

2/2020
ROČNÍK 29

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ

World Metrology Day
Measurements for global trade



CZECH OFFICE FOR
STANDARDS, METROLOGY
AND TESTING



Bureau
International des
Poids et
Mesures



20 May 2020

www.worldmetrologyday.org

METROLOGIE V PRAXI

Ing. Tomáš Martinec; Ing. František Rajscký, Ph.D.; Ing. Petr Najman; Ing. Jan Dončuk, Ph.D. Obchodní měření v přenosové soustavě České republiky	1
Ing. Michal Žoužela, Ph.D.; Ing. Pavel Zubík, Ph.D.; Ing. Jiří Březina; Bc. Martin Vítů Metrologické charakteristiky elektromagnetických měřidel bodové rychlosti vodního proudu.....	7
doc. Ing. Jiří Horský, CSc. Kalibrační list je vizitkou laboratoře – část 6	15

ZKUŠEBNICTVÍ

Mgr. Václava Holušová Zabezpečení jednotného postupu při posuzování stavebních výrobků ze skla – část 2	19
Mgr. Václava Holušová Program rozvoje zkušebnictví v roce 2019.....	25

VĚDA A VÝZKUM

Ing. Leoš Vyskočil Nelineární kalibrácia.....	26
---	----

INFORMACE

Ing. František Jelínek, CSc. Měření pro globální obchod – téma Světového dne metrologie 2020.....	29
Ing. Zbyněk Veselák; Ing. František Jelínek, CSc. Základní měřicí jednotky	30
Ing. Eliška Machová Program rozvoje metrologie 2020	31
Ing. Petr Kříž Motorová paliva, jejich současnost a budoucnost Část první – Emise a aktuální legislativa	34
Ing. Lenka Kňazovická, Ph.D. Měření teploty lidského těla v době koronavirové	37
Nabídka akcí ČMS na 2. pololetí roku 2020	24

METROLOGY IN PRACTICE

Ing. Tomáš Martinec; Ing. František Rajscký, Ph.D.; Ing. Petr Najman; Ing. Jan Dončuk, Ph.D. Commercial Measurements in the Transmission System of the Czech Republic	1
Ing. Michal Žoužela, Ph.D.; Ing. Pavel Zubík, Ph.D.; Ing. Jiří Březina; Bc. Martin Vítů Metrological Characteristics of Electromagnetic Meters for Measuring the Spot Velocity of Water Flow....	7
doc. Ing. Jiří Horský, CSc. The Calibration Certificate Represents the Laboratory - Part 6	15

TESTING

Mgr. Václava Holušová Ensuring a Uniform Procedure for Assessing Construction Products Made of Glass - Part 2	19
Mgr. Václava Holušová Testing Development Programme in 2019	25

SCIENCE AND RESEARCH

Ing. Leoš Vyskočil Non-Linear Calibration	26
---	----

INFORMATION

Ing. František Jelínek, CSc. Measurements for Global Trade - the Theme for World Metrology Day 2020	29
Ing. Zbyněk Veselák; Ing. František Jelínek, CSc. The Basic Units of Measurement	30
Ing. Eliška Machová Metrology Development Programme 2020.....	31
Ing. Petr Kříž Engine Fuels, Their Present and Future - Part 1 - Emissions and Current Legislation.....	34
Ing. Lenka Kňazovická, Ph.D. Measuring Body Temperature in Coronavirus Times	37
The List of ČMS Events in the 2 nd Half of 2020.....	24



Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)

začal od 24. 2. 2020 používat novou podobu
jednotného vizuálního stylu.

OBCHODNÍ MĚŘENÍ V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ ČESKÉ REPUBLIKY

**Ing. Tomáš Martinec; Ing. Petr Najman;
Ing. František Rajský, Ph.D.;
Ing. Jan Dončuk, Ph.D.**

ČEPS, a.s.

1. Úvod

1.1 Vznik České elektroenergetické přenosové soustavy
Společnost ČEPS vznikla roku 1998 vyčleněním tehdejší Divize přenosové soustavy skupiny ČEZ, a.s., do samostatné společnosti. Od té doby působí na území České republiky jako výhradní provozovatel přenosové soustavy. Udrzuje, obnovuje a rozvíjí 43 rozvodnů se 77 transformátory a dále pak trasy vedení s napětovou hladinou 400 kV o délce 3 780 km a 220 kV o délce 1 737 km. Je spojovacím článkem mezi výrobou elektřiny a distribucí elektrické energie koncovému spotřebiteli. Ilustrační mapa je vyobrazena na **obr. 1**. V rámci elektrizační soustavy České republiky poskytuje společnost ČEPS přenosové služby a tzv. systémové služby, kterými zajišťuje kvalitu a spolehlivost dodávky elektřiny na úrovni přenosové soustavy.

1.2 Vznik obchodního měření

V rámci vyčlenění převzala společnost ČEPS zařízení obchodního měření (dále jen OM), zejména elektroměry, registrační podstanice a elektroměrové rozvaděče.

Zařízení OM jsou umístěna:

- na hranicích České republiky s okolními státy,
- na předacích místech s elektrárnami dodávající elektrickou energii do ČEPS, a.s.,
- na předacích místech s distribučními společnostmi (ČEZ, a.s., PRE, a.s., EON, a.s.),
- na předacích místech dalších zákazníků odbírajících elektrickou energii přímo z ČEPS, a.s.,
- v rozvodnách, kde měří vlastní spotřebu,
- v rozvodnách pro měření vytížení mezioblastních (páteřních) linek 400 kV a 220 kV.

1.3 Vznik Operátora pro vnitřní trh elektrické energie

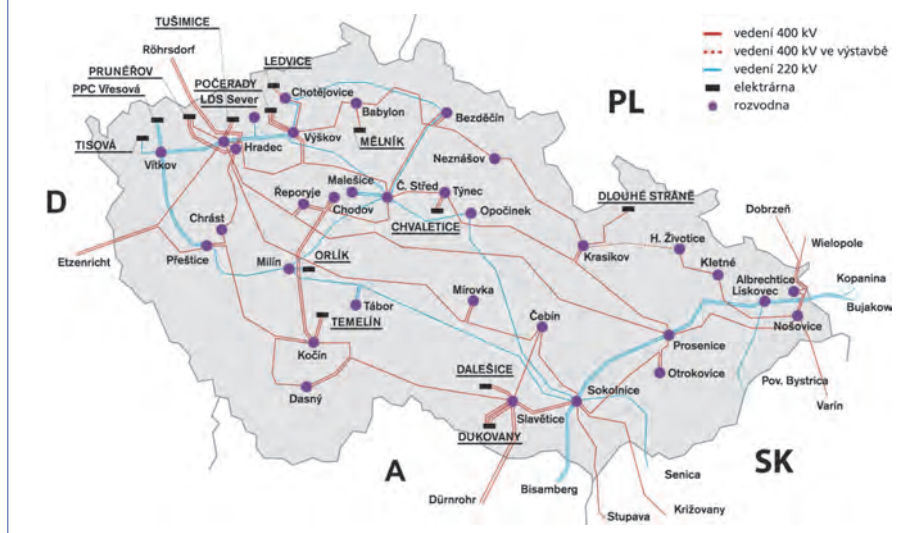
V roce 2001 vzniká společnost Operátor trhu s elektrickou energií,

akciová společnost, (dále jen OTE), která vykonává denní organizování trhu s elektřinou, zpracovává a zveřejňuje měsíční a roční zprávy o trhu s elektřinou v České republice. Zprávy předává Ministerstvu průmyslu a obchodu, Energetickému regulačnímu úřadu a provozovateli přenosové soustavy.

Společnost ČEPS je podle energetického zákona povinna provozovat a vyhodnocovat obchodní měření a předávat výsledky měření a další nezbytné informace Operátorovi trhu. Na energetický zákon navazuje i vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu 82/2011 Sb., kterou se stanoví podrobnosti měření, postupy předávání technických údajů a Pravidla provozování přenosové soustavy.

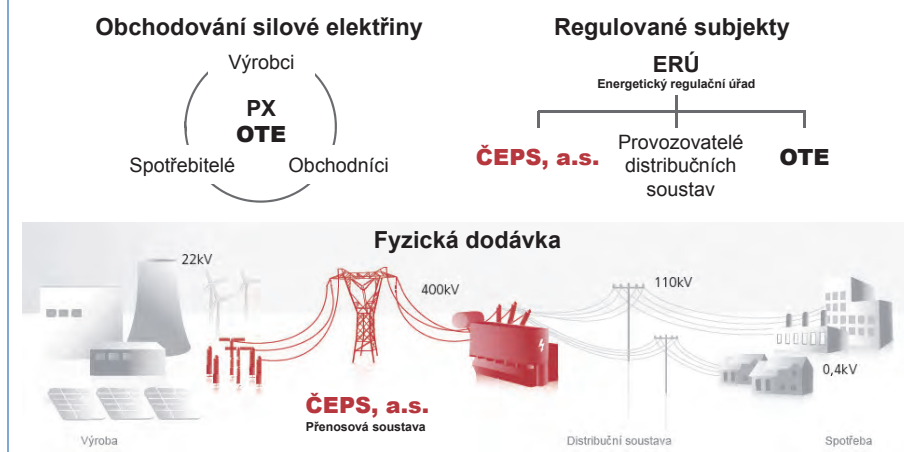
Odbor OM má na základě legislativních podmínek za povinnost odečítat naměřené patnáctiminutové hodnoty

Schéma sítí 400 a 220 kV



Obr. 1: Schéma rozvodnů, elektráren, vedení 400 kV a 220 kV

Struktura trhu s elektřinou v ČR



Obr. 2: Obchod s elektrickou energií

činné elektrické energie a jalové elektrické energie z cca 500 kusů elektroměrů, a to na denní bázi sedm dní v týdnu. Dále provádí validaci změřených dat. Výsledné hodnoty v hodinových intervalech činné elektrické energie předává každý den OTE. Vyhodnocení jalové energie slouží zejména pro kontrolu toku výkonů v přenosové soustavě České republiky.

2. Struktura českého trhu s elektřinou

Držitel licence pro přenos elektrické energie nesmí s touto elektrickou energií obchodovat. Proto je velice důležité říci, jaké jsou role jednotlivých účastníků liberálního regulovaného trhu s elektrickou energií.

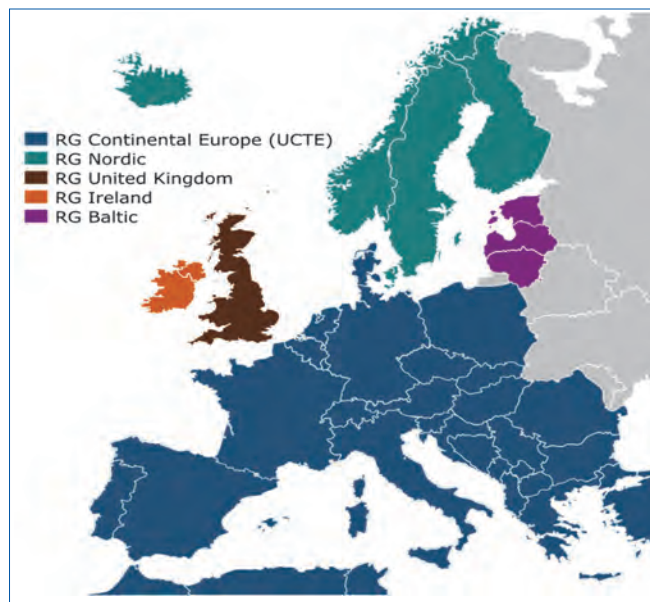
Ministerstvo průmyslu a obchodu z tohoto důvodu zřídilo Energetický regulační úřad (dále jen ERU), který řídí politiku směřování jednotlivých účastníků trhu. Zejména se jedná o regulaci cen a podporu jednotlivých výroben či odvětví, čímž nepřímo ovlivňuje další směřování držitelů licence na přenos a rozvod elektrické energie.

Účastníky regulovaného trhu jsou OTE, společnost ČEPS a distributoři elektrické energie, viz **obr. 2**.

3. Mezinárodní obchod s elektrickou energií

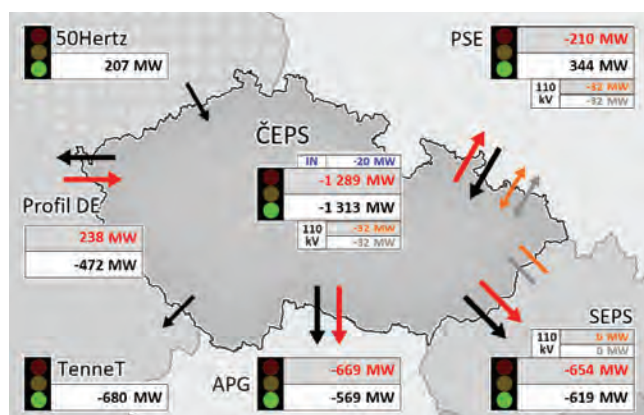
Společnost ČEPS, a.s., je členem organizace ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity). Jedná se o sdružení 42 evropských provozovatelů přenosových soustav z 35 zemí.

K cílům asociace ENTSO-E patří vybudování a provozování vnitřního a přeshraničního trhu s elektřinou a dále pak zajištění optimálního řízení a rozvoje evropských elektroenergetických přenosových soustav v rámci koordinované spolupráce provozovatelů přenosových soustav. Jednou z nejdůležitějších aktivit ENTSO-E je tvorba a v poslední době v čím dál větší míře i implementace síťových kodexů, které se jako závazné dokumenty stávají součástí sekundární legislativy EU.



Obr. 3: Země součástí ENTSO-E

Společnost ČEPS spolupracuje především s provozovateli přenosových soustav (Transmission system operator TSO), se kterými přímo sousedí. Jedná se o provozovatele přenosových soustav v Německu (TSO TENNET, TSO 50 Hertz), Polsku (TSO PSE), Rakousku (TSO APG) a na Slovensku (TSO SEPS), viz **obr. 4**. Pravidla a podmínky obchodního měření na přeshraničních vedeních jsou pak ukořteny v bilaterálních smlouvách, které má společnost ČEPS s těmito subjekty uzavřeny.



Obr. 4: Přeshraniční obchod s elektřinou s okolními PS

4. Obchodní měření

Obchodní měření (OM) má za úkol měřit a vyhodnocovat elektrickou energii v přenosové soustavě. Nejdůležitější je samotný elektroměr, jeho proudové a napěťové vstupy a samozřejmě i vyhodnocovací software pro pomoc s dílčími i finálními výpočty.

4.1 Elektroměr

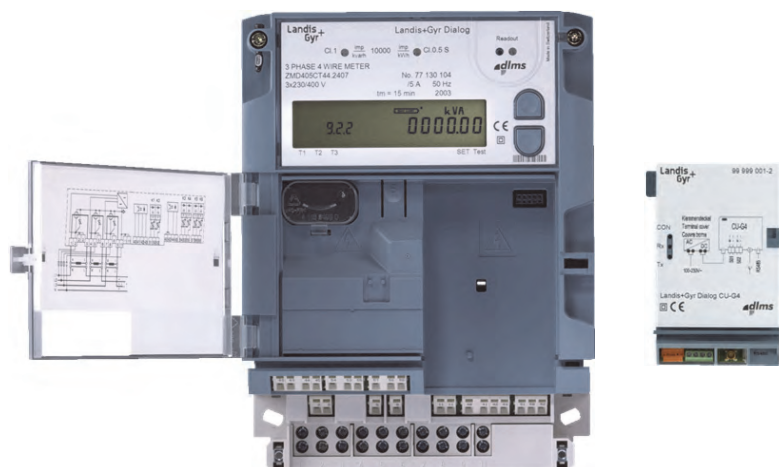
OM na všech předávacích místech používá elektroměr typu A třídy přesnosti 0,2 %, který je nastaven s 15minutovým měřicím intervalem pro účely OM s dobou ukládání minimálně 45 dnů a s minutovým měřicím intervalem pro účely provozního měření. Elektroměr je pravidelně centrálně časově synchronizován s tolerancí $\pm 2s$.

Odečet zúčtovacích naměřených hodnot z elektroměru se provádí jednou denně pomocí protokolu DLMS. Další možnosti k předání informace jsou metrologicky ověřené impulzy S0. Impulsní výstupy odběr/dodávka – činné složky s váhou impulsu 1/100 kWh a odběr/dodávka jalové složky s váhou impulsu 1/100 kVar.

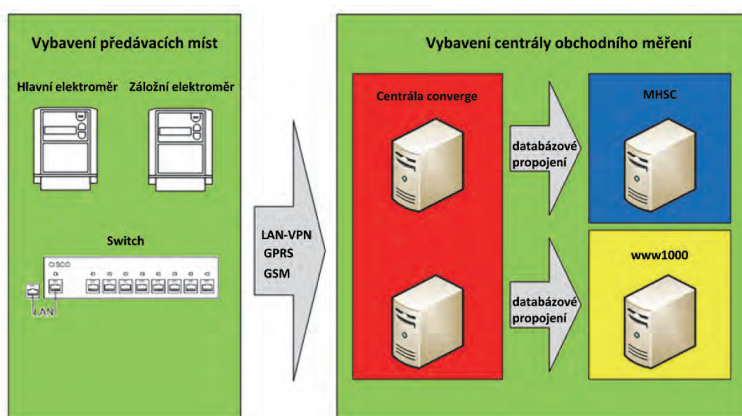
Elektroměr má standardně vstup/výstup RS485, ale lze do něj vložit komunikační modul s různými výstupy a elektroměr tak o ně rozšířit. Elektroměr a možný komunikační modul je vyobrazen na **obr. 5**.

OM převážně používá komunikační moduly:

- E22 – RS485/ LAN, pro účely datové komunikace přes TCP/IP,
- B2 – RS485/RS485, pro propojení více elektroměrů v řadě sériovou linkou,
- P42 – RS485/ GSM/GPRS jako záložní komunikační cestu při výpadku LAN,
- Q22 – 2x RS485/RS485 – propojení elektroměrů se SCADA systémy přes protokol IEC60870.



Obr. 5: Elektroměr s výměnným komunikačním modulem



Obr. 7: Systém DATAGYR

OM používá elektroměry, které pomocí komunikačních modulů (GPRS, LAN, RS485) poskytují tři nezávislé kanály. Slouží pro odečet naměřených hodnot centrálou OM ČEPS, a.s., terminálem hraničních rozvodů (THR) a centrálou obchodního nebo zahraničního partnera. Jednotlivé komunikace jsou barevně vyznačeny na **obr. 6**.

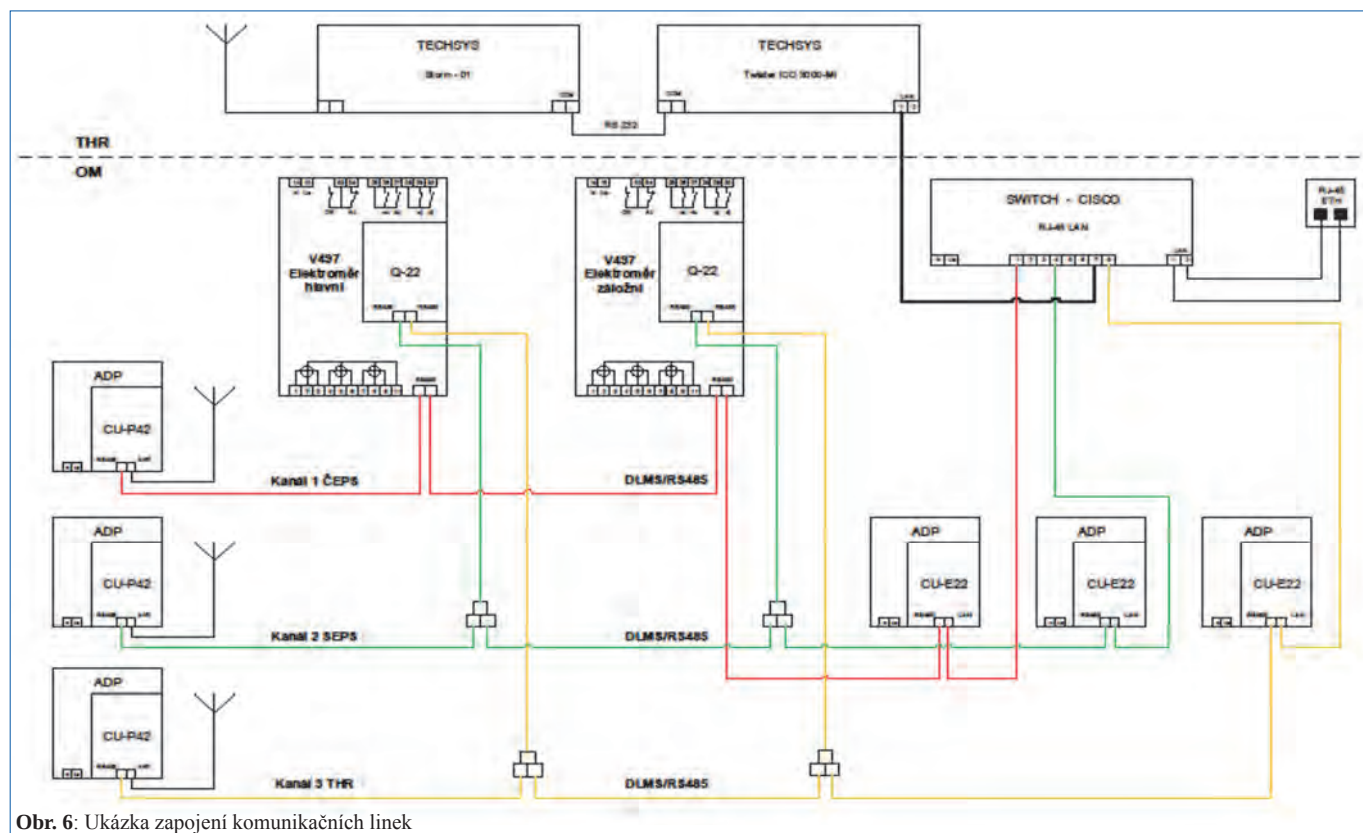
4.2 Pracoviště obchodního měření

Pracoviště OM zajišťuje metodické a operační řízení všech činností OM a veškeré operační práce spojené s vyhodnocením naměřených hodnot v centrále obchodního měření.

Jádrum OM ČEPS, a.s., je systém DATAGYR, který se skládá z elektroměrů umístěných na rozvodnách společnosti ČEPS v rozvaděcích OM a z centrály Converge, určené pro akvizici a vyhodnocování dat z těchto elektroměrů. Centrála OM je umístěna v sídle společnosti ČEPS na pražském Bohdalci. Grafické znázornění systému je vyobrazeno na **obr. 7**.

Specializované práce spojené s údržbou zařízení OM, pravidelné a servisní práce spojené s údržbou centrály, opravy a ověřování elektroměrů a ostatních zařízení jsou zajištěny smluvně.

Na jednotlivých provozech údržby sekundární techniky jsou vybudována pracoviště pro správu zařízení OM. Specialisté provozu a údržby jsou vybaveni softwarem pro vzdálený dohled a správu elektroměrů. Dále mají nezbytné množství náhradních



Obr. 6: Ukázka zapojení komunikačních linek

elektroměrů pro výměnu porouchaných měřidel a elektroměrů s procházející dobou platnosti úředního ověření. Pracovníci údržby také kontrolují rozvaděče obchodního měření v předacích místech, funkčnost měření, odstraňují závady a zajišťují pravidelné práce na obchodním měření společnosti ČEPS.

Soubor konkrétních prací pracovníků provozu a údržby ve vztahu k OM:

- průběžná kontrola diferencí mezi hlavním a záložním elektroměrem OM na jednotlivých měřicích bodech,
- průběžná kontrola diferencí mezi hlavním elektroměrem OM a měřením z řídicího systému na jednotlivých měřicích bodech,
- porovnání dálkových odečtů elektroměrů s ručními odečty za měsíc zpětně,
- průběžná kontrola funkčnosti komunikačních cest na území působnosti pracovníka provozu a údržby,
- pravidelná čtyřletá výměna elektroměrů za účelem ověření metrologických vlastností přístroje v autorizované metrologické stanici,
- výměna a oprava vadných elektroměrů a ostatních zařízení.

4.3 Rozvaděče OM

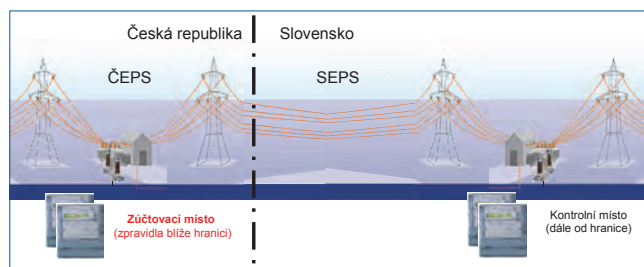
OM se řídí jednotnou technickou koncepcí sekundární techniky společnosti ČEPS. Pro vnitřní obchod v ČR nebo mezinárodní obchod je provedení a vystrojení rozvaděčů stejné včetně instalovaného zařízení. Jejich příklad je uveden na fotografii **obr. 8**.

Zařízení OM jsou na rozvodnách instalována do vyčleněných rozvaděčů, v domcích ochran, nebo v centrálních budovách sekundární techniky. Umístění se určuje dle nejkratších měřicích tras kabelových vedení k přístrojovým transformátorům proudů a napětí.



