

2/2021
ROČNÍK 30

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ

Měření
pro zdraví



Ing. František Jelínek, CSc. Světový den Metrologie 2021 – Měření pro zdraví 1	Ing. František Jelínek, CSc. World Metrology Day – Measurement for Health 1
<u>METROLOGIE V PRAXI</u> doc. Ing. Jiří Horský, CSc. Kalibrace a etalony..... 2	<u>METROLOGY IN PRACTICE</u> doc. Ing. Jiří Horský, CSc. Calibrations and Standards..... 2
Petr Moravec Jak často kalibrovat měřicí přístroje? 6	Petr Moravec How Often Should Measuring Instruments Be Calibrated? 6
<u>VĚDA A VÝZKUM</u> Ing. Filip Vašíček Historie a způsoby měření tepelné vodivosti..... 11	<u>SCIENCE AND RESEARCH</u> Ing. Filip Vašíček History and Methods of Measuring Thermal Conductivity 11
Ing. Václav Hora Nejistota integrální veličiny Kerma ve vzduchu..... 16	Ing. Václav Hora Uncertainty of the Integral of Air Kerma 16
<u>ZKUŠEBNICTVÍ</u> Ing. Pavel Rubáš, Ph.D. Problémy spojené s určením typu výrobků podle EN 14388:2005 19	<u>TESTING</u> Ing. Pavel Rubáš, Ph.D. Problems Related to Product Type Determination According to EN 14388:2005 19
Mgr. Václava Holušová Program rozvoje zkušebnictví v roce 2020..... 25	Mgr. Václava Holušová Testing Development Programme in 2020..... 25
Mgr. Václava Holušová Zabezpečení jednotného postupu při posuzování stavebních výrobků ze skla – Část III..... 26	Mgr. Václava Holušová Ensuring a Uniform Procedure for Assessing Construction Products Made of Glass - Part III 26
<u>INFORMACE</u> Mgr. Jaroslav Zůda, Ph.D. Aktualita k zavádění nové definice jednotky hmotnosti..... 30	<u>INFORMATION</u> Mgr. Jaroslav Zůda, Ph.D. Update on the Introduction of a New Definition of the Unit of Weight 30
RNDr. Miroslav Čermák Česká agentura pro standardizaci přináší novinky ze světa technických norem 33	RNDr. Miroslav Čermák The Czech Standardization Agency Introduces News from the World of Technical Standards 33
<u>HISTORIE</u> Ing. František Jelínek, CSc. Historie SI a jednotek měření 34	<u>HISTORY</u> Ing. František Jelínek, CSc. The History of SI and Measurement Units 34
Ing. Miroslav Netopil Počátky akreditace kalibračních laboratoří v Československu a České republice – Část I..... 36	Ing. Miroslav Netopil Beginnings of Accreditation of Calibration Laboratories in Czechoslovakia and the Czech Republic - Part I 36
Nabídka akcí ČMS na I. a II. pololetí roku 2021	The List of ČMS Events in the 1 st and 2 nd Half of 2021

SVĚTOVÝ DEN METROLOGIE 2021

Ing. František Jelínek, CSc.

Tématem Světového dne metrologie 2021 je MĚŘENÍ PRO ZDRAVÍ.

Toto téma bylo vybráno tak, aby podpořilo povědomí o důležité roli, kterou měření hraje v péči o zdraví, a tedy v kvalitě života každého z nás.

V širším měřítku hraje metrologie, věda o měření, ústřední úlohu ve vědeckých objevech a inovacích, průmyslové výrobě a mezinárodním obchodu, při zlepšování kvality života a při ochraně globálního životního prostředí. Světový den metrologie je každoroční oslavou podpisu Metrické konvence dne 20. května 1875 zástupci sedmnácti států. Úmluva stanovila rámec pro globální spolupráci ve vědě o měření a v jejích průmyslových, obchodních a společenských aplikacích. Původní cíl Metrické konvence - světová jednotnost měření - zůstává dodnes stejně důležitý jako v roce 1875.

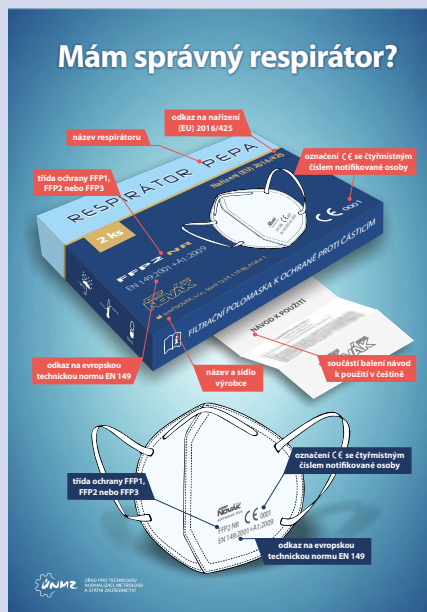
Projekt Světového dne metrologie uskutečňují společně BIPM a OIML. Na této akci předpokládá se spoluúčast všech národních organizací. Časopis Metrologie přibližuje pravidelně témata zvolená pro Světový den metrologie svým čtenářům.

V letošním roce, kdy se svět potýká s pandemií virového onemocnění, jsou různé zkoušky na denním pořádku v masovém měřítku. Nejedná se jen o testy na přítomnost virů nebo protilátek, ale i o zkoušky předepsané pro uvedení ochranných prostředků na trh. K tomu zpracoval Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) odbornou publikaci „Průvodce základy regulace osobních ochranných prostředků a zdravotnických prostředků“, které je také věnován tento článek.



Průvodce základy regulace osobních ochranných prostředků a zdravotnických prostředků

Již déle než rok se celý svět potýká s pandemií nemoci covid-19. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) proto zpracoval odbornou publikaci „Průvodce základy regulace osobních ochranných prostředků a zdravotnických prostředků“ s cílem zvýšit povědomí o správném uvádění výrobků na trh. Jde totiž o jedinou možnou cestu k tomu, aby zdravotníci a další pracovníci v první linii, učitelé, jiné klíčové profese, běžní spotřebitelé a samozřejmě i nemocní dostávali a používali výhradně bezpečné, funkční a účinné osobní ochranné a zdravotnické prostředky. Z této publikace uveřejňujeme kapitolu týkající se základního členění ochranných pomůcek. Celou publikaci naleznete na: www.unmz.cz/pruvodce-zaklady



KALIBRACE A ETALONY

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Vyjadřování výsledků měření

Tento příspěvek volně navazuje na lit. [7] a [8], kde je problematika uvedena podrobněji.

Systematické měření se známou nejistotou je jedním ze základů řízení kvality v průmyslu. Výsledek měření se nyní popisuje v kalibračním listě. Správné měření i jeho popis v kalibračním listě zvyšují hodnotu, kvalitu a efektivnost produkce.

Ve větší části moderního průmyslu představují náklady spojené s měřením 10 % až 15 % výrobních nákladů a náklady na měření v současné Evropě představují plných 6 % celkového hrubého národního produktu.

Základní změnu chápání výsledků měření způsobil prudký rozvoj měření elektronickými prostředky. Zatímco směrnice pro vyjadřování nejistot měření GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) JCGM 100 se zabývá nejistotou měření a nevěnuje se měřicím přístrojům, další v řadě dokumentů GUM, směrnice JCGM 106, je zaměřena na otázky plnění specifikace; totéž platí i pro přístup IEC.

Elektrické měřicí přístroje, vyráběné za posledních cca 50 let, měly už podrobnou dokumentaci, jejíž obsah byl dán normou ČSN 35 6506 *Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Průvodní dokumentace*, podle IEC 1187:1963 a ČSN EN 61187:1994. Doba platnosti specifikace se původně neudávala, později se vztahovala k povinné záruční době, která dříve trvala jen 6 měsíců. ANSI/NETA ATS American National Standard for Acceptance Testing Specifications a další obdobné americké normy uváděly už cca od roku 1987 interval mezi kalibracemi elektrických a elektronických zařízení nejvýše 12 měsíců. To se velmi rychle ujalo i v Evropě a platí dodnes. Výsledky kalibrace závisí ve značné míře na vlastnostech použitého etalonu.

Důvody ke kalibraci přístroje

Kalibrace může být vyžadována z následujících důvodů:

- nový přístroj,
- přístroj po opravě nebo úpravě,
- po uplynutí určitého časového období, nebo po kritickém měření,
- poté, co byl přístroj vystaven nárazům, vibracím nebo fyzickému poškození, což by mohlo ohrozit integritu jeho kalibrace,
- při náhlé změně podmínek okolí,
- kdykoli se pozorování jeví sporné nebo indikace přístroje neodpovídají výstupu jiných přístrojů podle požadavků, například specifikace zákazníka, doporučení výrobce přístroje.

Etalony

Etalon, VIM 3 heslo 5.1 (6.1), je realizace definice dané veličiny, se stanovenou hodnotou veličiny a přidruženou

nejistotou měření, používaná jako reference ke stanovení naměřených hodnot veličin a přidružených nejistot měření pro jiné veličiny stejného druhu, čímž stanovuje metrologickou návaznost kalibracemi jiných etalonů, měřidel nebo měřicích systémů. Musí umožnit přenos hodnoty od etalonu na kalibrované zařízení a musí být dostupný v hodnotách potřebných pro kalibraci; také musí být přesnější než kalibrované zařízení nebo kalibrovaná jednohodnotová míra, má být dlouhodobě stabilní a nesmí mít příliš velkou závislost na podmínkách měření a prostředí.

Standardní nejistota měření přidružená k etalonu je vždy složkou kombinované standardní nejistoty měření (viz ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.4) ve výsledku měření získaném při použití etalonu. Tato složka je často malá ve srovnání s jinými složkami kombinované standardní nejistoty.

Hodnota veličiny a nejistota měření musí být určeny v době, kdy je etalon používán. **Referenční etalon**, VIM 3 heslo 5.6 (6.6), je etalon navržený ke kalibraci dalších etalonů pro veličiny daného druhu v dané organizaci nebo v dané lokalitě.

Z definice referenčního etalonu plyne, že se jedná o nejpresnější etalon v organizaci, který proto tedy nemá být zbytečně mechanicky ani klimaticky namáhán, aby zajistil co nejdéle a nejpřesněji referenční hodnotu. Z uvedeného následně plyne, že by referenční etalon neměl být dopravován a používán pro práce mimo stálé prostory. To následně znamená, že laboratoř při práci mimo stálé prostory všeobecně nedosahuje nejistot, které jsou uvedeny v její tabulce CMC pro práci ve stálých prostorách.

Referenční etalon akreditované laboratoře je zpravidla kalibrován v metrologickém institutu nebo jiné lépe vybavené akreditované laboratoři. Pro praxi u zákazníka se obvykle nepoužívá referenční etalon, ale pracovní etalon a dosažená nejistota bude větší. Proto některé akreditační orgány uvádějí samostatně CMC pro práci ve stálé laboratoři a jiné hodnoty (horší) pro práci u zákazníka.

Z definice referenčního etalonu vyplývají jeho základní vlastnosti. Protože to je etalon navržený ke kalibraci dalších etalonů pro veličiny daného druhu v dané organizaci, nesmí být vystaven namáhání většinou, než je nezbytně nutné, není tedy možné ho používat pro práce mimo stálé prostory, například u zákazníka. Protože CMC je obvykle stanovené podle referenčních etalonů kalibrační laboratoře, platí CMC jen pro práci ve stálých prostorách laboratoře.

Sekundární etalon, VIM 3 heslo 5.5 (6.5), je etalon stanovený kalibrací vzhledem k primárnímu etalonu pro veličinu stejného druhu.

Kalibrace smí být získána přímo mezi primárním etalonem a sekundárním etalonem, nebo zahrnuje mezilehlý měřicí systém kalibrováný primárním etalonem a přiřazující výsledek měření sekundárnímu etalonu. Etalon, který má svou hodnotu veličiny přidělenou poměrovým primárním referenčním postupem měření, je sekundární etalon. Sekundární etalon je nečastěji se vyskytující etalon kalibrační laboratoře.

Pracovní etalon, VIM 3 heslo 5.7 (6.7), je běžně používán ke kalibraci měřidel nebo měřících systémů a je to etalon navržený ke kalibraci dalších etalonů pro veličiny daného druhu v dané organizaci.

Přirozený etalon VIM 3 heslo 5.10, je etalon založený na přirozené a reprodukovatelné vlastnosti jevu nebo látky. Například *Přirozený etalon rozdílu elektrického potenciálu založený na Josephsonově efektu* nebo *Přirozený etalon elektrického odporu založený na Hallově kvantovém jevu*. Hodnota veličiny přirozeného etalonu je přidělena konsenzem a nemusí být ustanovena vztahem k jinému etalonu stejného typu. Jeho nejistota měření je určena uvažováním dvou složek: první přidruženou k jeho konvenční hodnotě veličiny a druhou spojenou s jeho konstrukcí, zavedením a údržbou.

Přirozený etalon obvykle sestává ze systému vytvořeného podle požadavků dohodnutého postupu a podrobeného periodickému ověřování. Dohodnutý postup smí obsahovat opatření pro aplikaci korekcí vyžadovaných jeho zavedením. Přirozené etalony, které jsou založeny na kvantovém jevu, mají obvykle vysokou stálost. Adjektivum „přirozený“ znamená, že takový etalon smí být zaveden a používán bez zvláštní péče nebo že takový etalon je imunní.

Akreditované kalibrační laboratoře vlastní přirozené etalony sice zřídka, ale i takové laboratoře existují. Přirozený etalon laboratoř nenavazuje, ale musí ho porovnat s jinou vhodnou laboratoří (kterou bývá zpravidla BIPM).

Termín "**realizace**" v metrologii nepopisuje jen realizaci měřící jednotky z její definice, ale i v nastavení vysoce reprodukovatelného etalonu založeného na fyzikálním jevu, např. v případě použití frekvenčně stabilizovaného laseru ke stanovení etalonu pro metr, Josephsonova efektu pro volt, Hallova kvantového jevu pro ohm.

Důvody ke kalibraci ztělesněné (jednohodnotové) míry

Ztělesněná míra, VIM 3 heslo 3.6 (4.2), je měřidlo reprodukcující nebo trvale poskytující během jeho používání veličiny jednoho nebo více daných druhů, přičemž každá z nich má přidělenou hodnotou veličiny. Je to například etalon elektrického odporu, generátor etalonových signálů.

Účelem kalibrace ztělesněné míry je určení měřeného parametru a jeho přiřazení k míře. Míra musí být dostatečně stabilní i dlouhodobě. Míra nesmí mít významnou závislost na podmínkách měření a na podmínkách prostředí, které by ovlivňovaly hodnotu přiřazenou při kalibraci.

Kalibrační proces přístroje - účel a rozsah

Kalibrační proces začíná konstrukcí měřícího přístroje, který je třeba kalibrovat. Konstrukce musí být schopna „udržet kalibraci“ během svého kalibračního intervalu. Jinými slovy, návrh nového přístroje musí umožňovat měření, která jsou „v rámci technické tolerance“, pokud se používají v uvedených podmínkách prostředí po určitou přiměřenou dobu. Návrh s těmito vlastnostmi zvyšuje pravděpodobnost, že skutečné měřící přístroje budou fungovat podle očekávání. Účelem kalibrace je v zásadě udržení kvality měření a zajištění řádného fungování konkrétního přístroje. Přesný

mechanismus pro přiřazování hodnot tolerance se může lišit podle typu odvětví měření i podle země a i v regulované sféře měření. Měřící zařízení je k tomu výrobcem obecně přiřazeno a výrobce navrhuje specifikaci měřidla, navrhuje kalibrační interval a ochranné pásmo a určuje rozsah použití a prostředí referenční, pracovní i pro skladování. Organizace používající měřidlo mu zpravidla přiřadí individuální kalibrační interval, který je závislý na podmínkách použití i na pravděpodobné úrovni použití tohoto specifického měřícího zařízení. Přiřazení kalibračních intervalů může být formálním procesem založeným na výsledcích předchozích kalibrací. ISO-9001 požaduje „*Je-li to nezbytné k zajištění platných výsledků, musí být měřící zařízení kalibrováno ve stanovených intervalech nebo před použitím musí být intervaly zkráceny nebo mohou být i prodlouženy, pokud výsledky předchozích kalibrací naznačují, že taková akce je vhodná k udržení přijatelné spolehlivosti výsledků měření*“.

Požadavky na etalon

Výběr etalonu nebo etalonů je nejviditelnější součástí procesu kalibrace. V minulosti se všeobecně předpokládalo, že etalon bude asi o řád přesnější než kalibrované zařízení. Potom se postupně zaváděla schémata návaznosti, která velmi snadno ukázala, že požadavek řádového odstupu přesností je nereálný již od tříúrovňové návaznosti. V ideálním případě má nyní etalon méně než 1/4 nejistoty měření kalibrovaného zařízení. Když je tohoto cíle dosaženo, kumulovaná nejistota měření vlivem všech zúčastněných etalonů se považuje za zanedbatelnou, pokud se konečné měření provádí s poměrem nejistot při kalibraci $TUR \geq 4 : 1$. Původně bývalo požadováno $TAR 10 : 1$. V době od zavedení užití TAR (Test Accuracy Ratio) a potom TUR (Test Uncertainty Ratio) v padesátých letech až do sedmdesátých let minulého století, se ukázalo, že postupující technologie dělala dosažení poměru $10 : 1$ nemožným pro většinu elektronických měření. I dosažení poměru přesnosti $4 : 1$ je někdy pro moderní přístroje obtížné.

Rozsah kalibrace, kalibrované body

Pro **jednohodnotový etalon** (například etalon odporu 1 k Ω) se snažíme za definovaných podmínek co nejlépe změřit jeho hodnotu. Základní podmínkou pro možnost sledování driftu je u všech následných měření udržet stejné podmínky měření. Jak je nutné u **multirozsahových a multifunkčních přístrojů** volit kalibrační body, aby mohla být kalibrace považována za dostatečnou pro kontrolu plnění specifikace kalibrovaného přístroje, ukazuje norma EN 60359:2003. Znamená to zkontrolovat kalibrační křivku na základním rozsahu, za který považujeme obvykle rozsah, který je nejméně ovlivněn dalšími obvody (jako je dělič nebo zesilovač). Podle požadované přesnosti to bývá obvykle nejméně 5 kalibrovaných bodů. Na ostatních rozsazích je obvykle požadováno kontrolovat body kolem začátku a kolem plného rozsahu. Pro krajní nejvyšší a nejnižší rozsahy se doplňují další body. Pro některé obory, a zejména pro analogová měřidla, je nutné prověřit i hysterezi. Rozsah průvodní dokumentace je sjednocen už podle IEC 1187:1963

a dále podle následujícího vydání ČSN EN 61187:1994. Doba platnosti specifikace se původně neudávala, americké normy ANSI uváděly cca od roku 1987 platnost specifikace a interval mezi kalibracemi elektrických zařízení nejvýše 12 měsíců. To se velmi rychle ujalo celosvětově a platí dodnes. Kalibrační laboratoř musí pracovat podle schválených postupů, používat kalibrované etalony a znát smysl, mechanismy a požadované dokumenty metrologie a akreditace a přezkoumat při zadávání kalibrace požadavky zákazníka i s respektováním příslušných dokumentů. Ideálem celého systému je kvalifikovaný **zákazník**, který zná své potřeby a dovede je zadat i zkontrolovat výsledek. To je celosvětově cíl, ke kterému je často dost daleko, a současný systém to příliš neulehčuje. Starší systémy, jako například dřívější systémy s **Test Accuracy Ratio** v armádě USA a systém s kalibracemi zapisovanými přímo do deníku měřidla v SSSR, podle metodik a s etalony schválenými před uvedením typu měřidla na trh, byly mnohem jednodušší a poskytovaly dostatečné výsledky.

Norma ISO/IEC 17025:2017 v textu přestala rozlišovat kalibrační a zkušební laboratoř. V oblasti prezentace výsledků jsou požadavky pro kalibrační listy a pro zkušební protokoly uvedeny částečně společně, částečně samostatně. Pravidla pro psaní textu a údajů platí pro všechny technické texty a přístup k měření je také stejný. Každá měřená veličina by měla mít udánu nejen naměřenou hodnotu, ale i odhadnutou nejistotu. Například s naměřenou teplotou prostředí se setkáme v převážné části kalibračních i zkušebních protokolů. Platí i zde, že pokud naměřená teplota je například $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, vždy je uvedena s příslušnou nejistotou (podle dokumentu *ILAC-P14:01/2013* [2], kde se stanovuje v odstavci 6.2, že výsledek měření musí obvykle zahrnovat měřenou veličinu y a příslušnou rozšířenou nejistotu U). V kalibračních listech se výsledek měření má uvádět ve tvaru jako $y \pm U$ s přiřazenými měřicími jednotkami pro y a U a stejné zásady je vhodné aplikovat i při kvantitativním zkoušení, pokud není pro měření při zkoušce stanoveno příslušným dokumentem jinak.

Kalibrační listy v praxi a jejich nejčastější nedostatky

Poměr nejistot při kalibraci TUR (který není z kalibračního listu bez zkoumání podrobností zřejmý) by měl být alespoň 1/4, poměr TUR nad 1/10 už obvykle nemá technický přínos a je zbytečný. Pokud jsou v kalibračním listu udány (nad požadavek normy) použité **etalony** a místo a doba, kdy byla provedena jejich kalibrace, je to pro kvalifikovaného zákazníka výhodou, ale pokud je udáno jen to, že kalibrace etalonů platí do určitého data, bez upřesnění, proč zrovna do tohoto data, není to vhodná informace a nic to zákazníkovi nepřináší, protože neví, jak bylo datum stanoveno. Často se stane, že pracovník, uvedený pod pojmem **schválil**, je jen formální vedoucí, který kalibrační list před podpisem nekontroloval. V jiných zemích akreditovaný kalibrační list podpisuje "signátor", kterým je pracovník s plnou odpovědností za podepsaný dokument. U nás by takto mohl být zařazen a kontrolovat kalibrační list technický vedoucí, po-

kud je jmenován. Nepřesná bývá i **formulace o návaznosti**, uvedená často jako návaznost "*na (mezi)národní etalony*", u veličin, kde (mezi)národní etalony nejsou. Již jen omezeně se vyskytují gramatické chyby (interpunkce, skloňování, časování aj.) a neopravené chyby (např. překlepy, dělení slov aj.), nebo je použita nevhodná, nesrozumitelná formulace textu, nevhodná úprava textů a tabulek (např. nezarovnaný text, typ písma, nejednotné okraje, nevhodné zvýrazňování aj.), stránky kalibračních listů nejsou číslovány, nebo obsahují nedostatečný popis nastavení při měření celkově i u jednotlivých tabulek, které nejsou označeny názvem a dostatečně úplným popisem podmínek měření, které se vztahují k uvedené konkrétní tabulce. Věty jsou buď příliš rozsáhlé, nebo se naopak používají jen holé věty. V textu je někdy uvedeno i to, co do kalibračního listu nepatří (z praxe - neúměrně obsáhlý popis vyhodnocovacích pravidel, citace celé specifikace kalibrovaného přístroje aj.), nesprávné používání zkratk, značek, jednotek, symbolů atp. Používají se někdy hovorové výrazy, místní (podnikové, krajové), slangové a již neplatné, například *normál*, *cejchování*. Práce obsahuje často i nevysvětlené zkratky, které nejsou všeobecně známé, nejsou jasné způsoby výpočtu výsledků a údajů, není udán konec kalibračního listu. Psát do kalibračního listu nominální hodnotu etalonu místo naměřené hodnoty je nesprávné.

Shoda se specifikací v metrologii

Původně se za nejdůležitější považovalo měření kalibrovaného zařízení. Z měření vyplývala u kalibrovaných přístrojů potřeba určit shodu se specifikací, pokud byla specifikace pro měřený objekt udána, bez ohledu na použití. Po roce 2000 se začal prosazovat filosoficky odlišný přístup. Je to koncept měření pro posouzení shody se specifikací kontrolovaného měřidla.

Posouzení shody jsou všechny činnosti, kterými určujeme, zda produkt (nebo služba) splňuje specifické požadavky. Posouzením shody se prokazuje, zda jsou splněny specifické požadavky týkající se výrobku, procesu, systému, osoby nebo subjektu. Shoda se specifikací při kalibraci je jen jeden specifický případ z množiny posuzování shody v moderním hospodářství. Pro specifické požadavky jednotlivých oborů měření je výbor ISO/CASCO jediným orgánem, který má právo vyvíjet obecné normy pro posuzování shody. Zpracoval už 33 norem (a další 3 se dokončují) a jednou z norem této skupiny je i již zmíněná ISO/IEC 17025:2017. Je-li dosažena shoda se specifikací, mělo by být zákazníkovi z kalibračního listu jasné, jaká pravděpodobnost pokrytí pro rozšířenou nejistotu byla použita. Obecně bude většinou používána pravděpodobnost pokrytí 95 % a vyjádření bude obsahovat poznámku, že „**vyjádření shody je založeno na pravděpodobnosti pokrytí 95 % pro rozšířenou nejistotu**“. Není ale nikde specifikováno, které pravidlo to je, či jak je definované. Možností je více a zákazník musí být v kalibračním listu vždy informován i jaká pravděpodobnost pokrytí byla použita v kalibračním listě pro rozšířenou nejistotu. Předpokládá se, že bude možné v rozhodovacím pravidle řešit, že to je situace popisovaná jako **PFA** – Probability of False Accept (pravděpodobnosti

falešného přijetí) nebo **PFR** – Probability of False Reject (pravděpodobnost falešného odmítnutí). Pro rozšířenou nejistotu při posouzení shody mohou být zvoleny vyšší pravděpodobnosti pokrytí než 95 %, nižší hodnoty by neměly být používány. Pravidla pro rozhodování jsou obecně vyjádřena jako pravděpodobnost shody z hlediska rizika spojeného s nesprávným rozhodnutím (PFA a PFR) nebo jinými slovy pravidla, která souvisejí s nejistotou a s velikostí intervalu tolerance. Mohou mít více závěrů, jako například *vyhovuje*, *pravděpodobně vyhovuje*, *pravděpodobně nevyhovuje*, *nevyhovuje*, nebo lze použít i jednoduchý binární princip *vyhovuje/ nevyhovuje*, (anglicky Pass/Fail). Formulace závěrů je možné převzít tak, jak byly uvedeny ve starší ILAC-G8:03/2009. Čím větší je nejistota měření, tím menší je interval přijetí. Výsledkem bude méně akceptovaných výsledků, než kdyby byla nejistota měření menší. Použití zvolených ochranných pásem o šířce w je již dlouho a často používáno a může snížit pravděpodobnost nesprávného rozhodnutí o shodě. Jde v zásadě o bezpečnostní faktor zabudovaný do procesu rozhodování o měření prostřednictvím snížení akceptačního limitu pod limit specifikace/tolerance. To se často provádí s cílem zohlednit nejistotu měření. Ochranné pásmo w , které má šířku rovnou nule, $w = 0$, splňuje tuto specifikaci, když je výsledek měření pod mezí tolerance. Tomu se říká jednoduché přijetí. Jednoduché přijetí se také nazývá „sdílené riziko“, protože pravděpodobnost, že bude výsledek mimo mez tolerance, může být až 50% v případě, že výsledek měření je přesně na mezi tolerance (za předpokladu symetrického normálního rozdělení pravděpodobnosti při měření). Mělo by se vzít v úvahu, že měření může vést k rozhodnutí o shodě (přijetí) pomocí menšího ochranného pásma a odmítnutí, pokud se použije větší ochranné pásmo. Proto je shoda s požadavkem na přijetí neodmyslitelně spojena s použitým rozhodovacím pravidlem. Očekává se proto, že rozhodovací pravidlo je dohodnuto ještě před provedením měření (článek 7.1.3 ISO/IEC 17025:2017). Ochranné pásmo je nyní často zvoleno jako n násobek rozšířené nejistoty měření U_{95} . Pro pravidlo binárního rozhodování se přijímá měřená hodnota pod mezí přijatelnosti a hranice přijetí je hranice specifikace *minus*, kde pro jednoduché přijetí bez ochranného pásma je specifické riziko přijetí $< 50\%$, pro přijetí ochranného pásma U_{95} podle ILAC G8:2009 je specifické riziko přijetí $< 2,5\%$, pro přijetí ochranného pásma $3U_{95}$ je specifické riziko přijetí $< 0,16\%$, pro přijetí ochranného pásma $6U_{95}$ je specifické riziko přijetí $< 0,0001\%$.

Digitální kalibrace (pojem zavedený metrologickým institutem PTB Německo) jako perspektiva do budoucnosti

Konvenční kalibrační certifikáty jako dokument na papíře by se mohly pomalu stávat historií. Aby bylo možné prokázat, že měřicí přístroj byl kalibrován a jak to bylo provedeno, mohly by laboratoře v blízké budoucnosti začít používat spíše certifikáty kalibrace v digitální formě, než jejich analogovou verzi. Tím, že jsou strojově čitelné, hovoří ve prospěch digitální kalibrace pro procesy výroby a sledování kvality, v nichž je digitalizace stále důležitější. Konečný cíl spočívá ve vývoji univerzálních formátů výměny certifikátů digitální kalibrace platných pro všechny oblasti metrologie.

