



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Opletalova 41, 110 00 Praha 1

Strana 1 (celkem 42)

Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc.

Datum zpracování: 13.10.2010

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA Č. XXX-PRM-UXXX-10

k úkolu TR

Zpracování podkladů

**pro průběžné sjednocování posuzování
akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru teploty**

[úkol PRM č. VII / 5 / 10]

Řešitel : Ing. Martin Matušů, CSc.

Vypracoval: Ing. Josef Vojtíšek, Ing. Martin Matušů, CSc.

Schválil:

Rozdělovník: 2 x ÚNMZ
 1 x ČIA 0200
 1 x ČIA- útvar řešitele
 3 x oponenti výtisk č.

RESUMÉ

Obečným cílem úkolu, jehož návrh řešení zpráva popisuje, je stanovení oblastí, kde je nutno akcentovat unifikaci postupů laboratoří teploty a odborných posuzovatelů při jejich posuzování, přehledně sumarizovat aplikovanou a dostupnou normativně-technickou dokumentaci (národní i mezinárodní), analyzovat a doporučit postupy unifikace a vazby na sumarizovanou dokumentaci a na dosavadní zkušenosti v akreditačním procesu. Finálním výstupem bude doporučení akreditovaným i neakreditovaným laboratořím teploty (v rámci svých kalibračních postupů) a odborným posuzovatelům těchto laboratoří (v rámci akreditace nebo autorizace), aby se závěrům tohoto řešení, co nejvíce přiblížili a sjednotili svůj přístup.

OBSAH

RESUMÉ	1
OBSAH.....	2
1. ÚVOD.....	3
1.1. POUŽITÉ ZKRATKY	3
2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU AKL.....	3
2.1. REŠERŠE SUBJEKTŮ AKL S AKREDITOVANÝM OBOREM TEPLoty - ČR.....	3
2.2. REŠERŠE SUBJEKTŮ AKL S AKREDITOVANÝM OBOREM TEPLoty – EVROPA	9
3. VÝBĚR HARMONIZAČNÍCH BODŮ	16
3.1. TÉMATA HARMONIZACE V OBLASTI TEPLoty	16
3.2. SHRNU TÍ.....	37
4. ZÁVĚR	37

Příloha č. 1: Přehled norem a návodů TEPLota

Příloha č.2: Plánovací list úkolu VII/5/10

1. ÚVOD

Laboratoře teploty (akreditované i neakreditované) a orgány posuzující shodu laboratoří teploty se dlouhodobě potýkají s problémem nejednotného přístupu jednotlivých laboratoří i odborných posuzovatelů k dílčím, leč technicky významným oblastem, zabezpečujícím jednotnost a správnost při kalibracích. Tato skutečnost byla v minulosti opakovaně předmětem jednání v rámci 4E, Technického výboru pro akreditaci kalibračních laboratoří ČIA i bilaterálních jednání ČMI a ČIA. Cílem řešení úkolu je připravit podklady pro jednotný přístup laboratoří i posuzovatelů a tím připravit technické podklady pro harmonizaci, které následně kalibrační laboratoře, ČMI i ČIA budou aplikovat.

1.1. POUŽITÉ ZKRATKY

AKL ...	akreditovaná kalibrační laboratoř
BMC ...	nejlepší měřicí schopnost
CMC ...	měřicí schopnost laboratoře
ČIA ...	Český institut pro akreditaci
ČKS ...	České kalibrační sdružení
ČMI ...	Český metrologický institut
ČT ...	černé těleso
DMPZ ...	dvoustranné mezilaboratorní porovnávací zkoušky
IR ...	bezdotykový teploměr
IT ...	indikační teploměr
ITMR ...	indikační teploměry a měřicí řetězce
KL ...	kalibrační list
MH ...	měřená hodnota
MPZ ...	mezilaboratorní porovnávací zkoušky
OA ...	Osvědčení o akreditaci
OST ...	odporový snímač teploty
ST ...	skleněný teploměr
TST ...	termoelektrický snímač teploty

2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU AKL

2.1. REŠERŠE SUBJEKTŮ AKL S AKREDITOVANÝM OBOREM TEPLITY - ČR

Pro veličinu teplota je v současné době akreditováno 38 subjektů. Na základě jejich příloh k Osvědčení o akreditaci byl proveden rozbor akreditovaných oborů, rozsahů a aplikovaných nejistot měření, který obsahují následující tabulky členěné dle podoborů (typů měřidel):

Tabulka 1: Odporové snímače teploty (OST)

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
ČEZ	-30 až 600	0,004 až 0,25	sek. etalony
	-30 až 600	0,01 až 0,15	průmyslové
ČHMÚ	-30 až 90	0,02 (lázeň)	
		0,12 (klimakomora)	
DESIN	0 až 550	0,1 až 0,5	

ENERGIZE	-30 až 500	0,1 až 0,2	
GASCALIBRATION	-30 až 120	0,08	s převodníkem i bez
IC ENERGO	0 až 550	0,1 až 0,4 0,1 až 0,7	interní kalibrace externí kalibrace
KSQ	-50 až 420	0,07 až 0,16	
MEROS	-40 až 420	0,05 až 0,15 0,2	interní kalibrace externí kalibrace
ARCELOR MITTAL	0 až 850	0,2 až 2,7	
MSP GLOBAL	0 až 650	0,20 až 0,32	
OKMP	-30 až 400	0,05 až 0,4	
PEMIT	-25 až 600	0,06 až 0,4	
SYNTHESIA	-35 až 550	0,01 až 1,2	
TZUS Praha	0 až 160	0,08 + 0,0005 MH	
TZUS Č. Budějovice	-40 až 420	0,03 až 0,21	
TERMOSONDY	-80 až 400	0,06 až 0,30	
TESTING CENTER	0 až 400	0,04 až 0,6	
Třinecké železářny	-20 až 450	0,2	
ÚJV ŘEŽ	-196 až 650	0,03 až 0,21	
VÚCHZ	0 až 600	0,03 až 0,25	
W PLUS	0 až 550	0,02 až 0,2	
ŽDB Bohumín	0 až 500	0,18 až 0,36	

Tabulka 2: Termoelektrické snímače teploty (TST)

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
ČEZ	-30 až 600	0,4 až 0,9	
DESIN	0 až 550	0,25 až 0,5	
EKOSOND	100 až 1100	1,3 až 2,4	
ENERGIZE	0 až 1100	0,25 až 1,2	
IC ENERGO	20 až 550	0,3 až 0,5 0,4 až 0,8	interní kalibrace externí kalibrace
ITC Zlín	-50 až 1100	0,5 až 1,1	
KSQ	400 až 1600	1,4 až 2,4	
MEROS	-40 až 1100	0,5 až 1,5 0,2 až 2,0	interní kalibrace externí kalibrace
ARCELOR MITTAL	0 až 1600	0,7 až 3,5	
MSP GLOBAL	50 až 900	3,3	
OKMP	-30 až 1200	1,0 až 3,0	
PEMIT	-25 až 1100	0,15 až 1,8	

SAFINA	400 až 1600	0,7 až 1,5	
SYNTHESIA	0 až 1100	0,2 až 1,2	
TZUS Č. Budějovice	-40 až 1100	1,8 až 3,2	
TERMOSONDY	-30 až 1554	0,3 až 2,1	
TESTING CENTER	0 až 1500	0,7 až 3,0	
Třinecké železářny	100 až 1200	1,4	
ÚJV ŘEŽ	-196 až 1250	0,3 až 1,0	
VÚCHZ	0 až 1100	0,2 až 1,5	
W PLUS	0 až 550	0,3	
ŽDB Bohumín	0 až 1100	0,6 až 1,9	

Tabulka 3: Skleněné teploměry (ST)

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
ČEZ	-30 až 250	0,03 až 0,04	
ČHMÚ	-30 až 90	0,02	
ENERGIZE	0 až 200	0,08	
EXATHERM	-30 až 360	0,02 až 0,14	
GASCALIBRATION	-30 až 120	0,08	
ITC Zlín	-30 až 350	0,06 až 0,35	
LABMET	-30 až 250	0,10 až 0,15	
Lesák Zeman	-30 až 650 !!!	0,03 až 0,4	
MEROS	-40 až 300	0,07 až 0,15 0,2	interní kalibrace externí kalibrace !!!
OKMP	-30 až 200	0,05 až 0,2	
PEMIT	-25 až 200	0,06	
SYNTHESIA	-35 až 420	0,015 až 0,25	
SZÚ	0 až 250	0,04 až 0,08	
TZUS Praha	0 až 160	0,1 + 0,001 MH	
TZUS Č. Budějovice	-10 až 200	0,1 až 0,3	
TERMOSONDY	-30 až 200	0,07 až 0,3	
Třinecké železářny	-20 až 200	0,1 až 0,15	
ÚJV ŘEŽ	-30 až 140	0,03 až 0,07	
VFN	-40 až 200	0,04 až 0,08	
VÚCHZ	0 až 250	0,05 až 0,25	

Tabulka 4: Indikační teploměry, měřicí řetězce (ITMR)

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
Bilavčík PRIMA	-40 až 1200	0,04 až 2,9	přímoukazující + měřicí řetězce
BLUE PANTHER	-15 až 350	0,25 až 0,50	
ČEZ	-30 až 600 -20 až 600	0,02 až 0,06 0,1 až 0,5	přímoukazující měřicí řetězce
ČHMÚ	-30 až 90	0,02 (lázeň) 0,12 (klimakomora)	
DEKRA	-30 až 140	0,08	přímoukazující
ENERGIZE	-30 až 1100 -30 až 1100	0,23 až 1,2 0,38 až 1,7	analogové a digitální měřicí řetězce
EXATHERM	-30 až 360	0,02 až 0,12	elektronické
EZÚ	-20 až 420 -50 až 250	0,05 až 0,20 0,3 až 0,5	elektronické teplotní komory
GASCALIBRATION	-30 až 120	0,1	číselníkové
IC ENERGO	0 až 550	0,1 až 0,4 0,1 až 0,7	interní kalibrace externí kalibrace
ITC Zlín	-50 až 1100	0,2 až 1,1 0,3 až 2,1	analogové a digit. externí kalibrace
JD Dvořák	-70 až 400 -70 až 150	0,15 až 0,32 0,15	tep. a klimat.komory charakterizace
KSQ	-10 až 300 -50 až 1600	0,2 až 0,8 0,07 až 2,4	tlakové, bimetalové elektronické
LABMET	-30 až 250 -80 až 1000	0,06 až 0,14 0,07 až 2,1	elektronické měřicí řetězce, komory, charakterizace
Lesák Zeman	-30 až 650 -30 až 1100	0,03 až 0,40 0,05 až 1,7	elektronické, přímoukazující měřicí řetězce, charakterizace
MEROS	-40 až 1100	0,05 až 1,5 0,2 až 2,0	interní kalibrace externí kalibrace
ARCELOR MITTAL	0 až 450 0 až 1600	0,7 až 1,2 0,2 až 3,6	dilatační elektronické
MSP GLOBAL	0 až 650	0,20 až 0,32	digitální, bimetalické
OKMP	-30 až 1200 50 až 400	0,1 až 3,0 0,2 až 0,5	digitální, přímoukazující blokové kalibrátory

OK SERVIS	-80 až 155	0,05 až 0,6	elektronické, měřicí řetězce
PEMIT	-25 až 600	0,06 až 0,4	přímoukazující
SYNTHESIA	-35 až 1100 -50 až 1100	0,05 až 1,2 0,1 až 1,5	přímoukazující měřicí řetězce
SZÚ	0 až 1000	0,04 až 2,1	
TZUS Praha	0 až 160 -40 až 1200	0,2 0,2 až 2,0	přímoukazující měřicí řetězce
TZUS Č. Budějovice	-40 až 1100 -10 až 200	0,03 až 3,2 0,2 až 0,8	elektronické tlakové, bimetalové
TERMOSONDY	25 až 300 -30 až 400 -80 až 1600	1,0 až 4,0 0,1 až 2,1 0,1 až 2,2	dotykové bimetalové, přímoukazující měřicí řetězce
TESTING CENTER	30 až 600	1,9	přímoukazující
TESTO	-30 až 450 (15 až 40) 30 až 275	0,04 až 0,35 (0,45) 1,2 až 3,8	digitální (kal. v komoře) dotykový
Třinecké železářny	-20 až 1200 0 až 1200	0,2 až 1,5 1,0 až 5,0	elektronické měřicí řetězce
ÚJV ŘEŽ	-196 až 650	0,03 až 0,21	digitální
VFN	-40 až 200	0,04 až 0,08	digitální
VÚCHZ	0 až 1100	0,03 až 1,5	přímoukazující
W PLUS	0 až 550	0,02 až 0,2	přímoukazující

Tabulka 5: Bezdotykové teploměry (IR)

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
BLUE PANTHER	-15 až 500	0,5 až 2,2	IR teploměry, termokamery
DEKRA	-30 až 140	0,5 až 0,7	IR teploměry
MEROS	-20 až 500	1 °C nebo 0,5% MH 2 °C nebo 1,5% MH	interní kalibrace externí kalibrace
ARCELOR MITTAL	200 až 1600 600 až 1600	4,5 9,8 až 17	IR teploměry jasové
TZUS Č. Budějovice	-30 až 550	1,2 až 2,7	IR teploměry, termovize
TERMOSONDY	-25 až 1100 900 až 1400	0,7 až 5,0 10 až 12	IR teploměry jasové
TESTING CENTER	70 až 1500	4 !!!	pyrometry

TESTO	-30 až 150	1,5	IR teploměry
Třinecké železářny	30 až 1500	5 !!!	radiační

Tabulka 6: Ostatní

AKL	Rozsah (°C)	CMC (°C)	Pozn.
BLUE PANTHER	-200 až 800	0,04 až 0,25	simulace termočl.
	-200 až 800	0,012 až 0,21	simulace odpor.
ČEZ	-30 až 600	0,02 až 0,06	snímače s převodníkem
ČHMÚ	-30 až 90	0,2	termografy
EKOSOND	100 až 1100	0,24 až 2,5	simulace termočl.
EZÚ	-250 až 1820	0,14 až 0,50	simulace termočl.
	-200 až 800	0,05 až 0,14	simulace odpor.
ITC Zlín	-50 až 850	0,06	simulace odpor.
MEROS	-100 až 1800	0,1 %	simulace měřících řetězců
ARCELOR MITTAL	-200 až 1820	0,4 !!!	simulace termočl.
	-200 až 850	0,03 !!!	simulace odpor.
PEMIT	-25 až 600	0,07 až 0,4	převodníky teploty
SYNTHESIA	0,01	0,015	TBV
TERMOSONDY	-80 až 1820	0,09 až 0,57	simulace termočl.
	-40 až 850	0,16	simulace odpor.
W PLUS	0 až 550	0,02 až 0,2	převodníky teploty
ŽDB Bohumín	0 až 1660	1,5 až 4,0	simulace termočl.
	0 až 850	1,2	simulace odpor.

Z uvedených tabulek vyplývají nejen měřené rozsahy AKL na českém trhu, ale také způsob uvádění CMC (sporné případy jsou označeny !!!). Z tabulek je zřejmé i druhové rozdělení, simulace výstupních signálů mají laboratoře obvykle mezi elektrickými veličinami. Pouze jediná laboratoř nabízí měření v trojném bodu vody, měření v malých květách pevných bodů není v ČR od akreditovaných laboratoří dostupné. Laboratoře ČMI jsou z přehledu vyjmuty. Metoda je téměř bez výjimky uváděna v příloze OA číslem interního kalibračního postupu. V některých případech je toto doplněno příslušnou normou nebo všeobecně uznávaným dokumentem, ze kterého interní kalibrační postup vychází. Typy měřidel nebo zařízení korespondují s kategoriemi uvedenými v tabulkách. Nejobvyklejším rozsahem měření je rozmezí (-30 až 420) °C u odporových snímačů teploty a (-30 až 1100) °C u termoelektrických snímačů teploty a elektronických teploměrů. Tyto tři druhy měřidel jednoznačně ve struktuře převažují.

2.2. REŠERŠE SUBJEKTŮ AKL S AKREDITOVANÝM OBOREM TEPLoty – EVROPA

Do rešerše jsou vždy zahrnuty všechny AKL příslušné země s výjimkou národních metrologických orgánů, které by mohly zkreslovat běžnou úroveň komerčních laboratoří. V Evropě je zvykem oddělovat v příloze OA kalibrace v laboratoři (část A) a mimo stálé laboratorní prostory (část B – „in situ“). Vyznačení není tedy pouze hvězdičkou jako v ČR, protože CMC pro obě varianty se obvykle liší. V uvedených hodnotách CMC jsou vždy sloučeny obě varianty, protože rozdíly CMC nejsou zásadní.

SLOVENSKO:

Akreditační orgán SNAS, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 16, rozdělení podoborů obvyklé až na výjimky (kalibrace pájecích zařízení), specialitou jsou tzv. expertní měření v oboru teploty objevující se u několika laboratoří.

OST – měřicí rozsah (-80 až 660) °C, CMC (0,01 až 0,87) °C; objevuje se i CMC v jednotce odporu nebo CMC definovaná jako lineární funkce teploty

TST – měřicí rozsah (-80 až 1550) °C, CMC (0,2 až 6,2) °C

ST – měřicí rozsah (-80 až 360) °C, CMC (0,03 až 3,0) °C; CMC často odstupňována podle velikosti dílku, v jednom případě uvedena jako násobek velikosti dílku

Indikační teploměry elektronické i číselníkové – měřicí rozsah (-80 až 1550) °C, CMC (0,05 až 8,0) °C; CMC je velmi často deklarováno jako násobek dílku nebo rozlišení

IR – měřicí rozsah (30 až 1550) °C, CMC (0,8 až 5,6) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-200 až 1800) °C, CMC 0,02 °C u OST, (0,2 až 1,8) °C u TST

Převodníky teploty – měřicí rozsah (-40 až 650) °C, CMC (0,15 až 0,9) °C

Regulátory teploty – měřicí rozsah (-45 až 1100) °C, CMC (0,4 až 8,0), opět vazba mezi CMC a velikostí dílku, rozlišení

Povrchové teploměry – měřicí rozsah (-20 až 300) °C, CMC (0,4 až 1,5) °C

Měření teplotních polí – rozsah měření (0 až 100) °C, CMC 0,01 °C

Kalibrace pájecích zařízení – rozsah měření (200 až 500) °C, CMC (1 až 2) °C

Expertní měření – rozsah měření (-40 až 1100) °C, CMC (0,4 až 8) °C

MAĎARSKO:

Akreditační orgán NAT, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 26 (velmi vysoký celkový počet AKL ... 108), rozdělení podoborů obvyklé až na drobné výjimky (kalibrace prepínačů), přílohy OA jsou obtížně čitelné, protože jednotlivé veličiny nejsou odděleny. Ve všech oborech je vysoký počet laboratoří s velmi malým rozsahem i počtem jednotlivých veličin, velmi časté je uvádění tří hodnot CMC v dílčím rozsahu (mezní hodnoty a zvolená mezilehlá), jedna z laboratoří má na příloze hodnoty CMC uvedeny na 2 až 5 platných míst.

