočtových závislostí tzv. oktofilárních etalonů, jejichž odporové elementy jsou tvořeny čtyřmi sériově zapojenými dlouhými smyčkami odporového drátu kruhového průřezu (**obr. 1**). Jako konkrétní příklad jsou v **tab. 1** uvedeny hodnoty rozměrových parametrů potřebné k výpočtu kmitočtových charakteristik oktofilárního etalonu hodnoty 12906,4 Ω, realizovaného v rámci výzkumného programu katery měřní FEL ČVUT. Označení těchto parametrů se v **tab. 1** shoduje s jejich označením na **obr. 2** a **3**. Odporový element etalonu je tvořen nikrothalovým drátem a je umístěn ve válcovém stínícím krytu, který je z mědi.

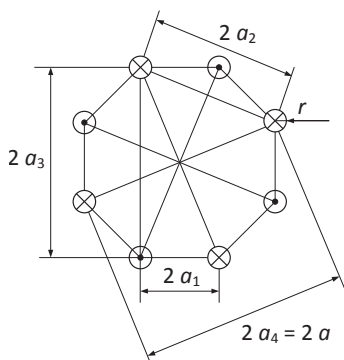


Obr. 1: Odporový element oktofilárního odporového etalonu. Směry proudu v jednotlivých úsecích drátu jsou vyznačeny šipkami.

Tab. 1: Rozměrové parametry oktofilárního etalonu hodnoty 12906,4 Ω

Poloměr drátu	r	10 μm
Vzdálenost mezi sousedními přímými úseky drátu	$2a_1$	15 mm
Vzdálenost mezi přímými úseky drátu a osou válcového pláště	a	19,6 mm
Délka smyček	L	358 mm
Vnitřní poloměr válcového pláště	b	51 mm
Tloušťka válcového pláště	t	2,6 mm

Hlavními příčinami AC/DC diferencí hodnot oktofilárních etalonů jsou jednak jejich parazitní indukčnosti a kapacity, jednak vířivé proudy indukované do jejich vodivých částí.



Obr. 2: Příčný řez oktofilárním elementem

$$a = a_1 / \sin 22,5^\circ$$

$$2a_2 = \sqrt{2}a$$

$$2a_3 = \sqrt{2a^2(1 - \cos 135^\circ)}$$

$$2a_4 = 2a$$

2. Parazitní indukčnosti a kapacity etalonu a jejich vliv

2.1 Parazitní indukčnosti

Pro výpočet parazitních indukčností z rozměrů vyznačených na **obr. 2** se použijí vztahy [1]

$$L = \frac{4\mu_0}{\pi} \Lambda \left(\ln \frac{2\Lambda}{r} - 1 + \frac{\mu_1}{4} \right) = 5,974 \mu\text{H}$$

$$M_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \Lambda \left[\ln \frac{\Lambda}{a_1} - 1 + \frac{2a_1}{\Lambda} - \frac{1}{4} \left(\frac{2a_1}{\Lambda} \right)^2 \right] = 0,208 \mu\text{H}$$

$$M_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \Lambda \left[\ln \frac{\Lambda}{a_2} - 1 + \frac{2a_2}{\Lambda} - \frac{1}{4} \left(\frac{2a_2}{\Lambda} \right)^2 \right] = 0,167 \mu\text{H}$$

$$M_3 = \frac{\mu_0}{2\pi} \Lambda \left[\ln \frac{\Lambda}{a_3} - 1 + \frac{2a_3}{\Lambda} - \frac{1}{4} \left(\frac{2a_3}{\Lambda} \right)^2 \right] = 0,149 \mu\text{H}$$

$$M_4 = \frac{\mu_0}{2\pi} \Lambda \left[\ln \frac{\Lambda}{a_4} - 1 + \frac{2a_4}{\Lambda} - \frac{1}{4} \left(\frac{2a_4}{\Lambda} \right)^2 \right] = 0,144 \mu\text{H}$$

kde

L

$M_j, j = 1, \dots, 4$

je vlastní indukčnost celého drátu,
vzájemná indukčnost mezi libovolným
přímým úsekem drátu a jeho j -tým sou-
sedním přímým úsekem,

$\mu_0 \doteq 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

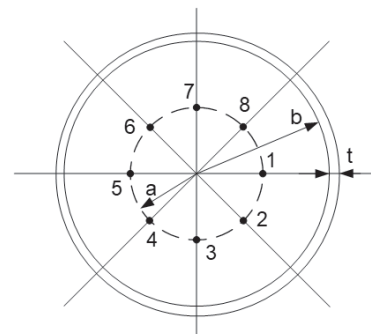
$\mu_1 \doteq 1$

permeabilita vakua a

poměrná permeabilita odporového drátu.

Uvedené numerické hodnoty parazitních indukčností byly vypočteny z rozměrových parametrů zmíněného etalonu jmenovitě hodnoty 12906,4 Ω, ze kterých se v dalším počítají též numerické hodnoty parazitních kapacit tohoto etalonu.

2.2 Parazitní kapacity



Obr. 3: Příčný řez oktofilárního etalonu

Tab. 2: Úhly

$\theta_1 = 0^\circ$	$\theta_{12} = \theta_2 - \theta_1 = -45^\circ$
$\theta_2 = -45^\circ$	

$\theta_3 = -90^\circ$	$\theta_{13} = \theta_3 - \theta_1 = -90^\circ$
$\theta_4 = -135^\circ$	
$\theta_5 = -180^\circ$	$\theta_{14} = \theta_4 - \theta_1 = -135^\circ$
$\theta_6 = -225^\circ$	
$\theta_7 = -270^\circ$	$\theta_{15} = \theta_5 - \theta_1 = -180^\circ$
$\theta_8 = -315^\circ$	

Parazitní kapacity se vypočtou z rozměrů vyznačených v příčném řezu etalonu na **obr. 3** a z délky odporového elementu metodou kapacitních koeficientů [2]. Konkrétně budou stanoveny hodnoty kapacity C_0 mezi celým drátem a cylindrickým pláštěm etalonu a kapacity C_j , $j = 1, \dots, 4$ mezi libovolným přímým úsekem drátu a jeho j -tým sousedním přímým úsekem.

Pokud je střed řezu etalonu zvolen za počátek polárního souřadnicového systému, souřadnice v **obr. 3** vyznačených průchodů odporového drátu rovinou řezu jsou

$$[a; \theta_i], i = 1, \dots, 8$$

kde

$a = 19,6$ mm je vzdálenost průchodu od počátku a

θ_i je úhel mezi spojnicí průchodu s počátkem a kladnou částí vodorovné osy, která počátkem prochází (úhel se měří od osy ke spojnici).

Z permitivity vakua $\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m, úhlů z **tab. 2**, poloměru drátu r a činitele

$$K = b / a - a / b = 2,218$$

lze vypočíst potenciálové koeficienty

$$\alpha_{11} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{aK}{r} = 1,506 \cdot 10^{11} \text{ m/F}$$

$$\alpha_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \ln \left[1 + \left(\frac{K}{2 \sin \frac{\theta_{12}}{2}} \right)^2 \right] = 2,014 \cdot 10^{10} \text{ m/F}$$

$$\alpha_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \ln \left[1 + \left(\frac{K}{2 \sin \frac{\theta_{13}}{2}} \right)^2 \right] = 1,115 \cdot 10^{10} \text{ m/F}$$

$$\alpha_{14} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \ln \left[1 + \left(\frac{K}{2 \sin \frac{\theta_{14}}{2}} \right)^2 \right] = 8,019 \cdot 10^9 \text{ m/F}$$

$$\alpha_{15} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \ln \left[1 + \left(\frac{K}{2 \sin \frac{\theta_{15}}{2}} \right)^2 \right] = 7,206 \cdot 10^9 \text{ m/F}$$

Kapacitní koeficienty se vypočtou z hodnoty determinantu

$$D = \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} & \alpha_{15} & \alpha_{16} = \alpha_{14} & \alpha_{17} = \alpha_{13} & \alpha_{18} = \alpha_{12} \\ \alpha_{21} = \alpha_{12} & \alpha_{22} = \alpha_{11} & \alpha_{23} = \alpha_{12} & \alpha_{24} = \alpha_{13} & \alpha_{25} = \alpha_{14} & \alpha_{26} = \alpha_{15} & \alpha_{27} = \alpha_{14} & \alpha_{28} = \alpha_{13} \\ \alpha_{31} = \alpha_{13} & \alpha_{32} = \alpha_{12} & \alpha_{33} = \alpha_{11} & \alpha_{34} = \alpha_{12} & \alpha_{35} = \alpha_{13} & \alpha_{36} = \alpha_{14} & \alpha_{37} = \alpha_{15} & \alpha_{38} = \alpha_{14} \\ \alpha_{41} = \alpha_{14} & \alpha_{42} = \alpha_{13} & \alpha_{43} = \alpha_{12} & \alpha_{44} = \alpha_{11} & \alpha_{45} = \alpha_{12} & \alpha_{46} = \alpha_{13} & \alpha_{47} = \alpha_{14} & \alpha_{48} = \alpha_{15} \\ \alpha_{51} = \alpha_{15} & \alpha_{52} = \alpha_{14} & \alpha_{53} = \alpha_{13} & \alpha_{54} = \alpha_{12} & \alpha_{55} = \alpha_{11} & \alpha_{56} = \alpha_{12} & \alpha_{57} = \alpha_{13} & \alpha_{58} = \alpha_{14} \\ \alpha_{61} = \alpha_{14} & \alpha_{62} = \alpha_{15} & \alpha_{63} = \alpha_{14} & \alpha_{64} = \alpha_{13} & \alpha_{65} = \alpha_{12} & \alpha_{66} = \alpha_{11} & \alpha_{67} = \alpha_{12} & \alpha_{68} = \alpha_{13} \\ \alpha_{71} = \alpha_{13} & \alpha_{72} = \alpha_{14} & \alpha_{73} = \alpha_{15} & \alpha_{74} = \alpha_{14} & \alpha_{75} = \alpha_{13} & \alpha_{76} = \alpha_{12} & \alpha_{77} = \alpha_{11} & \alpha_{78} = \alpha_{12} \\ \alpha_{81} = \alpha_{12} & \alpha_{82} = \alpha_{13} & \alpha_{83} = \alpha_{14} & \alpha_{84} = \alpha_{15} & \alpha_{85} = \alpha_{14} & \alpha_{86} = \alpha_{13} & \alpha_{87} = \alpha_{12} & \alpha_{88} = \alpha_{11} \end{vmatrix}$$

a z hodnot doplňků A_{li} jeho prvků α_{li} , $i = 1, \dots, 5$, které jsou pro etalon s parametry podle **tab. 1** uvedeny v **tab. 3**.

Tab. 3: Hodnoty determinantu D a doplňků A_{li} , $i = 1, \dots, 5$

D	$2,208 \cdot 10^{89} \text{ m}^8/\text{F}^8$
A_{11}	$1,528 \cdot 10^{78} \text{ m}^7/\text{F}^7$
A_{12}	$-1,722 \cdot 10^{77} \text{ m}^7/\text{F}^7$
A_{13}	$-6,765 \cdot 10^{76} \text{ m}^7/\text{F}^7$
A_{14}	$-4,019 \cdot 10^{76} \text{ m}^7/\text{F}^7$
A_{15}	$-3,400 \cdot 10^{76} \text{ m}^7/\text{F}^7$

Odpovídající hodnoty kapacitních koeficientů

$$\beta_{li} = A_{li} / D, i = 1, \dots, 8$$

jsou uvedeny v **tab. 4**.

Tab. 4: Kapacitní koeficienty

β_{11}	$6,919 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
β_{12}	$-7,799 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
β_{13}	$-3,064 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
β_{14}	$-1,820 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
β_{15}	$-1,540 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
$\beta_{16} = \beta_{14}$	$-1,820 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
$\beta_{17} = \beta_{13}$	$-3,064 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$
$\beta_{18} = \beta_{12}$	$-7,799 \cdot 10^{-13} \text{ F/m}$

Konečně pro parazitní kapacity etalonu platí

$$C_0 = 8\Lambda \sum_{i=1}^8 \beta_{li} \approx 12,11 \text{ pF}$$

$$C_1 = -\Lambda \beta_{12} \approx 0,28 \text{ pF}$$

$$C_2 = -\Lambda \beta_{13} \approx 0,11 \text{ pF}$$

$$C_3 = -\Lambda \beta_{14} \approx 0,07 \text{ pF}$$

$$C_4 = -\Lambda \beta_{15} \approx 0,06 \text{ pF}$$

2.3 Vliv parazitních indukčností a kapacit

Pohlíží-li se na etalon jako na dlouhé vedení s rovnoměrně rozloženými parametry [3], pro jeho paralelní ekvivalentní odpor lze odvodit vztah [4]

$$R_p \doteq R \left\{ 1 + \frac{\omega^2}{R^2} (L - 16 M_1 + 16 M_2 + 8 M_4)^2 + \frac{\omega^2 R^2}{737280} \left[1920 C_0^2 - 4(C_0 + 32 C_1 + 32 C_3)^2 - 60(C_0 + 16 C_1 + 32 C_2 + 16 C_3)^2 - 15(C_0 + 16 C_1 + 16 C_2 + 16 C_3 + 16 C_4)^2 \right] \right\} =$$

$$= R(1 + \delta_1)$$

kde

ω je úhlový kmitočet,

R je odpor odporového drátu a

$$\delta_1 \doteq \frac{\omega^2}{R^2} (L - 16 M_1 + 16 M_2 + 8 M_4)^2 +$$

$$+ \frac{\omega^2 R^2}{737280} \left[1920 C_0^2 - 4(C_0 + 32 C_1 + 32 C_3)^2 - 60(C_0 + 16 C_1 + 32 C_2 + 16 C_3)^2 - 15(C_0 + 16 C_1 + 16 C_2 + 16 C_3 + 16 C_4)^2 \right]$$

je poměrná odchylka odporu R_p od odporu R způsobená parazitními indukčnostmi a kapacitami.

Časová konstanta etalonu je

$$\tau \doteq \frac{1}{R} (L - 16 M_1 + 16 M_2 - 16 M_3 + 8 M_4) +$$

$$+ \frac{R}{192} (17 C_0 - 128 C_1 - 144 C_2 - 128 C_3 - 48 C_4)$$

3. Vliv vířivých proudů

Na kmitočtové závislosti hodnoty etalonu se dále podílejí vířivé proudy indukované při průchodu proudu etalonem do jeho vodivých částí [3]. Poměrná odchylka odporu, který drát vykazuje při úhlovém kmitočtu ω , od jeho odporu pro stejnosměrný proud přitom je

$$\delta_2 = \frac{R - R_0}{R_0} = \delta_{21} + \delta_{22}$$

kde

δ_{21} je složka odpovídající vlivu vířivých proudů indukovaných do samotného odporového drátu a

δ_{22} je složka odpovídající vlivu vířivých proudů indukovaných do stínícího krytu. Pro složky δ_{21} a δ_{22} platí

$$\delta_{21} \doteq \frac{1}{192} \omega^2 \left(\frac{\mu_1 \mu_0 r^2}{\rho_1} \right)^2$$

$$\delta_{22} \doteq \frac{32 \mu_0}{\pi} \frac{m \omega}{R_0 / \Lambda} \frac{1}{16 + m^2} \left(\frac{a}{b} \right)^8$$

kde

$$m = \frac{\omega \mu_2 \mu_0 b t}{2 \rho_2},$$

ρ_1 , příp. ρ_2

μ_1 , příp. μ_2

Λ

r, a, b, t

je rezistivita drátu, příp. stínícího krytu, poměrná permeabilita drátu, příp. stínícího krytu,

délka smyček odporového drátu a

jsou rozměry, jejichž význam je patrný z obr. 2 a 3.

Pokud jde o AC/DC diferenci paralelního ekvivalentního odporu etalonu, platí pro ni

$$\delta = \frac{R_p - R_0}{R_0} \doteq \delta_1 + \delta_2$$

4. Závěr

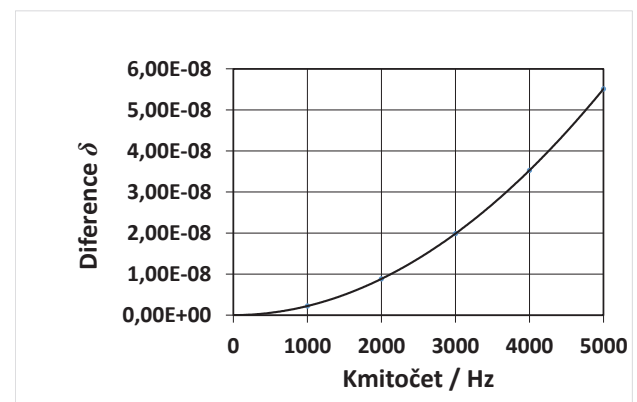
Výsledky konkrétních výpočtů provedených pro realizovaný oktofilární etalon hodnoty 12906,4 Ω s odporovým drátem z nikrothalu ($\mu_1 \doteq 1$ a $\rho_1 \doteq 1,36 \cdot 10^{-6} \Omega m$), stínícím krytem z mědi ($\mu_2 \doteq 1$ a $\rho_2 \doteq 1,54 \cdot 10^{-8} \Omega m$) a s rozměrovými parametry podle tab. 1 jsou v tab. 5 a na obr. 4. Vypočtená časová konstanta etalonu je

$$\tau \doteq 9,95 \text{ ns}$$

Z tab. 5 je patrné, že v kmitočtovém pásmu do 5 kHz, pro které je etalon především určen, je vliv indukovaných vířivých proudů na AC/DC difference hodnoty etalonu zanedbatelný proti vlivu parazitních indukčností a kapacit.

Tab. 5: AC/DC difference δ etalonu hodnoty 12906,4 Ω a její složky

f / Hz	δ_1	δ_{21}	δ_{22}	δ
1000	$2,20 \cdot 10^{-9}$	$1,78 \cdot 10^{-15}$	$3,08 \cdot 10^{-11}$	$2,24 \cdot 10^{-9}$
2000	$8,82 \cdot 10^{-9}$	$7,11 \cdot 10^{-15}$	$3,11 \cdot 10^{-11}$	$8,85 \cdot 10^{-9}$
3000	$1,98 \cdot 10^{-8}$	$1,58 \cdot 10^{-14}$	$3,12 \cdot 10^{-11}$	$1,99 \cdot 10^{-8}$
4000	$3,53 \cdot 10^{-8}$	$2,80 \cdot 10^{-14}$	$3,12 \cdot 10^{-11}$	$3,53 \cdot 10^{-8}$
5000	$5,51 \cdot 10^{-8}$	$4,40 \cdot 10^{-14}$	$3,12 \cdot 10^{-11}$	$5,51 \cdot 10^{-8}$



Obr. 4: AC/DC difference δ etalonu hodnoty 12906,4 Ω

Literatura

- [1] Grover F. W.: Inductance Calculations: Working Formulas and Tables. Dover Phoenix Edition 2004, ISBN 0 4876 495779.
- [2] Zhang S. -H.: Calculation of the Partial Capacitance in a System of Conductors Within the Calculable Resistor. IEEE Trans. Instr. Meas., 1994, sv. 43, č. 6, str. 929 – 932.
- [3] Gibbings D. L. H.: A Design for Resistors of Calculable A.C./D.C. Resistance Ratio. Proc. IEE, 1963, sv. 110, č. 2, str. 335 – 347.
- [4] Boháček J. a Wood B. M.: Octofilar Resistors with Calculable Frequency Dependence. Metrologia, 2001, sv. 38, č. 3, str. 241 – 247.