V průmyslové výrobě může být kvalita výrobků zaručena pouze tehdy, pokud je použité měřicí zařízení kalibrováno v pravidelných intervalech, a osvědčení o digitální kalibraci mohou v budoucnosti sloužit nejen jako důkaz metrologické návaznosti, ale mohou být navržena tak, aby všechny indikace, včetně číselných kalibračních křivek, mohly být přímo a automaticky přeneseny do všech digitálně podporovaných měřicích procesů.

Literatura

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 *Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří*
- [2] ILAC-P14:01/2013 *Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, ILAC Policy for Uncertainty in Calibration.*
- [3] ILAC-G8:2009 *Guidelines on Assessment and Reporting of Compliance with Specification,*
- [4] ILAC-G8/09:2019 *Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity,* dostupný na <https://ilac.org/publications-and-resources/ilac-guidance-series/>
- [5] JCGM 106:2012 *Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment,* dostupný na https://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_106_2012_E.pdf
- [6] EA-4/02 M: 2019 *Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration*
- [7] *KALIBRAČNÍ LIST JE VIZITKOU LABORATOŘE,* časopis Metrologie, část 1, číslo 2/2019 strana 4, část 2, číslo 2/2019 strana 9, část 3, číslo 3/2019 strana 20, část 4, číslo 4/2019 strana 24, část 5, číslo 1/2020 strana 20, část 6, číslo 2/2020 strana 15.
- [8] *KALIBRAČNÍ LIST Sborník 59. konference ČKS,* str. 60 až 94.



JAK ČASTO KALIBROVAT MĚŘICÍ PŘÍSTROJE?

Petr Moravec

Kalibrátory, s.r.o.

Jak nastavit správnou frekvenci kalibrací pro provozní měřicí přístroje a pro etalony? Tuto otázku si klademe často. Rádi bychom na ni dostali jednoduchou odpověď, ale to bohužel není možné. Na volbu správného kalibračního intervalu mají vliv různé faktory, kterými se budeme zabývat v tomto článku.

Bylo by jednoduché, kdyby platil stejný rekalkibrační interval pro všechna měřidla použitá ve všech aplikacích. Dokonce často uslyšíte, že by všechny přístroje měly být kalibrovány jednou ročně. Přestože to může být v některých případech správné řešení, nemusí být vhodné obecně a vždy. Na otázku, jak často by se měly měřicí přístroje kalibrovat, nelze dát přímou odpověď. Namísto toho je třeba se zabývat různými úvahami, které ovlivňují správnou odpověď. Pojdme se nyní zaměřit na tyto úvahy.

Tolerance měřicího procesu versus přesnost přístroje

Často si výrobní závody pořizují v rámci standardizace řadu podobných provozních měřicích přístrojů/převodníků. Standardizace použitých typů přístrojů dává samozřejmě smysl. Tato měřidla jsou nainstalována na všechny pozice, kde se vyskytuje měření dané veličiny. Vybraný typ měřidla má výrobcem specifikovanou přesnost, případně dlouhodobou stabilitu. Následně se tato tolerance daná výrobcem jednoduše použije jako dovolená chyba, bez ohledu na to, kde je přístroj nainstalován. Toto je špatná praxe. Je vždy třeba vzít v úvahu požadavky na toleranci měření v rámci technologického procesu!

Kritičnost měření

Při stanovení kalibračního intervalu je třeba vzít v úvahu kritičnost měření.

V některých případech může být měřicí přístroj kalibrován těsně před realizací přesného měření. A může být znovu kalibrován po tomto měření, aby bylo zajištěno, že během měření zůstal v požadované toleranci.

Některé měřicí procesy nejsou kritické a nevyžadují tak přesné měření, jako je přesnost použitého měřicího přístroje, takže tyto pozice lze kalibrovat méně často a dovolená chyba může být větší než specifikace měřidla.

Některé pozice jsou pro proces měření naopak velmi důležité – tyto lokace vyžadují velmi přesná měření. Pokud jsou v těchto kritických místech instalována stejná měřidla jako v nekritických pozicích, měla by být kalibrována častěji a jejich dovolená chyba by měla být udržována dostatečně těsná pro tato kritická místa měření. Dovolená chyba pozice může být dokonce přísnější než specifikace použitého přístroje, ale pak jej musíte dostatečně často kalibrovat a sledovat, zda zůstává v těchto přísných mezích.

Na různé pozice měřicího procesu můžete samozřejmě nasadit měřicí přístroje různé úrovně přesnosti, ale toto není

příliš pohodlné ani praktické. Nicméně správné rozhodnutí by se mělo konzultovat s kolegy v podniku, kteří nejlépe znají požadavky na přesnost různých měřicích procesů.

Dovolená chyba měření by měla vycházet z požadavků procesu, nikoli ze specifikace instalovaného měřidla.

Jaká přesnost je dostatečná?

V předchozím odstavci jsme diskutovali o provozních přístrojích. Stejná úvaha platí i pro etalony/kalibrátory.

Funguje to oběma směry; než si koupíte jakýkoli kalibrátor/etalon, měli byste se ujistit, že je dostatečně přesný pro všechny vaše nejdůležitější kalibrační potřeby. Nejen pro dnešek, ale i v následujících letech. Nemá smysl kupovat kalibrátor, který nebude příští rok dostatečně přesný nebo který nevyhovuje dané činnosti; jsou to jen zbytečně utracené peníze.

Na druhou stranu nemusíte vždy kupovat nejpřesnější a nejdražší zařízení. V závislosti na vašich potřebách přesnosti musí být etalon dostatečně přesný, ale ne zase přehnaně. Metrologicky samozřejmě není na škodu koupit si velmi přesný etalon, ale takový přístroj může být nepraktický pro rutinní kalibrace a také zbytečně drahý.

Je třeba vzít v úvahu také použitelnost. Některé kalibrátory umožňují kalibrovat více veličin a jiné zase jen jednu.

Doporučení výrobce

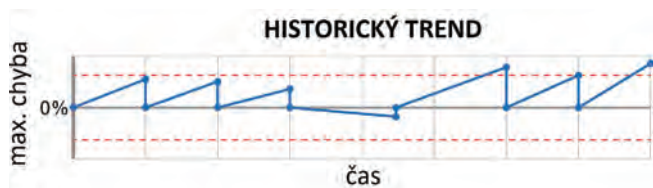
U mnoha měřicích přístrojů výrobci specifikují doporučený kalibrační interval. To platí zejména pro etalony/kalibrátory. Výrobci často nejlépe vědí, jak se jejich zařízení chová a jaký je jeho drift. Výrobci také často specifikují typickou dlouhodobou stabilitu pro dané období, například po dobu jednoho roku.

Doporučení výrobce je tedy snadným a dobrým výchozím bodem při rozhodování o počátečním kalibračním intervalu. Samozřejmě, v průběhu času byste měli sledovat stabilitu zařízení a podle toho kalibrační interval upravit.

V závislosti na tom, jak vysoká je udávaná přesnost etalonu, můžete kalibrační interval oproti doporučení výrobce prodloužit. Je to myšleno tak, že pokud má váš etalon ve srovnání s vašimi potřebami významně vyšší přesnost, můžete jej kalibrovat méně často. I když etalon nedokáže udržet své specifikace, nemusí to pro vás být tak důležité. Také naopak – pokud je etalon na hranici pro vás dostatečné přesnosti, můžete jej kalibrovat častěji, než doporučuje výrobce, protože jej budete chtít udržovat v přísnější toleranci, než je jeho udávaná přesnost.

Historie stability a její trend

Historie stability měřicího zařízení je velmi cenná informace. Stabilitu svých měřicích zařízení byste měli vždy sledovat. V případě, že je třeba zařízení během rekalkibrace seřídít, měli byste vždy evidovat výsledky kalibrace před seříděním (As Found) a samozřejmě i po seříděním (As Left). Pokud pouze seřídíte přístroj a vytvoříte nový kalibrační list, bude to vypadat, že byl přístroj velmi stabilní, i když to není pravda.



Obr. 1: Historický trend

Pokud posíláte přístroj ke kalibraci, zajistěte, abyste dostali výsledky kalibrace před a po seřízení, pokud bude seřizování prováděno. Následně se také ujistěte, zda bylo seřízení prováděno.

Norma ISO/IEC 17025:2017 výslovně požaduje, aby kalibrační listy vydané akreditovanou kalibrační laboratoří obsahovaly výsledky před a po každé adjustaci nebo opravě. Jakmile získáte delší historii stability měřicího zařízení, můžete začít provádět změny kalibračního intervalu. Pokud je přístroj příliš nestabilní a často při recalibraci nespĺňuje toleranci, musíte přirozeně kalibrační interval zkrátit. Naopak, pokud při každé recalibraci prokazatelně, bez potřeby seřízení splňuje toleranci, můžete zvážit prodloužení kalibračního intervalu.

Ve svém systému kvality byste měli mít schválený písemný postup pro změnu kalibračních intervalů a také definované odpovědnosti. Například, metrolog nebo technolog může stanovit, že se kalibrační interval může prodloužit na dvojnásobek, pokud odchylky přístroje dlouhodobě nepřekračují 25 % dovolené chyby u kritických měření a 50 % u nekritických měření.

I když stabilita přístroje po první recalibraci vypadá dobře, měli byste obvykle před prodloužením intervalu počkat na několik recalibrací. Pokud plánujete kalibrační interval prodloužit, měli byste také zvážit náklady vzniklé při nevyhovující recalibraci.

U některých průmyslových odvětví (jako je například farmaceutický průmysl) nebo u některých kritických měření jsou finanční ztráty v případě nevyhovující recalibrace tak vysoké, že je naopak mnohem levnější kalibrovat „velmi často“.

Na druhou stranu, pokud jsou výsledky kalibrace nevyhovující, měli byste okamžitě kalibrační interval zkrátit. Přirozeně to závisí také na tom, o kolik byla dovolená chyba překročena, a na tom, o jak kritické měření se jedná.

Analýza historického trendu kalibrací je možná pouze s kalibračním softwarem, který má tuto funkci.

Pokud používáte software pro správu kalibrací Beamex CMX [2], je generování grafického zobrazení historického trendu kalibrací otázkou stisku jednoho tlačítka.

Předchozí zkušenosti

V předchozím odstavci byla historie stability diskutována jako důležité hledisko. Někdy již ovšem máte se stabilitou určitého typu přístroje, pro který musíte nastavit kalibrační interval, předchozí zkušenosti. Stejně typy přístrojů mají často podobnou dlouhodobou stabilitu. Je tedy třeba zohlednit i předešlé zkušenosti s podobnými měřicími přístroji.

Podobné typy přístrojů mohou mít podobné kalibrační intervaly, ale neplatí to vždy, protože různé procesy měření

mají různou kritičnost, odlišnou potřebu přesnosti a mohou mít také odlišné podmínky provozu a okolního prostředí.

Systém kvality, předpisy a nařízení

Pro měření v určitých průmyslových odvětvích mohou existovat nařízení vycházející z platných norem nebo předpisů, která stanoví přípustnou délku kalibračního intervalu. S tím je těžké polemizovat.

I v běžné průmyslové praxi se mohou objevit případy, kdy je obtížné kalibrační interval změnit, protože je pevně stanoven v systému kvality. V tomto ohledu by mělo být možné systém kvality změnit.

Náklady a rizika v případě nevyhovující kalibrace (přístroj mimo toleranci)

Při stanovení kalibračního intervalu přístrojů by měla být provedena správná analýza rizik.

Při rozhodování o kalibračním intervalu přístroje je třeba vzít v úvahu náklady a důsledky, pokud výsledky kalibrace nevyhoví stanovené toleranci. Jde o nalezení dobré rovnováhy mezi náklady na kalibraci ve vhodných intervalech a náklady na nedostatečnou kalibraci. Měli byste se zeptat sami sebe: „Co se stane, pokud tento přístroj při kalibraci nevyhoví?“

Pokud se nejedná o kritickou aplikaci a pokud mírné překročení dovolené chyby není extrémně závažné, pak je v pořádku, že kalibrace občas nevyhoví. Pokud je to možné, měli byste při kalibraci měřicí přístroj vždy seřídít, abyste zajistili správnost měření a abyste měli rezervu pro drift před další kalibrací.

Pokud se jedná o kritické měření, přístroj nebo aplikaci, mohou být důsledky nevyhovujícího výsledku recalibrace opravdu rozsáhlé. V nejhorším případě to může mít za následek opatření regulačního orgánu (např. ve farmaceutickém průmyslu), ztrátu licence k výrobě produktu, negativní pověst, ztrátu důvěry zákazníků, fyzické zranění osob ve výrobě nebo konečných uživatelů, kteří dostanou špatný produkt atd. Jedním z opravdu alarmujících důsledků je, pokud budete muset stáhnout dodané výrobky z trhu kvůli chybě zjištěné při kalibraci. Pro mnoho průmyslových odvětví jsou takové svolávací akce zjevně velmi velkým problémem.

Jako příklad lze uvést odvětví tepelného zpracování materiálů, kde nelze snadno zkontrolovat, zda byl konečný výrobek správně zpracován. Chyba při tepelném zpracování může mít významný vliv na kvalitu a vlastnosti kovových dílů, které obvykle směřují do letectví nebo do automobilového průmyslu, takže chybné tepelné zpracování může mít velmi závažné důsledky.

Nekvalitní výrobky kvůli špatné kalibraci nebo nedostatečné kalibraci mají určitě obrovské důsledky ve farmacii a potravinářství.

Další aspekty, které ovlivňují kalibrační interval

Existuje také mnoho dalších aspektů, které ovlivňují kalibrační interval, jako například:

Pracovní vytížení přístroje: Pokud je přístroj používán nepřetržitě, měl by být kalibrován častěji, než ten, který se používá velmi zřídka.

Podmínky prostředí: Přístroj používaný v extrémních podmínkách prostředí by měl být kalibrován častěji než přístroj používaný ve stabilních podmínkách.

Přeprava: pokud je přístroj přepravován často, měli byste zvážit jeho častější kalibraci.

Náhodné upuštění / náraz: pokud dojde k pádu nebo jinému otřesu přístroje, může být rozumné nechat si jej následně kalibrovat.

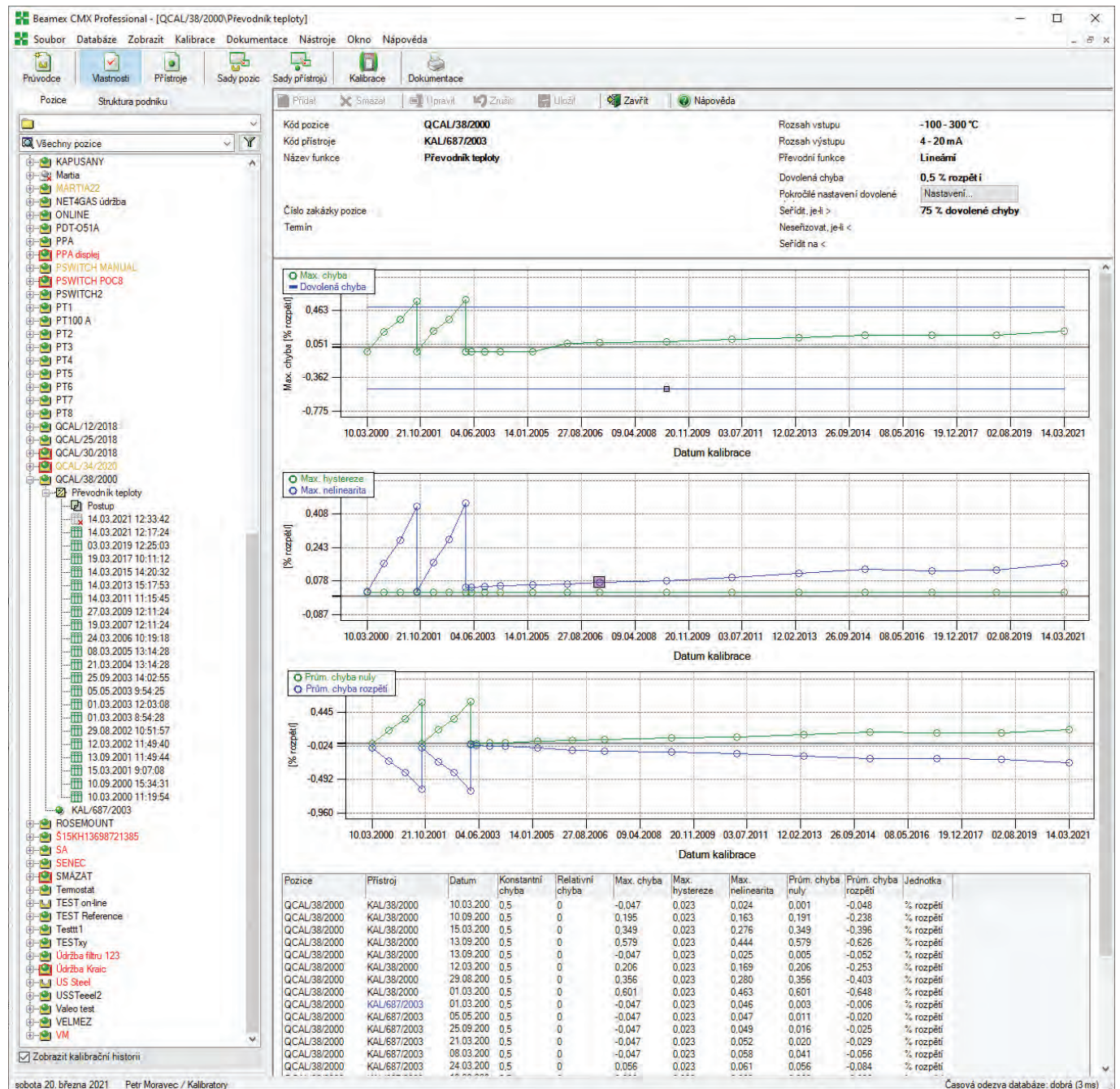
Mezikalibrační kontroly: v některých případech lze přístroj zkontrolovat porovnáním s jiným přístrojem nebo s vhodnou interní referencí. Například přesnou

jednobodovou kontrolu snímače teploty lze poměrně snadno realizovat pomocí Dewarovy nádoby naplněné směsí ledové tříště s destilovanou vodou. Tento druh průběžných kontrol mezi skutečnými úplnými rekalicracemi zajišťuje jistotu měření a lze jej použít k prodloužení kalibračního intervalu.

Návaznost a nejistota kalibrace

Při každé kalibraci byste měli mít na zřeteli návaznost a nejistotu.

Návaznost znamená, krátce řečeno, že všechny vaše kalibrace (měřicí přístroje) musí mít platný nepřerušovaný řetězec metrologické návaznosti k odpovídajícímu mezinárodnímu nebo národnímu etalonu.



Obr. 2: Historický trend v uživatelském rozhraní softwaru Beamex CMX

Kdykoli provádíte měření, měli byste si být vědomi nejistoty související s tímto měřením.

Pokud se nezohlední návaznost a nejistota, měření nemá velkou hodnotu.

Softwarová analýza historických trendů kalibrace

Analýza historických trendů kalibrace vám umožňuje zobrazení a vyhodnocení dlouhodobé stability měřicího zařízení.

- Kalibrační software Beamex CMX ukládá výsledky všech kalibrací do databáze; historický trend může být rychle a snadno automaticky zobrazen v tabulce i graficky.
- Beamex CMX také indikuje instalaci a kalibraci nového přístroje do měřicí pozice, a tím se usnadní porovnávání rozdílů mezi různými přístroji.

- Grafické zobrazení historického trendu umožňuje vizualizaci a optimalizaci kalibračních intervalů.

Souhrn

Výhody softwarové analýzy historického trendu

- Stanovení optimálního kalibračního intervalu na základě analýzy.
- Vyvození závěrů týkajících se kvality konkrétního měřicího přístroje.
- Úspora času: ve srovnání s tradičními manuálními metodami jsou možné rychlejší analýzy.
- Snadné vyhodnocení, zda použité měřicí zařízení odpovídá stanovené technické specifikaci aplikace a zda je dlouhodobě v toleranci.

- Hodnocení dodavatelů: lze rychle a snadno porovnat výkon, kvalitu a stabilitu různých snímačů od různých výrobců.

Kdy se může frekvence kalibrace snížit

- Je-li přesnost a dlouhodobá stabilita, v porovnání s požadovanou dovolenou chybou, zanedbatelná.
- Je-li měřicí zařízení považováno za nekritické nebo je umístěno v měřicí pozici s nízkou prioritou.

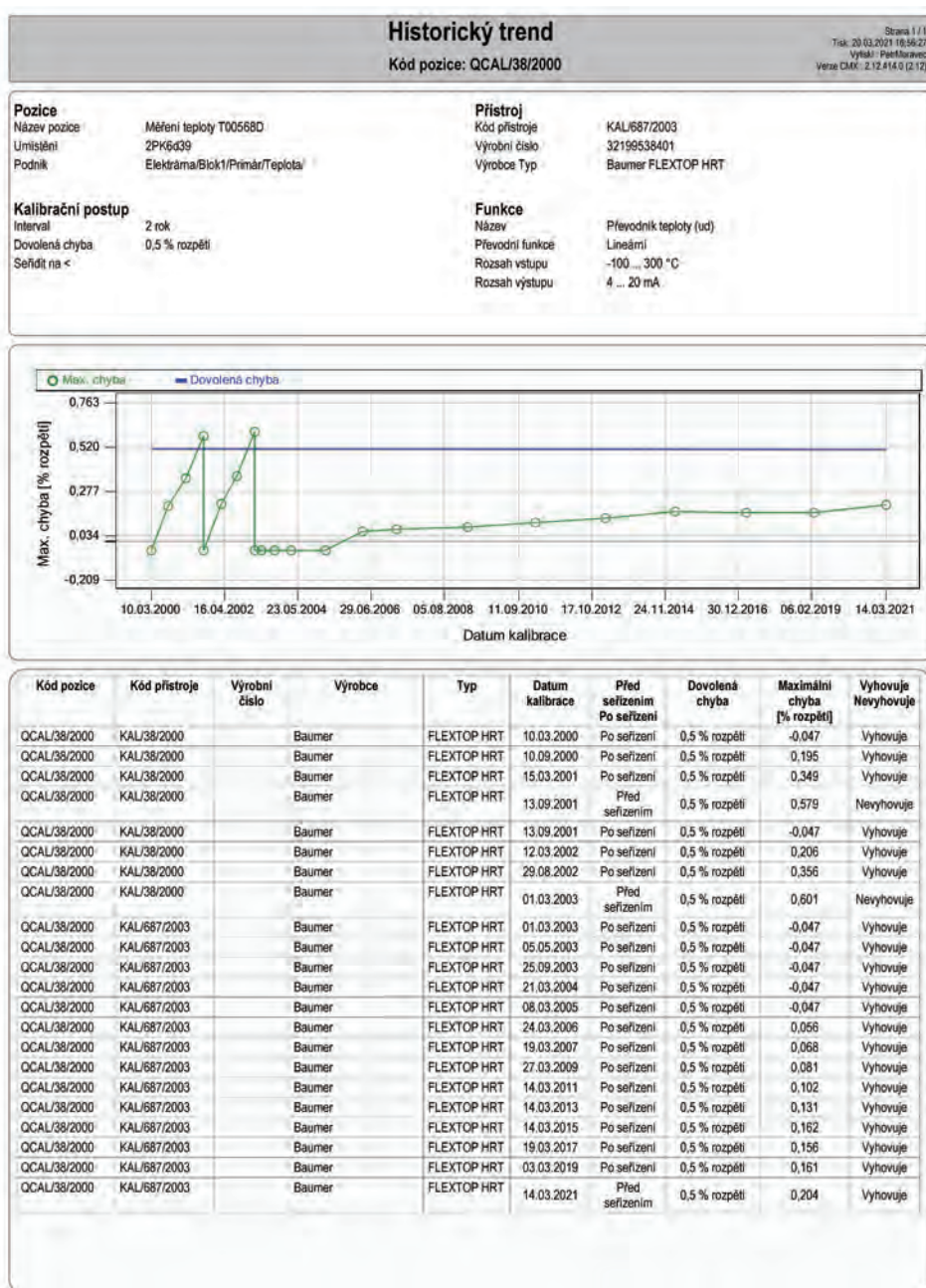
Kdy by se frekvence kalibrace měla zvýšit

- Jestliže měřicí přístroj vykazuje drift mimo stanovenou dovolenou chybu.
- Je-li přístroj umístěn v kritickém měřicím procesu, který může mít významný vliv na kvalitu, bezpečnost a ekonomiku provozu.

Napsáno podle dokumentu „Beamex White Paper“ a blogu „How often should instruments be calibrated? [Update]“ jejichž autorem je Heikki Laurila, který od roku 1988 pracoval ve společnosti Beamex ve výrobním oddělení, v servisním oddělení, v kalibrační laboratoři, jako Quality Manager, Product Manager a nyní působí jako Product Marketing Manager.

Odkaz

- [1] <https://www.beamex.com/resources/white-papers-ebooks>
- [2] <https://blog.beamex.com/how-often-to-calibrate-update>
- [3] <https://blog.beamex.com/author/heikki-laurila>



Obr. 3: Tiskový výstup historického trendu

Kalibrace pod kontrolou



Společnost Beamex dodává přístroje, software a služby potřebné pro efektivní proces kalibrace. Proces kalibrace začíná plánováním a rozvrhem kalibračních činností a zahrnuje samotnou realizaci kalibrace a také dokumentaci výsledků. Efektivní proces kalibrace šetří čas, automatizuje postupy, je úsporný a zajišťuje spolehlivost výsledků. Nejlepší kalibrační procesy ve své třídě jsou integrované, automatizované a digitalizované. [Více se dozvíte na: www.beamex.com](http://www.beamex.com)

beamex
A BETTER WAY TO CALIBRATE

Kalibrátory, s.r.o.

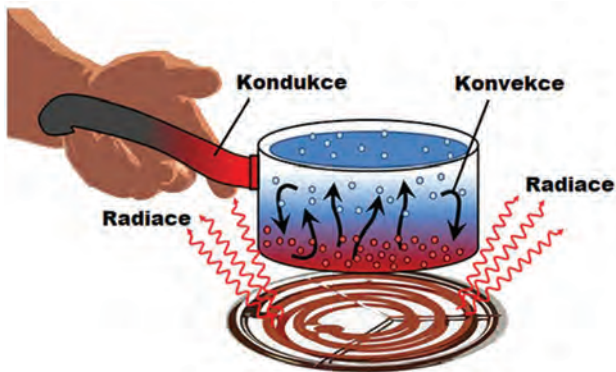
www.kalibratory.cz
info@kalibratory.cz

HISTORIE A ZPŮSOBY MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI

Ing. Filip Vašíček

Český metrologický institut, Praha

Šíření tepla v materiálech probíhá třemi mechanismy: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) a zářením (radiací). Přenos tepla **vedením** je založen na předávání kinetické energie neuspořádaných tepelných pohybů. Přenos probíhá z míst o vyšší teplotě do míst s nižší teplotou. Vedení probíhá v látkách pevných, kapalných i plynných. Vedení tepla lze rozdělit na ustálené (stacionární) a neustálené (nestacionární). U ustáleného vedení tepla se teplotní rozdíl mezi částmi dvou těles nemění s časem. V případě neustáleného vedení tepla se teplotní rozdíly částí těles, kde dochází k přenosu, postupně vyrovnávají. **Proudění** probíhá v kapalinách a plynech. V důsledku ohřevu se obvykle zvětšuje objem látek, a tím se zmenšuje jejich hustota. V přítomnosti teplotního rozdílu ohřívána část (s menší hustotou) stoupá, a tím vytlačuje těžší chladnější část tekutiny. U posledního mechanismu vedení tepla **radiací** není zapotřebí látkového prostředí (radiací lze přenášet teplo i ve vakuu), protože se teplo šíří elektromagnetickým zářením. Když se vlnová délka záření nachází v infračervené oblasti, tak se záření označuje jako tepelné záření neboli sálání. Porovnání všech tří mechanismů je na **obr. 1**. Tento článek dále pojednává detailněji o prvním z uvedených mechanismů, a to o tepelné vodivosti.



Obr. 1: Ukázka všech tří mechanismů probíhajících najednou ve stejném prostředí [1]

Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost daného materiálu vést teplo. To znamená, jak snadno se v materiálu vyrovnávají teplotní rozdíly. Charakterizována je **součinitelem tepelné vodivosti**, který je běžně označován písmenem řecké abecedy lambda λ (v anglosaské literatuře může být označován i jako k nebo κ). V mezinárodní soustavě jednotek (SI) má součinitel tepelné vodivosti jednotku watt na metr a kelvin, značeno $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Součinitel tepelné vodivosti je materiálová konstanta, která je zjišťována experimentálně. Materiálovou konstantou není myšleno nějaké pevně dané číslo, jako je tomu u klasických konstant, ale jedná se o veličinu, která má konstantní hodnotu za specifických podmínek. Součinitel tepelné vodivosti například závisí na teplotě, tlaku, vlhkosti, struktuře a pórovitosti látky.

Převrácenou hodnotou součinitele tepelné vodivosti lze získat **měrný tepelný odpor**, který vyjadřuje odpor materiálu k toku tepla. Jednotka měrného tepelného odporu je $K \cdot m \cdot W^{-1}$.