OST – měřicí rozsah (-90 až 850) °C, CMC (0,04 až 1,3) °C

TST – měřicí rozsah (-90 až 1200) °C, CMC (0,02 až 3,2) °C

ST – měřicí rozsah (-40 až 600) °C, CMC (0,05 až 0,6) °C

Indikační teploměry elektronické i číselníkové – měřicí rozsah (-60 až 1200) °C, CMC (0,05 až 1,7) °C

IR – měřicí rozsah (-30 až 2000) °C, CMC (0,2 až 49) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-250 až 2320) °C TST, (-250 až 850) °C OST; CMC (0,02 až 9,2) °C u TST, (0,01 až 2,0) °C u OST; raritou je

laboratoř deklarující simulace termočlánekových signálů v rozsahu (-250 až 2316) °C c deklarovanou CMC (0,02 až 0,035) °C, simulace provádí největší počet laboratoř (16 z 26)
Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-20 až 100) °C, CMC (0,08 až 0,5) °C

Teplotní žárovky – měřicí rozsah (960 až 2700) °C, CMC (3,6 až 4,6)

Povrchové teploměry – měřicí rozsah (0 až 500) °C, CMC (0,45 až 1,3) °C

Teplotní přepínače – rozsah měření (-80 až 650) °C, CMC (0,15 až 0,5) °C

MĚŘIDLA TEPLoty – kategorie, která se vyskytuje často a slučuje jak snímače teploty všech druhů, tak snímače s indikační jednotkou – rozsah měření (-90 až 1200) °C, CMC (0,018 až 1,3) °C

RAKOUSKO:

Akreditační orgán ÖKD při Ministerstvu mládeže a tělovýchovy, počet laboratoř akreditovaných v oboru teploty 5 (velmi nízký celkový počet AKL ... 22), rozdělení podoborů obvyklé, přílohy OA rakouských a německých laboratoř uvádějí vždy na začátku výčet akreditovaných oborů, umožňující snadné hledání, na trhu jsou dvě dominantní laboratoře TESTO a ISOCAL.

OST – měřicí rozsah (-80 až 660) °C, CMC (2 až 10) mK v pevných bodech, (0,01 až 0,5) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-80 až 1200) °C, CMC (0,02 ? až 1,5) °C

ST – neuvedeny

Indikační teploměry elektronické i číselníkové – měřicí rozsah (-80 až 1200) °C, CMC (0,045 až 2,0) °C

IR – neuvedeny

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-250 až 1820) °C; CMC (0,12 až 2,5) °C; jediná země, kde laboratoř uvádí i **nejistotu CJC** (srovnávací konec termočláneků) 0,3 °C

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-80 až 95) °C, CMC (0,035 až 0,25) °C

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-80 až 1200) °C, CMC (0,065 až 1,6) °C

Kyvety pevných bodů – měřicí rozsah (Hg až Zn), CMC (2,0 až 3,5) mK

Klimatické komory – rozsah měření (-70 až 90) °C, CMC (0,3 až 0,7) °C

NĚMECKO:

Akreditační orgán DKD DAR, počet laboratoř akreditovaných v oboru teploty 74, nejdetailnější rozdělení podoborů, přílohy nejpřehlednější, jednotlivé rozsahy měření nejlépe specifikované, cca 15 komerčních laboratoř pracuje s kyvetami pevných bodů, velmi široký výběr v oblasti kalibrací odporových teploměrů a simulací výstupních signálů snímačů teploty, indikační teploměry nejsou zastoupeny jako samostatná kategorie, vždy společně se snímači, CMC simulací občas uvedeno v jednotkách elektrických veličin.

OST – měřicí rozsah (-196 až 962) °C, CMC (0,35 až 50) mK v pevných bodech, (0,005 až 1,0) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-50 až 1600) °C, CMC (0,2 až 4,0) °C

ST – měřicí rozsah (-196 ? až 600) °C, CMC (0,01 až 0,6) °C

Indikační teploměry elektronické i číselníkové – samostatně nezastoupeny

IR – měřicí rozsah (-20 až 6000) °C, CMC (0,2 až 60) °C ... **největší rozsah v Evropě**

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-200 až 2000) °C TST, (-200 až 850) °C OST; CMC (0,05 až 1,0) °C u TST, (0,005 až 0,7) °C u OST;

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-70 až 180) °C, CMC (0,07 až 2,0) °C

Povrchové teploměry – měřicí rozsah (50 až 500) °C, CMC (0,8 až 4,0) °C

MĚŘIDLA TEPLoty – kategorie, která se opět vyskytuje často a slučuje jak snímače teploty všech druhů, tak snímače s indikační jednotkou (indikační teploměry) – rozsah měření (-196 až 1200) °C, CMC (0,005 až 4,5) °C

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-50 až 1300) °C, CMC (0,05 až 0,5) °C do 650 °C; (0,5 až 4,5) °C do 1300 °C

Kyvety pevných bodů – měřicí rozsah (Hg až Al), CMC (0,5 až 9,0) mK

Teplotní a klimatické komory – rozsah měření (-90 až 1200) °C, CMC (0,08 až 5,0) °C

Termostatické kapalné a fluidní lázně – rozsah měření (-70 až 660) °C, CMC (0,01 až 0,1) °C

Převodníky teploty – rozsah měření (-90 až 1300) °C, CMC vždy jako součet CMC příslušného snímače dle přílohy OA + (0,1 až 0,5) °C

Prodlužování a kompenzační vedení termočlánků – rozsah měření (0 až 40) °C, CMC 0,07 °C

Diference teploty – rozsah měření (3 až 180) K, CMC (20 až 60) mK ... **jediná laboratoř, jediná země**

Měřicí můstky – poměr R_M / R_0 (0 až 4), střídavé ... CMC (1 až 3) x 10⁻⁶; stejnosměrné ... CMC (2 až 3) x 10⁻⁶ ... **jediná laboratoř, jediná země**

POLSKO:

Akreditační orgán PCA, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 27, v OA se velmi často objevuje jediná hodnota CMC pro celý (a široký) rozsah měření, hodnoty CMC jsou v mnoha případech překvapivě příznivé, několik laboratoří pracujících s kyvetami pevných bodů, přílohy OA obsahují zvláštnost – výpis všech pracovníků laboratoře včetně jména, funkce a velmi podrobného rozpisu jeho pracovní náplně v jednotlivých oborech, CMC simulací občas uvedeno v jednotkách elektrických veličin.

OST – měřicí rozsah (-40 až 650) °C, CMC (0,5 až 18) mK v pevných bodech, (0,005 až 0,5) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-40 až 1560) °C, CMC (0,3 až 1,1) °C

ST (společně s číselníkovými) – měřicí rozsah (-50 až 650) °C, CMC (0,005 až 1,0) °C

ITMR – měřicí rozsah (-200 až 1350) °C, CMC (0,003 ? až 1,5) °C

IR – měřicí rozsah (-18 až 1500) °C, CMC (1,1 až 2,1 ?) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-270 až 1820) °C TST, (-270 až 850) °C OST; CMC (0,01 ? až 0,7) °C u TST, (0,005 až 0,7) °C u OST;

Blokové kalibrátory, pece, kapalinové termostaty – měřicí rozsah (-40 až 1200) °C, CMC (0,02 až 2,6) °C

Převodníky teploty, procesní kalibrátory, regulátory – rozsah měření (-270 až 1820) °C, CMC (0,002 ? až 0,3) °C

FRANCIE:

Akreditační orgán COFRAC, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 55, největší AKL je LNE (Laboratoire National de metrologie et D'Essais), která má 34 poboček, ale její OA obsahuje pouze metody, kalibrovaná měřidla a používané normy. Jediná příloha LNE s uvedením CMC shrnula všechna měřidla do jedné kategorie s celkovým rozsahem (-60 až

1500) °C a jedinou hodnotou CMC 0,01 °C, a podobně simulace s celkovým rozsahem (-270 až 1820) °C s jedinou hodnotou CMC 0,005 °C. V laboratořích se objevují nestandardní pevné body (olovo, antimon), nejistota je někdy uvedena včetně znaménka a na 3 platné číslice. **Na příloze OA** je vždy uveden i **pracovník akreditačního orgánu**, který laboratoř posuzoval. Sloučení více kategorií měřidel do jediné kolonky není jen u laboratoře LNE, objevuje se i u jiných laboratoř. Většina laboratoř je akreditována na malý rozsah měření převážně v oboru indikačních teploměrů. Zcela chybí kategorie infrateploměrů, oproti tomu je detailně rozdělována kalibrace měřidel pomocí procesních kalibrátorů na měření / simulaci a při simulaci TST jsou zastoupeny obě varianty – se zapnutou i vypnutou kompenzací studeného konce (CJC). Rozsahy a nejistoty simulací jsou uváděny výhradně v elektrických veličinách.

OST – měřicí rozsah (-253,15 až 962) °C, CMC (2 až 10) mK v pevných bodech Ar až Zn, (0,01 až 1,9) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-180 až 1550) °C, CMC (0,06 až 0,9) °C v pevných bodech H₂O až Au, (0,09 až 4,5) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-80 až 300) °C, CMC (0,01 až 0,3) °C

ITMR – měřicí rozsah (-80 až 1550) °C, CMC (0,005 až 6,1) °C

IR – nezastoupeny (vzhledem k rozsahu oboru poměrně překvapivé)

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-100 až 100) mV u TST, (10 až 400) Ω u OST; CMC (1,0 až 16) μV u TST, (2,0 až 100) mΩ u OST;

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-40 až 170) °C, CMC (0,20 až 0,85) °C

Povrchové teploměry – nezastoupeny

Měřidla teploty pro přepravu zmrazeného a chlazeného zboží – rozsah měření (-25 až +10) °C, CMC (0,2 až 0,6) °C

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-80 až 420) °C, CMC (0,2 až 0,3) °C

Kyvety pevných bodů – nezastoupeny

Teplotní a klimatické komory – rozsah měření (-30 až 160) °C, CMC (0,2 až 0,6) °C

VELKÁ BRITÁNIE:

Akreditační orgán UKAS, počet laboratoř akreditovaných v oboru teploty 97, rozdělení podoborů podobně detailní jako u německých laboratoř. Do kalibračních tepelných zařízení je zahrnuto měření v jednom nebo více bodech včetně zjišťování teplotních profilů. Nejistota při kalibraci termoelektrických článků vyrobených z polotovaru bývá vázána i na průměr drátu. Simulace výstupních signálů TST jsou opět rozděleny na měření s / bez kompenzace CJC. U procesních kalibrátorů je striktně oddělena jejich kalibrace a používání (dvě metody s rozdílnou U_c). K zamyšlení jsou údaje jedné z laboratoř, která oblast simulací pokrývá následovně:

TST drahé kovy ... rozsah (-200 až 1800), U_c = 0,2 °C pro celý rozsah

TST obecné kovy ... rozsah (-200 až 1370), U_c = 0,06 °C pro celý rozsah bez kompenzace, 0,22 °C celý rozsah s kompenzací

OST ... rozsah (-200 až 800), U_c = 0,0017 °C pro celý rozsah.

Raritou je akreditovaná **kalibrace OST a TST v syté páře** (rozsah 105 °C až 130 °C, U_c 0,16 °C), specialitou je také kalibrace fluidních lázní v rozsahu (50 až 700) °C s nejistotou (0,1 až 0,5) °C. V kategorii „**Teplotní zařízení**“ se skrývají různé druhy teplotních komor – sušárny, pece, inkubátory, sterilizátory, klimakomory, mrazicí boxy, autoklávy, kapalně termostatické lázně atd.

OST – měřicí rozsah (-196 až 962) °C, CMC (0,07 až 40) mK v pevných bodech N₂ až Ag, (0,002 až 3,0) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-196 až 1600) °C, CMC (0,02 až 0,25) °C v pevných bodech H₂O až Ag, (0,05 až 5,0) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-80 až 450) °C, CMC [(0,01 až 0,23) °C + (1/5 až 1/2) dílku stupnice]

ITMR – měřicí rozsah (-196 až 1750) °C, CMC [(0,003 až 5) °C + **u**ROZLIŠENÍ]

IR – měřicí rozsah (-30 až 2500) °C, CMC (1,0 až 7,5) °C

Černá tělesa pro kalibrace IR – měřicí rozsah (-10 až 1600) °C, CMC (0,8 až 2,0) °C ... **velmi málo zastoupená kategorie v oboru teploty, přitom nanejvýš žádoucí**

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-250 až 2316) °C TST, (-270 až 850) °C OST; (0 až 2600) °C u IR – **jediná země se simulací výstupu z IR snímačů teploty**; CMC (0,03 až 2,2) °C u TST, (0,0017 až 1,2) °C u OST; (2,0 až 3,0) °C u IR teploměrů

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-70 až 180) °C, CMC (0,04 až 1,2) °C

Povrchové teploměry – nezastoupeny (překvapivě vzhledem k rozsahu činností)

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-90 až 1300) °C, CMC (0,01 až 0,6) °C do 650 °C; (0,6 až 10) °C do 1300 °C ... **v této kategorii jsou zahrnuty i přenosné mikrolázně**

Kyvety pevných bodů – nezastoupeny

Teplotní zařízení – rozsah měření (-196 až 1600) °C, CMC (0,1 až 8,0) °C

Prodlužování a kompenzační vedení termočlánků – rozsah měření (-196 až 250) °C, CMC (0,15 až 1) °C ... poměrně velký rozsah kalibrace, důvody nejasné (použití vedení v extrémních podmínkách ???)

Převodníky teploty – rozsah měření (-85 až 650) °C, CMC (12 až 60) mK

Kalibrace CJC (referenčního konce termočlánku) – rozsah měření (-1,0 až +30) °C, CMC (0,003 až 0,55) °C ... **19 laboratoří, jediná země**

ŠPANĚLSKO

Akreditační orgán ENAC, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 37, rozdělení podoborů standardní. Simulace výstupních signálů TST jsou opět rozděleny na měření s / bez kompenzace CJC, u procesních kalibrátorů je striktně oddělena jejich kalibrace a používání (dvě metody s rozdílnou U_c). V kategorii „**Teplotní zařízení**“ se opět skrývají různé druhy teplotních komor – sušárny, pece, inkubátory, sterilizátory, klimakomory, mrazicí boxy, autoklávy, kapalné termostatické lázně atd. Španělsko má nejpropracovanější způsob uvádění U_c u teplotních zařízení. Na příloze OA je každé z nich uvedeno samostatně a v celém pracovním rozsahu je vždy uvedeno samostatně rozmezí U_c pro měření stability, homogenity a proměření teplotního pole spojené s kalibrací měřidla. Stejný způsob uvádění U_c je také u blokových pícek, kde je přidáno i měření vlivu zátěže bloku (různý počet a průměry snímačů). Uvádění nejistot detailně vychází z německého předpisu **DKD-R 5-4** resp. z dokumentu **EURAMET/cg-13/v.01 (EA-10/13): Kalibrace blokových kalibrátorů teploty**. U autoklávů je dokonce vždy definován rozsah tlaku, při kterém platí U_c, u inkubátorů bývá i měřený rozsah koncentrace CO₂ včetně nejistoty měření.

OST – měřicí rozsah (-196 až 800) °C, CMC (1,0 až 20) mK v pevných bodech Ar až Al, (0,009 až 1,8) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-80 až 1600) °C, CMC (0,3 až 2,0) °C v pevných bodech Sn až Cu, (0,2 až 4,9) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-100 až 550) °C, CMC (0,01 až 2,5) °C

ITMR – měřicí rozsah (-196 až 1600) °C, CMC (0,01 až 4,9) °C

IR – měřicí rozsah (-50 až 1600) °C, CMC (0,07 až 9,0) °C

Černá tělesa pro kalibrace IR – měřicí rozsah (-50 až 1600) °C, CMC (0,3 až 4,3) °C ...

velmi málo zastoupená kategorie v oboru teploty, přitom nanejvýš žádoucí

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-200 až 1800) °C TST, (-200 až 850) °C OST; CMC (0,08 až 5,9) °C u TST; (0,009 až 1,3) °C u OST

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-40 až 180) °C, CMC (0,15 až 1,2) °C

Povrchové teploměry – nezastoupeny

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-50 až 1200) °C, CMC (0,005 až 5,0) °C pro měření stability; (0,02 až 5,4) °C pro měření homogenity; (0,05 až 6,5) °C pro měření teplotního pole; (0,05 až 7,0) °C pro měření vlivu zátěže ... **v této kategorii jsou zahrnuty i přenosné mikrolázně**

Kyvety pevných bodů – pouze kyveta TBV H₂O, CMC 0,25 mK

Teplotní zařízení – rozsah měření (-80 až 1200) °C, CMC (0,003 až 3,0) °C pro měření stability; (0,007 až 6,4) °C pro měření homogenity; (0,07 až 8,0) °C pro měření teplotního pole

Prodlužování a kompenzační vedení termočlánků – rozsah měření (0 až 50) °C, CMC (0,2 až 0,6) °C

ITÁLIE

Akreditační orgán SIT, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 32, rozdělení podoborů standardní. Simulace výstupních signálů je na příloze uváděna bez vztažných rozsahů, pouze odkazem na rozsah vyplývající z příslušné normy. Takový způsob považují za poněkud zavádějící. V kategorii „**Teplotní zařízení**“ se opět skrývají různé druhy teplotních komor, občas se objeví U_c na 3 platné číslice. U všech skleněných a indikačních teploměrů (elektronické, analogové, měřicí řetězce atd.) je CMC důsledně uváděna na OA rovníci typu:

$$2 \cdot \sqrt{0,22^2 + u_{\text{ris}}^2} \text{ °C}$$

kde u_{ris} je složka nejistoty rozlišení měřidla a hodnota 0,22 °C je standardní nejistota zbývajících složek.