Obr. 8: Zařízení a vystrojení rozvaděčů OM

5. Zúčtovací místa OM zahraničních vedení



Obr. 9: OM zahraniční linky

Zúčtovacími místy pro přeshraniční vedení jsou zpravidla ty rozvodny, které jsou blíže ke státní hranici, jak je vyobrazeno na **obr. 9**. V rozvodnách na druhém konci vedení je pak ve většině případů umístěno měření kontrolní. Názvy a umístění přeshraničních zúčtovacích míst jsou uvedeny na mapě v **obr. 10**.

V bilaterálních smlouvách mezi jednotlivými TSO je přesně popsáno umístění a provedení zúčtovacího i kontrolního místa OM zahraničních linek.

5.1 Provedení zúčtovacího OM zahraničních linek v rozvodně

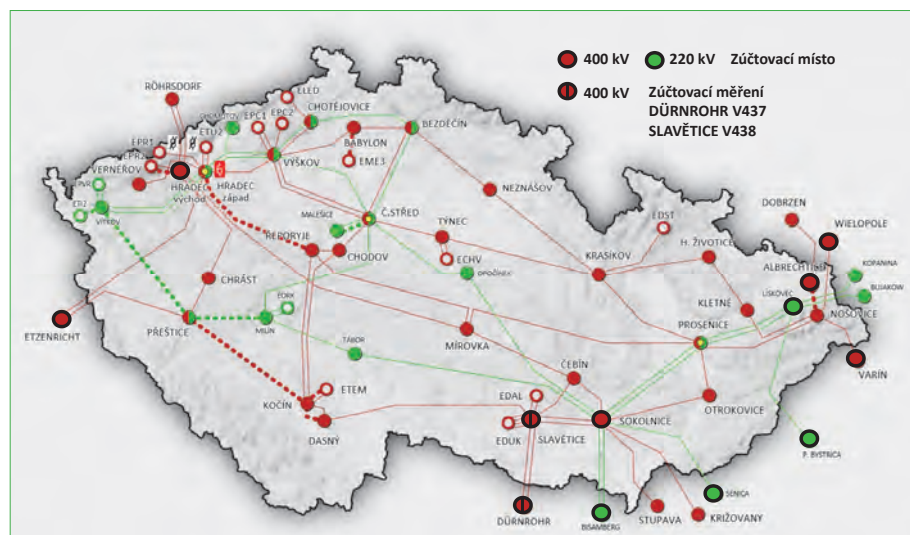
V zúčtovacím místě musí být především zajištěno samotné měření elektřiny, což zahrnuje zajištění instalace, provozování, obsluhu, kontrolu a údržbu měřicích zařízení, dále pak odečítání, přenos, zpracovávání a uchovávání naměřených hodnot z elektroměrů.

Měřicí body jsou vybaveny měřením typu A, neboli průběhovým měřením s dálkovým denním přenosem údajů, a průběžným záznamem střední hodnoty činného a jalového výkonu za měřicí interval. Měření provádí přímo měřicí zařízení – elektroměr, nebo registrační zařízení – podstanice.

Jedná se o nepřímé měření, využívá se měřicích transformátorů proudu (MTP) s převodem nejčastěji 1600 A/1A a měřicích transformátorů napětí (MTN) s převodem 400 000 V/√3 / 100 V/√3. Jejich fotografie z rozvodny je ukázána na **obr. 11**.

Vzhledem k tomu, že MTP a MTN jsou využívány pro OM (výsledky měření jsou použity pro plnění závazkových vztahů ČEPS, a.s.), je Zákonem č. 505/1990 Sb. o metrologii a navazující vyhláškou MPO č. 345/2002 Sb. povoleno použití pouze tzv. stanoveného měřidla. MTP a MTN tak z povahy věci musí splňovat požadavky definované po stanovená měřidla, mezi které patří povinné ověřování a schválení typu. Co se týče schválení typu, tak má ČEPS v technických specifikacích pro MTP a MTN striktní požadavek, že nabízený přístroj musí být pouze tzv. schváleného typu, tedy je veden v databázi schválených typů měřidel Českého metrologického institutu.

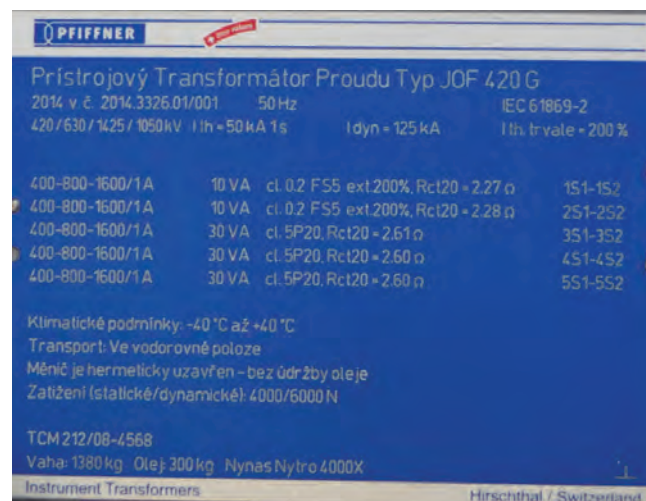
V rámci plnění legislativních povinností (Zákon o metrologii, Energetický zákon) musí u MTP a MTN dojít k prvotnímu ověření měřidla. K tomu dochází v reálném zapojení měřicích obvodů před prvním uvedením celého měřicího řetězce do provozu. Vzhledem k tomu, že ve Vyhlášce č. 345/2002 Sb. je stanoveno, že induktivní



Obr. 10: Umístění zúčtovacích OM



Obr. 11: Proudové a napěťové transformátory



Obr. 12: Štítek proudového transformátoru

měřicí transformátor má dobu platnosti ověření bez omezení, nakupuje ČEPS do své soustavy striktně pouze indukční měřicí transformátory.

Proudové transformátory se pro obchodní měření ČEPS používají pěti-jádrové. Každé jádro transformátoru je určeno pro specifické měření:

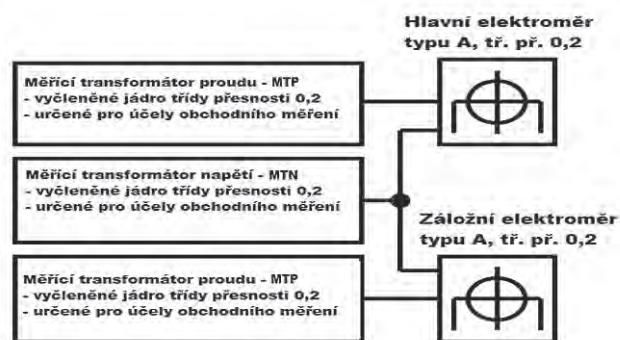
1. jádro, pro hlavní obchodní měření ČEPS s přesností 0,2 % a přetížitelností 200 %, pro řídicí systém ŘS ČEPS,
2. jádro, pro záložní obchodní měření ČEPS s přesností 0,2 % a přetížitelností 200 %, pro kontrolní měření obchodního partnera,
3. – 5. jádro, pro měření a vyhodnocení elektronických ochran.

Pro zúčtovací měření se používají dva elektroměry (hlavní a záložní) s třídou přesnosti 0,2 %, které jsou připojeny na dvě měřicí jádra přístrojového transformátoru proudu třídy přesnosti 0,2 % a dále přístrojového transformátoru napětí třídy přesnosti 0,2 %. V případě poruchy hlavního měření se po dohodě s obchodním partnerem použijí naměřené hodnoty ze záložního měření. Ideové schéma je vyobrazeno na obr. 13.

5.2 Validace naměřených dat z přeshraničních vedení z pohledu OM

Než jsou naměřená data z jednotlivých zúčtovacích míst předána k dalšímu zpracování, je nutné provést jejich validaci. To znamená především odsouhlasení jednotlivých hodnot příslušným zahraničním partnerem.

Těmito partnery jsou provozovatelé přenosových soustav (TSO) v zahraničí, kteří spravují kontrolní měření daného přeshraničního vedení na svém území. Naopak v případech, kdy je kontrolní měření na území České republiky a zúčtovací měření na území zahraničního TSO, schvaluje



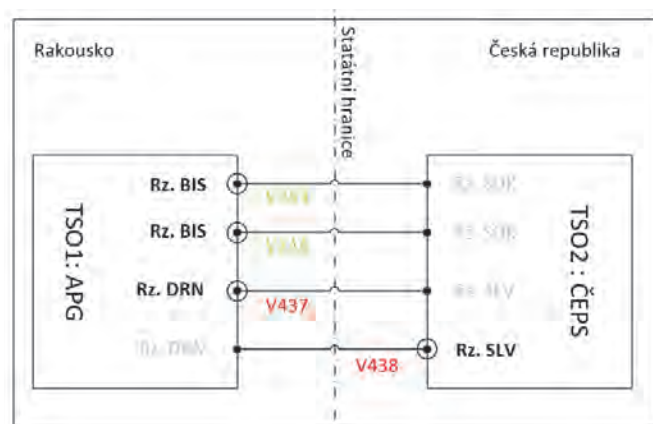
Obr. 13: Zapojení zúčtovacího měření OM

naměřená data ČEPS, a.s., Proces schvalování dat probíhá vždy den zpětně, a to pro energii (MWh) naměřenou za celý předchozí den v 15minutových, nebo hodinových intervalech. Implementace procesu do systémů OM se řídí příslušnou metodikou ENTSO-E a bilaterálními smlouvami, přičemž je proces validace naměřených dat rozdělen do několika podprocesů.

5.2.1 SOMA proces „System Operator Meter Alignment“

V první fázi validace odešle každé TSO (včetně ČEPS) hodnoty ze zúčtovacích měření, které má ve správě, protistraně pro daný profil. Ta tyto hodnoty porovná s naměřenými daty z příslušných kontrolních měření na druhé straně přeshraničních vedení.

Ilustrační situace je vyobrazena na **obr. 14** na přeshraničním profilu mezi Českou republikou (TSO - ČEPS) a Rakouskem (TSO - APG). Profil je složen ze dvou linek na hladině 220 kV (zelená barva) a ze dvou linek na hladině 400 kV (červená barva). Zúčtovací měření na české straně je pouze jedno, a to pro linku V438 v rozvodně Slavětice, ostatní měřicí body jsou na straně společnosti ČEPS pouze kontrolní. Naopak protistrana má na tomto profilu zúčtovací měřicí body hned tři (V243, V244 a V437).



Obr. 14: Přeshraniční profil APG-ČEPS

Samotná validace spočívá ve výpočtu absolutních a relativních ztrát na dané lince a posouzení, zda vypočtené hodnoty vyhovují následujícímu výrazu:

$$\frac{Ma - Mb}{Ma} \leq P \text{ nebo } Ma - Mb \leq A \quad (1)$$

M1 – hodnota ze zúčtovacího měření [MWh]

M2 – hodnota z kontrolního měření [MWh]

Ma – vyšší hodnota z M1 a M2 [MWh]

Mb – nižší hodnota z M1 a M2 [MWh]

P – relativní ztráty na vedení [%]

A – absolutní ztráty na vedení [MWh]

Pokud je výraz vyhodnocen jako „pravda“, je daná hodnota validní. Naopak je-li výraz vyhodnocen jako „nepravda“, je nutné hodnotu podrobit bližšímu přezkoumání, zda se nejedná o chybu měření, a případně hodnotu nahradit jinou

(záložní měření apod.). Vždy však platí, že s případnými náhradními hodnotami musejí souhlasit obě TSO, které linka propojuje.

Z výše uvedeného vyplývá, že každá takto vypočtená hodnota musí splnit alespoň jeden z tolerančních limitů, a to buď ten absolutní, nebo relativní. Limity jsou odvozeny pro každé přeshraniční vedení dle jeho skutečných fyzikálních vlastností a pomocí statistické analýzy, kdy se zjišťuje, jaké jsou ztráty na vedení při různém stupni zatížení. Tabulka limitů pro jednotlivá vedení je pak obsažena v příslušných bilaterálních smlouvách, které mezi sebou jednotlivá TSO uzavírají.

V praxi existují v této fázi validace různé nuance v závislosti na zahraničním partnerovi, se kterým se datová výměna provádí. Například při datové výměně mezi společnostmi ČEPS a APG (rakouské TSO) se oba subjekty dohodly, že v rámci SOMA procesu budou protistraně posílat nejen data ze zúčtovacích bodů na svém území, ale také hodnoty ze svých kontrolních měření. Důvodem je, že mezi těmito subjekty neexistuje systém přímých odečtů elektroměrů, který je běžně k dispozici u jiných TSO, se kterými ČEPS, a.s. spolupracuje.

5.2.2 SOAM proces „System Operator Accounting data Matching“

V druhé fázi se sestaví zpráva SOAM, která obsahuje již validovaná data z předchozího kroku. Pro každé dvě TSO, která jsou propojena danými přeshraničními linkami, vznikne jedna zpráva obsahující všechna zúčtovací měření na tomto profilu. O tom, která strana SOAM sestaví, rozhoduje příslušná smlouva mezi oběma subjekty. Výsledný SOAM dokument pak v rámci datové výměny schvaluje TSO, které zprávu naopak nesestavuje.

5.2.3 SOVA proces „System Operator Validated Accounting data“

Odsouhlasená data z druhé fáze pak každé TSO zasílá do příslušného koordinačního centra ENTSO-E. Tento proces však již nespadá pod agendu obchodního měření ČEPS, a.s.

6. Budoucnost OM

Hlavní činností společnosti ČEPS je zajišťovat spolehlivý provoz a rozvoj přenosové soustavy nejen na území ČR, ale v kontextu mezinárodní spolupráce i v rámci propojených přenosových soustav. Dále bude přispívat k rozvoji trhu s elektřinou a podílet se na rozvoji evropského energetického trhu.

Naměřená kvalitní data a jejich spolehlivé a včasné předání ostatním účastníkům trhu jsou již pro společnost ČEPS nutností. V současné době se musí implementovat mnoho nových evropských předpisů, které předpokládají zkrácení vyhodnocovacích intervalů. Z tohoto důvodu ČEPS, a.s. investuje nemalé prostředky pro rozvoj a modernizaci OM ČEPS, a.s.

Nové Evropské předpisy doporučují i měření kvality elektrické energie na úrovni přenosové soustavy. Po případné implementaci tohoto předpisu do legislativy ČR čeká OM velká výzva k instalaci měření, vyhodnocení a integraci těchto výsledků do systémů společnosti ČEPS.

METROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ELEKTROMAGNETICKÝCH MĚŘIDEL BODOVÉ RYCHLOSTI VODNÍHO PROUDU

Ing. Michal Žoužela, Ph.D.;
Ing. Pavel Zubík, Ph.D.; Ing. Jiří Březina;
Bc. Martin Vítů

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

1. Úvod

Měření bodové rychlosti vodního proudu patří mezi základní potřeby v oblasti stanovení průtoku v profilech s volnou hladinou, které jsou zpravidla představovány vodními toky, zavlažovacími a odvodňovacími kanály, stokovými sítěmi, otevřenými náhony či přivaděči k vodním elektrárnám. S rozvojem průmyslu a celkovou modernizací technologií dochází i v této oblasti k rozvoji měřicí techniky.

Obvykle se pro měření bodové rychlosti proudu používají vodoměrné vrtule, které jsou v současnosti v oblasti autorizovaného úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou jediným dle metrologického předpisu MP 010 [8] povoleným měřidlem. Rozvoj v této oblasti nespočívá jen v rozvoji samotných vodoměrných vrtulí s rotačním prvkem, ale i v použití technologií pracujících na jiných principech.

Takovými měřidly jsou měřidla elektromagnetická. Tato měřidla rozšiřují svým uživatelům možnosti využití a dovolují jim měřit bodovou rychlost proudu i v místech, kde by to s vodoměrnými vrtulami bylo velmi komplikované či nebylo možné vůbec. Jedná se především o měření prováděná v profilech stokových sítí se silně znečištěnou odpadní vodou obsahující látky ulpívající na propeleru vodoměrné vrtule a znemožňující dosažení správnosti měření. Elektromagnetická měřidla jsou dle výrobců taktéž vhodná pro měrné profily s velmi nízkými rychlostmi (pod $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) na prahu citlivosti běžných vodoměrných vrtulí. Taktéž je možné je využít při měření v profilech vodních toků zarostlých vegetací.

Mnoho měřicích skupin i subjektů autorizovaných pro úřední měření průtoku v profilech s volnou hladinou využívá těchto „nových“ měřidel bodových rychlostí, nemohou je však použít pro potřeby úředního měření. V posledních letech tak byl Referát posuzování způsobilosti při Českém metrologickém institutu (ČMI) dotazován na možnost „legalizace“ použití i jiných měřidel bodových rychlostí pro potřeby úředního měření.

Na základě těchto dotazů a diskuzí se zástupci Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), ČMI, Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR (SOVAK ČR) a s řadou úředních měřičů byly v roce 2018 a 2019 zpracovány dva úkoly Plánu rozvoje metrologie (PRM), které posuzovaly vlastnosti a možnosti využití předmětných měřidel bodových rychlostí pro oblast úředního měření průtoku.

Vedle teoretické části byly oba úkoly zaměřeny především na posouzení mezilehlé preciznosti (replikovatelnosti) a variabilitu (rozptyl) měřených rychlostí vykazovanými předmětnými měřidly. Oba úkoly se taktéž zabývaly i sledováním a analýzou dlouhodobé stability měření nulové hodnoty rychlosti. Úkoly byly provedeny s celkem šesti měřidly, zapůjčovanými pravidelně v intervalu dvou měsíců.

Z analýzy získaných dat bylo učiněno několik zásadních závěrů a doporučení pro použití, rekaliibraci a provádění měření při využití předmětných měřidel.

Hlavní závěry plynoucí z provedených prací jsou představeny v následujícím příspěvku.

2. Elektromagnetická měřidla bodové rychlosti vodního proudu

V následujícím textu budou elektromagnetická měřidla zkráceně označována jako „EMI-měřidla“. Z hlediska technických standardů a normativních podkladů je možné nalézt odkazy na EMI-měřidla v následujících dokumentech.

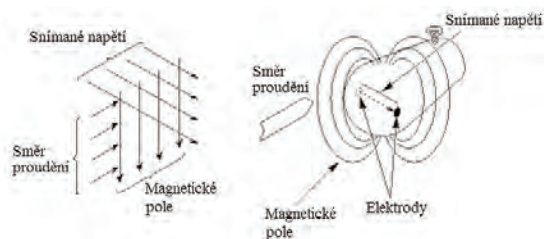
Zásadní normou pro měření průtoku v profilech s volnou hladinou definující způsoby stanovení průtoku metodou rychlostního pole (obvykle používaným názvem pro tuto metodu je hydrometrování) je ČSN EN ISO 748 [1]. Ta je určena především pro stanovení průtoku za pomoci vodoměrných vrtulí, zmiňuje však i možnost použití EMI-měřidel. Pro úplnost dodejme, že stanovení průtoku metodou rychlostního pole je založeno na integraci bodových rychlostí přes plochu průtočného průřezu.

Uvedená norma odkazuje na dokument ISO/TS 15768 [2], který definuje požadavky na konstrukci, výběr a použití EMI-měřidel v praxi a současně navazuje na dokument ISO/TR 11974 [9], jenž obsahuje především všeobecné informace k předmětným měřidlům a princip jejich fungování.

Způsob kalibrace EMI-měřidel je stejně jako pro vodoměrné vrtule předepsán mezinárodní normou ISO 3455 [3]. Ta je v současné době revidována (výrazně redukována) tak, aby se postupy kalibrací měřidel bodových rychlostí více přiblížily mnohaletým zkušenostem pracovníků kalibračních laboratoří.

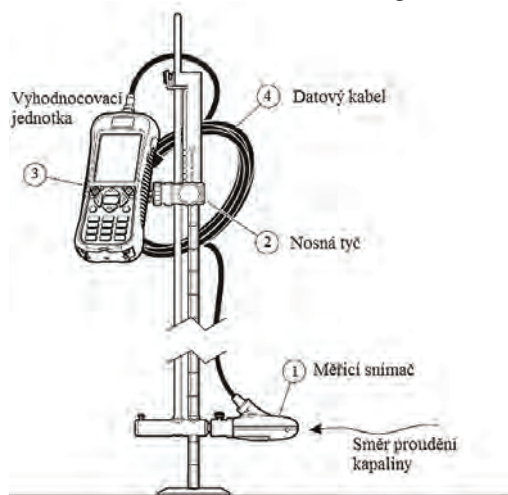
2.1 Princip fungování EMI-měřidel

EMI-měřidlo měří rychlost proudění kapaliny na principu elektromagnetické indukce, kdy se na koncích elektrického vodiče pohybujícího se v magnetickém poli vytváří elektrické napětí. Velikost tohoto napětí je následně přímo úměrná rychlosti pohybu tohoto vodiče. Prakticky je měřicí snímač měřidla zobrazený na **obr. 1** vybaven elektrickou cívkou, která vytváří magnetické pole. Dvojice uhlíkových elektrod následně měří napětí indukované rychlostí elektrického vodiče, kterým je v našem případě proudící voda. Naměřené napětí je elektronikou zařízení zpracováno a převedeno na rychlost [4, 5, 6, 16].



Obr. 1: Princip měření rychlosti kapaliny měřicím snímačem EMI-měřidla [5]

Obvyklá sestava přenosného EMI-měřidla je patrná z obr. 2. Měřicí snímač, který se za pomoci nosné tyče umísťuje na dostatečně dlouhou dobu (zpravidla od 10 s do 60 s) do konkrétního bodu v ploše měrného profilu, je připojen datovým kabelem k vyhodnocovací jednotce. Ta současně zajišťuje i elektrické napájení celé měřicí sestavy. Tato sestava – jednotka/kabel/snímač – musí být kalibrována vždy společně. Není tak možné mezi sebou kombinovat různé prvky z několika měřicích sestav bez dodatečného metrologického navázání.



Obr. 2: Obvyklá sestava EMI-měřidla [4]

2.2 Posuzované typy EMI-měřidel

Experimentálním zkouškám bylo podrobena celkem šest EMI-měřidel, přehledně vyjmenovaných v tab. 1. Tato měřidla byla pravidelně zapůjčována od společností Pražské vodovody a kanalizace, a. s. (PVK), Brněnské vodárny a kanalizace, a. s. (BVK), DHI a. s. (DHI) a Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Technické a metrologické parametry těchto EMI-měřidel jsou dostupné na stránkách příslušných výrobců [4, 5, 6] a ve zprávě [14]. V následujících odstavcích uvedeme pouze jejich stručný popis.

Na obr. 3 je zobrazena celá zkoušená sestava vyhodnocovací jednotky s kabelem a válcovým snímačem EMI-měřidla Valeport - Cylindrical model 801. Rychlosti měřené tímto snímačem jsou vyhodnocovány z bezprostředního okolí snímače.

Na obr. 4 je zobrazen pouze plochý snímač EMI-měřidla Valeport - Flat model 801 s tím, že vyhodnocovací jednotka je prakticky totožná s tou, která je uvedena na obr. 3. Rychlosti měřené tímto snímačem jsou vyhodnocovány z prostoru bezprostředně nad jeho plochou částí.

Dále byla sledována také dvě EMI-měřidla MARSH-McBirney model FLO-MATE 2000. Obě měřidla jsou identická. Na obr. 5 je zobrazená celá zkoušená sestava vyhodnocovací jednotky s kabelem a cylindrickým snímačem. Rychlosti jsou taktéž vyhodnocovány z blízkého okolí snímače.

Součástí zkoušek byla i dvě EMI-měřidla firmy OTT HydroMet model MF Pro. Na obr. 6 je zobrazena celá zkoušená sestava vyhodnocovací jednotky s kabelem a válcovým snímačem. Měřené rychlosti jsou vyhodnocovány z bezprostředního okolí snímače.

Tab. 1: Přehled posuzovaných EMI měřidel a počet měřicích cyklů

EMI-měřidlo	Majitel	Označení měřidla v textu	Počet měřicích cyklů
Valeport – Cylindrical – 801	DHI a. s.	Valeport – Cylindrical (DHI)	6
Valeport – Flat – 801	DHI a. s.	Valeport – Flat (DHI)	6
MARSH-McBirney Flo-Mate 2000	BVK, a. s.	Flo-Mate 2000 (BVK)	28
MARSH-McBirney Flo-Mate 2000	PVK, a. s.	Flo-Mate 2000 (PVK)	12
OTT HydroMet – MF Pro	PVK, a. s.	MF Pro (PVK)	12
OTT HydroMet – MF Pro	ČHMÚ	MF Pro (ČHMÚ)	6



Obr. 3: Vyhodnocovací jednotka, kabel a snímač EMI-měřidla Valeport - Cylindrical (DHI)



Obr. 4: Snímač EMI-měřidla Valeport - Flat (DHI)



Obr. 5: Vyhodnocovací jednotka, kabel a snímač EMI-měřidla FLO-MATE 2000 (BVK)



Obr. 6: Vyhodnocovací jednotka, kabel a snímač EMI-měřidla MF Pro (PVK)

3. Zkušební trať a instalace EMI-měřidel při zkouškách

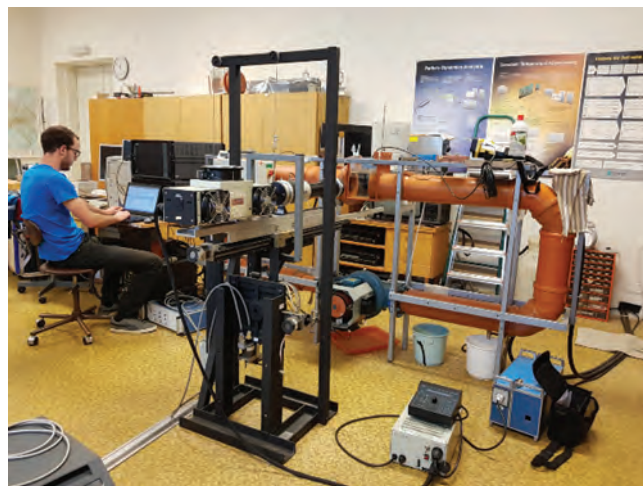
3.1 Zkušební trať měřidel bodových rychlostí

Zkušební trať, kterou naše pracoviště využívá pro různé typy měřidel bodových rychlostí, byla vybudována v roce 2003 [11]. V roce 2009 byla v rámci úkolu PRM [7] rekonstruována a vybavena mimo jiné i regulací teploty oběhové kapaliny. V současné době je trať provozována způsobem, kdy je referenční rychlost v_{ref} v měrném prostoru vázána na frekvenci otáčení n oběhového čerpadla a současně i na teplotu kapaliny v okruhu. Stanovení této v_{ref}/n charakteristiky je prováděno a opakovaně kontrolováno za pomoci bezkontaktní optoelektronické metody – LDA.