Tepelná vodivost je důležitá například u kuchyňského nádobí, jehož tepelná vodivost by měla být vysoká. Opačný případ je u izolačních materiálů, které díky své nízké tepelné vodivosti chrání vnitřní prostředí před vysokou teplotou zvenčí či naopak před ztrátou tepla.

Historie popisující cestu od vzniku konceptu tepelné vodivosti až do dnešní doby je velmi obsáhlá, proto je v následující kapitole zkrácena na popis jejich důležitých milníků.

1. Historie

Koncept tepelné vodivosti se vyvíjel přes dvě století, než se dostal do podoby, v jaké ho známe dnes [2]. Před samotným konceptem tepelné vodivosti musely být rozvinuty jiné koncepty, jako teplo, tok tepla, specifické a latentní teplo a také teplota. V souvislosti s těmito koncepty musely být vymyšleny zařízení a postupy pro jejich měření a kvantifikaci.

Mezi první primitivní teploměry (přesnější je označovat je jako **termoskopy**) patří zařízení vynalezené v roce 1597 vynálezcem Galileo Galileem (1564 - 1642). Tento vynález umožnil řešení problematiky tepelného toku. Oddělení konceptů tepla a teploty se však uskutečnilo až po více než sto padesáti letech od Galileova vynálezu; do té doby nikoho nenapadlo měřit teplo nezávisle na teplotě [2]. Důležitým milníkem byl vynález **rtuťových teploměrů** Daniela Fahrenheita (1686 - 1736), které umožnily reprodukovatelné měření teploty, a tím i možnost kvantitativního studia tepla [3]. Až kolem roku 1760 skotský fyzik Joseph Black (1728 - 1799) jako první rozpoznal rozdíl mezi teplem a teplotou. Black také zavedl pojmy latentní a specifické teplo a předložil k úvaze tepelné rovnováhy mezi objekty [2]. V 80. letech 18. století Antoine Lavoisier (1743 - 1794) a Pierre Laplace (1749 - 1827) vynalezli první **kalorimetr**. Za otce kalorimetrie je přesto považován Joseph Black,



Obr. 2: První led-kalorimetr na světě vynalezen Lavoisierem a Laplacem [4]

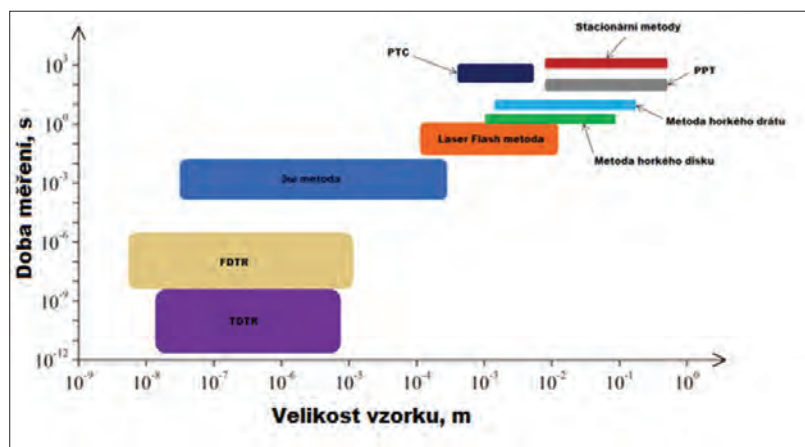
a to kvůli svým objevům, které k tomuto vynálezu vedly. Kalorimetrické měření latentního tepla rozpouštějícího se ledu se prokázalo být dobrým standardem pro kvantifikaci tepla [3]. Objev kalorimetru umožnil budoucí měření tepelné vodivosti těles. Předtím bylo nutné oddělit koncepty vodivosti a konvekce. Radiace byla identifikována jako nezávislá metoda přenosu tepla již v počátcích bádání [2].

K oddělení konceptů vodivosti a konvekce přispěl až Benjamin Thompson, známý jako hrabě Rumford (1753 - 1814). Rumford ve svých raných pracích usuzoval, že všechno teplo, které se nepřenáší radiací, se přenáší vedením. Po dalších experimentech došel k závěru, že kapaliny a plyny nepřenáší teplo vedením [2]. Rumford se přátelil se švýcarským fyzikem Raulem Pictetem, který jako první dokázal, že míra vodivosti tělesa je vlastnost nezávislá na jeho poloze. Kolem roku 1800 byla tepelná vodivost chápána spíše v intuitivním smyslu, a ne úplně přesně. V té době ještě nikdo nerozeznal, že míra změny teploty závisí nejen na tepelné vodivosti, ale i na tepelné kapacitě [3].

První důkladnou vědeckou definici tepelného vedení dal světu Francouz Joseph Fourier (1768 - 1830). V době, kdy Fourier prezentoval svoji matematickou teorii, nebyla ještě známa podstata tepla. Probíhaly aktivní debaty, zda se jedná o tekutinu (kalorická teorie) nebo o druh pohybu. Fourier ale ve svých matematických zákonech považoval teplo za nezávislé na zmíněných hypotézách podstaty tepla [3]. Tepelná vodivost se v průběhu 19. století stala důležitou materiálovou vlastností, a to z důvodů vědeckých i inženýrských. Svými matematickými rovnicemi Fourier umožnil další zkoumání tepelné vodivosti v následujících letech [3]. K rozvoji tepelné vodivosti, a s tím i souvisejících konceptů (například tepelné difuzivity, směrové závislosti tepelné vodivosti v krystalech aj.) až do podoby, jak je známe dnes, napomohlo velké množství vědců, pro které již nezbyl v tomto článku prostor. Franklin, Hooke, Newton, Lambert a Ingen-Housz jsou příklady vědců, kteří se také podíleli na rozvoji tepelné vodivosti.

2. Způsoby měření tepelné vodivosti

V současné době existuje několik možných způsobů, jak změřit tepelnou vodivost materiálu. Obecně je lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na **metody stacionární a nestacionární**, které jsou také označovány jako **transientní** [4]. Transientní metody se dále dělí podle způsobu vyhodnocení na časovou a frekvenční doménu [5]. Existují i další možnosti dělení, jako například na **metody absolutní a relativní** (komparativní) nebo **metody kontaktní a bezkontaktní**. Absolutní metody vycházejí z definice měřené veličiny, v tomto případě z tepelné vodivosti, která se určí výpočtem ze základních fyzikálních veličin. Absolutní metody jsou obecně přijímány jako nej přesnější. V případě relativních metod jde o srovnání měřené veličiny s jinou, již známou hodnotou (např. referenční materiály). Přesnost u těchto metod je složená z přesnosti daného přístroje a také z přesnosti absolutní metody, která měřila referenční materiál. Podle teplot, ve kterých dané zařízení operuje, je možné rozdělení do jedné ze tří kategorií: teploty pod laboratorní teplotou (až do -180 °C), za laboratorní teploty (20 až 25) °C a za vysoké teploty (do 600 °C i výše) [4]. Z důvodu velkého množství metod pro měření tepelné vodivosti se tento článek zaměří jen na několik vybraných metod.



Obr. 3: Porovnání velikostí vzorků a dob měření mezi jednotlivými metodami

2.1. Nestacionární/transientní metody

Nestacionární metody (na rozdíl od stacionárních) provádějí měření během procesu ohřívání, tedy v neustáleném stavu. To má za důsledek mnohem rychlejší měření (v řádu minut nebo desítek minut), ale zároveň také nižší přesnost. Výhodou oproti stacionárním metodám je to, že většinou postačují vzorky menší velikosti (obr. 3) [5]. Rychlejší měření při neustáleném stavu také umožňuje měření vlhkých vzorků a zkoumání vlivu vlhkosti na tepelnou vodivost.

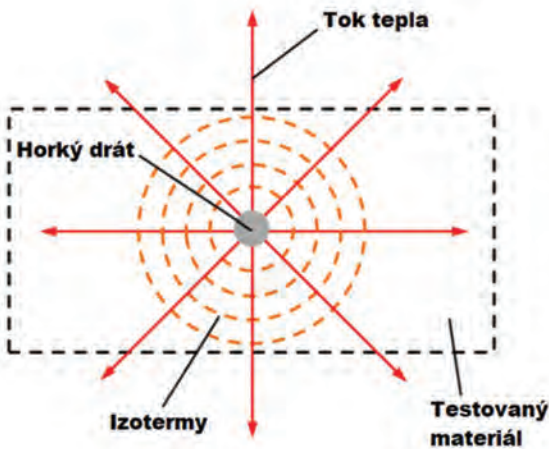
Tabulka 1: Přehled některých transientních metod a jejich charakteristik [4]. Tabulka je zjednodušená pro přehlednost.

Metoda	Rozsah teplot °C	Nejistota %	Materiály	Klady	Zápory
Metoda horkého drátu (nebo proužku)	-40 – 1600	1 – 15	Kapaliny, skla, plasty, žáruvzdorné materiály, keramika, jídlo	Rozsah teplot, rychlost	Omezeno pro materiály s nízkou tepelnou vodivostí
Metoda horkého disku (TPS metoda)	-240 – 900	-	Kapaliny, pevné a práškovité látky	Velmi krátká doba měření, přesnost, více tepelných vlastností najednou	Omezeno v rozsahu 0,005 až 500 W/m/K
Metoda laserového záblesku (LFA)	-100 – 3000	1,5 – 5	Pevné a práškovité látky, kapaliny, polymery, keramika	Rozsah teploty, rychlost, přesnost za vysoké teploty, malé vzorky	Finančně nákladné, nevhodné pro izolační materiály

Výpočet tepelné vodivosti u nestacionárních metod je v porovnání se stacionárními metodami mnohem komplikovanější a jeho popis nebude součástí tohoto článku. Jedná se o parciální diferenciální rovnici, která je označována jako rovnice vedení tepla.

2.1.1. Metoda horkého drátu

Princip metody horkého drátu (THW, z anglického Transient Hot Wire) spočívá v tom, že se horký drát (většinou vyrobený z tantalu nebo platiny) vloží do testovaného materiálu a měří se teplotní nárůst v definované vzdálenosti od lineárního zdroje [5, 6]. Horký drát, který se nazývá sonda, slouží jako zdroj tepla a zároveň jako teplotní čidlo. Jsou celkem tři možnosti modifikace sondy: odporové uspořádání (je tvořeno jedním odporovým topným drátem), paralelní a křížové uspořádání (jsou složeny ze dvou drátů - topného drátu a tepelného čidla) [7]. Teplu se z horkého drátu šíří radiálně do vzorku a změna teploty je zaznamenávána. Metoda je použitelná pro pevné látky, kapaliny, sypké materiály, a dokonce i nanokapaliny. Nejčastěji se využívá pro měření nízkovodivostních materiálů, jako jsou například žáruvzdorné materiály a zeminy. Pro výpočet tepelné vodivosti se vychází ze změny teploty v závislosti na logaritmu času (musí být známa hustota a tepelná kapacita) [6]. Hlavními výhodami této metody jsou vysoké teploty měření a krátké časy měření.



Obr. 4: Princip metody THW [5]

2.1.2. Metoda horkého disku

Metoda horkého disku nese také název Transient Plane Source (TPS) a jedná se o absolutní metodu. Hlavní součástí metody je tenký kovový proužek nebo disk, fungující současně jako zdroj tepla a teplotní senzor [5]. Plochý senzor se skládá z kontinuální dvojité spirály z elektricky vodivého niklu, která je vložena mezi dvě vrstvy fólie (např. Kapton®) [7]. Fólie zajišťuje elektrickou izolaci a mechanickou stabilitu senzoru. Při měření je senzor vložen mezi dvě poloviny vzorku a prochází jím malý konstantní proud, který vede ke zvýšení teploty senzoru [5]. Teplu je rozptýleno do vzorku po obou stranách senzoru v závislosti na vlastnosti tepelného přenosu materiálu. Zaznamenává se závislost teploty na čase odezvy senzoru, a z ní je



Obr. 5: Senzor horkého disku (Hot Disk®)

poté možné vypočítat několik vlastností vzorku, včetně jeho tepelné vodivosti. Nevýhodou TPS metody je to, že rovinné strany obou polovin vzorku musí být v kontaktu se senzorem [5].

2.1.3. Metoda laserového záblesku

Metoda laserového záblesku (dále jen LFA, z anglického Laser Flash Analysis) měří tepelnou difuzivitu materiálů, kterou je možné pomocí hustoty a tepelné kapacity přepočítat na tepelnou vodivost podle vztahu:

$$\lambda = \alpha \cdot \rho \cdot c_p$$

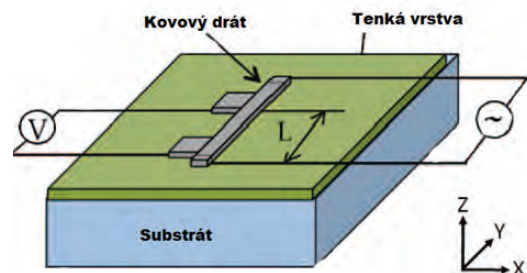
kde α je tepelná difuzivita ($m^2 \cdot s^{-1}$), λ je tepelná vodivost ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$), je hustota ($kg \cdot m^{-3}$) a c_p je měrná tepelná kapacita ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$). Při měření je vzorek vystaven krátkým vysoce intenzivním světelným pulzům, které pocházejí ze zdroje, jímž může být laser nebo záblesková lampa. Vzorek tuto energii absorbuje a následně ji z povrchu vyzáří ve formě infračerveného záření. Vzniká zvýšená teplota na povrchu vzorku, která je pak detekována pomocí infračerveného detektoru, kde je měřena změna teploty v závislosti na čase [6]. Výhodami LFA metody jsou rychlost měření, široký interval teplot použití a nedestruktivní měření vzorku (vzorek se nezničí). Nevýhodou je omezení na velmi malé a homogenní vzorky [7].



Obr. 6: Schéma LFA metody [8]

2.1.4. Metoda 3ω

Metoda 3ω je běžně užívána pro měření tenkých vrstev (elektricky vodivých, polovodivých i nevodivých) a pevných materiálů [5]. Metoda se podobá metodě horkého drátu, ale s tím rozdílem, že se jedná o metodu pracující ve frekvenční doméně, zatímco výše zmíněné metody pracují v časové doméně. 3ω metoda je tedy nezávislá na čase a měří elektrický signál se specifickou frekvencí [4]. Střídavý proud s modulační úhlovou frekvencí ω [rad/s] prochází drátem (hliník, zlato, platina), který je zároveň zdrojem tepla i tepelným čidlem. Teplu generované topným drátem se šíří do vzorku. Protože elektrický odpor drátu je úměrný teplotě, tak oscilace teploty je možné nepřímo měřit pomocí 3ω napětí [4]. Při měření elektricky vodivých nebo polovodivých materiálů je zapotřebí použít dodatečnou izolační vrstvu mezi topným drátem a testovanou vrstvou [5]. Touto metodou je



Obr. 7: Schéma 3ω metody pro měření tenké vrstvy [4]

možné měřit kromě tepelné vodivosti i tepelnou difuzivitu a tepelnou kapacitu materiálů. Tepelná vodivost a difuzivita se vyhodnocují na základě jejich závislosti na frekvenci proudu. 3ω metoda poskytuje průměrnou tepelnou vodivost ze dvou rovin, protože přenos tepla v rovině x a v příčné rovině z se v tenkých vrstvách liší [4]. Významná výhoda je ta, že chyba v důsledku ztráty tepla radiací je velmi zredukována, a to i za vyšších teplot [5].

2.2. Stacionární metody

Stacionární metody provádí měření v momentě, kdy analyzovaný materiál je v úplné rovnováze. Rovnovážný stav je indikován jednoduše, a to konstantními signály v průběhu měření (např. teploty topných desek). Princip všech metod je stejný: teplo se šíří od povrchu vyhřívaného objektu (deska, koule, válec) přes vzorek k chladnějšímu povrchu, kde je teplo odváděno. U měření tepelné vodivosti pomocí stacionárních metod se předpokládá, že tok tepla probíhající mezi teplým a studeným povrchem vzorku je jednosměrný a uniformní [7]. Velmi důležité u těchto metod je také zamezení výskytu tepelných ztrát (případně i zisků). Nevýhodou stacionárních metod je dlouhá časová prodleva pro dosažení potřebného rovnovážného stavu (v řádu několika hodin) a také finanční náročnost kvalitně navržené experimentální aparatury. Naopak výhodou je to, že se jedná o jedny z nejpřesnějších metod, a dokonce v některých případech i o metody primární [4]. Přehled některých stacionárních metod a jejich charakteristik je v **tab. 2**.

Tabulka 2: Přehled některých stacionárních metod a jejich charakteristik [4].
Tabulka je zjednodušená pro přehlednost.

Metoda	Rozsah teplot °C	Nejistota %	Materiály	Klady	Zápory
Metoda chráněné topné desky	-180 – 1200	2 – 5	Izolační materiály	Vysoká přesnost	Dlouhá měření, materiály s malou tep. vodivostí, veliké vzorky
Válcový přístroj	-260 – 700	2	Kovy	Simultánní určení elektrické vodivosti	Dlouhá měření
Metoda měřidla tepelného toku	-180 – 2300	0,5 – 15	Izolační materiály, skla, plasty, keramika aj.	Jednoduchá konstrukce a ovládání	Nejistota, relativní metoda
Komparativní metoda	0 – 1300	10 – 20	Kovy, keramika, plasty	Jednoduchá konstrukce a ovládání	Nejistota, relativní metoda
Metoda přímého topení	130 – 2700	2 – 10	Kovy, elektrické vodiče	Jednoduchá a rychlé měření, simultánní určení elektrické vodivosti	Jen pro elektricky vodivé materiály
Trubková metoda	20 – 2500	3 – 20	Pevné látky, křemičitan vápenatý	Rozsah teplot	Příprava vzorků, dlouhá měření

Stacionární metody pro měření tepelné vodivosti vychází z Fourierova zákona o vedení tepla. Protože u stacionárních metod je předpokládán jednosměrný tok, zákon je poté možné zjednodušit na následující jednorozměrnou rovnici:

$$q_x = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$$

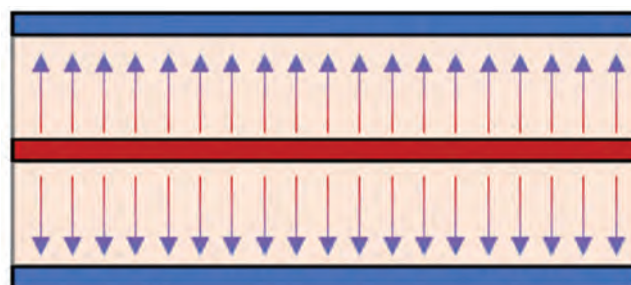
kde q_x je hustota tepelného toku v ose x , λ je tepelná vodivost materiálu a $\frac{dT}{dx}$ je gradient teploty v ose x .

Pro měření vysokoteplotních izolačních materiálů jsou vhodné převážně metody chráněné topné desky a měřidla tepelného toku, které budu popsány níže [7].

2.2.1. Metoda chráněné topné desky

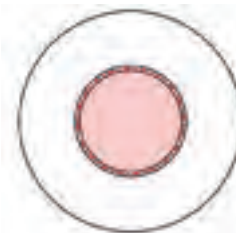
Metoda chráněné topné desky (dále jen GHP, z anglického Guarded Hot Plate) bude nyní popsána podrobněji, než tomu je u ostatních metod. Je to z toho důvodu, že ČMI OI Praha, kde pracuje autor článku, disponuje jak akreditovaným nízkoteplotním GHP, který je schopný měřit v intervalu teplot (-5 až 65) °C, tak i vysokoteplotním GHP (dále jen HTGHP, High Temperature GHP), který je schopný měřit až do 850 °C. HT-GHP se bude v průběhu příštího roku připravovat na akreditaci.

Metoda GHP slouží ke stanovení materiálů s nízkou vodivostí (neboli s vysokým až středním tepelným odporem) [7]. Jak již bylo nastíněno výše, princip metody spočívá ve vložení vzorku kruhového nebo čtvercového tvaru mezi ohřívací desky s ekvivalentním tvarem. Jedná se o dvě studené desky a jednu teplou desku, která disponuje zabudovaným topným drátem. Teplo z vyhřívané teplé desky se přes vzorek šíří ke studeným deskám nacházejícím se nahoře a dole.



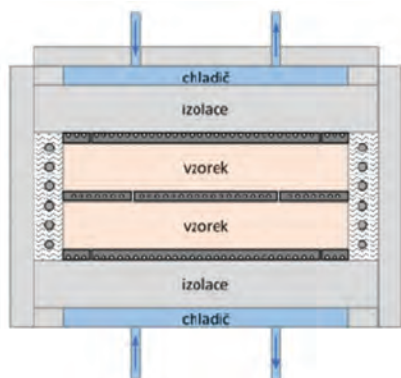
Obr. 8: Princip měření tepelné vodivosti metodou GHP

Pro výrobu desek se používá kov s dobrou tepelnou vodivostí, jako je například měď nebo hliník. Na rozdíl od studených desek je teplá deska rozdělena na dvě části – vnitřní měřicí sekci a vnější chránící sekci (anglicky guard). Vnější sekce teplé desky zajišťuje, aby se neztrácelo teplo horizontálním směrem [7]. Mezi těmito dvěma částmi je úzká vzduchová mezera. Plocha vnitřní měřicí sekce je definována mezinárodním standardem ISO 8302 a také normou ČSN EN 12667 jako plocha vymezená středem mezery mezi vnitřní a vnější částí, jak lze vidět na **obr. 9**.



Obr. 9: Vymezení plochy vnitřní měřicí sekce

Měření v aparátu GHP je možné provést ve dvou různých uspořádáních: dvouvzorkové a jednovzorkové. Dvouvzorkové uspořádání měří dva téměř identické vzorky, zatímco jednovzorkové měří jeden vzorek a druhé pozici je dán standard se známou tepelnou vodivostí nebo izolace. Výhodou dvouvzorkového uspořádání je to, že se jedná o absolutní metodu, kdežto v případě jednovzorkového uspořádání se jedná o metodu relativní. Měření teploty je zprostředkováno buď termoelektrickými články nebo odporovými teploměry, které je možné umístit dovnitř vývrtů v ohřívacích deskách nebo do žlábků na povrchu desek.



Obr. 10: Schéma HTGHP přístroje na ČMI OI Praha

Výpočet tepelné vodivosti λ (W/m/K) je jednoduchý a vychází ze zmiňovaného Fourierova zákona. Pro dvouvzorkové uspořádání je výpočet následující:

$$\lambda = \frac{P}{A} \cdot \left(\frac{\Delta T_1}{d_1} + \frac{\Delta T_2}{d_2} \right)^{-1}$$

kde P je výkon elektrického topení vnitřní části desky (W), A je plocha měřicí sekce teplé desky (m^2), ΔT_1 a ΔT_2 jsou teplotní rozdíly mezi teplou a studenou deskou náležící k jednotlivým vzorkům ($^{\circ}\text{C}$), d_1 a d_2 jsou tloušťky vzorků (m). Pro jednovzorkové uspořádání se vzorec zjednoduší na:

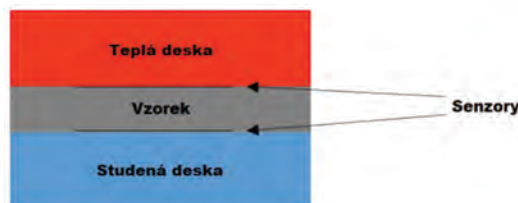
$$\lambda = \frac{P}{A} \cdot \frac{d}{\Delta T}$$

Největší výhodou metody GHP je to, že se jedná o absolutní metodu (v případě dvouvzorkového uspořádání), která má jednoduché vyhodnocení výsledků a analýzu nejistot. Nevýhodou jsou dlouhé intervaly měření a potřeba dlouhodobého udržení relativně velkých teplotních rozdílů skrze vzorek obecně v intervalu (30 až 70) K [7].

2.2.2. Metoda měřidla tepelného toku

Metoda měřidla tepelného toku (dále jen HFM, z anglického Heat-Flow Meter) má stejně jako u GHP vložený vzorek mezi teplou deskou a studenou deskou, ale s tím rozdílem, že na obou površích vzorku jsou přidána měřidla hustoty tepelného toku. Měřidlo hustoty tepelného toku může být kalibrováno senzorem nebo referenčním vzorkem o známé tepelné vodivosti [7]. HFM mohou být chráněné, v tom případě by šlo o GHFM (Guarded Heat-Flow Meter), kde je přidána chránící pec. Výpočet tepelné vodivosti se provádí z výstupního napětí měřiče tepelného toku za použití upraveného Fourierova

zákona. S výhodami a nevýhodami je na tom HFM podobně jako GHP, ale s tím rozdílem, že tato metoda není absolutní, ale relativní. HFM metoda přímo porovnává měřený vzorek s již známou hodnotou referenčního vzorku [7].



Obr. 11: Schéma měřidla tepelného toku [9]

Závěr

Historie konceptů tepelné vodivosti je obsáhlá a za jejím rozvojem stojí velké množství vědeckých velikánů. Způsobů měření tepelné vodivosti je mnoho a několik z nich bylo v tomto článku blíže popsáno. ČMI vlastněné nízkoteplotní GHP, které je nově akreditováno, je schopné měřit v intervalu (-5 až 65) $^{\circ}\text{C}$ s nejistotou v celém teplotním rozsahu kolem 2 %. Přístrojem je možné měřit vzorky s tepelnou vodivostí v rozmezí (0,01 až 0,34 W/m/K). ČMI také disponuje vysokoteplotním GHP, které je schopné měřit až do 850 $^{\circ}\text{C}$. Během roku bude probíhat příprava přístroje na akreditaci. Tento článek je financován z Institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace, přiznané Českému metrologickému institutu Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Reference

- [1] „MachineDesign.com,“ 30. 10. 2015. [Online]. Available: <https://www.machinedesign.com/learning-resources/whats-the-difference-between/document/21834474/whats-the-difference-between-conduction-convection-and-radiation>
- [2] A. C. Burr, „Notes on the History of the Concept of Thermal Conductivity,“ *A Journal of the History of Science Society*, 1933.
- [3] T. N. Narasimhan, „Thermal conductivity through the 19th century,“ *Physics Today*, 2010.
- [4] N. Yüksel, „The Review of Some Commonly Used Methods and Techniques to Measure the Thermal Conductivity of Insulation Materials,“ in *Insulation Materials in Context of Sustainability*, 2016.
- [5] X. Q. X. G. S. A. J. R. Y. Dongliang Zhao, „Measurement Techniques for Thermal Conductivity and Interfacial Thermal Conductance of Bulk and Thin Film Materials,“ *Journal of Electronic Packaging*, 2016.
- [6] J. V. Alena Vimmrová, „Determination of Thermal Conductivity,“ in *Building Materials 10: Materials and Testing Methods*, 2002.
- [7] R. S. J. H. J. W. E. T.-A. Ulf Hammerschmidt, „Critical Review of Industrial Techniques for Thermal-Conductivity Measurements of Thermal Insulation Materials,“ *Int J Thermophys*, 2015.
- [8] „Linseis.com,“ [Online]. Available: <https://www.linseis.com/en/methods/flash-method/>.
- [9] „Linseis.com,“ [Online]. Available: <https://www.linseis.com/en/methods/heat-flow-meter-method-hfm/>

NEJISTOTA INTEGRÁLNÍ VELIČINY "KERMA" VE VZDUCHU

Ing. Václav Hora

AMS K 97 – Laboratoř metrologie ionizujícího záření
VZ 551240 Lázně Bohdaneč, pracoviště Olomouc

1. Úvod

V článku je věnována pozornost třem modelům výpočtu nejistoty integrální veličiny kermy ve vzduchu. Prvé dva jsou relativně jednoduché. U třetího modelu tomu tak není. Ukážeme, jakým způsobem veličina času vnáší do výpočtu nečekanou složitost. Zdá se, že jde o banální záležitost, ale není tomu tak. Nejistotu kermového příkonu ve vzduchu na počátku článku uvádíme z toho důvodu, jelikož se uplatňuje zásadním způsobem na výpočtu nejistoty kermy K_E . Budeme se proto na ni v dalším textu odvolávat.

Článek bude jistě nápomocen AMS, kalibračním laboratořím nebo všude tam, kde se s touto veličinou pracuje, a proto je potřebné stanovit i její nejistotu. Co vlastně rozumíme kermou? Velmi zjednodušeně lze kermu definovat jako počáteční průměrnou kinetickou energii předanou objemovému elementu dv nepřímo ionizujícím zářením o hmotnosti dm tohoto elementu. Pochopení ovšem vyžaduje znalost základů struktury hmoty a děje v ní probíhající. Při radiační rovnováze ji může nahradit veličinou dávka. Kermový přírůstek za jednotku času je kermový příkon, viz. vztahy (10) a (11). Název kerma je dán počátečními písmeny anglického jazyka „kinetická energie uvolněná v látce“. Jednotkou kermy je $Jkg^{-1} = 1 Gray (1 Gy)$. Jenotka je pojmenovaná podle britského fyzika L. H. Graye. Na rozdíl od dávky se používá při měření nepřímo ionizujícího záření.