OST – měřicí rozsah (-196 až 650) °C, CMC v pevných bodech neuvedena; (0,03 až 1,0) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-196 až 1550) °C, CMC v pevných bodech neuvedena; (0,2 až 4,7) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-80 až 550) °C, CMC [(0,04 až 0,1) °C + **odečitatelnost dílku stupnice**]

ITMR – měřicí rozsah (-196 až 1550) °C, CMC [(0,02 až 4,8) °C + **u_{ROZLIŠENÍ}**]

IR – měřicí rozsah (50 až 1400) °C, CMC (3,0 až 6,0) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – bez uvedení rozsahů a typů měřidel; CMC [(0,05 až 0,4) °C + **u_{ROZLIŠENÍ}**]

Teplotní zařízení – rozsah měření (-80 až 1200) °C, CMC (0,08 až 2,5) °C

ŠVÉDSKO

Akreditační orgán SWEDAC, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 10, rozdělení podoborů standardní. CMC simulace výstupních signálů je na příloze OA uváděna jak ve fyzikální veličině (°C), tak v elektrických veličinách. V kategorii „**Teplotní zařízení**“ se opět skrývají různé druhy teplotních komor, CMC je často uváděna nesprávně včetně

znaménka. Přílohy OA nemají jednotný charakter, nejsou na nich uvedeny ani pracovníci s právem podpisu KL. Švédsko bylo zvoleno jako příklad severské země.

OST – měřicí rozsah (-80 až 660) °C, CMC (1,6 až 15) mK v pevných bodech Hg až Al, (0,01 až 0,1) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-50 až 1300) °C, CMC (0,07 až 0,1) °C v pevných bodech Sn až Ag, (0,07 až 2,0) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-60 až 500) °C, CMC (0,035 až 0,6) °C

ITMR – měřicí rozsah (-80 až 1300) °C, CMC (0,015 až 1,6) °C

IR – měřicí rozsah (-10 až 550) °C, CMC (2,0 až 3,0) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-80 až 1500) °C *TST*, (-200 až 850) °C *OST*; CMC (0,05 až 0,6) °C u *TST*; (0,005 až 0,2) °C u *OST*

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-80 až 1100) °C, CMC (0,014 až 1,0) °C

Teplotní zařízení – rozsah měření (-80 až 1100) °C, CMC (0,0024 až 2,2) °C

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-20 až 160) °C, CMC (0,15 až 1,4) °C

ŠVÝCARSKO

Akreditační orgán SCS, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 14, rozdělení podoborů standardní. CMC simulace výstupních signálů je na příloze OA uváděna ve fyzikální veličině (°C) bez rozlišení typu. V kategorii „**Teplotní zařízení**“ se opět skrývají různé druhy teplotních komor. Přílohy OA jsou podobně precizní jako u německých laboratoří – vždy uvádějí všechny odpovědné osoby, datum první a poslední akreditace, údaje o datech všech provedených změn, webový odkaz na stránky laboratoře apod. Kalibrace bývají často rozděleny podle typu použitého termostatu, nikoliv podle typu měřidla. CMC pak platí pro všechna měřidla kalibrovaná v uvedeném typu lázně. Švýcarsko a následující Belgie jsou příkladem menších evropských zemí.

OST – měřicí rozsah (-196 až 660) °C, CMC v pevných bodech neuvedena, (0,001 až 0,7) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-196 až 1500) °C, v pevných bodech neuvedena, (0,1 až 2,1) °C porovnáním

ST – neuvedeny

ITMR – měřicí rozsah (-196 až 1500) °C, CMC (0,02 až 1,7) °C

IR – neuvedeny

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-210 až 1820) °C bez uvedení typů měřidel; CMC (0,02 až 4,0) °C

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-196 až 600) °C, CMC (0,02 až 0,3) °C

Teplotní zařízení – rozsah měření (-80 až 1300) °C, CMC (0,1 až 3,0) °C

Povrchové teploměry – měřicí rozsah (20 až 400) °C, CMC (0,7 až 1,5) °C

BELGIE

Akreditační orgán BELAC, počet laboratoří akreditovaných v oboru teploty 10, rozdělení podoborů standardní. Vzhledem k malému počtu laboratoří je poměrně bohatá struktura podoborů včetně kalibrací *OST* pomocí kyvet pevných bodů.

OST – měřicí rozsah (-196 až 660) °C, CMC (1,0 až 25) mK v pevných bodech N₂ až Al, (0,004 až 6,6) °C porovnáním

TST – měřicí rozsah (-196 až 1300) °C, v pevných bodech neuvedena, (0,05 až 2,6) °C porovnáním

ST – měřicí rozsah (-100 až 440) °C, CMC (0,01 až 5,0) °C ... často sloučeno s teploměry číselníkovými (bimetalové, tlakové)

ITMR – měřicí rozsah (-196 až 1600) °C, CMC (0,004 až 6,5) °C

IR – měřicí rozsah (50 až 1600) °C, CMC (2,0 až 3,0) °C

Simulace (kalibrace indikátorů a měřicích tras) – měřicí rozsah (-200 až 2316) °C TST, (-200 až 800) °C OST; CMC (0,15 až 0,84) °C u TST; (0,03 až 0,23) °C u OST

Blokové kalibrátory, pece – měřicí rozsah (-100 až 650) °C, CMC (0,05 až 0,4) °C ... včetně mikrolázní

Kalibrace teploměrů v klimakomorách – měřicí rozsah (-40 až 70) °C, CMC (0,08 až 0,8) °C

3. VÝBĚR HARMONIZAČNÍCH BODŮ

Na jednání technického výboru kalibračních laboratoří (TV KL) při ČIA byli ustanoveny jednotlivé pracovní skupiny pro harmonizaci přístupu odborných posuzovatelů k posuzování kalibračních laboratoří. Bylo stanoveno 15 bodů, které by měly být předmětem harmonizace přístupu odborných posuzovatelů pro oblast teploty. Řešitelé tohoto úkolu oslovili všechny AKL, jejichž akreditovaným oborem jsou kalibrace teploměrů, téměř 30 českých výrobců teplotních snímačů a odborné posuzovatele ČIA v oboru teploty s tím, aby zaujali svá stanoviska k jednotlivým harmonizačním tématům. Ve stanoveném termínu (10.6.2010) jsme měli k dispozici pouze 5 názorů z kalibračních laboratoří, do zahájení zpracování průběžné zprávy jsme obdrželi ještě 3 názory, bohužel, pouze jediný, byť zprostředkovaný, z okruhu odborných posuzovatelů, do zpracování konečné zprávy poslali své stanovisko ještě dva posuzovatelé. Do konečné zprávy jsou došlé názory zpracovány s tím, že ke každému tématu jsou jednotlivé názory sumarizovány, je přidáno stanovisko řešitele a návrh harmonizačního závěru.

3.1. TÉMATA HARMONIZACE V OBLASTI TEPLoty

3.1.1. Sjednocené vyjadřování CMC (nejistot) u odporových a termoelektrických snímačů teplot a u snímačů s převodníkem na unifikovaný elektrický signál... v jednotce výstupní veličiny nebo v jednotce fyzikální veličiny?

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Většina názorů preferuje vyjadřování nejistot v jednotce fyzikální veličiny tj. ve °C oproti vyjádření v jednotce výstupní veličiny. Osvědčení je především určeno zákazníkům, kteří nemusí být znalí v přepočtech a vyjádření ve °C je názornější. Snímače teploty mohou mít tři základní druhy výstupních signálů:

- odporové snímače teploty ... Ohm
- termoelektrický snímač teploty ... mV
- snímače teploty s převodníkem ... unifikovaný signál (nejčastěji mA)

Měřicí schopnosti jednotlivých laboratoří by měly být snadno porovnatelné mezi sebou, což umožňuje lépe právě vyjádření ve fyzikální veličině. Tento způsob uvádění nejistot je také ve světě obvyklý až na výjimky. Pro přepočet mezi veličinami by měla být k dispozici převodová charakteristika.

Příznivci vyjadřování U_c v jednotce výstupního signálu (menšina) argumentují tím, že elektrický výstup se dále zpracovává. U snímače jde vlastně o funkci převodníku fyzikální veličiny na elektrickou a určit teplotu je kdykoliv možné pomocí přepočtového vztahu.

Stanovisko řešitele

S vyjádřením většiny posuzovatelů lze souhlasit. Většina evropských AKL uvádí CMC v základních jednotkách ($^{\circ}\text{C}$, K). Objevují se sice i jiné způsoby (Slovensko), do jisté míry je pochopitelné uvádět CMC v elektrických jednotkách, za nejproblematictější považují uvádění CMC ve formě závislosti na teplotě nebo elektrickém výstupu vzhledem k nelineární charakteristice snímačů. Porovnání reálných hodnot uváděných na kalibračních listech je komplikované.

Vyjádření CMC na příloze OA je jeden ze způsobů uvádění nejistot, otázka směřovala k obecnějšímu řešení – uvádění nejistot i na kalibračních listech. Veškeré technické podklady obvykle preferují uvádět měřené hodnoty i nejistoty v jednotkách výstupního signálu, protože ten je skutečně měřen. KL by měl být zákazníkovi srozumitelný a proto si dovolím citaci z názoru jednoho z posuzovatelů:

„Když je zákazníkovi vystaven KL termoelektrického snímače typu K s hodnotami teploty etalonu T_e ($^{\circ}\text{C}$), hodnotami výstupního signálu snímače X (mV) a nejistotou U_c (mV), tak ho donutíme zakoupit normu, naučit se exponenciální rovnici a derivování této funkce. Pokud bude alespoň trochu znalý, zvládne to i s trojčlenkou (numerické derivování). Pokud tedy uvedu nejistotu v jednotkách měřené veličiny, musí zákazník při stanovení nejistoty měření v **provozu** nejprve „naše“ mV přepočítat na $^{\circ}\text{C}$ – tím jsme ale zákazníkovi moc nepomohli.“

Je zřejmé, že nejen nejistoty, ale i naměřené hodnoty by měly být uváděny tak, aby byla výsledná tabulka jednoduše interpretovatelná. Jako ideální se jeví struktura tabulky ve formě:

T_e ($^{\circ}\text{C}$)	X (mV, Ω)	Y ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta_{\text{čSN}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	U_c ($^{\circ}\text{C}$)
------------------------------	---------------------	----------------------------	--	------------------------------

kde T_e je přepočtená teplota na jmenovitou hodnotu (je třeba dodržet max. odstup při měření např. reálná hodnota se nastaví v toleranci ± 1 $^{\circ}\text{C}$ od jmenovité, aby interpolace nebyla chybná), X je výstupní hodnota snímače (podle typu), Y je přepočtená hodnota výstupního signálu na teplotu (musí být uvedena norma, podle které byl přepočet proveden), $\Delta_{\text{čSN}}$ je odchylka údaje snímače od normy a U_c příslušná nejistota měření. Nejistota může být paralelně uvedena i v jednotce výstupního signálu. Pozor je třeba dát na validaci při použití výpočtových SW. Jako vždy je rozhodující přání zákazníka, proto lze uvedená doporučení akceptovat přednostně, pokud si zákazník nepřeje jinou formu. Dnes se používají i přesné digitální teploměry s univerzálním použitím, které mají implementovaný přepočet podle normy (pro různé typy TST i OST). Laboratoře mohou mít kalibrovaný výstup ve fyzikální veličině a elektrický výstup snímače k zobrazení hodnot prakticky nepoužijí. Všechny kalibrátory elektrických veličin dnes dokáží interpretovat výstupy teplotních snímačů s vysokou přesností (viz položky simulací u evropských laboratoří).

Jistou výjimku tvoří KL sekundárních etalonů 1. a 2. řádu, které jsou vyhodnocovány odchylkovou funkcí podle ITS 90, ale tam jde spíše o problém AKL, která musí umět s takovým KL pracovat, provádět podle něj kontrolu stability etalonu, správně zadat konstanty charakteristiky teploměru do vyhodnocovacího SW nebo do etalonového vstupu kalibračních pícek.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Problém má dvě roviny - vyjadřování nejistot (CMC) v příloze OA a na kalibračním listu. Týká se obecně všech převodníků fyzikálních veličin na veličiny elektrické, v oboru teploty tedy u OST, TST a obou těchto typů včetně převodníků. U ostatních měřidel teploty nepřichází prakticky v úvahu. Doporučení:

a) V příloze OA musí být uvedeny CMC jednotně v jednotkách teploty. Jakýkoliv jiný způsob vyjádření vede k dezorientaci zákazníků (typickým příkladem jsou převodníky na unifikovaný signál, který reprezentuje min. 6 typů výstupů), komplikované struktury přílohy OA a problémům při posuzování laboratoří.

b) V případě kalibračního listu preferujeme strukturu dat tak, jak je uvedena ve stanovisku řešitele. Zákazník ale může požadovat různé způsoby vyjádření měřených hodnot a nejistot jak v jednotkách teplotních, tak jednotkách výstupního signálu. Přístup ke struktuře měřených údajů na KL nelze harmonizovat, odborný posuzovatel by měl posuzovat každý případ individuálně a především prověřit, zda zvolený způsob odpovídá kalibrační metodice laboratoře a není zavádějící. Mělo by být dodrženo pravidlo, kdy číselná hodnota výsledku a jí odpovídající nejistota budou uvedeny ve stejných jednotkách.

3.1.2. Sjednocení názoru na použití přenosného kalibrátoru (kalibrační pícky) jako etalonu ... pokud ano, za jakých podmínek.

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Většina názorů sice nesouhlasí s použitím přenosných kalibračních pícek jako s přímým etalonem, ale svým způsobem tuto možnost připouští. Preferováno je použití pícky jako zdroje teplotního pole a jeho kontrolu zajistit externím nezávislým etalonem. Teplotní indikátor pícky nemusí být v tomto případě kalibrován. Homogenizační bloky lze upravit tak, aby umožňovaly současnou kalibraci více snímačů teploty. Pro jednu kalibrační pec můžeme mít k dispozici libovolný počet bloků pro různé průměry teplotních sond. Za jistých podmínek lze vložit kalibrovaný snímač a referenční etalon do stejného otvoru. Na výsledku měření se může podílet i druh měřeného snímače (termoelektrické snímače měří bodově v místě spoje měřicího konce, odporové snímače teploty mají vlastní čidlo delší a záleží na axiální homogenitě měřicího otvoru). Jestliže mám dosáhnout slušné homogenity kovového bloku, platí u něj ještě důrazněji obecná zásada, aby rozměry a materiál etalonu odpovídal co nejlépe kalibrovanému snímači.

Pro použití samotné kalibrační pícky s vlastním indikátorem jsou argumenty následující. Jestliže je tato možnost deklarována výrobcem a vyplývá z jeho dokumentace, nelze ji zakázat. V rámci laboratoře si mohou pracovníci sami provést porovnání měření stejného typu měřidla ve stejných teplotních bodech v termostatické lázni a v kalibrační peci. Při kalibraci přenosné pece je nezbytné detailně popsat podmínky kalibrace – jednoznačně identifikovat blok, kterého se týká; stanovit ponor měřidla resp. etalonu při kalibraci, mít zmapovány vlastnosti bloku z hlediska homogenity i stability. V příloze OA by bylo vhodné specifikovat detailněji podmínky, za kterých CMC platí. Jestliže kalibrujeme měřicí řetězec teploty, jehož dovolená chyba je v řádu jednotek °C, pak je použití samotné pícky akceptovatelné. Možnost použití externího etalonu by měla být v každém případě. Při rozhodování nejlépe laboratoři napoví výsledek mezilaboratorního porovnání.

Stanovisko řešitele

Původním účelem přenosných tzv. blokových kalibrátorů skutečně bylo měření teplotních řetězců „bez demontáže“ (v uvozovkách proto, že snímač se musí demontovat vždy). První kalibrační pícky měly pouze vestavěný regulátor teploty s indikací, jehož snímač byl zabudován ve vhodném místě pevného termostatického bloku. Použití externích etalonů bylo možné pouze s dalším měřidlem (multimetr, elektronický teploměr). Dnešní možnosti přenosných kalibrátorů můžeme shrnout následovně:

- Kromě použití homogenizačních bloků existují varianty s tzv. mikrolázní, které pracují s různými typy termostatických kapalin (většinou olejů). Existuje i přenosná solná lázeň. Pro použití v terénu mají tyto lázně značné omezení, protože vyžadují

dostatek prostoru a větší rovnou horizontální plochu. Jejich vlastnosti jsou ale srovnatelné se stabilními lázněmi.