Současná podoba zkušební trati je patrná z obr. 7. Okruh je zhotoven z trub a tvarovek s vnitřním průměrem 150 mm a 200 mm. Měrný prostor má z důvodu dobré přístupnosti pro optickou měřicí metodu svislé rovinné boční stěny ze skla. K pohonu je použito odstředivé čerpadlo o příkonu 1,5 kW

řízené měničem frekvence. Je tak možné v měrném prostoru s dostatečnou opakovatelností simulovat rychlosti v rozsahu od jednotek $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ do $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Měrný prostor umožňuje upnout jakékoli měřidlo bodových rychlostí v podélné ose kanálu pomocí nosné tyče. Pro homogenizaci rychlostního pole v místě měrného prostoru je okruh vybaven voštinami a sítí. Tyto dle řady rozsáhlých měření za pomoci LDA zajišťují v dostatečně velké ploše měrného profilu prakticky ploché rychlostní pole.

Měrná trať je napojena na výkonný chladicí systém, který umožňuje dosáhnout a stabilizovat teplotu náplně měrné trati na hodnotách od 2°C do 22°C , současně je možné pomocí elektrického topného tělesa dosáhnout i vyšších teplot náplně až do 50°C .



Obr. 7: Pohled na zkušební trať a uspořádání měřicího pracoviště

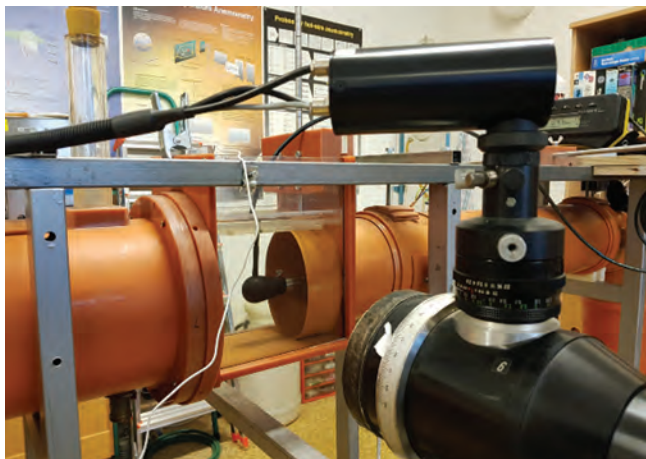
Zkoušky s EMI-měřidly byly prováděny za teplot okolo 23°C . Vliv teploty na vykazované parametry předmětnými měřidly nebyl součástí experimentů. Za těchto stabilních teplotních podmínek tak existuje pouze jedna jednoznačná a v čase neměnná charakteristika v_{ref}/n . Pro jednoznačnost je vhodné dodat, že pro veškeré experimentální zkoušky se všemi EMI-měřidly nebylo s absolutní hodnotou referenční rychlosti pracováno. Veškeré získané výsledky jsou vztaženy vždy k otáčkám n čerpadla zkušební trati. Tento přístup je, vzhledem ke sledování dlouhodobé opakovatelnosti měřených parametrů (časové stability), zcela vyhovující.

Pro měření teplot v měrné trati byly využity dva ponorné termistorové teploměry s rozsahy měřitelných teplot přesahujícími rozpětí nastavovaných hodnot. Součástí měření bylo i zaznamenání hodnoty měrné vodivosti vody ve zkušební trati. Ta byla stanovena přenosným konduktometrem a pohybovala se v okolí hodnoty $460 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

3.2 Instalace měřidel do zkušební trati

Pro uchycení všech snímačů byl vyroben montážní prvek, který zajistil, že při každém kontrolním měření byl příslušný snímač instalován do identické pozice. Podélná osa všech cylindrických snímačů odpovídala podélné ose protiproudě horizontálního úseku přítokového potrubí zkušební trati tak, jak je uvedeno na obr. 8.

Snímač měřidla Valeport - Flat (DHI) byl umístěn na dno měrného prostoru. Případné absolutní srovnání měřených rychlostí s rychlostmi vykazovanými ostatními snímači tak nebylo možné realizovat.



Obr. 8: Ukázka instalace měřidla FLO-MATE 2000 (BVK) do zkušební trati

4. Cíl experimentálních prací

Cílem experimentálních prací bylo v relativně pravidelných intervalech a v podmínkách zkušební trati s kalibrovanými proudovými poměry zjistit relevantní data vykazovaná předmětnými EMI-měřidly a na základě jejich zpracování se následně vyjádřit mimo jiné k tématům:

- mezilehlé preciznosti měření vykazovaných rychlostí předmětnými EMI-měřidly;
- variability vykazovaných rychlostí jednotlivých EMI-měřidel a jejich časové stabilitě;
- stability nulové hodnoty rychlostí měřených EMI-měřidel.

Uvedené řešení oblasti a z nich vyplývající skutečnosti jsou dále popsány v následujících kapitolách.

5. Výsledky experimentálních prací

V následujících odstavcích budou společně prezentovány výsledky experimentálních prací realizovaných za oba dva roky. Množství a hloubka získaných a prezentovaných informací jsou závislé na celkové době sledování jednotlivých EMI-měřidel tak, jak bude uvedeno v následující kapitole.

5.1 Obecné informace a postup měření

Měření s šesti EMI-měřidly bylo realizováno v prakticky pravidelných dvouměsíčních intervalech. Flo-Mate 2000 (BVK) bylo na našem pracovišti umístěno trvale. To umožnilo provádět měření častěji – zhruba s měsíčním intervalem. Toto EMI-měřidlo bylo soustavně posuzováno už během roku 2016 a je tak jediné, u kterého máme k dispozici výsledky z delšího období. S tímto měřidlem bylo opakované měření provedeno celkem 28krát. Přehled počtu měřících cyklů jednotlivých měřidel za celé sledované období je uveden v **tab. 1**. Vzhledem k tomu, že u obou EMI-měřidel Valeport došlo k výměně měřících snímačů, nemohla být starší data z roku 2018 použita do jejich celkové analýzy. Tato dvě měřidla tak byla sledována, stejně jako měřidlo zapůjčené od ČHMÚ, pouze od počátku roku 2019.

U každého z posuzovaných měřidel byla přiložena Evidenční karta měřidla, do které všichni ti, kteří měřidlo používají, zapisují důležité události. Jednalo se především o záznamy typu, kdy a jak dlouho bylo měřidlo použito in-situ, kdy bylo podrobeno kalibraci, případně kontrolováno na našem pracovišti, kdy byly vyměněny baterie apod.

S nastavením software ve vyhodnocovacích jednotkách měřidel nebylo nijak manipulováno. Justace nulové hodnoty (tzv. zero offset) nebyla před jednotlivými měřícími cykly prováděna. To nám umožnilo sledovat z dlouhodobého pohledu i stabilitu měřených nulových rychlostí.

Celý rychlostní rozsah zkušební trati byl rozdělen do 13 úrovní, které odpovídaly řídicím frekvencím generovaným měničem frekvence motoru oběhového čerpadla. Součástí záznamů bylo i měření při nulové rychlosti ve zkušební trati. Toto měření bylo realizováno jako první, vždy po 15 min od instalace měřidla do měrného profilu.

Měření probíhalo tak, že pro každou stabilizovanou rychlost ve zkušební trati byly opakovaně 10krát měřeny a následně vyhodnoceny dvě veličiny: hodnota průměrných otáček čerpadla n_{prum} a průměrná rychlost vykazovaná posuzovaným měřidlem v_{prum} . K této hodnotě rychlosti mohla být současně určena i velikost její výběrové směrodatné odchylky s_v . U všech měřidel byla shodně nastavena doba měření rychlosti na 10 s, přičemž rozlišení zobrazení její indikace odpovídalo $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. V případě, že byl k měřidlu k dispozici kalibrační list, byly získané hodnoty z měřidla adekvátně korigovány.

Z uvedených měření byly průběžně sestavovány dva grafy. Prvním z nich je závislost průměrné vykazované rychlosti na otáčkách čerpadla zkušební trati (kalibrační přímka) $v_{prum} = f(n_{prum})$, druhý představuje závislost $s_v = f(n_{prum})$. Grafy sloužily pro okamžitou kontrolu správnosti měření a funkce EMI-měřidel. V obou případech byly v grafu zobrazenými hodnotami proloženy za pomoci čtyř parametrů a , b , c , a d funkce lineárního typu ve tvaru

$$v_{prum} = a \cdot n_{prum} + b, \text{ resp.} \quad (1)$$

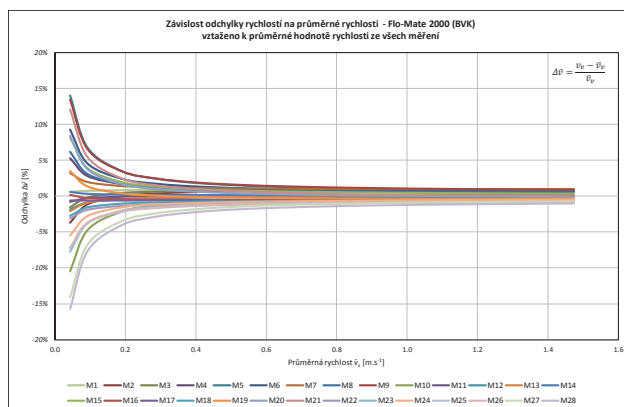
$$s_v = c \cdot n_{prum} + d, \quad (2)$$

které byly dále využity pro veškerá vyhodnocení. S jednotlivými páry průměrných hodnot se tak již dále nepracovalo.

5.2 Mezilehlá preciznost měření

V počátku experimentálních prací jsme pro porovnání těsnosti shody mezi výsledky jednotlivých měřících cyklů používali termín „opakovatelnost“. Podmínky opakovatelnosti představují prakticky neměnné okrajové podmínky ve všech aspektech měřícího procesu (stejná metoda měření, stejný operátor, stejné měřidlo, stejné místo měření, stejný objekt měření, opakování měření v krátkých intervalech). Námi prováděná měření tyto podmínky splňují, s výjimkou jednoho aspektu: tím je požadavek, že jednotlivá měření (měřící cykly) mají být prováděna v krátkých intervalech (časových úsecích) po sobě. Z charakteru našeho dlouhodobého měření tak nemůžeme korektně o opakovatelnosti hovořit. Nabízí se tak využít termínu „reprodukovatelnost měření“. Ten ovšem

zahrnuje (umožňuje) změny prakticky ve všech uvedených aspektech měřicího procesu a taktéž ne zcela vystihuje charakter našeho výzkumného záměru. Pro tyto účely tak metrologická praxe využívá termínu „mezilehlá preciznost měření“, jež je blízká podmínkám opakovatelnosti, s tím, že zahrnuje rozšířené časové období za ostatních neměnných aspektů měřicího procesu. V některých pramenech [13] je užíván termín „replikovatelnost“, který je velmi výstižně popisován jako schopnost pravidelné opakovatelnosti.



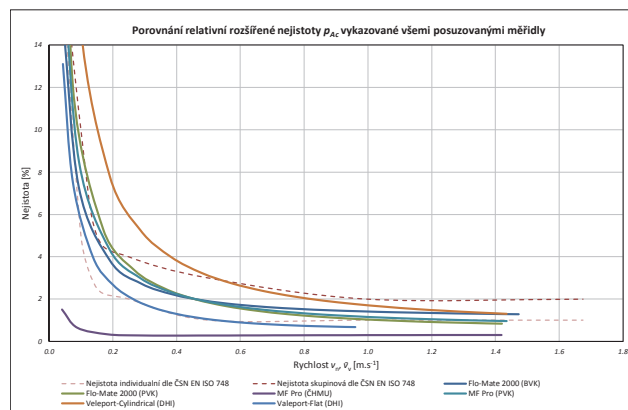
Graf 1: Závislost odchylky rychlosti na průměrné rychlosti vykazované měřidlem – vztaheno k průměrné hodnotě rychlosti ze všech provedených měření

Pokud bychom vynesli závislost rychlosti vykazované jednotlivými měřidly na otáčkách čerpadla zkušební trati ve smyslu rovnice (1) všech pravidelně opakovaných měření do jednoho grafu, získali bychom vzhledem k relativně malým odchylkám řadu překrývajících se přímk. Daleko výstižnější je proto zobrazit relativní odchylky trendů jednotlivých měření od některého měření vztažného. Tím bylo zvoleno to, které je získáno průměrem ze všech provedených měření pro každou zvolenou frekvenci oběhového čerpadla. Došlo tak k jistému „normování“ neustále přibývajících měření, resp. získaná vztažná hodnota je statistickým vyjádřením tzv. výběrového průměru, ke kterému je vztažena i následně dále prezentovaná nejistota měření získaných dat. Ukázka grafického vyjádření výsledků pro nejdéle sledované EMI-měřidlo Flo-Mate 2000 (BVK) je patrná z **grafu 1**. Aby bylo možné výsledky porovnávat i s jinými typy měřidel bodových rychlostí, především pak s vodoměrnými vrtulemi, byly hodnoty otáček čerpadla vyjádřeny v hodnotách rychlostí vykazovaných příslušným měřidlem ve zkušební trati.

Hodnoty v **grafu 1** jsou grafickým vyjádřením mezilehlé preciznosti m provedených měření. Se vzrůstajícím počtem měření však dochází ke stále většímu zahušťování plochy grafu a uvedené vyjádření relativních odchylek se tak stává nepřehledným. Proto byla mezilehlá preciznost měření dále kvantifikována její nejistotou. Její velikost p_{Ac} je definována rozšířenou relativní hodnotou výběrové směrodatné odchylky průměrné rychlosti stanovené ze všech provedených m měření ve smyslu vztahu

$$p_{Ac} = u_c = 100 \cdot \frac{1}{v'} \cdot k \cdot s_{v'} = 100 \cdot \frac{1}{v'} \cdot k \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta v_j'^2}, \quad (3)$$

kde k je koeficient rozšíření uvažovaný hodnotou 2. Pro jednoznačnost uvádíme, že označení nejistoty p_{Ac} je převzato z dokumentu MP 010 [8]. Norma ČSN EN ISO 748 [1] označuje tuto nejistotu platící pro vodoměrné vrtule jako u_c .



Graf 2: Relativní rozšířená nejistota p_{Ac} pro všechna sledovaná EMI-měřidla

V **grafu 2** je zobrazeno porovnání výsledků relativních rozšířených nejistot pro sledovaná EMI-měřidla a hodnot uvedených v ČSN EN ISO 748 [1] platných pro vodoměrné vrtule. Hodnoty v [1] představují reprodukovatelnost parametrů vykazovaných vodoměrnými vrtulemi při mezilaboratorních kruhových porovnáních. Praxe ukazuje, že výsledky dosahovaných nejistot platných pro vodoměrné vrtule jsou pro daný účel (úřední měření průtoku v profilech s volnou hladinou) dostatečné. Protože mají být EMI-měřidla použita pro stejné účely jako vodoměrné vrtule, nabízí se pro definování cílené maximální dovolené chyby (MPE), resp. navržení rekalibrační lhůty, využít trendy platné pro vodoměrné vrtule uvedené v **grafu 2**.

Z **grafu 2** lze taktéž vypořádat velmi dobrou shodu se závislostmi uvedenými v ČSN EN ISO 748 pro oblast velmi malých rychlostí. Prakticky všechna měřidla se chovají v oblasti nízkých rychlostí shodně jako vodoměrné vrtule. V této souvislosti je dobré si uvědomit, že mnohé vodoměrné vrtule však prakticky neumožňují provádět korektní měření při rychlostech pod 0,05 m.s⁻¹; v tomto případě je přínos EMI-měřidel jednoznačně kladný.

Pro zajímavost je dobré zmínit i zkušenosti z analýz realizovaných koncem roku 2018, kde jsme konstatovali, že měřidlo MF Pro (PVK) je v porovnání s ostatními měřidly výrazně lepší a mezilehlá preciznost měření je hluboko pod úrovní udávanou pro kalibraci vodoměrných vrtulí. Mysleli jsme si, že tento fakt vyplývající z porovnání je zřejmě způsoben tím, že model MF Pro patří k nové generaci měřidel tohoto typu a je podstatně mladší než např. Flo-Mate 2000 či měřidla od firmy Valeport. Tento závěr byl učiněn na základě zpracování pouze 4 měřících cyklů. To, jak jsme se v úsudku zmýlili, je z **grafu 2** zřejmé. Díky náhlé změně ve stabilitě nulové hodnoty tak, jak bude popsána v kapitole 5.4, došlo i k výrazné změně hodnoty příslušné nejistoty. Výsledky se tak pro toto konkrétní měřidlo blíží modelům Flo-Mate 2000 a odpovídají tak přibližně hodnotám pro kalibraci vodoměrných vrtulí.

Ke stejným závěrům jako v roce 2018 bychom mohli dospět rovněž u MF Pro (ČHMÚ), kdy výsledky na základě vyhodnocení šesti měřicích cyklů vypadají v tuto chvíli velmi dobře.

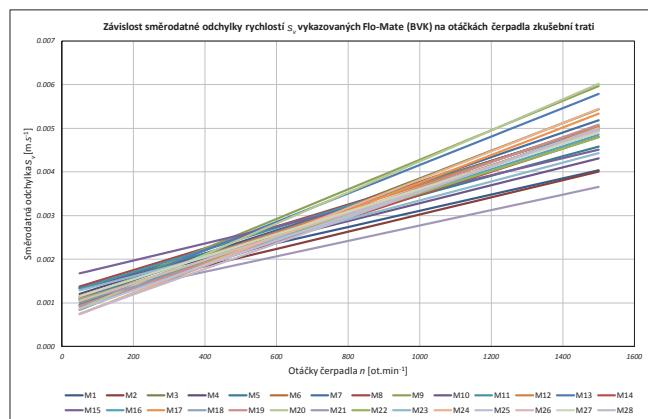
Výsledky reprezentované oběma měřidly Flo-Mate 2000 jsou prakticky srovnatelné a na úrovni odpovídající kalibraci vodoměrných vrtulí. Zdá se, že i když pro měřidlo z BVK je nejistota stanovena z 28 měřicích cyklů a u měřidla z PVK jen z 12, je shoda na velmi dobré úrovni.

K výsledkům obou měřidel Valeport je těžké se v tuto chvíli vzhledem k malému počtu provedených měření vyjadřovat. Rozhodně je však třeba si uvědomit, že je prakticky nemožné, aby se nejistoty s přibývajícím časem zmenšovaly za podmínek, kdy nepřipouštíme provádění „justace nuly“, na což bylo již výše upozorněno.

Jednou z dlouhodobě sledovaných událostí je i výměna baterií ve vyhodnocovacích jednotkách. V několika případech se stalo, že bylo třeba v průběhu našich zkoušek provést jejich výměnu. V takovém případě byl proveden vždy celý měřicí cyklus s indikací vybité baterie, následně byly baterie vyměněny (dobity) a měřicí cyklus byl proveden ještě jednou. Ukázalo se, že jsme dostali prakticky vždy shodné výsledky. Míra nabití baterií, resp. jejich výměna či dobítí nemají podle našich zjištění vliv na hodnoty měřených parametrů.

5.3 Variabilita rychlostí vykazovaných EMI-měřidly

Rozptýl hodnot měřených rychlostí vykazovaných EMI-měřidly v závislosti na čase lze identifikovat tak, že se vzájemně porovnají lineární trendy definované rovnicí (2), jež vystihují vývoj směrodatné odchylky s_y 10 čtení na displeji EMI-měřidla. Pohled na průběh těchto trendů pro Flo-Mate 2000 (BVK) je zobrazen v grafu 3.



Graf 3: Porovnání variability rychlostí vykazovaných EMI-měřidlem Flo-Mate 2000 (BVK)

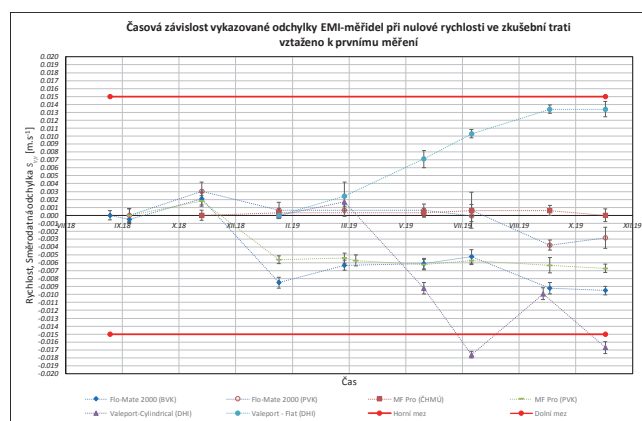
Lze říci, že získané výsledky jsou pro většinu posuzovaných měřidel prakticky shodné. Vykazované hodnoty se v závislosti na otáčkách čerpadla zkušební trati pohybují pro všechna měřidla v rozsahu (2 – 6) mm.s⁻¹. Z analýzy ostatních výsledků lze současně usuzovat i na relativně dobrou stabilitu variability v čase. Zdůrazňme, že součástí hodnot prezentované variability je i vliv míry

turbulence proudu v profilu instalace měřidel a stability otáček čerpadla zkušební trati. Oba tyto parametry jsou však svými hodnotami pod rozlišovací schopností předmětných měřidel.

Daleko větší vliv na vykazovanou hodnotu má rozlišitelnost indikace na displeji vyhodnocovacích jednotek posuzovaných měřidel. Ta je u všech shodně nastavena na 1 mm.s⁻¹. Pro představu je u všech měřidel poměr mezi nejistotou z rozlišitelnosti čtení na displeji a nejistotou p_{Ac} menší než 0,1. Pouze u MF Pro (ČHMÚ) se při rychlostech pod 0,5 m.s⁻¹ dostáváme na poměry okolo 0,3.

5.4 Stabilita hodnot měřených nulových rychlostí

Stabilita vykazovaných hodnot jednotlivými EMI-měřidly při nulové rychlosti proudu byla na základě postupného získávání zkušeností sledována od srpna 2018. Máme tak k dispozici výsledky z období dlouhého asi 1,5 roku. S mírně omezenou vypovídací schopností tak můžeme prezentovat výsledky pro všechna sledovaná EMI-měřidla. V grafu 4 jsou zobrazeny získané hodnoty pro předmětná měřidla s tím, že jsou vztaženy k prvnímu cyklu měření. Připomínáme, že uživatelé měřidel byli požádáni, aby v průběhu let, kdy nám pravidelně zapůjčovali měřidla, neprováděli žádné zásahy do jejich nastavení včetně justace nuly. Získali jsme tak jedinečné výsledky vývoje stability měření nulové hodnoty.



Graf 4: Stabilita nulové hodnoty v čase pro všechna posuzovaná měřidla – vztaženo k hodnotě prvního měření

Podívejme se blíže na výsledky časového vývoje vykazované hodnoty rychlosti měřidlem MF Pro (PVK) při nulové rychlosti vody ve zkušební trati. Je patrné, že na přelomu roků 2018/2019 došlo ke změně trendu, kdy se kladné vykazované rychlosti změnilly v hodnoty záporné. Jedná se o malé změny v řádech mm.s⁻¹, ty se však vždy viditelným způsobem projeví ve všech grafických vyjádřeních, která jsme zpracovávali. Dá se říci, že přesně na takovou „změnu“ jsme při dlouhodobém sledování EMI-měřidel čekali. Měřidlo MF Pro (PVK) jsme ze všech hodnocených měřidel v roce 2018, jak bylo výše popsáno, vyhodnotili velmi pozitivně, díky výborné časové stabilitě pozorovaných parametrů. Náhlá změna stability nulové hodnoty však způsobila jisté kvalitativní „zhoršení“.