2. Výpočet nejistoty kermového příkonu ve vzduchu $u_{\dot{K}_E}$

Pravá hodnota etalonu kermového příkonu \dot{K} ke dni t ve vzdálenosti d je dána vztahem:

$$\dot{K}_{Et} = \dot{K}_0 \left(\frac{d_0 + \Delta}{d + \Delta} \right)^2 \cdot F_d \cdot F_t \quad (1)$$

kde

$$F_d = A_0 + A_1(d + \Delta) + A_2(d + \Delta)^2 + A_3(d + \Delta)^3 + A_4(d + \Delta)^4 \quad (2)$$

$F(d)$ je korekce na vzdálenost d vyjádřená polynomem 5. stupně. A_0 až A_5 jsou koeficienty příslušného polynomu pro daný svazek, jejichž hodnoty jsou uvedeny v kalibračním listu etalonu. \dot{K}_0 je kermový příkon v referenční vzdálenosti d_0 . Δ je odchylka od referenční výšky.

Pro F_t platí

$$F_t = \exp^{-\ln 2 \left(\frac{t-t_0}{T_{1/2}} \right)} \quad (3)$$

kde $\ln 2 = 0,693147$, t_0 je čas metrologického navázání etalonu, t je čas mezi stanovením hodnot \dot{K}_0 v referenčním čase t_0 a časem ověřování (kalibrace), $T_{1/2}$ je poločas rozpadu příslušného radionuklidu. Z předešlého vyplývá, že čas t_0 položíme 0.

Parciálními derivacemi vztahu (1) podle proměnných \dot{K}_0 , d , t a $T_{1/2}$ stanovíme celkovou nejistotu výrazu (1). Čtverec nejistoty příslušného etalonu kermového příkonu svazku v absolutním vyjádření je dán vztahem:

$$u_{\dot{K}_{Et}}^2 = F_d^2 \cdot F_t^2 \cdot u_{\dot{K}_0}^2 + K_0^2 \cdot F_t^2 \cdot u_{F_d}^2 + K_0^2 \cdot F_d^2 \cdot u_{F_{T_{1/2}}}^2 + K_0^2 \cdot F_d^2 \cdot u_{F_t}^2 \quad (4)$$

kde $u_{\dot{K}_0}$ je nejistota etalonu v referenčním bodě d_0 uvedená v kalibračním listu etalonu. u_{F_t} a u_{F_d} jsou nejistoty času t (jde o nesymetrické rovnoměrné rozdělení: čas ubíhá do budoucna). Z tohoto důvodu je dolní mez rovna 0 a horní je rovna 10 min (časový interval měření). Vzdálenosti d (přesnost nastavení kalibračního bodu: symetrické obdélníkové rozdělení, $b_{\max} = b_{\min} = \pm 1 \text{ mm}$) a $u_{F_{T_{1/2}}}$ je nejistota poločasu.

Nejistota je uvedena pro daný radionuklid v tabulkách na 1σ . **Absolutní nejistota (4) vyjadřuje nejistotu příslušného příkonu aktualizovaného v závislosti na čase t , poločasu $T_{1/2}$ a vzdálenost d .**

Jednotlivé hodnoty kermových příkonů jsou aktualizovány systémem DARS (výrobce VF, a.s., Černá Hora) na jeden den. V daném kalibračním bodu je měřidlo ozařováno zářičem, který je v pracovní poloze ozařovače a je zdrojem nejistoty (4). Tato nejistota je zdrojem nejistoty typu B. Ostatní zářiče jsou uloženy v zásobníku zářičů, v tzv. hnízdech. Může však dojít k určitému průniku záření z těchto hnízd. Hodnota aktivity závisí na aktuálním uspořádání zářičů v ozařovači a vzdálenosti d od kolimátoru. Toto záření je potom hlavním zdrojem hodnot pozadí. Konkrétní hodnotu sumy čtverců nejistoty jsme převzali z příslušné hodnoty při ověřování měřidla v daném kalibračním bodě a použili ji v dalších výpočtech.

3. Výpočet nejistoty kermy ve vzduchu u_{K_E}

Výpočet kermy ve vzduchu K_E (jedná se o integrální veličinu) je daný jednoduchým lineárním vztahem

$$K_E = \dot{K}_E \cdot t = \left(\dot{K}_{(E+p)} - \dot{K}_p \right) \cdot t = \underbrace{\dot{K}_{E+p} \cdot t}_{K_{E+p}} - \underbrace{\dot{K}_p \cdot t}_{K_p} \quad (5)$$

tedy

$$K_E = K_{E+p} - K_p, \quad (5^*)$$

kde \dot{K}_E je příkon kermy etalonu v daném kalibračním bodě po odečtení pozadí. \dot{K}_{E+p} je příkon kermy včetně pozadí, \dot{K}_p je příkon kermy pozadí, K_{E+p} je kerma etalonu včetně pozadí, K_p je načtené pozadí za čas t a t je zvolený čas integrace.

Jestliže platí

$$\frac{\dot{K}_p}{\dot{K}_{E+p}} \leq 0,005 \tag{6}$$

můžeme vliv pozadí na celkovou nejistotu u_{K_E} zanedbat. Podle konkrétní situace je možné stanovit nejistoty kerry K_E třemi způsoby.

3.1 První způsob

Jde o nejjednodušší případ, kdy nemusíme uvažovat pozadí (**pozadí není přítomno, jde skutečně o jeho malou hodnotu anebo hodnotu pozadí můžeme formálně „obejít“**). Vyjdeme ze vztahu (5) pro zvolený kalibrační bod. Hodnota K_E je daná násobkem \dot{K}_E a t . Při zvolené hodnotě \dot{K}_E je zřejmé, že čím je hodnota t větší, tím musí být hodnota příkonu menší a obráceně. To znamená, že časový interval zvolíme tak, aby hodnota příkonu kerry \dot{K} měla takovou velikost, že bude splněna podmínka (6). Pro nejistotu v tomto případě platí

$$u_{K_E}^2 = t^2 \cdot u_{\dot{K}_E}^2 + \dot{K}_E^2 \cdot u_t^2 \tag{7}$$

Za čtverec $u_{\dot{K}_E}^2$ dosadíme pro daný kalibrační bod vztah (4), ke kterému připočteme čtverec nejistoty rozlišení měřidla $u(B) = \frac{b_{max}}{\sqrt{3}}$. Odečítáme na měřidle jedenkrát integrovanou hodnotu kerry. Víme, že tato nejistota nezávisí na tom, jestli odečet provedeme jedenkrát nebo n krát, protože nejistoty typu B nezávisí na počtu odečtů n . Tento způsob výpočtu je správný.

Nyní podrobněji k nejistotě doby integrace $u_t \cdot u_t = \frac{b_{max}}{2\sqrt{3}}$ má nesymetrické rovnoměrné rozdělení. Na základě dlouhodobého sledování času na PC bylo zjištěno (ověřování, kalibrace je řízena PC), že se horní mez času na PC za měsíc rovná přibližně 1 min., přičemž PC předbíhá. Musíme uvažovat nesymetrické rovnoměrné rozložení (čas plyne dopředu), kde hranice jsou $0 \div b_{max}$. Vypočteme velikost hodnoty tohoto intervalu (hodnotu předbíhání) a vyjádříme ji v příslušných jednotkách. Např. daný rozsah měřidla ukazuje v jednotkách $\mu\text{Gy}/\text{min.}$, tedy $b_{max} = 0,001389 \mu\text{Gy}/\text{min.}$ Potom

$$u_t = \frac{0,001389}{2\sqrt{3}} = 0,000401 \mu\text{Gy}/\text{min} \tag{8}$$

Je nutné věnovat pozornost tomu, v jakých jednotkách měřidlo (konkrétní rozsah) udává hodnotu, popř. přepočítat tuto nejistotu na příslušnou jednotku času. Z druhé strany jde o velmi malou nejistotu, a proto, jak uvidíme, ji budeme moci v převážné míře zanedbat, ale obecně tomu tak nemusí být.

Relativní nejistotu u_{K_p} získáme podělením vztahu (7) čtvercem vztahu $K_E^2 = \dot{K}_E^2 \cdot t^2$. Máme

$$u_{K_E} = \left[\frac{u_{\dot{K}_E}^2}{\dot{K}_E^2} + \frac{u_t^2}{t^2} \right]^{1/2} \cdot 100 [\%]. \tag{9}$$

Pokud můžeme, dáme tomuto výpočtu vždy přednost, protože je nejméně pracný. Je dobré jej např. využít tehdy, kdy po kalibraci měřidla na příkon ověřujeme, zda měřidlo správně integruje (načítá).

Načítání měřidlem probíhá tak, že dochází k integraci impulsů n stejných částkových intervalů $\Delta t = \frac{t}{n} \Rightarrow n \cdot \Delta t = t$, kde t je zvolený čas integrace. V následujícím kroku (krocích) dojde měřidlem k přepočtu impulsů na příslušnou kermu. Pro kermu K_E platí jednoduchý integrál

$$K_E = \int_0^t \dot{K}_E \cdot dt = \dot{K}_E \cdot t, \tag{10}$$

tedy

$$\dot{K}_E = \frac{K_E}{t}. \tag{11}$$

Vztahy (10), (11) platí jak pro K_{E+p} , tak pro K_p . Postupovat budeme prakticky tak, že načteme požadovanou kermu pro K_{E+p} , posléze pouze pro K_p . Podle předešlého vztahu stanovíme jednoduchým podělením časem t příkony, potřebné pro výpočet nejistot.

3.2 Druhý způsob

Tento postup použijeme tehdy, kdy není splněn vztah (6), nemůžeme tedy zanedbat pozadí. **Čas načítání kerry jak u K_{E+p} , tak u K_p je stejný.** Výpočet uvádíme pro komplexnost. Čtverec nejistoty kerry vyjádřený rovnicí (5) rozepíšeme takto:

$$u_{K_E}^2 = u_{K_{E+p}}^2 \cdot t^2 + u_{K_p}^2 \cdot t^2 = t^2 \cdot u_{E+p}^2 + K_E^2 u_t^2 + t^2 u_p^2,$$

tedy

$$u_{K_E}^2 = t^2 (u_{E+p}^2 + 2u_B^2) + (\dot{K}_{E+p} - \dot{K}_p)^2 u_t^2. \tag{12}$$

Relativní nejistota vyjádřená v % je rovna

$$u_{K_E} = \sqrt{\frac{u_{E+p}^2 + 2u_B^2}{\dot{K}_E^2} + \frac{u_t^2}{t^2}} \cdot 100. \tag{13}$$

Hodnotu kermového příkonu $\dot{K}_{(E+p)}$ a \dot{K}_p získáme v souladu se vztahem (11) podělením časem t . Nejistotu opět počítáme pomocí (12). Za nejistotu u_{E+p} dosadíme z (4). Musíme ovšem k nejistotě $\sigma_B = \frac{b_{max}}{\sqrt{3}}$ připočítat ještě i rozlišení měřidla $\sigma_B = \frac{b_{max}}{\sqrt{3}}$ při odečtu \dot{K}_p pozadí. Tyto dvě nejistoty musíme započítat opět z toho důvodu, že provedeme vždy pouze jeden odečet po načtení K_{E+p} a K_p . Za dosadíme vztah (8).

Příklad 1

Veškeré hodnoty příkladu 1 tak i 2 budou uvedeny v jednotkách: kerma μGy , kermový příkon v $\mu\text{Gy}/\text{min.}$, čas t v minutách. Mezi výpočty jsou uvedeny max. na pět desetinných míst. Jde o metodické příklady, takže hodnoty jsou stanoveny tak, aby výpočet byl relativně jednoduchý, a tedy průhledný.

Kritérium (6) je dvanáctkrát větší než přípustná hodnota, a proto nemůžeme pozadí zanedbat.

Čas načítání: 20 min; hodnota $K_{E+P} = 300,6$; $K_P = 18$;

v souladu s (5*) je $K_E = 282,6$. Podle (11) je $\dot{K}_{E+P} = 15,03$;

$\dot{K}_P = 0,9$; $u_{E+P}^2 + 2u_B^2 = 0,14736^2$. Tuto hodnotu sumy čtverců nejistot jsme převzali z hodnot při ověřování měřidla

v daném kalibračním bodě; $u_i = \frac{0,001389}{2\sqrt{3}} = 0,000401$;

$$\dot{K}_E = (\dot{K}_{E+P} - \dot{K}_P) = 14,13.$$

Hodnoty veličin dosadíme do vztahu (12) a máme: Absolutní nejistota K_E :

$$u_{KE}^2 = 20^2 \cdot 0,14736^2 + 14,13^2 (0,000401)^2 = 8,68599 + 3,210E - 0,5 = 8,6860; \Rightarrow u_{KE} = 2,9472.$$

Vidíme, že hodnota nejistoty u_i je tak malá, že se na velikosti nejistoty absolutní i relativní neuplatní; relativní nejistota u_{KE} má v souladu s (13) hodnotu

$$u_{KE} = \sqrt{\frac{0,14736^2}{14,13^2} + \frac{(0,000401)^2}{20^2}} = 0,01043$$

rozšířená nejistota:

$$U_{rel.} = \frac{0,02085}{14,13} \cdot 100 \approx 2,09 \%$$

Skutečná hodnota kerry leží v intervalu

$$K_E = 282,60 \pm 2,09 \% [mGy] \quad \text{Pro } P = 0,95.$$

3.3 Třetí způsob

Provedeme **jedenkrát** načtení kerry, a to $\dot{K}_{E+P} \cdot t_{E+P}$ a posléze $\dot{K}_P \cdot t_P$, tedy **pro různé časy integrace t_{E+P} a t_P** . Jde o nejobecnější případ. Pro minimální nejistotu vyplývá ze statistických úvah následující vztah, který uvedeme bez důkazu:

$$t_P = t_{E+P} \cdot \sqrt{\frac{\dot{K}_P}{\dot{K}_{E+P}}}. \quad (14)$$

Uvedené kritérium bylo odvozeno pro četnosti f_{E+P} a f_P . Ale platí, že $f_{E+P} \approx \dot{K}_{E+P}$ a $f_P \approx \dot{K}_P$. V literatuře např. [1], [2], [3] se „zaokrouhluje“ zhruba směrem nahoru ($8,5 \approx 9$; $1,3 \approx 2$; apod.). Jde tedy o přibližné dodržení žádoucích poměrů. Můžeme tedy formálně vztah pro (14) pro stanovení poměrů obou časů použít. V některé literatuře se toto kritérium také nazývá kritériem optimality.

Podle této relace časy stanovíme následujícím způsobem. V daném kalibračním bodě načteme příkony \dot{K}_{E+P} a \dot{K}_P . Obě hodnoty dosadíme do výrazu pod odmocninou (14). Čas t_{E+P} si zvolíme a posléze podle (14) stanovíme t_P . Postup ovšem může být i obrácený, tzn., zvolíme t_P a stanovíme t_{E+P} .

Je možné postupovat také tak, že načteme v souladu s (5*) K_{E+P} a K_P a tyto hodnoty dosadíme do vztahu (14). Výsledek bude totožný s postupem předešlým, jelikož se časy t vykrátí.

Vyjdeme ze vztahu uvedeným před rovnicí (12), tj.

$$u_{KE}^2 = u_{\dot{K}_{E+P}}^2 \cdot t^2 + u_{\dot{K}_P}^2 \cdot t^2 = t^2 \cdot u_{E+P}^2 + K_E^2 u_i^2 + t^2 \cdot u_P^2.$$

Musíme v tomto případě upravit čas t za časy odlišné stanovené v souladu s (14). Tak dostaneme

$$u_{KE}^2 = u_{\dot{K}_{E+P}}^2 \cdot t_{E+P}^2 + u_{\dot{K}_P}^2 \cdot t_P^2 = t_{E+P}^2 \cdot u_{E+P}^2 + K_E^2 u_i^2 + t_P^2 \cdot u_P^2. \quad (15)$$

Při porovnání s výrazem (12) vidíme, že v tomto případě nelze vytknout čas, jelikož časy t_{E+P} a t_P a jsou různé. Jak tedy postupovat po matematické stránce zcela korektně? Nabízí se použít vážený průměr časů t_{E+P} a t_P , tedy časů stanovených již podle kritéria (14), který označíme \tilde{t} . Potom tento vážený průměr času stanovíme jako poměr času měření t_{E+P} a t_P a součtu obou těchto časů, tj.:

$$\begin{aligned} \tilde{t} &= \sum_{i=1}^2 t_i \cdot w_i = t_{E+P} \cdot \left(\frac{t_{E+P}}{t_{E+P} + t_P} \right) + t_P \cdot \left(\frac{t_P}{t_{E+P} + t_P} \right) = \\ &= \frac{t_{E+P}^2}{t_{E+P} + t_P} + \frac{t_P^2}{t_{E+P} + t_P}. \end{aligned} \quad (16)$$

Potom můžeme již vztah (15) psát ve tvaru

$$u_{KE}^2 = \tilde{t}^2 (u_{E+P}^2 + 2u_B^2) + (\dot{K}_{E+P} - \dot{K}_P)^2 u_i^2. \quad (17)$$

Pro relativní nejistotu platí

$$u_{KE} = \sqrt{\frac{u_{E+P}^2 + 2u_B^2}{K_E^2} + \frac{u_i^2}{\tilde{t}^2}} \cdot 100 [\%]. \quad (18)$$

Příklad 2

Po dobu 1 min. jsme načetli kerry $K_{E+P} = 15$; $K_P = 0,9$; zvolený čas $t_{E+P} = 20$; podle kritéria (14) je

$$t_P = 20 \cdot \sqrt{\frac{0,9}{15}} = 4,899 \approx 5; \quad \text{v souladu s (16) máme pro}$$

vážený čas

$$\tilde{t} = \sum_{i=1}^2 t_i \cdot w_i = \frac{20^2}{25} + \frac{5^2}{25} = 17.$$

V souladu s rovnicí (17) dosadíme do této rovnice $\tilde{t} = 17$ a všude (podle potřeby) dosadíme místo t_{E+P} a t_P čas \tilde{t} .

Čas načítání K_{E+P} je 20 min; hodnota $K_{E+P} = 300,6$; čas načítání K_P je 5 min, při němž byla načtena hodnota $K_P = 4,7$; v souladu s (5*) je $K_E = 295,90$; pro příslušné příkony platí

$$\dot{K}_{E+P} = \frac{300,6}{17} = 17,68235; \quad \dot{K}_P = \frac{4,7}{17} = 0,27647;$$

potom $\dot{K}_E = \dot{K}_{E+P} - \dot{K}_P = 17,405880$.

Pro čtverec absolutní nejistoty podle (17) platí

$$u_{KE}^2 = 17^2 \cdot 0,14736^2 + 17,40580^2 (0,000401)^2 =$$

$$= 6,175626 + 4,8717E - 0,5 = 6,175675 \Rightarrow u_{KE} = 2,50513;$$

Vidíme, že hodnota nejistota u , je opět tak malá, že se na velikosti nejistoty absolutní tak i relativní neuplatní; relativní nejistota u_{KE} má v souladu s (13) hodnotu

$$u_{KE} = \sqrt{\frac{0,14736^2}{17,405880^2} + \frac{(0,000401)^2}{17^2}} = 0,008466;$$

rozšířená nejistota: $U_{KE} = 2 \cdot 0,008466 = 0,016932$;

$$U_{rel.} = \frac{0,016932}{17,405880} \cdot 100 \doteq 0,1,70\%.$$

Skutečná hodnota kermy leží v intervalu

$$K_E = 295,90 \pm 1,70\% [mGy] \quad \text{pro } P = 0,95.$$

4. Závěr

V článku jsme postupovali od nejjednoduššího případu výpočtu nejistoty kermy k nejobecnějšímu. Stanovili jsme

její nejistotu pro totožné časy t_{E+P} a t_P a pro časy t_{E+P} a t_P stanovené podle kritéria (14), tedy časy různé. Pomocí vah stanovíme vážený čas a s tímto časem dále pracujeme. Vidíme, že optimální stanovení délky časů t_{E+P} a t_P dovoluje jednak dosáhnout nejen kratšího intervalu U (menší neurčitost intervalu, ve kterém leží skutečná hodnota kermy), ale i snížit dobu načítání obou veličin K_{E+P} a K_P ze 40 min. na 25 min. Z těchto důvodů je použití kritéria optimality při přesných měřeních jistě žádoucí. V úvodu článku byla zjednodušeně osvětlena veličina kerma. Vidíme, že nejde o žádný exotický název.

5. Literatura

- [1] Florek, M.: Fyzikálne praktikum IV. (Atómová fyzika a Detekcia ionizujúceho žiarenia). MFF UK, Bratislava, 1983.
- [2] Cvachovec, F., Jandl, J.: Cvičení z detekce a měření ionizujícího záření. VUT, Brno, 1996.
- [3] Gosman, A.: Jaderné metody v chemickém výzkumu. Academia, Praha, 1989.
- [4] Kubáčková, L.: Metody zpracování experimentálních údajů. Veda, Bratislava, 1990.
- [5] Zacharov, I. P., Kukuš, G.: Teorija neopredelnosti v uzměrenijach. Konzum, Charkov, 2002.



PROTIHLUKOVÉ CLONY - PROBLÉMY SPOJENÉ S URČENÍM TYPU VÝROBKU PODLE EN 14388:2005

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

Úvod

Protihlukové clony jsou stavební výrobky, jejichž uvádění na trh se řídí nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011. Jejich vlastnosti jsou posuzovány podle zrušené, avšak stále harmonizované normy EN 14388:2005 [1]. Tato norma stanovuje funkční požadavky a metody k hodnocení zařízení pro snížení hluku silničního provozu. Norma zahrnuje primární akustické vlastnosti a pokrývá výrobky používané pro snížení hluku silničního provozu vyrobené z jakýchkoliv materiálů. Pro používání této normy jsou nezbytné navazující zkušební normy, přičemž u datovaných odkazů platí, že musí být použita pouze citovaná vydání zkušebních norem. Mezi takové citované a současně datované zkušební normy patří EN 1793-2:1997 [2]. Skutečnost, že ani po pěti letech od vydání nebyla harmonizována nová verze normy EN 14388:2015 [3], přináší velké problémy při určení typu výrobku, jelikož de iure se musí postupovat pouze podle verze normy, která je zveřejněna v Úředním věstníku EU, což znamená pouze podle harmonizované normy EN 14388:2005 [1], přestože tato verze normy je již neplatná a odkazuje na neplatné a zastaralé zkušební normy.

Vzhledem k velkému množství revizí navazujících zkušebních norem je v současné době EN 14388:2005 [1] i z pohledu CEN TC 226/WG6 zcela zastaralou a potenciálně nebezpečnou harmonizovanou normou.

Porovnání platných zkušebních norem a datovaných verzí zkušebních norem citovaných v EN 14388:2005 [1]

Pokud porovnáme aktuálně platnou zkušební normu EN 1793-2:2018 [4] s neplatnou předchozí verzí EN 1793-2:1997 [2], zjistíme, že EN 1793-2:1997 [2] je univerzální z hlediska použití clony v místech s dozvukem či v místech bez dozvuku, že používá informativní kategorie a neřeší nejistoty měření (**tab. 1**). Platná norma EN 1793-2:2018 [4] specifikuje zkušební metody pro stanovení vzduchové zvukové neprůzvučnosti clon, určených k použití v místech s dozvukem, například v tunelech, hlubokých zářezech nebo na protihlukových tubusech. Většina clon je výrobci zamýšlena pro instalaci v místech bez dozvuku (dlouhé clony na dálnicích apod.). Za současného stavu poznání je zkušební metoda podle EN 1793-2:1997 [2] a EN 1793-2:2018 [4] vhodná pouze pro speciální aplikace, např. pro clony v tunelech a pro tubusy či clony v hlubokých zářezech. Použití norem EN 1793-2:1997 [2] a EN 1793-2:2018 [4] pro hodnocení clon navržených

pro místa bez dozvuku je nevhodné. Ve většině případů je pro hodnocení zvukové izolace clon vhodná norma EN 1793-6:2018 [5], která je přímo určena ke zkoušení akustických vlastností clon se zamýšleným použitím v místech bez dozvuku, tj. pro instalaci na 99 % dálnic a silnic.

Norma EN 14388:2015 [3] nepatří mezi aktuální priority projektu Evropské komise na revizi CPR Acquis, a proto můžeme jen odhadovat, kdy k její harmonizaci dojde. Optimismus není ovšem na místě, protože harmonizace může nastat až za několik let, a do té doby se budou potřeby výrobců čím dál více vzdalovat od neplatné harmonizované EN 14388:2005 [1]. Značné problémy existují již nyní, přestože od zveřejnění EN 1793-2:2018 [4] v srpnu 2018, resp. od zveřejnění národních verzí (např. v České republice byla norma [4] do soustavy českých národních norem přijata až v roce 2019) musí být výsledky DL_R doprovázeny povinnou deklarací nejistoty měření, což znamená, že informativní kategorie B nemůže být nadále používána, jinak nastává velký zmatek. Níže jsou uvedeny tři velmi odlišné způsoby uvádění vzduchové neprůzvučnosti DL_R :

EN 1793-2:1997 [2]

$DL_R = 25$ dB / informativní kategorie B3

S využitím EN 1793-2:1997 se určí typ výrobku a naivním způsobem uvede výsledek bez nejistoty měření.

EN 1793-2:2018 [4]

$DL_R = 24,8$ dB \pm 3,0 dB s 95% oboustrannou spolehlivostí

Konzervativní odhad 95% úrovně spolehlivosti jednočíslného hodnocení činí:

– pro „clonu jako celek“, DL_R (21,8; 27,8) dB;

EN 1793-2:2018 [4] s využitím přílohy D normy ISO 12999-1:2020 (tabulka D.1)

$DL_R = 24,8$ dB \pm 4,8 dB s 95% oboustrannou spolehlivostí (horní mez směrodatné odchylky).

Konzervativní odhad 95% úrovně spolehlivosti jednočíslného hodnocení pro horní mez směrodatné odchylky jednočíslných hodnot činí:

– pro „clonu jako celek“, DL_R (20,0; 29,6) dB.

Výrobek nelze jednoznačně kategorizovat, neboť v úvahu připadá současně informativní kategorie B2 i B3. Zrušení informativních kategorií B v EN 1793-2:2018 [4] je logické, protože při povinném uvádění nejistot již nelze používat informativní kategorie. Doplnující výklad uvádí CEN/TR 16961:2018 [22] – má se použít tabelární standardní nejistota σ_R , pokud neexistují údaje o nejistotě pro konkrétní typ výrobku, např. z mezilaboratorního porovnání pro zkoušený typ výrobku.

Vzhledem k tomu, že DL_R je definované jako $R_w + C_{tr,100-5000}$, je vhodné analyzovat, jak vysoká je standardní nejistota DL_R . Při určení standardní nejistoty musíme vzít v úvahu dvě zásadní skutečnosti:

- 1) Clony jsou většinou vysoce pohltivé ($a_w \geq 0,90$ resp. $DL_{a,w}$, NRD ≥ 10 dB), přičemž jsou při použití EN 1793-2:1997 [2] měřeny podle ISO 140-3:1995 [11] nebo v případě EN 1793-2:1997 [2] podle norem řady ISO 10140 [7], [8] a [9]. Všechny tyto normy jsou primárně navrženy pro měření konstrukcí instalovaných v budovách a uvádějí, že doba dozvuku v místnostech při běžných podmínkách zkoušky (se zanedbatelnou pohltivostí zkoušeného prvku) nemá být ani příliš dlouhá ani příliš krátká (1 až 2 sekundy na všech frekvencích) a současně se považuje za vhodný objem zkušebních místností 50 až 60 m³. Pokud instalujeme vzorek 10 až 12 m² – jednostranně či oboustranně vysoce pohltivou clonu mezi zkušební místnosti s uvedeným objemem, pak není možné splnit kritérium, že doba dozvuku nemá být příliš dlouhá ani příliš krátká. Za těchto podmínek se s dobou dozvuku dostáváme až k 0,5 s, a tak měříme za tzv. neběžných podmínek. Difuzivita je v jedné či dokonce v obou místnostech nižší, proto je opakovatelnost a reprodukovatelnost měření, resp. nejistota měření, vyšší než při běžných podmínkách zkoušky.

Tab. 1: Porovnání různých verzí norem na zkoušení akustických vlastností clon

Norma	EN 1793-2:2018 [4]	EN 1793-2:1997 [2]
Citované dokumenty	EN 1793-3 [6] EN ISO 10140-1 [7] EN ISO 10140-2 [8] EN ISO 10140-4 [9] ISO/IEC Guide 98-3 GUM 1995 [10]	EN 1793-3 [6] ISO 140-3:1995 [11]
Nejistoty	MODELOVÁNÍ MĚŘENÍ Hodnocení nejistoty výsledků získaných z měření podle této evropské normy se provádí v souladu s normou ISO/IEC Guide 98-3 GUM 1995 [10]. Data nezbytná pro použití tohoto způsobu vyjádření mohou být převzata z řady norem EN ISO 10140 [7], [8], [9], neboť měřicí postup je shodný. Uplatní se proto také EN ISO 12999-1:2014 [12].	EMPIRICKÉ Používá se naivní hodnocení, viz ISO 5725-6:1994 [16]. Nepovinně je použitelná ISO 140-2:1991 [13], jež je citována v ISO 140-3:1995 a podle přílohy A.2 lze v pásmech od (100 do 3 150) Hz uvést reprodukovatelnost (3 až 9) dB.
Informativní kategorie	Kategorizace jednočíslného hodnocení není nadále přípustná. Od okamžiku vydání normy EN 1793-2:2018 [4] bude účinnost zařízení pro snížení hluku uváděna pouze jako číselná hodnota jednočíslného hodnocení.	Pokud se vzduchová neprůzvučnost kategorizuje, určí se informativní kategorie B.