- Mezi přenosnými kalibrátory můžeme vybírat podle velikosti měřených snímačů od tzv. kalibrátorů typu „Fast temperature“ (o málo větší než dlaň, průměry bloků od cca 13 mm, ponor od 100 mm, rychlost náběhu na max. teplotu cca 5 až 7 minut, rozsah obvykle do 400 °C) až po pícky s průměrem bloku do 70 mm a ponorem až 280 mm, které se chovají podobně jako lázně a jmenovitý rozsah (dnes od -100 °C do 1200 °C) nabíhají 2 hodiny i více. Tento typ kalibrátorů už má název „přenosný“ jen proto, že jej lze přemístit v rámci laboratoře. Pro externí výkony je naprosto nevhodný.
- Původně jednozónové topení pícek (střed výšky bloku) dnes často nahrazuje dvou- až třízónové topení výrazně zlepšující axiální homogenitu. Kalibrátory větších rozměrů umožňují samostatné nastavení topných zón podle zátěže pícky a velikosti teploty. Zjišťování regulačních parametrů je časově velmi náročné. Nejnovější pícky jsou vybaveny násobným termočlánkem, který axiální homogenitu hlídá a reguluje výkon jednotlivých topných zón.
- Většina kalibračních pícek dnes nabízí řadu příslušenství: mikrolázeň s magnetickým míchadlem (jde o záměnu lázně s blokem, mikrolázně citované výše jsou určeny pouze pro termostatické náplně), homogenizační blok s měřením teploty pod povrchem dotykové plochy (určeno pro kalibraci povrchových snímačů teploty), vkládací destička černého tělesa s nezávislým měřením teploty zavrtaným snímačem (příslušenství pro kalibrace infrateploměrů), speciální přípravky, kterými se urychluje chlazení bloku (ventilace bloku stlačeným vzduchem) atd.
- Univerzální kalibrační pícky jsou vždy vybaveny vstupem pro externí etalon (OST nebo TST typu S podle rozsahu), vstupem pro kalibrovaný snímač (OST ve 2- až 4-vodičovém zapojení a TST různých typů), umožňují nahrát charakteristiku použitého etalonu, testovat teplotní spínače, nastavovat průběhy kalibračních režimů (tzv. rampy), používat řízenou rychlost chlazení (důležité především u odporových teploměrů zatížených nad 420 °C) a samozřejmě celý proces kalibrace lze automatizovat.

Z uvedeného je patrné, že výrobci se snaží závislost na externím etalonu eliminovat. Pro kalibraci blokových kalibračních pícek navíc platí postup EURAMET/cg-13/v.01 (EA-10/13), který vychází z německého DKD-R 5-4. Úplná kalibrace přenosné kalibrační pícky zahrnuje :

- Kalibraci interního měřidla
- Určení axiální a radiální homogenity
- Stanovení vlivu zátěže (počtu a rozměrů vložených snímačů)
- Určení stability
- Stanovení vlivu odvodu tepla

Přes takto změřenou a stanovenou nejistotu měření musíme počítat s tím, že se kalibrátor bude používat pro úplně jiné snímače, než byly při testování k dispozici. Vlastnosti bloku se musí odhadnout nebo provést dodatečná měření (časově neúnosné). Proto preferujeme používání externího etalonu speciálně u pícek, které mají samostatný etalonový vstup s indikací. Pro použití je dále nutné prověření termostatických vlastností (homogenita, stabilita) alespoň v typických bodech použití (viz ostatní body harmonizace).

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Použití kalibračních pícek bude vždy závislé na druhu kalibrovaných měřidel. Pro skleněné teploměry lze akceptovat pouze mikrolázně, kde dochází k přestupu tepla konvekcí. Při posuzování je nutné zvážit typy skleněných teploměrů, které laboratoř kalibruje

(především možnost použití plného ponoru). Mikrolázně lze také akceptovat u číselníkových teploměrů, kde speciálně tlakové teploměry lze měřit pouze v kapalných lázních.

Pro ostatní typy měřidel (TST, OST, elektronické teploměry, měřicí řetězce teploty) je možné použití homogenizačních bloků. Při posuzování by měla být prověřena rozměrová vhodnost kalibrovaných snímačů (podle dokumentu EA 10/13 je max. vůle otvoru 0,5 mm do teploty 600 °C a 1 mm do 1200 °C, snímače by neměly přesáhnout vnější průměr stonku 6 mm), ponor, způsob použití (měření v samostatných otvorech nebo v otvoru společném) a počet současně měřených snímačů. Způsobu použití by měla odpovídat stanovená CMC. Použití interního snímače jako etalonu je obvykle možné pro měřidla (řetězce) s konečným rozlišením 0,1 °C a horším a s dovolenou tolerancí, která je násobkem rozlišení (bohužel stále existují požadavky na přesnosti řetězců, která jsou totožné s jejich rozlišením nebo jen o málo horší; v tom případě nepomůže žádná metoda a zákazník se vyjádření nedočká). Pro zlepšení homogenizace bloku lze používat izolační vatu (Sibral), ale musí být zachováno proudění vzduchu kolem pevného bloku pícky. Jestliže není používán externí etalon, musí laboratoř předložit kalibrační list interního snímače resp. celého měřicího řetězce. Při použití externího snímače musí být tento platně navázán, kalibrace pícky nutná není. Ve všech uvedených případech ale musím znát teplotní pole pícky tj. stabilitu a homogenitu (axiální, radiální) bloku nebo lázně. Problematiku tedy nelze harmonizovat ve smyslu způsobu použití pícky s externím nebo interním etalonem, ale lze harmonizovat postup posuzování a kritéria, uvedená v předchozím textu a posoudit tak oprávněnost použití navrženého laboratoří.

3.1.3. Přístup k převodníkům teploty s výstupním protokolem typu HART, Profibus apod. ... vybavení laboratoře, uvádění nejistot, pravidla pro kalibrování jednoho nebo více výstupů měřidla, podklady pro nastavení kalibrovaného rozsahu, vyznačení změn kalibračních koeficientů (štítek nebo jen na KL) apod.

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Obdobný problém byl řešen také v úkolu týkajícího se oboru tlaku a řešení je v mnohém naprosto stejné. U digitálních výstupů ba mělo být jednoznačně definováno, čím byl odečet proveden. Pokud datový přenos funguje, nemá vliv na nejistotu měření. Laboratoř musí mít k dispozici komunikátor HART, ale nemusí být majetkem laboratoře, stačí zapůjčený od zákazníka. Podle dokumentu EA 10/17, platného v oboru tlaku, by měla být provedena kalibrace každého výstupu samostatně. Rozhodující je ale vždy požadavek zákazníka, což je i požadavek ČSN EN 17025. Laboratoř musí mít k dispozici manuál pro nastavení (přestavení opět na základě požadavku zákazníka) a veškerá nastavení uvést na kalibrační list. Označení měřidla je spíše věcí uživatele měřidla. Jestliže je měřeno více výstupů, lze zpracovat buď samostatné kalibrační listy nebo uvést všechna měření na jediný. Kalibrační listy jsou často zpracovávány pomocí sw produktů, které nemusí umožnit vložení více měření na jediný protokol. Povinnost uvádění hodnot před a po nastavení je zřejmá z normy.

Stanovisko řešitele

V zásadě souhlas s uvedeným, korespondence s oborem tlaku je na místě. Požadavek zákazníka má dominantní roli a laboratoř na něj musí být připravena. Do značné míry lze využít výstup z ÚTR Harmonizace v oboru tlaku.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Při kalibraci by měly být měřeny ty výstupy, které požaduje zákazník. Způsobnost laboratoře odpovídá řešení z ÚTR v oboru tlaku (povinnost vhodného typu HART komunikátoru nebo procesního kalibrátoru s příslušným protokolem – Hart, Modus,

Fieldbus, Profibus atd. Každý požadovaný výstup musí být kalibrován samostatně (lze měřit současně při nastavené teplotě) a uvádět buď na samostatné KL nebo ve formě samostatných tabulek měřených hodnot na jediném KL (vždy označení typu výstupu vztažně k tabulce hodnot). Na KL musí být uvedeny hodnoty použitého nastavení (většinou jde o ofsety, strmosti linearizovaných závislostí, kalibrační konstanty atd.) stejně jako hodnoty před nastavením.. Platná návaznost měření výstupních veličin je samozřejmostí. U validovaných komunikačních prostředků nelze požadovat další zkoušení, pouze např. SW produkt vyvinutý laboratoří by měl být vylisován vhodnou metodou. Použití kalibračních štítků s informací na měřidle o nastavení kalibrovaného výstupu lze doporučit, ovšem nikoliv vyžadovat. Souběžně vydávaný KL obsahuje jednoznačně veškeré potřebné informace ohledně rozsahu kalibrace i nastavení. Používání štítků bude vždy v kompetenci zákazníka (u měřicích řetězců je toto nejmarkantnější – někteří zákazníci vyžadují detailní štítek s údaji, někteří jen štítek informativní a někteří požívají výhradně štítky vlastní, na které přenášejí údaje z KL podle svých zvyklostí). Tento přístup lze považovat za harmonizovaný.

3.1.4. Sjednocení referenčních podmínek a jejich přípustných tolerancí při kalibraci měřidel teplot.

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Určité sjednocení je možné pro kalibrace prováděné v laboratoři, ale u externích výkonů záleží na konkrétních podmínkách prostředí, kde je kalibrace požadována a na vlastnostech použitého měřicího zařízení. V zásadě se vždy vychází ze specifikací používaných měřidel. Nejběžnější referenční podmínkou digitálních měřidel je teplotní závislost, kdy referenční podmínky bývají v rozmezí $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Řada přístrojů ale umožňuje korekce na okolní podmínky, sjednocování je pak velmi sporné. Objevilo se i striktní odmítnutí snahy o sjednocení s odvoláním na to, že každá laboratoř má jiné podmínky. Přísnějším požadavkům než je výše uvedená tolerance teploty by se laboratoře mohly bránit. Trochu odlišná může být situace u skleněných teploměrů kalibrovaných při částečném ponoru, kde výsledek měření je ovlivněn i teplotou vyčnívajícího sloupce. Tam ale rozhoduje teplota bezprostředně nad lázní, která se může výrazně lišit od teploty laboratoře. Největší citlivost na teplotu prostředí má použití referenčních odporových normálů u měřicích můstků. Jejich teplotní závislost by měla být známa, obvyklá referenční teplota je definována $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Jako určitý průnik názorů lze uvést tvrzení, že není podstatné sjednocení referenčních podmínek, ale způsob zahrnutí jejich vlivu do stanovení nejistoty měření.

Stanovisko řešitele

Referenční podmínky při měření v laboratoři skutečně ovlivňují především použitá měřidla (multimetry, měřicí můstky, odporové normály). Tomu musí být přizpůsobeny (přesné můstky mají teplotní kontrolu a v případě překročení ohlásí přetížení). U skleněných teploměrů je teplota vyčnívajícího konce při částečném ponoru měřenou veličinou. Referenční teplota v uvedeném rozmezí je akceptovatelná. Není zmíněn vliv vlhkosti a barometrického tlaku, který není omezující (vlhkost může hrát roli u odporových snímačů). Přesné měřicí můstky jsou choulostivé na okolní elektrická a magnetická pole a mechanické otřesy, které musí být vyloučeny.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Přístup k referenčním podmínkám je poměrně jednoznačný a lze ho snadno harmonizovat. Dominantní je referenční teplota, ostatní veličiny v obvyklém rozmezí měření prakticky neovlivňují. Základem pro stanovení referenční teploty jsou používané přístroje.

Multimetry mají obvykle stanovenou referenční teplotu v rozmezí $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Mimo toto rozmezí definují výrobci teplotní závislost, kterou je možné použít, ale prakticky se to neprovádí. Uvedené rozmezí teploty je typické pro všechna měření.

Při použití měřicích můstků s referenčními odporovými normály je třeba ohlídat referenční teplotu kalibrace normálu, která může být $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ nebo $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. V laboratoři ČMI lze kalibrační teplotu dohodnout podle použití. Pro lepší tepelnou pohodu i pro soulad s použitím multimetrů nebo jiných měřidel je vhodnější jmenovitá teplota $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

Samostatnou kapitolou jsou externí kalibrace. Při těchto výkonech obvykle neuvádíme měřicí můstky ani multimetry, ale digitální teploměry na kalibračních píčkách nebo samostatné např. s využitím procesních kalibrátorů. S výjimkou výkonů přímo v terénu (měření na potrubních systémech) lze většinou vystačit s rozmezím $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. V horkých provozech je problém s horní hranicí speciálně v letním období. Procesní kalibrátory i slušné digitální teploměry a indikace přenosných píček mají stanovené teplotní závislosti, které musíme při překročení mezí respektovat. Při vyhodnocení nejistoty např. výpočtem v excelovské tabulce je zahrnutí vlivu teploty jednoduché.

3.1.5. Sjednocení přístupu ke zjišťování vlastností termostatických lázní, kalibračních pecí, klimatických komor apod., jejichž homogenita a stabilita se významně podílí na nejistotě měření teploměrů.

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Všeobecná shoda je v nutnosti naplnění požadavku dokumentovaného prověření vlastností termostatických zařízení všech typů. V názorech se objevila doporučená lhůta platnosti těchto měření 5 let, požadavek určitého sjednocení způsobu prověřování vlastností i vytvoření obecného postupu. Hlavní zásady jsou zřejmé – pomocí vhodných teplotních snímačů se měří ve zvolených teplotách vybrané prostorové body termostatu. Možná chyba snímačů se eliminuje záměnou snímačů. Bylo by možné stanovit určitá pravidla pro výběr bodů, ve kterých je homogenita a stabilita zjišťována, pravidla pro počet a velikost měřených teplot, četnost provádění, stanovit dobu pro měření stability lázní a požadavky na měřicí techniku. V těchto oblastech je tedy prostor pro sjednocení požadavků. Výsledky MPZ ale nejlépe ukáží, jestli laboratoř nastavila parametry lázní správně či nikoliv. Rozbor těchto výsledků (obzvláště v případech, kdy je En blízko hodnoty 1 nebo opačně téměř nulové) by měl být standardní praxí v laboratoři. Na základě ústní dohody s posuzovatelem Ing. Kazdou by stálo za to uspořádat seminář o způsobu zjišťování parametrů lázní např. v rámci činnosti ČKS.

Stanovisko řešitele

Základní zásady jsou uvedeny v předchozím textu. Dokumentace měření stability a homogenity je nezbytná, měla by se týkat nejen stabilních zařízení, ale i přenosných kalibračních pecí. V termostatických lázních je vhodné vymezit pracovní zónu (jiné chování lázně u stěn a ve středu prostoru, určit si minimální vzdálenost od stěny), proměření homogenity a stability provést alespoň ve dvou teplotách, výdrž na teplotě pro určení stability by měla korespondovat s max. dobou odečtů (cca 15, max. 30 minut). K měření lze využít záznamových teploměrů (dataloggerů), obvykle je nutné vyšší rozlišení (lázně až $0,001 \text{ }^\circ\text{C}$). U blokových kalibrátorů je kritický otvor pro etalon a největší otvor bloku. Doporučovaná vůle průměru otvorů je uvedena výše. V tomto duchu lze stanovit harmonizační požadavky s přihlédnutím k druhům používaných termostatů.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Způsob zjišťování parametrů lázní zcela harmonizovat nelze, ale určitě lze harmonizovat přístup k těmto měřením z hlediska intervalu měření (obvykle min. 1x za 5 let), volbě měřeného prostoru v zařízení, který se řídí rozměry, použitím lázně a typem měřidel a stanovení stabilizačního rozmezí termostatu. Měřidla prostorových parametrů nemusí být etalony, ale musí být stabilní a měla by být kalibrována s minimální nejistotou. Ideální je, když si měření provede sama laboratoř, protože současně pozná chování regulace termostatu i prostorové chování náplně (např. jak daleko od stěny termostatu je stálá střední teplota lázně). Pro měření homogenity a stability teplotních komor a blokových pícek lze využít příslušných dokumentů, které se stanovením zabývají (viz soubor dokumentace v příloze). Pro kapalinové termostaty nebo kalibrační stolní pece žádné předpisy neexistují a hlavní zásady jsou uvedeny v textu posuzovatelů. U pecí je měření nejkomplicovanější (nejlépe násobný termočlánek podle typu komory a druhu vytápění – jedno- nebo vícezónové). Při posuzování lze akceptovat alespoň proměření stability v místě měření a odhad homogenity podle podkladů výrobců. Při kalibraci je pak podmínkou dodržení stále stejného ponoru. V těchto intencích lze přistoupit k harmonizaci posuzování této oblasti. Lze souhlasit s názorem, že rozhodující budou výsledky MPZ, které potvrdí nebo vyvrátí stanovené nejistoty od vlivu termostatických lázní.

3.1.6. Lze zahrnout do společné kategorie teploměry číselníkové, elektronické analogové a elektronické digitální a používat společný kalibrační postup? Jaký název zvolit pro tuto kategorii měřidel? (Často používáno označení „přímoukazující“ ... nemá oporu v žádné normě, ale termín direct reading je v terminologii běžný, současný název „indikační teploměry“ má oporu v normě, ale také má svá úskalí. Oba termíny lze použít i pro teploměry skleněné, které naopak mají samostatné kalibrační postupy a obvykle tvoří i samostatnou kategorii).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Většinové stanovisko se kloní ke společnému postupu, ale s diferencovaným přístupem k základním kategoriím měřidel (číselníkové, elektronické analogové a digitální). Postup lze většinou aplikovat i na měřicí řetězce (externí výkony). Některé názory požadují ke společnému postupu kontrolní výpočet nejistot pro všechny typy měřidel zahrnutých do postupu. Skleněné teploměry jsou jednoznačně z této kategorie vyloučeny ve všech názorech odborné veřejnosti. Objevil se i názor na samostatný postup pro teploměry s odpojitelnou sondou (společný postup pro měřicí řetězce) nebo společný postup s výjimkou převodníků. Toto téma není většinou doporučeno k harmonizaci, protože některé laboratoře mají samostatné postupy, některé společné a rozporovat jednotlivé přístupy nelze (viz tabulky v bodu 2.1.). Problematické je vyjádření odborníků k názvosloví – názory jsou různé, někdy bylo vyjádření odmítnuto bez zdůvodnění. Část názorů se kloní k využití termínu „direkt reading“, někteří vstřebali nový termín „indikační teploměry“, objevují se i vlastní návrhy (přímoměřicí).