Součástí grafického vyjádření jsou i chybové úsečky vystihující směrodatnou odchylku stanovenou z 10 měření míru variability vykazovaných „nulových“ rychlostí. Výsledky tak odrážejí pouhou rozlišitelnost celého měřicího řetězce měřidla bez vlivu pocházejícího od proudící kapaliny. Tato variabilita je velmi nízká a ani zdaleka se neblíží hodnotám, které deklarují výrobci. Hodnota dle výrobců činí pro přístroje MF Pro a Flo-Mate 2000 $\pm 0,015 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pro přístroje Valeport lze dle výrobce uvažovat s hodnotou stability nuly $\pm 0,005 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pokud bychom vybrali dvojnásobek největší ze všech chybových úseček, které jsou v grafu zobrazeny, obdrželi bychom hodnotu menší než je $0,005 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. U ostatních hodnot se dostáváme na cca $0,002 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Výsledné hodnoty jsou tak z tohoto pohledu příznivé.

Pokud vztáhneme limit $\pm 0,015 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na celý námi sledovaný časový interval, což je v **grafu 4** taktéž vyznačeno, lze konstatovat, že za dobu delší než jeden rok nedošlo u MF Pro ani u Flo-Mate 2000 k překročení deklarovaných mezí. V případě měřidel Valeport se těmto mezím přibližujeme. Prakticky v žádném případě nedošlo k tomu, že by mezi dvěma po sobě jdoucími výsledky došlo k extrémní změně. Nicméně jisté trendy v uvedených výsledcích vyzorovat lze, ty však je možné jednoduše potlačit jednoznačným požadavkem na justaci nulové hodnoty.

Z podrobných analýz totiž vyplynulo, že směrnice kalibrační přímky a z rovnice (1) se ve sledovaném období pro všechna měřidla měnila jen velmi pozvolna tak, jak bude uvedeno v následující kapitole. Veškeré změny se tak plně projeví v parametru konstanty b v rovnici (1) definující posun kalibrační přímky v celém sledovaném rozsahu měřidel ve vertikálním směru o hodnoty zobrazené v **grafu 4**. Tato zjištění tak vedou jednoznačně k rozhodnutí, že před každým měřením je třeba, aby uživatel provedl test stability nuly (zero offset test). Tím bude zajištěno, že dojde k výraznému potlačení možné změny ve stabilitě nulové rychlosti na vykazované hodnoty předmětným měřidlem, a to ať už od jeho posledního nastavení, nebo od jeho kalibrace v příslušné kalibrační laboratoři. Tímto postupem při měření in-situ či při kalibraci bude taktéž zohledněn možný vliv fyzikálně-chemických vlastností vody, ve které je daný proces prováděn.

6. Shrnutí výsledků a doporučení pro další výzkumné práce

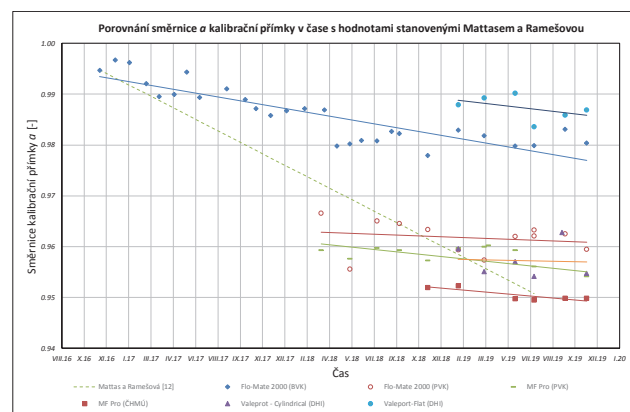
Posuzovaná měřidla jsou z hlediska očekávatelné nejistoty vystihující jejich replikovatelnost v celém rozsahu měřených rychlostí na úrovni shodné s vodoměrnými vrtulemi, a to i za podmínek, kdy nebyla před každým měřicím cyklem prováděna justace nuly. V případě, že tento postup (zero offset) bude zaveden, lze s vysokou pravděpodobností očekávat, že bude vždy zajištěna správnost měření posuzovaných EMI-měřidly a předpokládaná hodnota nejistoty měření bude shodná či lepší než jsou hodnoty udávané pro vodoměrné vrtule [1].

Jediným námi dostupným výsledkem ohledně změny chování EMI-měřidla v čase je trend zobrazený v **grafu 5**, jenž byl publikován Mattasem a Ramešovou v roce 2012 [12]. Autoři uvádějí, že nemají informace o míře

používání a stáří příslušného EMI-měřidla, nicméně upozorňují na fakt, a z výsledků na grafu je to víc než patrné, že během 11 let se směrnice kalibrační přímky a změnila z hodnoty 1,006 na hodnotu 0,816. To odpovídá změně asi o 1,7 % za rok.

Z uvedeného grafu lze porovnat tento trend se závislostmi, které jsme získali v rámci našich experimentálních prací. Je patrné, že drift parametru a u námi posuzovaných měřidel není tak výrazný. Největší změnu v parametru a vykazuje Flo-Mate 2000 (BVK) a činí cca 1 % během dvou let. Ostatní měřidla vykazují hodnoty menší. Uvedené trendy vývoje parametru a jsou z našeho pohledu rozhodující pro návrh délky rekalkulační lhůty.

Nejmenší možná hodnota nejistoty měření, která odpovídá vodoměrným vrtulím pro jejich individuální kalibraci, je pro maximální rychlosti rovna 1 %. Pokud by právě toto byla maximální dovolená chyba, která by byla ještě pro praktická měření in-situ přípustná, lze z podrobných analýz a výše uvedeného dovodit, že dvouletá rekalkulační lhůta by takto zvolené meze splňovala. Tato lhůta by bezpečně pokryla změnu vlastností všech 6 měřidel, která byla předmětem našeho zájmu.



Graf 5: Časová změna směrnice a kalibrační přímky

Z hlediska pohledu na variabilitu měřených rychlostí, která je vyjádřena velikostí směrodatné odchylky stanovené z 10 opakovaných měření jedné konkrétní rychlosti, lze konstatovat, že dosahované výsledky jsou v čase prakticky neměnné. Lze očekávat, že pokud nedojde ke ztrátě funkční schopnosti měřidla, zůstanou v budoucnosti dosažené výsledky na shodné úrovni.

Z analýzy měření stability nulové hodnoty vyplynulo, že z různých příčin dochází u řady posuzovaných měřidel k samovolným (relativně malým) změnám vykazovaných hodnot, které však mají relativně velký dopad na hodnoty replikovatelnosti, především při malých rychlostech. Rozptyl získaných hodnot nulových rychlostí je však výrazně menší, než jsou hodnoty deklarované výrobcem. Jednoznačné doporučení plynoucí z provedené analýzy je provádění justace nuly před každým měřením a metrologickým navázáním kalibrací v laboratoři při ponoření do kapaliny, ve které bude měření prováděno. Lze tak zaručit i relativně dobrou schopnost provádět měření při velmi malých rychlostech s velmi nízkou hodnotou její variability.

Na základě všech analýz shledáváme měřidla pracující na elektromagnetickém principu jako podmíněně vhodná pro potřeby subjektů autorizovaných pro provádění úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou. Délka doporučeného rekalibračního intervalu z provedených analýz je 2 roky. Tato lhůta je shodná s dobou, jež je uvedena jako doporučená v MP 010 [8] při měření bodových rychlostí proudu za pomoci vodoměrných vrtulí.

Podmíněná vhodnost použití EMI-měřidel je dána nutnou validací jejich měřicí schopnosti v podmínkách reálných proudových poměrů, kde je třeba „doposoudit“ některé aspekty, jež nebyly zkoumány a měly by být podrobeny výzkumným pracím. Tyto by měly navazovat na výsledky z předešlých let při zachování pravidelného sledování výše uvedených metrologických charakteristik s rozšířením o měření a jeho analýzu v podmínkách reálného proudění v měrných laboratorních tratích. Součástí prací by mělo být i posouzení směrové citlivosti snímačů. Tyto práce by měly být realizovány v rámci úkolu PRM pro rok 2020.

V budoucnu by bylo taktéž vhodné provést řadu simulovaných měření přímo ve stokových sítích za podmínek s kalibrovanými průtokovými poměry pro prokázání dostatečné měřicí schopnosti předmětných měřidel, a to například i v návaznosti na vodoměrné vrtule. Velmi zajímavým tématem je i posouzení případného vlivu teploty vody na měřená data.

Závěr

Příspěvek prezentuje výsledky experimentálních prací provedených během let 2018 a 2019 v rámci úkolů Plánu rozvoje metrologie s celkem šesti zapůjčenými elektromagnetickými měřidly bodové rychlosti vodního proudu.

V rámci prováděných experimentů byla předmětná měřidla v pravidelných dvouměsíčních intervalech podrobena testům ve zkušební trati naší laboratoře.

Dosažené výsledky hodnotí mezilehlou preciznost, variabilitu měřených rychlostí vykazovaných předmětnými měřidly a dlouhodobou stabilitu jimi vykazované nulové rychlosti.

Na základě provedených analýz byla předmětná měřidla podmíněně doporučena k použití v oblasti úředního měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou. Současně byla navržena i dvouletá rekalibrační lhůta.

Poděkování

Děkujeme všem partnerům, kteří nám zapůjčili svá měřidla, pracovníkům ÚNMZ, ČMI, oponentům úkolů Plánu rozvoje metrologie a zástupcům dodavatelů měřidel.



8. Použitá literatura

- [1] ČSN EN ISO 748. Hydrometrie – Měření průtoku kapalin v otevřených korytech použitím vodoměrných vrtulí a plováků. Český normalizační institut, Praha 2001 a 2008
- [2] ISO/TS 15768. *Measurement of liquid velocity in open channels – Design, selection and use of electromagnetic current meters*. Geneva 2000
- [3] ISO 3455. *Hydrometry – Calibration of current-meters in straight open tanks*. Geneva 2007
- [4] OTT Hydromet GmbH: OTT – katalog výrobce. <http://www.ott.com>. [Online] 2017
- [5] MARSH-McBIRNEY Inc.: MARSH-McBIRNEY – katalog výrobce. www.marsh-mcbriney.com. [Online] 2017
- [6] Valeport Ltd: Valeport – katalog výrobce. www.valeport.co.uk. [Online] 2017
- [7] Zubík, P., Žoužela, M.: *Vliv extrémních teplot na vykazovanou rychlost kapaliny měřenou vodoměrnou vrtulí*. Program rozvoje metrologie 2009 Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Výzkumná zpráva, LVV – FAST – VUT v Brně, Brno 2009
- [8] MP 010 Metrologický předpis – Úřední měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou. Český metrologický institut, Brno 2018
- [9] ISO/TR 11974. *Measurement of liquid flow in open channels – Electromagnetic current meters*. Geneva 1997
- [10] ILAC – G24:2007 – Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů. Dokumenty ILAC. Český institut pro akreditaci, o.p.s. 2008
- [11] Zubík, P.: *Problematika návaznosti kalibrace vodoměrných vrtulí na etalon rychlosti přes laserový dopplerovský anemometr*. Výzkumná zpráva. LVV – FAST – VUT v Brně, 2003
- [12] Mattas, D., Ramešová, L.: *Nové poznatky z kalibrace atypických měřidel a vlivu teploty vody při kalibraci v České kalibrační stanici vodoměrných vrtulí*. VTEI, 54, 2012, č. 4, s. 11 – 12, příloha Vodního hospodářství č. 8/2012
- [13] Němeček, P.: *Nejistoty měření*. Praha: Česká společnost pro jakost, o. s., 2008
- [14] Žoužela, M., Zubík, P., Březina, J.: *Posouzení použitelnosti měřidel bodové rychlosti proudu využívající elektromagnetického principu měření*. Program rozvoje metrologie 2018 Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Výzkumná zpráva, LVV – FAST – VUT v Brně, 2018
- [15] Žoužela, M., Zubík, P., Vítů, M.: *Experimentální stanovení metrologických charakteristik měřidel bodové rychlosti proudu využívající elektromagnetického principu měření*. Program rozvoje metrologie 2019 Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Výzkumná zpráva, LVV – FAST – VUT v Brně, 2019
- [16] Ďádo, S., Bejček, L., Platil, A.: *Měření průtoku a výšky hladiny*, BEN – technická literatura, ISBN 80-7300-156-X, Praha 2005

KALIBRAČNÍ LIST JE VIZITKA LABORATOŘE – ČÁST 6, ZÁVĚREČNÁ**Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.**

V poslední části seriálu o kalibračních listech podle požadavků kap 7.8 normy ISO/IEC 17025:2017, používané pro akreditaci kalibračních laboratoří, jsou doplněny poznatky k posuzování shody. V části 5 byly uvedeny podle dosavadních pravidel. V této části jsou probrány podle nových přístupů po revizi dokumentu ILAC G8: 03/2009. Tím je ukončen popis požadavků na kalibrační list podle normy, jak byly postupně probrány a komentovány v předchozích číslech tohoto časopisu, od č. 2 do č. 4 ročníku 2019 a v čísle 1/2020. Závěrem jsou shrnuty požadavky na kalibrační listy mimo požadavky popsané v normě a podle zkušeností z praxe. Úplně na závěr je uveden vývoj filosofie kalibračních listů směrem ke globálnímu pojetí a obecnému použití kalibračních listů v automatizovaných systémech měření.

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. Po roce 2000 se začal prosazovat filosoficky odlišný přístup. Je to koncept měření pro posouzení shody se specifikací kontrolovaného měřidla, který tak trochu předpokládá, že všechny technické problémy už byly vyřešeny. **Posouzení shody** jsou všechny činnosti, které dokončíme, abychom určili, 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 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 norem 33 (a další 3 se dokončují), jedna z norem této skupiny je i ISO/IEC 17025:2017. U norem posouzení shody musí být použit princip neutrality. Žádná norma nesmí upřednostňovat jednu formu/typ posouzení před jiným. Všechny normy pro posouzení shody mají sjednocené názvosloví a úpravu některých částí. Norma musí být napsána vždy tak, aby mohla být aplikována všemi stranami dodávky produktu (nebo služby), to je:

- **výrobce** nebo dodavatelem, (který je první strana),
- **uživatel** nebo kupujícím, (druhá strana),
- **nezávislým orgánem**, (třetí strana – **akreditační** nebo certifikační orgán).

Ze základního principu normy ISO/IEC 17025:2017 se poněkud vytratila metrologie a její potřeby a požadavky, které se nyní stávají prostředkem pro posouzení shody, ne cílem. Normu ISO/IEC 17025/2017 už neformulovali metrologové, ale normalizátoři v CASCO. Nebezpečím pro praxi je, že posuzování shody podle ISO/IEC 17025/2017

předpokládá, že už je měření ve všech oblastech technicky zvládnuté. Konkrétní laboratoř prokáže svou kompetenci systémově akreditací a technicky mezilaboratorním porovnáním. To jsou obecně platné a správné principy, ale praktická realizace porovnání se ještě setkává s řadou technických problémů. Není to jednoduše realizovatelný a vždy plně dostupný princip pro potvrzování shody. Posouzení shody zvýšilo význam specifikace kalibrovaného přístroje a vynutilo si v BIPM dopracování základního dokumentu pro nejistoty, JGCM 103, o dokument JCGM 106: JCGM 106: 2012, *Výhodnocení naměřených dat – úloha nejistoty měření při posuzování shody*. Pro převážnou většinu laboratoří je dokument JCGM 106 příliš složitý pro užití v běžné praxi. Proto již dlouho existuje a úspěšně se používá dokument ILAC-G8:03/2009 *Pokyny k uvádění shody se specifikací*, který je určen pro zjednodušení posouzení shody u měřidel při kalibraci. Protože ale tento dokument nebyl vykládán ve světě vždy jednotně, byl rozšířen při revizi na nové revidované vydání ILAC G8: 03/2019, *Pokyny pro podávání zpráv o shodě se specifikacemi*, které je podrobnější. Tímto opatřením ale dosavadní jednoduchost, jaká byla v dokumentu před revizí původního dokumentu, už natolik neplatí.

Dosavadní ILAC-G8:03/2009, Pokyny k uvádění shody se specifikací

Dokument představuje mezní možné a pro praxi vhodné zjednodušení. Bude asi ještě v tomto tvaru dlouho nepřijatelnější pro kalibrační laboratoře, pro které je účinným nástrojem ke sjednocení nejen postupu, ale doporučuje i konkrétní způsoby vyjádření shody v kalibračním listu. Po zavedení revize ILAC G8: 03/2019 ale dojde asi bohužel v praxi k zapomenutí doporučených tvarů vyjádření laboratoře při posuzování splnění specifikace v kalibračním listě. Vyjádření podle ILAC G8: 03/2009 zůstává platné jako jedna z možností a v praxi by mělo být užíváno co nejvíce, všude tam, kde je to možné a potřebné.

Dokument ILAC G8: 03/2009 řeší uvádění shody se specifikací pro jednotlivou veličinu i pro více veličin. Popisuje-li specifikace interval s horní a dolní mezí, pak by vyjádření o shodě či neshodě mělo být vypracováno pouze tehdy, když je poměr rozšířeného intervalu nejistoty měření ke specifikovanému intervalu specifikace přístroje přiměřeně malý a vhodný pro daný účel. To znamená, že daná laboratoř by měla být schopna kvalitně splnit potřeby zákazníka, viz už také ILAC-G8:03/2009 bod 2.1.

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“.

To znamená pravděpodobnost, že dané měření je pod **horní** mezí specifikace, je o jednu polovinu z povolených 5 %,

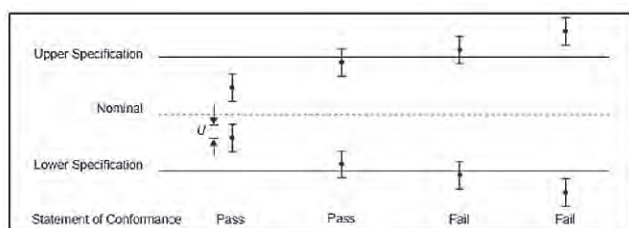
to je na 97,5 % pro symetrická rozdělení. Obdobný závěr lze učinit pro **dolní** mez specifikace. Jiné hodnoty pravděpodobnosti pokrytí pro rozšířenou nejistotu by měly být dohodnuty mezi laboratorii a zákazníkem. Podle ISO/IEC 17025: 2017 musí být zákazník vždy informován o rozhodovacím pravidle, které je navrženo nebo bylo použito. 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 pro rozšířenou nejistotu.

Předpokládá se, že bude možné v rozhodovacím pravidle řešit i pravděpodobnosti falešného přijetí a pravděpodobnost falešného odmítnutí. To je situace popisovaná jako **PFA** – Probability of False Accept a **PFR** – Probability of False Reject.

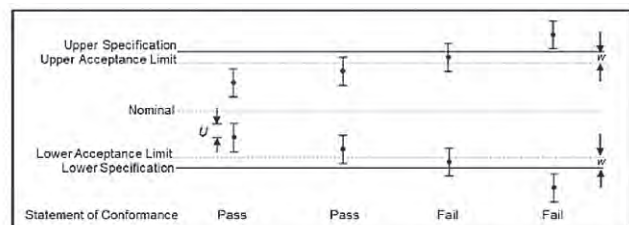
Pro rozšířenou nejistotu při posouzení shody mohou být zvoleny vyšší pravděpodobnosti pokrytí než 95 %, nižší hodnoty by ale neměly být používány.

ILAC-G8/09:2019, Pokyny k pravidlům pro rozhodování a prohlášení o shodě

Dokument ILAC-G8/09:2019 vznikl z dokumentu ILAC-G8/03/2009 rozšířením a podrobnějším výkladem, aby byla odstraněna nejednotnost dosud se vyskytující ve výkladu původního dokumentu a aby byly podrobněji ukázány v praxi potřebné a používané možnosti.



Obr. 1: Příklad zavádění binárního rozhodnutí pro přijetí (Pass) a odmítnutí (Fail), podle lit [4]. Nutno vždy uvést pro jakou pravděpodobnost platí (obvykle pro 95%).



Obr. 2: Příklady zavádění binárního rozhodnutí pro přijetí (Pass) a odmítnutí (Fail) s ochrannými pásmy šířky w podle lit [4]. Nutno vždy uvést pro jakou pravděpodobnost platí (obvykle pro 95 %).

Pravidla pro rozhodování jsou obecně vyjádřena jako pravděpodobnost shody z hlediska rizika spojeného s nesprávným rozhodnutím (PFA a PFR) nebo jinými slovy, souvisejí s nejistotou a s velikostí intervalu tolerance. Mohou mít více závěrů, jako je například vyhovuje, pravděpodobně vyhovuje, pravděpodobně nevyhovuje, nevyhovuje, nebo vyhovuje, není možní vyjádřit shodu, nevyhovuje, nebo použít jednoduchý binární princip vyhovuje,

nevyhovuje, (anglicky Pass, Fail). Výsledek, závisí na tom, jak rozhodovací pravidlo diktuje, jak by měla být nejistota přijata v úvahu. 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 často používané a může snížit pravděpodobnost nesprávného rozhodnutí o shodě. Jde v zásadě o bezpečnostní faktor zabudovaný do procesu rozhodování o měření snížením 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 jednoho 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 před provedením měření. (článek 7.1.3 ISO/IEC 17025:2017).

Ochranné pásmo šířky w je často založeno na násobku r rozšířené nejistoty měření U , kde

$$w = r \cdot U.$$

Pro pravidlo binárního rozhodování se přijímá měřená hodnota pod mezí přijatelnosti

$$AL = TL - w$$

kde

AL (acceptance limit) je hranice přijetí

TL (tolerance/specifikace limit) je hranice specifikace

Tab. 1: Ukázky některých možností užití ochranných pásem, kde **PFA** je Probability of False Accept (pravděpodobnost falešného přijetí)

Pravidlo rozhodnutí	Ochranné pásmo w	Specifické riziko PFA
6 sigma	$3 U$	$< 0,0001\%$
3 sigma	$1,5 U$	$< 0,16\%$
pravidlo ILAC G8: 2009	$1 U$	$< 2,5\%$
ISO 14253-1: 2017	$0,83 U$	$< 5\%$
Jednoduché přijetí	0	$< 50\%$

Podle kap. 7.8.6.2 normy ISO/IEC 17025:2017

musí laboratoř uvádět prohlášení o shodě tak, aby takové prohlášení jasně identifikovalo

- na které výsledky se prohlášení o shodě vztahuje,
- které specifikace, normy, nebo jejich části jsou nebo nejsou splněny,
- zvolené rozhodovací pravidlo (pokud není obsaženo v požadované specifikaci nebo normě).

Další informace viz Pokyn ISO/IEC 98-4.

Při vyjadřování shody musí být vždy uvedena použitá úroveň pravděpodobnosti.

Další požadavky a doporučení podle normy ISO/IEC 17025: 2017

Vložení prohlášení uvádějícího, že kalibrační list nesmí být reprodukován jinak, než v plném rozsahu, pokud k tomu laboratoř nedá souhlas, má zajišťovat, že části zprávy nebudou vyňaty z kontextu. Toto prohlášení se všeobecně používá a je to bez problémů.

Kalibrační list nebo kalibrační štítek nesmí obsahovat žádná doporučení týkající se kalibračního intervalu, kromě případů, kdy to bylo dohodnuto se zákazníkem. Zde také nebývá problém, laboratoře tento požadavek akceptují, jen někdy nebývá dohledatelné, jak byl interval definován a jak byl odvozen časový interval pro rekalibrace. Nejčastěji se to stává (podle zkušeností z akreditace) u vlastních etalonů organizace.

Laboratoř musí odpovídat za všechny poskytované informace v kalibračním listu, kromě těch, dodaných zákazníkem. Data dodaná zákazníkem proto musí být jasně identifikována. Kromě toho musí být ve zprávě uvedeno odmítnutí odpovědnosti, když informace dodané zákazníkem mohou mít vliv na platnost výsledků. Laboratoře u nás se úspěšně vyhýbají udávání informací od zákazníka (s výjimkou specifikace měřidla zadaného ke kalibraci).

Norma ISO/IEC 17025: 2017 probírá problematiku metrologické návaznosti v samostatné příloze A, ale text je zde méně přehledný a proto vyjádření pro návaznost v kalibračním listu bylo podrobněji probráno v dodatku k části 5 tohoto článku.

Závěry

Kalibrační list musí být psán tak, aby byl co nejúplnější a využitelný po celou dobu, kdy existuje kalibrované měřidlo, a aby mohl být používán i v budoucnosti pro sledování trendu driftu parametrů kalibrovaného měřidla. **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 v SSSR systém s kalibracemi zapisovanými přímo do deníku měřidla podle metodik a s etalony schválenými před uvedením typu měřidla na trh byly mnohem jednodušší a poskytovaly dostatečné výsledky.

Nejčastější nedostatky kalibračních listů v praxi

- Poměr nejistot při kalibraci **TUR**, (který není z kalibračního listu bez zkoumání podrobností zřejmý), by měl být alespoň 1/4, TUR nad 1/10 už obvykle nemá technický přínos a je zbytečné.

- 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, nic to zákazníkovi nepřináší.
- Často se stane, že pracovník, uvedený pod pojmem **schválil** je jen formální vedoucí, kalibrační list před podpisem nekontroloval. V jiných zemích akreditovaný kalibrační list podpisuje „signátor“, s plnou odpovědností za podepsaný dokument. U nás by takto mohl být zařazen a kontrolovat kalibrační list technický vedoucí, pokud je jmenován.
- Nepřesná bývá i **formulace o návaznosti**, uvedená „na (mezi)národní etalony“, u veličin, kde (mezi)národní etalony nejsou.
- Gramatické chyby (interpunkce, skloňování, časování aj.) a neopravené chyby (např. překlepy, dělení slov aj.), je použita nevhodná, nesrozumitelná formulace textu.
- Nevhodná úprava textů a tabulek (např. nezarovnaný text, typ písma, nejednotné okraje, nevhodné zvýrazňování aj.), stránky nejsou číslovány.
- Nedostatečný popis nastavení při měření celkové 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 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 hovorové výrazy, místní (podnikové, krajové) slangové a již neplatné výrazy atp., například normál, cejchování.
- Práce obsahuje nevysvětlené zkratky, které nejsou všeobecně známé.
- Nejsou jasné způsoby výpočtu výsledků a údajů.
- Není udán konec kalibračního listu.
- Psát do kal. listu nominální hodnotu etalonu místo naměřené hodnoty je nesprávné.