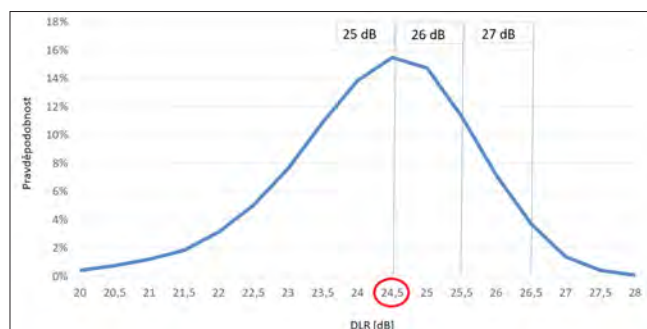
2) Některé typy lehkých clon mají konstrukci podobnou lehkým dvojitým příčkám ve smyslu přílohy A normy EN ISO 10140-1:2016 [7], přičemž příloha A této normy se vztahuje pouze na lehké dvojitě příčky z deskových materiálů. Neprůzvučnost některých typů clon může být významně ovlivněna způsobem montáže ve zkušebním otvoru laboratoře. Mezi důležité parametry instalace patří hloubka ostění a pozice clony vzhledem k akustickému přerušení ve zkušebním otvoru, přičemž konkrétní způsoby montáže vedou k vyšším či nižším hodnotám neprůzvučnosti. Pro clony jsou montážní podmínky uvedeny v EN 1793-1:1997 [2] a EN 1793-1:2018 [4]. Jsou ovšem formulovány velmi obecně za pomoci jednoduchého obrázku a několika vět, což je velmi odlišné ve srovnání např. s EN 16703:2015 [14], kde jsou detailně popsány způsoby instalace vzorku v laboratoři a v čl. 4.3.3 [14] je opět zmíněna důležitost difuzivity. V článku 4.2.2.3 [14] je též uvedeno, že žádný zvukově pohltivý materiál nemá být umístěn v blízkosti (méně než 1 m) obvodu příčky. Pokud bychom se podobný požadavek pokusili aplikovat na vysoce zvukově pohltivou clonu, nebude to možné, protože taková clona je ze své podstaty vysoce zvukově pohltivá. V dosud realizovaných mezilaboratorních porovnáních na jiných typech výrobků bylo prokázáno, že pokud není k dispozici jednotný způsob instalace konkrétního typu výrobku v laboratoři, je reprodukovatelnost výsledků vyšší, což generuje vyšší standardní nejistoty σ_R . Práce Demaneta a kol. [15] uvádí, že normy řady ISO 10140 umožňují použití laboratoří s velmi odlišným designem. Dále [15] uvádí, že v Evropě se vyskytují měřicí komory s objemem od 50 m³ do 135 m³. Rozdíly mezi laboratořemi mají mnoho stupňů volnosti, a tak má většina laboratoří zcela jedinečný design. Podle [15] byla difuzivita identifikována jako jasné místo pro zlepšení, protože objem je ve skutečnosti pouze jedním z parametrů, které se podílejí na difuzním zvukovém poli v laboratořích.

Výpočet pravděpodobnosti výsledků pro EN 1793-2:1997 metodou Monte Carlo (MMC) s využitím reprodukovatelnosti v příloze A.2 normy ISO 140-2:1993

MMC je velmi jednoduchý numerický algoritmus, ke kterému je potřeba vhodný program s kvalitním generátorem čísel. Za pomoci MMC lze numericky vyčíslit i nejistoty, které nejsou řešitelné analyticky. V příkladu je řešena nejistota při měření zvukové izolace DL_R podle EN 1793-2:1997 [2] s využitím ISO 140-2:1991 [13], která je s EN 1793-2:1997 [2] kompatibilní. Je uvažován vzorek s „pravou“ hodnotou $DL_R = 24,5$ dB, tj. na hranici zrušených informativních kategorií B2 a B3. Byla vygenerována pseudonáhodná čísla na středních kmitočtech 100 až 5 000 Hz. Současně byl použit logaritmický vzorec pro výpočet DL_R uvedený v EN 1793-2:1997 [2]. Počet opakování byl zvolen $N = 1\,000$. Rozdělení výsledků DL_R je na histogramu vygenerovaných náhodných čísel.

Tab. 2: Vstupní hodnoty pro modelování MMC

Střední kmitočet [Hz]	σ_R určená podle ISO 5725-6:1994 [16] na základě dat z ISO 140-2:1991 [dB]	Střední „pravá“ hodnota neprůzvučnosti clony
100	3,2	18,8
125	3,0	12,5
160	2,1	20,3
200	2,0	22,0
250	2,0	20,1
315	1,6	24,3
400	1,6	18,0
500	1,4	31,1
630	1,3	31,0
800	1,1	27,5
1 000	1,3	24,2
1 250	1,3	23,7
1 600	1,3	31,7
2 000	1,3	31,4
2 500	1,3	31,4
3 150	1,3	31,9
4 000	1,3	39,3
5 000	1,3	31,4



Graf 1: MMC pravděpodobnost výsledků DL_R pro clonu s pravou hodnotou $DL_R = 24,5$ (25 dB)

V tomto smyslu mohlo být používání informativních kategorií B v praxi problematické od začátku platnosti EN 1793-2:1997 [2]. Graf č. 1 s využitím MMC vychází z dat uvedených v ISO 140-2:1991, kde je z dnešního pohledu reprodukovatelnost určena ze 40 let starých mezilaboratorních zkoušek, z nichž většina byla prováděna ve specificky malém otvoru na sklech s plochou do 2 m², tedy na poměrně jednoduchých a plošně malých vzorcích, které byly postupně změřeny v jednotlivých laboratořích.

Akceptování hodnot

V této části je vysvětleno, jak správně interpretovat hodnoty DL_R , pokud se odkazuje na zrušené informativní kategorie B. Určení typu výrobku – clony se musí provést podle harmonizované a současně neplatné EN 14388:2005 [1]. V současné době je na trhu velké množství výrobků,

pro které byla při určení typu použita EN 1793-2:1997 [2]. V České republice, na Slovensku, v Polsku a dalších zemích se stále objevuje v projektech požadavek „*kategorie zvukové izolace clon musí být B3 podle EN 1793-2:1997*“ (tab. 3). Tento požadavek je však vzhledem k existenci EN 1793-2:2018 [4] problematický a matoucí. Požadavek je obvykle vyjádřen v národních verzích norem, které jsou sice po obsahové stránce identické (s výjimkou národních příloh), ale mají obvykle pozdější vstup v platnost; např. v ČR je aktuálně platnou národní verzí této normy ČSN EN 1793-2:2019, která nabyla účinnosti k 1. 10. 2019.

Tab. 3: Informativní kategorie vzduchové neprůzvučnosti podle neplatné EN 1793-2:1997 [2]

Kategorie	DL_R [dB]
B0	neurčeno
B1	< 15 dB
B2	15 dB až 24 dB
B3	> 24 dB

Ve smyslu tab. 3 existují dvě rizikové oblasti naměřených hodnot vzduchové neprůzvučnosti DL_R . První rizikovou oblastí je rozhraní informativních kategorií B1 a B2, kde je ostré kritérium $\geq 14,5$ dB, laboratorně naměřená hodnota 14,4 dB (14 dB) je B1, a naopak naměřená hodnota 14,5 dB (15 dB) je B2. Druhou rizikovou oblastí je rozhraní informativních kategorií B2 a B3, kde je ostré kritérium $\geq 24,5$ dB, laboratorně naměřená hodnota 24,4 dB (24 dB) je B2, a naopak naměřená hodnota 24,5 dB (25 dB) je B3. Při naivním hodnocení podle EN 14388:2005 [1] a EN 1793-1:1997 [2] pohlížíme na určení typu zkouškou následovně: $DL_R = 16$ dB nebo $DL_R = 25$ dB, tedy zcela nekriticky.

Pokud je zkouška opakována ve stejné laboratoři (reprodukovatelnost – situace C) nebo dokonce v jiné laboratoři (reprodukovatelnost – situace A), pak při opakování nebo reprodukování zkoušek nemusí být informativní kategorie B2 případně B3 vždy potvrzena, viz [18]. Toto je pravděpodobné u výrobků s deklarovaným $DL_R = 15, 16, 17$ dB a 25, 26, 27 dB. Ač to nemusí být na první pohled zřejmé, tak i u výrobku s deklarovaným $DL_R = 27$ dB je při použití přílohy D normy ISO 12999-1:2020 (tabulka D.1) 27% pravděpodobnost, že není v informativní kategorii B3. Při uvážení EN 1793-2:2012 [19] je možné rozšíření o výrobky s deklarovaným $DL_R = 34, 35, 36$ dB (informativní kategorie B4). Z těchto důvodů je vhodné navrhnout vhodná kritéria přijetí (tab. 4). Naivně hodnocený výsledek podle EN 1793-1:1997 [2] (případně podle EN 1793-1:2012 [19]) je spojen s jedním konkrétním vzorkem změřeným v jedné konkrétní laboratoři v minulosti.

Podle EN 14388:2005 [1] se určení typu provádí na začátku výroby nového typu clony. **Zkouší se jednou jedinkrát jeden vzorek**, který musí být reprezentativní po všech stránkách běžné výroby tohoto výrobku, přičemž zjištěná vzduchová neprůzvučnost DL_R je podle EN 1793-2:1997 [2] uvedena bez nejistoty měření. Konkrétní výrobky - clony - nejsou zkoušeny opakovaně např. 1× ročně, a tak nejsou k dispozici rozptýly hodnot DL_R pro konkrétní typy clon. Vzhledem k tomu, že i po vydání EN 1793-2:2018 [4] v srpnu 2018 se objevují požadavky na informativní kategorie B2/B3/B4 podle původních verzí norem, je třeba velmi pečlivě interpretovat výsledky DL_R a aplikovat vhodné kritérium přijetí. Současný stav poznání, kdy jsou výsledky DL_R podle EN 1793-2:2018 [4] pevně spojeny s rozšířenou nejistotou měření, je značně odlišný od výchozí situace před čtvrt stoletím, kdy začala platit EN 1793-1:1997 [2]. Rozdíly výsledků DL_R mezi laboratořemi jsou přirozené, vyplývají

Tab. 4: Vhodná kritéria přijetí pro vzduchovou neprůzvučnost clon

Požadavek	Výrobcem deklarovaná hodnota DL_R	Vhodné kritérium pro přijetí informativní kategorie
Požadavek na informativní kategorii B podle EN 1793-2:1997 [2]	< 15 dB	jednoduché přijetí
	15 dB, 16 dB, 17 dB	nekritické přijetí
	18 dB až 24 dB	jednoduché přijetí
	25 dB, 26 dB, 27 dB	nekritické přijetí
	> 27 dB	jednoduché přijetí
Požadavek na informativní kategorii B podle EN 1793-2:2012 [19]	< 15 dB	jednoduché přijetí
	15 dB, 16 dB, 17 dB	nekritické přijetí
	18 dB až 24 dB	jednoduché přijetí
	25 dB, 26 dB, 27 dB	nekritické přijetí
	28 dB až 33 dB	jednoduché přijetí
	34 dB, 35 dB, 36 dB	nekritické přijetí
	> 36 dB	jednoduché přijetí
Jednočíselná hodnota podle EN 1793-2:2018 [4]	Všechny hodnoty s povinným uvedením rozšířené nejistoty měření ve formátu $DL_R \pm U$	Definované zákazníkem včetně arbitrárního násobku k použití pro ochranné pásmo bez možnosti požadavku informativní kategorie

z náhodných faktorů, které jsou zahrnuty v nejistotě měření. Podle Garai a kol. [20] existují ve stavební akustice čtyři základní problémy:

- 1) Skutečná hodnota měřené veličiny není známa vzhledem k povaze testovaných vzorků.
- 2) Měřená veličina (např. neprůzvučnost DLR) je definována prostřednictvím akustického výkonu dopadajícího na testovací prvek a vyzařovaného ze zkušební vzorku, který nelze měřit přímo. Místo toho se měří akustický tlak.
- 3) Ve zkušebních normách se předpokládá dokonale difuzní zvukové pole v obou měřicích místnostech, ale tento předpoklad není nikdy úplně pravdivý.
- 4) V prohlášení o vlastnostech stavebních výrobků podle nařízení 305/2011/EU jsou uváděny jednočíselné veličiny, pro které je zvláště důležité stanovení správné nejistoty. Jednočíselné veličiny počítají z dílčích výsledků měření v třetinooktávových pásmech (18 pásem v případě DL_R).

V případě výrobků, u nichž byly v minulosti deklarovány informativní kategorie B bez uvedení nejistot podle dnes již neplatných verzí normy EN 1793-2:1997 [2], existuje riziko, že opakované zkoušky mohou indikovat jinou informativní kategorii. Kategorie zvukové izolace byly v EN 1793-2:1997 [2] a EN 1793-2:2012 [19] pouze v informativních přílohách. Bohužel výrobci od samého počátku informativní kategorie používali k deklarování zvukové izolace ve smyslu „můj výrobek je B3 ($DL_R = 25$ dB), tudíž je mnohem lepší než výrobek konkurenta B2 ($DL_R = 24$ dB)“ a snažili se při vývoji clon dosahovat minimálních hodnot informativních kategorií. Rozsah informativní kategorie B2 byl 10 dB, a uvážíme-li EN 1793-2:2012 [19], pak rozsah informativní kategorie B3 byl též 10 dB. Pokud objednatel vznesl požadavek na B2 v kombinaci s nejnižší cenou, logicky vysoutěžil výrobky – clony na spodní hranici informativní kategorie B2 (15 dB), a nikoliv na horní hranici B2 (24 dB). U takového výrobku je pravděpodobnost B1 : B2 rozdělena v poměru 1 : 1. Podobný problém byl v České republice u národních kategorií neprůzvučnosti R_w oken, kde se používalo 6 tříd odstupňovaných po 5 dB od 24 dB nad 50 dB. Např. třída TZI 4 zahrnovala okna s R_w od 40 dB do 44 dB. Se zavedením ISO 12999-1:2014 [12] přestalo být jasné, jaká třída se má pro okno s výsledkem $R_w = (42,3 \pm 2,4)$ dB použít, a tak byly v roce 2020 třídy zvukové izolace oken zrušeny.

Tab. 5: PFA – pravděpodobnost falešného odmítnutí informativní kategorie podle [17]

Rozhodovací pravidlo	Ochranné pásmo w	Specifické riziko podle EN 1793-2:1997 [2] či EN 1793-2:2012 [19] při použití tabulky č. 4
Jednoduché přijetí	0	< 50 % PFA
Nekritické	+ U	< 2,5 % PFA
Definované zákazníkem	r U	podle arbitrárního násobku r

Ve všech případech by požadavek na vzduchovou neprůzvučnost clon měl být vyjádřen jednočíselnou hodnotou, např. $DL_R \geq 30$ dB s odkazem, zda a jak budou použity nejistoty při rozhodování o přijetí, či nepřijetí. Používání informativních kategorií podle tab. 3 je vzhledem k EN 1793-2:2018 [4] velmi problematické. Vhodná kritéria přijetí jsou uvedena v tab. 4.



Obr. 1: Měření vzduchové neprůzvučnosti clony fěrovou a odpovídající metodou Adrienne podle EN 1793-6:2018 [1] na zkušebním polygonu TZÚS Praha, s.p., pobočka Teplice

Závěr

Současný stav věcí je z pohledu oznámených subjektů velmi tristní. Následkem koexistence harmonizované a současně zrušené EN 14388:2005 [1] a neharmonizované platné EN 14388:2015 [3] jsme zamrzli v čase. Podle Technické poznámky ENBF [21] by oznámené subjekty měly zvážit, zda nepoužít nejnovější zkušební metody. Avšak oznámené subjekty jsou v případě clon svázány legislativním řetězcem neplatných norem, protože pouze EN 14388:2005 [1] je zveřejněna v Úředním věstníku EU jako harmonizovaná norma. Pokud harmonizovaná norma odkazuje na datované zkušební normy (EN 1793-2:1997 [2]), potom není mnoho možností k odchýlkám (použití nových a správnějších norem). Podle dostupných výkladů je povinnost použít celý řetězec datovaných (neplatných) norem pro posuzování výrobků uváděných na trh, ačkoliv jsou tyto normy v současném kontextu nelogické či nesprávné a odpovídají stavu poznání věcí z přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století. Je zjevné, že při kontrolních měřeních DL_R nemůže být vždy dosahováno identických jednočíselných hodnot, které výrobci deklarují v prohlášeních o vlastnostech podle EN 14388:2005 [1], což je způsobeno nejistotami měření. Více než potřebný je vznik návodů v rámci CEN/TC 226 – Road equipment, které by měly vysvětlit, jak správně používat vzduchovou neprůzvučnost clon DL_R s nejistotami v praxi bez překonaných informativních kategorií B, protože vzduchová neprůzvučnost clon DL_R zůstává klíčovou vlastností pro uvádění clon na jednotný trh, přestože je z dnešního pohledu nevhodná pro objektivní hodnocení clon instalovaných v místech bez dozvuku podél dálnic a silnic.

Reference

- [1] EN 14388:2005. *Road traffic noise reducing devices – Specifications.*

- [2] EN 1793-2:1997. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation.*
- [3] EN 14388:2015 *Road traffic noise reducing devices – Specifications.*
- [4] EN 1793-2:2018. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation under diffuse sound field conditions.*
- [5] EN 1793-6:2018. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 6: Intrinsic characteristics – In situ values of airborne sound insulation under direct sound field conditions.*
- [6] EN 1793-3:1997. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 3: Normalized traffic noise spectrum.*
- [7] EN ISO 10140-1:2016. *Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 1: Application rules for specific products.*
- [8] EN ISO 10140-2:2010 *Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Measurement of airborne sound insulation.*
- [9] EN ISO 10140-4:2010 *Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 4: Measurement procedures and requirements.*
- [10] ISO/IEC Guide 98-3 GUM 1995. *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement.*
- [11] ISO 140-3:1995. *Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurement of airborne sound insulation of building elements.*
- [12] EN ISO 12999-1:2014. *Acoustics — Determination and application of measurement uncertainties in building acoustics – Part 1: Sound insulation.*
- [13] ISO 140-2:1991. *Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Determination, verification and application of precision data.*
- [14] EN 16703:2015 *Acoustics – Test code for drywall systems of plasterboard with steel studs – Airborne sound insulation.*
- [15] Demanet, C., M. Maria Jose, J. Chene a R. Foret. *European round robin test for sound insulation – measurements of lightweight partition.* INTERNOISE, 2011.
- [16] ISO 5725-6:1994. *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 6: Use in practice of accuracy values.*
- [17] ILAC-G8:09:2019. *Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity.*
- [18] Garai, M. a P. Guidorzi. *On the declaration of the measurement uncertainty of airborne sound insulation of noise barriers.* INTERNOISE, 2013.
- [19] EN 1793-2:2012. *Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation under diffuse sound field conditions.*
- [20] Garai, M, S. Chiara a A. Pievatolo. *ON THE UNCERTAINTY OF SOUND REDUCTION INDEX MEASUREMENTS FROM INTER-LABORATORY TESTS.* 25th International Congress on Sound and Vibration, 2018.
- [21] Brero, G. *Technical note about CE marking of noise barriers alongside road infrastructure.* ENBF, 2020.
- [22] CEN/TR 16961:2018 *Declaration of uncertainties in test reports.*

Vyjádření Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Článek Ing. Rubáše poukazuje na problém, který se týká mnoha výrobků (zejména stavebních). Jde o důsledek nesouladu mezi čistě technickým pohledem tvůrců norem a právním pohledem tvůrců legislativy Evropské unie. Evropská normalizační organizace CEN vydává evropské technické normy zejména s ohledem na potřeby výrobců (usnadnění exportu i mimo území EU), na druhé straně Evropská komise je zodpovědná za technickou harmonizaci v rámci celé EU a členské státy zodpovídají za bezpečnost svých občanů a ochranu životního prostředí na svém území. Mají tedy také co říci k požadavkům na výrobky.

Uvádění harmonizovaných stavebních výrobků na trh EU se řídí nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011. K tomuto nařízení je nyní výslovně přiřazeno 606 technických norem, mnoho dalších však na své přiřazení teprve čeká. Bez toho není možné je použít pro účely připojení označení CE a vydání tzv. Prohlášení o vlastnostech. Za rozhodnutí o harmonizaci konkrétních technických norem (včetně právních následků tohoto kroku) je zodpovědná Evropská komise. V důsledku několika

rozhodnutí Evropského soudního dvora začala Evropská komise mnohem pečlivěji posuzovat soulad norem, vydaných CEN, z hlediska jejich souladu s nařízením (EU) č. 305/2011. Proces harmonizace je v posledních dvou letech prakticky pozastaven. Pro účely uvádění výrobků na trh je tedy v mnoha případech povinné využívat normy, které jsou po obsahové stránce již zastaralé nebo dokonce zrušené (formálně neplatné), nicméně zůstávají stále harmonizované. Evropská komise spolu s členskými státy a normalizační organizací CEN usilovně pracují na nápravě, na výsledky si však ještě budeme muset počkat. Do té doby je třeba respektovat stávající harmonizované normy. Zkoušky výrobků podle zatím neharmonizovaných norem lze samozřejmě také zahrnout do dodavatelско-odběratelských smluv, nemohou však zcela nahradit požadavky harmonizovaných norem.

Podrobnější vysvětlení je uvedeno na webových stránkách ÚNMZ pod tímto odkazem: <https://www.unmz.cz/wp-content/uploads/Zru%C5%A1en%C3%A9-harmonizovan%C3%A9-normy-stanovisko-%C3%A9ANMZ.pdf>.

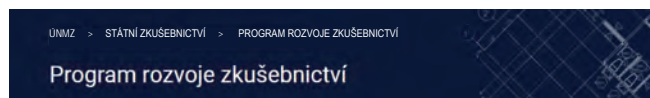
PROGRAM ROZVOJE ZKUŠEBNICTVÍ V ROCE 2020

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

V roce 2020 pokračoval Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) v systémové podpoře státního zkušebnictví v České republice prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)**. Příjemci finanční podpory byly vybrané subjekty posuzování shody. V závislosti na druhu konkrétního právního předpisu se jedná o **autorizované osoby**, které posuzují shodu podle českých (neharmonizovaných) právních předpisů, a o **notifikované osoby** či **oznámené subjekty**, které posuzují shodu výrobků s harmonizovanými právními předpisy a působí na úrovni celé Evropské unie.

Odbor státního zkušebnictví obdržel v prosinci 2019 od 22 zájemců celkem 87 nabídek, které v lednu 2020 posoudili pracovníci odboru státního zkušebnictví (garanti úkolů). Příděl finančních prostředků se bohužel oproti předchozímu roku citelně snížil (konkrétně o 38 %). Garanti doporučili k realizaci 63 úkolů, ale realizováno bylo nakonec jen 52 z nich. Některé plánované akce se totiž vinou pandemie SARS-CoV-2 nemohly uskutečnit. Finální znění PRZ pro rok 2020 včetně jeho šesti dodatků schválil předseda ÚNMZ. Celkem bylo na úkoly vynaloženo **4 121 500 Kč**. Schválený plán PRZ na rok 2020 včetně všech dodatků je vystaven na internetové stránce ÚNMZ <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/program-rozvoje-zkusebnictvi/>.



Úkoly byly tématicky rozděleny do pěti základních částí.

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

Tato část obsahovala 4 úkoly v celkové výši 600 000 Kč. To byl významný pokles oproti 10 podpořeným úkolům za trojnásobnou částku v roce 2019. Podpořena byla metodika pro posuzování shody plynových stabilních hasicích zařízení a metodika pro stanovení požární odolnosti skládaných střešních konstrukcí z ocelových trapézových plechů. Nechyběla ani každoroční revize cca 500 technických návodů pro posuzování shody stavebních výrobků podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb.

Část 2 Zabezpečení koordinace jednotného postupu autorizovaných osob/notifikovaných osob, oznamovaných subjektů a uznávaných nezávislých organizací

Tato část zahrnovala 13 úkolů za 1 062 000 Kč. Zabezpečení jednotných postupů pro činnost českých subjektů posuzování shody je závazek, který vyplývá z právních

předpisů na evropské i národní úrovni, proto i počet podpořených úkolů a výše jejich dotace byly shodné s předchozím rokem.

Část 3 Mezinárodní spolupráce

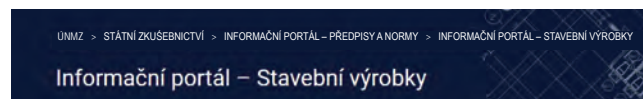
Tato část zahrnovala 38 úkolů, na jejichž realizaci bylo vynaloženo 2 367 000 Kč. Zde byl rozdíl oproti roku 2019 jen malý. Byla podpořena mezinárodní spolupráce subjektů posuzování shody v následujících sektorech stanovených výrobků: stavební výrobky, spotřebiče plyných paliv, výrobky pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, emise hluku, lanové dráhy a vleky, výtahy, strojní zařízení, tlaková zařízení, osobní ochranné prostředky, hračky, lodní výstroj, zdravotní prostředky a další. Zástupci českých subjektů posuzování shody se aktivně podílejí na tvorbě společných pravidel, která jsou závazná pro všechny evropské subjekty posuzování shody. Ostatní čeští posuzovatelé se s těmito pravidly seznamují 2x ročně na koordinačních poradách, které ÚNMZ podporuje v části 2 (viz výše).

Část 4 Zdokonalování činnosti autorizovaných osob, oznamovaných subjektů a uznávaných nezávislých organizací

V této části bylo loni podpořeno 6 úkolů za 385 000 Kč (tzn. poloviční pokles). Uskutečnilo se zkoušení dlouhodobých parametrů kompozitních trubek ze sklolaminátu, požárních vlastností stavebních výrobků, porovnání metod a postupů při posuzování shody v oblasti měření parametrů elektromagnetické kompatibility podle norem z řady ČSN EN 61000-4. Do této části rovněž spadá aktualizace různých odborných databází, např. požární klasifikace stavebních výrobků, certifikátů osobních ochranných prostředků či výbušnin pro civilní použití.

Část 5 Publikační a osvětová činnost

V jejím rámci byly podpořeny 2 úkoly za 386 000 Kč (tedy opět pokles oproti 4 úkolům v roce 2019). Pokračovala pravidelná měsíční aktualizace české a anglické verze [Informačního portálu ÚNMZ pro stavební výrobky](#) a vznikla publikace „Uvádění výrobků na vnitřní trh Evropského hospodářského prostoru – Služby zkušebních, inspekčních a certifikačních organizací ČR pro výrobce ze třetích zemí“, kterou zpracovala Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací. Konání tradičních bezplatných seminářů pro výrobce a uživatele stavebních výrobků tentokrát podpořeno nebylo.



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

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

Metodika pro zabezpečení jednotného postupu při posuzování vakuových izolačních skel (VIG) 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. Využití je mohou všechny subjekty posuzování shody, které působí podle příslušného právního předpisu, kterého se daný úkol týká.

V roce 2019 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.

Historie a současnost

Na základě vynálezu Dewarovy nádoby (speciální nádoby s vakuovou izolací, původně určené pro uchovávání kapalného dusíku a později rozšířené pod názvem „termoska“) na konci 19. století byl A. Zollerem v roce 1913 patentován výrobek tvořený více skleněnými tabulemi, které jsou odděleny žebry, hranoly nebo výstupky z izolačních materiálů. V dalších desetiletích pokračoval vývoj směrem ke zlepšení parametrů distančních prvků (rozpěrek), zlepšení parametrů utěsnění okraje (svařování skla, pájení různými slitinami kovů), metody odsávání vzduchu z dutiny, vývoje povlaků o nízké emisivitě atd. Skutečně první vakuové izolační sklo bylo však vyrobeno až v roce 1989 v rámci projektu Stephena Robinsona na univerzitě v Sydney. Toto izolační sklo bylo utěsněno tavením okraje skla a dvoufázovým odsátím plynu z dutiny přes trubičku, která byla následně zatavena. Pomocí přístroje s chráněnou teplotou deskou byl ověřen vliv vakuové dutiny na hodnotu U (součinitel prostupu tepla U je základní měrná jednotka při stanovení tepelných ztrát stavebního dílce; udává množství tepla, které projde za časovou jednotku jedním m^2 stavebního dílce při teplotním rozdílu vzduchu uvnitř a venku 1 Kelvin; čím je tato hodnota nižší, tím lepší je tepelná izolace stavebního materiálu). V dalších letech byla vyrobena řada zkušebních vzorků vakuových izolačních skel, u kterých byla dosažena hodnota U až $0,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. V rámci vývoje těchto nových typů vznikly inovace zejména v oblasti materiálů a rozmístění rozpěrek, v metodách pájení okraje skel (slitiny galium-indium Ga-In, stupňovitý okraj), ve způsobu vytváření vakua (vývěvy s o-kroužkem). Výzkum se dále zaměřil

i na stanovení napětí ve sklech, navrhování rastrů rozpěrek s ohledem na vedení tepla a metody nedestruktivního měření tlaku uvnitř dutiny. V rámci projektu byl vytvořen i přístroj pro měření hodnoty U na velmi malé ploše, umožňující sledování vlivu rozpěrek. Nicméně šlo stále o výzkumné projekty bez komerčního využití.