Stanovisko řešitele

Hlavní zásadou by mělo být, aby kalibrační postup byl jednoznačný, snadno posouditelný, maximálně přístupný pro pracovníky laboratoře (podle postupu by měl pracovat např. i nový pracovník laboratoře), rozumného rozsahu a jednoduše aplikovatelný. Když se podíváme na evropský přehled, je velmi častá kategorie „měřidla teploty“ slučující jak snímače samotné, tak snímače s indikačními jednotkami včetně číselníkových teploměřů a řetězců. Vytvoření takového univerzálního postupu tak, aby byl v souladu s požadavky akreditace, je podle názoru řešitele spíše komplikací pro laboratoř. Jedinečným příkladem

jsou španělské laboratoře, které sice mají kalibrace teplotních zařízení jako společnou kategorii, ale v přílohách uvádějí CMC podle typu zařízení (sušárna, inkubátor, sterilizátor, termostat s kapalnou náplní atd. – každé zařízení jedna kolonka v příloze). U každého typu zařízení je uvedeno rozmezí CMC pro měření stability, homogenity a teplotního pole. Přílohy nabývají gigantických rozměrů, posuzování takové laboratoře musí být problematické (pouhá klasifikace zařízení do příslušných kolonek a nalezení odpovídající CMC je zážitek). Na druhé straně je mnoho evropských laboratoří, které mají např. zcela samostatnou kategorii číselníkových teploměrů nebo je tato skupina sloučena se skleněnými teploměry. Ani tento přístup nelze zcela vyloučit, pokud je metodika kalibrace stejná. U nás jednoznačně převažuje názor, že skleněné teploměry by měly mít svůj postup, sloučení elektronických a číselníkových do jednoho postupu možné je stejně jako použití názvů „indikační“ nebo „přímoukazující“. Podstatný je obsah, nikoliv název postupu.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Pokud se týká terminologie, není harmonizace na místě, protože terminologická shoda nepanuje obecně ani ve světě. Oba uvedené termíny (indikační versus přímoukazující) charakterizují základní princip odečtu – přímá indikace fyzikální veličiny. Obsah postupu by měl tento název naplnit.

Jednoduché je naplnění obsahu postupů u základních kategorií – odporové snímače s validací postupu v souladu s L [23, 24, 81 až 83, 87], termoelektrické snímače s validací postupu podle L [25 až 27, 78 až 80, 88], skleněné teploměry s validací postupu podle L [86 a souboru norem třídy 25 v úvodu přehledu dokumentace], číselníkové teploměry s validací postupu podle L [34] a bezdotykové teploměry s validací podle L [67 až 69, 97, 99, 102]. Pro elektronické teploměry neexistuje obdoba dokumentu z oboru tlaku (EURAMET/cg-17/v.01), který platí pro tzv. elektromechanické tlakoměry a pokrývá oblast převodníků tlaku i digitálních tlakoměrů. Pro indikační teploměry musíme použít jakýsi kompilát sestavený z požadavků podle L [51 až 53], případně použít kritéria z norem citovaných u základních kategorií. Pro harmonizovaný přístup by bylo možno použít nejběžnější (rozumné) kombinace měřidel v jednom postupu tak, jak se běžně vyskytují v evropských laboratořích:

- odporové snímače samostatně
- odporové snímače a indikační teploměry s odporovými snímači (včetně měřicích řetězců)
- termoelektrické snímače samostatně
- termoelektrické snímače a indikační teploměry s termoelektrickými snímači (včetně měřicích řetězců)
- skleněné teploměry samostatně
- skleněné a číselníkové teploměry
- indikační teploměry (zahrnující číselníkové, elektronické analogové a digitální teploměry, měřicí řetězce)
- bezdotykové teploměry
- simulace výstupních signálů snímačů teploty

Tyto varianty jsou podle řešitele snadno posouditelné, ostatní kombinace měřidel v jediném postupu zůstávají na zvážení posuzovatele. V každém případě musí postup jednoznačně uvádět, kterých typů měřidel se týká a pokud jde o odlišná měřidla, musí obsahovat popis metodik měření každého z nich, způsob vyhodnocení včetně nejistot měření a MPZ by mělo proběhnout pro všechna odlišná měřidla uvedená v postupu.

3.1.7. Je současný způsob rozdělení měřidel teploty dostatečný a vyhovující? Jaká kritéria volit pro odstupňování CMC? Přístup k vyjadřování CMC ve vazbě na měřený rozsah (viz extrém ... jediná hodnota CMC např. v rozsahu -40 °C až 600 °C). Sjednocení postupu vytváření BMC resp. CMC (využití postupů a protokolů Eurametů pro akceptaci CMC, které jsou rozčleněné podle měřidel).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Lze akceptovat i vyjádření jediné hodnoty CMC, ale musí tomu odpovídat rozsah měření. Některá vyjádření v dosavadních přílohách OA jsou opravdu sporná. Objevilo se i doporučení uvádět CMC ve formě matematického vztahu, speciálně u měřidel, která mají tímto způsobem popsanou přesnost v podkladech od výrobce. Rozdělení měřidel vesměs vyhovuje, je standardní, prověřené praxí a do tohoto rozdělení lze zařadit i nové typy měřidel. Odlišení rozsahů ve vazbě na CMC spadá plně do kompetence laboratoří, protože je závislé na přístrojovém vybavení (především rozsahy používaných etalonů a termostatických lázní, pecí, klimakomor apod.). Stanovení BMC svádělo k tomu uvést co nejlepší hodnotu prakticky pro celý měřicí rozsah, ale taková praxe neříká vůbec nic o měřicích schopnostech laboratoře. Zásady dokumentu EA 4/02 by měly být základním zdrojem při tvorbě CMC.

POZNÁMKA ŘEŠITELE: Tuto skutečnost mělo odstranit používání CMC neboli obvyklé měřicí schopnosti měření, které by mělo přinutit laboratoř k reálným hodnotám nejistot a jejich vazbě na měřenou hodnotu. Bohužel způsob přechodu na CMC tento problém zjevně neodstraní, protože mnohdy ani není jasný způsob stanovení CMC. Filosoficky se rozhodně nejedná o pouhou změnu názvu.

Pro zákazníky je rozhodně nejlepší rozdělení podle typů měřených teploměřů a teplotních rozsahů, protože v tomto systému je nejsnazší orientace. Zákazník musí také umět s hodnotou CMC pracovat a nikoliv sledovat pouze ekonomické parametry. CMC laboratoře, jejíž hodnota je totožná s velikostí hodnoty kritéria shody (nebo vyšší), s velikostí tolerančních tříd dle norem, specifikací výrobce apod. by měla být měřítkem pro odmítnutí služby, nikoliv pouze cena za kalibraci.

Stanovisko řešitele

Z evropského přehledu je patrné, že základní rozdělení měřidel je dodržováno ve všech zemích a vyhovuje všem laboratořím, speciální kategorie jsem zmínil v úvodu. Slučování kalibrací snímačů s kalibracemi měřicích řetězců (viz předchozí bod) je sice obvyklé, ale nepovažuji ho za vhodné jak z pohledu postupů, tak z pohledu vyjádření CMC. Vyjádření CMC je skutečně závislé na zařízení konkrétní laboratoře a mělo by kopírovat např. rozsahy různých typů lázní. Osobně mám vždy problém s jedinou hodnotou CMC pro velký rozsah měření např. v kalibračních píčkách. Radiální i axiální homogenita těchto zařízení je závislá na teplotě a mělo by se to odrazit i na velikosti nejistoty. Stejný problém je u simulací spec. simulací termoelektrických napětí. Jediná laboratoř z uvedených zemí se zabývá srovnávacím koncem procesního kalibrátoru a uvádí jeho nejistotu. Nejistoty v řádu 0,01 °C nemají reálný podklad speciálně při měření u zákazníka. Protokoly Eurametů uvádějí jakousi kuchařku pro zavedení CMC národních metrologických orgánů do databáze BIPM. V té jsou uvedeny očekávané hodnoty CMC základních typů měřidel a pokud uvedeme lepší, musíme je zdůvodnit a doložit podrobným výpočtem. Obdoba musí existovat u laboratoří i v souladu s požadavky normy. Vzhledem k administrativnímu převodu BMC na CMC nelze také akceptovat jeho možné podkročení, hodnoty se nezměnily, pro podkročení není reálný důvod.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Rozdělení měřidel tak, jak je běžně používáno (odporové a termoelektrické snímače teploty, skleněné a číselníkové teploměry, elektronické teploměry analogové a digitální včetně měřících řetězců, bezdotykové teploměry), nepůsobí žádné problémy a lze ho pokládat za harmonizované i v evropském kontextu. Z rozboru evropských laboratoří je ale patrné, že mezi měřidla se dnes vklíní i různá tepelná zařízení – sušárny, inkubátory, sterilizátory, autoklávy, termostatické lázně atd. Harmonizovaný přístup k těmto „měřidlům“ je v ČR zatím nastavený tak, že hovoříme o kalibraci indikátoru/ regulátoru zařízení (povinná) a ostatní metody měření mohou být přílohou KL. Otázkou zůstává přístup k zařízením, kde se spojuje účinek více veličin – autoklávy (teplota, tlak) nebo sterilizátory (teplota, koncentrace CO₂). Jde o zkušební metody a přísně metrologicky vzato je v tomto případě správnější vystavit zkušební protokol, protokol o měření atd. V jiných evropských státech se ale tato zařízení stala součástí přílohy OA právě u kalibračních laboratoří (nejlepší vybavenost měřicí technikou) a zřejmě se ji v budoucnu nevyhneme.

Harmonizovaný přístup lze uplatnit k vyjádření CMC na přílohách OA. Jednoznačně je nejprůhlednější rozdělení hodnot CMC podle typů měřidel a rozsahů měřených teplot. Laboratoř musí mít dokumentovaný výpočet hodnot CMC a podle něj lze celkem snadno posoudit úplnost podstatných vlivů podle vybavení laboratoře a současně správný „odhad“ jednotlivých složek podle specifikací přístrojů, vlastních měření, údajů z KL etalonů apod. Protokoly Eurametů platí i pro průmyslová měřidla (ČMI má v databázi BIPM jak CMC při kalibraci etalonů, tak CMC pro oblast průmyslových měřidel teploty). Zkušený posuzovatel ale žádné protokoly nepotřebuje, pouhým srovnáním evropských laboratoří jsou zřejmé obvyklé hodnoty CMC z rozumných zdrojů a extrémní hodnoty oběma směry. Ačkoliv dokument EA 4/02 byl vytvořen v době používání BMC, jeho zásady platí obecně pro výpočet nejistot a měl by být základním harmonizačním dokumentem. Harmonizována by měla být i zásada nepodkročení CMC, protože CMC vznikla pouhou změnou názvu.

3.1.8. Lze sjednotit přístup k volbě počtu kalibračních bodů určitého typu měřidla? Je akceptovatelná jednobodová kalibrace měřidel teploty? Pokud ano, za jakých podmínek a jak ošetřit tuto skutečnost v kalibračním listu resp. na měřidle? Lze akceptovat extrapolaci a interpolaci naměřené hodnoty i vypočtené, jak přistupovat k nejistotě vypočtených bodů?

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Počet kalibračních bodů je podřízen především požadavkům zákazníka, sjednocení je tedy problematické. Přesto je většinou jistá odlišnost mezi měřením v laboratoři a měřením externím. Při měření laboratorním bývá shoda na určitém nepodkročitelném minimu – obvykle 3 body (ale doporučení i na kalibraci ve dvou bodech v blízkosti dolní a horní meze měření). Jednobodová kalibrace je téměř bez výjimky otázkou takových zařízení, jako jsou některé teplotní komory, měřicí řetězce skladů, zařízení s nepřestavitelnými parametry apod. Počet měřených bodů je cenový ukazatel, většina laboratoří uvádí standardní ceníkovou cenu za tři až pět kalibračních bodů, další body jsou řešeny příplatkovou cenou za bod. Objevily se názory na sjednocení počtu kalibračních bodů pro typická měřidla oboru stejně jako naprosté odmítnutí sjednocování. Při jednobodové kalibraci by měla být tato skutečnost zdůrazněna na kalibračním listu. Objevilo se i srovnání vícebodové kalibrace s praxí v oboru tlaku, toto srovnání ale není příliš relevantní, protože u měřidel teploty nelze zjistit hysterezi měřidel a nastavování bodů se provádí pouze v jediném smyslu zatěžování. U jednobodových kalibrací si zákazník musí uvědomit, že pracnost měření jediného bodu není 1/4 pracností měření 4 kalibračních bodů. Pokud vezmeme za základ definici kalibrace podle

slovníku VIM 3, byla by jednobodová kalibrace vyloučena (vztah mezi pravou a měřenou hodnotou nelze určit z jediného změřeného bodu).

Ohledně interpolace či extrapolace kalibrační křivky se názory liší. Některé je směřují na zákazníka (je pouze jeho věcí a také je rizikem, jak s hodnotami pracuje), jiné umožňují interpolaci jen u měřidel, která mají stanovenou měřicí závislost matematicky a u kterých je předpoklad stability (platinové odporové teploměry, termočlánky typu S). Mezi názory se objevuje i možnost interpolace nejistot, jak lineární, tak polynomem n-tého stupně ($n =$ počet měření). Extrapolace doporučována není, ale vyjádření k extrapolaci je pouze jednotlivé.

Stanovisko řešitele

Na rozdíl od tlaku neexistuje pro teplotu předpis definující minimální počet kalibračních bodů. Proto nelze zakázat např. kalibraci v jednom bodě, obtížné je také výrazné označení omezeného rozsahu kalibrace ze strany AKL např. štítkem. Požadavek jednobodové kalibrace by měl být zákazníkem odůvodněn a především on si musí být vědom důsledků. Chápu problém např. u biologických termostátů, kde po celou dobu užití je nastavena teplota 37 °C, méně už u skleněných teploměrů, kde může být jednobodová kalibrace zneužita (osobně to řeším poznámkou na KL u metodiky – „jednobodová kalibrace“). Zmíněný min. standard 3 bodů je rozumný. Interpolace viz názory, extrapolaci hodnot všechny **procesní** normy zakazují, neměla by tedy být pravidlem ani při kalibraci.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Problematika počtu měřených bodů při kalibraci je obtížně harmonizovatelná. Podívejme se na přístup validačních zdrojů – stará norma pro OST požadovala min. dva měřené body, nová norma hovoří o povinnosti jednoho bodu a druhý u snímačů třídy AA a A resp. čidel třídy W0,1 a W0,15. TPM uvádí min. 3 měřené body (pro OST i TST), požadavek min. tří bodů je i v normě pro teploměry číselníkové. L [53] stanoví pro kalibraci před dodáním alespoň 6 bodů ve 3 až 5 cyklech vzestupně i sestupně (určeno pro měřicí převodníky; pro snímače teploty naprosto nevhodné díky pracnosti a z ní plynoucí ceně pro zákazníka). L [52] odlišuje zkoušky hodnocení vlastností resp. typové zkoušky (6 až 11 měřících bodů ve 3 až 5 cyklech) a tzv. výrobní zkoušku (tam lze zařadit i kalibraci), za kterou je považován 1 měřicí cyklus v 5 bodech. Z pohledu harmonizovaného přístupu ve smyslu uvedeného lze akceptovat kalibrace ve 3 až 5 bodech automaticky, měřené teploty by měly pokrývat pracovní oblast teploměru (dolní i horní mez měřicího rozsahu případně s přesahem cca 10 % rozpětí na obě strany a střední teplotu). Jednobodové kalibrace bychom měli mít podloženy požadavkem zákazníka. Jestliže tomu tak bude, nelze je zakázat. Viditelná poznámka na KL typu „omezený rozsah kalibrace“, „jednobodová kalibrace“, „kalibrace při pracovní teplotě 121 °C“ apod. je vhodná, uvedení na štítku je plně v kompetenci zákazníka.

Otázka interpolací a extrapolací je spojena spíše s navazováním etalonů. V běžné praxi AKL jsou na KL uváděny pouze naměřené hodnoty, které jsou často upraveny na hodnoty jmenovité. Abychom mohli použít lineární interpolaci hodnot měřených na jmenovité, nesmí se měřená hodnota významně lišit od skutečné. V postupu by povolená odchylka nastavení měla být uvedena. V rámci harmonizace lze akceptovat následující odchylky jmenovitých a měřených hodnot (měření v laboratoři):

- pětinašobek velikosti dílku nebo rozlišení (termostatické lázně); u teploměrů s rozlišením 0,001 °C až dvacetinašobek rozlišení
- až ± 3 °C u horizontálních pecí
- až ± 1 °C u blokových kalibrátorů do 600 °C, do 1200 °C jako u horizontálních pecí
- až ± 1 °C a ± 1,5 % rH u klimatických komor

Při externích kalibracích je možná odchylka i větší, otázkou je, zda je dopočet jmenovitých hodnot při měření u zákazníka vhodný. Zákazník si může s hodnotami zacházet podle svého uvážení, riziko je ne jeho straně.

Při vyhodnocování snímačů teploty a etalonů se postupuje vždy v souladu s příslušnou závislostí (L [23 a 24] u odporových snímačů, L [25 a 26] u snímačů termoelektrických, ITS 90 u etalonů). Pro určení konstant polynomické závislosti je třeba min. tří měřených bodů, vhodné jsou body kontrolní, kde mohu ověřit spolehlivost výpočtu a jeho nejistotu (změřím teplotu v daném bodě, nezahrnu ho do výpočtu koeficientů, přes tyto koeficienty vypočítám teplotu v daném bodě a porovná s hodnotou změřenou). Extrapolace je v řadě předpisů zcela zakázána (např. americká norma pro tepelná zařízení AMS 2750). Při kalibraci etalonů bývá zvykem extrapolovat max. cca 5 % hodnoty vzhledem k hodnotám pevných bodů (např. Zn s teplotou tuhnutí 419,527 °C ... dopočet do 450 °C, Au s teplotou tuhnutí 1064,18 °C nebo Cu s teplotou tuhnutí 1084,62 °C ... dopočet do 1100 °C).

3.1.9. Lze zařadit měřidla povrchových teplot (dotykové teplotní sondy) do kategorie indikačních (přímoukazujících) měřidel bez omezení (jiný způsob kalibrace ... otázka samostatného postupu, jiné složky nejistoty a jiná velikost BMC, otázka samostatných MPZ, akceptovatelnost měření povrchových sond na hladině lázni při malém ponoru)?

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Mnohé názory na toto téma jsou vyhybavé, protože mnohé kalibrační laboratoře nemají zkušenosti s měřením povrchových teplot pomocí dotykových sond. Ostatní reakce se diametrálně liší. Část z nich připouští možnost zařazení do společného postupu s indikačními teploměry, jestliže je pro měření použito vyhřívané dotykové plochy se zabudovaným měřením pod povrchem. Jsou i naprosto odlišná stanoviska – zařadit je jako samostatnou metodiku s validací pomocí samostatného MPZ.