OVĚŘOVÁNÍ PŘEDPOKLADŮ O TVARU ROZDĚLENÍ

Ing. Václav Hora

1. Úvod

V mnoha situacích stavíme na předpokladu, že je nám znám tvar rozdělení. Například předpokládáme, že jde o Poissonovo rozdělení nebo rozdělení normální apod. Jsou však naše předpoklady oprávněné? Někdy je tvar rozdělení zřejmý již ze samotné povahy experimentu, ale v převážné míře nikoliv.

Nárůst dat je ohromný. Toto platí o využívání počítačů ve všech oblastech společenského života. Rychlost výpočetních operací je až neuvěřitelná. To dovoluje zpracovat data, která byla dříve neúměrně pracná. Tento závěr se týká i statistických testů.

V článku se budeme zabývat testováním rozdělení, které je jednoznačně určeno, tzn., jsou známy veškeré jeho parametry, jde o tzv. **úplně specifikovaný model rozdělení**. V případě **částečně specifikovaného modelu** jsou známy některé parametry, jiné známy nejsou. V praxi se taková kombinace parametrů v podstatě nevyskytuje, a proto se tímto modelem nebudeme dále zabývat. Třetím modelem je **neúplně specifikovaný model**, kdy odhadujeme veškeré jeho parametry a který je v praxi nejčastější. V tomto případě se zaměříme na rozdělení normální. Budeme prověřovat, zda empirická naměřená data pocházejí z **libovolného normálního rozdělení**.

Ověření normality je základním testem. Důvodem je předpoklad normality, na kterém je založena celá klasická analýza dat. To je známá skutečnost. S rozvojem výpočetní techniky se bohužel stále častěji zjišťuje, že nedodržování opakovatelnosti (neměnnosti) všech podmínek měření vede k rozdělením, která se mohou značně lišit od rozdělení normálního. Je proto potřebné provést příslušné testy na toto rozdělení. Je žádoucí, aby testy byly co nejméně pracné, což právě dovoluje výpočetní technika.

Pěkný rozbor testů normality je proveden v bakalářské práci " Lukáš Kotlorz: Testy normality. UK, Praha, 2012.

2. Centrální limitní věta

Větu uvedeme bez důkazu. Čtenář se může s důkazem seznámit např. v 4.

Nechť je posloupnost nezávislých stejně rozdělených náhodných veličin s konečnou střední hodnotou a s konečným

nenulovým rozptylem. Potom posloupnost normovaných distribučních funkcí

$$Z_n = \frac{\sum_{k=1}^n X_k - E\left(\sum_{k=1}^n X_k\right)}{\sqrt{\text{var}\left(\sum_{k=1}^n X_k\right)}} = \frac{\sum_{k=1}^n (X_k - \mu)}{\sigma\sqrt{n}} \quad (1)$$

konverguje k distribuční funkci normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$, tj.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - \mu)}{\sigma\sqrt{n}} \leq x\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(x) \quad (2)$$

Říkáme též, že náhodná veličina Z_n má asymptoticky $N(0,1)$.

3. Transformace libovolné distribuční funkce do intervalu $R(0,1)$

Pro **libovolnou** (předpokládáme homogenitu a nezávislost výběru) **spojitou** distribuční funkci F platí, že náhodná veličina $F(X)$ je spojitá funkce. To znamená, že každá náhodná veličina X_i ve výběru má distribuční funkci $F(x) = P(X_i \leq x)$. Potom pro libovolnou spojitou distribuční funkci $F(X)$ má tato veličina rovnoměrné rozložení na intervalu $(0,1)$. F je funkce zobrazující interval $(-\infty, +\infty)$ do intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Existuje tedy jednoznačné přiřazení mezi těmito dvěma náhodnými veličinami. Dosadíme-li jednotlivé hodnoty (realizace) x_i , dostaneme náhodný výběr z rovnoměrného rozdělení $R(0,1)$. Důkaz provedeme jednoduše takto: Nechť $U \sim R(0,1)$ a nechť F^{-1} je kvantilová funkce odpovídající nějaké rostoucí spojitě distribuční funkci F . Potom má náhodná veličina $X = F^{-1}(U)$ distribuční funkci $F(x)$. Důkaz:

$$P(X < x) = P(F^{-1}(U) < x) = P(U < F(x)) = F(x). \quad (3)$$

V tomto rozdělení je příslušná hodnota distribuční funkce rovna i -té hodnotě na souřadnici x , tedy

$$F(x_i) = x_i. \quad (4)$$

Tento vztah je pro nás velmi důležitý.

Jak víme, distribuční funkce $R(a, b)$ má jednoduchý tvar

$$F(x) = \frac{x-a}{b-a}, \quad (5)$$

kde symboly a, b jsou parametry tohoto rozdělení. Rovnici (4) získáme z obecného tvaru (5), kdy položíme $a=0$ a $b=1$, dostaneme rovnoměrné rozdělení $R(0,1)$.

Parametry tohoto rozdělení jsou

$$E(X) = 1/2 \quad \text{var}(X) = 1/12 \quad (6)$$

Pro n hodnot rozdělení R v souladu s (1) platí

$$E \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n E(x_i) = \frac{n}{2};$$

$$\text{var} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) = \sum_{i=1}^n \text{var}(x_i) = \frac{n}{12}. \quad (7)$$

Normovaná náhodná veličina $|u|$ má v souladu s Centrální limitní větou pro $n \rightarrow \infty$ asymptoticky normální rozdělení $N(0,1)$ a v souladu se vztahem (2) platí

$$|u| = \frac{\left(\sum_{k=1}^n x_k - \frac{n}{2} \right)}{\sqrt{\frac{n}{12}}} = \frac{\left(\sum_{k=1}^n F(x_k) - \frac{n}{2} \right)}{\sqrt{\frac{n}{12}}} < 1,96; \quad \text{pro } P=0,95. \quad (8)$$

Hodnotu $|u|$ vyjadřujeme v absolutním tvaru, jelikož může nabývat jak kladných, tak záporných hodnot, ale absolutní tvar musí být při platnosti nulové hypotézy menší nežli kritická hodnota 1,96 pro pravděpodobnost $P=0,95$.

3.1 Úplně specifikovaný model rozdělení

Zopakujeme, že v těchto modelech rozdělení jsou známy veškeré jejich parametry. Tyto parametry jsou konstanty, a proto do výpočtů **nevnáší žádnou náhodnou složku. Náhodné odchylky jsou dány pouze náhodným výběrem ze základního souboru.**

Nulovou hypotézu: náhodný výběr patří do souboru základního, ukážeme na pěti náhodných výběrech. Na závěr jednotlivé náhodné veličiny daného rozdělení zaměníme za náhodné veličiny rozdělení jiného. Uvidíme, že kritérium (8) nebude platit.

V prvním řádku následujících pěti tabulek jsou zaneseny jednotlivé realizace náhodné veličiny X a v druhém řádku jim odpovídající příslušná distribuční funkce daného rozdělení. Pokud jsou tyto funkce uvedeny v příslušném softwaru (v našem případě Excelu), stanovíme je po patřičné úpravě tímto softwarem. V nabídce funkce najdeme název funkce, zkratku „dist“ u této funkce, hodnotu výběrového data náhodné veličiny a parametry rozdělení. Doporučuje se pro sumaci $n \geq 12$. My máme k dispozici počet náhodných veličin $n=10$ a uvidíme, že tento počet v tomto případě postačuje. V souladu se vztahem (6) je střední hodnota rovna hodnotě 5 a směrodatná odchylka má hodnotu $\sqrt{\frac{10}{12}} = 0,912871$. Cauchyho rozdělení je dáno výrazem (9).

a)

Tabulka 1: Norm dist; $\mu=13,01, \sigma=1,0176$

data	10,8	11,1	11,4	12,7	13,2	13,4	14,1	14,4	14,7	15
Hodnota distrib. funkce	0,0125	0,0258	0,0494	0,3544	0,5469	0,6234	0,8419	0,9027	0,9443	0,9704

V souladu se vztahem (8) platí: $|u| = 0,4425 < 1,96$.

b)

Tabulka 2: Rovnoměrné rozdělení $R(0,100)$

data	52	3	79	12	26	33	94	11	71	87
Hodnota distrib. funkce	0,52	0,03	0,79	0,12	0,26	0,33	0,94	0,11	0,71	0,87

V souladu se vztahem (8) platí: $|u| = 0,3505 < 1,96$.

c)

Tabulka 3: Exponenciální rozdělení $E(0,10)$

data	0	7	2	25	3	4	10	1	5	70
Hodnota distrib. funkce	0,0000	0,5034	0,1813	0,2212	0,2592	0,3297	1,0000	0,0952	0,3935	0,9991

V souladu se vztahem (8) platí: $|u| = 1,0176 < 1,96$.

d)

Tabulka 4: Cauchyho rozdělení tvaru $f(x) = \frac{1}{\pi(1+x^2)}$;

distribuční funkce je tvaru $\frac{\arctg x}{\pi} + \frac{1}{2}$. (9)

data	-8,6	-6,3	2,1	6,6	0	-11,8	4,2	-4	8	11,2
Hodnota distrib. funkce	0,0368	0,0501	0,8585	0,9521	0,5000	0,0269	0,9256	0,0780	0,9604	0,9717

V souladu se vztahem (8): $|u| = 0,3602 < 1,96$.

e)

Tabulka 5: Logaritmicko (lognormální); LN (μ, σ^2)

data	4900	5300	5900	6800	7900	8800	10200	11000	11200	14200
Hodnota distrib. funkce	0,121	0,170	0,255	0,395	0,558	0,672	0,803	0,855	0,866	0,961

V souladu se vztahem (8): $|u| = 0,719 < 1,96$.

Poznámka:

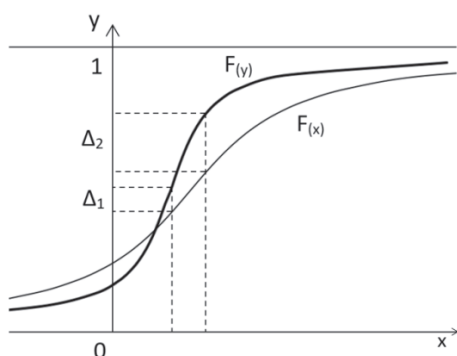
Toto rozdělení má jednostranně ohraničená data. Řada fyzikálních veličin je svou fyzikální podstatou kladná nebo má definovaný počátek. V ekonomii se používá při popisu mzdových a příjmových veličin atd. Nutnost kladných hodnot náhodných veličin je vyjádřena v hustotě pravděpodobnosti veličinou $y = \ln x$, která může být pouze kladná. Jsou-li v náhodném výběru záporná data nebo menší nežli definovaný počátek, je jasné, že rozdělení nemůže být lognormální.

Vidíme, že uvedený test má vysokou rozlišovací schopnost (sílu testu), **je málo pracný, je jednoduchý, elegantní a potřebný počet dat je minimální**. Vidíme, že výběrová data nejsou pro danou pravděpodobnost (zde $P=0,95$) v rozporu s nulovou hypotézou a test platí pro libovolné teoretické rozdělení. Toto si může čtenář ověřit i pro teoretická rozdělení jiná.

Naopak v druhém případě, použijeme-li jednotlivé realizace dat pro výpočet distribuční funkce rozdělení, která

nebyla získána z odpovídajícího základního souboru, ale souboru, který má pravděpodobnostní rozdělení jiné, dojde k zamítnutí nulové hypotézy. Jenom uvedeme již vypočítané některé příklady. Výpočty si může čtenář provést sám.

- 1) Pro výpočet distribuční funkce normálního rozdělení použijeme data z rozdělení exponenciálního. V souladu se vztahem (8) dostaneme $|u| = 3,2815 > 1,96$. Vidíme, že náhodný výběr nepochází z rozdělení normálního s uvedenými parametry.
- 2) Pro výpočet distribuční funkce normálního rozdělení použijeme data rozdělení rovnoměrného. V souladu se vztahem (8) dostaneme $|u| = 3,5070 > 1,96$. Vidíme, že náhodný výběr nepochází z rozdělení normálního s uvedenými parametry.
- 3) Pro výpočet distribuční funkce R (0,100) rovnoměrného rozdělení použijeme data z rozdělení exponenciálního. V souladu se vztahem (8) dostaneme $|u| = 4,0860 > 1,96$. Vidíme, že náhodný výběr nepochází z tohoto rovnoměrného rozdělení.
- 4) Pro výpočet distribuční funkce LN (8000, 30002) použijeme data z rozdělení exponenciálního. V souladu se vztahem (8) dostaneme $|u| = 5 > 1,96$; dále z rozdělení rovnoměrného (0,100) dostaneme $|u| = 191 > 1,96$. Vidíme, že náhodný výběr nepochází z tohoto rovnoměrného rozdělení. Toto rozdělení je specifické, takže po výpočtu máme i absurdity.



Na uvedeném obrázku vidíme výše uvedenou situaci. Provedeme myšlenkový experiment. Máme k dispozici data z náhodného výběru, a to ze základního souboru, který má distribuční funkci $F_{(x)}$. Jednotlivé hodnoty této funkce jsou správné. My ovšem testujeme nulovou hypotézu, zda tato výběrová data patří do základního souboru, jenž má distribuční funkci $F_{(y)}$, tedy tomuto souboru tato data nepřísluší. Proto dojde k posunu hodnot od hodnot $F_{(x)}$. Tento posun je označen na obrázku Δ_i a jde vlastně již o systematickou chybu. Diference je tím větší, čím více se obě funkce liší (čím méně jsou vzájemně přiléhavé). V důsledku toho je potom absolutní hodnota $|u|$ součtu těchto rozdílů vždy větší nežli kritická hodnota 1,96. Jednotlivé hodnoty diferencí se sice přetransformují do intervalu $\langle 0,1 \rangle$, ale již nejde o rozdělení R (0,1). Normovaná náhodná veličina $|u|$ nemá v souladu s Centrální limitní větou pro $n \rightarrow \infty$ asymptoticky normální rozdělení $N(0,1)$ a neplatí tudíž vztah (8).

3.2 Neúplně specifikovaný model rozdělení

Při analýze základního souboru je v některých případech vhodné zavést „složitější“ výběrové charakteristiky. Jednou z nich jsou normované náhodné proměnné, které se v literatuře uvádí také pod názvem empirické standardizované skóry. Konkrétně se jedná o diferenci původní náhodné proměnné x_i a výběrového průměru $\bar{x}$ normovanou příslušnou směrodatnou odchylkou. Tyto skóry mají ohromný potenciál. V teorii statistických hypotéz je můžeme také využít při testování odlehklých hodnot (např. Grubsov test), a to jak u jednorozměrných, tak vícerozměrných dat. Lze je efektivně využít i k výpočtu charakteristik momentů vyšších řádů, např. šikmosti nebo špičatosti, středních hodnot součinu skóre různého stupně atd. Značí se zet skóry, r skóry nebo tau skóry. My použijeme název třetí.

Skór má potom tvar

$$\tau_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}, \quad (10)$$

kde směrodatná odchylka je zásadně používaná ve vychýleném tvaru, tedy

$$s = \sqrt{\frac{n-1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (11)$$

Skóry jsme označili písmenem τ . Protože předpokládáme výpočet např. pomocí aplikace Microsoft Excel, násobíme sumu poměrem $\sqrt{\frac{n-1}{n}}$, protože v tomto programu je uvedena hodnota nevychýlené odchylky. Hustota pravděpodobnosti skóre je výběrovou (empirickou) hustotou a má tvar, viz např. 3.

$$f(\tau) = \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\sqrt{(n-1)} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right)} \left(1 - \frac{\tau^2}{n-1}\right)^{\frac{n-4}{2}}$$

$$\text{pro } |\tau| < \sqrt{n-1}. \quad (12)$$

Vztah (12) platí pouze v tom případě, kdy náhodný výběr byl proveden ze základního souboru, ve kterém data mají libovolné normální rozdělení!!!

Jako normované normální rozdělení má skór střední hodnotu rovnou nule a rozptyl rovný jedné. Písmeno Γ značí příslušnou gama funkci. Provedeme-li substituci druhého výrazu v závorce za novou proměnnou x , tedy $x = \frac{\tau^2}{n-1}$, dostaneme po krátkých úpravách hustotu Beta rozdělení

$$B\left(\frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}\right) \text{ ve tvaru} \\ f(x) = \frac{1}{B\left(\frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}\right)} x^{\frac{1}{2}-1} \cdot (1-x)^{\frac{n-2}{2}-1} \text{ pro } 0 < x < 1. \quad (13)$$

Pro zajímavost provedeme ve vztahu (12) substituci $r_{x,y} = \frac{\tau^2}{n-1}$, kde $r_{x,y}$ je výběrový koeficient korelace. Jednoduchými výpočty získáme opět hustotu Beta rozdělení

$$B\left(\frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}\right).$$

Z předešlého vyplývá, že $\tau = \sqrt{n-1} \cdot r_{x,y}$. Jde o velmi málo známý, ale zajímavý vztah. Známe-li např. kritické hodnoty veličiny $r_{x,y}$, můžeme za použití předešlého vztahu vypočítat kritické hodnoty τ a obráceně. Mimochodem existuje těsná vazba mezi rozdělením (12), rozdělením $r_{x,y}$ a Studentovým rozdělením. Vhodnou transformací jedno rozdělení přechází v druhé.

Beta rozdělení má dva parametry a a $p > 0$ a $q > 0$. Tyto parametry mají v našem případě hodnoty $p = \frac{1}{2}, q = \frac{n-2}{2}$.

Distribuční funkce má potom tvar

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{1}{B\left(\frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}\right)} \int_0^x y^{\frac{1}{2}-1} \cdot (1-y)^{\frac{n-2}{2}-1} dx. \quad (14)$$

Beta rozdělení s parametry $\frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}$ má pro naše další úvahy zásadní význam.

Při výpočtech budeme postupovat takto: z naměřených dat náhodného výběru, kde předpokládáme jejich normální rozložení, stanovíme

- skóry podle vztahu (10);
- vypočteme výraz $\alpha_i = \frac{\tau_i^2}{n-1}$;
- z každé náhodné veličiny α_i stanovíme hodnotu distribuční funkce

$$\text{BETA.DIST}\left(\alpha_i, \frac{1}{2}, \frac{n-2}{2}, \text{pravda}\right). \quad (15)$$

Ještě jednou zopakujeme. Distribuční funkce rozdělení B má obecně hodnoty na intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Pouze tehdy, je-li skóre vypočítané z dat, která mají normální libovolné rozdělení, mají jednotlivé hodnoty na tomto intervalu rozdělení $R\langle 0,1 \rangle$.

- jestliže naměřená data nemají nespecifikované normální rozdělení, vztah (4) neplatí. Tuto skutečnost využijeme pro náš test.

Příklad výpočtu veličin pro dvě hodnoty podle vztahů (10) a (15); $\bar{x} = 9,342$, $s = 0,270548$, $n = 10$ (hodnoty jsou udány bez zokrouhlení).

Naměřená data	τ_i	$\alpha_i = \frac{\tau_i^2}{n-1} !!$	$B\left(\text{dis}; \alpha_i, \frac{1}{2}; \frac{n-2}{2}, \text{pravda}\right)$
9,8	1,692863	0,318421	0,91072
9,56	0,805773	0,072141	0,54696

V posledním sloupci předešlé tabulky jsou hodnoty distribuční funkce. Provedeme sumaci jejich hodnot a dále již postupujeme v souladu se vztahem (8).