Zásady pro kalibrační list a jejich použitelnost pro zkušební protokoly.

Norma ISO/IEC 17025/2017 v textu přestala rozlišovat kalibrační a zkušební laboratoř. V oblasti presentace výsledků jsou v kap 7. 8. normy požadavky pro kalibrační listy a pro zkušební protokoly uvedeny částečně společně, částečně samostatně. Text tohoto článku byl psán podle požadavků na kalibrační listy, ale značná část je využitelná i pro zkušebny, hlavně pro oblast kvantitativního zkoušení. 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 i v převážné části zkušebních protokolů. Platí i zde, že pokud naměřená teplota je například

(23 ± 2)°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 k ní příslušným dokumentem stanoveno jinak.

Obecné závěry k vyjadřování výsledků měření

Systematické měření se známou nejistotou je jedním ze základů řízení kvality v průmyslu. Ve větší části moderního průmyslu představují náklady spojené s měřením 10 až 15 % výrobních nákladů. Správné měření zvyšuje hodnotu, kvalitu a efektivnost produkce. Náklady na měření v současné Evropě představují plných 6 % celkového hrubého národního produktu.

Měření je zdrojem mnoha chyb, z nichž některé mohou naměřenou hodnotu zvětšit, jiné ji však mohou zmenšit. Měření jsou ovlivněna třemi typy chyb, a to náhodnými, systematickými a hrubými. Cílem jakékoliv metrologické laboratoře je minimalizovat tyto chyby, které však nikdy nebudou moci být sníženy na nulu. Úkolem pro všechny kalibrační laboratoře je zjistit množství těchto chyb a popsat, jak velké mohou být.

Základní důvod změny chápání výsledků měření způsobil prudký rozvoj měření elektrickými prostředky. Zatím co GUM v JGM 103 (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, směrnice pro vyjadřování nejistot měření) se zabývá nejistotou měření a nevěnuje se měřicím přístrojům, dopracovaný JGM106 a přístup IEC (*International Electrotechnical Commission*, Mezinárodní elektrotechnická komise) je zaměřen přístroje a přístrojovou nejistotu.

Kalibrační proces – účel a rozsah

Kalibrační proces začíná konstrukcí měřicího 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 určité přiměřené době. Návrh s těmito vlastnostmi zvyšuje pravděpodobnost, že skutečné měřicí 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. Měřicí 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 měřicího zařízení. Přiřazení kalibračních intervalů může být formálním procesem za-

loženým na výsledcích předchozích kalibrací. „ISO-9001 uvádí „Je-li to nezbytné k zajištění platných výsledků, musí být měřicí zařízení kalibrováno ve stanovených intervalech nebo před použitím. Intervaly musí být zkráceny nebo mohou být prodlouženy, pokud výsledky předchozích kalibrací naznačují, že taková akce je vhodná k udržení přijatelné spolehlivosti.“

Požadované etalony a přesnost

Dalším krokem je definování procesu kalibrace. Výběr etalonu nebo etalonů je nejviditelnější součástí procesu kalibrace. V ideálním případě má 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 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, kdy postupující technologie dělala poměr 10: 1 nemožný pro většinu elektronických měření. Udržování poměru přesnosti 4:1 s moderním vybavením je někdy obtížné.

Rozsah kalibrace, kalibrované body

Pro **jednohodnotový etalon** 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. Znamená to zkontrolovat kalibrační křivku na základním rozsahu, za který považujeme obvykle rozsah, který je nejméně ovlivněn dalšími obvody. 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 EN 61 187. Doba platnosti specifikace se původně nedávala, americké normy ANSI uváděly cca od roku 1987 platnost specifikace a interval mezi kalibracemi elektrických a zařízení nejvýše 12 měsíců. To se velmi rychle ujalo celosvětově a platí dodnes.

Digitální kalibrační listy

Konvenční kalibrační certifikáty jako dokument na papíře by se již brzy 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 digitální kalibrace (DCC) než jejich analogovou verzi. Zejména skutečnost, že jsou strojově čitelné, hovoří ve prospěch DCC pro procesy výroby a sledování kvality, v nichž je digitalizace stále

důležitější. Konečný cíl spočívá ve vývoji univerzálních formátů výměny DCC 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, *Pokyny k uvádění shody se specifikací, 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] HORSKÝ, Jiří: *Kalibrační list je vizitkou laboratoře. METROLOGIE, 2019 – část 1, č. 2/str. 4, část 2, č. 2/str. 9, část 3, č. 3/str. 20, část 4, č. 4/str. 24; 2020 – část 5, č. 1/str. 20*



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

Mgr. Václava Holušová

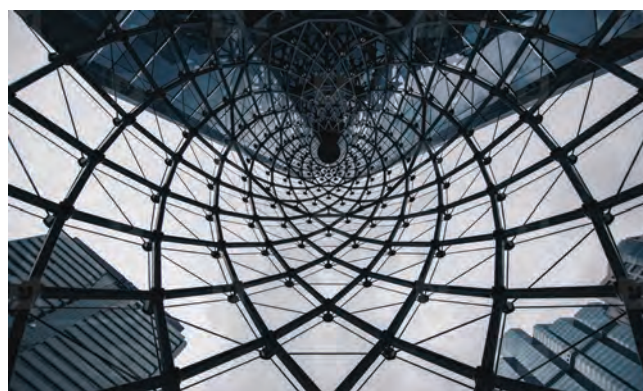
Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)** podporuje vývoj metodických postupů pro posuzování stavebních výrobků před jejich uvedením na trh v případě, že nejsou k dispozici vhodné zkušební normy. Výstupy všech úkolů jsou majetkem ÚNMZ a jsou uloženy v odboru státního zkušebnictví. Využít je mohou všechny subjekty posuzování shody, které působí podle příslušného právního předpisu, kterého se daný úkol týká.

V roce 2018 tímto způsobem vznikly dvě nové metodiky pro posuzování stavebních výrobků ze skla. Oba návrhy zpracoval **IKATES, s. r. o. – autorizovaná osoba č. 225** se sídlem v Teplicích, specialista na zkoušení rozličných výrobků ze skla.

II. Metodika pro zabezpečení jednotného postupu při posuzování izolačních skel s vlepenými body (bodové kotvení do fasády)

V moderní architektuře je kladen velký důraz na lehké obvodové pláště, u kterých je nosná konstrukce skryta za stěnou ze skla. Aby byl celkový vjem z takového pláště co nejpůsobivější, byly postupně rámové konstrukce nahrazeny **bezrámovými**, kdy je sklo na nosnou konstrukci nalepeno, případně upevněno pomocí bodových kotevních prvků na obvodu nebo v ploše skla. V případě jednoduchých plášťů se používají tabule vrstveného skla, případně tabule tepelně zpevněného nebo tepelně tvrzeného skla (obvykle podrobené zkoušce prohříváním – tzv. „heat soak test“, HST).



Obr. 1, 2: Příklady použití plochého skla v moderní architektuře

Vzhledem k tomu, že pláště z monolitického nebo vrstveného skla neposkytují dostatečnou tepelnou izolaci, byly postupně zaváděny pláště s izolačními skly. V první řadě to byla izolační skla lepená konstrukčním tmelem k nosné konstrukci z eloxovaného hliníku nebo nerezové oceli. Vzhledem k poměrně náročné výměně lepených izolačních skel v případě porušení byla zavedena izolační skla

s U-profilu vlepenými do vnějšího silikonového tmelení (bodové upevnění po obvodu). Protože je i u tohoto systému nutná poměrně masivní nosná konstrukce, byla s cílem dalšího vizuálního odlehčení vyvinuta lanová konstrukce s bodovými prvky („pavouky“), které drží izolační skla pomocí bodových držáků vlepených do skla. Tyto držáky (body) mohou procházet celou tloušťkou izolačního skla, případně pouze za tabuli na straně interiéru. Tím, že tento držák prochází tabulí skla, vzniká riziko jeho možného vytržení při tlaku, resp. sání větru nebo jiném zatížení (např. zatížení sněhem, pokud jde o horizontální konstrukci). V případě narušení těsnosti dutiny izolačního skla vzniká riziko průniku vlhkosti do dutiny a úniku plynu z dutiny, a tím ke ztrátě tepelné izolačních vlastností.

Prvními pokusy o stanovení požadavků a ověřování vlastností těchto izolačních skel (včetně systému kotvení) byly interní postupy zpracované zkušebními laboratořemi ve Francii (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - CSTB) a v Německu (Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt). Tyto postupy se využívají při posuzování dodnes, zejména s ohledem na různorodost typů kotvení.

Cílem metodiky vypracované IKATES, s.r.o. bylo vymezit sledované vlastnosti s ohledem na konkrétní typ ukotvení, zohlednit vliv na stálost výrobku, stanovit metody zkoušení a poskytnout jednotný postup při posuzování tohoto výrobku. Výrobky, které byly předmětem této metodiky, jsou běžně používány i v České republice, kde se uznávají zkoušky provedené v Německu a ve Francii.

Izolační skla jsou obecně pokryta evropskou normou ČSN EN 1279. Tato norma se v letošním roce dočkala schválení revidovaného vydání všech šesti částí. Jak je však uvedeno v oblasti použití, platí norma pouze pro izolační skla použitá v **rámových konstrukcích**. Některé z požadavků uvedených v této evropské normě lze pro izolační skla s vlepenými body použít, ale současně je nutné zohlednit možná rizika vyplývající z přítomnosti kotvicího bodu. Jde zejména o jiné rozložení napětí při střídání teploty nebo tlaku, přítomnost možných netěsností na kontaktu skla s utěsněním bodu nebo bodu s utěsněním, případně přerušení kontinuity utěsnění. Protože se používají kovové prvky, pryže, kompozitní materiály apod., je nutné též řešit odolnost vlepeného bodu proti korozi, stálost použitých materiálů k působení vysoké teploty, UV záření, působení vody, solí, alkalických a kyselých kapalin (čisticí prostředky, povětrnostní vlivy).

Ze zahraničních normativních předpisů lze uvést normu DIN 18008-3 pro bodově uložená zasklení, která byla schválena v roce 2013. S ohledem na postup prací v CEN lze předpokládat, že bude tato norma využita jako základ pro vytvoření evropské normy. Tato norma však platí pouze pro **body vlepené do válcových otvorů**. Nevztahuje se na body s kuželovým zapuštěním přitlačné části. - Normativní dokumenty vydávané francouzskou zkušební laboratoří CSTB mají charakter stavebně technických osvědčení ke zkoušeným typům výrobků, takže s ohledem na jejich interní povahu (každé stavebně technické osvědčení je psáno na míru konkrétnímu výrobcí a je jeho majetkem) je nelze využít obecně.

Pro účely této metodiky byly stanoveny následující typy vlepených bodů:

a) podle materiálu:

a1) kovové

K výrobě se nejčastěji používá vysokopevnostní nerezová ocel, v případě kloubů pak pouzdra ze slitin mědi (mosaz).

a2) kompozitní

Aby byl snížen prostup tepla pláštěm, lze některé kovové prvky nahradit kompozitními materiály o výrazně nižší tepelné vodivosti.

b) podle přenosu pohybu:

b1) fixní

Jednodušší provedení bodu, které neumožňuje výkyv.

b2) s kloubem

Provedení bodu, které zahrnuje pouzdro kloubu a vlastní kloub, který umožňuje výkyv bodu – snižuje se tak napětí ve skle v okolí bodu při pohybech konstrukce, změnách teploty a tlaku.

c) podle charakteru přitlačného talíře:

c1) s válcovým talířem

c2) se zápuštěným kuželovým talířem

d) podle způsobu upevnění skla (obrázky – eckelt.at) - bodem jsou drženy všechny tabule skla:

d1) bodem jsou drženy všechny tabule skla

d2) bod drží pouze jednu tabuli skla (vnější nebo vnitřní)



Obr. 3: – Příklad bodového upevnění skla

Vhodné typy skel:

Chlazené sklo (sklo float, sklo s povlakem) podle ČSN EN 572-9, ČSN EN 1096-4

Tento typ skla může být použit pouze v izolačních skelech jako tabule, kterou neprochází bod (externí tabule izolačního skla upevněného za vnitřní tabuli), ovšem za předpokladu, že splní požadavky na předpokládaná zatížení a požadovanou odolnost.

Vrstvené sklo podle ČSN EN 14449

Může být použito jako vnější i vnitřní tabule izolačního skla. V případě použití zápuštěného bodu musí být obě tabule tepelně zpevněny nebo tepelně tvrzeny (se zkouškou prohříváním – HST). Při použití válcových přitlačných talířů lze použít i vrstvené sklo z chlazených skel, ovšem za

předpokladu, že vzniklá napětí v okolí bodů nepřesáhnou přípustné hodnoty pevnosti v ohybu stanovené pro použitý typ skla. Pro použití zápusného bodu je to jediný vhodný typ skla.

Tepelně zpevněné sklo podle ČSN EN 1863-2

Tento typ skla může být použit v izolačních sklech jako tabule, kterou neprochází bod (externí tabule izolačního skla upevněného za vnitřní tabuli), ovšem za předpokladu, že splní pož – Příklad bodového upevnění a požadavky na předpokládaná zatížení a požadovanou odolnost. Lze ho použít i v izolačních sklech, kde je izolační sklo upevněno za obě tabule, a vzniklá napětí v okolí bodů nepřesáhnou přípustné hodnoty pevnosti v ohybu stanovené pro použitý typ skla.

Prohřívání tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 14179-2

Může být použito jako vnější i vnitřní tabule izolačního skla. Z důvodu možného rizika samoexploze nelze použít standardní tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 12150-2.

Poznámka: Pokud je izolační sklo upevněno pouze za jednu tabuli, je nutné vzít v úvahu požadavky legislativy v místě určení. V některých zemích je v tomto případě vyžadován pojistný systém, zabráňující pádu neupevněné tabule skla v případě selhání tmelů.

Oblast použití

Izolační skla s vlepenými body jsou určena téměř výhradně pro obvodové pláště budov, a to svislé i vodorovné. U svislých plášťů jsou bodové prvky kotveny ke konstrukcím na interiérové straně, v případě vodorovných konstrukcí (střech) jsou běžné obě orientace – tj. skla jsou zavěšena na body pod nosnou konstrukcí, případně jsou nesena nad konstrukcí.

Sledované vlastnosti, zkušební metody a požadavky

Definice a popis výrobku

Izolačním sklem se v souladu s ČSN EN 1279-1 rozumí výrobek sestávající nejméně ze dvou tabulí skla, oddělených jedním nebo více distančními rámy, hermeticky utěsněný podél obvodu, mechanicky stálý a trvanlivý. Aby bylo možné izolační sklo považovat za dostatečně stálé, je nutné zajistit, aby:

- index pronikání vlhkosti I splnil požadavky uvedené v ČSN EN 1279-2;
- rychlost unikání plynu a jeho koncentrace splnila požadavky uvedené v ČSN EN 1279-3;
- pevnost utěsnění okraje (adheze/koheze těsnicího materiálu) splnila požadavky uvedené v ČSN EN 1279-4;
- při posuzování shody byly splněny požadavky normy ČSN EN 1279-5;
- výrobní postup zohlednil požadavky ČSN EN 1279-6.

Izolační skla s vlepeným bodem mají v jedné nebo více tabulích skla vyvrtaný otvor, kterým prochází bod, přenášející hmotnost izolačního skla na nosnou konstrukci. S ohledem na způsob upevnění výrobku je pro utěsnění okraje předepsáno tmelení vhodným silikonovým tmelem. Utěsnění spáry mezi

materiálem bodu a sklem je nejčastěji zajištěno pomocí trvale plastického tmelu na bázi polyizobutylenu. Ovlivnění charakteristik souvisejících se stálostí izolačního skla přítomností bodu je nutné ověřit pomocí následujících zkoušek.

Vlastnosti a zkoušení – základní požadavky na výrobek

Vhodnost použitého skla

Pro výrobu izolačních skel s bodem je možné použít tepelně upravená skla (tepelně zpevněné sklo podle ČSN EN 1863-2, tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 12150-2 nebo prohřívání tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 14179-2) za předpokladu, že je zajištěna jejich mechanická pevnost v souladu s požadavky předmětných norem – obvykle prostřednictvím kontrolních zkoušek pevnosti v ohybu nebo měření povrchového napětí. V případě vrstvených skel musí být před instalací bodu ověřeno, že použitá fólie (mezivrstva) neobsahuje bublinky nebo záběhy, které by mohly negativně ovlivnit stálost výrobku.

Kompatibilita materiálů

Použité materiály musí být vzájemně kompatibilní. Jde zejména o materiály utěsnění – tj. vnitřní tmel na bázi polyizobutylenu, vnější tmel na bázi silikonu, mezivrstvy vrstveného skla (je-li použito), materiály bodu (např. plastové podložky, pouzdra apod.). Kompatibilita musí být doložena prohlášením výrobce materiálu, případně musí být před montáží provedena zkouška kompatibility. Nejjednodušší variantou zkoušky je nanášení těsnicích materiálů tak, aby byly v kontaktu s dalším použitým materiálem a ponechány po dobu 24 h při laboratorních podmínkách. Následně se pak ověří přítomnost možných změn na kontaktu materiálů. Podle charakteru použití lze tuto zkoušku provést za vyšší teploty nebo vlhkosti.

Dlouhodobá zkouška pronikání vlhkosti

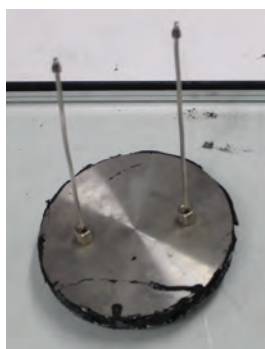
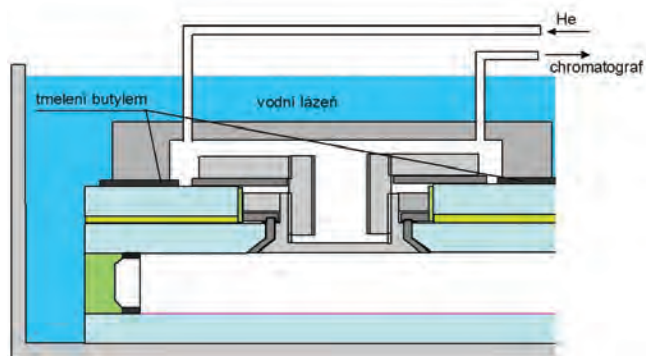
Vlastní zkoušku dlouhodobého pronikání vlhkosti lze provést v souladu s požadavky ČSN EN 1279-2 při využití následujících úprav. Ke zkoušce se použije 15 ks izolačních skel o rozměrech 352 x 502 mm, vyrobených se shodným utěsněním okraje (vnitřní tmel, vnější tmel, vysoušedlo), bezprostředně v řadě, aby se zabránilo rozdílu v počátečním obsahu vody ve vysoušedle. U pěti kusů určených do klimatické komory musí být instalován bod v souladu s pokyny dodavatele nebo výrobním postupem. Vyžaduje-li to charakter bodu, mohou být použita skla jiné tloušťky než 4 mm a distanční rám jiné šířky než 12 mm.

Zkouška sestává z 56 dvanáctihodinových cyklů -18 °C / +53 °C a sedmi týdnů v konstantním klimatu +58 °C / > 95 % relativní vlhkosti. Následně se zkoušená izolační skla rozeberou a stanoví se obsah vody ve vysoušedle. V souladu s ČSN EN 1279-2 se vypočte index pronikání vlhkosti I, který musí odpovídat požadavkům uvedeným v této normě.

Dlouhodobá zkouška unikání plynu a jeho koncentrace

Stanovení koncentrace plynu v dutině izolačního skla se měří pomocí vhodných přístrojů – buďto destruktivně, kdy

je plyn odebrán (obvykle) přes otvor v distančním profilu, anebo nedestruktivně, kdy je analyzován procházející laserový paprsek nebo charakter elektrického výboje v dutině.



Obr. 4, 5, 6: Zkušební zařízení při zkouškách unikání plynu.

Způsob měření u izolačních skel s bodem se od měření u standardních izolačních skel neliší. Vlastní zkoušku dlouhodobého unikání plynu lze provést v souladu s požadavky ČSN EN 1279-3 při využití následujících úprav. Ke zkoušce se použije 6 ks izolačních skel o rozměrech 352 x 502 mm, vyrobených se shodným utěsněním okraje (vnitřní tmel, vnější tmel, vysoušedlo), bezprostředně v řadě, aby se zabránilo výrazným rozdílům v koncentraci plynu. Čtyři kusy se vyrobí bez bodu, se složením umožňujícím standardní měření rychlosti unikání plynu z obvodu skla. U dvou kusů se instaluje do izolačního skla bod. Pokud musí být tyto výrobky plněny plynem přes sondy (vrtané otvory), je nutné, aby byly identicky naplněny všechny zkušební vzorky. Dva kusy izolačních skel bez bodu se použijí pro měření počáteční koncentrace plynu. Zbývající čtyři kusy se umístí do klimatické komory a podrobí dlouhodobé zkoušce podle ČSN EN 1279-3.

Zkouška sestává z 28 dvanáctihodinových cyklů $-18\text{ }^{\circ}\text{C} / +53\text{ }^{\circ}\text{C}$ a čtyř týdnů v konstantním klimatu $+58\text{ }^{\circ}\text{C} / > 95\text{ \%}$ relativní vlhkosti. Dva kusy izolačních skel (bez bodu) se připraví do rámu pro chromatografické stanovení rychlosti unikání plynu. Výsledkem je stanovení střední hodnoty rychlosti unikání plynu z utěsnění okraje *Le*. V případě dvou kusů izolačních skel s bodem se provede měření rychlosti unikání plynu přes bod pomocí pouzdra překrývajícího vnější část bodu s kapilárními koncovkami. Výsledkem je stanovení střední hodnoty rychlosti unikání plynu z utěsnění okraje *Lb*. Součet rychlostí unikání plynu *Le + Lb* nesmí překročit hodnotu 1 %/a.

Utěsnění okraje

Vzhledem ke způsobu použití daného typu izolačních skel je k posouzení vhodnosti použitého silikonu nutné použít postupy stanovené v ČSN EN 13022-1 a ČSN EN 15434+A1. Tyto charakteristiky přednostně dokládá výrobce těsnicího materiálu pro konkrétní šarži. Charakteristiky musí zahrnovat mechanické parametry (pevnost v tahu, smyku, elastické zotavení, pevnost v dotržení, odolnost proti cyklickému zatížení, stékavost, modul pružnosti), chování při působení vnějších vlivů (UV záření, voda, teplota, solná mlha, atmosféra s oxidem siřičitým - SO_2 , čisticí prostředky).

Pevnostní charakteristiky vlepeného bodu

Aby bylo možné posoudit vzájemné působení tabulí skla a bodu a současně zohlednit další zatížení charakteristická pro danou aplikaci, musí být proveden výpočet rozložení napětí ve skle/bodu, např. metodou konečných prvků. Příпустné hodnoty pevnosti skla v ohybu jsou uvedeny v příslušných výrobních normách. Doporučený koeficient bezpečnosti je $k = 2$ až $2,5$ pro chlazené sklo a $k = 3$ až 4 pro

tepelně upravené sklo. Tento výpočet by měl být podložen i experimentálními ověřovacími zkouškami simulujícími mezní stavy. Posouzení by mělo zahrnovat i riziko vytržení bodu při selhání jedné z tabulí a riziko vytržení kloubu z pouzdra bodu.



Obr. 7, 8: Příklady porušení skla

Stálost vlepeného bodu

Pokud nejsou dostatečné informace o stálosti bodu při působení povětrnostních vlivů od jeho dodavatele, je potřeba ověřit chování bodu při následujících vlivech:

• Působení vody a UV záření

Vzorek bodu se ponoří do demineralizované vody při teplotě $(45 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak, aby vnější povrch ležel v úrovni hladiny; vzorek se vystaví záření žárovek Osram Vitalux po dobu 1008 h. Intenzita záření na horní straně zkušební vzorku musí být $(50 \pm 5)\text{ W/m}^2$ v rozsahu vlnových délek 300 nm až 400 nm. Poté se prověří, zda u bodu nedochází ke křehnutí plastových nebo kompozitních částí, případně ke korozi.

• Působení solné mlhy

Vzorek bodu se vystaví na dobu 480 h působení neutrální solné mlhy podle ČSN EN ISO 9227. Poté se prověří, zda nedochází k nežádoucím změnám nebo korozi.

• Působení atmosféry s SO_2

Vzorek bodu se vystaví 20 cyklům působení atmosféry s SO_2 podle ČSN EN 1096-2. Poté se prověří, zda nedochází k nežádoucím změnám nebo korozi.

• Působení vysoké teploty

Vzorek bodu se vystaví teplotě 100 °C po dobu 168 hodin. Poté se prověří, zda nedochází k nežádoucím změnám nebo korozi.