POZNÁMKA ŘEŠITELE: MPZ pro měření povrchových teplot bylo uspořádáno v roce 2009. Ze své praxe vím, že o toto porovnání byl historicky vždy značný zájem. Bohužel se to neprojevovalo při oficiálním uspořádání MPZ, zájem byl minimální. Přitom ze strany ČMI byla snaha využít výsledků MPZ k nastavení určité filosofie stanovení nejistot při povrchovém měření, protože mnohé složky nejistot je nutno v tomto případě odhadnout. Nedostatečný počet účastníků ale neumožnil statisticky plnohodnotný přístup, což je především škoda vůči vlastním laboratořím.

Obava ze subjektivní vlivů při měření a jejich kvantifikování vede k tomu, že laboratoře tuto činnost nabízejí často jako neakreditovanou. I když je postup součástí metodiky např. indikačních teploměrů, měl by být popsán samostatně. Kalibrace povrchových sond v lázni je náhražkou, která neodpovídá reálnému použití teploměru. Obdobně je tomu u dotykového vyhřívaného bloku, který je uměle izolován na měřicí ploše (např. překrytím izolační vatou). Účelem kalibrace by nemělo být měření nějakých teoretických hodnot, ale údaje by měly odpovídat praktickému použití povrchových teploměrů.

Stanovisko řešitele

Při měření povrchových teplot jde skutečně o odlišný způsob měření. Osobně zastávám názor, že měření by se mělo co nejvíce přiblížit skutečnému použití teploměru a tomu by měla odpovídat nejistota měření. Náhrady typu teplosměnných past nebo tekutin, izolace povrchu dotykové plochy, přípravky s definovanou přítlačnou silou nebo kalibrace na povrchu lázně skutečnému použití neodpovídají. Jestliže je tato metodika součástí postupu pro indikační teploměry, měla by být popsána samostatně včetně příkladu pro stanovení nejistoty měření. Ostatní viz poznámka řešitele.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Z přehledu evropských laboratoří je patrné, že existují laboratoře uplatňující metodiku samostatně včetně stanovení CMC. Zásadní problém u povrchových měření vidím ve zjevné závislosti výsledků měření na typu a konstrukčním provedení sond. Vlastní čidlo bývá termoelektrický snímač (nejčastěji), případně odporový snímač (Pt 100, polovodičový). Kalibrační postup lze harmonizovaně akceptovat v obou verzích – samostatný i součást postupu pro indikační teploměry. Ve společném postupu by mělo být povrchové měření samostatně popsáno a samostatně určeny odhady složek nejistot. Laboratoř by měla absolvovat samostatné MPZ, případně DMPZ. Primární laboratoř ČMI OI Praha se v roce 2009 vybavila tak, aby byla schopna plnit funkci pilotní laboratoře (dotykový blok s axiálním měřením v pěti bodech a extrapolací teploty směrem k měřicí ploše). Nelze zobecnit vhodnost náhrady měření na povrchu kapalně lázně. Výrazně se projevuje vliv konstrukce sondy (kompaktní sondy obvykle vykazují srovnatelné výsledky, sondy se snímačem ve formě pružných pásků už méně). Zásadou by měla být kalibrace za podmínek obdobných reálnému měření. Používání teplosměnných past by mělo být vázáno na požadavek zákazníka, přípravky na generování konstantního přtlaku sondy jsou prostředkem ke zlepšení reprodukovatelnosti měření (nejistoty měření) a ulehčením pro laboratoř. V provozu se nikdy nepoužívají. Optimistické hodnoty nejistot (díky použití past, přípravků, izolací měřeného povrchu atd.) jsou pro zákazníky zavádějící, pokud neměří stejným způsobem. Kalibrace těchto měřidel by měl vykonávat zkušený pracovník laboratoře, protože vyžadují technický cit, který rozhodně harmonizovat nelze.

3.1.10. Způsob sjednocení požadavků na laboratoř provádějící kalibrace bezdotykových teploměrů (vybavení laboratoře, způsobilost personálu, postupy, otázka vlnové délky a emisivity, návaznost černého tělesa, účast v MPZ, přístup k termokamerám, určování nejistot měření apod.).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Podle názoru řešitele jde o nejproblematictější podobor vůbec a je to patrné i z došlých reakcí. Citují se obecně platné požadavky (způsobilost personálu, samostatný kalibrační postup, zpracovaná metodika určení U_c , absolvování MPZ, znalost emisivity černého tělesa a jeho návaznost). Řešiteli šlo spíše o názory, jak tyto obecné požadavky naplňovat. Někdy laboratoře pracují pouze s černými tělesy, jindy mají i tzv. referenční pyrometr. Jako složky nejistoty jsou citovány např. nejistoty stanovení teploty černého tělesa, vliv emisivity bez detailnějšího rozboru, vliv velikosti sejmuté plochy, optické osy apod. Přístup k těmto složkám ale uveden není. Spíše se objevují požadavky na vytvoření určitého návodu k řešení sporných oblastí:

- pokud se emisivita černého tělesa blíží hodnotě 1, lze na něm porovnávat pyrometry s různou vlnovou délkou?
- jak věrohodně přepočítávat měřené údaje při rozdílné emisivitě černého tělesa a kalibrovaného infrateploměru?
- jak stanovit efektivní vlnovou délku pro výše uvedený přepočet?
- komplexní přístup k termokamerám atd.

Řešitelé připravili k tomuto tématu souborné stanovisko, protože v posledních dvou letech došlo k rozvoji pyrometrie na ČMI OI Praha a pro AKL dnes existují nové možnosti, které by se měly stát součástí akreditačního procesu z pohledu posuzování laboratoře.

Stanovisko řešitele

Zásadní problém u této metodiky vidím v tom, že až do roku 2009 neexistovala v ČR možnost proměření vlastností černého (šedého) tělesa. Přesto byly (a jsou) laboratoře

akreditovány bez znalosti nejistoty emisivity, homogenity černého tělesa, znalosti vlivu SSE (size of source effect), vlivů okolní radiace atd. Od r. 2009 začala systematická práce primární laboratoře teploty ČMI na odstranění těchto nedostatků a minimálně proměření vlastností černého tělesa by mělo být požadováno od AKL. Výrobci vesměs uvádějí emisivitu ve tvaru vyšší než ... (hodnota), ale skutečnou hodnotu včetně nejistoty této hodnoty laboratoř nezná. Pro termokamery existuje dokument OIML (pol. 83 přílohy), který popisuje problematiku měření komplexně.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Akreditace laboratoří v oblasti bezdotykového měření po harmonizaci doslova volá. Měření nelze spojit se žádnou jinou metodikou oboru teploty, v každém případě vyžaduje samostatný postup. Odborná způsobilost personálu musí být zajištěna buď osvědčením ke kalibračním bezdotykových teploměřům nebo odborným certifikátem (otázkou je, do jaké míry se zkoušky v rámci certifikace zabývají bezdotykovým měřením teploty; certifikáty na celý obor měření by mohly být koncipovány např. „metrolog v oboru teploty včetně bezdotykového měření, měřicích řetězců a simulací snímačů teploty“). Základní validační dokumenty postupů jsou L [70, 97], pro termokamery L [102] (u termokamer je možné rozlišovat pouhou kalibraci infrateploměru kamery nebo provedení komplexní verifikace kamery podle dokumentu L102). L[70] definuje tři možné postupy kalibrací bezdotykových teploměřů, které lze považovat za harmonizované:

- návaznost na černé (šedé) těleso
- návaznost na referenční pyrometr pracující na stejné vlnové délce (rozsahu vlnové délky) jako kalibrovaný teploměr
- návaznost na referenční pyrometr pracující na jiné vlnové délce než kalibrovaný teploměr

Pro splnění podmínek validace metody musíme znát u etalonových měřidel následující parametry:

ČERNÉ (ŠEDÉ) TĚLESO – teplotní rozsah, velikost aktivní plochy zářiče, nehomogenitu teploty, emisivitu, stabilitu teploty, emisní úhel (při použití apertury) a diferenci teploty mezi kontaktním teploměrem a emitujícím povrchem (pokud je teplota černého tělesa měřena referenčním kontaktním teploměrem).

REFERENČNÍ PYROMETR – teplotní rozsah, nejistotu měření, vliv vnitřní teploty čidla pyrometru na přesnost měření, dlouhodobou stabilitu, opakovatelnost, šumovou diferencii teploty (tzv. *NETD Noise equivalent temperature difference* ... vliv okolního záření), spektrální rozsah a spektrální citlivost a „Size of source effect“ (SSE – závislost spektrální citlivosti na velikosti objektu).

Zvolené metodice by mělo odpovídat vybavení laboratoře v duchu výše uvedeného, nejistota měření (resp. CMC) se stanoví také ze zdrojů uvedených výše. Přepočítávání měřených údajů je pro různé emisivity je velmi komplikované a nepřesné. MPZ, které bylo organizováno v roce 2009 pro teploty nad 500 °C stejně jako MPZ, které se právě rozbíhá, nabízí pro laboratoře pomoc při určení emisivity jejich černého tělesa. Proto je požadováno dvojí měření – při emisivitě $\varepsilon = 1$ a při emisivitě používané laboratoří. Z těchto dvou hodnot je možné laboratoři potvrdit platnost používané hodnoty ε nebo určit přesnější hodnotu. Stejně jako lze určit hodnotu ε , lze změřit i homogenitu efektivní plochy zářiče. Kalibrace černých těles evropské laboratoře začínají nabízet, u nás je možná v primární laboratoři ČMI OI Praha. Uvažovat pouze s hodnotou emisivity ze specifikace výrobce už nepovažují za dostatečné, protože je většinou uvedena ve např. formě $\varepsilon > 0,96$, ale skutečná hodnota je neznámá. Povinnost účasti v MPZ je samozřejmostí, výsledky MPZ mohou korigovat i tu

skutečnost, že některé vlivy laboratoř odhadne. Harmonizovaný přístup posuzovatele by měl vycházet z uvedených zásad.

3.1.11. Lze akceptovat zahrnutí simulací výstupních signálů teplotních snímačů do oboru teploty a za jakých podmínek (dva přístupy – kalibrace simulátorů resp. procesních kalibrátorů versus jejich používání pro simulace elektronických měřidel nebo řetězců, způsobilost personálu, MPZ, postup samostatný nebo součástí kalibračních postupů snímačů, požadavky na vybavení)?

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Otázka simulací výstupních signálů teplotních snímačů je opět velmi problematická a názory nejsou jednotné. Někdy je striktně odkázáno do oblasti elektrických veličin, jindy je připuštěno její zahrnutí do oboru teploty. Mnohdy je akceptována jen jako kontrolní činnost při identifikaci závady měřicího řetězce. Na jediné věci panuje jistá shoda – kalibrace simulátorů, lépe procesních kalibrátorů (zařízení, která simulují i měří všechny obvyklé výstupní signály v měřicí a regulační technice) je záležitostí oboru elektrických veličin. Podle některých názorů je toto měření natolik triviální, že ho lze bez problémů zahrnout do teploty a jakékoliv MPZ není nutné. Přesto odborná veřejnost připouští nutnost samostatné metodiky. Porovnáme pro zajímavost dva názory odborníků:

1. „U pracovníka laboratoře teploty se předpokládá, že umí při kalibraci připojit odporový teploměr k měřicímu zařízení dvou, tří i čtyřvodičově, zvládne připojení komunikace s převodníky s digitálním výstupem včetně instalace a použití poměrně složitých softwarů pro komunikaci, ale nesmí připojit dekádu nebo kalibrátor místo provozního čidla a simulovat jeho signál. Při kalibraci teplotních tras pomocí přenosných píček je takové množství problémů se správným umístěním čidla do jímky pece, že jejich zvládnutí mi připadá mnohem složitější, než „připojit dva dráty k dekádě a otočit několika kolečky“. Dnešní kalibrátory jsou tak jednoduché a intuitivní, že s nimi dokáže měřit i „žena v domácnosti“. Kdo tedy může tuto kalibraci provádět. Elektrikář? Umí a smí si elektrikář přepočítat signály odporových teploměrů a termočlánků všech typů na teplotu? Byl z toho školen a přezkoušen? Myslím si, že se z toho dělá velká věda. Velice bych se přimlouval za to, aby to mohli dělat „teplotáři“. Při troše dobré vůle a toleranci by se to dalo zakomponovat do kalibračních postupů pro přímoukazující teploměry. Můj názor tedy zní: **pokud je to dostatečně popsáno v kalibračním postupu tak rozhodně to smí laboratoř teploty provádět!**“
2. „Simulátory teplotních snímačů (často ve spojení s dalšími funkcemi – měření el. veličin, frekvence, generování stř. signálů....) řadím jednoznačně do oboru elektrických veličin, při jejich kalibraci se nepracuje s žádným fyzickým zdrojem teploty. Výstupní signál se měří vždy měřidly elektrických veličin a s teplotou má co do činění jen údaj o nastavované ekvivalentní teplotě ve °C (°F), u simulace termočlánků pak teplota referenčního konce. Ta je při automatické kompenzaci snímána (s určitou specifikovanou přesností) čidlem přímo na svorce přístroje, u ruční kompenzace je pak nejjednodušší nastavit 0°C. Při použití simulátorů ke kalibraci regulátorů, ukazatelů, řetězců je zařazení (teplota versus el. veličiny) méně jednoznačné. Kalibrační postup pro simulaci je však natolik odlišný od kalibrace teploměru v lázni nebo píčke, (etalony, samotný postup, analýza nejistot), že by měl být v každém případě zpracován jako samostatný. Způsobilost personálu – měla by být pro elektrické veličiny. Vybavení: měření je na první pohled jednoduché: připojit simulátor, nastavit simulovanou teplotu, zapsat hodnotu ukazatele. Možné problémy: odporové snímače – většina simulátorů generuje

náhradní odpor elektronickou simulací, tzn. že není připojen fyzický rezistor. V závislosti na měřícím proudu kalibrovaného regulátoru nebo ukazatele a na vlastnostech etalonového simulátoru může při simulaci dávat pro některé typy regulátorů nesprávné výsledky. (Podobně nemusí bez problému vycházet ani kalibrace simulátoru etalonovým multimetrem.) Zejména levnější simulátory nemívají možnost nastavení měřícího proudu při simulaci odporových snímačů, nemusí mít možnost připojení 3W a 4W, elektronicky generovaný výstupní odpor může být závislý na stavu napájecí baterie, podobně generované výstupní termonapětí. U simulace termočlánků může být problémem kompenzace teploty referenčního konce: teplota svorky regulátoru (např. instalovaného v rozvaděči) je jiná, než teplota snímaná při automatické kompenzaci přímo na svorce simulátoru. Ruční kompenzace zase předpokládá přesné změření teploty referenční svorky.

Tyto dva názory nejlépe odrážejí strukturu stanovisek odborné veřejnosti.

Stanovisko řešitele

V předchozím textu je problematika detailně popsána. Osobně preferuji názor, že zajištění návaznosti procesních kalibrátorů spadá skutečně do oboru elektrických veličin, ale použití procesních kalibrátorů je otázkou konkrétní fyzikální veličiny, kterou simulují – tlak, teplota, průtok, vodivost, pH atd. Kalibrace řetězce bez snímačů je z pohledu akreditace nedostatečná a opět zde rozhodující roli hraje požadavek zákazníka. Z pohledu praxe evropských laboratoří je zřejmé, že tato činnost je jak součástí laboratoří teploty, tak elektrických veličin. Všechny kalibrátory elektrických veličin dnes mají implementovanou teplotní funkci pro základní typy termoelektrických a odporových snímačů. Na ně lze navázat procesní kalibrátory s velmi malou nejistotou. V manuálu kalibrátorů FLUKE je popsán i způsob navázání studeného konce termoelektrických článků. Návaznost je tedy zajištěna a používání procesních kalibrátorů bych rozhodně nespojoval s požadavkem způsobilosti ve oboru elektrických veličin. Při prokazování způsobilosti v oboru snímačů teploty jde také o měření elektrických veličin, přesto stále hovoříme o oboru teploty. Názor, že simulací řešíme pouze odhalování problémů v řetězcích, není relevantní např. tam, kde se pracuje podle amerických standardů (např. již zmíněná norma AMS 2750 – viz následující bod 12.)

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

V oboru simulací lze určitě uplatnit harmonizovaný přístup. **Používání** procesních kalibrátorů k simulacím (a mnohdy současně k měření) výstupů snímačů teploty rozhodně patří do oboru teploty. Návaznost lze zajistit pomocí laboratoří elektrických veličin. Způsobilost personálu v oboru elektrických veličin není nutná, pracovník musí znát problematiku měření odporových a termoelektrických snímačů, při simulaci proudového výstupu problematiku snímačů včetně převodníku. Měl by mít i dostatečnou praxi z vlastního měření (2 až 3 roky). Ideální je samostatný kalibrační postup, ale pokud je simulace dostatečně popsána v postupu pro indikační teploměry a měřící řetězce, je přijatelná i tato forma (specifikovat i do rozsahu postupu). Vybavení laboratoře je zřejmé – buď univerzální procesní kalibrátor (FLUKE, AOIP, JOFRA, atd.) nebo jednoúčelové přístroje simulující vždy určitý druh výstupu. MPZ v tomto oboru je opět samozřejmostí, nabízí se otázka pilotní laboratoře (teplota x elektrické veličiny). Z pohledu odstupů nejistot min. 1 : 3 na tom budou lépe laboratoře elektrických veličin.