K prvnímu komerčnímu využití došlo až v roce 1996. Uvedení na trh předcházela spolupráce Univerzity v Sydney s japonskou sklářskou skupinou NSG (Nippon Sheet Glass Group). V Kjótu byla zprovozněna první linka na světě pro komerční výrobu vakuových izolačních skel (Vacuum Insulating Glass - VIG). Konstrukce a technologie výroby prošla dalšími inovacemi. Následně byla otevřena druhá linka v Ryuugasaki. Přes značné problémy a vysoké náklady, které výrobu VIG provázely, se výrobek podařilo uvést jako prémiový výrobek na trh. Díky použití tepelně upravených skel se podařilo u izolačního skla tloušťky 10 mm dosáhnout hodnoty $U = 0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

O vlastní vývoj v oblasti vakuových izolačních skel se po roce 2000 pokusili s většími či menšími úspěchy i v USA, Rusku a Číně. V Evropě je aktuálně v provozu linka ve Švýcarsku, ostatní pokusy o výrobu skončily ve stadiu experimentů.

Oblast použití

Vakuová izolační skla se uplatňují všude tam, kde existují speciální požadavky na velmi nízký součinitel prostupu tepla, vyšší váženou neprůzvučnost, nízkou hmotnost, malou tloušťku, vyšší prostup světla. V současnosti se tento typ výrobku používá zejména ve stěnách a dveřích prostorů, kde se udržuje nízká teplota – např. v chladicích skříních v prodejnách potravin, nově se využívají i v lehkých obvodových pláštích budov, zasklených střeších a dalších aplikacích ve stavebnictví.

Normalizace

Normalizace v oblasti vakuových skel začala poměrně nedávno. Mezinárodní organizace pro standardizaci ISO podpořila vznik pracovní skupiny WG10 „Vakuové sklo“ v rámci technické komise ISO/TC160/SC1 „Sklo ve stavebnictví“. Tato pracovní skupina v letech 2013-2017 připravila první část normy pro vakuová izolační skla, která byla v roce 2018 schválena jako **ISO 19916-1 Sklo ve stavebnictví – Vakuové izolační sklo - Část 1: Základní specifikace výrobku a metody hodnocení tepelné a zvukové izolace**. Pracovní skupina WG10 připravila také návrh ISO 19916-2 zabývající se mechanickými vlastnostmi vakuových skel, ale další práce na této části byly zrušeny. V přípravě je návrh ISO 19916-3, stanovující metody zkoušení pro hodnocení vlastností při rozdílu teplot – momentálně je ve fázi

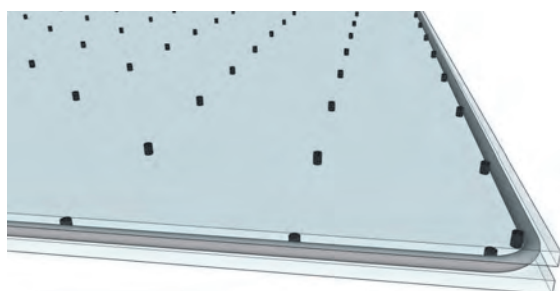
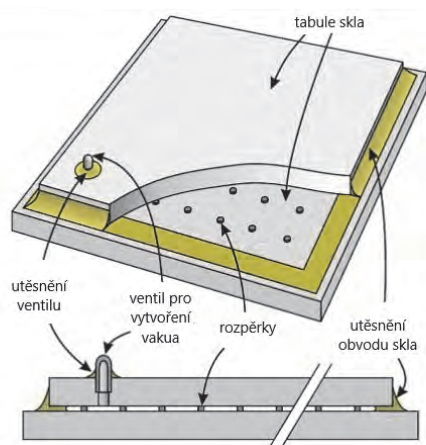
schváleného návrhu komise a postoupení k registraci jako ISO/DIS 19916-3. V rámci Evropského výboru pro normalizaci CEN/TC 129 ani v rámci České agentury pro standardizaci (ČAS) se žádná obdobná technická norma nepřipravuje.

Cílem metodiky vypracované IKATES, s.r.o. bylo vymezit sledované vlastnosti pro vakuová izolační skla, stanovit metody zkoušení a poskytnout jednotný přístup při posuzování tohoto výrobku.

Sledované vlastnosti, zkušební metody a požadavky

1. Definice a popis výrobku

Vakuové izolační sklo je výrobek, který sestává z nejméně dvou tabulí skla, které jsou odděleny soustavou rozpěrek, jeho obvod je hermeticky a stabilně utěsněn a dutina mezi skly obsahuje vakuum. Absolutní tlak v dutině vakuového izolačního skla je 1 Pa nebo nižší (ISO19916-1). Tabule skla mohou mít shodný nebo různý rozměr (viz obr. 1). Po obvodu je vakuové izolační sklo utěsněno vhodným těsnicím materiálem. V jedné z tabulí může být instalován ventil pro odsátí plynu z dutiny.



Obr. 1, obr. 2: Příklad vakuového izolačního dvojskla

2. Komponenty

Sklo

Pro výrobu vakuového izolačního skla mohou být použity následující výrobky:

- sklo float podle ČSN EN 572-9;
- leštěné sklo s drátěnou vložkou podle ČSN EN 572-9;
- vzorované sklo podle ČSN EN 572-9;

- tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 12150-2, ČSN EN 13024-2
- tepelně zpevněné sklo podle ČSN EN 1863-2;
- prohříváné tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 14179-2, ČSN EN 15682-2;
- chemicky zpevněné sklo podle ČSN EN 12337;
- vrstvené sklo a vrstvené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 14449;
- sklo s povlakem podle ČSN EN 1096-4.

Sklo může být čiré nebo zbarvené, průhledné, průsvitné nebo neprůhledné, s povrchovou úpravou (pískované, leptané kyselinou).

Rozpěrky

Jde o malé distanční prvky v podobě např. válečků, rozmístěných v rastru po celé ploše skla, které vymezují šířku dutiny mezi skly. Rozpěrky mohou být vyrobeny ze skla, skla tavitelného při nízké teplotě, keramiky, kovu nebo plastu.

Utěsnění okraje

Utěsněním okraje se rozumí hermetické spojení tabulí skla podél obvodu, které zajišťuje udržení vakua v dutině. V závislosti na použité technologii může být označeno jako pájení nebo svařování okraje. Materiál použitý pro utěsnění může být např. ze skla, skla tavitelného při nízké teplotě (při použití laserového ohřevu) nebo pájení pomocí slitin india, keramiky, kovu nebo plastu.

Ventil

Jde o prvek určený k připojení pumpy, která vytvoří v dutině skla vakuum. Obvykle má podobu tenké skleněné trubičky, která se po vytvoření vakua v dutině hermeticky uzavře. Ventil může být umístěn v ploše tabule skla nebo v hraně.

Getr

Jde o materiál umístěný do dutiny vakuového izolačního skla. Jeho účelem je absorpce plynu v dutině.

3. Vizuální kvalita

Požadavky na optickou a vizuální kvalitu pro prvky ze skla musí být převzaty z příslušných evropských norem. Tabule musí být prohlíženy v prostupu a nikoli v odrazu. Vady nesmí být na tabuli označeny. Izolační skla musí být pozorována ze vzdálenosti nejméně 3 m zevnitř směrem ven a při co nejkolmější úhlu pohledu vůči povrchu skla po dobu nejvýše jedné minuty na m². Posouzení se provádí za podmínek difúzního denního světla (např. zatažené oblohy), bez přímého slunečního záření nebo umělého osvětlení. Izolační skla posuzovaná zvenku musí být prohlížena v nainstalovaném stavu s přihlédnutím k obvyklé pozorovací vzdálenosti minimálně 3 m. Úhel pohledu musí být co nejkolmější vůči povrchu skla.

Posuzuje se počet vad, velikost vady, druh vady (bodové nečistoty a skvrny, lineární a protáhlé vady, vady hran, odchylky od jmenovité tloušťky, posunutí tabulí izolačního skla).

Optické vlastnosti

Optické vlastnosti vakuových izolačních skel lze stanovit v souladu s ČSN EN 410. Základními charakteristikami jsou:

- spektrální činitele prostupu, spektrálního činitele odrazu na vnějším povrchu a spektrálního činitele odrazu na vnitřním povrchu;
- číselník prostupu světla, číselník odrazu světla na vnějším povrchu a číselník odrazu na vnitřním povrchu;
- všeobecný index podání barev;
- číselník přímého prostupu solárního záření a číselník přímého odrazu solárního záření;
- číselník prostupu UV záření;
- celkový číselník prostupu solární energie (solární faktor) a číselník stínění.

Předpokládá se, že vliv rozpěrek na optické vlastnosti je zanedbatelný. Protože je poměr plochy rozpěrek k celkové ploše skla menší než 1 %, na výsledné hodnotě zaokrouhlené na celá procenta se ovlivnění neprojevuje.

4. Tepelné vlastnosti

Vakuová izolační skla díky velmi úzké dutině a odsátí plynu prakticky vylučují přenos tepla konvekcí. Přenos tepla zářením je významně potlačen použitím skla (skel) s povlakem s velmi nízkou hodnotou emisivity. Přenos vedením se pak děje velmi omezeně přes rozpěrky a možné zbytky plynu v dutině. Hodnota součinitele prostupu tepla se stanoví měřením podle ČSN EN 674 (měření metodou chráněné teplé desky) nebo ČSN EN 675 (měřidlem tepelného toku). Vlastní měření by mělo být provedeno nejméně dvakrát nezávisle, přičemž rozdíl výsledných součinitelů tepelného odporu by neměl překročit 3 % měřené hodnoty. Na základě provedených měření lze pomocí vzorců uvedených v ČSN EN 673 stanovit hodnotu součinitele tepelného odporu vakuové dutiny. Pomocí této hodnoty pak lze spočítat součinitele prostupu tepla pro vakuová izolační skla s jinou tloušťkou použitých skel.

Hodnotu součinitele tepelné vodivosti vakuové dutiny lze také spočítat následujícím způsobem:

$$h_v = h_p + h_r + h_a$$

kde

h_v je tepelná vodivost vakuové dutiny ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$),

h_p je tepelná vodivost rozpěrek ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$),

h_r je tepelná vodivost vlivem záření ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$),

h_a je tepelná vodivost plynu o nízkém tlaku ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$).

$$h_p = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{spreading}}} + \frac{1}{h_{\text{pcond}}}} \quad h_{\text{spreading}} = \frac{2 \cdot \lambda_g \cdot r_p}{l_p^2} \quad h_{\text{pcond}} = \frac{\lambda_p}{d_p} \cdot \frac{\pi \cdot r_p^2}{l_p^2}$$

kde

$h_{\text{spreading}}$ je tepelná vodivost spojená s odporem šíření ve skle ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$),

h_{pcond} je tepelná vodivost rozpěrky ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$),

r_p , d_p , l_p jsou poloměr, výška a rozteč rozpěrek (m),

λ_p , λ_g jsou tepelné vodivosti rozpěrky a skla ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$).

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_m^3 \quad \varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

kde

ε je efektivní emisivita mezi povrchy skla směřujícími do dutiny (-),

ε_1 , ε_2 jsou hodnoty opravené emisivity obou povrchů skla směřujících do dutiny (-),

σ je Stefan-Boltzmannova konstanta ($\approx 5,68 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}$),

T_m je střední teplota povrchů skla přivrácených do dutiny (K),

λ_p , λ_g jsou tepelné vodivosti rozpěrky a skla.

$$h_a = \pm \cdot \frac{3+1}{3-1} \cdot \sqrt{\frac{R}{8\pi}} \cdot \frac{P}{\sqrt{M \cdot T_m}}$$

kde

α kombinovaný koeficient umístění (-),

γ je poměr měrného tepla (= cp/cv),

R plynová konstanta ($\approx 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

P absolutní tlak plynu (Pa),

M je molární hmotnost plynu (g/mol),

T_m je střední teplota plynu ve vakuové dutině (K).

Hodnota h_a je přibližně 0,5. P , kde P je absolutní tlak plynu [Pa].

5. Mechanické vlastnosti

Mechanická odolnost je charakteristickou hodnotou. Deklarovanou hodnotou musí být charakteristická pevnost prvků skla v ohybu, stanovená v normách pro tyto prvky a uvedená v pořadí odpovídajícím identifikaci výrobku. Charakteristická pevnost v ohybu se uvádí samostatně pro každou tabuli skla. U monolitických skel musí být získána z příslušné výrobkové normy, např. sodnovápenatokřemičité sklo – EN 572-1+A1, borosilikátové sklo – EN 1748-1-1 atd. a upravena faktorem pro profil povrchu skla k_{sp} z FprEN 16612. Hodnoty pro tepelně upravené výrobky musí být získány z příslušných výrobkových norem, např. tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo – EN 12150-1 atd. U vrstveného skla / vrstveného bezpečnostního skla musí být stanovena podle pravidel popsanych v EN 14449.

6. Odolnost proti kyvadlovému nárazu

Odolnost proti kyvadlovému nárazu musí být stanovena a klasifikována podle EN 12600. Protože podle EN 12600 se zkouší a klasifikují jednotlivé tabule skla, ne izolační skla jako hotové výrobky, deklaruje se odolnost každé tabule skla v pořadí od vnější tabule k vnitřní.

7. Odolnost proti útoku

Odolnost proti násilnému vniknutí musí být stanovena a klasifikována podle ČSN EN 356. V těch případech, kdy je odolnost vakuového izolačního skla proti násilnému vniknutí zajištěna pouze jedním prvkem, není nutná zkouška za předpokladu, že je prvek s odolností proti násilnému vniknutí správně

orientován. Klasifikace izolačního skla musí být shodná s klasifikací použitého prvku ze skla. V takových případech, kdy je odolnosti izolačního skla proti násilnému vniknutí dosaženo pouze kompletním izolačním sklem, musí být toto izolační sklo zkoušeno a klasifikováno podle ČSN EN 356.

8. Reakce na oheň

Reakce na oheň musí být stanovena a klasifikována podle ČSN EN 13501-1. Při klasifikaci je nutné vzít v úvahu zejména materiál rozpěrek, případně použití vrstveného skla. Pokud nebylo izolační sklo zkoušeno, musí být klasifikováno podle klasifikace reakce na oheň použitých komponentů.

9. Vzduchová neprůzvučnost

Ukazatele neprůzvučnosti musí být stanoveny podle ČSN EN 12758. Deklarované hodnoty musí být zaokrouhleny dolů na nejbližší celé číslo.

10. Odolnost proti náhlé změně teploty

Odolnost proti náhlým změnám teploty a teplotním rozdílům je obecně přijatou hodnotou, která je uvedena ve výrobové normě pro příslušný prvek ze skla. Pokud je identifikace výrobku dostatečně jasná, deklaruje se odolnost každého prvku v pořadí daném složením, od vnější tabule k vnitřní.

11. Stálost

Norma ISO 19916-1 předpokládá zkoušení stálosti vakuových izolačních skel prostřednictvím tří různých metod. Pro evropské prostředí se jeví jako nejvhodnější metoda B, sestávají z provedení cyklické části dlouhodobé klimatické zkoušky podle ČSN EN 1279-2 a následnému vystavení zkoušce účinků záření podle ČSN EN ISO 12543-4, 7.3.1.

Ke zkoušce se odebere 6 vzorků vakuových izolačních skel přednostně o rozměrech 352 x 502 mm. U vzorků se stanoví hodnota U a vypočte se průměrná hodnota. Jednotlivé hodnoty U by se od průměrné hodnoty neměly lišit o více než 10 %. Vzorky se podrobí zkoušce stálosti sestávající z:

- 56 cyklů -18°C/+53 °C (při > 95 % relativní vlhkosti) – průběh viz ČSN EN 1279-2,
- 2000 hodin vystavení záření podle ČSN EN ISO 12543-4, 7.3.1.

Po provedení zkoušky se u vzorků znovu změří hodnoty U. Průměrná hodnota U po zkoušce se od počáteční hodnoty nesmí lišit o více než 0,1 W.m⁻².K⁻¹.

Hodnocení shody

Shoda vakuového izolačního skla s požadavky ISO 19916-1, této metodiky a deklarovanými třídami a/nebo hodnotami musí být prokázána prostřednictvím počátečních typových zkoušek a systému řízení výroby.

Přehled citovaných norem

ČSN EN 356:2000 Sklo ve stavebnictví - Bezpečnostní zasklení - Zkoušení a klasifikace odolnosti proti ručně vedenému útoku

ČSN EN 410:2011 Sklo ve stavebnictví - Stanovení světelných a solárních charakteristik zasklení

ČSN EN 572-1+A1:2017 Sklo ve stavebnictví – Základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla – Část 1 : Definice a obecné fyzikální a mechanické vlastnosti

ČSN EN 572-8+A1:2017 Sklo ve stavebnictví – Základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla – Část 8: Dodávané a konečné řezané rozměry

ČSN EN 572-9:2005 Sklo ve stavebnictví - Základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla - Část 9: Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 673:2011 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Výpočtová metoda

ČSN EN 674:2011 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Metoda chráněné teplé desky

ČSN EN 675:2011 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Metoda měřidla teplotního toku

ČSN EN 1096-4:2019 Sklo ve stavebnictví - Sklo s povlakem - Část 4: Výrobová norma

ČSN EN 1279-2:2019 Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 2: Dlouhodobá zkušební metoda a požadavky na pronikání vlhkosti

ČSN EN 1748-1-1:2005 Sklo ve stavebnictví - Zvláštní základní výrobky - Borosilikátová skla - Část 1-1: Definice a obecné fyzikální a mechanické vlastnosti

ČSN EN 1863-1:2012 Sklo ve stavebnictví - Tepelně zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo - Část 1: Definice a popis

ČSN EN 1863-2:2005 Sklo ve stavebnictví - Tepelně zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 12150-1:2017 Sklo ve stavebnictví - Tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 1: Definice a popis

ČSN EN 12150-2:2005 Sklo ve stavebnictví - Tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 12337-1:2001 Sklo ve stavebnictví - Chemicky zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo - Část 1: Definice a popis

ČSN EN 12600:2003 Sklo ve stavebnictví - Kyvadlová zkouška - Metoda zkoušení nárazem a klasifikace pro ploché sklo

ČSN EN 12758:2011 Sklo ve stavebnictví - Zasklení a vzduchová neprůzvučnost - Popisy výrobků a stanovení vlastností

ČSN EN 13024-2:2005 Sklo ve stavebnictví - Tepelně tvrzené borosilikátové bezpečnostní sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 13501-1:2019 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň

ČSN EN 14179-1:2017 Sklo ve stavebnictví - Prohřívání tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 1: Definice a popis

ČSN EN 14179-2:2006 Sklo ve stavebnictví - Prohřívání (HST) tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 14449:2006 Sklo ve stavebnictví - Vrstvené sklo a vrstvené bezpečnostní sklo - Hodnocení shody/Výrobová norma

ČSN EN 15682-2:2014 Sklo ve stavebnictví - Prohřívání tepelně tvrzené křemičité bezpečnostní sklo s alkalickými zeminami - Část 2: Hodnocení shody / Výrobová norma
FprEN 16612:2017 Sklo ve stavebnictví – Stanovení boční odolnosti tabulí skla proti zatížení výpočtem

ČSN EN ISO 12543:2012 Sklo ve stavebnictví - Vrstvené sklo a vrstvené bezpečnostní sklo

ISO 19916-1 Sklo ve stavebnictví – Vakuové izolační sklo - Část 1: Základní specifikace výrobku a metody hodnocení tepelné a zvukové izolace

ISO/DIS 19916-2 Sklo ve stavebnictví – Vakuové izolační sklo - Část 2: Mechanické chování

ISO/CD 19916-3 Sklo ve stavebnictví – Vakuové izolační sklo - Část 3: Zkušební metody pro hodnocení vlastností při teplotních rozdílech



AKTUALITA K ZAVÁDĚNÍ NOVÉ DEFINICE JEDNOTKY HMOTNOSTI

Mgr. Jaroslav Zůda, Ph.D.

Český metrologický institut

Tento článek doplňuje a rozšiřuje článek „Zavádění nové definice základní jednotky hmotnosti“, který byl publikován v časopise Metrologie v čísle 4/2020. V tomto článku byl nastíněn proces zavádění nové definice jednotky hmotnosti do praxe, který probíhá ve třech fázích. V době psaní původního článku byla aktuální Fáze 1, ale den po publikaci článku přijal autor informaci o přechodu do Fáze 2, ke které oficiálně došlo k 1. únoru 2021. V tomto článku jsou shrnuty základní informace související s přechodem do Fáze 2 a jejich vliv na metrologický systém v Česku.

Fáze zavádění nové definice jednotky hmotnosti do praxe

V úvodu připomenou jednotlivé fáze přechodu k nové definici jednotky hmotnosti.

Základní jednotka hmotnosti, resp. její nová definice, je zaváděna do praxe ve třech na sebe navazujících krocích tak, aby vždy byla zachována v co nejvyšší míře nepřerušovaná návaznost na předchozí definici (viz též https://www.bipm.org/utils/common/pdf/CC/CCM/CCM_Note-on-dissemination-after-redefinition.pdf).

Tyto kroky jsou shrnuty v tabulce.

Fáze	Termín	Popis	Zdroj návaznosti	Nejistota kalibrací hmotnosti v BIPM	Role realizací kilogramu	Návaznost hmotností z metrologických institutů s realizací jednotky hmotnosti
0	Do 20. 5. 2019	Návaznost na Mezinárodní prototyp kilogramu	$m_{\text{IPK}} = 1 \text{ kg}$, $u_{m\text{IPK}} = 0 \text{ } \mu\text{g}$	$u_{\text{stab}}(t)$	Měření Planckovy konstanty	Návaznost z národního etalonu navázaného na Mezinárodní prototyp kilogramu
1	20. 5. 2019 – 1. 2. 2021	Návaznost na Planckovu konstantu prostřednictvím Mezinárodního prototypu kilogramu, zvýšené nejistoty vycházející z nové definice	$m_{\text{IPK}} = 1 \text{ kg}$, $u_{m\text{IPK}} = 10 \text{ } \mu\text{g}$		Účast na klíčovém porovnání realizací kilogramu, vylepšení a vyřešení potenciálních odchylek	Návaznost z národního etalonu navázaného na Mezinárodní prototyp kilogramu, nejistota navýšena o dodatečný zdroj 10 μg
2	1. 2. 2021 – Datum 2	Návaznost na Planckovu konstantu prostřednictvím konsenzuální hodnoty hmotnosti	Konsenzuální hodnota		Příspěvek ke konsenzuální hodnotě, vylepšení experimentů, řešení odchylek	Návaznost z konsenzuální hodnoty s nejistotou
3	Od Datum 2	Návaznost na Planckovu konstantu prostřednictvím jednotlivé realizace	Pevná hodnota $h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $u(h) = 0 \text{ Js}$	Nejistota realizace jednotky v BIPM	Realizace jednotky hmotnosti, účast na klíčových porovnáních, prokázání ekvivalence	Návaznost z validované realizace jednotky hmotnosti s nejistotou dané realizace. Uplatňují se podmínky CIPM MRA.

Fáze 0 – Návaznost na Mezinárodní prototyp kilogramu

Fáze 0 odpovídá původnímu stavu, kdy byl Mezinárodní prototyp kilogramu brán jako základ systému měření hmotnosti. Signatářské země Metrické konvence měly právo si nechat provést kalibraci svých státních etalonů hmotnosti v BIPM. Tak tomu je i v případě České republiky, kdy poslední kalibrace ve Fázi 0 proběhla v roce 2009. Obvyklá nejistota hmotnosti této kalibrace byla 0,003 mg ($k = 1$) a byla dána jednak nejistotou samotného měření, jednak nejistotou stability závaží používaných pro kalibraci.

Planckova konstanta byla v této době předmětem měření, uváděla se tedy vždy s určitou nejistotou, jejíž relativní hodnota byla ke konci Fáze 0 rovna 10^{-8} .

Fáze 1 – Návaznost na Planckovu konstantu prostřednictvím Mezinárodního prototypu kilogramu

Dne 20. 5. 2019 vstoupila v platnost nová definice základní jednotky hmotnosti, která je založena na přesné číselné hodnotě Planckovy konstanty. Návaznost jednotky hmotnosti je i nadále realizována porovnáním s Mezinárodním prototypem kilogramu. Vzhledem k tomu, že v době stanovení přesné hodnoty Planckovy konstanty byla relativní nejistota 10^{-8} , byla tato relativní nejistota nově přiřazena Mezinárodnímu prototypu kilogramu.

I nadále platilo, že primárním zdrojem návaznosti hmotnosti je BIPM a jeho Mezinárodní prototyp kilogramu s hodnotou hmotnosti 1 kg (bez odchylky), nikoliv nové realizace kilogramu. Na rozdíl od Fáze 0 byla nejistota vyšší o příspěvek 0,010 mg, což vyplývá z relativní nejistoty Planckovy konstanty 10^{-8} . Pokud tedy při předchozí kalibraci státního etalonu hmotnosti byla předána nejistota 0,003 mg, ve Fázi 1 bude tato nejistota rozšířena na 0,011 mg, jak vyplývá ze vztahu uvedeného v tabulce se základním přehledem jednotlivých fází přechodu. Ve stejném smyslu je na uvážení jednotlivých zemí, zda budou upravovat své záznamy v CMC tabulkách vyjadřujících kalibrační schopnosti. V případě ČR je pro závaží o hmotnosti 1 kg hodnota v CMC tabulce 0,08 mg ($k = 2$), po přidání nového zdroje nejistoty o velikosti 0,010 mg nebude nutné provádět další úpravy.

Laboratoře provádějící měření hmotnosti přímo v návaznosti na Planckovu konstantu se ve Fázi 1 zúčastnily mezinárodního porovnání hmotnosti realizací kilogramu. Tohoto porovnání se účastnilo 7 laboratoří. Cílem porovnání bylo ověřit odchylky mezi jednotlivými realizacemi a získat další údaje pro výpočet konsenzuální hodnoty hmotnosti, která je důležitá pro Fázi 2.

Fáze 2 – Návaznost na Planckovu konstantu prostřednictvím Konsenzuální hodnoty hmotnosti

Fáze 2 procesu přechodu k nové definici kilogramu zahrnuje přechod od hodnoty hmotnosti dané Mezinárodním prototypem kilogramu ke konsenzuální hodnotě hmotnosti. Tato fáze začala 1. 2. 2021.

Konsenzuální hodnota hmotnosti je založena na faktu, že mezi jednotlivými realizacemi kilogramu jsou stále určité rozdíly. Tímto způsobem, kdy se vezmou mimo jiné poslední tři výsledky klíčových porovnání, se rozdíly přepočítají do jedné průměrné hodnoty s určitou nejistotou. Hodnota hmotnosti daná tímto způsobem bude nadále předávána na jednotlivé státní etalony hmotnosti prostřednictvím kalibrací v BIPM.

První konsenzuální hodnota je dána aritmetickým (neváženým) průměrem tří souborů dat

1. Data s přímou návazností na Mezinárodní prototyp kilogramu s uvážením nového zdroje nejistoty z Fáze 1
2. Data z pilotní studie realizací kilogramu, která proběhla v letech 2016–2017 s uvážením korekce Planckovy konstanty z dat CODATA 2017
3. Referenční hodnota klíčového porovnání po očištění o odlehlé hodnoty

První dva soubory dat jsou v přímé návaznosti na Mezinárodní prototyp kilogramu. Třetí soubor dat byl získán již v podmínkách nové definice kilogramu. Definovaná hodnota Planckovy konstanty byla založena na hodnotě hmotnosti Mezinárodního prototypu kilogramu, a tak i třetí soubor dat je navázán na původní realizaci kilogramu. I nadále bude díky těmto krokům zajištěna kontinuita kilogramu.

Fáze 3 – Návaznost na Planckovu konstantu přímo

Poslední fází v procesu zavádění nové definice základní jednotky hmotnosti je návaznost měření na jednotlivé realizace kilogramu. Tímto bude završen celý proces přechodu od Mezinárodního prototypu kilogramu k Planckově konstantě.

Fáze 3 začne poté, co se ukáže, že výsledky dostatečného počtu realizací kilogramu jsou koherentní s konsenzuální hodnotou s uvážením dosahovaných nejistot. Poté bude jednotka hmotnosti navázána vždy na konkrétní realizaci kilogramu.

Výpočet konsenzuální hodnoty hmotnosti

V roce 2020 bylo dokončeno klíčové porovnání realizací jednotky hmotnosti, které bylo potřebné pro stanovení konsenzuální hodnoty hmotnosti tak, aby bylo možné přejít do 2. Fáze zavádění nové definice jednotky hmotnosti do praxe. Z výsledků jednotlivých laboratoří byla vypočítána referenční hodnota klíčového porovnání, která odpovídá průměrné odchylce laboratoří od ideální hodnoty.