Zdůrazníme důležitou zásadu pro korektní uplatnění hodnot stanovení **celkového** průběhu distribuční funkce. Tento požadavek znamená určení hodnot distribuční funkce pro všechna hodnoty $x_{(i)}$ a ne jejich seskupení do četností (pro velká n). Cílem je pokrýt těmito hodnotami celý průběh $F(x)$ a ne pouze část této funkce. Toto omezení neodpovídá náhodnému výběru dat. Třídění do tříd je bohužel rozšířeno např. při testu Kolmogorova-Smirnova. Ukazuje se, že síla takového testu může být značně menší, viz 1. Za použití výpočetní techniky není tento požadavek využití jednotlivých dat již žádným problémem.

4. Rozlišovací schopnost testu za využití standardizovaných skóre

Nyní se ptáme: pochází test z libovolného normálního rozložení? Přitom pro náš test vždy využijeme příslušné teoretické rozdělení (jako bychom nevěděli o jaké rozložení jde).

- Budeme testovat, zda naměřená data pocházejí z rozdělení, které je charakterizováno svými parametry. K výpočtu jednotlivých hodnot F využijeme opět aplikaci Microsoft Excel. Např. pro normální rozdělení je „NORM DIST (příslušné parametry)“; jde o transformaci této distribuční funkce do $R\langle 0,1 \rangle$. Hodnoty v intervalu $\langle 0,1 \rangle$ musí vyhovovat vztahu (8).
- Nejprve tato data využijeme pro výpočet úplně specifikovaného modelu rozdělení. Dále provedeme test pomocí skóre (10). Jestliže tato data (u nichž hypoteticky neznáme teoretická rozdělení) pocházejí z výběru libovolného normálního rozdělení, platí v souladu kritéria (8) nulová hypotéza (druhý případ). Jestliže jsou data z rozdělení jiného, H_0 neplatí (ostatní případy). Za tímto účelem využijeme data z literatury [5]; str. 51, 52. Výpočty nebudeme provádět. Článek by zbytečně zvýšil rozsah. Čtenář si může jednotlivé výpočty provést za použití této dostupné literatury sám. Použijeme celkem šest rozdělení. Cauchyho rozdělení je nasimulováno pro $n = 50$. Protože v literatuře [5] není toto rozdělení uvedeno, byla provedena jeho simulace pro $n = 50$.

Prvním je výběr z rozdělení rovnoměrné $R\langle 0,1 \rangle$.

První otázka zní: pocházejí tato data ze souboru, jenž má toto rozdělení?

Výpočet: $|u| = 0,0872 > 1,96$.

Odpověď: ano, data pocházejí z tohoto rozdělení.

Druhá otázka zní: pocházejí tato data z libovolného normálního rozdělení?

Výpočet: $|u| = 4,44 > 1,96$.

Odpověď: ne, naměřená data nepocházejí z tohoto rozdělení.

Takto budeme postupovat pro všechna rozložení. Nebudeme již klást otázky.

Druhým je výběr z normálního rozdělení $N(0,1)$

Výpočet: $|u| = 0,523 < 1,96$. (ano, data pocházejí z tohoto rozdělení).

Výpočet: (pomocí skóre) $|u| = 0,393 > 1,96$. (ano, data mají normální rozdělení).

Třetím je výběr z exponenciálního rozdělení $E(1,1)$

Výpočet: $|u| = 0,370 > 1,96$. (ano, data pocházejí z tohoto rozdělení).

Výpočet: (pomocí skóre) $|u| = 2,63 > 1,96$. (data nemají normální rozdělení).

Čtvrtým je výběr z Laplaceova rozdělení $L(0,2)$

Výpočet: $|u| = 0,150 < 1,96$. (ano, data pocházejí z tohoto rozdělení).

Výpočet: (pomocí skóre) $|u| = 2,2 > 1,96$. (data nemají normální rozdělení).

Pátým je výběr z Lognormálního rozdělení $(2,71; 47,21)$

Výpočet: $|u| = 0,5517 < 1,96$. (ano, data pocházejí z tohoto rozdělení).

Výpočet: (pomocí skóre) $|u| = 4,6764 > 1,96$. (data nemají normální rozdělení).

Šestým je výběr z Cauchyho rozdělení (simulace tohoto rozdělení pro $n = 50$); distribuční funkce tohoto rozdělení je

$$F(x) = P(X < x) = \frac{1}{\pi} \left[\arctg x + \frac{1}{2} \right].$$

Výpočet: $|u| = 0,69 < 1,96$. (ano, data pocházejí z tohoto rozdělení).

Výpočet: (pomocí skóre) $|u| = 3,92 > 1,96$. (data nemají normální rozdělení).

Poznámka:

Při použití skóre z výběrů, které mají libovolné normální rozdělení (což ovšem nevíme), by stačil výběr o $n \geq 12$. Ovšem nulová hypotéza by při malých n mohla platit i pro rozdělení jiná než normální. K průlomu dojde pro $n \geq 50$, kdy je pokryta výběrovými daty relativně značná část křivky distribuční funkce, viz poslední odstavec před statí 4. Výraz „průlom“ nepatří do statistických výrazů, ale plně vystihuje danou situaci. Např. ve srovnání s testem dobré shody

stačí provést test s menším počtem dat. Lze doporučit počet $n \geq 50$. Statistika (8) za použití distribuční funkce (15) má potom přibližně rozdělení $N \sim (0,1)$.

5. Závěr

V článku byl předložen test pro úplně specifikované modely rozdělení. Síla tohoto testu je vskutku vysoká. Nevýhodou je, že musíme znát parametry daného rozdělení. V praxi se však s tímto případem testu také setkáváme.

Dále byla na několika příkladech ukázána rozlišovací schopnost testu za použití empirickými standardizovanými skóre. Test není pracný a je jednoduchý. Na konkrétních příkladech vidíme, že test obstál velmi dobře. Velkou výhodou je, že test je možné využít zejména pro stanovení libovolného normálního rozdělení. To je důležité obzvláště v metrologii. S podrobným rozбором vlastností těchto skóre se čtenář v literatuře setká jen sporadicky.

6. Literatura

- [1] Anděl, J.: Statistické metody. Matfyzpress, vyd. MFF UK, Praha 1998
- [2] Bakytová, B.: Základy statistiky. ALFA, Bratislava, 1975.
- [3] Dunin-Barkovskij, I. N., Smirnov, N. V.: Teorie věrojatnostej i matematičeskaja statistika v technice. Nauka, Moskva, 1955
- [4] Hatle, J., Likeš, J.: Základy počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky. Praha, SNTL, 1973
- [5] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, 1998
- [6] Moses, L. E.: One sample limits of some two-sample rank tests. Journal of the American Statistical Association 59 (1964), 645–651
- [7] Pánek, P.: Úvod do fyzikálních měření. Brno, MUB, 2001



SEMINÁŘ K ÚKOLU PRM NA TÉMA NEJISTOTY A PRINCIPY KALIBRACE V OBORU HMOTNOST

**ČESKÝ INSTITUT
PRO AKREDITACI, O.P.S.**



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

pořádá dne 12. 3. 2024 od 9:30 do 15:30 hod.

v Kongresovém centru Vavruška, Karlovo nám. 317/5, Praha 2,

seminář, jehož cílem je seznámení s výsledky úkolu z programu rozvoje metrologie PRM č. VII/05/23 Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost.

Více informací naleznete na webových stránkách www.cai.cz, v sekci „Nadcházející akce“.

TEPELNÉ MOSTY VE STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍCH

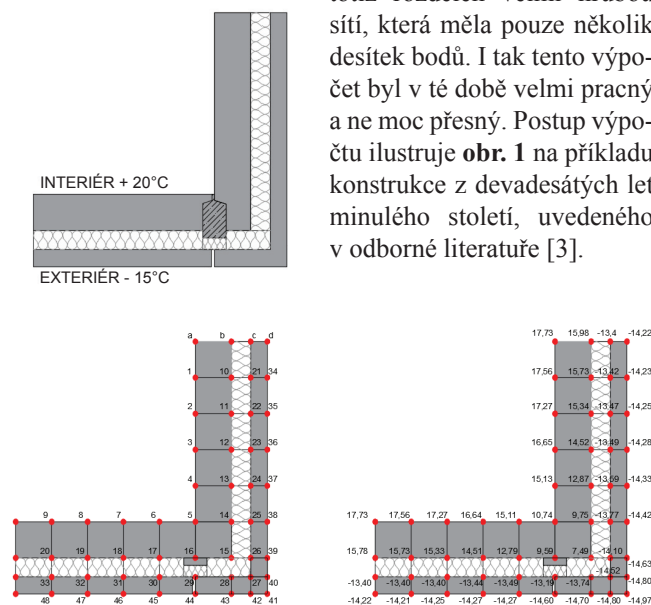
¹Ing. Richard Slávik, Ph.D.;²Ing. Tomáš Kocfelda; Ing. Petr Sláčík¹Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně²Zkušebna stavebně truhlářských výrobků, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně

Článek přibližuje problematiku výpočtu teplotních polí ve stavebních konstrukcích, který je nezbytný pro hodnocení jak stavebních konstrukcí projektanty, tak samotných stavebních výrobků v procesu deklarace jejich vlastností. Lehce nahlíží na vývoj této problematiky, která se stala u nás zcela běžnou inženýrskou rutinou, bez níž se dnes neobejdeme. Výpočty teplotních polí u stavebních konstrukcí mohou díky dnešní výpočetní technice na první pohled působit jednoduše, ale jejich správná aplikace vyžaduje určité zkušenosti a znalosti. Jinak zde hrozí riziko, že výsledky mohou být znehodnoceny chybami.

Výpočet teplotních polí má ve stavební tepelné technice u nás dlouhou tradici. V současné době se jedná již o zcela běžnou rutinu, která je pro dnešní projektanty nebo certifikační autority naprosto nezbytná. Výpočet má v dnešní době dva cíle, a to průkaz splnění hygienického kritéria a identifikaci energetických vlastností řešeného segmentu. Z hlediska hygieny je důležité výpočtem prokázat, že v kritickém místě konstrukce nedojde k natolik nízké teplotě, která by mohla (při předpokládaných parametrech vnitřního prostředí) vyústit v povrchovou kondenzaci nebo růst plísní. Toto kritérium je velmi důležité a jeho splnění není vždy úplně jednoduché. Druhým cílem je popsat příspěvek daného místa nebo detailu k tepelné ztrátě daného segmentu. Zájem o snižování energetické náročnosti budov u nás v posledních desetiletích značně narostl. Toto se projevilo zejména zvyšující se mírou izolace vnějších konstrukcí budov a instalací velice těsných oken. Význam přidané tepelné ztráty tepelnými mosty a tepelnými vazbami tak nabyl na důležitosti nejen z hlediska ztrát energie, ale i z hlediska nejnižší povrchové teploty vnitřních konstrukcí díky zvyšující se relativní vlhkosti vnitřního vzduchu jako důsledku těsnosti oken. Z hlediska terminologie je zde jedna odlišnost. Česká terminologie v minulosti ustanovila v této oblasti dva pojmy. Jedním pojmem je **tepelný most** a druhým **tepelná vazba**. Tepelným mostem rozumíme nějaké konkrétní místo, kde náhlou změnou materiálového řešení nebo geometrie konstrukce dochází k výrazným změnám v tepelném toku. Za tepelné vazby označujeme zejména důsledky spojení dvou nebo více konstrukcí a vliv tohoto spojení na anomálie teplotního pole, zpravidla se projevující zvýšeným tepelným tokem. Harmonizace technických norem v posledních desetiletích však tyto pojmy převzala a v mezinárodní normě ČSN EN ISO 10211 [1] tak hovoříme pouze o „thermal bridges“, tedy o tepelných mostech.

Výpočty teplotních polí prošly v naší historii dosti rozsáhlým vývojem. V minulosti tento typ výpočtů nebyl tak jednoduchý a dostupný, jak je tomu dnes. Počátky snah o řešení rozložení teploty lze u nás v literatuře dohledat již v prvních odborných publikacích ze šedesátých let 20. století [2], které se věnovaly tepelné technice. V jiných technických oborech bylo zvykem využívat pro výpočty analytickou matematiku, jak to dokladuje uznávaná zahraniční literatura [3]. Tyto aplikace jsou uplatnitelné hlavně ve strojírenství a elektrotechnice, avšak pro výpočty teplotních polí ve stavebních konstrukcích jsou kvůli specifické geometrii a různorodým materiálovým charakteristikám ve výpočtové oblasti pro většinu případů nepoužitelné. Účelně lze tak tyto problémy řešit pouze numericky, k čemuž bylo potřebné vypracovat vlastní postupy. Ve stavební tepelné technice se tak začaly postupně uplatňovat numerické metody. Nejprve tyto výpočty byly realizovány pouze v podobě jednoduché síťové metody, která využívala ustálené průběhy teploty na okrajích výpočetní oblasti, a teplotní pole se stanovilo na základě plošné tepelné propustnosti mezi jednotlivými uzly sítě. Tyto modely se ale daly použít pouze k určení minimální povrchové teploty v kritickém místě, a tak dokázaly zodpovědět pouze problematiku hygienického kritéria konstrukce. Detail byl

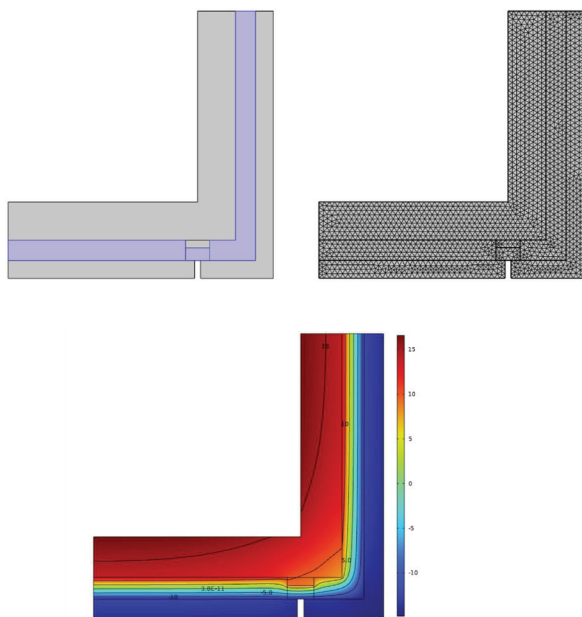
totiž rozdělen velmi hrubou sítí, která měla pouze několik desítek bodů. I tak tento výpočet byl v té době velmi pracný a ne moc přesný. Postup výpočtu ilustruje **obr. 1** na příkladu konstrukce z devadesátých let minulého století, uvedeného v odborné literatuře [3].



Obr. 1: Ukázka hustoty sítí v příkladu výpočtu nároží panelové stěny z devadesátých let [3]

S postupným rozvojem výpočetní techniky v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století se situace výrazně změnila, ale toto zařízení bylo dostupné pouze výzkumným a vývojovým pracovištím. Zpočátku spíše jen automatizovalo zdoluhavé procesy zjednodušených síťových metod. První významnější rozšíření numerických metod mezi inženýry nastalo až v devadesátých letech minulého století, kde se osobní počítače postupně dostávaly do všech oblastí našeho

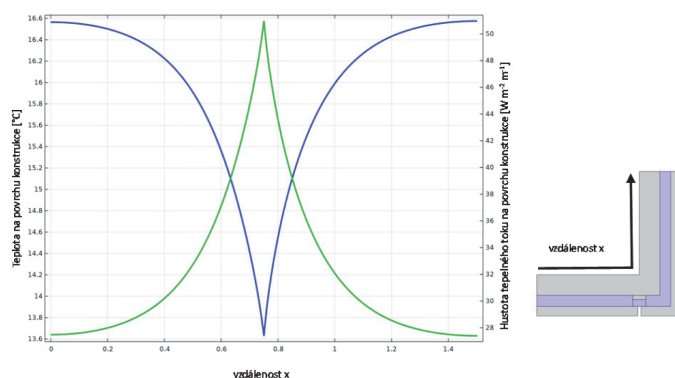
života. Také nějakou dobu trvalo, než začalo být uživatelské prostředí počítačových programů přívětivější a pro uživatele srozumitelnější. Nové programy již neměly problém s hrubou sítí a začaly využívat (mimo pravidelných sítí) různé adaptivní algoritmy pro tvorbu konformní výpočetní sítě tak, aby mohly být implementovány metody využívající metodu konečných prvků. Ukázalo se totiž, že pravidelná síť nemusí být dostatečně přesná, a také náhlé změny geometrie nebo materiálových vlastností v oblasti vyžadují pro zajištění potřebné přesnosti zhuštění sítě a sledování některých kvalitativních parametrů sítě. Dnes tak využíváme programy, které dokážou řešit mnohé tyto problémy na pozadí bez toho, aby si vynucovaly pozornost uživatele. Ukázka stejného detailu z **obr. 1**, ovšem zpracovaného v současném softwarovém nástroji, je uvedena na **obr. 2**. I tak by ale uživatel měl do této problematiky proniknout, protože kvalita sítě zcela dramaticky ovlivňuje výsledek a někdy je softwarový nástroj schopen vypočítat výsledek i na zcela nevhodné sítí.



Obr. 2: Ukázka detailu v současném software pro numerické modelování Comsol MULTIPHYSICS.

Mimo možnosti hustější a adaptivní výpočetní sítě mají dnešní nástroje celou řadu výhod. Nejedná se pouze o rychlé a snadné modelování, které zefektivňuje a usnadňuje práci, ale celkově je výsledek získán s větší přesností. Podrobnější síť na hranicích detailu umožňuje (vedle přesnějšího určení minimální povrchové teploty) také integrovat hustotu tepelného toku podél jeho hranice. Z tohoto integrálu je možné popsat tepelnou propustnost detailu, díky které je pak možné stanovit takzvané **lineární nebo bodové činitele prostupu tepla**, popřípadě vypočíst ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro konstrukce se systematickými mosty. Grafická interpretace výsledků také pomůže s kontrolou vstupních dat a vizuální kontrolou očekávatelného rozložení teploty (**obr. 3**).

V detailu je ochlazovaná strana v exteriéru delší než strana oteplovaná v interiéru, v rohu proto dochází k navýšení tepelného toku a snížení vnitřní povrchové teploty.

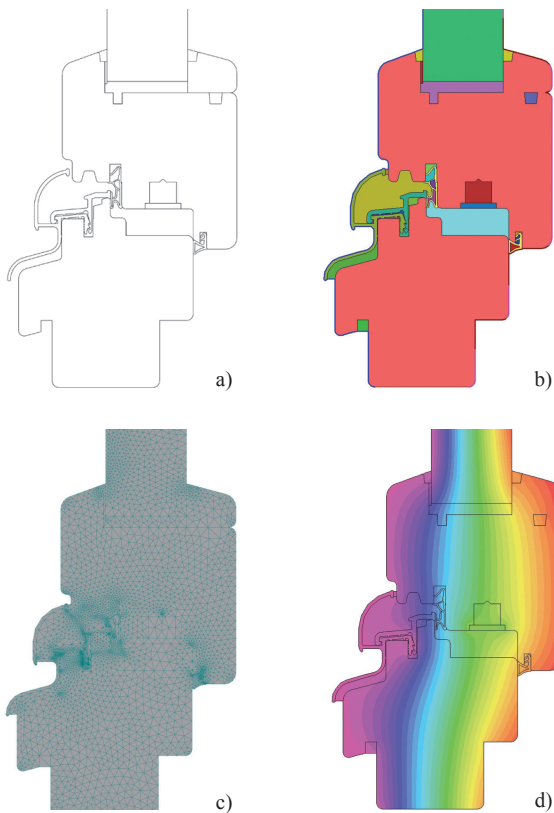


Obr. 3: Průběh teploty a hustoty tepelného toku na povrchu konstrukce (modrá křivka - průběh teploty; zelená křivka - průběh hustoty tepelného toku, která se integruje pro plošnou teplotní propustnost)

Integraci hustoty tepelného toku na vnitřní nebo vnější straně pro detail je získána **tepelná propustnost**, která definuje, kolik tepla tímto modelem bude sdíleno z jednoho prostředí do prostředí druhého. Z této hodnoty je pak možné určit lineární činitel prostupu tepla, v případě jiných konfigurací detailu také bodové součinitele prostupu tepla nebo součinitele prostupu tepla konstrukce s vlivem systematických tepelných mostů, které jsou zcela zásadním prvkem pro zpřesnění popisu tepelného chování konstrukcí v měřítku celé budovy. Pro získání relevantních výsledků těchto výpočtů je potřeba také vhodně zvolit velikost výpočetního detailu tak, aby byla respektována minimální hranice od os symetrie nebo hranic výpočetní oblasti a nebyly do výpočtu vnášeny chyby. Více informací k této problematice je možné najít v technických normách upravujících požadavky na geometrii [1].