3.1.12. Sjednocení přístupu ke kalibračním měřidel teplotních a klimatických komor (ujasnění termínů kalibrace x charakterizace x validace komory, odlišení kalibrační a zkušební metodiky, stanovení podmínek pro AKL k provádění charakterizací ... např. měřené hodnoty přílohou KL ... postup pro kalibraci komor, které nemají vnější snímač teploty např. sterilizátory, otázka způsobilosti personálu, MPZ, vybavení laboratoře).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Řešitelé očekávali reakce především od subjektů, které mají tyto metodiky akreditované, ale nereagoval ani jediný. Tato problematika byla řešena v rámci TV ČIA a bylo vytvořeno stanovisko jako návod pro posuzování. Toto stanovisko je možné rozpracovat do harmonizační podoby. Z ostatních názorů lze sumarizovat následující:

- kalibraci vztahovat pouze na měřidla tj. kalibrace teploměru jako součásti klimakomory – porovnání hodnoty teploměru komory s etalonem umístěným v komoře v časovém intervalu, který nějakým způsobem pokryje periodu spínání termostatu. Popsat dostatečně na kalibrační list postup kalibrace – umístění etalonu, zaplnění komory, doba měření, četnost měření, zpracování naměřených hodnot do grafů atd. Tímto lze vystačit s kalibračním postupem pro přímoukazující teploměry.
- proměřování komor nenazývat kalibrací, při měření vycházet z postupu DKD. Diskutabilní je průkaznost takového měření, které je provedeno při nějakém zaplnění komory nebo v komoře prázdné, ale tyto podmínky se za provozu se nikdy opakovat nebudou. Otázkou je i stabilita měřených parametrů. Charakterizace komor má i výrazný ekonomický ukazatel – velký počet měřicích míst, doba měření, varianta měření při různých zaplněních ... a z toho plynoucí cena výkonu.
- někdy je efektivnější, průkaznější a spolehlivější měření samostatným externím kalibrovaným teploměrem za provozu komory, kdy si uživatel měří přímo teploty zkušební vzorku. Způsob měření, četnost a vedení záznamů o měření je plně v kompetenci uživatele.

Stanovisko řešitele:

Od 6/2010 je kalibrace komor posvěcena dokumentem Euramet L [96] a dovolím si dvě citace z dokumentu:

1. Zákazníci v mnoha případech chtějí kalibrační list co nejlevněji, například jen proto, aby splnili formální požadavky svých systémů kvality. Požadují proto někdy "jednobodovou kalibraci", například ve středu prázdné klimatické komory. Tato "kalibrace" nedává velký smysl, ale je obtížné odmítnout akreditaci pro takové služby. Nicméně, je třeba uvést v kalibračním listu potvrzení, že taková služba není kalibrací celé klimatické komory, ale např. kalibrace 1 bodu v komoře příp. uvést jiné rovnocenné vyjádření.

2. Na KL by mělo být uvedeno:

- *Podrobnosti o pracovních podmínkách a nastavených parametrech komory během kalibrace (PID, atd.)*
- *Podrobnosti o konkrétním kalibrovaném objemu a distribuce snímačů (diagram)*
- *Charakteristiky náplně komory v případě, že byla provedena kalibrace se zátěží*
- *Pokud jsou výsledky měření použity k určení dalších parametrů, tj. ke stanovení prostorového rozložení teploty / vlhkosti nebo časové stability teploty a vlhkosti, je nutné definovat způsob výpočtu spolu s nejistotou měření.*

V každém případě si uživatelé musí být vědomi toho, že chování všech teplotních skříní či pecí je funkcí náplně komory a výsledky měření platí vždy jen pro stav při kalibraci.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Plnou harmonizaci tohoto postupu zajišťuje letos vydaný dokument Euramet L [96], který má spojení „harmonizační dokument“ přímo v úvodu textu. Technicky se odvolává na L [47 až 50, 92]. Kalibrací je jednoznačně nazváno porovnání údaje etalonu s měřidlem komory, ale současně je stanovena povinnost pro kalibrační laboratoř informovat zákazníka o tom, že toto měření neříká nic o prostorovém rozložení parametrů (teploty, vlhkosti). Zjišťování parametrů komory ve smyslu předpisu DKD L [92] je proto možné uvést jako součást KL. Personální způsobilost je nutná v obou veličinách (teplota, vlhkost), k vyjádření výsledků lze použít L [47]. Dokument neřeší problematiku MPZ, úspěšné absolvování MPZ v oboru teploty (nejlépe indikační teploměry) a vlhkosti považuji za dostatečné. Realizovat MPZ přímo na klimatických komorách by bylo organizačně i technicky náročné a snad i zbytečné. Obdobně jako u simulací by byla vhodná praxe personálu v oblasti měření nebo kalibrací uvedených veličin v řádu dvou až tří let.

V oblasti čistě teplotních zařízení může automobilový a letecký průmysl požadovat měření sušáren a pecí podle zmíněné AMS 2750D SAE Aerospace „Aerospace Material Specification – Pyrometry“, která definuje požadavky na proměřování vlastností teplotních komor a pecí především pro tepelná zpracování, ale také kapalných nebo fluidních lázní. Požadavky jsou rozděleny do čtyř skupin:

- Kalibrace snímačů teploty – Temperature Sensors (TS)
- Kalibrace indikačních a záznamových přístrojů – Controlling Monitoring and Reading Instruments (CMRI)
- Kalibrace měřicích řetězců komor – System Accuracy Tests (SAT)
- Měření homogenity prostoru – Temperature Uniformity Surveys (TUS)

Norma nastavuje velmi přísné požadavky na četnost měření a detailně popisuje metody měření, přičemž teplotní komory rozděluje podle velikosti (obdoba evropského přístupu) a důležitosti (tepelné zpracování od běžných výrobků např. šroubů až po nejdůležitější komponenty např. leteckých motorů). I s těmito požadavky je třeba počítat v okruhu akreditovaných činností. Měření CMRI je v podstatě simulací a je důkazem, že simulace není jen metodou pro hledání závad na trase měření, ale plnohodnotnou metodou kalibrace (byť v uvedeném případě jde o metodu duplicitní).

3.1.13. Přístup k zajištění návaznosti etalonových měřidel se snímačem s digitálním výstupem (např. měřidlo teploty a vlhkosti s kapacitním snímačem, složené z indikační jednotky a sdruženého snímače teploty a vlhkosti s digitálním výstupem – je nutné požadovat kalibraci indikační jednotky?).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Toto téma nebylo vždy správně pochopeno. Vyskytuje se názor na oddělenou kalibraci snímače a indikační jednotky, kontrolu funkce digitálního přenosu nebo kalibrace jako celku.

POZNÁMKA ŘEŠITELE: Oddělená kalibrace je prakticky nemožná, lze pouze u analogových výstupních signálů, kontrola funkce už je reálnější. Pokud má snímač digitální výstup, tak zahraniční laboratoře kalibraci celku prostě neprovedou, snímač lze měřit na jakékoliv indikační jednotce a nastavení se provádí pouze na vlastním snímači.

Kalibrace sestavy jako celku doporučuje asi 50 % stanovisek. Občas jsou uváděny příklady měřidel ALMEMO (časté v laboratořích, výrobce Ahlborn). Tato měřidla sice mají programovatelné konektory, kde lze „zapsat“ libovolné druhy snímačů fyzikálních veličin, ale výstup je analogový (nejčastěji napěťový různého rozsahu), takže nespadá zcela do této oblasti.

Stanovisko řešitele:

Jako příklad může posloužit švýcarská AKL fy. Rotronic – snímače teploty a vlhkosti, vyráběné touto firmou, mají digitální výstup snímaný různými typy dataloggerů (obdobně snímače fy. Keller). Při recalibraci se zasílá pouze snímač, nikoliv indikační jednotka (nelze kalibrovat, buď měří nebo ne). Tento bod byl zařazen proto, že požadavkem normy je úplná kalibrace měřidla, ale digitální způsob komunikace zřejmě nebyl při tvorbě textu zahrnut.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Snímače s digitálním výstupem nejsou závislé na připojené indikační jednotce. Protokol digitálního vstupu nelze žádným způsobem kalibrovat, neexistují přístroje na jeho simulaci. Kalibrace snímače je v takovém případě dostatečná a není ani jiná možná. U komunikátorů inteligentních snímačů se také neřeší otázka kalibrace. U měřidel s různými typy analogových výstupů je situace jiná – ideální je kalibrace řetězce jako celku (sonda a indikační jednotka) nebo samostatná kalibrace snímače a indikační jednotky (simulací). První způsob je obvyklý.

3.1.14. Sjednocení přístupu k popisu měřidel teploty uvedeném na kalibračním listu (např. co lze považovat za úplný popis digitálního teploměru s vnější odnímatelnou sondou, uvádění rozlišení resp. velikosti dílku – ano x ne?). Sjednotit uvádění konkrétního typu použitého termostatického zařízení při kalibraci nebo pouze obecně druhu (např. vodní lázeň).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Ačkoliv se tato problematika zdá bezproblémově řešitelná, i zde se názory různí. Vychází se z požadavku normy, která udává povinnost jednoznačné identifikace měřidla. Takovým údajem může ale být pouze výrobní číslo a z této „nejjednoznačnosti jednoznačné identifikace“ těží i názory odborníků. Nejstručnější je tzv. obecný popis považovaný za dostatečný (typ přístroje, použitá sonda a kalibrační zařízení). V označování měřidel je většinou doporučováno uvádět výrobce měřidla, typ, měřicí rozsah, identifikační znak a použité zařízení ke kalibraci. Pro řešitele je určitým překvapením, že většina názorů se kloní k tomu, že uvádění rozlišení digitálního přístroje nebo velikosti dílku analogové stupnice je nadbytečné. Přesto jsou i opačné názory ve smyslu toho, že u popisu kalibrovaného přístroje není na škodu obsáhlejší vyjádření – včetně rozlišení (dílku). Určitě musí být uvedena identifikace odnímatelných sond, aby bylo zřejmé, že KL platí pouze pro konkrétní měřidlo a konkrétní sondu. Nejpodrobnější požadavky lze vyčíst z názoru Ing. Netopila (ITC Zlín): „Měl by být uveden druh sondy (plášťová, drátová, vpichovací...), druh snímače (odporový, termoelektrický) včetně typu (Pt100,..., K, J,...), připojovací konektor (může být např. tzv. inteligentní konektor s uloženou kalibrační charakteristikou.....), samozřejmě výrobce a identifikační číslo (výrobní, inventární, evidenční...) indikační jednotka: typ, výrobce, číslo. Jednotnost názorů je v tom, že popis by měl umožnit opakování kalibrace za stejných podmínek (požadavek normy).

Stanovisko řešitele

Protože norma platí pro AKL různých oborů, tento požadavek je v ní naznačen tak, že umožňuje mnoho výkladů – od nejjednodušších (v.č. kalibrovaného měřidla a konstatování návaznosti na národní etalony) až po úplný popis měřidla. Popis by měl být takový, aby se podle něho dalo měřidlo jednoznačně identifikovat na obou stranách – jak v laboratoři, tak u zákazníka (tj. znemožnit záměnu odnímatelných sond, přístrojů bez výrobních čísel, označit štítkem nejen přístroj, ale i sondu atd.). Stejně tak identifikace kalibračních zařízení by měla

být taková, aby umožnila opakování kalibrace (kalibrace ve vodní lázni není úplně dostatečné, kalibrace ve vodní lázni Tamson už přijatelnější, když je v laboratoři jediná, pokud jich je více, je vhodné i v.č.). Současně by neměly chybět údaje nutné pro stanovení nejistoty měření (rozlišení nebo velikost dílku, hloubka ponoru, o velikosti U_c může rozhodovat i průměr a délka snímače atd.)

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Harmonizace v tomto případě bude velmi obtížná, protože je těžké definovat „jednoznačný popis měřidla“ jako požadavek normy. Lze jen navrhnout určitá doporučení pro posuzovatele. Základním údajem bude vždy výrobní (metrologické, evidenční, inventární) číslo. Jestliže identifikační znak chybí a hrozila by záměna měřidla, je nutná dohoda se zákazníkem na jeho vytvoření. Uvádění velikosti dílku u skleněných teploměrů je obvyklý standard, rozlišení u číslicových teploměrů často chybí. Přitom teploměr, který zobrazuje hodnotu jako $xx,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ může mít rozlišení $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uvádění rozlišení je tedy nanejvýš vhodné i proto, že často tvoří dominantní složku nejistoty. Uvedení typu teploměru, výrobce a měřicího rozsahu už je na zvážení laboratoře. Z KL listu by v každém případě mělo být zřejmé, zda je měřicí sonda odnímatelná nebo je součástí měřidla. Vhodné jsou i rozměry činné části (průměr, délka), ze kterých vyplývá možný ponor a vliv odvodu tepla. Rovněž typ sondy má svoje místo na KL (vpichová, dotyková, ponorná). Typ sondy je často jediným důkazem o způsobu měření. Aby nedošlo k záměně přístrojů, měla by být snaha o co nejlepší popis přístroje (nejlepší neznamená vždy nejpodrobnější).

Ohledně použitých zařízení požaduje norma uvádět podmínky měření a důkaz o návaznosti. Uvedení ovlivňujících vlivů je obvykle redukováno na teplotu případně vlhkost. Mezi použitá zařízení patří samozřejmě etalony a termostaty. Za ideální popis etalonu považují identifikaci typu, výrobce, v.č. a čísla KL s tím, že do na KL patří nejen etalonový teploměr, ale také multimetr, můstek případně etalonový odpor. Identifikace použitého termostatu je možná, rozhodně musí být identifikovatelný ze záznamu o měření, spec. když má laboratoř více termostatů stejného typu. Podmínku možného opakování měření je třeba respektovat.

3.1.15. Na zahraničních přílohách OA je celkem běžné uvádět samostatně BMC pro kalibraci téhož druhu měřidla v kapalných termostatických lázních a ve vzduchu (teplotní komory). Sjednotit přístup k odlišení těchto dvou kalibrací (na přelomu roku 2009 probíhalo i mezinárodní MPZ v této oblasti).

Odborní posuzovatelé a laboratoře

Pouze některé názory se přikláněly k neoddělování těchto dvou metodik s dotazem, zda je to vůbec potřeba. V ostatních případech panuje shoda v tom, že by mělo jít o dvě samostatné kategorie, byť se společným postupem. Měřidla teploty typů dataloggerů s interním snímačem nelze kalibrovat jinak než v klimakomorách. Náhradou je kalibrace ponořením do lázně v ochranném obalu, ale rizika takového měření jsou značná nehledě na problematický odečet hodnoty. Z názorů je možné vybrat přístup, kdy v příloze je sice uvedena pouze jedna hodnota CMC, ale v dokumentech dostupných zákazníkům může být kategorizace měření detailní (webové stránky, ceník atd.). Příkladem do diskuze může být stanovisko laboratoře Arcelor Mittal:

„Přestože se nám teplotní rozsahy kapalinové lázně a teplotních komor (trubkových pecí) neprolínají, nepovažujeme za vhodné direktivní oddělení BMC pro lázně a pece v OA. BMC laboratoře pro daný interval teplot je hodnota, která se odvíjí i od vlastnosti zařízení (např. lázně). Použije-li se při stejné teplotě teplotní komora, je reálná nejistota horší a více

vzdálená od BMC, ale proč by toto vše mělo být podrobně rozepisováno v OA? Obecně by toto nadměrné rozměšování mohlo zasáhnout všechny obory.“

Stanovisko řešitele

Citovaná odpověď byla zaslána před přechodem z BMC na CMC. Kalibrace v klimakomorách je skutečně v zahraničí samostatnou kapitolou v příloze OA. Stability a homogenity ve vzduchu a v kapalné lázni mají odstup až jednoho řádu, proto i CMC je významně odlišné. Poněkud zavádějící je uvést pro indikační teploměry jedinou hodnotu CMC (lázně) a když si nás zákazník vybere pro kalibraci měřidel s interními čidly teploty (loggery, černé skříňky atd.), uvést mu na KL hodnotu U_c desetkrát horší (dokonce bez předchozího upozornění). Proto je vstřícnější vůči zákazníkům uvádět obě varianty CMC.

HARMONIZAČNÍ ZÁVĚR:

Nejistoty při měření v kapalných lázních a klimatických komorách se skutečně liší až o jeden řád. Zásady měření jsou stejné, metodika může být společná, ale v příloze OA by měla být kalibrace rozdělena do dvou kategorií pod jedním postupem (jistá obdoba měření tlaku s plynným a kapalným médiem). Minimálně by měla být v laboratoři nastavena povinnost upozornit zákazníka, jehož měřidlo lze měřit pouze v teplotní komoře, že nejistota měření nebude odpovídat deklarované CMC.

3.2. SHRUTÍ

Odpovědi dotázaných odborníků pochopitelně vždy nepředstavují jednotný názor na řešení stanovené problematiky. Při konečném řešení společných zásad pro požadavky na akreditovanou kalibraci oboru teploty může dojít i k určitým změnám. Nelze tedy brát uvedené názory na stanovená témata jako konečná stanoviska.

Jak je uvedeno v úvodu, v současnosti je akreditováno v oboru teploty 38 českých laboratoří. Určitá jednotnost nebo lépe standardní minimum požadavků na akreditovanou kalibraci je žádoucí a mělo by být uplatňováno odbornými posuzovateli shodně. Harmonizace procesu je vždycky komplikovaná, což vyplývá i z přehledu evropských laboratoří. Individuální přístup, zkušenost, odbornost ale také vstřícnost, komunikativnost, zdravá důslednost a poctivost – tyto vlastnosti by měl mít každý posuzovatel. Řada problémů by se možná harmonizovala sama uplatňováním uvedených zásad. Rozdílnost v úrovni provádění kalibrací jednotlivých laboratoří rozhodně nepřispívá k prestiži akreditace u zákazníků jako takové.

Na závěr si dovoluji citát k zamyšlení: „**Nemusíme nic měnit, přežití není nutné**“.

4. ZÁVĚR

Úkol VII/5/10 byl navržen po jednáních 4E-CZ, Technického výboru pro akreditaci kalibračních laboratoří ČIA i bilaterálních jednání ČMI a ČIA a konzultacích s externími odbornými posuzovateli ČIA a vybranými kalibračními laboratořemi v oblasti teploty. Řešení úkolu umožní vytvořit technické podklady pro harmonizaci, které následně kalibrační laboratoře, ČMI i ČIA budou aplikovat.