• Působení čisticích prostředků

Vzorek bodu se vystaví působení čisticího prostředku doporučeného pro údržbu fasády při teplotě 45 °C po dobu 21 dnů. Následně se vzorek omyje demineralizovanou vodou a osuší. Poté se prověří, zda nedochází k nežádoucím změnám nebo korozi.

Stanovení vzduchové neprůzvučnosti

Protože přítomnost bodů v izolačním skle negativně ovlivňuje hodnotu vzduchové neprůzvučnosti (zejména u bodů procházejících celou tloušťkou izolačního skla), je v případě požadavku na deklaraci zvukové izolace nutné provést měření na vzorku izolačního skla s vlepenými body (počet bodů ve vztahu k ploše izolačního skla by měl odpovídat skutečnému výrobku) podle ČSN EN 12758 / ČSN EN ISO 10140 / ISO 717-1.

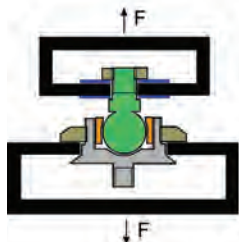
Hodnocení shody

Shoda izolačního skla (s vlepeným bodem) s požadavky této metodiky a deklarovanými třídami a/nebo hodnotami musí být prokázána prostřednictvím:

- počátečních typových zkoušek
- systému řízení výroby.

Stručné shrnutí výsledků

Ověřovací zkouška odolnosti proti působení atmosféry s SO_2 : zkouška prokázala, že metoda zkoušení se jeví jako vhodná, po zkoušce jsou dobře patrná kritická místa zkoušených systémových prvků. Pro účely posouzení je však nutné nastavit mezní hodnoty pro výskyt změn – v případě kloubů zachování funkčnosti, v případě nerezových prvků max. rozsah koroze povrchu.



Obr. 9: Trhací zařízení

Ověřovací zkouška odolnosti proti vytržení kloubu: z výsledků zkoušky je zjevná velmi dobrá stálost výsledků odolnosti kloubu proti vytržení. Pro stanovení mezních hodnot tahové pevnosti bodu s kloubem je metoda vhodná.

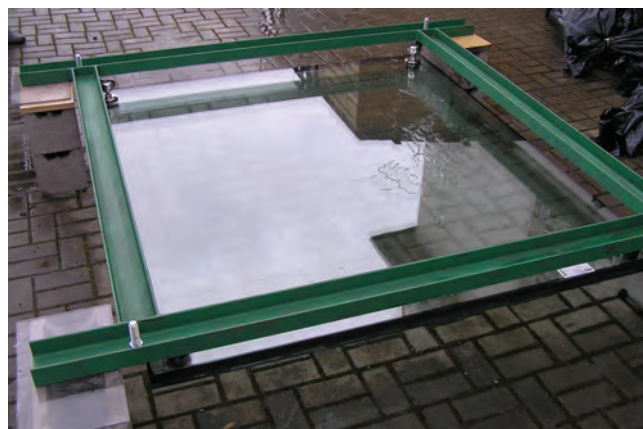
Ověřovací zkouška odolnosti proti tlakovému a smykovému zatížení: byl ověřen návrh izolačního skla a způsob jeho upevnění. Poměrně jednoduchým způsobem bylo simulováno zatížení působící kolmo k povrchu tabule skla

v kombinaci se zatížením v rovině tabule skla. Metodu lze pro zjištění chování zasklení a bodů použít.



Obr. 10: Zatížení skla – tlak a smyk

Ověřovací zkouška odolnosti proti tahovému zatížení: byl ověřen návrh izolačního skla a způsob jeho upevnění. Poměrně jednoduchým způsobem bylo simulováno zatížení působící kolmo k povrchu tabule skla. Metodu lze pro zjištění chování zasklení a bodů použít. Umožňuje prověřit shodu vypočtených hodnot průhybu tabulí a experimentálně ověřit chování izolačního skla / bodů při porušení některé z tabulí.



Obr. 11: Zatížení skla – tah

Stanovení činitele prostupu světla: ověřovací zkouškou bylo zjištěno, že při měření optických vlastností matovaných skel dochází vlivem rozptylu paprsků ke ztrátám, které jsou nepřímo závislé na průměru koule. Z uvedených důvodů by neměla být pro měření použita koule o průměru menším než 150 mm.

Ověřovací zkouška měření rychlosti unikání plynu: bylo zjištěno, že použití pouzdra s instalovaným přívodem a vývodem je pro stanovení rychlosti unikání plynu vhodné. Zkouškou bylo zjištěno, že je v některých případech nutné upravit body před vlepením tak, aby umožňovaly aplikaci pouzdra na vnější část bodu. Aby bylo možné pouzdro ze skla po měření bezproblémově sejmut, neměla by šířka tmelení polyizobutylenem přesáhnout 8 mm.

Na základě popsané metodiky a výsledků zkoušek následně IKATES, s. r. o. upravil existující doporučení pro zabezpečení jednotného postupu subjektů

(tzv. „autorizovaných osob“) při zkoušení a posuzování izolačních skels vlepeným bodem v podobě **technických návodů** s označením TN 06.03.01a a TN 06.03.01b.

Přehled citovaných norem

Označení normy	Název normy
ČSN EN 1279-1	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 1: Obecné údaje, popis systému, pravidla pro náhrady, tolerance a vizuální kvalita
ČSN EN 1279-2	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 2: Dlouhodobá zkušební metoda a požadavky na pronikání vlhkosti
ČSN EN 1279-3	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 3: Dlouhodobá zkušební metoda a požadavky na rychlost unikání plynu a na tolerance pro koncentraci plynu
ČSN EN 1279-4	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 4: Metody zkoušení fyzikálních vlastností prvků utěsnění okrajů a vložných prvků
ČSN EN 1279-5	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 5: Hodnocení shody
ČSN EN 1279-6	Sklo ve stavebnictví - Izolační skla - Část 6: Řízení výroby a periodické zkoušky
ČSN EN 572-9	Sklo ve stavebnictví - Základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla - Část 9: Hodnocení shody/Výrobová norma
ČSN EN 1096-4	Sklo ve stavebnictví - Sklo s povlakem - Část 4: Výrobová norma
ČSN EN 14449	Sklo ve stavebnictví - Vrstvené sklo a vrstvené bezpečnostní sklo - Hodnocení shody/Výrobová norma
ČSN EN 1863-2	Sklo ve stavebnictví - Tepelně zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma

Označení normy	Název normy
ČSN EN 14179-2	Sklo ve stavebnictví - Prohřívání (HST) tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 2: Hodnocení shody/Výrobová norma
ČSN EN 13022-1	Sklo ve stavebnictví - Zasklení s konstrukčním tmelem - Část 1: Výrobky ze skla pro systémy zasklení s konstrukčním tmelem pro podepřená a nepodepřená monolitická a vícenásobná zasklení
ČSN EN 15434+A1	Sklo ve stavebnictví - Výrobová norma pro konstrukční a/nebo UV odolné tmely (pro použití u zasklení s konstrukčním tmelem a/nebo izolačních skel s exponovaným utěsněním)
ČSN EN 12758	Sklo ve stavebnictví - Zasklení a vzduchová neprůzvučnost - Popisy výrobků a stanovení vlastností a rozšíření pravidel
ČSN EN 1096-2	Sklo ve stavebnictví - Sklo s povlakem - Část 2: Požadavky a metody zkoušení pro povlaky třídy A, B a S
ČSN EN ISO 10140	Akustika - Laboratorní měření zvukové izolace stavebních konstrukcí - Část 1: Aplikační pravidla pro určité výrobky
ČSN EN ISO 717-1	Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost
DIN 18008-3	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln - Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen



NABÍDKA AKCÍ ČMS NA II. POLOLETÍ ROKU 2020

Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
14. září 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 567-20	Nejistoty měření ve strojírenství
18. září 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 565-20	Aplikace normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 v laboratoři
5. 10. až 8. 10. 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 220	K 564-20	52. základní kurz metrologie

12. října 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 569-20	Měření tvrdosti <i>New!</i> 💡
21. října 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 570-20	Řízení metrologie v organizaci
2. listopadu 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 566-20	Tolerance úchylek tvaru a polohy <i>New!</i> 💡
9. listopadu 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 568-20	Zkoušení kovových materiálů <i>New!</i> 💡

Nabídka akcí ČMS na II. pololetí roku 2020 může být v případě změn aktualizována. Další podrobnosti o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení budou postupně uváděny na webových stránkách ČMS www.csvts.cz/cms v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS.

Aktuální termíny akcí mohou být změněny v návaznosti na aktuální epidemiologickou situaci.

PROGRAM ROZVOJE ZKUŠEBNICTVÍ V ROCE 2019

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví



V roce 2019 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 jsou vybrané subjekty posuzování shody, které byly speciálně prověřeny ÚNMZ a které tento úřad oznámil (notifikoval) pro činnost na území celé Evropské unie. 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 2018 od 22 zájemců celkem 87 nabídek, které v lednu 2019 posoudili pracovníci odboru státního zkušebnictví (tzv. garanti úkolů). Finální znění PRZ pro rok 2019 včetně jeho čtyř dodatků následně schválil předseda ÚNMZ. Schválený plán PRZ na rok 2019 včetně dodatků je vystaven na internetové stránce ÚNMZ <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/program-rozvoje-zkusebnictvi/>.

Celkem bylo na úkoly PRZ 2019 vynaloženo **7 364 000,- Kč**. Řešeno bylo celkem **80 úkolů**. Úkoly byly tématicky rozděleny do pěti základních částí.

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

Tato část obsahovala 10 úkolů v celkové výši 1 844 000 Kč. Mezi podpořenými úkoly byly např. metodiky pro posuzování vakuových izolačních skel pro stavební účely, srovnání výsledků dvou metod stanovení koncentrace emisí prachu ve spalínách z lokálních topidel na tuhá paliva, návrh zkušební metody pro velkorozměrovou zkoušku chování fasád při požáru a 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 uznaných nezávislých organizací

Tato část zahrnovala 13 úkolů za 1 207 000 Kč. Zabezpečení koordinace činnosti českých subjektů posuzování shody je závazek, který vyplývá z právních předpisů na evropské i národní úrovni. Na koordinačních schůzkách se všechny subjekty posuzování shody seznamují s jednotnými postupy, které musí při své činnosti respektovat.

Část 3 Mezinárodní spolupráce

Tato část zahrnovala 41 úkolů, na jejichž realizaci bylo vynaloženo 2 998 000 Kč. Byla podpořena mezinárodní spolupráce subjektů posuzování shody v následujících sektorech stanovených výrobků: stavební výrobky, spotřebiče plynových 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 podílí 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 uznaných nezávislých organizací

V této části bylo loni podpořeno 12 úkolů za 838 000 Kč. Část úkolů byla zaměřena na vzájemné porovnání výstupů různých laboratorů (případně různých pracovníků téže laboratoře) při posuzování shody stanovených výrobků. Jedná se o kruhové testy, např. zkoušení požárních vlastností stavebních výrobků či posuzování shody výbušnin pro civilní použití. Rovněž sem spadá aktualizace různých odborných databází, např. požární klasifikace stavebních výrobků, certifikátů osobních ochranných prostředků či legislativních předpisů pro nebezpečné látky ve výrobcích.

Část 5 Publikační a osvětová činnost

V jejím rámci byly podpořeny 4 úkoly za 477 000 Kč. Vznikla informační příručka pro výrobce a dovozce elektrických zařízení, pravidelně byl aktualizován [Informační portál ÚNMZ pro stanovené výrobky](https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/informacni-portal-unmz/), aktualizována publikace „Uvádění výrobků na trh – Služby kompetentních zkušebních, inspekčních a certifikačních organizací hospodářským subjektům v ČR“, kterou zpracovala Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací. Bylo také podpořeno konání dvou bezplatných seminářů pro výrobce a uživatele stavebních výrobků. <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/informacni-portal-unmz/>

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, kterého se daný úkol týká.

NELINEÁRNA KALIBRÁCIA

Ing. Leoš Vyskočil

Slovenský metrologický ústav

Úvod

Kalibrácia je súbor operácií, ktoré pri definovaných podmienkach určujú vzťah medzi hodnotami indikovanými meradlom alebo meracím systémom a zodpovedajúcimi hodnotami veličín, ktoré sú realizované etalónmi. Formy kalibrácie sú rozmanité. Môže to byť kalibračná tabuľka, tabuľka korekcií, *kalibračná funkcia*, kalibračné schéma, kalibračná krivka alebo v niektorých prípadoch aditívna alebo multiplikatívna korekcia indikácie s príslušnou neistotou merania. Kalibráciu možno robiť v jednom bode (závažie, koncové mierky, objem nádoby...), alebo vo viacerých bodoch na škále prístroja (tlakomery, teplomery...). Pri jednobodovej kalibrácii je každé ďalšie meranie nezávislé od predchádzajúceho. V prípade škály je naopak každý ďalší bod determinovaný predchádzajúcim.

Tento článok sa zaoberá práve kalibráciou škály prístroja. Výsledkom kalibrácie je *kalibračná funkcia*. Najjednoduchšou a najviac používanou funkciou je priamka. Ak je škála lineárna, použitie priamky je opodstatnené. Ak škála vykazuje známky nelinearity, použitie priamky nie je vhodné. Tento článok chce poukázať na to, že použitím inej funkcie je možné podstatne zlepšiť kvalitu kalibrácie.

Meracie prístroje

Merací prístroj sa skladá obyčajne zo senzora (snímača meranej veličiny) a z vyhodnocovacej časti. Signál zo senzora je spracovaný a zviditeľnený napríklad na displeji prístroja. Tu sa objavuje problém spoločný prakticky pre všetky meracie prístroje. Snímače meranej veličiny, či už aktívne alebo pasívne, neposkytujú lineárny signál. Napríklad závislosť odporu platínového snímača od teploty má temer parabolický priebeh. Úlohou vyhodnocovacej časti prístroja je mimo iné tiež signál zo senzora linearizovať. Temer vždy však možno pozorovať akúsi „zvyškovú“ nelinearitu, ktorá nebola úplne vykompenzovaná.

Pri menej presných prístrojoch s dvojmiestnym a trojmiestnym displejom obyčajne nelinearita nie je pozorovateľná. Iná situácia je u prístrojov presnejších, ktoré majú štvormiestny a viacmiestny displej. V týchto prípadoch je nelinearita škály už pozorovateľná.

Kalibračná funkcia

Táto situácia je riešiteľná použitím vhodnejšieho tvaru kalibračnej funkcie. Parabola je po priamke najjednoduchšou funkciou, ale už dokáže vystihnúť nelinearitu. Rovnica paraboly je

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2.$$

Nech y je údaj meradla a x údaj etalónu. V prípade, že je meradlo ideálne, tak parametre b_0 , b_2 sú nulové a parameter

b_1 je jednotkový. Realita je samozrejme iná a hodnoty parametrov sa od teoretických líšia. Ak je parameter b_0 nenulový, svedčí to o posune nuly. Nenulová hodnota parametra b_2 signalizuje prítomnosť nelinearity. Parameter b_1 charakterizuje citlivosť. Ak sa jeho hodnota odlišuje výrazne od jednotky, je vhodné prístroj pred kalibráciou prejustovať.

Experimentálne body oveľa lepšie priliehajú ku kalibračnej funkcii, ak je použitá parabola. Dokonca v niektorých prípadoch možno dosiahnuť lepšie výsledky, než deklaruje výrobca meradla, ktorý si obvykle ponecháva určitú rezervu. Výsledkom použitia paraboly ako kalibračnej funkcie je kvalitnejšia kalibrácia, ktorá dovoľuje užívateľovi presnejšie meranie. Je samozrejme, že parametre sú získavané metódou najmenších štvorcov [1, 2, 4]. Z hľadiska matematickej štatistiky sú to odhady, kde každý má svoju strednú hodnotu a svoju variabilitu. Situáciu trochu komplikuje fakt, že medzi parametrami je silná korelácia, ktorá nemôže byť pri vyhodnotení opomenutá.

Výpočet neistoty pri nelineárnej kalibrácii

Kalibrácia ako každé meranie poskytuje výsledok a zodpovedajúcu neistotu. Pri bilancii neistoty typu „B“ sa možno sa riadiť dokumentami [3, 6]. Určitý problém nastáva pri počítaní neistoty typu „A“. Zmienené dokumenty [3, 6] uvažujú iba jednorozmerné súbory, kde sa neistota typu „A“ počíta ako štandardná odchýlka aritmetického priemeru. V prípade škály je tento postup neprijateľný, pretože medzi kalibračnými parametrami je silná korelácia.

Presnejšie možno definíciu neistoty typu „A“ formulovať ako *variabilitu štatistického odhadu*. Pre tento účel je potrebné poznať niektoré štatistické charakteristiky odhadovaných parametrov kalibračnej funkcie. Tieto poskytuje metóda najmenších štvorcov, počítaná trochu odlišným spôsobom, ako je väčšina užívateľov zvyknutá.

Metóda najmenších štvorcov

Zdalo by sa, že to je „nosenie dreva do lesa“. Metóda najmenších štvorcov (MNS) je predsa popísaná skoro v každej učebnici štatistiky. Ukážeme si MNS z trochu iného pohľadu, ktorý bežné učebnice neuvádzajú a ktorý bude užitočný pri ďalšom postupe. Princíp MNS sa prisudzuje K. F. Gaussovi, ktorý ho v roku 1809 ako prvý použil pri výpočte dráhy planety Ceres a ako prvý sa pokúsil o jej teoretické zdôvodnenie [8]. V podstate sa hľadajú také hodnoty parametrov funkcie, pri ktorých je suma štvorcov odchýlok minimálna. Najjednoduchším príkladom použitia MNS je aritmetický priemer. V ďalšom bude ilustratívne ukázané odvodenie vzťahov pre parabolu. Postup je univerzálny a výsledný vzorec platí ako pre polynóm nultého, tak pre polynóm k -teho rádu. Pre každý experimentálny bod $[x_i, y_i]$ možno pre prípad paraboly napísať rovnicu:

$$y_i = b_0 + b_1x_i + b_2x_i^2 + \varepsilon_i. \quad (1)$$

Experimentálny bod je vyjadrený ako súčet funkčnej hodnoty v bode x_i a rezídua e_i . Pre n experimentálnych bodov možno napísať sústavu rovníc v maticovej forme:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 \\ 1 & x_2 & x_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

lebo úspornejší zápis v maticovej symbolike:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3)$$

Minimalizáciou výrazu¹ $(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon})$ bol odvodený vzťah (4) pre výpočet vektora parametrov $\mathbf{b}$, platiaci pre polynóm ľubovoľného stupňa:

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (4)$$

Rozptyl bodov okolo regresnej čiary charakterizuje tzv. *reziduálny rozptyl*, ktorý sa vypočíta podľa vzťahu:

$$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i - b_2 x_i^2)^2}{n-3} \quad (5)$$

Ďalšou dôležitou charakteristikou je *kovariančná matica*. Je symetrická. V hlavnej diagonále obsahuje rozptyly jednotlivých parametrov a mimo diagonálne prvky sú príslušné kovariancie. Priamkou počínajúc vykazujú parametre medzi sebou silnú väzbu.

Tab. 1: Porovnanie vzťahov pri výpočte rôznych polynómov

	Polynóm 0. rádu	Polynóm 1. rádu	Polynóm 2. rádu
Funkcia	$y_i = b_0 + \varepsilon_i$	$y_i = b_0 + b_1 x_i + \varepsilon_i$	$y_i = b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2 + \varepsilon_i$
Systém rovníc	$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 \\ 1 & x_2 & x_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$
Výpočet parametrov	$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$	$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$	$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$
Reziduálny rozptyl	$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - b_0)^2}{n-1}$	$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2}{n-2}$	$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i - b_2 x_i^2)^2}{n-3}$
Variabilita odhadu hodnoty funkcie²	$s_{y'}^2 = \frac{s_R^2}{n}$	$s_{y'}^2 = s_{00} + x'^2 s_{11} + 2x' s_{01}$	$s_{y'}^2 = s_{00} + x'^2 s_{11} + x'^4 s_{22} + 2(x' s_{01} + x'^2 s_{02} + x'^3 s_{12})$
Poznámka	Aritmetický priemer $b_0 \equiv \bar{x}$	Priamka	Parabola

$$\mathbf{C} = s_R^2 (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} = \begin{pmatrix} s_{00} & s_{01} & s_{02} \\ s_{10} & s_{11} & s_{12} \\ s_{20} & s_{21} & s_{22} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Parametre sú zo štatistického hľadiska náhodné veličiny. Ich hodnoty sú optimalizované MNS. Pri spätnom výpočte po dosadení do (1) sa získa vyhladená hodnota y' pre dané x' . Táto hodnota má svoju variabilitu, ktorá sa vypočíta za pomoci tzv. zákona o šírení neistoty (7) uvádzaného prakticky vo všetkých dokumentoch o neistotách napr. [3,6].

$$u_f^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot u_i \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot u(x_i, x_j) \quad (7)$$

Vzťah (1) je matematický model a jednotlivé členy kovariančnej matice (6) sa dosadia za príslušné neistoty do (7). Po dosadení a úprave získame vzťah pre rozptyl hodnoty vypočítanej v bode x' :

$$s_{y'}^2 = s_{00} + x'^2 s_{11} + x'^4 s_{22} + 2(x' s_{01} + x'^2 s_{02} + x'^3 s_{12}) \quad (8)$$

Vzťah (8) má charakter štvorca neistoty typu „A“. V normatívnej literatúre tento vzťah nenájdeme, pretože tá sa obmedzuje iba na jednorozmerné súbory, kde je *variabilita odhadu* definovaná ako štandardná odchýlka aritmetického priemeru. Čo sa týka výpočtu neistoty typu „B“, zostáva situácia rovnaká, ako ju popisuje normatívna literatúra [3,6].

V učebniciach štatistiky býva uvádzaný vzťah pre *variabilitu odhadu* pre priamku v tvare:

$$s_{y'}^2 = s_R^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x' - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right] \quad (9)$$

¹ Čo predstavuje vlastne sumu štvorcov odchýlok.

² Pri bilancii neistoty je variabilita odhadu hodnoty funkcie chápaná ako neistota typu „A“.

Vzťah (9) dáva identické výsledky ako vzťah v tabuľke. S rastúcim stupňom polynómu však zložitosť vzorca neúmerne narastá, takže už pri parabole je prakticky možný len maticový prístup, ktorý je prehľadnejší a jednoduchší.

Index kvality

Pri hodnotení merania v jednom bode sa používa obľúbené kritérium E_n . V prípade škály je jeho použitie ale nevhodné. Príčinou je silná korelácia medzi jednotlivými bodmi. V tomto prípade je vhodnejším kritériom tzv. index kvality QI , ktorý je definovaný vzorcom:

$$QI = \sqrt{\frac{\sum (y_i - f(x_i))^2}{\sum U_i^2}} \quad (10)$$

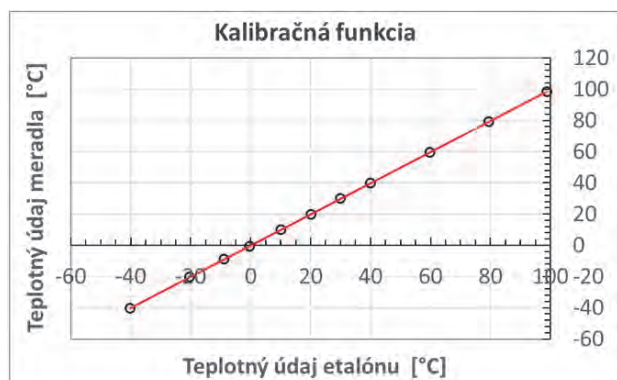
kde y_i je experimentálny bod, $f(x_i)$ je zodpovedajúca funkčná hodnota a U_i je rozšírená neistota pre $k = 2$. Kritérium funguje podobne, ako hodnota E_n . Výsledky sú akceptovateľné, keď je hodnota QI menšia, ako jedna.

Príklad nelineárnej kalibrácie

Ako príklad boli vybrané body z reálnej kalibrácie číslcového teplomera.

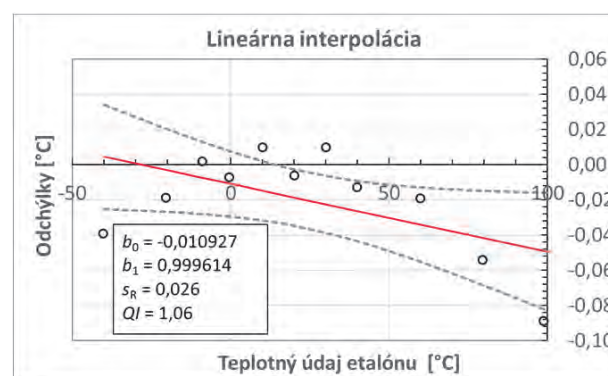
Tab. 2: Namerané údaje teploty na etalóne a meradle

Etalón [°C]	Meradlo [°C]	Odhýlka [°C]
-40,281	-40,32	-0,039
-20,411	-20,43	-0,019
-8,962	-8,96	0,002
-0,423	-0,43	-0,007
10,000	10,01	0,010
20,046	20,04	-0,006
30,000	30,01	0,010
39,893	39,88	-0,013
59,759	59,74	-0,019
79,454	79,40	-0,054
98,739	98,65	-0,089



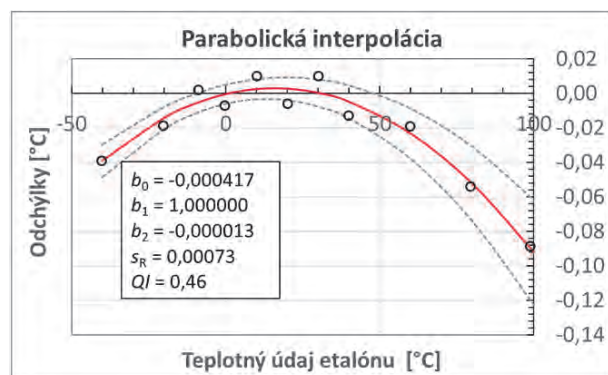
Obr. 1: Kalibračná funkcia

Kalibračné body sú na **obr. 1**. Vzhľadom na malé rozlíšenie grafu sa môže zdať, že namerané body ležia priamo na kalibračnej funkcii. V takýchto prípadoch je výhodnejšie pracovať s diferenciami, pri ktorých sa jednotlivé odchýlky „zviditeľnia“.