Zkušebna stavebně truhlářských výrobků využívá výpočty teplotních polí převážně ve spojitosti s otvorovými výplněmi. V první řadě je to pro stanovení prostupu tepla profilu rámu U_f a stanovení lineárního činitele prostupu tepla styku rámu se zasklením nebo neprůsvitnou výplní ψ u okenních a dveřních konstrukcí ze dřeva, plastu nebo kovu [5]. V druhém případě je to pro stanovení nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce a teplotního faktoru vnitřního povrchu f_{Rsi} [6]. Pro nejlepší spolehlivost výsledku je již od začátku zapotřebí pracovat s co nejpřesnější geometrií, znát přesnou materiálovou skladbu včetně součinitele tepelné vodivosti λ jednotlivých materiálů a v případě kovových povrchů také jejich emisivitu ε , která zcela dramaticky ovlivňuje izolační parametry vzduchových dutin. Geometrická velikost ploch v řezu jednotlivých materiálů, jejich vzájemná poloha a tepelná vodivost mají vliv na nastavení hustoty sítě, která má vliv na přesnost a rychlost výpočtu.

Výpočet teplotních polí a tepelné propustnosti pro stanovení prostupu tepla profilem rámu je alternativou ke zkoušce prováděné metodou teplé skříně. Ukázka grafické roviny výpočtu na rámu dřevěného okna je uvedena na **obr. 4**. Na rozdíl od zkušební metody, při které se může stanovit prostup tepla i celou otvorovou výplní (oknem, dveřmi), se výpočet teplotních polí týká pouze rámu a celkový součinitel prostupu tepla se vypočítá podle pravidel uvedených v [5].

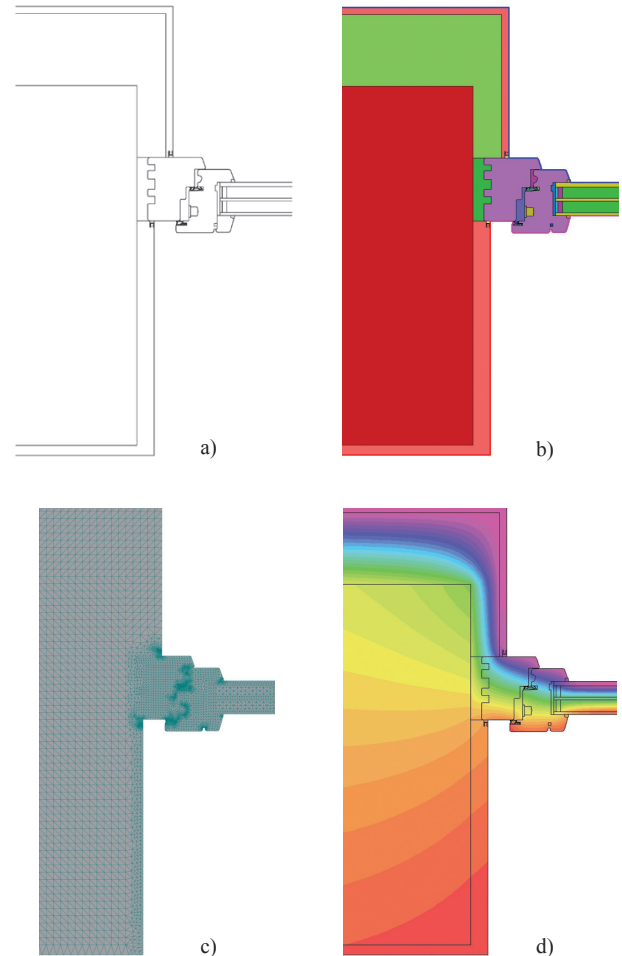


Obr. 4: Stanovení prostupu tepla profilu rámu U_f a stanovení lineárního činitele prostupu tepla styku rámu se zasklením nebo neprůsvitnou výplní Ψ a) geometrie, b) materiálová skladba, c) výpočetní síť, d) teplotní pole

Druhá úloha, kde výpočet ověřuje riziko kondenzace, je uvedena na **obr. 5**, který představuje okenní rám osazený do obvodové stěny stavby. Výpočet teplotních polí pro nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce a teplotního faktoru vnitřního povrchu pro hodnocení otvorových výplní (okna, dveře) nelze provádět pouze na otvorové výplni samotné (tak, jako při stanovení prostupu tepla rámem), ale musí se modelovat včetně přilehlé stavební konstrukce [1]. O to více je zde zapotřebí pracovat s nastavením hustoty sítě, kde ve stavební konstrukci jsou homogenní plochy větší, a síť tedy může být řidší. Naopak v otvorové výplni se spoustou malých detailů musí být síť hustější. Správné nastavení má vliv nejen na přesnost výsledku, ale také na výkon výpočetní techniky a softwaru.

Předložený text stručně nastínil historii výpočtů a numerického modelování teplotních polí ve stavebních konstrukcích a možné zdroje chyb a vlivů na přesnost výsledků. V současné době jsou numerické metody ve stavební tepelné fyzice široce využívány a variabilita jejich užití dává možnosti porovnávání i dílčích změn konstrukčního řešení na jednotlivých modelech detailů. To umožňuje najít nejvhodnější řešení kritických míst v konstrukci a eliminovat tak nevhodná řešení při samotné realizaci. Aplikace výpočtu teplotních polí u stavebních konstrukcí a výrobků za účelem stanovení tepelných vlastností

a ověření rizika kondenzace na povrchu konstrukce je problematika daleko širší a v tomto textu nelze upozornit na všechna úskalí a rizika. Více informací lze nalézt v referencích, kde je tato problematika popsána hlouběji, spolu s odkazy na související literaturu.



Obr. 5: Stanovení nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce a teplotního faktoru vnitřního povrchu a) geometrie, b) materiálová skladba c) výpočetní síť d) teplotní pole

Reference:

- [1] ČSN EN ISO 10211:2020 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Podrobné výpočty
- [2] HALAHYJA, M. Tepelná technika z hlediska stavebních konstrukcí. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, n. p., 1959.
- [3] Carslaw, H. S. and Jager, J. C. (1967) Conduction Heat in Solid. Clarendon Press, Oxford, 52, 78.
- [4] HALAHYJA, M. a kol. Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie. 1. Vyd. Bratislava: ALFA, 1985.
- [5] ČSN EN ISO 10077-1:2019 Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Obecně
- [6] ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

ZABEZPEČENÍ JEDNOTNÉHO POSTUPU PŘI POSUZOVÁNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ ZE SKLA – ČÁST V

Metodika pro zabezpečení jednotného postupu při zkoušení pevnosti extra tenkých, tepelně nebo chemicky upravených skel pro stavební účely

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)** podporuje vývoj metodických postupů pro posuzování stavebních výrobků před jejich uvedením na trh v případě, že nejsou k dispozici vhodné zkušební normy. 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.

V roce 2023 tímto způsobem vznikla další metodika pro posuzování stavebních výrobků ze skla. Pochází z dílny **IKATES, s. r. o.**, který působí jako **autorizovaná osoba č. 225** se sídlem v Teplicích a specializuje se na testování výrobků ze skla.

Úvod

Vývoj v moderní architektuře směřuje k použití nejrůznějších typů skel v poměrně odvážných aplikacích. Velký posun nastal v oblasti **tenkých a extratenkých skel**, kde lze dosáhnout díky tepelným a chemickým úpravám velmi vysokých hodnot pevnosti v ohybu. Vlastnosti tenkého a pevného skla umožňují jeho použití v nejrůznějších odvětvích, například pro aplikace v leteckém a kosmickém průmyslu, displeje přístrojů v elektrotechnice, solární a fotovoltaické panely či jako alternativu k plastu a hliníku v interiérech automobilů. Ve stavebnictví jej lze použít ve velkých projektech, a to včetně dekorativních aplikací, ohýbaných skleněných fasád, vnitřního skla v izolačních trojsklech i na terasách (zábradlí, podlahy).

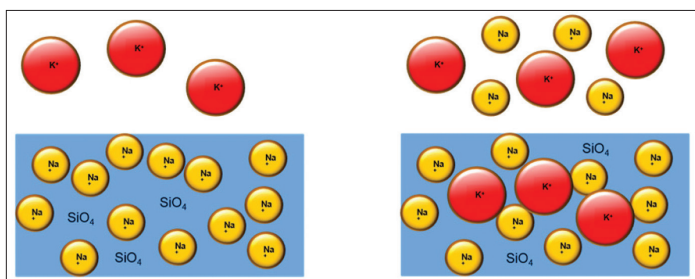


Obr. 1: Využití skel v architektuře

Chemické versus tepelné tvrzení

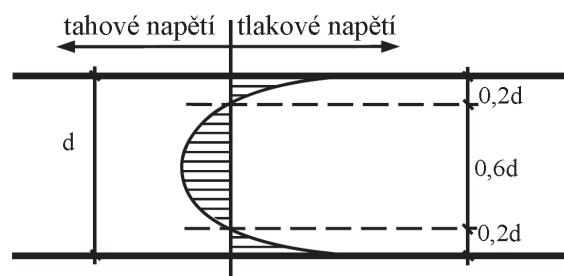
Při **chemickém tvrzení** je sklo ponořeno do lázně dusičnanu draselného při teplotě 300°C. To způsobí, že ionty sodíku na povrchu skla jsou nahrazeny ionty draslíku z lázně. Ionty draslíku jsou větší než ionty sodíku, jejich nahrazování do povrchu skla zavádí velké napětí, které může dosáhnout až 690 MPa. Napětí slouží jako neviditelný štít a chrání sklo

před rozbitím, poškrábáním a tepelnými šoky. Tento proces se primárně používá pro velmi tenké sklo (zejména tenčí než 3 mm) určené pro aplikace vyžadující velmi vysokou pevnost nebo tam, kde je u tepelně tvrzeného výrobku požadována optimální optická kvalita.



Obr. 2: Chemické tvrzení – výměna iontů

Tepelně zpracovaná skla dělíme do tří základních skupin, a to na tepelně zpevněná (polokalená), tepelně tvrzená (kalená) a prohřívána tepelně tvrzená skla (kalená s HST). Díky procesu tepelného zpracování plochého skla dojde ke zvýšení mechanické a tepelné odolnosti skla. Nejběžnější metodou zpevnění plaveného (floatového) skla je **tepelné tvrzení**, při němž se sklo zahřívá na teplotu vyšší než 600 °C a velmi rychle se ochladí. Tímto postupem se na povrchu skleněné tabule vytvoří tlakové napětí, které je v rovnováze s tahovým napětím uvnitř tabule. Sklo je pak mnohem pevnější než v případě skla běžně odpruženého za pomoci kompenzace tahového napětí a snížení výsledného lokálního napětí. Zvýšená mechanická a tepelná odolnost tvrzeného skla je důsledkem určitého rozložení napětí ve skleněné tabuli, během kterého je při systematickém, sourodem ochlazování dosaženo takového uspořádání napětí, že vnitřní tahové napětí dává vzniknout tlakovému napětí na povrchu (**obr. 3**). Zmenšen je také jev statické únavy skla. Prostřednictvím superpozice napětí je dosaženo snížení nebezpečného, největšího tahového napětí, které limituje odolnost skla. Po překročení mechanické odolnosti se tvrzené sklo rozbije na drobné úlomky bez ostrých hran, proto je řazeno mezi bezpečná skla.



Obr. 3: Tahové a tlakové napětí

Oproti běžnému sklu má sklo tepelně tvrzené 5× vyšší odolnost proti bočnímu nárazu, 3× vyšší pevnost v ohybu, možnost bodového kotvení, odolnost proti náhlým změnám teploty a vysokým teplotám. V případě využití ve stavebnictví je naprostou nezbytností znát pevnostní charakteristiky těchto skel, zejména pak **pevnost v ohybu**. Vzhledem k tomu, že dostupné normalizované metody nejsou pro zkoušky těchto tenkých skel připravené, vznikla ve světě řada studií, které se zabývají návrhem vhodné metody stanovení pevnosti v ohybu.

Z řady návrhů metod, které z těchto studií vzešly, byly vytipovány ty, které lze poměrně snadno realizovat a současně mohou poskytnout poměrně reálné výsledky pevnosti v ohybu. Pro účely ověření možnosti zkoušek byly připraveny zkušební přípravky a provedeny zkoušky s cílem ověřit vhodnost pro standardní laboratorní použití. S ohledem na cíle tohoto úkolu jsou za extratenká skla považována **skla o tloušťce menší než 3 mm**.

Stav normalizace v oblasti zkoušení pevnosti skla v ohybu

Pro účely stanovení pevnosti skla v ohybu byla Evropskou komisí pro normalizaci (CEN) v technickém výboru TC 129 „Sklo ve stavebnictví“ připravena evropská norma EN 1288, která byla následně (v roce 2001) zavedena i do systému norem ČSN.

Norma ČSN EN 1288-x *Sklo ve stavebnictví – Stanovení pevnosti skla v ohybu* má 5 částí:

Část 1: Podstata zkoušení skla

Část 2: Zkouška dvojitým soustředným prstencem na plochých vzorcích s velkým zkušebním povrchem

Část 3: Zkouška se vzorkem podepřeným ve dvou bodech (čtyřbodový ohyb)

Část 4: Zkoušení profilovaného skla

Část 5: Zkouška dvojitým soustředným prstencem na plochých vzorcích s malým zkušebním povrchem.

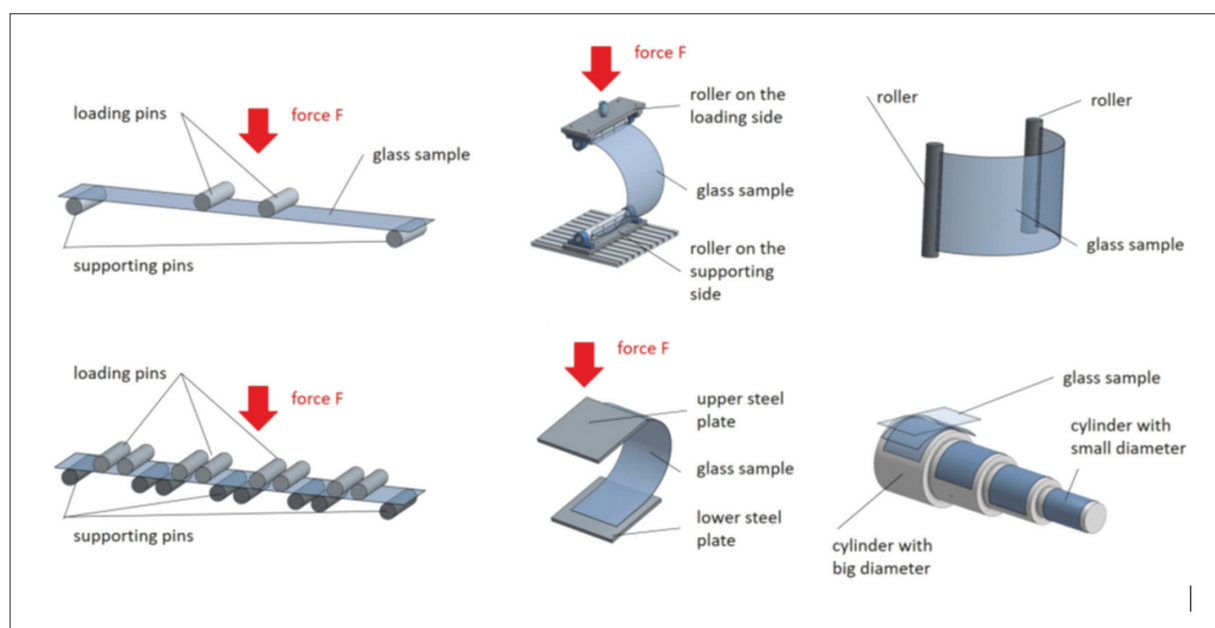
Pro zkoušení tepelně nebo chemicky upravených skel lze využít ČSN EN 1288-3. Tento postup je však z důvodu chování skla omezen na **tloušťku 3 mm a vyšší**. Pro tenká skla s tloušťkou nižší než 3 mm žádná vhodná normalizovaná metoda neexistuje. Komerčně dostupné přípravky pro metodu ČSN EN 1288-3 jsou použitelné pouze pro tepelně tvrzená skla tloušťky 4 mm a větší, v případě chemicky zpevněných skel dokonce až od 5 mm.

Rešerše zahraničních studií a výzkumných prací v oblasti zkoušení pevnosti v ohybu u extratenkých skel

V rámci přípravy řešení úkolu byly provedeny rešerše již provedených výzkumných prací v dané oblasti. Velmi zajímavou a podnětnou studií je „Zkoušení pevnosti tenkého skla“ (Testing the strength of thin glass) od Francisco Esteves de Oliveira Santos (Instituto Superior Técnico, Lisabon, 2016). Autor se zabývá dvěma nedestruktivními zkouškami, destruktivní čtyřbodovou zkouškou na nosníku se zatížením v rovině plochy skla a zmiňuje metody dvoukruhové čtyř- a vícebodové a zkoušku vzpěrovou. Nedestruktivní zkoušky se při studii ukázaly jako velmi neprůkazné a nejlépe hodnocenou metodou je v tomto případě metoda vzpěrová (buckling test).

Autoři studie „Dvoubodový ohyb tenkého skla“ (Two Point Bending of Thin Glass Substrate, 2011) Suresh T. Gulati, Jamie Westbrook, Stephen Carley, Hemanth Vepakomma a Toshihiko Ono použili metodu určenou pro zkoušení optických vláken a zmiňují zejména jednoduchost této metody. Ve své podstatě jde o vzpěrovou zkoušku provedenou v horizontálním směru. Zdůrazňují, že tato zkouška zahrnuje i vliv hran a lze ji použít i pro velmi tenká skla (předmětem zkoušení byla skla tloušťky 0,4 mm a 0,7 mm).

Ve studii „Theoretical development of suitable test scenarios for the determination of the bending tensile



Obr. 4: Schémata zkoušek pro stanovení pevnosti skel s vlivem hran a bez něj

strength of thin glass with or without influence of edges and their experimental implementation“, Jürgen Neugebauer, Irma Kasumovic, Ivo Blazevic, Engineering Transparenc, 2018 jsou uvedeny možné typy stanovení pevnosti s vlivem hran a bez něj (prstencové zkoušky a zkoušky s vlivem hran) – viz **obr. 4**.