Údaje pro výpočet konsenzuální hodnoty jsou shrnuty v tabulce.

Zdroj hodnoty	Odchylka od 1 kg [μ g]	Nejistota [μ g]
Mezinárodní prototyp kilogramu	0	11,7
Referenční hodnota pilotní studie (2017)	12,4	11,4

Zdroj hodnoty	Odchylka od 1 kg [μg]	Nejistota [μg]
Referenční hodnota klíčového porovnání (2020)	-18,8	7,5
Konsenzuální hodnota hmotnosti	-2,1	20

Jednotka hmotnosti je od 1. 2. 2021 odvozena od uvedené konsenzuální hodnoty hmotnosti. Praktický důsledek je nejenom v tom, že se změní hodnota hmotnosti o přibližně 2 μg, ale zároveň v tom, že se změní hodnota nejistoty. Průběh návaznosti na jednotlivé státní etalony a další závaží zůstává beze změn, jen se v důsledku předpokládá, že hmotnost Mezinárodního prototypu kilogramu je 1 kg – 2 μg s nejistotou 20 μg ($k = 1$).

Vliv Fáze 2 na laboratoř primární etalonáže hmotnosti ČMI

Státní etalon hmotnosti ČR byl v roce 2020 kalibrován v BIPM. Kalibrační list byl vydán až v návaznosti na Fázi 2, což znamená, že je jeho hmotnost navázána na konsenzuální hodnotu hmotnosti podle předchozí části.

Laboratoř primární etalonáže hmotnosti se účastní klíčových porovnání hmotnosti na úrovni organizace EURAMET. Na základě těchto porovnání lze odvozovat hodnoty v tabulkách CMC v databázi KCDB. V současnosti platná rozšířená nejistota pro závaží o hmotnosti 1 kg je 0,080 mg. Pokud započteme nový zdroj nejistoty o velikosti 0,020 mg, získáme

$$U = 2 \sqrt{\left(\frac{0,08 \text{ mg}}{2}\right)^2 + (0,02 \text{ mg})^2} = 0,0895 \text{ mg.}$$

Odtud vyplývá, že nejlepší nejistota, které lze nyní na základě platných hodnot v tabulkách CMC dosáhnout, je 0,090 mg ($k = 2$).

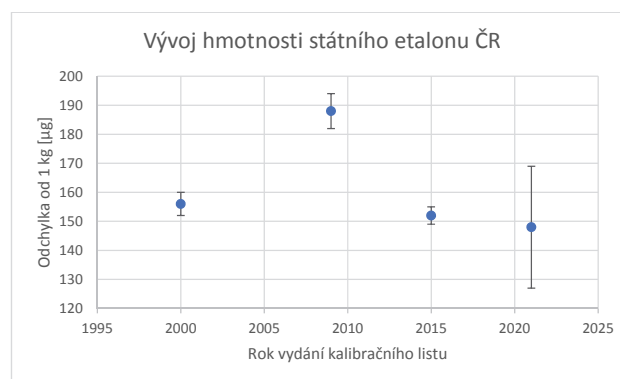
V roce 2020 byla publikována závěrečná zpráva klíčového porovnání EURAMET.M.M-K4.2015, ze které vyplývá, že je možné uvažovat o zlepšení hodnoty CMC pro závaží o hmotnosti 1 kg na úroveň 0,040 mg ($k = 2$). Tato hodnota je ovšem platná ještě pro stav ve Fázi 0. Ve Fázi 2 je nutné připočítat vliv 0,020 mg, čímž se dostáváme k hodnotě

$$U = 2 \sqrt{\left(\frac{0,04 \text{ mg}}{2}\right)^2 + (0,02 \text{ mg})^2} = 0,0566 \text{ mg.}$$

Odtud vyplývá možnost snížení aktuální hodnoty CMC pro 1 kg na 0,060 mg.

Pro přehled jsou ještě uvedeny dosavadní hodnoty pro státní etalon hmotnosti ČR získané z kalibračních listů BIPM. Pokud by byla stále platná Fáze 0, tedy definice jednotky hmotnosti vycházející z Mezinárodního prototypu kilogramu, byla by podle informací BIPM nejistota státního etalonu hmotnosti ČR 5 μg. Po započtení nového vlivu 20 μg vyplývajícího z Fáze 2 je nejistota hmotnosti 21 μg, což je zároveň oficiální hodnota nejistoty hmotnosti uvedená v příslušném kalibračním listu.

Rok vydání kalibračního listu	Odchylka od 1 kg [μg]	Nejistota standartní [μg]
2000	156	4
2009	188	6
2015 (oprava hodnoty z roku 2009)	152	3
2021	148	21



Obr. 1: Vývoj hmotnosti státního etalonu hmotnosti ČR



Obr. 2: Státní etalon hmotnosti ČR

Shrnutí

V roce 2021 došlo k další významné změně v oblasti metrologie hmotnosti. Základem celého systému již není přesná hodnota hmotnosti Mezinárodního prototypu kilogramu, ale Konsenzuální hodnota hmotnosti, která je určena ze tří dostupných údajů. Tato změna má jen minimální vliv na hodnotu hmotnosti, ale vliv na nejistotu hmotnosti je velmi významný. Jak je uvedeno, nová nejistota vyplývající z konsenzuální hodnoty hmotnosti přímo ovlivňuje vyšší nejlepší dosažitelné nejistoty hmotnosti pro závaží 1 kg.

Očekává se, že každé dva roky proběhne nové klíčové porovnání realizací jednotky hmotnosti a bude tak docházet k průběžné aktualizaci konsenzuální hodnoty hmotnosti. Laboratoř primární etalonáže hmotnosti bude i nadále sledovat vývoj v této oblasti a bude reagovat na nové výsledky klíčových porovnání a případně upřesňovat kalibrační schopnosti laboratoře.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI – PŘINÁŠÍ NOVINKY ZE SVĚTA TECHNICKÝCH NOREM

Ing. Miroslav Čermák

Zdroj: Česká agentura pro standardizaci



Na konci roku 2020 byly vydány tyto technické normy v oblasti Elektrotechniky, Elektroenergetiky a Dopravní telematiky:

Elektrotechnika

Mezi nejhojnější elektrotechnická zařízení používaná všude ve světě patří elektrické stroje. Jejich základní rozdělení je na stroje točivé a netočivé. Problematikou točivých elektrických strojů se zabývají revidované **ČSN EN IEC 60034-3 ed. 3** *Točivé elektrické stroje – Část 3: Specifické požadavky na synchronní generátory poháněné parními turbínami nebo spalovacími plynovými turbínami a na synchronní kompenzátory* a **ČSN EN IEC 60034-5 ed. 3** *Točivé elektrické stroje – Část 5: Stupně ochrany dané vlastní konstrukcí točivých elektrických strojů (IP kód) – Klasifikace*. V obou případech se jedná o překlad revidovaných evropských/mezinárodních norem, které byly aktualizovány s ohledem na vědecké poznatky.

Na sklonku roku 2020 byla vydána **ČSN EN IEC 61439-7** *Rozváděče nízkého napětí – Část 7: Rozváděče pro použití ve zvláštních podmínkách, jako jsou mariny, kempy, tržiště, nabíjecí stanice pro elektrická vozidla*. Tato norma je zatím poslední částí dosud vydávaného souboru *Rozváděče nízkého napětí*. Norma je vydávána jako souhrn úprav a změn ustanovení základní normy ČSN EN 60439-1 ed. 2:2012 *Rozváděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení*. Norma reaguje na potřeby rozváděčů nízkého napětí pro elektrické instalace nízkého napětí používané na tržištích, v marinách, na místech pro kempování a na jiných podobných venkovních místech. Tato norma je spojena s požadavky na elektrické instalace stanovené v části 7, souboru ČSN 33 2000, tedy na elektrické instalace nízkého napětí v jednoúčelových zařízeních a ve zvláštních objektech.

Elektroenergetika

Zájemce o tuto oblast upozorňujeme na vydání **ČSN EN IEC 61897 ed. 2** *Venkovní vedení – Požadavky a zkoušky tlumičů vibrací způsobených větrem*. Tato norma nahrazuje předchozí vydání ČSN EN 61897 z roku 2000. Hlavní změny nového vydání spočívají ve stanovení požadavků pro spirálové a elastomerní tlumiče

vibrací, zavedení dodatečných zkoušek při použití tlumičů na vysokoteplotní vodiče, zjednodušení postupu vyhodnocení činnosti tlumiče a zavedení zkoušky spojovacích součástek při nízké teplotě.

Další normou z této oblasti je **ČSN EN IEC 61854 ed. 2** *Venkovní vedení – Požadavky a zkoušky pro rozpěrky*. Tato norma nahrazuje předchozí vydání ČSN EN 61854 z roku 2000. Hlavní změny nového vydání

spočívají v co možná nejpřesnějším stanovení parametrů zkoušek a přijímacích hodnot, zavedení zkoušky součástek spojovacích prvků při nízkých teplotách, zavedení jiného postupu pro zkoušky kmitání v dílčím rozpětí na rozpěrkách vybavených svorkami s tyčovým připojením, úpravě postupu zkoušky vibrací způsobených větrem a stanovení jiného postupu zkoušek vibrací způsobených větrem na rozpěrkách vybavených svorkami s tyčovým připojením.

Dopravní telematika

Zde stojí za zmínku dvě nově vydávané normy: **ČSN EN 15722** *Inteligentní dopravní systémy – eSafety – Minimální soubor dat pro eCall*. Norma stanoví normalizované datové koncepty, které zahrnují „minimální soubor dat“ (MSD), který se v případě nehody nebo nouze přeneše z vozidla do „Centra tísňového volání“ („Public Safety Answering Point“ – PSAP) prostřednictvím komunikační relace „eCall“. Protokoly a metody komunikačních prostředků pro přenos zprávy eCall nejsou v tomto dokumentu stanoveny. **ČSN EN 16157-5** *Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 5: Publikace naměřených a zpracovaných dat*. Tento dokument je pátou částí evropské normy DATEX II, která se zabývá submodely publikací v rámci modelu DATEX II, které podporují výměnu naměřených a zpracovaných informací. Účelem těchto publikací je podpora výměny informačního obsahu mezi organizací vlastníci naměřená data, organizací vytvářející zpracovaná data a ostatními organizacemi, které poskytují služby ITS nebo předávají data dalším subjektům informační výměny. To zahrnuje rovněž výměnu statických informací o místech měření.



HISTORIE SI A JEDNOTEK MĚŘENÍ

Ing. František Jelínek, CSc.

Úvod

Mezinárodní systém jednotek SI („Le Système International d'Unités“) je definován sedmi základními jednotkami a odvozenými jednotkami, které jsou násobky mocnin základních jednotek. Sedm základních jednotek bylo vybráno z historických důvodů podle toho, jak se metrický systém, později SI, vyvíjel v posledních 130 letech. Jejich volba nebyla jediná možná, ale v průběhu let se stala zavedenou a známou nejen tím, že poskytla rámec pro popis SI, ale také pro definování odvozených jednotek. Tato role základních jednotek pokračuje i v současnosti, přestože soustava je nyní definována na základě sedmi definujících konstant (viz například [1]).

V tomto úvodním článku se pokusíme stručně vrátit ke kořenům dekadické metrické soustavy. Povšimneme si klíčových momentů vývoje, který vedl k dnešnímu uspořádání Mezinárodního systému jednotek SI. Později se vrátíme k vývoji definice jednotlivých jednotek. Pro první orientaci v problematice a době je zde mimo jiné uveden (s laskavým svolením BIPM) překlad částí textu, uvedeného na stránkách BIPM pod názvem „Brief history of SI“ [2], s přihlédnutím k [3].

Historií se vine jako červená nit snaha o sjednocení měř a vah, protože jejich regionální variabilita a nepevné určení základu jednotek byly vždy překážkou obchodu a sdílení vědeckých poznatků. Ve druhé polovině 17. století silily snahy o nápravu a rozhodujícím způsobem se prosadily v době Velké francouzské revoluce (období 1789 až 1799), kdy tomu napomáhaly i politické změny a bourání starých stereotypů. Historie vývoje soustavy jednotek sleduje vývoj poznání a vědeckého myšlení vůbec. Ukazuje i souvislosti s politickými zvraty a pokroky, s potřebami hospodářství a vědy. Je proto zajímavá pro hlubší pochopení současné situace.

Kořeny metrického systému

Gabriel Mouton (1618–1694), francouzský duchovní a vědec se zájmem o matematiku a astronomii, navrhl jako jeden z prvních (1670) přirozený standard délky, založený na obvodu Země, dělený decimálně. Zde jsou jistě počátky vývoje, který vedl k přijetí metrického systému v roce 1799; zřetelné jsou tři důležité prvky Moutonova návrhu – desetinné dělení, racionální předpony a nezávislý základ definice.

Významnou roli sehrála posléze *Francouzská akademie* a francouzské *Národní shromáždění*. V dubnu 1790 jeden z předních členů shromáždění, Charles-Maurice de Talleyrand, inicioval debatu, která vyústila v pověření *Francouzské akademie* přípravou řešení. Akademie doporučila, aby se za základ systému jednotek použila desetimiliontá část délky poledníku procházejícího Paříží mezi pólem a rovníkem; zvolen byl název **metr** s tím, že nová jednotka hmotnosti by měla být odvozena z hmotnosti krychlového metru vody. *Národní shromáždění* doporučení přijalo a nařídilo, aby byla provedena nezbytná měření. Více o tom jindy ve stati, týkající se přímo metru.

Vytvoření dekadického metrického systému v době Velké francouzské revoluce a následné uložení dvou platitových etalonů/prototypů metru a kilogramu v *Archivu Republiky* (Archives de la République, tehdy v Louvru) v Paříži 22. června 1799 lze považovat za první krok, který vedl až k současnému Mezinárodnímu systému jednotek SI.

Vývoj do podpisu Metrické konvence

V roce 1832 navrhl Gauss¹ využití výše zmíněného metrického systému spolu se sekundou, definovanou v astronomii, jako koherentního systému fyzikálních jednotek. Gauss jako první uskutečnil absolutní měření zemského magnetického pole s využitím dekadického systému, založeného na třech mechanických jednotkách – milimetru, gramu a sekundě pro délku, hmotnost a čas. V pozdějších letech Gauss spolu s Weberem² rozšířili tato měření i na některé elektrické jevy.

Tyto aplikace v oblasti elektřiny a magnetismu byly dále rozšířeny v roce 1860 pod aktivním vedením Maxwella³ a Thomsona⁴ prostřednictvím Britské asociace pro rozvoj vědy (BAAS, nyní BSA). Byl vysloven požadavek na koherentní systém jednotek se základními a odvozenými jednotkami. V roce 1874 BAAS zavedla systém CGS, trojrozměrný koherentní systém jednotek, založený na třech mechanických jednotkách centimetr, gram a sekunda, s využitím předpon od *mikro* až po *mega* k vyjádření desetinných dílů a násobků. Následný vývoj fyziky jako experimentální vědy byl z velké části založen na tomto systému.

Velikosti koherentních CGS jednotek se v oblasti elektřiny a magnetismu ukázaly jako nevýhodné, takže v roce 1880 BAAS a Mezinárodní elektrotechnický kongres, předchůdce Mezinárodní elektrotechnické komise (IEC), schválily vzájemně koherentní soubor tzv. praktických jednotek. Mezi nimi byl ohm pro elektrický odpor, volt pro elektromotorické napětí a ampér pro elektrický proud.



¹ Johann Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855), německý matematik a fyzik. Zabýval se mimo jiné geometrií, matematickou analýzou, teorií čísel, astronomií, elektrostatikou, geodézií a optikou. Podle [5]



² Wilhelm Eduard Weber (1804 – 1891), německý fyzik. Společně s Gaussem vynalezl elektromagnetický telegraf (1833, Göttingen), napsal řadu významných prací o elektromagnetismu, elektrických veličinách a geomagnetismu. Podle [5]



³ James Clerk Maxwell (1831 – 1879), skotský fyzik. Jeho nejvýznamnějším objevem je obecný matematický popis elektromagnetického pole dnes známý jako Maxwellovy rovnice. Podle [5]



⁴ William Thomson, lord Kelvin of Largs (1824 – 1907), skotsko-irský vědec a jeden z nejvýznamnějších fyziků. Věnoval se kalorimetrii. Řada vynálezů, např. kvadrantový elektroměr, přístroje pro měření elektřiny v atmosféře. Je po něm pojmenována jednotka teploty Kelvin. Podle [5]

Metrická konvence

Po podpisu Metrické konvence 20. května **1875** byl vytvořen BIPM (Mezinárodní úřad pro váhy a míry) a ustavena Generální konference pro váhy a míry (CGPM) a Mezinárodní výbor pro váhy a míry (CIPM); započaly práce na vytvoření nových mezinárodních prototypů metru a kilogramu. V roce **1889** proběhlo 1. zasedání CGPM, kde byly schváleny mezinárodní prototypy metru a kilogramu a byly uloženy v sídle BIPM. Spolu s astronomickou sekundou jako jednotkou času tvořily tyto jednotky trojrozměrný systém mechanických jednotek, podobný systému CGS, ale se základními jednotkami metr, kilogram a sekunda, systém známý jako MKS.



Sídlo BIPM, Pavillon de Breteuil, Sèvres

Stavba sídla BIPM vznikla v 17. století a ve víru událostí byla mnohokrát poničena, rekonstruována, měnila také majitele. V roce 1785 se stala známou jako Pavillon de Breteuil, oficiální sídlo jednoho z členů významné rodiny de Breteuil. V roce 1793 byla prohlášena za majetek státu a sloužila například členům Napoleonovy rodiny. Během obléhání Paříže Prusy (1870-71) byl Pavillon de Breteuil vážně poškozen. V tomto stavu byl ještě v roce 1875, když francouzská vláda nabídla toto místo po podpisu Metrické konvence pro zřízení BIPM. V roce 1884 byla otevřena laboratorní budova s názvem Observatoire. Postupně byly doplňovány další laboratorní budovy. Postavení sídla BIPM vůči francouzské vládě bylo upraveno tak, že je nyní považováno za mezinárodní území a BIPM má všechna práva a výsady přiznané mezivládní organizaci (podle [4]).

V roce **1901** ukázal Giorgi⁵, že je možné sloučit mechanické jednotky tohoto systému MKS s praktickými elektrickými jednotkami a vytvořit koherentní čtyřrozměrný systém přidáním čtvrté jednotky z oblasti elektrických veličin ke třem základním jednotkám, jako ampér nebo ohm, a že je také možné formulovat rovnice vyskytující se v elektromagnetismu v takzvané racionalizované podobě. Giorgiho návrh otevřel cestu k novému vývoji.



⁵ Giovanni Giorgi (1871 – 1950), italský fyzik a elektrotechnický inženýr; navrhl tzv. Giorgiho systém jednotek, který byl předchůdcem SI. Podle [5]

Po revizi Metrické konvence šestou CGPM (**1921**), která rozšířila rozsah činnosti a odpovědnost BIPM na další oblasti fyziky, a po následném vytvoření Poradního výboru pro elektřinu (CCE, nyní CCEM) sedmou CGPM v roce **1927**, byl Giorgiho návrh podrobně diskutován v IEC a v IUAP (International Union of Pure and Applied Physics) a v dalších mezinárodních organizacích. To vedlo CCE k tomu, aby v roce **1939** navrhl přijetí čtyřrozměrného systému založeného na metru, kilogramu, sekundě a ampéru, systému MKSA; návrh byl schválen CIPM v roce **1946**.

Na základě mezinárodního průzkumu vedeného BIPM (od r. 1948) schválila desátá CGPM (**1954**) ještě zavedení kelvinu a kandely jako základních jednotek pro termodynamickou teplotu a svítivost.

Mezinárodní systém jednotek SI

Název Mezinárodní systém jednotek se zkratkou SI byl systému dán v rámci 11. zasedání CGPM (**1960**). Byla stanovena pravidla pro předpony, odvozené jednotky, bývalé doplňkové jednotky a pro další záležitosti, což poskytuje komplexní specifikaci pro všechny jednotky měření.

Na 14. zasedání CGPM (**1971**) byla přijata nová základní jednotka mol pro látkové množství, symbol mol. Byla přijata na návrh Mezinárodní organizace pro normalizaci, iniciovaný návrhem Komise pro symboly, jednotky a nomenklaturu (SUN Commission) a IUPAP, s podporou Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou chemii (IUPAC). Počet základních jednotek SI se tak zvýšil na sedm.

Od té doby bylo dosaženo mimořádného pokroku ve stanovení vztahu jednotek SI ke skutečně invariantním veličinám, jako jsou základní konstanty fyziky a vlastnosti atomů. Na základě uznání důležitosti vztahování jednotek k takovým invariantním veličinám přijala 24. CGPM (**2011**) principy nové definice SI, založené na použití souboru sedmi takových konstant jako základu definic. V době 24. CGPM nebyly experimenty zaměřené na stanovení jejich hodnot z hlediska tehdejších základních jednotek ještě zcela konzistentní, ale v době 26. CGPM (**2018**) již ano a nová definice SI byla Rezolucí č. 1 přijata. To je základem současné definice jednotek SI a představuje to nejjednodušší a fundamentální způsob definování SI.

Literatura:

- [1] VESELÁK, Z., JELÍNEK, F.: *Základní měřicí jednotky*. Metrologie 2/2020. Praha, ÚNMZ
- [2] BIPM. *History of the SI* [online]. In: [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/>
- [3] ŠINDELÁŘ, V., TŮMA, Z.: *Metrologie, její vývoj a současnost*. Praha: Česká metrologická společnost, 2002.
- [4] BIPM. *History of the Pavillon de Breteuil* [online]. In: [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <http://www.bipm.org/en/about-us/pavillon-de-breteuil/>
- [5] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. In: <http://cs.wikipedia.org/wiki>

POČÁTKY AKREDITACE KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ V ČESKOSLOVENSKU A ČESKÉ REPUBLICE – ČÁST I.

Ing. Miroslav Netopil

Institut pro testování a certifikaci, a.s.

1. Úvod

V březnu roku 1991 bylo vydáno osvědčení o akreditaci první akreditované laboratoři u nás, tehdy ještě v Československu. „Kulatých“ a zároveň již notně dlouhých třicet let dává vítanou příležitost k poohlédnutí se za historií akreditace v našich zemích.

Základ akreditace ve světě položil systém pověřených laboratoří, který se od cca r. 1940 uplatňoval v Austrálii a který definoval všechny technické požadavky. Ty tvořily pozdější základ požadavků (mimo kalibrační list) na akreditovaný subjekt. Systém se v Austrálii (v Evropě nebyl znám) osvědčil po celou dobu války. Po válce byly pověřené laboratoře v Austrálii zrušeny, ale velmi brzy opět obnoveny pro jejich přednosti. Vzniká NATA (National Association of Testing Authorities) organizace pro posuzování laboratoří v Austrálii a v r. 1947 přebírá tento australský systém také Nový Zéland (organizace INAZ).

Do Evropy se šíří principy akreditace v šedesátých letech minulého století. Vzniká organizace DANAK v Dánsku a British Calibration Service (BCS) (1966), která byla základem pozdějšího NAMAS (National Testing Laboratory Accreditation Scheme) a dnešního UKAS.

2. Doba „předakreditační“

Počátek akreditace v dnešní podobě (tj. jednotného evropského akreditačního systému tvořeného národními akreditačními orgány, které fungují podle jednotných pravidel a akreditují podle definovaných mezinárodně uznávaných norem) se u nás klade do r. 1991, kdy byla podle normy EN 45001 akreditována první laboratoř, a rovněž Český institut pro akreditaci datuje trvání akreditačního systému od tohoto roku – v r. 2016 slavil čtvrtstoletí akreditace, ke kterému vydal přehledovou publikaci „25 let akreditačního systému 1991 – 2016“.

Počátky akreditace v našich zemích však sahají daleko před tento rok. Princip akreditace byl v oblasti metrologie u nás uplatňován již od roku 1985, kdy byla v ČSSR zřízena „**Střediska metrologické služby**“, jakožto metrologická pracoviště pro poskytování kalibračních služeb (i) jiným organizacím.

Situace v průmyslu byla taková, že (zvláště) v podnicích, které vyráběly pro zbrojní průmysl, byla zřizována metrologická pracoviště, kterým byla i v době „železné opony“ poskytnuta možnost vybavit se moderním zařízením kapitalistické provenience, které bylo běžně nedostupné. Systém Středisek metrologické služby vznikl na základě principu dělby práce: pro návaznost se využije měřidel kvalitních metrologických pracovišť jen určitých podniků, aby se všechny podniky nemusely vybavovat hlavními etalony.

Kořeny tohoto principu se podařilo vystopovat již v první polovině 70. let, kdy se např. na Kontrolní měrové středisko

národního podniku MESIT Uherské Hradiště, který také patřil ke zmíněným podnikům vyrábějícím pro zbrojní průmysl, obracely jiné organizace s žádostmi o kalibrace. Vlastně takto tržním mechanismem, samovolně, cestou „zdola“, vznikala neoficiální střediska metrologické služby. Punc oficiálnosti jim dal ÚNM (Úřad pro normalizaci a měření), v jehož kompetenci dle §7 zákona o měrové službě z r. 1962, novelizovanému r. 1975, bylo, že:

„... g) stanoví hlavní podnikové etalony podléhající povinnému úřednímu zkoušení a ověřování, jakož i dobu platnosti ověření;

h) stanoví provozní měřidla, jejichž správnost jsou povinni zajišťovat uživatelé porovnáním s hlavními podnikovými etalony;

ch) stanoví vybraná provozní měřidla, mimořádně důležitá zejména pro správné stanovení množství a jakosti v hospodářském styku, pro ochranu zdraví a bezpečnosti při práci pracujících, podléhající povinnému úřednímu zkoušení a ověřování, jakož i dobu platnosti ověření;

i) provádí úřední zkoušky a ověřování hlavních podnikových etalonů a vybraných provozních měřidel podléhajících povinnému úřednímu zkoušení a ověření;

j) vyhláší státní a podnikové značky, jimiž se označují hlavní podnikové etalony a provozní měřidla, která vyhovují předpisům o povinném úředním zkoušení a ověření;.....“

ÚNM se jen snažil soustředit návaznost měřidel do konkrétních podniků, jinak samotný proces vytváření SMS (Středisek metrologické služby) žádnou právní úpravu neměl. Zákon o měrové službě s ničím takovým nepočítal a střediska ustanovoval ÚNM na základě dohody s resortními ministerstvy a na jejich doporučení. Postup ustanovování středisek později řešil **MPM 5-86: „Zaměření a zřizování středisek metrologické služby“**; tento proces bychom mohli nazvat jakousi „**praakreditací**“. Avšak již se počítalo s tím, že problematiku akreditace upraví nový zákon o metrologii. Patrně někdy v letech 1987/89 byla SMS změněna na SKS (Střediska kalibrační služby), nepodařilo se však dohledat žádný konkrétní předpis ani zjistit přesnější termín.

3. Roky „nula“ a „jedna“

„Nepřavá“ akreditace

Termín „akreditace“ je v zákoně č. 505/1990 Sb., o metrologii (platném od 1. 2. 1991 v novelizovaném znění doposud) již zakotven právně a užívá se jak ve vztahu k SMS (zde značí **Státní** metrologická střediska, určená k ověřování stanovených měřidel), tak i ve vztahu k SKS. Středisek metrologické služby, ustanovených dle MPM 5-86 (později už jako Středisek kalibrační služby), existovalo do 1. 2. 1991 zhruba 70. Jejich „praakreditací“ nebylo možno zrušit, naopak vyhláška Federálního úřadu pro normalizaci a měření (FÚNM) č. 69/1991, Sb., kterou se

provádí zákon o metrologii svým způsobem zpětně legalizovala jejich dřívější zřizování. Ve smyslu § 20 zákona č. 505/1990 Sb. a §7 vyhlášky č. 69/1991 se tato **SKS** považovala za „**akreditovaná**“, protože byla pověřena podle MPM 5-86 a splnila podmínky, „*spočívající v prověření úrovně jejich metrologického i prostorového vybavení a kvalifikace pracovníků*“. Podmínky (akreditace) byly obdobné jako pro Státní metrologická střediska, kterým byla následně po akreditaci udělována autorizace. Nejednalo se však o „pravou akreditaci“ podle EN 45xxx, protože přísné podmínky této normy a souvisejících předpisů splňovalo tehdy pouze několik SKS. Proto FÚNM přijal filosofii jakési „**náhražkové akreditace**“, kterou zajišťoval odbor metrologie FÚNM podle nového předpisu **MPM 5-91 „Zaměření a zřizování akreditovaných středisek kalibrační služby“**, platného od 1. 10. 1991. V souladu s ním byly Střediskům kalibrační služby také udělovány kalibrační značky ve tvaru „**C/pořadové číslo**“.

V roce 1990 tak vlastně existovaly dva druhy akreditace: tuzemská (podle MPM 5-91), v gesci odboru metrologie FÚNM, a rodící se mezinárodní, kterou budoval odbor akreditace FÚNM.