Jak z předložené zprávy vyplývá, řešení úkolu probíhalo v souladu s jeho zadáním a snažilo se specifikovat jak oblasti, které lze harmonizovat z pohledu posuzování způsobilosti laboratoře, tak oblasti, kde je individuální přístup nevyhnutelný a zůstane i nadále.

Příloha 1: PŘEHLED NOREM A NÁVODŮ OBORU TEPLOTA

Stav k 1.10.2010

ČESKÉ NORMY:

- 1. ČSN 25 0051 (250051):** Normální teplota pro srovnávání měřených hodnot závislých na teplotě. Vydána: 1957-07-11, účinnost: 1958-01-01
- 2. ČSN 25 8005 (258005):** Názvosloví z oboru měření teploty. Vydána: 1988-08-03, účinnost: 1989-08-01
- 3. ČSN 25 8010 (258010):** Směrnice pro měření teplot v průmyslu. Vydána: 1988-07-15, účinnost: 1989-09-01
- 4. ČSN 25 8102 (258102):** Skleněné teploměry. Skleněné teploměry laboratorní pro teploty -80 °C až +400 °C. Společná ustanovení. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 5. ČSN 25 8103 (258103):** Skleněné teploměry. Skleněné teploměry meteorologické pro teploty -60 °C až +65 °C. Společná ustanovení. Vydána: 1970-05-07, účinnost: 1971-04-01
- 6. ČSN 25 8110 (258110):** Technické skleněné obalové teploměry pro teploty -90 °C až +600 °C. Vydána: 1984-04-05, účinnost: 1985-07-01
- 7. ČSN 25 8130 (258130):** Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry tyčinkové. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 8. ČSN 25 8131 (258131):** Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry obalové. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 9. ČSN 25 8132 (258132):** Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry destilační. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 10. ČSN 25 8133 (258133):** Skleněné teploměry. Laboratorní mikrotermoměry. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 11. ČSN 25 8134 (258134):** Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry s jemným dělením. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 12. ČSN 25 8135 (258135):** Skleněné teploměry. Tříčlenná sada laboratorních teploměrů s celkovým měřicím rozsahem 0 °C až +300 °C a s kontrolními nulovými body. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 13. ČSN 25 8136 (258136):** Skleněné teploměry. Šestičlenná sada laboratorních teploměrů s celkovým měřicím rozsahem -2 °C až +102 °C. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 14. ČSN 25 8137 (258137):** Skleněné teploměry. Sedmičlenná sada laboratorních teploměrů s celkovým měřicím rozsahem 0 °C až +360 °C. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 15. ČSN 25 8138 (258138):** Skleněné teploměry. Sedmičlenná sada laboratorních teploměrů s celkovým měřicím rozsahem -10 °C až +360 °C a s kontrolními nulovými body. Vydána: 1965-09-01, účinnost: 1966-04-01
- 16. ČSN 25 8141 (258141):** Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry se zábrusem. Vydána: 1972-05-18, účinnost: 1973-01-01
- 17. ČSN 25 8152 (258152):** Skleněné teploměry. Teploměry pro destilaci ropy a ropných výrobků. Vydána: 1966-10-19, účinnost: 1967-07-01
- 18. ČSN 25 8153 (258153):** Skleněné teploměry. Teploměr pro stanovení bodu tuhnutí. Vydána: 1966-10-19, účinnost: 1967-07-01
- 19. ČSN 25 8190 (258190):** Skleněné teploměry. Lékařské teploměry obalové. Společná ustanovení. Vydána: 1976-05-20, účinnost: 1977-10-01
- 20. ČSN 25 8191 (258191):** Skleněné teploměry. Lékařský teploměr normální (maximální). Vydána: 1976-05-20, účinnost: 1977-10-01

21. ČSN 25 8193 (258193): Skleněné teploměry. Lékařský teploměr pro předčasně narozené děti Vydána: 1976-05-20, účinnost: 1977-10-01
22. ČSN 99 3141 (993141): Technické sklené obalové teploměry pre teploty od -90 do +600 °C. Metódy skúšania. Vydána: 1988-07-04, účinnost: 1989-01-01
23. ČSN EN 60751 (258340): Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty. **Převzata:** převzetím originálu. Vydána: 2009-05-01, účinnost: 2009-06-01
24. ČSN IEC 751 (258340): Průmyslové platinové odporové snímače teploty. Vydána: 07.1994, účinnost: 1994-08-01. **Norma bude platit do 2011-08-01.**
25. ČSN EN 60584-1 (258331): Termoelektrické články - Část 1: Referenční tabulky. **Převzata:** převzetím originálu. Vydána: 12.1997, účinnost: 1998-01-01
26. ČSN IEC 584-2 (258331): Termoelektrické články. Část 2: Tolerance. Vydána: 08.1994, účinnost: 1994-09-01
27. ČSN 25 8331-3 (258331): Termoelektrické články - Část 3: Prodlužovací a kompenzační vedení - Systém tolerancí a značení. Vydána: 04.1997, účinnost: 1997-05-01. **Norma bude platit do 2010-12-01.**
28. ČSN EN 60584-3 (258331): Termoelektrické články - Část 3: Prodlužovací a kompenzační vedení - Systém tolerancí a značení. Vydána: 2008-09-01, účinnost: 2008-10-01
29. ČSN EN 50212 (258338): Konektory pro termoelektrické snímače. Vydána: 03.1998, účinnost: 1998-04-01
30. ČSN EN 62460 (258333): Teplota - Tabulky elektromotorického napětí (EMF) pro kombinace termočlánků z čistých prvků. **Převzata:** vyhlášením ve Věstníku. Vydána: 2009-04-01, účinnost: 2009-05-01
31. ČSN EN 4049-001 (311839): Letectví a kosmonautika - Prodlužovací vedení pro termočlánek - Pracovní teplota mezi -65 °C až 260 °C - Část 001: Technická specifikace. **Převzata:** vyhlášením ve Věstníku. Vydána: 2007-07-01, účinnost: 2007-08-01
32. ČSN EN 4049-002 (311839): Letectví a kosmonautika - Prodlužovací vedení pro termočlánek - Pracovní teplota mezi -65 °C až 260 °C - Část 002: Všeobecně. **Převzata:** vyhlášením ve Věstníku. Vydána: 2006-05-01, účinnost: 2006-06-01
33. ČSN EN 4049-004 (311839): Letectví a kosmonautika - Prodlužovací vedení pro termočlánek - Pracovní teplota mezi -65 °C až 260 °C - Část 004: Dvoužilový kabel niklchromový/niklhlinitý stíněný a opláštěný - Norma výrobku. **Převzata:** vyhlášením ve Věstníku. Vydána: 2007-07-01, účinnost: 2007-08-01
34. ČSN EN 13190 (258020): Číselníkové teploměry. Vydána: 02.2003, účinnost: 2003-03-01
35. ČSN EN 12470-1 +A1 (258195): Lékařské teploměry - Část 1: Skleněné teploměry s kapalnou kovovou náplní s maximálním zařízením. Vydána: 2010-01-01, účinnost: 2010-02-01
36. ČSN EN 12470-2 +A1 (258195): Lékařské teploměry - Část 2: Teploměry se změnou typu fáze (bodová matice). **Vydána:** 2010-01-01, účinnost: 2010-02-01
37. ČSN EN 12470-3 +A1 (258195): Lékařské teploměry - Část 3: Vlastnosti kompaktních elektronických teploměrů (s extrapolací i bez extrapolace) s maximálním zařízením. Vydána: 2010-01-01, účinnost: 2010-02-01
38. ČSN EN 12470-4 +A1 (258195): Lékařské teploměry - Část 4: Vlastnosti elektronických teploměrů pro kontinuální měření. Vydána: 2010-01-01, účinnost: 2010-02-01
39. ČSN EN 12470-5 (258195): Klinické teploměry - Část 5: Vlastnosti infračervených ušních teploměrů (s maximálním zařízením). Vydána: 10.2003, účinnost: 2003-11-01
40. ČSN 25 8201 (258201): Tlakové teploměry. Vydána: 1985-08-20, účinnost: 1986-04-01

- 41. ČSN EN 13485** (258351): Teploměry pro měření teploty vzduchu a výrobků při přepravě, skladování a distribuci chlazených, zmrazených, hluboko zmrazených/rychle zmrazených potravin a zmrzliny - Zkoušky, provedení, použitelnost. Vydána: 02.2003, účinnost: 2003-03-01
- 42. ČSN EN 13486** (258352): Přístroje pro záznam teploty a teploměry pro přepravu, skladování a distribuci chlazených, zmrazených, hluboko zmrazených/rychle zmrazených potravin a zmrzliny - Periodické ověřování. Vydána: 02.2003, účinnost: 2003-03-01
- 43. ČSN EN ISO 13916** (050220): Svařování - Směrnice pro měření teploty přehřevu, teploty interpass a teploty ohřevu. Vydána: 06.1998, účinnost: 1998-07-01
- 44. ČSN IEC 737** (356606): Měření teploty v aktivní zóně a v hermetické obálce jaderných reaktorů. Charakteristiky a zkušební metody. Vydána: 10.1994, účinnost: 1994-11-01
- 45. ČSN EN 12697-13** (736160): Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 13: Měření teploty. Vydána: 12.2001, účinnost: 2002-01-01
- 46. ČSN 56 0290-7** (560290): Metody zkoušení zmrazených výrobků - Část 7: Měření teplot. Vydána: 06.2001, účinnost: 2001-07-01
- 47. ČSN EN 60068-3-11** (345791): Zkoušení vlivů prostředí - Část 3-11: Doprovodná dokumentace a návod - Výpočet nejistoty podmínek v klimatických zkušebních komorách. Vydána: 2008-03-01, účinnost: 2008-04-01
- 48. ČSN EN 60068-3-5** (345791): Zkoušení vlivů prostředí - Část 3-5: Doprovodná dokumentace a návod - Konfirmace výkonnosti teplotních komor. Vydána: 10.2002, účinnost: 2002-11-01
- 49. ČSN EN 60068-3-6** (345791): Zkoušení vlivů prostředí - Část 3-6: Doprovodná dokumentace a návod - Konfirmace výkonnosti klimatických (teplotně vlhkostních) komor. Vydána: 10.2002, účinnost: 2002-11-01
- 50. ČSN EN 60068-3-7** (345791): Zkoušení vlivů prostředí - Část 3-7: Doprovodná dokumentace a návod - Měření v teplotních komorách pro zkoušky A a B (se zátěží). Vydána: 10.2002, účinnost: 2002-11-01
- 51. ČSN EN 60359** (356504): Elektrická a elektronická měřicí zařízení – Vyjadřování vlastností. Vydána: 2003-08, účinnost: 2003-09-01
- 52. ČSN EN 61298-2** (18 0001): Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů – Obecné metody a postupy pro hodnocení vlastností. Část 2: Zkoušky při referenčních podmínkách. Vydána: 1997-07, účinnost: 1997-09-01
- 53. ČSN EN 60770-1** (18 1078): Měřicí převodníky pro řídicí systémy průmyslových procesů – Část 1: Metody hodnocení vlastností. Vydána: 2000-03, účinnost: 2000-04-01

ZAHRANIČNÍ NORMY:

- 54. DIN 12770:** Laboratory glassware; liquid-in-glass thermometers; general requirements. Publication date 1982-08
- 55. DIN 12775:** Laboratory glassware; laboratory thermometers, scale values 0,1 °C, 0,2 °C and 0,5 °C. Publication date 1975-04
- 56. DIN 12778:** Laboratory glassware; laboratory thermometers, smallest scale division 1 °C and 2 °C. Publication date 1975-04
- 57. DIN 12876-2:** Electrical laboratory devices - Laboratory circulators and baths - Part 2: Determination of ratings of heating and refrigerated circulators. Publication date 2001-12
- 58. DIN 43732:** Measurement and control; electrical temperature sensors; thermocouples for thermocouple thermometers. Publication date 1986-03
- 59. DIN 43735:** Measurement and control; electrical temperature sensors; Sensor units for thermocouple thermometers. Publication date 1986-03

- 60. DIN 43735-1:** Process control technology - Electrical temperature sensors for RTD's and thermocouples - Part 1: Replaceable inserts. Publication date 2005-04
- 61. DIN 43762:** Measurement and control; electrical temperature sensors; sensor units for resistance thermometers. Publication date 1986-03
- 62. DIN 43772:** Control technology - Protective tubes and extension tubes for liquid-in-glass thermometers, dial thermometers, thermocouples and resistance thermometers - Dimensions, materials, testing. Publication date 2000-03
- 63. ISO 80601-2-56:** Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement. Publication date 2009-10
- 64. VDI/VDE 3511 Blatt 1:** Temperature measurement in industry - Principles and special methods of temperature measurement. Publication date 1996-03
- 65. VDI/VDE 3511 BLATT 2:** Temperature measurement in industry - Contact thermometers. Publication date 1996-04
- 66. VDI/VDE 3511 Blatt 3:** Temperature measurement in industry - Measuring systems and measured quantity treatment for electrical contact thermometers. Publication date 1994-11
- 67. VDI/VDE 3511 Blatt 4:** Temperature measurement in industry - Radiation thermometry. Publication date 2010-05
- 68. VDI/VDE 3511 Blatt 4.2:** Temperature measurement in industry - Maintenance of the specification for radiation thermometers. Publication date 2002-01
- 69. VDI/VDE 3511 Blatt 4.3:** Temperature measurement in industrie - Radiation thermometry - Standard test methods for radiation thermometers with one wavelength range. Publication date 2005-07
- 70. VDI/VDE 3511 Blatt 4.4:** Temperature measurement in industrie - Radiation thermometry - Calibration of radiation thermometers. Publication date 2005-07
- 71. VDI/VDE 3511 Blatt 5:** Temperature measurement in industry - Installation of thermometers. Publication date 1994-11
- 72. VDI/VDE 3522:** Time response of contact thermometers. Publication date 1987-06

OSTATNÍ NÁVODY:

- 73. Vyhláška MPO č. 379/2006 Sb.,** kterou se stanoví požadavky na teploměry používané ke stanovení spalného tepla pro bilanční měření (zrušena 1.1.2008)
- 74. Vyhláška MPO č. 381/2006 Sb.,** kterou se stanoví požadavky na snímače teploty používané jako součást stanoveného měřidla (zrušena 1.8.2010)
- 75. Vyhláška MPO č. 383/2006 Sb.,** kterou se stanoví požadavky na teploměry pro kontrolu teploty prostředí a teplé vody s dělením 0,1 °C a lepším, používané státními kontrolními orgány (zrušena 1.8.2010)

Předpisy ČMI:

- 76. MPM 4-85:** Metodika metrologického zajištění diagnostických přístrojů v oblasti provozu, periodických kontrol, údržby a oprav silničních vozidel včetně příloh 1 až 8; příloha 2 - Metodika pro kalibraci provozních odporových teploměrů. Vydáno 1985
- 77. TPM 3040-95:** Schéma návaznosti měřidel teploty. Vydáno 1996
- 78. TPM 3320-94:** Termoelektrické snímače teploty; sekundární etalony; technické požadavky. Vydáno 1994
- 79. TPM 3321-94:** Termoelektrické snímače teploty; sekundární etalony; metody zkoušení při ověřování. Vydáno 1994
- 80. TPM 3322-94:** Termoelektrické snímače teploty pracovní; metody kalibrace. Vydáno 1994 (vyřazeno ČMI ze souboru platných dokumentů)

- 81. TPM 3340-94:** Platinové odporové teploměry; sekundární etalony; technické požadavky. Vydáno 1995
- 82. TPM 3341-94:** Platinové odporové teploměry; sekundární etalony; metody zkoušení při ověřování. Vydáno 1995
- 83. TPM 3342-94:** Platinové odporové snímače teploty; metody zkoušení při ověřování a kalibraci. Vydáno 1995
- 84. TPM 3360-98:** Teploměry pro kontrolu teploty zmrazených potravin; technické a metrologické požadavky. Vydáno 1999
- 85. TPM 3361-98:** Teploměry pro kontrolu teploty zmrazených potravin; metody zkoušení při ověřování. Vydáno 1999
- 86. I 3216:** Inštrukcia pre úradné overovanie sklenených teplomerov. Vydáno 1978

Kalibrační postupy DKD:

- 87. DKD-R 5-1:** Kalibrace odporových teploměrů. Vydáno 10/2003
- 88. DKD-R 5-3:** Kalibrace termoelektrických snímačů. Vydáno 12/2000
- 89. DKD-R 5-4:** Kalibrace blokových kalibrátorů teploty. Vydáno 02/2001
- 90. DKD-R 5-5:** Kalibrace indikátorů teploty a simulátorů elektrickou simulací. Vydáno 02/2002
- 91. DKD-R 5-6:** Zpracování charakteristik teploměrů. 05/2008
- 92. DKD-R 5-7:** Kalibrace klimatických komor. 07/2004

Kalibrační postupy EURAMET:

- 93. EURAMET/cg-08/v.01 (EA-10/08):** Kalibrace termočlánků. Vydáno 07/2007
- 94. EURAMET/cg-11/v.01 (EA-10/11):** Kalibrace indikátorů teploty a simulátorů elektrickou simulací. Vydáno 07/2007
- 95. EURAMET/cg-13/v.01 (EA-10/13):** Kalibrace blokových kalibrátorů teploty. Vydáno 07/2007
- 96. EURAMET/cg/20/v.01:** Kalibrace klimatických komor. Vydáno 06/2010

Kalibrační postupy OIML:

- 97. OIML D 24:** Total radiation pyrometers. Vydáno 17.1.2006
- 98. OIML G 8:** Guide to practical temperature measurements. Vydáno 21.6.2006
- 99. OIML R 48:** Tungsten ribbon lamps for the calibration of radiation thermometers. Vydáno 6.10.2004
- 100. OIML R 84:** Platinum, copper, and nickel resistance thermometers (for industrial and commercial use). Vydáno 2.12.2003
- 101. OIML R 133:** Liquid-in-glass thermometers. Vydáno 16.12.2002
- 102. OIML R 141:** Procedure for calibration and verification of the main characteristics of thermographic instruments. Vydáno 18.2.2009
- 103. ITS – 90:** The International Temperature Scale of 1990. Vydal Comité International des Poids et Mesures, Division of Physic 24.10.1989