Autoři z možností vybrali pro studii prstencovou zkoušku s různými výplněmi prstence pro potlačení deformace tenkého skla a dále vzpěrovou zkoušku – ve svislém a ve vodorovném směru.

Dr. Ing. Geralt Siebert se ve studii „Studies on determining the bending strength of thin glass“ zabývá modifikovanou čtyřbodovou metodou podle EN 1288-3 a vzpěrovou metodou. Podle jeho výzkumných prací považuje za vhodnější modifikovanou čtyřbodovou zkoušku, jednak s ohledem na jednoduchost a dostupnost přípravků, jednak s ohledem na již prostudovaný vliv nelineárního chování.

Návrh metody zkoušení pevnosti v ohybu u extratenkých skel

Na základě provedených rešerší byly pro ověření vhodnosti zvoleny následující metody stanovení pevnosti skla v ohybu:

- stanovení pevnosti v ohybu pomocí modifikované metody ČSN EN 1288-3 (čtyřbodový ohyb)
- stanovení pevnosti v ohybu pomocí modifikované metody ČSN EN 1288-3 (pětibodový ohyb)
- stanovení pevnosti v ohybu při vzpěru (dvoubodový ohyb)
- stanovení pevnosti v ohybu pomocí tříbodového ohybu.

Pro účely ověření těchto metod byly upraveny zkušební přípravky a zajištěny vhodné vzorky.

Vzorky tepelně tvrzených skel tloušťky 2,9 mm byly zajištěny z AGC Processing a.s., závod Kryry, vzorky chemicky zpevněných skel tloušťky 0,33 mm dodala společnost Schott Suzhou.

Stanovení mechanických vlastností metodou čtyřbodového ohybu

Tato metoda vychází z postupu popsaného v normě ČSN EN 1288-3, kdy jsou upraveny vzdálenosti mezi válci.

Vlastní zkouška byla realizována ve dvou variantách:

- a) rozteč horních válců 800 mm; rozteč podpůrných válců 200 mm; rychlost posuvu 0,8 mm/s, rozteč 700 mm

Vzorek č.	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Čas (s)	Místo porušení	Max. síla (N)	Pevnost v ohybu (MPa)
1	2,86	360	83,0	S	615	192,4
2	2,86	360	-	-	-	-
3	2,85	360	74,7	S	578	182,0
4	2,83	360	83,9	S	627	200,2
5	2,84	360	80,0	E	606	192,3

6	2,83	360	82,6	S	629	200,5
7	2,84	360	72,1	S	575	182,0
8	2,86	360	73,5	S	590	185,1
9	2,88	360	-	-	-	-
10	2,86	360	77,6	S	642	200,3

Místo porušení: E = hrana; S = povrch



Obr. 5: Pohled na zkušební přípravek při čtyřbodovém ohybu, rozteč 800 mm

- b) rozteč horních válců 700 mm; rozteč podpůrných válců 150 mm; rychlost posuvu 0,8 mm/s

Vzorek č.	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Čas (s)	Místo porušení	Max. síla (N)	Pevnost v ohybu (MPa)
1	2,86	360	57,5	S	545	156,4
2	2,86	360	67,8	S	673	192,4
3	2,86	360	59,7	E	576	165,1
4	2,85	360	75,8	E	718	205,4
5	2,86	360	69,3	S	656	187,6
6	2,86	360	76,7	E	717	204,7
7	2,81	360	90,0	E	775	228,5
8	2,85	360	82,2	E	757	216,3
9	2,87	360	86,6	S	822	231,4
10	2,87	360	80,6	E	764	216,4

Místo porušení: E = hrana; S = povrch



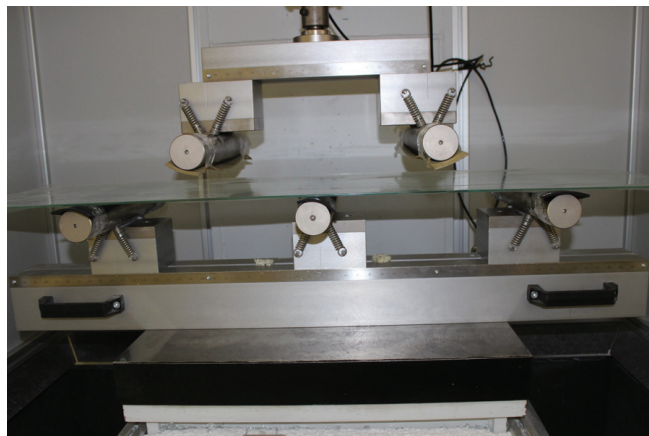
Obr. 6: Pohled na zkušební přípravek při čtyřbodovém ohybu

Stanovení mechanických vlastností metodou pětibodového ohybu

Tato metoda vychází z postupu popsáno v normě ČSN EN 1288-3, kdy je doplněn třetí podpůrný válec a jsou upraveny vzdálenosti mezi válci. Rychlost zatěžování byla zvolena prostřednictvím řízení posuvu na 0,01-0,02 mm/s.

Vlastní zkouška byla realizována ve dvou variantách:

- a) rozteč horních válců 350 mm; rozteč podpůrných válců 350 mm
- b) rozteč horních válců 350 mm; rozteč podpůrných válců 500 mm



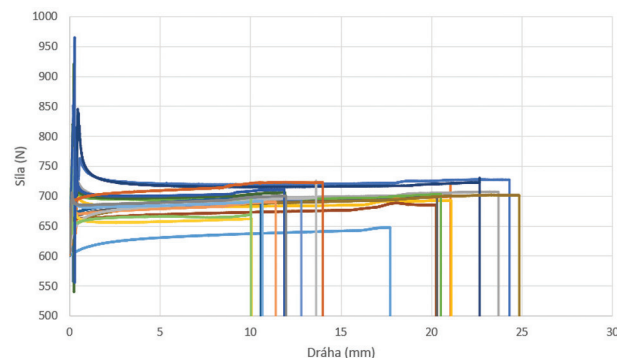
Obr. 7: Pohled na zkušební přípravek pro pětibodový ohyb

Varianta a)			Varianta b)		
Č.	Bod porušení	Síla F (N)	Č.	Bod porušení	Síla F (N)
1	okraj	4343	6	okraj	2819
2	okraj	3832	7	střed	2831
3	střed	4238	8	okraj	2709
4	okraj	4339	9	střed	1851
5	okraj	3949	10	střed	2578

Tato metoda využívá upravený komerčně dostupný zkušební přípravek. Z hlediska přesnosti je výhodnější varianta b). Lze ji využít pro zkoušky prakticky všech typů tenkých vrstvených skel s výjimkou velmi tenkých vrstvených skel z chemicky zpevněných skel, které se vyznačují schopností značné ohybové deformace bez porušení.

Stanovení mechanických vlastností metodou ohybu při vzpěru

Tato metoda vychází z výzkumných činností provedených na Univerzitě aplikovaných věd FH Joanneum v Grazu (Theoretical development of suitable test scenarios for the determination of the bending tensile strength of thin glass with or without influence of edges and their experimental implementation; Jürgen Neugebauer, Irma Kasumovic, Ivo Blazevic; 2018).



Graf 1: Průběh síly v závislosti na dráze při zkoušce pevnosti v ohybu při vzpěru

K ověření navržené metody byly použity vzorky tepelně tvrzeného skla tloušťky 3 mm o rozměrech 200 x 600 mm.

Pro účely experimentu byly vyrobeny speciální přípravky umožňující rotační pohyb upevněných okrajů vzorku. Rychlost posuvu při vlastní zkoušce byla zvolena 10 mm/min.



Obr. 8: Pohled na zkušební sestavu při zkoušce ohybu při vzpěru

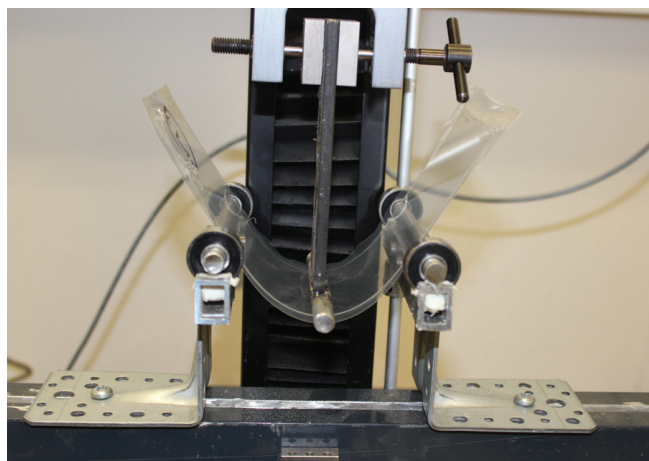
Výsledky pevnosti v ohybu (při vzpěru)					
Č.	Tloušťka (mm)	σ_{bb} (MPa)	Č.	Tloušťka (mm)	σ_{bb} (MPa)
1	2,86	220,0	11	2,85	154,9
2	2,86	205,0	12	2,85	160,8
3	2,86	217,2	13	2,85	151,6
4	2,85	205,2	14	2,86	165,8
5	2,86	188,5	15	2,86	142,8
6	2,86	202,4	16	2,82	146,8
7	2,86	212,3	17	2,84	142,3
8	2,86	201,2	18	2,86	154,8
9	2,86	201,6	19	2,87	167,9
10	2,85	222,3	20	2,86	155,5

Stanovení mechanických vlastností metodou třibodového ohybu

Tato metoda je poměrně běžná u řady výrobků. Extratenká skla však vyžadují větší variabilitu s ohledem na široké spektrum typů skel a mezivrstev. Proto byl navržen přípravek umožňující jednoduchou změnu vzdálenosti podpurných válců. Průměr válců byl zvolen 10 mm, ale pro velmi tenká chemicky zpevněná skla lze průměr operativně snížit. Při zkoušce byly provedeny zkoušky postupně s roztečí podpurných válců 100 mm; 60 mm a 50 mm. Vzhledem ke značné schopnosti vzorků deformovat se bez porušení bylo nutné snížit rozteč mezi podpurnými válci až na 50 mm.

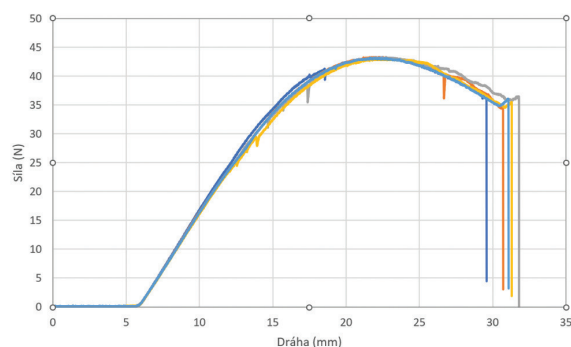
Při rozteči 100 mm nedošlo k porušení zkoušených skel, při rozteči 60 mm docházelo k porušení skel až vlivem nadměrné deformace (při poklesu síly).

Varianta s roztečí 60 mm



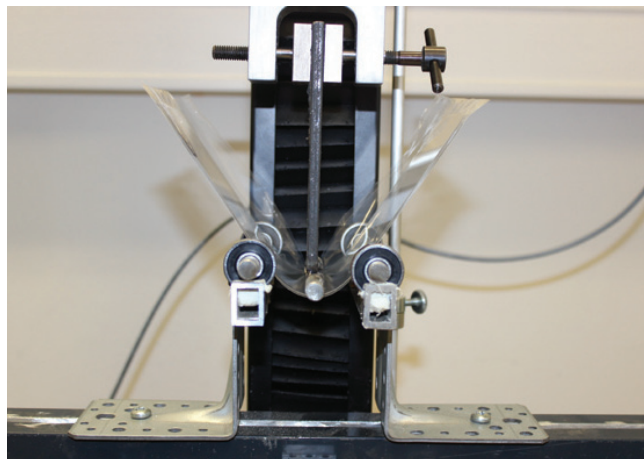
Obr. 9: Pohled na zkušební sestavu při zkoušce třibodovým ohybem s roztečí 60 mm

Vzorek č.	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Místo porušení	Max. síla (N)	Pevnost v ohybu (MPa)
1	0,33	80	E	43,3	448
2	0,33	80	E	43,3	447
3	0,33	80	E	43,3	447
4	0,33	80	E	43,0	446
5	0,33	80	E	43,2	447



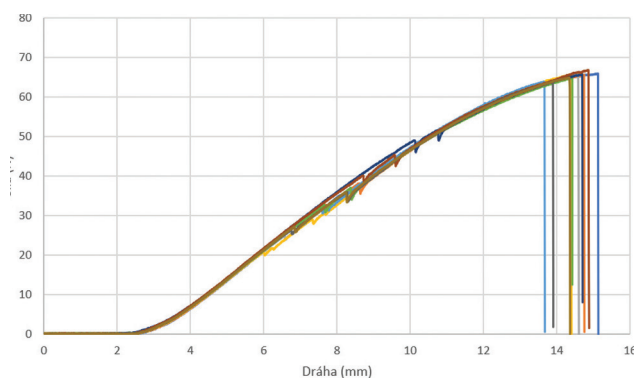
Graf 2: Průběhy síla/dráha při rozteči 60 mm

Varianta s roztečí 50 mm



Obr. 10: Pohled na zkušební sestavu při zkoušce třibodovým ohybem s roztečí 50 mm

Vzorek č.	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Místo porušení	Max. síla (N)	Pevnost v ohybu (MPa)
1	0,33	80	E	65,9	567
2	0,33	80	E	65,6	565
3	0,33	80	E	66,1	569
4	0,33	80	E	65,7	566
5	0,33	80	E	63,9	550
6	0,33	80	E	64,8	558
7	0,33	80	E	65,8	567
8	0,33	80	E	66,8	575
9	0,33	80	E	63,8	549
10	0,33	80	E	64,9	559



Graf 3: Průběhy síla/dráha při rozteči 50 mm

Použitelnost metod pro zkoušení extratenkých skel

Na základě provedených ověřovacích zkoušek lze konstatovat, že modifikované metody zkoušení podle ČSN EN 1288-3 jsou vhodné pro zkoušení tepelně nebo chemicky upravených skel o tloušťce 2 až 3 mm. U skel menší tloušťky je již deformace velmi vysoká a buď nedojde

k selhání skla před kontaktem s přípravkem, nebo jsou získaná data nevěrohodná. S ohledem na chování skel se jako vhodnější jeví metoda čtyřbodového ohybu s redukovanou vzdáleností podpůrných a zatěžujících válců.

Dvoubodová (vzpěrová) zkouška je aplikovatelná u tepelně a chemicky upravených skel tloušťky 1 až 3 mm. Určitou nevýhodou je absence komerčně dostupných přípravků pro zkoušku.

Tříbodová metoda je vhodná zejména pro tepelně a chemicky upravená skla o tloušťce menší než 2 mm, kdy lze úpravou vzdálenosti a případně i průměru podpůrných válců získat reálné hodnoty pevnosti v ohybu s vlivem hran.

Návrh metodiky

Metoda zkoušení se zvolí v závislosti na tloušťce tepelně nebo chemicky upraveného skla:

Tloušťka skla	Metoda	Rozměr vzorku
0,3 až 2,0 mm	tříbodový ohyb – rozteč v závislosti na tloušťce	80 x 250 mm
1,0 až 3,0 mm	dvoubodový ohyb (vzpěr)	200 x 600 mm
2,0 až 3,0 mm	ČSN EN 1288-3 modifikovaná	360 x 1100 mm
3,0 mm a větší	ČSN EN 1288-3	360 x 1100 mm

Sadu zkušebních vzorků tvoří min. 10 ks o rozměrech vhodných pro danou metodu. Rozměry vzorků musí být stanoveny s následující přesností: šířka a délka na 1 mm, tloušťka na 0,01 mm.



VYHODNOCENÍ PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE 2023

Ing. Eliška Machová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Hlavním cílem programu rozvoje metrologie je plnění Konceptu 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. Koncept rozvoje národního metrologického systému ČR obsahuje cíle 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 UNMZ na základě doporučení Rady pro metrologii. V roce 2023 disponoval program rozvoje metrologie stejným finančním rozpočtem jako v předcházejících letech od roku 2020, kdy došlo ze strany Ministerstva průmyslu

Zkušební zařízení

Musí být schopno zajistit požadovanou rychlost zatěžování. Musí být schopno měřit zatížení s mezní chybou $\pm 2\%$.

Zařízení musí být vybaveno vhodným zkušebním přípravkem, který zajišťuje uchycení nebo podepření skla bez přímého kontaktu skla a kovu.

V případě modifikované metody podle ČSN EN 1288-3 musí být všechny válce přípravku otočné.

Podmínky a princip zkoušky

Zkouška pevnosti v ohybu se provádí při teplotě $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti 40 % až 70 %. Standardní rychlost zatěžování by měla být $(2,0 \pm 0,4)$ MPa/s. Stanoví se maximální síla $F_{\max}$, ze které se pomocí příslušného vzorce vypočte hodnota pevnosti v ohybu σ_{bb} .

Protokol o zkoušce musí obsahovat:

- typ a název skla; typ úpravy, výrobce
- počet a rozměry (tloušťka na 0,01 mm; šířka a délka na 1 mm)
- pevnost v ohybu každého vzorku (MPa)
- čas do porušení (s)
- místo počátku porušení (okraj/plocha).

Závěr

Předložená zpráva shrnuje navržené metody stanovení pevnosti v ohybu extratenkových tepelně nebo chemicky upravených skel, způsob jejich ověření. Navrženy byly metody stanovení pevnosti ohybu prostřednictvím modifikované metody ČSN EN 1288-3 v podobě čtyřbodového ohybu (s redukovánými roztečemi) a pětibodového ohybu, dále metoda stanovení dvoubodovým ohybem (vzpěrová metoda) a metoda tříbodová s možností proměnlivé rozteče podpor.

a obchodu k výraznému krácení těchto prostředků i přesto, že se jedná o období realizace závěrů Inovační strategie České republiky 2019–2030 zpracované Radou pro výzkum, vývoj a inovace a schválené vládou (usnesení vlády č. 104/2019), která je postavena na podpoře vědy, výzkumu a inovací. Přetrvávající omezení finančních prostředků mělo opět za následek významné škrtky v rozpočtu plánovaných úkolů v rámci tohoto programu.

Program rozvoje metrologie je členěn na následující kapitoly (číslo kapitoly, do které úkol patří, odpovídá prvnímu číslu v označení úkolu):

- I. Metrologická legislativa
- II. Uchovávání státních etalonů
- III. Rozvoj etalonáže
- IV. Referenční materiály
- V. Metrologický dozor
- VI. Mezinárodní spolupráce
- VII. Transfer znalostí
- VIII. Ostatní

V Programu rozvoje metrologie 2023 bylo zařazeno celkem 19 úkolů. Z tohoto počtu řešil Český metrologický institut (ČMI) 4 úkoly, ostatní subjekty zbývajících 15 úkolů. Z nich přidružené laboratoře ČMI – Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i., a Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i., řešily 3 úkoly. Další úkoly řešila Česká metrologická společnost, Český institut pro akreditaci a vysoké školy. Všechny úkoly byly předmětem úvodní oponentury, rozsáhlejší úkoly i předmětem průběžné oponentury, a v souladu s pravidly pro ukončování úkolů PRM a jejich zadáním byly všechny úkoly ukončeny závěrečnými oponenturami, při nichž bylo konstatováno jejich úspěšné splnění. Oponenti rovněž vesměs ocenili průběh a vysokou vědeckou úroveň řešení úkolů, jejich užitečnost a využití výsledků v oblasti rozvoje metrologie v České republice.