Obr. 2: Odchýlky pri vyrovnaní priamkou

Na **obr. 2** sú zobrazené odchýlky od hodnoty indikovanej etalónom.³² Kruhy predstavujú experimentálne body. Červená čiara predstavuje kalibračnú funkciu (v ideálnom prípade splyva s osou x). Čiarkovane je vyznačená variabilita priamky (neistota typu „A“). Neistoty typu „B“ sú zámerne opomínané. Už pri prvom pohľade na graf je vidieť, že experimentálne body ku priamke dobre nepriliehajú, ale viditeľne vykazujú určité známky nelineárneho priebehu. Priamo v grafe sú uvedené parametre kalibračnej funkcie b_0 , b_1 , reziduálny rozptyl s_R a index kvality QI .



Obr. 3: Odchýlky pri vyrovnaní parabolou

Obr. 3 zobrazuje tú istú situáciu s tým rozdielom, že ako kalibračná funkcia bola použitá parabola. Už na prvý pohľad vidieť, že body priliehajú ku kalibračnej funkcii oveľa tesnejšie. Dá sa to zistiť aj porovnaním reziduálnych rozptylov. Zmenšila sa aj hodnota neistoty. Index kvality QI má akceptovateľnú hodnotu.

Záver

Na uvedenom príklade je demonštrovaný rozdiel medzi lineárnou a nelineárnou kalibráciou. Ktorú z nich použiť?

³ Hodnoty etalónu sú stotožnené s osou x

Odpoveď dáva poloha bodov voči priamke. Z obr. 2 je zrejme, či je priamka postačujúca, alebo nie. Objektívnejším kritériom je porovnanie reziduálnych rozptylov okolo priamky a okolo paraboly. Pomocou Fisherovho F testu [1, 2] sa dá jednoducho zistiť, či je rozdiel štatisticky významný, alebo nie.

Pri voľbe typu funkcie pre kalibráciu nemožno dať jednoznačnú radu. Voľba závisí od typu meradla a požadovanej presnosti. Vo všeobecnosti možno odporučiť nelineárnu kalibráciu pre všetky presnejšie meradlá (napríklad od štvormiestnych vyššie). Použitím paraboly ako kalibračnej funkcie sa nič nepokazí ani v prípade, keď je závislosť lineárna. Podľa vlastnej skúsenosti môžeme odporučiť nelineárnu kalibráciu pre všetky referenčné etalóny laboratória.

Abstract

Non-linear calibration

The scale of some measuring instruments may be slightly non-linear. By using a non-linear calibration function, this property can be corrected very well. As a result of calibration, the instrument provides correct results with

little uncertainty. In this paper, a parabolic function was used as a calibration function. As a result, the uncertainty calculation „A“ will also change.

Literatúra

- [1] Anděl, J.: *Matematická statistika*. SNTL, Praha 1978
- [2] Hátle J., Likeš, J.: *Základy počtu pravděpodobnosti matematické statistiky*. SNTL, Praha 1974
- [3] ISO; *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, ISO, Genève (1993)
- [4] Kendall, M.G., Stuart, A.: *The Advanced Theory of Statistics*. Charles Griffin & Company Limited, London 1973
- [5] Mandel, J., Linning, F.J.: *Study of Accuracy in Chemical Analysis Using Linear Calibration Curves*. Anal. Chem. 29, 1957 (str. 743)
- [6] EA-4/02; *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*
- [7] Bartsch, H. J.: *Matematické vzorce*, Academia Praha 2006
- [8] Böhm, J., Radouch, V.: *Výrovnávací počet*. Praha 1978
- [9] BIPM; „International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms“, JCQM 2008



MĚŘENÍ PRO GLOBÁLNÍ OBCHOD – TÉMA SVĚTOVÉHO DNE METROLOGIE 2020

Ing. František Jelínek, CSc.



Každý rok si 20. května připomínáme Světový den metrologie. Ředitelé BIPM a OIML Martin Milton a Anthony Dornnall ve svém každoročním sdělení k této příležitosti zdůrazňují význam měření pro světový obchod. Jejich vyjádření je níže citováno v nezkrácené podobě:

Přemýšleli jste někdy, kolik výrobků a služeb se obchoduje po celém světě, nebo uvažovali, kolik energie

překračuje hranice jako elektrina nebo plyn? Možná si neuvědomujete přesné částky a berete měření jako samozřejmost, s důvěrou v to, co výrobci, dopravci a vlády dělají, aby zajistili spravedlnost a bezpečnost v obchodu a přepravě komodit. Naštěstí byly zavedeny mezinárodní systémy, které poskytují potřebnou jistotu a důvěru, že tato měření jsou přesná a že jsou řádným základem pro globální obchod.

Podle Světové obchodní organizace (WTO) činil globální obchod s výrobky v roce 2018 rekordních 19,67 bilionu USD. Vzhledem k tomu, že cena významné části světového obchodu s výrobky se určuje na základě zákonných měřicích jednotek, je zřejmé, že metrologie hraje v globálním obchodu obrovskou – a dokonce kritickou – roli.

Vlády přijímají technické předpisy a normy na ochranu výrobců i spotřebitelů na vnitrostátní i mezinárodní úrovni.

Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) odhaduje, že normy nebo předpisy ovlivňují přibližně 80 % světového obchodu. Musí být zaveden řádný systém měření tak, aby se uplatňování norem a předpisů nestalo technickou překážkou obchodu (TBT), která by vedla ke zvýšení nákladů a cen, bránila volnému toku zboží nebo vyžadovala opakované zkoušení.

Důvěra v posuzování shody se specifikacemi snižuje náklady a zvyšuje důvěru podniků a spotřebitelů; to je podpořeno účinným celosvětovým metrologickým systémem.

Všichni jsme závislí na tom, co je k nám přepravováno, a to buď z nedalekého obchodu, nebo ze země na druhé straně světa. Přesná měření zajišťují, že zboží a služby, které potřebujeme, jsou dodávány bezpečně a spolehlivě.

Jako ředitelé Mezinárodního úřadu pro právní metrologii (BIPM) a Mezinárodního úřadu pro váhy a opatření (BIPM) aktivně pracujeme na zvýšení významu úlohy, kterou měření hraje v globálním obchodu, abychom zajistili spravedlnost, důvěru a ochranu výrobce i spotřebitele.

ZÁKLADNÍ MĚŘICÍ JEDNOTKY

Ing. Zbyněk Veselák¹, Ing. František Jelínek, CSc.

¹Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Základní měřicí jednotky

Nové definice základních měřicích jednotek v soustavě SI byly schváleny 26. Generální konferencí pro váhy a míry [1] s účinností od 20. 5. 2019. V minulých číslech časopisu byla této problematice opakovaně věnována pozornost [2], [3].

Protože jsou ale definice základních jednotek součástí legislativy [4], je třeba se k nim vrátit a uvést ve známost takové znění, které bude v závazných dokumentech použito. Znění definic vychází z upraveného překladu anglické verze definic, která je dostupná v [5].

Nové znění definic:

s	sekunda je definována stanovením pevné číselné hodnoty frekvence $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133 nacházejícího se v klidovém stavu, která je rovna 9 192 631 770, je-li vyjádřena v jednotce Hz, která je rovna s^{-1}
m	metr je definován stanovením pevné číselné hodnoty rychlosti světla ve vakuu c , která je rovna 299 792 458, je-li vyjádřena v jednotce m/s, kde sekunda je definována prostřednictvím $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
kg	kilogram je definován stanovením pevné číselné hodnoty Planckovy konstanty h , která je rovna $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$, je-li vyjádřena v jednotce J s, která je rovna $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, kde metr a sekunda jsou definovány prostřednictvím c a $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
A	ampér je definován stanovením pevné číselné hodnoty elementárního náboje e , která je rovna $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$, je-li vyjádřen v jednotce C, která je rovna A s, kde sekunda je definována prostřednictvím $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
K	kelvin je definován stanovením pevné číselné hodnoty Boltzmannovy konstanty k , která je rovna $1,380\,649 \times 10^{-23}$, je-li vyjádřena v jednotce J K ⁻¹ , která je rovna $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$, kde kilogram, metr a sekunda jsou definovány prostřednictvím h , c a $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
mol	jeden mol obsahuje přesně $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ elementárních entit; toto číslo je pevná číselná hodnota Avogadrovy konstanty N_{A} , je-li vyjádřena v jednotce mol ⁻¹ , a nazývá se Avogadrovo číslo; látkové množství n systému je mírou počtu specifikovaných elementárních entit; elementární entitou může být atom, molekula, iont, elektron, jakákoli jiná částice nebo specifikované seskupení částic
cd	kandela je definována stanovením pevné číselné hodnoty světelné účinnosti monochromatického záření o frekvenci 540×10^{12} Hz, K_{cd} , která je rovna 683, je-li vyjádřena v jednotce lm W ⁻¹ , která je rovna cd sr W ⁻¹ nebo cd sr kg ⁻¹ m ⁻² s ³ , kde kilogram, metr a sekunda jsou definovány prostřednictvím h , c a $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Jedná se o definice základních jednotek SI:

- sekundy, jednotky času, symbol s
- metru, jednotky délky, symbol m
- kilogramu, jednotky hmotnosti, symbol kg
- ampéru, jednotky elektrického proudu, symbol A
- kelvinu, jednotky termodynamické teploty, symbol K
- molu, jednotky látkového množství, symbol mol
- kandely, jednotky svítivosti v daném směru, symbol cd

Poznámka

Při přípravě českého znění bylo k dispozici několik verzí překladu, které se, aniž by měnily smysl a obsah definic, lišily v jednotlivostech podle preference autorů v těch částech, kde je více možností vyjádření. Jen pro zajímavost jsou zde uvedeny některé možnosti překladu. Platná je ovšem verze, projednaná oficiálními místy tak, jak je výše uvedena v tabulce.

Zvýrazněný text v typickém znění originálu odpovídá těm částem, kde se různé překlady liší.

The kilogram, symbol kg, is the SI unit of mass. It is defined by **taking the fixed numerical value** of the Planck constant h to be $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ when expressed in the unit J s, which is equal to $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, where the metre and the second are **defined in terms of c and $\Delta\nu_{\text{Cs}}$** .

Výsledný překlad	stanovením pevné číselné hodnoty	jsou definovány prostřednictvím
Podle [6]	definovaná přijetím fixní hodnoty	definována na základě přijaté fixní hodnoty
Podle [3]	fixováním číselné hodnoty	je definována ve smyslu konstant
Podle [7]	je definována vztahem $h = \dots$	v němž již známe metr a sekundu

Literatura

- [1] BIPM. 26. CGPM, Key outcomes and documents. Dostupné na <https://www.bipm.org/en/cgpm-2018/>
- [2] JELÍNEK, František. Téma SDM 2018 – Stálý rozvoj mezinárodní soustavy jednotek SI. 2018, Metrologie, roč. 27, č. 2, str. 2
- [3] KLENOVSKÝ, Pavel, Nové definice základních jednotek soustavy SI. Metrologie, 2019, roč. 28, č. 1, str. 4
- [4] Zákon č. 505/1990 Sb. – o metrologii, ve znění posledních předpisů, § 2, odst. (2).
- [5] BIPM. SI Brochure: The International System of Units (SI), dostupné na <https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>
- [6] BOHÁČEK, Jaroslav. Metrologie. 3. přeprac. vydání. V Praze: ČVUT, 2019. ISBN 978-80-01-06612-6
- [7] HORKÝ, M., KULHÁNEK, P., *Návrh nové definice soustavy jednotek SI*. Bulletin Aldebaran: [on line]. 2015, 13/2015(31) ISSN 1214-1674. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2015_31_sis.php

PROGRAM ROZVOJE METROLOGIE 2020**Ing. Eliška Machová***Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

Hlavním cílem Programu rozvoje metrologie je plnění Usnesení vlády ČR ze dne 14. 12. 2016 č. 1129 o Koncepci rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období let 2017 až 2021. Obsahuje úkoly zaměřené zejména na uchovávání a rozvoj státních etalonů, podporu rozvoje předpisové základny legální metrologie, dozorové činnosti, zabezpečování mezinárodní spolupráce a dále podporu výzkumných úkolů a rozvoje metrologických laboratoří vysokoškolských pracovišť, sjednocování postupů kalibračních laboratoří a kontrolních a měřicích pracovišť. Program rozvoje metrologie schvaluje předseda ÚNMZ na základě doporučení Rady pro metrologii. Pro rok 2020 došlo ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu k výraznému krácení rozpočtových prostředků určených na Program rozvoje metrologie, a to v době realizace závěrů Inovační strategie České republiky 2019–2030 zpracované Radou pro výzkum, vývoj a inovace a schválené vládou (UV č. 104/2019), která je postavena na podpoře vědy, výzkumu a inovací. Toto opatření mělo za následek nutnost provedení významných škrtů v rozpočtu plánovaných úkolů v rámci tohoto programu. Schválený Program rozvoje metrologie pro rok 2020 obsahuje 20 úkolů plněných Českým metrologickým institutem, jeho přidruženými laboratořemi, Českou metrologickou společností, Českým institutem pro akreditaci, dalšími výzkumnými i vzdělávacími institucemi i soukromým pracovištěm.

Úkoly Programu rozvoje metrologie 2020 podle kapitol PRM**II. Uchovávání státních etalonů****II/1/20 Uchovávání státních etalonů, řešitel ČMI**

Náplní úkolu budou práce spojené s uchováváním a udržováním státních etalonů ČR, jejichž funkčnost zabezpečuje ČMI, s cílem zachovat jejich potřebnou metrologickou úroveň.

II/2/20 Uchovávání státního etalonu času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR

Základní cíle úkolu jsou následující: fyzická aproximace trvání sekundy TAI, realizace národní časové stupnice UTC(TP), navazování atomových hodin ČR pro vytváření TAI, klíčová porovnání BIPM CCTF-K001.UTC, analýza časového transferu z/do laboratoře, realizace krátkodobě stabilní frekvence, rekaliibrace etalonů a základních měřicích systémů laboratoře. Kromě toho související činnosti, prezentace výsledků a spolupráce s laboratořemi v ČR i v zahraničí.

II/3/20 Uchovávání státního etalonu délky 25 m až 1450 m, řešitel VÚGTK Zdiby

Základním cílem úkolu je uchovávání státního etalonu délky 25 m až 1450 m a zajištění jeho funkcí, zejména

realizace metrologické návaznosti státního etalonu a systematická měření pro sledování stability délkových parametrů státního etalonu s využitím měřidel SE.

II/4/20 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení, řešitel VÚGTK Zdiby

Cílem úkolu je uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení (ECM 120-3/08-040), kterým je absolutní balistický gravimetr FG5-215. V roce 2019 byly provedeny změny jeho parametrů a byl rozšířen o gravimetr FG5X-251. Hlavními cíli úkolu je provedení kalibrace laseru a rubidiového oscilátoru u gravimetru FG5-215, vyhotovení skriptů pro zpracování a kombinaci absolutních měření a měření supravodivého gravimetru včetně vizualizace výsledků.

III. Rozvoj etalonáže**III/13/20 Rozvoj etalonáže času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR**

Zavedení algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice.

Výsledkem řešení bude zavedení rutinního časového transferu mezi LSEČF a ÚPT AV ČR, v. v. i. – navazování aktivního vodíkového maseru ÚPT a zapojení do tvorby mezinárodního atomového času TAI a světového koordinovaného času UTC ve spolupráci s BIPM v rámci klíčového porovnání CCTF-K001.UTC a projektu Rapid UTC. Dále implementace algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice realizované matematicky z atomových stupnic navazovaných na národní časovou stupnici UTC(TP).

III/14/20 Primární etalon středního vakua, řešitel MFF UK

Náplní úkolu je snížení nejistoty generovaných tlaků v etalonu středního vakua. Na základě provedených experimentů bude navržen, realizován a ověřen vhodný prvek na místě tzv. geometrické clony. Funkčnost nového prvku bude experimentálně ověřována v součinnosti s tzv. molekulární clonou přímo na vakuovém systému etalonu. Výsledkem řešení úkolu bude funkční primární etalon středního vakua v oblasti absolutních tlaků 0,01 Pa až 5 Pa včetně jeho metrologické charakterizace.

V. Metrologický dozor**V/1/20 Státní metrologický dozor, řešitel ČMI**

Předmětem plnění úkolu je zabezpečení výkonu státního metrologického dozoru u autorizovaných a registrovaných subjektů a ostatních uživatelů stanovených měřidel nad dodržováním povinností stanovených jim zákonem o metrologii, dozor nad dodržováním podmínek autorizace AMS, úředních měřičů a podmínek u registrovaných subjektů, řešení případů nedodržení zákona o metrologii, postoupených jinými kontrolními orgány – ČOI, GŘC, ŽÚ, ČZPI a stížností občanů.

VI. Mezinárodní spolupráce

VI/1/20 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie, řešitel ČMI

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

VII. Transfer znalostí

VII/1/20 Nové kalibrační postupy, řešitel ČMS

Náplní úkolu bude zpracování nových kalibračních postupů, které dosud neexistují, přičemž ze strany uživatelů je po nich poptávka. Kalibrace měřidel mají zásadní vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů v daném oboru měření. Úkol tak přispěje k doplnění soustavy kalibračních postupů o další skupinu měřidel a ke zkvalitnění základního podkladu pro práci kalibračních laboratoří a kontrolních a měřících pracovišť podnikové sféry. Budou zpracovány následující nové kalibrační postupy:

- VKP pro kalibry vnitřní TORX,
- VKP pro závitové kalibry HELICOIL,
- VKP pro kalibry vnitřní pro drážky.

VII/2/20 Revize vydaných kalibračních postupů, řešitel ČMS

Cílem úkolu je uvést stávající kalibrační postupy do souladu s platnými normami a doplnit postupy stanovení nejistot se vzorovými příklady a sjednotit jejich obsah i formu.

Výsledkem řešení úkolu bude zkvalitnění a sjednocení základního podkladu pro práci kalibračních laboratoří i metrologických pracovišť podnikové sféry. Jedná se o následující kalibrační postupy:

- KP 1.1.2/01/08N Posuvky I. (s nonickou diferencí 0,1 mm a 0,05 mm, nové označení KP 1.1.2/01/20),
- KP 1.1.2/02/09N Posuvky II. (číslicové a s nonickou diferencí 0,02 mm, nové označení KP 1.1.2/02/20),
- KP 1.1.2/03/07N Číslicový úchylkoměr (nové označení KP 1.1.2/03/20),
- KP 1.1.2/05/10N Třmenový mikrometr (nové označení KP 1.1.2/05/20),
- KP 1.1.2/11/09N Posuvný hloubkoměr (nové označení KP 1.1.2/11/20),
- KP 1.1.6/04/07N Závitový třmenový kalibr (nové označení KP 1.1.6/04/20).

VII/3/20 Metodiky provozních měření, řešitel ČMS

Základním cílem úkolu je vytvoření souboru metodik správného měření a používání měřidel. Metodiky provozního měření jsou postupy poskytující informace o správném a jednotném měření v technologických i laboratorních aplikacích. Navrhované postupy mají zásadní a přímý vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů v průmyslových a zdravotnických provozech i státní správě a zaměřují se na kompletní předpisové základny pro měřidla elektrických veličin a měřidla pro měření osvětlení ve stavebnictví.

Výsledek řešení úkolu: zkvalitnění měření v podnikové a státní sféře a ve sféře služeb.

- Metodika měření s měřidly pro elektrevize,
- Metodika měření denního a umělého osvětlení luxmetrem,
- Metodika měření venkovního osvětlení jasoměrem.

VII/5/20 Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin, řešitel ČIA

Principy, metody a postupy kalibrace jsou nezbytnou součástí informace, kterou akreditovaná kalibrační laboratoř poskytuje zákazníkům prostřednictvím svého osvědčení o akreditaci, bez znalosti principu (metody či přímo postupu) nelze dostatečně vyhodnotit úroveň služeb, laboratoři poskytovaných. Vzhledem k tomu, že tato informace nebyla doposud běžně poskytována, liší se názory jednotlivých laboratoří i pracovníků v metrologii na míru podrobnosti, stejný princip lze také různě pojmenovat. Výsledkem úkolu bude kromě přehledu principů kalibrace, které jsou v daném oboru nejběžnější, i obecnější návod, jak vhodně stanovit a popsat princip kalibrace. Součástí bude i zveřejnění výsledku formou semináře a případně článkem v odborném periodiku.

VII/6/20 Nejistota vzorkování, řešitel EURACHEM-ČR

Úkol je zaměřen na vytvoření nové příručky pokrývající metodicky problematiku nejistoty odběru vzorků jakožto aktuální problematiku zmíněnou v revidované normě ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Příručka bude sestávat ze dvou částí. První bude oficiální odborný překlad do češtiny pokynu Eurachem/CITAC „Measurement Uncertainty Arising from Sampling“, 2. vydání z roku 2019. Druhá část bude shrnovat postupy a výsledky z této problematiky získané při mezilaboratorních porovnáních odběru a analýz vod a kalů.

Výsledkem řešení úkolu bude 25. díl řady příruček KVALIMETRIE, který bude vydán výhradně elektronicky a bude zdarma k dispozici na webových stránkách spolku Eurachem-ČR (www.eurachem.cz).

VII/9/20 Zpracování metrologického předpisu stanovujícího postup zkoušení při ověřování stanovených měřidel – měřících převodníků tlaku, řešitel ČMI

Náplní úkolu bude zpracování metrologického předpisu stanovujícího postup zkoušení při ověřování měřících převodníků tlaku za účelem dosažení jednotné aplikace metody zkoušení definované opatřením obecné povahy pro obor stanovených měřidel, kde v podmínkách národní právní úpravy metrologie působí subjekty autorizované k jejich ověřování Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

VIII. Ostatní

VIII/1/20 Zprovoznění a kalibrace optické přenosové trasy mezi Laboratoří přesného času a frekvence FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence při použití technologie White Rabbit, řešitel ČVUT FEL, katedra měření

Úkol je zaměřen na zprovoznění a kalibraci optické přenosové trasy mezi Laboratoří přesného času a frekvence (LPČF) FEL ČVUT a Státním etalonem času a frekvence ÚFE AV při použití technologie White Rabbit (WR).

Výsledkem řešení úkolu bude:

- návrh a realizace systému optického přenosu času a frekvence založeného na technologii WR mezi LPČF FEL a Státním etalonem času a frekvence (SEČF) ÚFE;
- návrh technického a programového vybavení;
- kalibrace systému WR mezi LPČF a SEČF;
- ověření dlouhodobého chování realizovaného systému přenosu času;
- porovnání výsledků měření časových stupnic FEL Time a UTC(TP) pomocí optického přenosu a metodou Common-View.

VIII/3/20 Metrologické charakteristiky nových psychoaktivních látek, řešitel VŠCHT

Určení metrologických charakteristik pěti nových syntetických látek, které jsou zneužívány jako psychoaktivní drogy. Referenční materiály těchto látek budou validovány pro praktické využití ve forenzních a toxikologických laboratořích, zejména v Celní správě a Policii České republiky.

VIII/6/20 Vliv měřicích transformátorů proudu na přesnost měření zkreslených průběhů proudu, řešitel ČVUT FEL, katedra elektroenergetiky

Úkol se bude zabývat vlivem měřicích transformátorů proudu na přesnost měření zkreslených průběhů proudu v distribučních sítích. K nárůstu zkreslení tvaru síťového napětí a proudu v distribučních sítích dochází v souvislosti s rozvojem elektromobility a fotovoltaiky a je tak ovlivňována přesnost měření elektrické energie. Na tato měření mají podstatný vliv přenosové vlastnosti měřicích transformátorů proudu. Výsledkem řešení úkolu bude posouzení vlivu proudových transformátorů na přesnost měření zkreslených průběhů proudů v distribučních sítích.

VIII/9/20 Posouzení vybraných metrologických charakteristik měřidel bodové rychlosti vodního proudu využívajících elektromagnetického principu měření, řešitel FS VUT Brno

V rámci zpracování úkolu budou provedeny průběžně opakované experimentální zkoušky zaměřené na posouzení mezilehlé preciznosti a variability měřených rychlostí u šesti konkrétních předmětných měřidel, dále průběžně opakované experimentální zkoušky zaměřené na posouzení stabi-

ty nulové hodnoty měřených rychlostí u šesti konkrétních předmětných měřidel, bude provedeno posouzení směrové citlivosti a přesnosti měření (stanovení nejistoty bodové rychlosti) dvěma vybranými měřidly v poměrech simulujících podmínky reálných měrných profilů a vyhodnocení získaných experimentálních dat i s návazností na výsledky získané v průběhu let 2018 a 2019.