Vývoj přehledně zachycuje následující **tabulka 1**:

Období	před 1985	1985 – 87/89(?)	1989–1995	1992 – dosud
Typ metrologického pracoviště	KMS – (podnikové) kontrolní měrové středisko	SMS – středisko metrologické služby → později SKS	SKS = dřívější SMS + nové SKS „akreditované“ dle MPM 5-91	dosavadní SKS + první AKL = SKS
Právní rámec	-	-	zákon č. 505/1990 Sb., vyhláška č. 69/1991 Sb.	zákon č. 505/1990 Sb., vyhláška č. 69/1991 Sb.
Předpisová základna	PNÚ, interní směrnice	MPM 5-86	MPM 5-91	ISO normy
Kdo pověřuje	Vedení podniku	ÚNM → změněný na FÚNM	FÚNM → změněný na ÚNMZ	FÚNM, od 1993 ČIA

„Pravá“ akreditace

Nejstarší stopy k prvním poznatkům o západoevropském akreditačním systému vedou do r. 1968, kdy byly do češtiny přeloženy dokumenty BCS a zájem o členství v něm měly n. p. Mesit Uherské Hradiště, TESLA Brno a Státní zkušební ústav lehkého průmyslu v Českých Budějovicích. Vstup vojsk Varšavské smlouvy v srpnu 1968 však tyto aktivity rychle ukončil.

Další aktivity pak nastávají až v první polovině 80. let, kdy pracovníci Ústavu technického rozvoje a informací (UTRIN), účelové organizace Ministerstva všeobecného strojírenství ČSR založené 1. 1. 1971, získávají informace o akreditaci z WECC (Western European Calibration Cooperation), které od r. 1976 sdružovalo akreditační orgány pro oblast kalibračních laboratoří.

Akreditaci metrologických pracovišť předpokládal také nový zákon o metrologii, který se začal připravovat ještě před r. 1990. ÚNM pod předsednictvím Ing. Krause, a jeho odbor akreditace v čele Ing. Milanem Beranem navazuje ve druhé polovině 80. let spojení s UTRIN, získávají, zpracovávají a vyhodnocují informace o akreditaci a zhruba od roku 1987 se z dílčích poznatků stává soubor ucelenějších informací o akreditaci. Hned v následujícím roce 1988 se zástupci ÚNM zúčastnili zasedání WECC. Cílem bylo stát se pevným členem zavedených evropských struktur. Státy západní Evropy se však dívaly na státy bývalého sovětského bloku jako na chudé a zaostalé sousedy, začátky proto nebyly snadné. Přesto se podařilo poměrně v krátké době vybudovat u západních partnerů velmi dobrou pozici. V r. 1989 se pak FÚNM prohlásil prvním akreditačním orgánem naší republiky.

Akreditační orgán v Československu na začátku roku 1990 tedy existoval, ale ještě (logicky) nikoho neakreditoval. Proto také začátek akreditace nepočítáme od r. 1990; tento rok je spíše jakýmsi rokem „NULA“, ve kterém díky otevření hranic, uskutečnění volného pohybu osob a zboží, bylo možné navázat intenzivní kontakty především se sousedními státy, navštěvovat je a získávat další informace a zkušenosti.

To vše umožnilo budovat akreditační systém na kvalitativně zcela jiné úrovni, než tomu bylo před listopadem 1989, a zvládnout začátek činnosti akreditačního orgánu v souladu se všemi požadavky mezinárodních norem a předpisů. V polovině r. 1990, (konkrétně 12. 7. 1990), tak mohl FÚNM vydat oficiální **Směrnici pro akreditaci**.

Skutečným prvním rokem akreditace, od kterého se také datuje trvání moderního akreditačního systému u nás, se tak stává až rok 1991. S účinností zákona č. 505/1990 Sb., která nastala od 1. 2. 1991, byl v rámci FÚNM zřízen samostatný **Odbor akreditace**. Zanedlouho poté, 14. 3. 1991, udělil tento odbor první osvědčení o akreditaci první zkušební laboratoři.

4. Od FÚNM po ČIA, o. p. s.

V roce 1992 se podařilo prosadit vznik Národního akreditačního orgánu, řízeného Radou pro akreditaci a bylo rozhodnuto, že vznikne **institut pro akreditaci** jako příspěvková organizace státu, která bude v budoucnu přeměněna na nestátní subjekt. K naplnění tohoto záměru dochází 21. 12. 1992, kdy Ministerstvo hospodářství vydalo zřizovací listinu **Českého institutu pro akreditaci**. Tyto kroky šly ruku v ruce s událostí jinou, vpravdě historickou – rozdělením tehdejší Česko-slovenské federativní republiky na dva samostatné státy.

K 1. 1. 1993, současně se vznikem samostatné České republiky, byla zřízena i státní příspěvková organizace Český institut pro akreditaci, který v této podobě fungoval až do roku 1997. V jeho průběhu se ČIA připravoval na vyčlenění ze státní správy, ke kterému dochází 1. 9. 1997, kdy účinností zákona č. 22/1997 Sb. přestává být ČIA součástí státní správy a Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) ČR pověřuje ČIA výkonem akreditace.

V následujícím roce 1998 byl pak proces transformace ČIA na akreditační orgán nezávislý na státu dokončen založením **Českého institutu pro akreditaci, o. p. s.** Jeho zakladatelem je ČR prostřednictvím MPO, které zároveň pověřuje ČIA výkonem akreditace. V této podobě také trvá ČIA až do současnosti.

Přehledně je institucionalizace akreditačního systému vidět v **tabulce 2**.

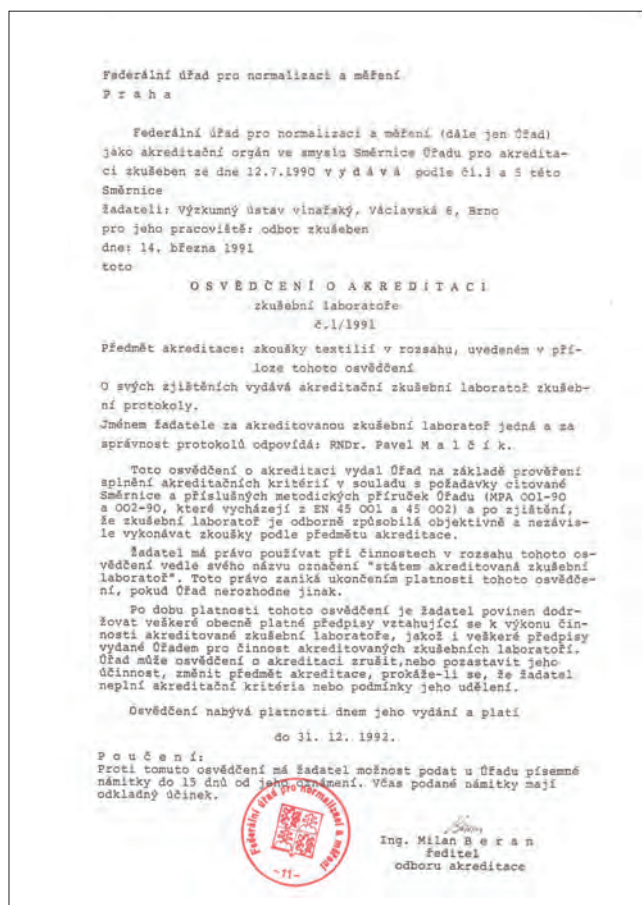
Tabulka 2: Přehled institucí zařítujících metrologii a akreditaci

Období	Kdo řídil metrologii ve státě	Zřizovatel	Kdo akreditoval
1959 – 1990	Úřad pro normalizaci a měření (ÚNM)	MP, MH	Pouze „nepravá“ akreditace
1990 – 1991	Federální úřad pro normalizaci a měření (FÚNM)	MH	FÚNM – Směrnice pro akreditaci
1991 – 1992	Federální úřad pro normalizaci a měření (FÚNM)	MH	samostatný Odbor akreditace FÚNM
1993 – 09/1997	Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)	MPO	příspěvková organizace ČIA, ustanoven Národním akreditačním orgánem (je součástí systému státní správy)
09/1997 – 1998	Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)	MPO	ČIA vyčleněn ze systému státní správy
1998 – dosud	Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)	MPO	ČIA, o.p.s

5. První vydaná osvědčení o akreditaci

Jak už bylo zmíněno, 14. 3. 1991 vydal Obor akreditace FÚNM coby akreditační orgán první osvědčení o akreditaci. Tento historický primát patří **Výzkumnému ústavu vlnářskému**, odboru zkušeben, Václavská 6, Brno, který se mohl chlubit Osvědčením o akreditaci č. 1/1991 (kopie OA je na **obr. 1**). A hned při akreditaci první laboratoře se uplatnil tržní mechanismus u nás čerstvého kapitalismu – akreditace tak byla iniciována poptávkou trhu. Jak vzpomíná tehdejší vedoucí první akreditované zkušebny „začátkem roku 1990 textilní podniky prohlásily, že potřebují pro vývoz na Západ akreditovanou zkušebnu. Zjistili jsme o co se asi tak může jednat a od poloviny roku jsme připravovali Příručku jakosti. Na podzim nás cvičně auditovali pracovníci Federálního úřadu pro normalizaci a měření (FÚNM). Ostrá akreditace, s celou suitou pozorovatelů, proběhla v zimě 1990. Osvědčení o akreditaci č. 1/91 ale bylo vydáno až v březnu 1991, protože nejdřív musel vzniknout na FÚNM odbor akreditace a musel být jmenován jeho ředitel, Ing. Milan Beran, aby měl osvědčení kdo podepsat.“

Historicky první akreditovaná laboratoř existuje dosud, a to jako AZL č. 1001 Textilního zkušebního ústavu, s. p., Brno.



Obr. 1.: Historicky první Osvědčení o akreditaci

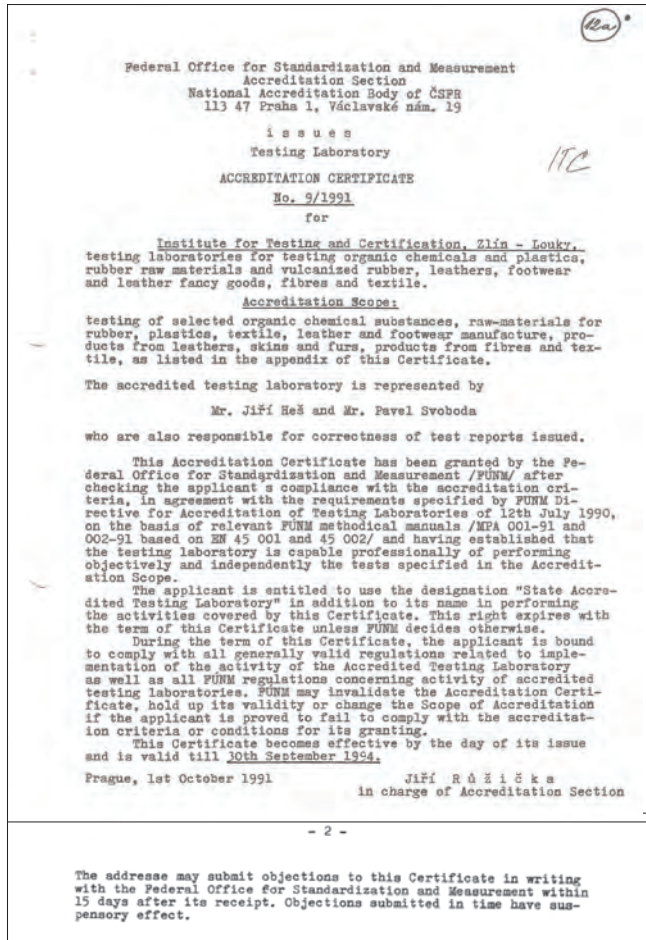
Další osvědčení o akreditaci na sebe nenechala dlouho čekat a koncem roku dne 20. 12. 1991, bylo vydáno již osvědčení číslo 13/1991.

Osvědčení o akreditaci měnila v prvním roce akreditace svoji podobu i dobu platnosti: OA č. 9/1991 (**obr. 2**), které bylo vydáno jen půl roku po prvním OA, už mělo platnost 3 roky a (už tehdy) existovalo i v anglické verzi.

V době neinternetové byly informace o akreditovaných subjektech zveřejňovány ve Věstníku FÚNM. Dlouhé lhůty vydání byly příčinou neaktuálnosti takovýchto informací, prvním Věstníkem, ve kterém byla zveřejněna do té doby vydaná OA, bylo až č. 2/1992 z února 1992 (**obr. 3**).

Pozornému čtenáři neunikne, že seznam OA končí číslem 11/91, ačkoliv v roce 1991 bylo vydáno celkem 13 osvědčení. To právě dokumentuje onu neaktuálnost a zpožděné zveřejňování informací – laboratoře osvědčením č. 12/91 a 13/91 byly vyhlášeny až ve Věstníku č. 3/92. Tuto informační mezeru se snažil vyplnit časopis METROLOGIE, který byl v roce 1992 právě založen a který ve svém historicky prvním čísle 1/1992 otiskl přehled vydaných OA (**obr. 4**).

Pozorný čtenář si dál jistě všimne, že pod názvem akreditovaného subjektu je sice uveden předmět akreditace, ale specifikace zkoušek, tedy rozsah akreditace, jak jej známe z POA, je „*k dispozici v odboru akreditace a v akreditované laboratoři*“. K získání informací tak bylo oproti dnešku potřeba vynaložit podstatně více úsilí.

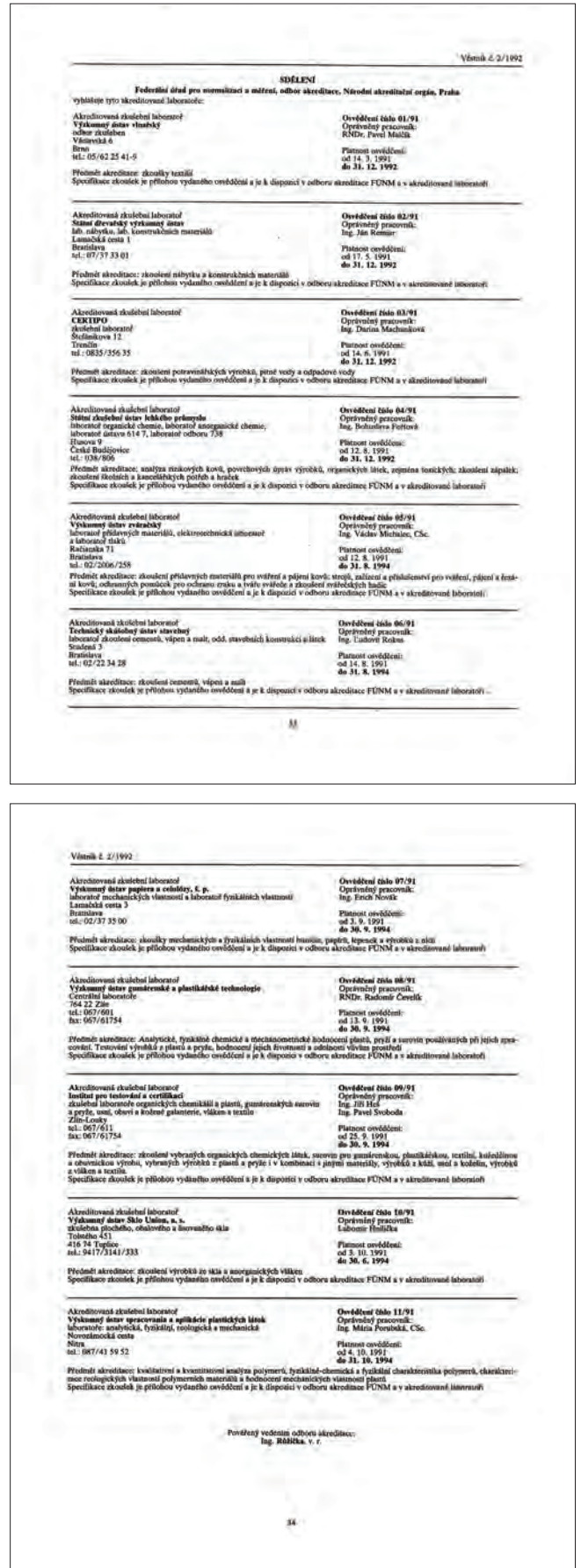


Obr. 2.: Osvědčení o akreditaci č. 9/1991 v angličtině – zkušební laboratoř ITC (dvoustránkové)

A pravděpodobně každý čtenář – metrolog bude v kopii Věstníku č. 2/1992 hledat, jestli již v r. 1991 byla akreditována také nějaká kalibrační laboratoř. Pod rokem 1991 ji nenajde, protože první kalibrační laboratoře byly akreditovány až počátkem roku následujícího, tedy 1992. Ale najde ji v seznamu akreditovaných subjektů, otištěném právě ve zmíněném č. 1/1992 časopisu METROLOGIE, který vyšel až po akreditování prvních dvou kalibračních laboratoř. Za historií akreditovaných kalibračních laboratoř se ohlédneme v příštím pokračování „cesty do dávnověku“ akreditace u nás.

6. Použité zdroje:

- [1] Osobní vzpomínky (Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., RNDr. Radomír Čevelík, RNDr. Pavel Malčík, Jan Štěelec, Ing. Roman Honig)
- [2] Věstníky FÚNM
- [3] Věstníky ÚNMZ
- [4] Časopis METROLOGIE: 1/1992, 2/1992, 3/1992, 1994, 1/1995
- [5] Český institut pro akreditaci, o. p. s.: „25 let akreditačního systému 1991 – 2016“. Dostupné na: https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2018/12/25let_akreditace_brozura_CIA.pdf
- [6] Archiv Institutu pro testování a certifikaci, a. s., Zlín
- [7] Archiv Textilního zkušebního ústavu, s. p., Brno



Obr. 3: Vyhlášení akreditovaných laboratoř ve Věstníku FÚNM

40 METROLOGIE č. 1/1992

Přehled vydaných osvědčení o akreditaci k certifikaci systému jakosti ke dni 14. 2. 1992.

Specifikace certifikací jsou přílohou vydaných osvědčení a jsou k dispozici v odboru akreditace FÚNM a v akreditovaných laboratořích.

<p>Akreditovaná organizace Technický a zkušební ústav stavební Praha Barvičova 11 Praha 1 tel: 02/2365524</p>	<p>Osvědčení číslo 01/92 Oprávněný pracovník: Ing. Jiří Makal Platnost osvědčení: od 10. 2. 1992 do 28. 2. 1995</p>
---	---

Předmět akreditace: certifikace systémů jakosti výrobců (dodavatelů) v oblasti stavebnictví.

Přehled vydaných osvědčení o akreditaci zkušebních a kalibračních laboratoří ke dni 14. 2. 1992.

Specifikace zkoušek jsou přílohou vydaných osvědčení a jsou k dispozici v odboru akreditace FÚNM a v akreditovaných laboratořích.

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav vlásky odbor zkušeben Václavská 6 Brno tel: 05/622541-9</p>	<p>Osvědčení číslo 01/91 Oprávněný pracovník: RNDr. Pavel Malíč Platnost osvědčení: od 14. 03. 1991 do 31. 12. 1992</p>
--	---

Předmět akreditace: zkoušky textilií

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Sádková dílna lah. nábytku, lah. konstrukčních materiálů Lamažská cesta 1 Bratislava tel: 07/373301</p>	<p>Osvědčení číslo 02/91 Oprávněný pracovník: Ing. Ján Remiar Platnost osvědčení: od 17. 05. 1991 do 31. 12. 1992</p>
---	---

Předmět akreditace: zkoušení nábytku a konstrukčních materiálů

42 METROLOGIE č. 1/1992

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav gumárenské a plastické technologie Centrální laboratoře 764 22 Zlín tel: 067/601 fax: 067/61754</p>	<p>Osvědčení číslo 08/91 Oprávněný pracovník: RNDr. Radomír Cevetík Platnost osvědčení: od 13. 9. 1991 do 30. 9. 1994</p>
--	---

Předmět akreditace: Analytické, fyzikálně chemické a mechanometrické hodnocení plastů, pryží a surovin používaných při jejich zpracování. Testování výrobků z plastů a pryže, hodnocení jejich životnosti a odolnosti vlivům prostředí.

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Institut pro testování a certifikaci zkušební laboratoře organických chemikálií a plastů, gumárenských surovin a pryže, umělého a kožené galanterie, vláken a textilií Zlín - Louky tel: 067/611 fax: 067/61754</p>	<p>Osvědčení číslo 09/91 Oprávněný pracovník: Ing. Jiří Heř Ing. Pavel Svoboda Platnost osvědčení: od 25. 9. 1991 do 30. 9. 1994</p>
---	---

Předmět akreditace: zkoušení vybraných organických chemických látek, surovin pro gumárenskou, plastkářskou, textilní, kožedělnou a obuvnickou výrobu, vybraných výrobků z plastů a pryže i v kombinaci s jinými materiály, výrobků z kůže, umělého koženého, výrobků z vláken a textilií.

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav Sklo Union, a. s. zkušebna píchného, obalového a lisovacího skla Tolatého 451 416 74 Teplice tel: 9417/3141/333</p>	<p>Osvědčení číslo 10/91 Oprávněný pracovník: Lubomír Hráčička Platnost osvědčení: od 3. 10. 1991 do 30. 6. 1994</p>
--	--

Předmět akreditace: zkoušení výrobků ze skla a anorganických vláken

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav zpracování a aplikace plastických látek laboratoře: analytická, fyzikální, reologická a mechanická Novotnámská cesta Nitra tel: 087/415952</p>	<p>Osvědčení číslo 11/91 Oprávněný pracovník: Ing. M. Porubská, CSc. Platnost osvědčení: od 4. 10. 1991 do 31. 10. 1994</p>
---	---

Předmět akreditace: kvalitativní a kvantitativní analýza polymerů, fyzikálně-chemická a fyzikální charakteristika polymerů, charakterizace reologických vlastností polymerních materiálů a hodnocení mechanických vlastností plastů

METROLOGIE č. 1/1992 41

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř CEKZTPJ zkušební laboratoř Štefánikova 12 Třebíč tel: 0835/35635</p>	<p>Osvědčení číslo 03/91 Oprávněný pracovník: Ing. Darina Machunová Platnost osvědčení: od 14. 06. 1991 do 31. 12. 1992</p>
--	---

Předmět akreditace: zkoušení potravinářských výrobků, pitné vody a odpadové vody

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Sádková dílna lehkého průmyslu laboratoř organické chemie, laboratoř anorganické chemie, lah. ústavu 614 7, laboratoř odboru 738 Husova 9 České Budějovice tel: 038/806</p>	<p>Osvědčení číslo 04/91 Oprávněný pracovník: Ing. Bohuslava Foltová Platnost osvědčení: od 12. 8. 1991 do 31. 12. 1992</p>
--	---

Předmět akreditace: analýzy rizikových kovů, povrchových úprav výrobků, organických látek, zejména toxických; zkoušení zápalak; zkoušení školních a kancelářských potřeb a hraček

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav zvařovací laboratoř příslavných materiálů, elektrotechnická laboratoř a laboratoř tlaků Račianska 71 Bratislava tel: 02/2006/258</p>	<p>Osvědčení číslo 05/91 Oprávněný pracovník: Ing. Václ. Michalec, CSc. Platnost osvědčení: od 12. 8. 1991 do 31. 8. 1994</p>
---	---

Předmět akreditace: zkoušení příslavných materiálů pro svařování a pájení kovů; strojů, zařízení a příslušenství pro svařování, pájení a ferální kovů; ochranných pomůcek pro ochranu zraku a tváře svářeče a zkoušení svářečských hadic

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Technický a zkušební ústav stavební laboratoř zkoušení cementů, vápna a malty, odd. stavební chemie na pracovišti stavebních konstrukcí a látek Studená 3 Bratislava tel: 02/223428</p>	<p>Osvědčení číslo 06/91 Oprávněný pracovník: Ing. Endovít Rokus Platnost osvědčení: od 14. 8. 1991 do 31. 8. 1994</p>
---	--

Předmět akreditace: zkoušení cementů, vápna a malty

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav papíra a celulózky, s. p. laboratoř mechanických vlastností a laboratoř fyzikálních vlastností Lamažská cesta 3 Bratislava tel: 02/373500</p>	<p>Osvědčení číslo 07/91 Oprávněný pracovník: Ing. Erich Novák Platnost osvědčení: od 3. 9. 1991 do 30. 9. 1994</p>
--	---

Předmět akreditace: zkoušky mechanických a fyzikálních vlastností bunětin, papírů, lepenek a výrobků z nich

METROLOGIE č. 1/1992 43

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Technický a zkušební ústav stavební Studená 3 Bratislava laboratoř stavební keramiky Jesenského 15, Zvolen tel: 223428</p>	<p>Osvědčení číslo 12/91 Oprávněný pracovník: Ing. Július Kasňa Platnost osvědčení: od 13. 12. 1991 do 31. 12. 1994</p>
---	---

Předmět akreditace: zkoušení keramických obkladaček, dlaždic, univerzálních obkladačových prvků a kamenných kanalizačních trub

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Státní zkušební ústav dopravní a stavební techniky zkušebna ložisek Martinčekova 8 Žilina tel: 23396</p>	<p>Osvědčení číslo 13/91 Oprávněný pracovník: Ing. Miroslav Daniš Platnost osvědčení: od 20. 12. 1991 do 31. 12. 1994</p>
--	---

Předmět akreditace: zkoušení ložisek

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav gumárenské a plastické technologie středisko kalibrační služby Centrální laboratoře Zlín tel: 067/601 fax: 067/61754</p>	<p>Osvědčení číslo 14/91 Oprávněný pracovník: RNDr. Radomír Cevetík Platnost osvědčení: od 15. 1. 1992 do 31. 1. 1995</p>
--	---

Předmět akreditace: kalibrace měřidel teploty, elektrických veličin a tvrdosti

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř Výzkumný ústav havlářský lah. mechanicko-fyzikální a chemická Ústí nad Orlicí tel: 047/3211</p>	<p>Osvědčení číslo 15/91 Oprávněný pracovník: Jiří Krájčí Platnost osvědčení: od 3. 2. 1992 do 31. 2. 1995</p>
--	--

Předmět akreditace: zkoušení chemických vláken B-typu, bavlněných surovin, bavlněných plošných textilií, bavlněných kusových výrobků, bavlněných polotovárů, přízí a nití, hodvábných plošných textilií, hodvábných kusových výrobků, hodvábných přízí a nití; úpletů a kusových úpletů

<p>Akreditovaná zkušební laboratoř MEŠTF a. s. středisko kalibrační služby Uberské Hradiště tel: 0632/42108 fax: 0632/3110</p>	<p>Osvědčení číslo 16/91 Oprávněný pracovník: Ing. Antonín Chybič Platnost osvědčení: od 11. 2. 1992 do 28. 2. 1995</p>
---	---

Předmět akreditace: kalibrace měřidel elektrických a magnetických veličin, frekvence, teploty a tlaku

Obr. 4: Seznam akreditovaných subjektů, otištěný v č. 1/1992 METROLOGIE

NABÍDKA AKCÍ ČMS NA I. A II. POLOLETÍ ROKU 2021



Česká metrologická společnost, z. s.

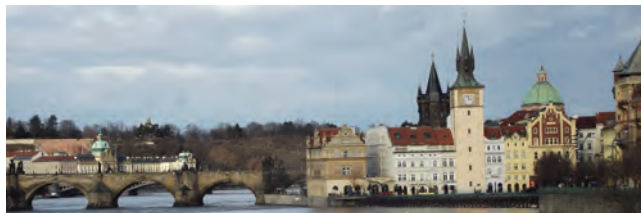
Zakládající člen Českého svazu
vědeckotechnických společností

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel.: 606 957 233

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
Termín *) ČSVTS Praha, učebna č. 219	K 568-21	Měření elektrických veličin s praktickými ukázkami kalibracemi vybraných měřidel
Termín**) ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 569-21	Měření tvrdosti **) v případě příznivé epidemické situace se kurz uskuteční v červnu 2021, jinak ve II. pololetí 2021 - viz *)
Termín*) ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 570-21	Řízení metrologie v organizaci

Termín *) ČSVTS Praha, učebna č. 501	K 572-21	53. základní kurz metrologie
17. 6. 2021 ČSVTS Praha	K 574-21	Aplikace normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 <i>Proběhne on-line formou</i>
9. 9. 2021 ČSVTS Praha učebna č. 501	K 575-21	Nejistoty měření ve strojírenství <i>Proběhne prezenčně nebo on-line formou</i>
Trvalá nabídka	K 90	Korespondenční kurz metrologie

*) Termíny akcí budou stanoveny v návaznosti na příznivou epidemickou situaci a související epidemická opatření a zveřejněny na webových stránkách ČMS: <https://spolky-csvts.cz/cms> v menu Odborné akce / Kalendář akcí ČMS (<https://spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>).

Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Milan Badal, Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Mgr. Petra Krůčková, Ing. Petr Pánek, CSc., RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, Ing. Radek Sedláček, Ph.D., doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek.

Přizvání: 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, Na Žertvách 132/24, 180 00 Praha 8. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: květen 2021. 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:

Světový den metrologie 2021 – MĚŘENÍ PRO ZDRAVÍ

Photo on the front page:

World Metrology Day 2021 – MEASUREMENT FOR HEALTH