V následujícím přehledu a podrobnějším shrnutí úkolů jsou nejprve uvedeny úkoly PRM 2023 plněné Českým metrologickým institutem, po nich následují výsledky a výstupy řešení dalších úkolů v pořadí podle kapitol PRM a čísel úkolů.

V roce 2023 byly řešeny následující úkoly:

A) Úkoly ČMI

- II/1/23 Uchovávání státních etalonů
- V/1/23 Státní metrologický dozor
- VI/1/23 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie

(Tři výše uvedené úkoly jsou hrazeny přímým příspěvkem Ministerstva průmyslu a obchodu.)

- I/1/23 Zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování stanovených měřidel

B) Úkoly řešené ostatními subjekty

- II/2/23 Uchovávání státního etalonu času a frekvence
- II/3/23 Uchovávání státního etalonu délky 24 m až 1450 m
- II/4/23 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení
- III/14/23 Průtokoměr konstantní vodivosti systému přípravy směsi plynů
- VII/1/23 Nové kalibrační postupy
- VII/2/23 Revize vydaných kalibračních postupů
- VII/3/23 Metodiky provozních měření
- VII/4/23 Překlady dokumentů WELMEC
- VII/5/23 Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost
- VII/6/23 KVALIMETRIE 28: Akreditace mikrobiologických laboratoří; Návodů pro validaci metod
- VIII/1/23 Inovace systému pro porovnávání časových stupnic UTC(FEL) a UTC(TP) pomocí zařízení Low Jitter
- VIII/3/23 Metrologické charakteristiky nových psychoaktivních látek
- VIII/6/23 Testování kalibrátorů částečných výbojů menších než 10 pC

- VIII/9/23 Posouzení použitelnosti měřidel využívajících ultrazvukový princip pro měření rychlosti vodního proudu
- VIII/16/23 Oktofilární odporové etalony s vypočitatelnými kmitočtovými závislostmi

Výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů:

A) Úkoly řešené Českým metrologickým institutem

Úkol č. II/1/23 Uchovávání státních etalonů, řešitel Český metrologický institut

Základním cílem úkolu byly práce spojené s uchováváním a průběžným udržováním požadovaných metrologických vlastností státních etalonů ČR uchovávaných Českým metrologickým institutem s cílem zajištění jejich požadované funkčnosti a využitelnosti pro navazování měřidel nižších řádů. K 31. prosinci 2023 bylo těchto etalonů 63. (Další tři státní etalony uchovávají přidružené laboratoře ČMI – ÚFE AV ČR a VÚGTK, viz dále v textu úkoly těchto řešitelů.) 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-etalony-ceske-republiky/>).

Úkol č. V/1/23 Státní metrologický dozor, řešitel Český metrologický institut

Náplní úkolu bylo jako každý rok zabezpečení výkonu státního metrologického dozoru u autorizovaných a registrovaných subjektů a ostatních uživatelů stanovených měřidel nad dodržováním povinností stanovených zákonem o metrologii, včetně řešení stížností občanů a případů nedodržení zákona o metrologii postoupených Českému metrologickému institutu jinými kontrolními orgány (ČOI, GŘC, ŽU, ČZPI). Po letech poznamenaných pandemií onemocnění covid-19 se rozsah realizace tohoto úkolu vrátil na předchozí úroveň.

Úkol č. VI/1/23 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie, řešitel Český metrologický institut

Cílem tohoto každoročního komplexního úkolu je zabezpečení nezbytné mezinárodní spolupráce v metrologii v zájmu ČR, která je v působnosti ČMI. Řešení úkolu navazovalo na požadavky Usnesení vlády ČR č. 961/2021 (Koncepce rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období let 2022 až 2026) na zapojení českého metrologického systému do aktivní mezinárodní spolupráce s cílem dosažení vysoké technické úrovně a efektivního řešení potřeb českého hospodářství. Rozhodující část tohoto úkolu je obvykle zajišťována zejména formou zahraničních pracovních cest, jejichž frekvence se v roce 2023 navrátila na předcovidovou úroveň. Objem prací v rámci tohoto úkolu se zvýšil ve druhém pololetí v souvislosti se žádostí Evropské komise směrem k organizaci WELMEC připravit podklady k technické revizi směrnice EU MID.

Úkol č. I/1/23 Zpracování metrologických předpisů pro stanovená měřidla, řešitel Český metrologický institut

Náplní úkolu bylo zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování, přezkušování či postupy prodlužování doby platnosti ověření stanovených měřidel za účelem dosažení jednotné aplikace metod/postupů zkoušení definovaných opatřeními obecné povahy pro vybrané druhy stanovených měřidel. Byly vypracovány následující metrologické předpisy pro stanovená měřidla:

- Výdejní stojany pro pohonné hmoty – metrologické, technické a provozní aspekty při používání ve funkci stanovených měřidel
- Váhy pro vysokorychlostní kontrolní vážení silničních vozidel za pohybu (pravidla a postupy při ověřování)
- Postup provádění a vyhodnocování statistických výběrových zkoušek vybraných druhů měřidel (zahrnuty membránové plynoměry, objemové vodoměry na studenou vodu, statické elektroměry)

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

Uchováváním státního etalonu času a frekvence je pověřena Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (LSEČF) Akademie věd ČR. Hlavní náplní tohoto úkolu je každoročně soubor činností nutných pro uchovávání a udržování státního etalonu času a frekvence a zajištění jeho využitelnosti jak v rámci mezinárodní spolupráce při vytváření mezinárodního atomového času TAI, tak pro potřeby kalibračních a expertních činností pro instituce a podniky v ČR i v zahraničí:

- nepřetržitá fyzická aproximace trvání sekundy TAI a s ní koherentních signálů
- realizace národní časové stupnice UTC(TP) jako fyzické predikce času UTC
- navazování atomových hodin ČR pro vytváření TAI
- účast na klíčových porovnání BIPM CCTF-K001.UTC
- analýza časového transferu z/do laboratoře
- realizace krátkodobě stabilní frekvence
- rekaliibrace etalonů a základních měřicích systémů laboratoře
- nepřetržitá distribuce času UTC(TP) v síti Internet
- uchovávání databáze
- udržování podpůrných systémů laboratoře

Na časovou stupnici UTC(TP) se navazují veškerá měření a kalibrace času a frekvence prováděné v ČR. NTP servery řízené vůči UTC(TP) zajišťují synchronizaci ČR v počítačových sítích.

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 roce 2023 bylo realizováno nové složení tohoto státního etalonu – laserový interferometr LIMTEK byl nahrazen interferometrem RENISHAW.

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 úkolu byla v roce 2023 účast na klíčovém porovnávacím měření absolutních gravimetrů CCM.G-K2.2023, které proběhlo podle plánu v září 2023 (USA, pilot NIST), a dále porovnání absolutních gravimetrů FG5-215/HS5 a FG5X-251/HS5 a aktualizace rozpočtu nejistot obou gravimetrů.

III/14/23 Průtokoměr konstantní vodivosti systému přípravy směsi plynů, řešitel Matematicko-fyzikální fakulta UK

Hlavním cílem úkolu bylo navrhnout a realizovat vhodný restriční prvek pro průtokoměr konstantní, resp. známé 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. V rámci řešení byl stanoven požadavek na provedení restričního prvku a po experimentech byly takové prvky nejprve vyrobeny a poté komerčně pořízeny. Pomocí experimentů a měření byly ověřeny funkce restričních prvků na průtokoměru konstantního objemu a tím i celková funkce průtokoměru konstantní vodivosti. Výsledkem řešení úkolu je průtokoměr konstantní, známé vodivosti včetně jeho předběžné metrologické charakterizace.

VII/1/23 Nové kalibrační postupy, řešitel Česká metrologická společnost

Cílem úkolu bylo doplnění soustavy kalibračních postupů o další skupinu měřidel. 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. V roce 2023 byl v rámci úkolu zpracován nový vzorový kalibrační postup pro klínové měřky. Tento kalibrační postup dosud zpracován nebyl a zároveň byla zaznamenána poptávka ze strany uživatelů na jeho zpracování.

VII/2/23 Revize vydaných kalibračních postupů, řešitel Česká metrologická společnost

Cílem řešení úkolu bylo uvést vybrané existující 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 tohoto úkolu byly revizovány tyto kalibrační postupy:

- KP 1.1.1/06/08/N Kontrolní a rýsovací hrotové přístroje (nové označení KP 1.1.1/06/23)
- KP 1.1.1/07/09/N Měřidla pro kontrolu svarů (nové označení KP 1.1.1/07/23)
- KP 2.5.2/01/08/N Měřicí a regulační řetězce teplotních a klimatických komor (nové označení KP 2.5.2/01/23)

VII/3/23 Metodiky provozních měření, ředitel Česká metrologická společnost

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 byly vypracovány následující dvě metodiky:

- Metodika měření závitovými kalibry (MPM 1.1.1/04/23)
- Metodika měření svarovými měrkami (MPM 1.1.1/05/23)

VII/4/23 Překlady dokumentů WELMEC, ředitel Česká metrologická společnost

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 byly přeloženy následující návodové dokumenty:

- WELMEC Guide 2.10
- WELMEC Guide 7.6
Revidovány byly dokumenty:
- WELMEC Guide 7.2
- WELMEC Guide 7.4

VII/5/23 Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost, ředitel Český institut pro akreditaci

Cílem úkolu bylo získání přehledu principů kalibrace v oboru hmotnost, kombinovaného s přehledem faktorů ovlivňujících nejistotu, jejichž vliv je nutné při stanovení CMC laboratoře vzít v úvahu. Sjednocený 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. Výsledky řešení úkolu budou zpřístupněny odborné veřejnosti formou semináře a článkem v odborném periodiku.

VII/6/23 KVALIMETRIE 28: Akreditace mikrobiologických laboratoří; Návod pro validaci metod, ředitel EURACHEM-ČR

V rámci řešení úkolu byl zpracován a připraven k publikaci 28. díl řady příruček KVALIMETRIE určený zejména pracovníkům mikrobiologických a chemických laboratoří. První část příručky přináší odborný oficiální překlad do češtiny 3. vydání pokynu EURACHEM „Accreditation of Microbiological Laboratories“, druhou část tvoří 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. Poprvé v řadě KVALIMETRIE se jedná o příručku s doporučeními a radami pro mikrobiologické laboratoře. Přínosem příruček vydávaných sdružením EURACHEM je kromě metodické podpory i podpora používání jednotné české odborné terminologie.

Příručky KVALIMETRIE jsou vydávány jen elektronicky a jsou volně k dispozici na webových stránkách EURACHEM-ČR (www.eurachem.cz).

VIII/1/23 Inovace systému pro porovnávání časových stupnic UTC(FEL) a UTC(TP) pomocí zařízení Low Jitter White Rabbit Switch, ředitel Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze, Katedra měření

Cílem úkolu byla inovace systému White Rabbit (WR) pro porovnávání časových stupnic UTC(FEL) a UTC(TP) pomocí zařízení Low Jitter White Rabbit Switch, který byl implementován jako hlavní prvek systému pro přenos přesného času a frekvence mezi Laboratoří přesného času a frekvence FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence v ÚFE AV. Byl navržen nový postup měření asymetrie přenosové trasy s využitím jednoho zařízení WR Switch a dvou zařízení WR LEN, dále byla realizována a laboratorně ověřena infrastruktura potřebná pro tato měření a byla provedena orientační měření na reálné optické přenosové trase. V rámci řešení úkolu bylo dále realizováno nové programové vybavení určené pro sběr a vyhodnocení měřených dat a základní detekci poruch. Od léta 2023 probíhá dlouhodobé měření pomocí tří metod – dvou založených na principu časového transferu po optické trase (White Rabbit a MATRIX) a standardní metody GPS Common-View. Doposud zpracované výsledky potvrzují, že systém White Rabbit dosahuje vysoké přesnosti v oblasti synchronizace měřicích systémů a časového transferu a překonává možnosti porovnání prostřednictvím globálních navigačních systémů (GNSS).

Dlouhodobé porovnávání časové stupnice UTC(FEL) vůči národní stupnici UTC(TP) pomocí přijímačů GNSS a pomocí metod přenosu času a frekvence po optických trasách (MATRIX, White Rabbit) přináší velmi cenné údaje, které přispívají ke zlepšení přesnosti a spolehlivosti přenosu času a frekvence v souladu s aktivitou CITAF (<https://citaf.org/>).

VIII/3/23 Metrologické charakteristiky nových psychoaktivních látek, ředitel Laboratoř forenzní analýzy biologicky aktivních látek, VŠCHT

Cílem úkolu bylo určení metrologických charakteristik pěti nových syntetických látek, které jsou zneužívány jako

omamné a psychotropní drogy. Pro účely získání referenčních materiálů byla technikou kvantitativní NMR získána metrologická data jednotlivých látek. 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 Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze, Katedra elektrotechnologie

Předmětem řešení tohoto úkolu byl návrh a realizace ověřovacího zařízení založeného na nábojově citlivém zesilovači a ověření jeho vlastností pro integraci proudových impulzů částečných výbojů o velikosti náboje menší než 10 pC. Součástí řešení bylo rovněž stanovení strmosti nárůstu náboje a určení nejistot měření. Pro ověření funkce byl realizován generátor impulzů částečných výbojů odpovídající velikosti. Měření částečných výbojů je důležitou metodou pro diagnostiku vysokonapěťových izolačních systémů elektrických zařízení a strojů. Vzrůstající nároky na přesnost měření přinášejí i vyšší požadavky na metrologickou návaznost měřicích přístrojů pro částečné výboje. Před každým měřením částečných výbojů je nutné provést kalibraci obvodu, která stanoví korekční hodnotu výsledného zdánlivého náboje. Předpokládá se, že realizované zařízení bude využíváno pro ověřování kalibrátorů částečných výbojů v metrologických pracovištích.

VIII/9/23 Posouzení použitelnosti měřidel využívajících ultrazvukový princip pro měření rychlosti vodního proudu, řešitel Ústav vodních staveb, Fakulta stavební VUT Brno

Cílem úkolu bylo posoudit možnost využití vybraných měřidel rychlosti vodního proudu v oblasti úředního měření průtoku v prizmatických profilech s volnou hladinou a získat data pro budoucí případné schválení použití předmětných měřidel pro účely úředního měření. Teoretická část úkolu se zabývala aspekty souvisejícími se stanovením průtoku metodou rychlostního pole za využití UZV měřidel a zkušenostmi s použitím, provozem a kalibrací předmětných měřidel. Experimentálním zkouškám byla podrobena čtyři měřidla, tři měřidla typu FlowTracker2 a jedno typu NivuFlow Stick. Analýza získaných dat byla zaměřena zejména na předběžné posouzení mezilehlé preciznosti (replikovatelnosti), variability (rozptylu) měřených rychlostí a posouzení stability nulové rychlosti. Pro zhodnocení, či případné doporučení využití měřidel v oblasti úředního měření je nicméně třeba získat

pro všechny jejich typy výrazně delší časový snímek chování technických a metrologických parametrů.

VIII/16/23 Oktofilární odporové etalony s vypočítatelnými kmitočtovými závislostmi, řešitel Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze, Katedra měření

Úkol byl 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 difference byly 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, se zahrnutím vlivu vířivých proudů indukovaných do vodivých součástí etalonu. Výstupem úkolu jsou podklady pro realizaci programového vybavení pro rutinní výpočty kmitočtových závislostí hodnot oktofilárních odporových etalonů přímo z jejich konstrukčních parametrů (rozměry a rezistivity odporového elementu a vodivého pláště).

Výše uvedené vyhodnocení Programu rozvoje metrologie 2023 je pouze stručnou informací o náplni a základních výstupech řešení jednotlivých úkolů zařazených do programu. Kompletní zprávy, případně další písemné dokumenty popisující výsledky řešení výše uvedených úkolů jsou k dispozici u zadavatele (ÚNMZ) těchto úkolů a u jejich řešitelů. Například vzorové kalibrační postupy a metodiky provozních měření jsou umístěny na webových stránkách České metrologické společnosti a jsou volně ke stažení, stejně tak příručky vypracované EURACHEM-ČR nebo Českým institutem pro akreditaci jsou ke stažení na webových stránkách těchto řešitelů. Jak je z popisu úkolů zřejmé, je program rozvoje metrologie orientován vyváženě na oblasti fundamentální, průmyslové i legální metrologie. Podporuje tak rozvoj technické i znalostní základny metrologické návaznosti, přispívá k zabezpečování kvality ve výrobě a zabývá se i ochranou spotřebitele a dalších veřejných zájmů cestou legální metrologie. Úkoly řešené vysokými školami jsou přínosem mimo jiné i pro vzdělávání studentů a jejich zapojení do výzkumu zejména v rámci doktorského studia. Výsledky úkolů programu rozvoje metrologie jsou dále využívány v metrologickém výzkumu i v praxi.



MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI



31. mezinárodní konference s výstavkou měřicí techniky

Plzeň 16. - 17. dubna 2024

NOVÉ DOKUMENTY VYDANÉ ČESKOU METROLOGICKOU SPOLEČNOSTÍ, Z. S. V RÁMCI PRM 2023 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.

Dokumenty vznikly na základě celkem čtyř úkolů PRM. Jedná se o tyto úkoly:

- **VII/1/23 Vzorové kalibrační postupy (VKP)**
- **VII/2/23 Revize vzorových kalibračních postupů**
- **VII/3/23 Metodiky provozních měření (MPM)**
- **VII/4/23 Překlady dokumentů WELMEC**

- **VII/1/23 Vzorové kalibrační postupy (VKP)**

V rámci tohoto úkolu byl zpracován jeden kalibrační postup, a to:

KP 1.1.1/23/23 Kalibrace klínových měrek

Kalibrační postup se vztahuje na klínové měrky pro měření mezer a podsoustružení frézy, speciální měrky klínové pro měření průměrů.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká prvotní kalibrace i rekalibrací.

- **VII/2/23 Revize vzorových kalibračních postupů**

V úkolu jsou zpracovány celkem tři revize vzorových kalibračních postupů:

KP 1.1.1/06/23 Kontrolní a rýsovací hrotové přístroje (dále jen hrotové přístroje)

Kalibrační postup je určen pro kalibraci kontrolních a rýsovacích hrotových přístrojů podle norem uvedených v čl. 2, a to:

- kontrolního hrotového přístroje s jednou základnou do jmenovité velikosti 600 mm a 1200 mm,
- kontrolního hrotového přístroje se třemi základnami do jmenovité velikosti 300 mm a 500 mm,
- rýsovacího hrotového přístroje se třemi základnami do jmenovité velikosti 300 mm a 500 mm.

Kalibrační postup může být použit i pro hrotové přístroje jmenovitých velikostí, zhotovených podle jiných norem, resp. předpisů.

Při kalibraci hrotového přístroje se používá jedna ze dvou metod:

- varianta A: pomocí souřadnicového měřicího stroje,
- varianta B: pomocí páčkového číselníkového úchylkoměru na průměrné desce.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká:

- prvotní kalibrace, resp. vstupní kontroly hrotového přístroje (dále jen PK),

- rekalibrace (následné kalibrace, dále jen RK) během používání hrotového přístroje v souladu s rekalibračními lhůtami, předepsanými v metrologickém řádu nebo jiném předpisu organizace.