VIII/16/20 Termostatované kapacitní etalony s keramickým dielektrikem jmenovitých hodnot 10 nF, 100 nF a 1 µF, řešitel ČVUT FEL, katedra měření

V rámci řešení úkolu budou realizovány termostatované kapacitní etalony v modulárním provedení jmenovitých hodnot 10 nF, 100 nF a 1 µF. Každý z těchto etalonů bude sestávat ze dvou modulů:

- a) z modulu s kapacitními elementy pro povrchovou montáž s keramickým dielektrikem NP0 (C0G), připájenými na dvoustrannou desku s plošnými spoji, a
- b) z termostatovaného válcového krytu.

Moduly s kapacitními elementy bude možno do válcových krytů nainstalovat pouhým nasunutím.

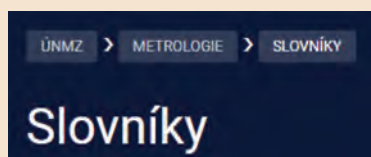
VIII/18/20 Případová studie postupu přípravy rostlinného matricového kandidátského RM metodou přidavku (spikování) organických analytů (rezidua pesticidů). Ověření vhodnosti přípravy RM touto metodou, řešitel ANALYTIKA, spol. s r.o.

Úkol navazuje na úkoly VIII/18/18 a VIII/18/19 řešené v rámci Programu rozvoje metrologie 2018 a 2019 (Případová studie postupu přípravy matricového kandidátského referenčního materiálu - kal, půda metodou přidavku („spikování“) sledovaných analytů a vliv tohoto postupu na koncentraci anorganických analytů v této matici a ověření vhodnosti postupu přípravy touto metodou). V těchto projektech byla úspěšně zkoumána možnost přípravy RM odpadního kalu a půdy metodou „spikování“ a potvrzena možnost přípravy RM těchto matricových materiálů výše zmíněnou metodou.

Předmětem úkolu bude vypracování obdobné studie proveditelnosti pro rostlinný materiál, konkrétně čaj. Výsledkem bude studie homogenity a stability matricového kandidátského referenčního materiálu (RM) rostlinného původu (čaje).



INTERAKTIVNÍ ON-LINE VÝKLADOVÉ SLOVNÍKY METROLOGIE



ÚNMZ vytvořil elektronické interaktivní on-line verze aktuálního znění slovníků metrologické terminologie VIM a VIML. Slovníky jsou česko-anglické a vycházejí z elektronických on-line slovníků umístěných na webových stránkách BIPM <https://jcg.m.bipm.org/vim/en/index.html> – VIM, resp. OIML <http://viml.oiml.info/en/index.html> – VIML.

Elektronické slovníky VIM a VIML budou v případě změn průběžně aktualizovány, přičemž se zatím nepředpokládá vydání aktualizovaných slovníků v tištěné podobě ani v .pdf verzi.

On-line Výkladový slovník metrologie a Výkladový slovník legální metrologie najdete na webových stránkách ÚNMZ pod následujícím odkazem: <https://www.unmz.cz/metrologie/slovníky/>

MOTOROVÁ PALIVA, JEJICH SOUČASNOST A BUDOUCNOST ČÁST PRVNÍ – EMISE A AKTUÁLNÍ LEGISLATIVA

Ing. Petr Kríž

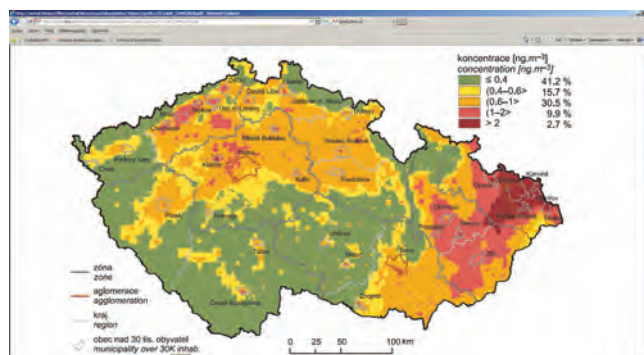
Česká strojnická společnost, Centrum technické normalizace

Alternativní pohony motorových vozidel jsou velmi často skloňovanou možností řešení problémů životního prostředí. Tento příspěvek si dává za cíl nastínit současná východiska problematiky alternativních paliv a alternativních pohonů, a to s cílem neklást si jen otázku „jak?“, ale rovněž zodpovědět otázku „proč?“. Je to důležité z důvodu dnešního zpolitizování souvisejících problémů, kde bohužel velkou roli hrají - často více než fakta a racionální argumenty - emoce, iracionalita tzv. ekologických aktivistů, nedostatečná vzdělanost v přírodních a technických vědách a samozřejmě i marketingové cíle jednotlivých zájmových skupin. Pokusíme se tedy odpovědět na otázku, jaké jsou jednotlivé faktory ovlivňující používání paliv a dalších druhů pohonů a jaké mohou být vize pro budoucnost s ohledem na vývoj legislativy a technické standardizace v oboru motorových paliv.

Spalování fosilních paliv obecně vede ke dvěma hlavním okruhům problémů, a to k produkci emisí škodlivých látek a emisí tzv. skleníkových plynů. Oba dva druhy emisí jsou generovány v důsledku charakteru spalování. Spalování uhlovodíků je vždy z pohledu chemických reakcí nedokonalé a z uhlovodíkového materiálu nevznikají tedy jen oxid uhličitý a voda, ale i škodlivé látky jako jsou toxický oxid uhelnatý a nespálené uhlovodíky, a v důsledku přebytku dusíku v atmosféře a za podpory vysokých teplot spalování, i oxidy dusíku. Dále vždy u reálného spalování uhlovodíkových materiálů vznikají pevné částice uhlíku (velmi jemných částic sazí), které bývají v odborných publikacích označovány zkratkou PM (pevné částice – „particulate matter“) s příslušným označením velikosti.

Na tyto částice jsou velmi často adsorpci zachyceny další chemické látky, produkty nedokonalého spalování, jako jsou polyaromatické uhlovodíky PAU (PAH = „polyaromatic hydrocarbons“) a v důsledku již zmíněné přítomnosti přebytku dusíku ve vzduchu také nitrované polyaromatické uhlovodíky NPAU (NPAH = „nitrated polyaromatic hydrocarbons“). Není pochyb o tom, že tyto emise škodlivých látek jsou zodpovědné za zásadní zhoršování kvality životního prostředí, ale rozhodně není racionální představa, že tyto emise jsou generovány v rozhodující míře v důsledku provozu spalovacích motorů v dopravě, jak se nám snaží často namluvit zastánci jednoduchých, ale nefunkčních řešení, například plošného nasazení elektromobilů v dopravě. To, že doprava je pouze jedním, dílčím, i když významným faktorem znečištění ovzduší, je zřejmé z **obr. 1**, který ukazuje průměrné hodnoty znečištění v ČR v roce 2018, pokud jde o nejsledovanější z polyaromatických uhlovodíků benzo[a]pyren, který je prokázaným karcinogenem. Z mapky znečištění je totiž zcela zřejmé, že nejvyšší koncentrace nejsou vázány ani tak na zvýšenou intenzitu dopravy ve

velkých městech, jako spíše na regionální rozdíly dané přítomností specifického průmyslu. Doprava a spalovací motory tedy představují jen jeden z řady zdrojů znečištění, který navíc v uplynulých desítkách roků vykázal kvalitativně i kvantitativně obrovský pokrok v ekologickém přístupu zavedením různých druhů takřka revolučních opatření, jakými bylo, mezi jinými, odstranění olova ze složení motorových benzinů, síry ze složení motorových naft nebo na straně druhé vývoj motorů vedoucí k razantnímu snížení emisí výfukových plynů v důsledku zavádění nových emisních norem Euro.



Obr. 1: Průměrné hodnoty koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší 2018 (zdroj Český hydrometeorologický ústav)

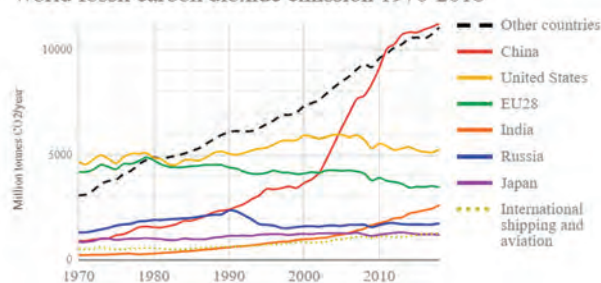
Zatímco v oblasti emisí došlo v posledních desetiletích a i v současné době stále dochází k razantní redukci škodlivých látek ve výfukových plynech, nelze žádným způsobem, mimo kvantitativní omezení dané absolutní spotřebou paliva na jednotku vzdálenosti a jednotku hmotnosti ve vztahu k jeho energetickému obsahu, omezit tvorbu klíčového skleníkového plynu, totiž oxidu uhličitého. Tento plyn totiž vzniká při spalování jakékoliv uhlíkaté hmoty. Může být tedy spalování fosilních paliv, nejen v dopravě, zásadní pro často uvažované oteplování klimatu? Jedná se o velmi složitou problematiku s celou řadou vlivů. I když zanedbáme vliv ostatních významných skleníkových plynů produkovaných člověkem a budeme předpokládat pouze vliv narůstající koncentrace CO₂, nemáme v tom jasno. Zásadní vliv na skleníkový efekt má v mnohem větší míře přítomná vodní pára, naopak přítomnost mraků (zkondenzovaných kapek vody nebo krystalků ledu) vede kvůli jejich albedu (odrazivosti) k odrazení slunečních paprsků a přispívá k ochlazení. Je zřejmé, že přítomnost vody v atmosféře ve všech třech skupenstvích představuje nesmírně složitou a citlivou fyzikální dynamickou rovnováhu, jejíž posun a vliv na teplotu v atmosféře není jednoduché predikovat, zejména ne v dlouhodobém horizontu. Množství CO₂ v atmosféře se od počátku průmyslové revoluce pravděpodobně zdvojnásobilo na dnešní uváděné hodnoty kolem 0,040 % (V/V) tj. cca 400 ppm. Problematika měření obsahu oxidu uhličitého je však velmi složitá, přesahující možnosti tohoto

článku. Rozhodně však mezi vědci na ni nepanuje jednoznačný pohled, zejména ohledně vyhodnocování chyb měření v průběhu historie a volby míst měření. Pojdme se však zamyslet nad tím, kolik CO₂ vypouští spalováním fosilních paliv člověk do ovzduší. Tato data jsou dostupná a pravděpodobně i relativně spolehlivá, neboť se zakládají na statistických výkazech spotřeby fosilních paliv. Podle těchto dat uvolňujeme v současnosti spalováním fosilních paliv do ovzduší množství CO₂ odpovídající spálení 10 Gt čistého uhlíku ročně. Jednoduchým stechiometrickým výpočtem se zapojením hmotnosti atmosféry potom dospějeme k závěru, že jednorázové spálení fosilních paliv spálených v dnešním světě za jeden rok povede ke zvýšení koncentrace CO₂ o 1,8 % vůči hodnotě současného stavu. Toto číslo stojí rozhodně za zamyšlením. Můžeme oprávněně tvrdit, že nárůst koncentrace CO₂ v atmosféře není synonymem pro globální oteplování, protože dost dobře nerozumíme složitým rovnováhám uhlíkového cyklu mezi atmosférou, hydrosférou, pedosférou, litosférou a v neposlední řadě biosférou, kde je oxid uhličitý prostřednictvím fotosyntézy naopak spotřebováván a ukládán především v zelených rostlinách a ve fytoplanktonu v mořích a oceánech. Existují teorie, které diskutují, zdali je nárůst koncentrace CO₂ příčinou změn klimatu, nebo naopak jeho důsledkem. I když můžeme nesouhlasit se závěry IPCC (Mezivládní panel pro změny klimatu), který sestavil 24 různých matematických modelů klimatických změn, přičemž všechny předpokládají nárůst teploty, už proto, že se o podílu vlivu antropogenních emisí skleníkových plynů stále vedou diskuse, je pravděpodobné, že část pozorovaného globálního oteplování pozorovaného v posledních 70 letech souvisí pravděpodobně s lidskou činností. Jestliže totiž spalujeme tolik fosilních paliv, že uvolníme ročně 1,8 % současné hodnoty koncentrace CO₂ navíc, je to velmi významná hodnota, dokonce i v případě, že by se podstatná část tohoto příspěvku skleníkových plynů uplatnila časem v uhlíkovém cyklu jinde než v atmosféře, a je to zásadní parametr, který v současnosti lidská činnost přináší. Namísto tak není hysterie a politikaření, ale racionální úvahy, které by měly být založeny na analýzách a modelech s využitím poznatků matematiky, fyziky a chemie, a které by měly v oblasti motorových paliv vést k úvahám o větším využití alternativních paliv, ale i šetření energií, tedy využitím pohonů s co největší energetickou účinností a rovněž racionálním využíváním hromadné dopravy. Je také nutné, aby byly hodnoceny veškeré dopady na životní prostředí – to znamená sledování celého životního cyklu nejen paliva samotného, ale i pohonné jednotky, a nejen během provozu, ale počínaje těžbou nerostných surovin přes dopravu, výrobu, užití výrobku (paliva i pohonné jednotky, resp. celého dopravního prostředku) až ke konečnému zpracování jako odpadu. Celkově se musí zohlednit energetické a surovinové náklady a dopad na životní prostředí pro každý z procesů a výrobků. Důležité jsou zejména emise do ovzduší, vody i půdy a spotřeba energie a materiálů.

Toto racionální vyhodnocení rozhodně nepovede k jednostranné preferenci určité skupiny alternativních paliv a pohonů, ale k uplatnění celé řady řešení a ještě dlouhé roky bude řešení dopravy závislé i na spalování konvenčních paliv tj. motorového benzínu a motorové nafty.

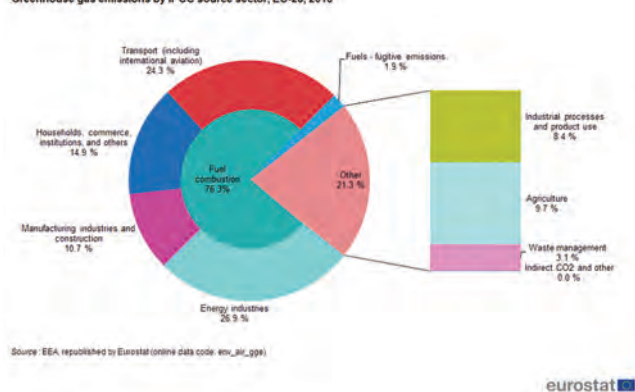
Nová technická řešení v dopravě, ať již na straně paliv nebo motorů, která jsou legislativně podporována v EU, jsou sice záslužným příspěvkem pro ochranu našeho životního prostředí, avšak musí být následována dalšími světadily i obory. Stačí se jen podívat na strohou řeč čísel. Evropa produkuje v současnosti kolem 10 % celosvětových emisí oxidu uhličitého z fosilních zdrojů (**obr. 2**). Na dopravu potom připadá v Evropě asi čtvrtina všech emisí skleníkových plynů (**obr. 3**). Hrubým odhadem to znamená, že příspěvek dopravy v Evropě představuje asi 2,5 % ze všech emisí skleníkových plynů na světě, tedy dnes asi 1/40 produkovaného množství.

World fossil carbon dioxide emission 1970-2018



Obr. 2: Světová produkce emisí CO₂ (zdroj IPCC)

Greenhouse gas emissions by IPCC source sector, EU-28, 2016



Obr. 3: Produkce skleníkových plynů v Evropě podle oborů (zdroj EEA)

Evropská legislativa se vyznačuje v současné době nepříliš kompatibilními předpisy, které mohou v různých oblastech často působit i protichůdně.

Na straně paliv se evropská legislativa odvíjí od cílů v oblasti snížení emisí skleníkových plynů, které ukládají povinnost dodavatelům motorového benzínu a motorové nafty v dopravě snížit emise vůči referenční úrovni v roce 2010 takto:

- do konce roku 2014 o 2,0 %
- do konce roku 2017 o 3,5 %
- do konce roku 2020 o 6,0 %

Uvedené povinnosti jsou vůči dodavatelům kapalných paliv sankcionovány částkou 10 Kč za každý neušetřený kilogram emisí skleníkových plynů (v přepočtu na ekvivalent CO₂).

Výše uvedené cíle jsou zakotveny v legislativě ČR v zákonu o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v aktuálním znění, který v zájmu tohoto cíle stanovuje dále povinnost obsahu biosložky v motorovém benzínu a motorové naftě. U motorového benzínu je povinnost přidavku biosložky ve formě kyslíkatých látek (ethanol nebo ethery s pěti atomy uhlíku) stanovena ve výši minimálně 4,1 % objemových z celkového množství motorových benzinů. U motorové nafty je tato povinnost stanovena ve výši minimálně 6,0 % objemových biosložky (FAME nebo jiné alkylestery řepkového oleje) z celkového množství motorové nafty. Je třeba uvést, že v obou případech legislativně závazné technické normy limitují v poměrně úzkém rozmezí horní mez možného přidavku biosložky, neboť ČSN EN 228 uvádí u v současnosti prodáváného motorového benzínu E5 horní limit 5,0 % ethanolu, resp. 2,7 % hmotnostních celkového obsahu kyslíku a ČSN EN 590 uvádí u v současnosti prodáváné motorové nafty B7 horní mez obsahu FAME (v ČR dnes methylester řepkového oleje jako biopalivo první generace) 7,0 % objemových. Sankce pro dodavatele činí v obou případech 40 Kč za každý nedodaný litr biosložky. K výše uvedeným povinnostem se dále přidává povinnost ČR vykazovat určitý podíl tzv. obnovitelných zdrojů energie. Podle příslušných směrnic EU (označována zkratkou RED – Renewable Energy Directive, resp. RED II) je ČR povinna dosáhnout v roce 2020 podílu obnovitelných zdrojů energie v dopravě 10 % a v roce 2030 potom podílu obnovitelných zdrojů energie dokonce 14 % při výrazném omezení biopaliv z potravinářských zdrojů (za použití tzv. biopaliv druhé generace).

Naproti tomu legislativa EU prostřednictvím příslušných směrnic stanovuje u všech automobilů (osobní, lehká užitková, těžká nákladní) restrikce ohledně emisí CO₂ započítaných automobilkám, jednoduše řečeno, jako průměr na nově vyrobená vozidla. Například u osobních automobilů jsou

stanoveny standardizované emise podle **tabulky 1**, což silně a zcela nelogicky, a z hlediska dopadů na životní prostředí nesmyslně, preferuje do budoucna elektromobily, které jsou z hlediska legislativy považovány za bezemisní vozidla. Sankce pro daného výrobce automobilů je stanovena na 95 EUR za překročení o každý 1 g/km CO₂ vynásobených počtem vyrobených vozidel.

Tab. 1: Omezení emisí CO₂ pro nová osobní vozidla (průměr na nové standardizované vozidlo pro výrobce)

Rok	Emise g/km CO ₂	Přepočet na spotřebu benzínu litry / 100 km	Přepočet na spotřebu nafty litry / 100 km
2015	130	5,6	4,6
2020	95	4,1	3,6
2025	81	3,5	3,1
2030	59	2,5	2,2

Kvalita motorových paliv v dopravě je dlouhodobě řešena prostřednictvím evropské legislativy, která je transponována do legislativy ČR. Jedná se o zákon č. 311/2006 Sb. v aktuálním znění (o pohonných hmotách) a jeho prováděcí vyhlášku č. 133/2010 v aktuálním znění (o jakosti a kvalitě pohonných hmot), která specifikuje jednotlivé druhy pohonných hmot prostřednictvím odkazů na české technické normy, které se tak stávají pro kvalitu pohonných hmot legislativně závaznými (**tab. 2**). Je třeba konstatovat, že spektrum standardizovaných pohonných hmot zahrnuje v České republice prakticky všechny druhy alternativních paliv, které jsou používány v Evropě, včetně perspektivních paliv z obnovitelných zdrojů na bázi biometanu. Vývoj motorových paliv a jejich budoucnost nejen z pohledu technické standardizace, budou diskutovány v příštím pokračování tohoto článku.

Tab. 2: Motorová paliva a technické normy

Druh motorového paliva	Technická norma
motorové benzin	ČSN EN 228
motorové nafta	ČSN EN 590
FAME (motorová nafta B100)	ČSN EN 14214
směsná motorová nafta	ČSN 65 6508
motorová nafta B10	ČSN EN 16734
motorová nafta s vysokým obsahem FAME (B20, B30)	ČSN EN 16709
ethanol E85	ČSN EN 15293
ethanol E95	ČSN 65 6513
LPG	ČSN EN 589
CNG a bio-CNG	ČSN 65 6517 ČSN EN 16723-2
vodík pro přímé použití	ČSN ISO 14687-1
vodík pro palivové články	ČSN ISO 14687-2
LNG a bio-LNG	ČSN ISO 16723-2
biometan	ČSN 65 6514 ČSN EN 16723-2
parafinická motorová nafta	ČSN EN 15940

MĚŘENÍ TEPLOTY LIDSKÉHO TĚLA V DOBĚ KORONAVIROVÉ

Ing. Lenka Kňazovická, Ph.D.

Český metrologický institut

Z důvodu ohrožení zdraví v souvislosti s prokázáním výskytu koronaviru (označovaný jako SARS CoV- 2) na území České republiky stoupá poptávka po rychlém a spolehlivém měření tělesné teploty. K hlavním příznakům tohoto onemocnění patří zvýšená teplota, kašel, dušnost, bolest hlavy a únava.

Pokud je k dispozici klasický skleněný teploměr se rtuťovou náplní, je vyhráno. Tento teploměr je jeden z nejspolehlivějších, ale z nařízení EU jej již nějakou dobu není možné koupit. K dispozici je však dnes celá řada typů elektronických (digitálních) teploměrů, ať v provedení kontaktním nebo v provedení bezkontaktním. U těchto teploměrů je vhodné si před jejich použitím přečíst jejich návod k použití. To je důležité hlavně u ušních, resp. čelních typů teploměrů, kdy při jejich špatném použití je chyba stanovení měřené teploty i větší než 1 °C.

Tělesnou teplotu je možné měřit na několika místech (konečník, ústní dutina, podpaždí, zvukovod a oblast spánkové tepny na čele), každý způsob má svá specifika a také teplota těla se v daných místech mírně liší.

V případě měření teploty v domácnosti je situace jednoduchá, po zakoupení nového teploměru může být nutné prostudování návodu, ale pro měření není nutné podnikat žádné další kroky. Je jen na uvážení uživatele, jak danému teploměru věří. Z realizovaného porovnání „domácích“ lékařských teploměrů, jehož výsledky byly publikovány v deníku Mladá Fronta a také na webovém portálu iDNES vyplývá, že **nejvíce problémů je při používání bezkontaktních - čelních teploměrů**, neboť pro jejich správné používání, jak vyplývá i z návodů výrobců těchto teploměrů, je nutné dodržet celou řadu pravidel.

Měření teploty osob na veřejně dostupných místech, kde se uplatňuje veřejný zájem v podobě ochrany zdraví (v současné době např. při vstupu do úřadů či do nemocnic) jsou požadavky na zařízení pro stanovení tělesné teploty řešeny i legislativně Nařízením vlády č. 54/2015 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na zdravotnické výrobky, jako jeden z druhů **zdravotnických prostředků s měřicí funkcí**.

Pro zjednodušení a zrychlení měření teploty jsou nově používány i termokamery, a to jak v nemocničních zařízeních, tak i na vstupech do různých prostor (ministerstva, magistráty, apod.). Na základě výsledku realizovaného měření jsou pak uplatňovány určité restrikce vůči měřeným osobám (např. oddělení pacienta od ostatních, neumožnění vstupu do budovy, apod.), avšak tyto systémy **s největší pravděpodobností nebyly certifikovány pro použití jako zdravotnický prostředek s měřicí funkcí**.

Požadavky na systémy využívající pro měření tělesné teploty **termokamery** definuje norma ČSN EN IEC 80601-2-59 z prosince 2019. Ta uvádí, že **laboratorní odchylka při měření teploty** prostřednictvím termokamery má být **maximálně 0,5 °C** včetně nejistoty měření. To je velmi podobná situace jako u lékařských teploměrů čelních, které mají k těmto systémům nejbližší a **přesnost měření, kterou by měly tyto systémy poskytnout, je $\pm 0,3$ °C** (bez započtení nejistoty, norma ČSN EN ISO 80601-2-56). **Realita bývá pro oba systémy i několik stupňů.**

Bližší informace k aktuální problematice je možné najít na webu ČMI www.cmi.cz. V dalším čísle bude uveřejněn příspěvek popisující detailněji měření tělesné teploty pomocí teploměrů, příspěvek zabývající se aplikací termokamer pro tyto účely bude uveřejněn v některém z budoucích čísel.



Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Jitka Hrušková, Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Ing. Petr Pánek, CSc., RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, 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, Biskupský dvůr 1148/5, 110 00 Praha 1. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: květen 2020. 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

Photo on the front page: World Metrology Day