KP 1.1.1/07/23 Měřidla pro kontrolu svarů

Kalibrační postup se vztahuje na měrky posuvné s nožem pro ploché a koutové svary, měrky pro koutové svary typu DBP s otočným ramenem a třemi stupnicemi, měrky typu Cambridge a měrky mezerové a měrky přesazení. Kalibrace každého typu měrky je popsána samostatně s ohledem na způsob použití měrky.

Přestože měření na svarech je poměrně jednoduchá úloha, zvládnutelná často běžnými měřidly, byly vyvinuty desítky typů a modifikací speciálních měrek a šablon, z nichž budou popsány pouze nejběžnější typy, které však pokrývají převážnou část potřebných měření.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká prvotní kalibrace. Při rekalibraci mohou být některé zkoušky vypuštěny v závislosti na četnosti používání měrek.

KP 2.5.2/01/23 Měřicí a regulační řetězce teplotních a klimatických komor

Kalibrační postup se vztahuje na měřicí řetězec teploty (teploty a vlhkosti), který je součástí teplotní (klimatické) komory a obvykle se skládá ze snímače teploty (vlhkosti), zabudovaného v identifikovaném místě teplotní nebo klimatické komory, a zobrazovací jednotky (panelové měřidlo – indikátor, regulátor, ovládací dotykový panel, ovládací PC apod.). Vzhledem k tomu, že kalibrace ukazatele parametrů komory je pro uživatele pouze dílčí úkon, který nedává přehled o prostorovém chování teploty (vlhkosti), bývá pojmem „kalibrace“ nazývána v literatuře včetně citovaných norem i tzv. *CHARAKTERIZACE* komory. Tento komplexní postup zjišťuje navíc homogenitu a stabilitu parametrů, příp. další vlastnosti a chování zařízení. Výsledky těchto zkoušek mohou být přílohou nebo součástí kalibračního listu, jehož hlavní náplní je zjištění odchylky nastaveného a zobrazeného parametru od jeho pravé hodnoty měřené etalonem.

Je třeba zdůraznit, že tento postup se vztahuje na indikátory zařízení, které mají charakter tepelných nebo klimatických zkušebních komor s přirozenou i nucenou konvekcí vzduchu bez vnitřního přetlaku či podtlaku (např. sušárny, biologické termostaty, temperační a sušicí zařízení, mrazicí boxy s indikací a regulací teploty apod.).

Postup nelze aplikovat na termostatické lázně s kapalným médiem (jak kalibrační, tak zkušební); speciální přístupy vyžadují také teplotní komory s vnitřním přetlakem (autoklávy) nebo podtlakem (vakuové sušárny), příp. měření podmínek v chlazených nebo temperovaných skladech.

- **VII/3/23 Metodiky provozních měření (MPM)**

Pro oblast metodik provozního měření byly v rámci tohoto úkolu zpracovány dvě metodiky:

MPM 1.1.1/04/23 Metodika měření závitovými kalibry

Metodický postup se zabývá použitím svarových měrek při přípravě svarových ploch a při kontrole provedení svarů. Přestože měření na svarech je poměrně jednoduchá úloha, zvládnutelná často běžnými měřidly, byly vyvinuty desítky typů a modifikací speciálních měrek a šablon. Můžeme rozlišit měrky univerzální, které jsou použitelné pro několik měřicích úloh, a měrky jednoúčelové. Termín „měrky“ zahrnuje v podstatě speciální jednoúčelová měřidla a měřicí šablony. V metodice jsou popsány základní úlohy měření na svarech a k nim přiřazeny nejběžnější svarové měrky.

MPM 1.1.1/05/23 Metodika měření svarovými měrkami

Metodický postup se zabývá použitím kalibrů pro kontrolu metrických závitů ISO pro všeobecné použití na výrobcích. Zásady použití kalibrů platí obdobně i pro kontrolu jiných válcových závitů. Metodika se zabývá užitím dobrých a zmetkových závitových trnů, pevných mezních závitových kroužků a třmenových kalibrů. Metodika se nezabývá kontrolou, kalibrací a seřizováním závitových kalibrů, což je předmětem specializovaných kalibračních postupů.

Účelem použití kalibrů je poskytnout rozlišení mezi závity obrobků, které vyhovují mezním rozměrům, a těmi, které jim nevyhovují. Mohou být použity i jiné kontrolní metody, například měření kalibračními měřidly. Kontrola kalibry je však vždy rozhodující.

• VII/4/23 Překlady dokumentů WELMEC

Úkol zajišťoval překlad návodových dokumentů WELMEC do českého jazyka a aktualizace dokumentů již přeložených.



Návodové dokumenty WELMEC slouží jako výklad aplikace metrologických směrnic, který je uznávaný Evropskou komisí. Přeložené návodové dokumenty jsou následně k dispozici uživatelům v České republice. Jsou připravena ke stažení na webových stránkách ÚNMZ.

V rámci úkolu byly přeloženy následující dva dokumenty:

WELMEC Guide 2.10

TECHNICKÁ IMPLEMENTACE MODULÁRNÍHO HODNOCENÍ – Váhy s neautomatickou činností – Váhy s automatickou činností – Vydání 2021

WELMEC Guide 7.6

Hodnocení rizik softwaru pro měřicí přístroje

Současně byly přeloženy dvě revize dokumentů:

WELMEC Guide 7.2

Softwarová příručka (SMĚRNICE MID 2014/32/EU) – verze 2023

WELMEC Guide 7.4

Vzorové aplikace příručky WELMEC Guide 7.2 (Směrnice o měřicích zařízeních 2014/32/EU) – Verze 2022.

Závěrem

Doufáme, že nově vydané dokumenty, které jsou pro Vás připraveny na webových stránkách ÚNMZ a ČMS k volnému stažení, budou přínosem pro Vaši činnost.

INFORMACE O ČINNOSTI ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ Z.S.

Ing. Jiří Kazda

předseda výboru ČKS

**Úvod**

České kalibrační sdružení je zájmovým sdružením akreditovaných a autorizovaných laboratoří a dalších zájemců o metrologii, a zejména v oblasti kalibrací pracovních měřidel a ověřování stanovených měřidel. V rámci ČKS působí sekce pro ověřování tachografů. Sdružení má v současné době 98 členů.

ČKS ve druhém pololetí uspořádalo po delší době seminář **„Kalibrace a měření teploty a vlhkosti“** ve dnech 12. a 13. září 2023 v hotelu Skalský Dvůr. Seminář proběhl v souladu s programem.

První den jednání:

- **zahájení semináře** provedl Ing. Pavel Urban jako odborný garant,
- v příspěvku **„Úvod do metrologie teplot“** se Ing. Jiří Kazda věnoval základním definicím, teplotní stupnici, aktuálním normám a předpisům a schématu návaznosti,

- v přednášce **„Technické vybavení laboratoří teplot“** Milan Beneš (ČEZ – EDU) popsal používaná zařízení, zhodnotil jejich vlastnosti a výběr vhodného zařízení pro kalibrace,
- Milan Beneš (ČEZ – EDU) shrnul v přednášce **„Etalonové odporové platínové teploměry“** vlastnosti odporových snímačů, jejich kalibraci, popis výpočtů, stanovení odchylkové funkce v MS Excel a stanovování nejistot při použití etalonových teploměrů,
- Ing. Pavel Urban (JSP s.r.o.) v příspěvku **„Průmyslové odporové snimače teploty“** popsal jednotlivé typy snímačů, požadavky, jejich vlastnosti, výrobu, kalibraci snímačů, vyhodnocení a specifiky při použití s převodníky teploty,
- Ing. Pavel Urban (JSP s.r.o.) se v přednášce **„Termoelektrické snimače teploty“** věnoval jednotlivým typům termoelektrických článků, požadavkům, vlastnostem, jejich výrobou, kalibraci a vyhodnocení kalibrace a požadavky při použití s převodníky teploty,
- **„Výpočty termočlánků“** - Mgr. Václav Prošek (ČEZ - ETE) popsal referenční a inverzní polynomy dle

EN 60584-1, stanovení koeficientů odchylkové funkce a použití pro přepočty napětí na teplotu etalonových termočlánků, aplikace výpočtů v MS Excel.

Druhý den jednání:

- v „Úvodu do nejistot měření“ Ing. Jiří Kazda (předseda ČKS) připomenul základní postupy stanovování nejistoty způsobem A a způsobem B a dále specifické přístupy stanovování nejistot v oboru měření teploty,
- Ing. Jan Otych (ČMI OI Brno) v referátu „**Základy metrologie vlhkosti vzduchu**“ podrobně popsal typy měřidel vlhkosti, kalibrační zařízení, postupy kalibrace měřidel a vyhodnocení výsledků,
- Bc. Petr Jaroš (HOLAB, spol. s r.o.) v příspěvku „**Teplotní a klimatické komory v praxi**“ shrnul vlastnosti teplotních a klimatických komor a jejich kalibraci a charakterizaci (proměřování teplotního pole v komorách),
- v přednášce „**Přímoukazující teploměry**“ Ing. Jiří Kazda (předseda ČKS) popsal vlastnosti skleněných, bimetrických, tlakových a elektronických teploměrů,
- v posledním příspěvku „**Externí kalibrace měřidel teploty**“ se podělil Ing. Pavel Urban (JSP) o zkušenosti a požadavky při externích kalibracích.

Dále ČKS uspořádalo odbornou **64. konferenci** ve dnech 11. a 12. listopadu 2023 v hotelu Skalský Dvůr. Konference proběhla s drobně upraveným programem.

První den jednání:

- v úvodu předseda ČKS Ing. Jiří Kazda informoval o činnosti ČKS v roce 2023 a plánu na rok 2024,
- v první přednášce Ing. Zbyněk Veselák (ředitel odboru metrologie ÚNMZ) seznámil účastníky s **aktualitami z oblasti legální metrologie**, zejména s připravovanou novelizací vyhlášky č. 345/2002 Sb.,
- Ing. Jiří Růžička, MBA (ředitel ČIA) se věnoval **aktuálním informacím z ČIA**,
- na předchozí přednášku navázal Ing. Martin Valenta (ČIA) s popisem **změnových řízení v MPA a dalšími informacemi z ČIA**,
- v příspěvku „**Postavení metrologie v systémech řízení kvality**“ RNDr. Olga Novanská (KZ SR) popsala historii a současnost metrologie v systémech kvality dle jednotlivých norem,
- Ing. Jaroslav Synáč, CSc (ČMI) v příspěvku „**Měřidla tepelné energie (MT) a přenos dat v metrologii MT**“ popsal požadavky na měřidla tepla z hlediska komunikačních protokolů a dálkových přenosů dat,
- jako obvykle byla velmi zajímavá přednáška RNDr. Simony Klenovské (ČMI) na téma „**Mezilaboratorní porovnání – poslední novinky a plány na další rok**“,
- v příspěvku „**Korelace vstupních veličin při vyhodnocování nejistot**“ RNDr. Pavel Klenovský (ČMI) popsal přístupy stanovování nejistot, pokud některé vstupní veličiny jsou korelované,

- na závěr prvního dne proběhla **panelová diskuse k digitalizaci v metrologii**. Diskuzi moderoval Ing. Daniel Šťastný s hlavními účastníky diskuse RNDr. Pavlem Klenovským, Ing. Martinem Valentou, Ing. Václavem Proškem a online se připojil Ing. Martin Koval, Ph.D.

Druhý den jednání:

- druhý den zahájil Petr Moravec (Kalibrátory s.r.o.) s příspěvkem „**Digitalizované řešení evidence a kalibrace měřidel**“ popisující možnosti digitalizace v kalibrační laboratoři,
- Ing. Martin Valenta (**ČIA**) nahradil původně uvažovanou informaci o úkolu Programu rozvoje metrologie k CMC oboru měření hmotnosti (neproběhla závěrečná oponentura) přednáškou „**Metrologická návaznost v KL**“ popisující možnosti prokázání návaznosti kalibrací měřidel,
- Ing. František Drozda (AMANS Borová, SR) v příspěvku „**Poznatky z výkonu činnosti akreditované laboratoře**“ shrnul letité poznatky metrologa a vedoucího kalibrační laboratoře,
- poslední přednášku „**Kalibrace nízkofrekvenčních impedancí**“ zpracoval Ing. Stanislav Mašláň (ČMI). Z důvodu nemoci autora ji přenesl Ing. Roman Honig.

Sekce tachografů měla také zajímavý program řešící **aktuální problémy AMS tachografů**.

První den jednání:

- „**Problémy dopravců při změnách ve světě digitálního tachografu, podvodné jednání s DT ze soudní praxe**“, Ing. Vojtěch Máša, *Česmad* Bohemia,
- „**Aktualizace předpisu MP 018 nejen v oblasti tachografů 2. generace v2**“, Ing. Jiří Juza, ČMI,
- „**Management kvality z pohledu uživatele a AMS**“, Karel Zvolánek, Volvo Group Czech Republic,
- „**Bezpečnost práce v autodopravě a kontroly ze strany SUIP**“, Ing. Olga Valášková,
- „**Kontroly PCR a nové způsoby odhalování manipulace**“, pplk. Ing. Aleš Maxa, rada Policejního prezidia.

Druhý den jednání:

- „**Tachografy z pohledu výjimek a použití v praxi, zejména při kabotáži¹ a vysílání pracovníků**“, Ing. Jiří Novotný, CDV, v.v.i.,
- „**Tachograf a jeho komunikace s dalšími systémy vozidla**“, Ing. Andrej Haring, Truck consult,
- „**Inteligentní tachograf Stoneridge – verze 2**“, Ing. Karel Jelínek, Hale Nord Bohemia – Stoneridge,
- „**Směrování vývoje Continental VDO**“, Ing. Petr Chabíčovský, Mechanika Teplice v.d.

Seminář i konferenci účastníci hodnotili kladně s tím, že obě akce byly pro ně přínosem.

¹ Kabotáží se rozumí vnitrostátní přeprava pro cizí potřebu dočasně provozovaná v hostitelském členském státě za podmínek stanovených uvedeným nařízením.

ČKS uspořádá v prvním pololetí roku 2024:

- **65. Odbornou konferenci ČKS** spoje-nou se schůzí spolku ve dnech 26. a 27. března 2024. Konference bude zaměřena na aktuální problémy kalibračních laborato-ří a Autorizovaných metrologických středisek. Konference se bude konat tradičně v hotelu Skalský dvůr v Lisku u Bystřice nad Pernštejnem.
- Seminář „**Vodoměry a měřidla tepla**“ ve dnech 14. a 15. května 2024. Seminář bude uspořádán ve



spolupráci s ČMI a bude zaměřen na aktuální legislativu v metrologii, autorizaci AMS. Hlavními tématy bude novelizovaná norma EN ISO 4064 a novelizace vyhlášky č. 345/2002 Sb. Seminář se bude konat v hotelu Kurdějov.



Podrobná nabídka všech akcí ČKS je upřesňována vždy pro následující pololetí a je trvale k dispozici na webové stránce ČKS, www.cks-brno.cz, e-mail: sekretar@cks-brno.cz. Na těchto stránkách naleznete rovněž další informace a odkazy.



SJEDNOCOVÁNÍ VÝPOČTU NEJISTOT A PRINCIPY KALIBRACE V OBORU HMOTNOST

Ing. Martin Valenta

Český institut pro akreditaci, o.p.s.



Článek shrnuje informace k výsledku řešení úkolu Programu rozvoje metrologie (PRM) řešeného ČIA v roce 2023 pod č. VII/05/23 *Sjednoco-vání výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost*. Kromě pracovníků ČIA se na řešení úkolu podíleli pracovníci Českého metrologického institutu, konkrétně ředitel ČMI OI Jihlava pan Lukáš Běhal, kterému autor článku touto cestou děkuje za velmi účinnou spolupráci.

Text představuje řešení úkolu, který doplňuje předchozí úkoly obdobného charakteru. Jejich tématem byly principy kalibrace nebo stanovování nejistot pro různé obory, jejich určením pak podpora kalibračních laboratoří při sestavování podkladů pro přílohy osvědčení o akreditaci (POA), v neposlední řadě také snaha dát uživatelům POA porovnatelné podklady pro zhodnocení služeb akreditovaných kalibračních laboratoří. V tuto chvíli poslední z takto řešených úkolů obě témata spojuje, věnuje se jak principům, tak dosažitelným nejistotám při kalibraci závaží a vah. Výsledná zpráva je doplněna vzorovou POA, tedy praktickým příkladem, jak lze služby nabízené akreditovanou kalibrační laboratoří prostřednictvím POA popsat.

1. Úkoly PRM řešené ČIA v předchozích letech

Úvod se již tradičně věnuje přehledu úkolů v Programu rozvoje metrologie, dosud řešených v ČIA. Není jisté překvapením, že se všechny úkoly vztahují k akreditovaným kalibračním laboratořím.

Nejstarší úkoly PRM z let 2009 až 2012 se zaměřily na sjednocování kalibračních postupů akreditovaných kalibračních laboratoří pro obory tlak, teplota a elektrické a geometrické veličiny. Následovaly úkoly, které se zabývaly optimalizací využití programů zkoušení způsobilosti

a mezilaboratorních porovnávání v akreditovaných kalibračních laboratořích, využitím „in-house“ referenčních materiálů a správnou praxí při používání referenčních materiálů, jednalo se o období let 2013 až 2016.

Nejstarší úkoly nalezly své pokračování v letech 2017 až 2019, kdy byly pro obory teplota, statický objem, tlak a délka představeny nezanedbatelné vlivy na nejistotu a správné postupy stanovení nejistot.

Popisovaný úkol navazuje na úkoly posledního období, v němž jsou stěžejním tématem principy kalibrace. Předchozí úkoly byly věnovány oborům základních elektrických veličin, tlak, délka a úhel. V úkolech byla řešena také otázka vztahu etalonu a kalibrovaného měřidla a jejich popisu v příloze osvědčení o akreditaci. Každý z řešených oborů má své specifické stránky, které narušují obecně stanovená pravidla, a tudíž vyžadují také specifický přístup, nicméně tato specifičnost nesmí být na úkor srozumitelnosti a porovnatelnosti příloh osvědčení o akreditaci navzájem.

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

2. Zadání úkolu PRM VII/05/23

Zadání úkolu vychází z obecných požadavků na obsah osvědčení o akreditaci a jeho příloh, které obvykle specifikují rozsah v osvědčení uvedený obecně. Základní požadavky vycházejí z textu kapitoly 7 harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018, konkrétně článku 7.8.3 c), a z obsahu článku 4, resp. 4.1 dokumentu ILAC P14:09/2020 Politika ILAC pro nejistotu měření při kalibraci. Uvedené požadavky definují požadované minimum informací, jejich forma naopak definována není. Je proto nutné, aby akreditační orgán stanovil formu, kterou tyto informace bude předkládat zájemcům o služby akreditovaných subjektů tak, aby jim zaručil dostatek jednotně podaných informací o nabízených službách.

Kalibračním laboratořím, akreditovaným ČIA, jsou k dispozici šablony a návodné dokumenty na webových stránkách (sekce Dokumenty ke stažení – Dokumenty pro kalibrační laboratoře). Šablona Přílohy 3 žádosti s nastaveným formátováním je základem pro přílohu následně vystaveného osvědčení o akreditaci, doprovázena je podrobným návodem. Akreditované laboratoře dále mají na samostatném úložišti s řízeným přístupem k dispozici aktuální verzi své POA pro provedení případně požadovaných změn, není tedy nutné znovu vyplňovat celou Přílohu 3 žádosti. Předchází se tak možnosti, že požadavek laboratoře na změnu POA bude zkreslen nebo nesprávně interpretován.

Popisovaný úkol měl za cíl sestavit přehled obvyklých kalibračních metod a kriticky zhodnotit jednotlivé příspěvky nejistot z hlediska vlivu na stanovení CMC nejistot, kterých lze při kalibraci reálně dosáhnout. Dále bylo cílem vytvořit sjednocující pohled na jejich využití a interpretaci včetně krajních oblastí rozsahů. Základním kritériem je vhodnost uvedených kombinací a dostatečné vypovídací schopnosti údajů na POA, především správný popis vztahu etalonu a kalibrovaného měřidla a vhodné volby etalonu s ohledem na odečitelnost indikace, rozsah a nejmenší nejistotou kalibrovaného měřidla a v neposlední řadě určení, jaké kombinace údajů jsou vhodné a v čem jsou jejich slabiny. Nezbytné bylo zaměřit se na faktory, které ovlivňují nejistotu kalibrace a které při výpočtu CMC nelze bez řádného odůvodnění zanedbat.

3. Aktuální stav uvádění rozsahů, nejistot a principů kalibrace

Cíl úkolu vyžadoval systematické prozkoumání aktuálního stavu nejen u nás, ale i v zahraničí, následované jeho popisem.

Principy kalibrace v zahraničí vycházejí z POA ve Spojených státech, Itálii, Francii, Německu, Španělsku a Velké Británii; v části věnované českým POA jsou pochopitelně zahrnuty všechny laboratoře, které mají ve své POA uveden obor hmotnost. Z rozboru jejich POA vyplývá jistá nejednotnost. Pro kalibraci vah je rozsah definován obvykle rozpětím, jehož minimem je někdy nula, jindy 1 mg. Nejistota je většinou udávána relativně vůči měřené hodnotě a většinou nereflktuje vliv kalibrovaného měřidla. V případě závaží je rozsah definován někdy jako rozpětí, u jiné laboratoře naopak pevnými hodnotami, kterými je obvykle uvedena i nejistota.

V době řešení úkolu vlastnilo v České republice osvědčení o akreditaci ke kalibračním měřidel v oboru hmotnost 13 kalibračních laboratořích, z toho 6 laboratořích kalibruje závaží i váhy, ve většině případů váhy s neautomatickou činností. Text zprávy ilustruje POA a na nich uváděné rozsahy, nejnížší udávané nejistoty a principy kalibrace. Z nich je zřejmá nejednotnost přístupů k jednotlivým částem POA a z této nejednotnosti vyplývající potřeba lépe definovat požadavky na POA v oboru hmotnost.

4. Vztah principu a předmětu kalibrace

Vzhledem k tomu, že závaží a váhy se kalibrují podle samostatných dokumentů, má další kapitola zprávy samostatnou část věnovanou závažím a část věnovanou vahám.

Pokud pro kalibraci závaží používá laboratoř postup vycházející z OIML R1111, je nutné tento dokument

v principu uvést, stejně jako je nezbytné zmínit případně používanou konvenční hmotnost. Nejnížší udávaná rozšířená nejistota měření by měla být v POA stanovena v absolutních hodnotách a měla by vycházet ze standardní nejistoty etalonového závaží a standardní nejistoty plynoucí z rozlišovací schopnosti etalonové váhy nebo komparátoru.

Pro kalibraci vah mívají laboratoře většinou vlastní postupy, není tedy třeba se na dokument EURAMET cg-18 *Pokyny pro kalibraci vah s neautomatickou činností* odkazovat, jeho použití jako základ postupu je vhodné vzhledem k tomu, že tento postup je validován.

Předmět kalibrace musí respektovat hlavní rozdělení vah, tedy na váhy s neautomatickou a váhy s automatickou činností. Zatímco první skupina je početně mnohem silnější, druhá vyniká rozmanitostí použití i technických řešení.

Rozsah kalibrace může být definován od nuly, pokud jej laboratoř při kalibraci využívá a stejně uvádí i na kalibračních listech. Vzhledem k charakteru vážení je správné definovat rozsah rozpětím a jednotlivé podrozsahy by měly respektovat třídu přesnosti použitého etalonového závaží (včetně případného substitučního zatížení). V úvahu je potřeba vzít i váživosti vah a hodnotu rozlišení. Dále se zpráva věnuje tomu, jak správně udávat nejistotu kalibrace, kdy je vhodnější absolutní hodnota a kdy naopak převažují výhody hodnoty relativní.

Poslední odborná kapitola zprávy je věnována vlastnímu výpočtu nejistot, výpočty jsou opět rozděleny na samostatnou část o závažích a část o vahách. Výpočet nejistot je pro závaží poněkud jednodušší, především vzhledem k procesní jednoduchosti. Na závěr kapitoly je připojena tabulka příkladu, jak by mohla být použita pro POA.

Jak již bylo řečeno, pro kalibraci vah je postup poněkud složitější. Prvním krokem je správný výběr závaží podle jeho třídy přesnosti tak, aby jeho nejistota odpovídala nejmenší hodnotě dílku váhy, aby nedošlo ke zbytečné degradaci přesnosti vlastní kalibrace. Dalším krokem je výpočet pro nulové zatížení a následně pro zatížení reálné, doplněné příkladem výpočtu, a výpočet pro zatížení s použitím substitučního zatížení. I pro váhy je doplněna tabulka, která přináší příklad použití v POA.

5. Seznamování odborné veřejnosti s výstupy z úkolu

Vlastní text zprávy z řešení úkolu je ukončen shrnutím zadání a výsledků řešení, kde autoři zmiňují, že pro seznámení odborné veřejnosti bude uspořádán seminář, v němž autoři výsledky úkolu představí osobně. Takový seminář lze označit za tradiční, protože cílem všech úkolů PRM, které řeší ČIA, je zpřístupnění výsledného řešení co možná nejširší, především odborné veřejnosti. K tomu by mohla sloužit sice pouze vlastní zpráva, na rozdíl od osobního kontaktu však nemá tak velký dopad, osobní kontakt umožňuje odborné veřejnosti položit autorům konkrétní dotazy. I v tomto roce budou na seminář pozváni především zástupci kalibračních laboratořích z oboru, vítání budou samozřejmě i odborníci z ostatních oborů. Neopominutelnými účastníky semináře jsou také příslušní odborní posuzovatelé, pro které je takové školení jednou z forem udržování kvalifikace.

6. Závěr

Autor článku i autoři řešení úkolu chtějí touto cestou poděkovat všem, kteří se na zpracování úkolu podíleli, tedy především oponentům a pracovníkům ÚNMZ, ale i všem ostat-

ním, kteří jakkoli, i třeba jen otázkou nebo poznámkou, přispěli k dosažení cíle úkolu programu rozvoje metrologie č. VII/05/23 *Sjednocování výpočtu nejistot a principy kalibrace na POA akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru hmotnost.*



ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT A MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

Ing. Kateřina Kökényová, Jekatěrina Kromková

Český metrologický institut

ČMI sdílí své rozsáhlé znalosti a praktické dovednosti s mnoha zeměmi prostřednictvím stáží a školení, což vyvolává významný zájem ze strany jeho partnerů. Přenos know-how představuje klíčový prvek spolupráce, avšak není jediným. Spolu s dalšími partnerskými organizacemi ČMI realizuje společné výzkumné projekty, dále provádí srovnání národních standardů, kalibraci etalonů, připravuje studenty na jejich budoucí kariéru v oblasti metrologie, realizuje zásadní porovnání. Kromě toho se s partnery podílí na zdokonalování systému kvality institucí a laboratoří, podporuje výměnu znalostí v oblasti tvorby a publikování národních technických předpisů v rámci metrologie a souvisejících dokumentů a mnoho dalšího, v závislosti na aktuálních potřebách všech zúčastněných stran.

V minulých letech probíhala intenzivní komunikace v následujících projektech pro spolupráci s Ázerbájdžánem, Bosnou a Hercegovinou, Gruzií, Kosovem, Makedonií, Moldávií, Kazachstánem a Uzbekistánem. V rámci dvoustranné spolupráce byla vedena školení pro uzbecké kolegy při budování laboratoře elektromagnetické kompatibility v Uzbekistánu, a to jak v laboratoři ČMI, tak i na místě určení (**obr. 1**). V brzké době je plánováno uzavření Memoranda o porozumění s Uzbeckým metrologickým institutem (UzNIM), v rámci kterého budou probíhat porovnávací měření, školení uzbeckých odborníků v ČMI a další související aktivity.



Obr. 1: Školení v laboratoři elektromagnetické kompatibility, realizované v dubnu 2021 v Uzbekistánu

ČMI udržuje v různých oblastech metrologie trvalou spolupráci prostřednictvím konzultací, pečlivě přizpůsobených individuálním požadavkům jeho partnerů. Toto úsilí směřuje k podpoře a k posílení celkového rozvoje metrologické komunity.

Bilaterální spolupráce zprostředkovaná Ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO)

Zástupci ČMI se aktivně účastní na zasedáních mezivládních komisí, pořádaných MPO, s primárním cílem upevnit a prohloubit spolupráci s národními institucemi. Pandemie Covid-19 nepochybně narušila společné aktivity, nicméně díky postupující normalizaci situace a vyšší bezpečnosti v jednotlivých státech se naskytá příležitost znovu navázat na spolupráci či dokonce implementovat nové významné iniciativy. V tomto roce byla uskutečněna zasedání mezivládních komisí s Arménií, Ázerbájdžánem, Bosnou a Hercegovinou, Srbskem, Uzbekistánem, Tádžikistánem a Ukrajinou.

V nedávné době došlo k mezivládním jednáním s Kosovem, Mongolskem a Tuniskem, což otevřelo cestu k perspektivním možnostem pro další rozvoj společných metrologických aktivit. Mezi ČMI a kosovskou stranou byla potvrzena spolupráce na aktivitách směřujících k posílení technických a odborných kapacit v oblasti legální, vědecké a průmyslové metrologie. Jedná se například o provádění bilaterálních porovnání národních etalonů, kalibrace národních etalonů, účast na seminářích, workshopech a školeních v laboratořích ČMI a Kosovské republiky. S mongolskou stranou probíhá prostřednictvím Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) aktivní diskuze s cílem navázat spolupráci, která se zaměří na aktivity podporující společné principy partnerství mezi EU a Mongolskem v oblastech posuzování shody, standardizace a metrologie (infrastruktury kvality). S tuniskou stranou bylo iniciováno téma možné spolupráce, v níž by ČMI mohl, při vyjádřeném zájmu, přinést svou expertízu. Tato spolupráce by zahrnovala asistenci při vývoji etalonů, podporu v implementaci evropských směrnic MID a NAWID, konzultace ohledně certifikačního schématu OIML s důrazem na výrobu měřidel a provádění mezilaboratorních srovnávacích měření v oblasti metrologie.

V letošním roce má ČMI v úmyslu se aktivně zapojit do již v současnosti připravovaných mezivládních jednání s Gruzií, Kazachstánem a státy západního Balkánu. Tato důležitá diplomatická setkání jsou pořádána pod záštitou Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky.

Spolupráce zprostředkovaná Českou rozvojovou agenturou (ČRA)

V současné době připravuje ČMI společně s ČRA podklady pro bilaterální projekt, který má být realizován v Gruzii. Prostřednictvím projektu budou čeští experti přispívat k zajištění systému v oblastech metrologie, standardizace, ale rovněž také v oblasti aktivit akreditačních orgánů. V listopadu 2023 proběhla monitorovací mise českých expertů za účelem zjištění reálné aktuální situace, na jejímž základě dojde k bližší specifikaci náplně projektu. V rámci zajištění maximální synergie s aktivitami dalších příbuzných evropských subjektů jsou aktivity rovněž projednávány s kolegy např. z Itálie nebo z Německa.

Projekt s názvem „Rozšíření kapacit Metrologického institutu Bosny a Hercegoviny III“ byl zahájen v listopadu 2020 a zakončil svůj průběh v roce 2023. V průběhu jednotlivých let byly realizovány aktivity projektu napříč celým spektrem plnění, s výrazným důrazem na oblast metrologie elektrických veličin, managementu kvality a komunikace s veřejností, včetně poskytování podpory při přípravě dokumentace pro akreditaci (obr. 2).



Obr. 2: Návštěva tehdejšího ministra zahraničních věcí Mgr. Tomáše Petříčka v laboratorních provozech IMBiH

Partnerství zprostředkovaná Evropskou unií (EU)

ČMI je dlouhodobým a aktivním účastníkem mezinárodních iniciativ, které pořádá EU s cílem podpořit rozvojové země. Většinou se na těchto projektech podílí ve spolupráci s jinými organizacemi, buď v rámci sdruženého konsorcia, nebo svými zaměstnanci, kteří přispívají svými odbornými znalostmi jako experti.

Je důležité zdůraznit, že účast v těchto mezinárodních projektech, jako jsou Twinning nebo EuropeAid, posiluje pracovní vztahy mezi institucemi. V mnoha případech se bilaterální spolupráce rozvíjí i po skončení projektu. Důkazem této pokračující spolupráce jsou často Memoranda o porozumění, která jsou mezi stranami podepsána. To vše má za cíl upevnit a prohloubit spolupráci v oblasti metrologie a dalších příbuzných odvětví.

Jedním z příkladů úspěšné spolupráce je twinningový projekt s názvem „Posílení metrologického systému v Ázerbájdžánu“, který byl úspěšně dokončen již v roce 2017.

Během dvou let společné práce ČMI a Ázerbájdžánského metrologického institutu (AzMI) se podařilo uskutečnit bilaterální porovnávací měření v oblasti hmotnosti, teploty a tlaku. Cílem tohoto úsilí bylo pomoci ázerbájdžánským kolegům umístit CMC (Calibration Measurement Capabilities) do databáze BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). Tím ČMI významně přispěl k posílení a zdokonalení metrologického systému v Ázerbájdžánu.

V roce 2023 institut zdárně dokončil twinningový projekt podporovaný EU, s názvem „Posílení institucionální kapacity Ministerstva pro rozvoj hospodářství, obchodu a zemědělství (META) Ukrajiny v oblasti národní infrastruktury kvality (NQI)“. Za implementací tohoto projektu stojí česko-lotyšské konsorcium pod vedením hlavního partnera, kterým je ČMI. Zásadními cíli je posílení legislativního a regulačního rámce pro technické předpisy na Ukrajině, mapování činnosti



Obr. 3: Mise expertů ČMI v oblasti posuzování shody s požadavky právních předpisů EU realizovaná v prosinci 2021 v Kyjevě



Obr. 4: Mise lotyšských expertů v oblasti standardizace v září 2021 v Kyjevě

orgánů posuzování shody, institucionální posílení konkrétních subjektů k provádění zkoušek a certifikace výrobků v souladu s příslušnými technickými předpisy, mapování organizace postupů a strategií pro dozor nad trhem a ochranu spotřebitele. Příklady spolupráce demonstrují **obr. 3 a 4**.

Tímto způsobem se ČMI aktivně podílí na posilování metrologických kapacit v zahraničí a na podpoře rozvoje ekonomiky a obchodu v těchto regionech.

Zkušenosti odborníci z ČMI aktivně sdílí své znalosti a dovednosti v oblasti metrologie prostřednictvím školení a předávání know-how.

Závěr

Zlepšení mezinárodní politické a ekonomické situace v budoucnosti otevře dveře k výrazně efektivnějšímu využití získaných poznatků a zkušeností z dosavadní spolupráce. To přinese přínos jednak zaměstnancům Českého metrologického institutu, ale také jeho potenciálním partnerům nejenom ze zahraničí. Tato příznivá změna okolností umožní ještě účinněji přispívat k rozvoji metrologie a inovací. V případě zájmu o informace k jednotlivým projektům je možné kontaktovat Ing. Kőkényovou.

Typ projektu	Název projektu	Doba trvání
EU/Twinning ENI/2020/421-190	Strengthening the institutional capacity of the Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture (META) of Ukraine in the field of National Quality Infrastructure (NQI)	2021–2023
EU/Twinning light MK/12/IPA/EC/01/16	North Macedonia: Strengthening the capacities of the Bureau of Metrology for internal market integration	2017
EU/Twinning AZ/15/ENP/TR/36	Strengthening the metrology system in Azerbaijan	2015–2017
EU/Twinning SR/13/IB/EC/01	Strengthening capacities of national quality infrastructure and conformity assessment services in the Republic of Serbia	2015–2017
EU/Twinning SK05/IB/IN/01/TL	Reinforcement of Administrative Capacity as regards Measuring Instruments in Slovak Republic	2005–2008
EU/EuropeAid EuropeAid/122782/D/SER/TR	Turkey: Support to Legal Metrology	2006–2008
EU/EuropeAid EuropeAid/125078/C/SER/GE	Georgia: Support to Implementation of Art 51 (Quality Management System) of the Partnership and Co-operation Agreement (PCA)	2007–2009
EU/EuropeAid EuropeAid/132091/C/SER/BY	Support to Belarus in the field of norms and standards related to energy efficiency of consumer goods and industrial products	2013–2015
EU/EuropeAid EuropeAid/129630/C/SER/BA	Development of New Accreditation Schemes in Bosnia and Herzegovina	2011–2013
EU/EuropeAid EuropeAid/134305/C/SER/	Support for the Modernisation of Mongolia's Standardisation System	2014–2016
Česká rozvojová agentura CZDA-RO-BA-2014-2-15110	Extension of the Capacities of the Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina I.	2014–2016
Česká rozvojová agentura CZDA-RO-BA-2017-2-15110	Extension of the Capacities of the Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina II.	2017–2019
Česká rozvojová agentura CzDA-RO-MN-2011-5-25010	Mongolia: Reparation and calibration of primary length standard of MASM	2018

NABÍDKA AKCÍ ČMS na I. pololetí roku 2024

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

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1
tel.: 221 082 254, 606 957 233
e-mail: cms-zk@csvts.cz
www.spolky-csvts.cz/cms



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
11. březen 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 220	K 609-24	Základy měření osvětlení
21. březen 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 318	K 599-24	Základy měření ve strojírenství
27. březen 2024 ČSVTS Praha, Novotného lávka 5, učebna č. 318	K 614-24	Řízení metrologie v organizaci
15. duben 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 220	K 610-24	Základy světelné techniky
16. 4. a 17. 4. 2024 PRIMAVERA Hotel & Congress centre, Plzeň	Ko 613-24	31. mezinárodní konference „Měřicí technika pro kontrolu jakosti“ s výstavkou měřicí, zkušební a kontrolní techniky

Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
22. duben 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 220	K 611-24	Kurz měření průtoků
13. květen 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 220	K 608-24	Měření venkovního osvětlení
13. až 16. květen 2024 ČSVTS Praha, Novotného lávka 5, učebna č.501	K 615-24	59. základní kurz metrologie
20. květen 2024 ČSVTS, Praha, Novotného lávka 5, sál č. 318	K 612-24	Způsobilost měřicího procesu a způsobilost měřidel
22. květen 2024 ČSVTS Praha, Novotného lávka 5, učebna č. 318	K 616-24	Měření momentu síly
Trvalá nabídka	K 70	Korespondenční kurz metrologie

Další informace o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení jsou zveřejněny na:

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

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

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



31. mezinárodní konference

**MĚŘICÍ TECHNIKA
PRO KONTROLU JAKOSTI**

s výstavkou měřicí techniky

Plzeň 16. - 17. dubna 2024



Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Mgr. Petr Barták, Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, 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: únor 2024. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Hydraulický žlab s 2D měřicím vozíkem a zařízením pro automatizovaný sběr dat - Fakulta stavební VUT

Photo on the front page:

Hydraulic flume with 2D measuring carriage for automated data collection - Faculty of Civil Engineering BUT

