



Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.2.2/04/15

RÁMOVÁ VODOVÁHA

Neprodejné

Praha

Říjen 2015

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/2/15

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Vladislav Batěk

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci rámových vodovah s kapalinovou libelou. S omezením vyplývajícím z rozdílné konstrukce platí i pro elektronické vodováhy úhlové. Dovolené chyby elektronických libel jsou uváděny v závorce.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole), (označované jako PK), tak i při rekalibraci během používání libel (dále označované jako RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

DIN 877	Neigungsmessgeräte (Richtwagen)	[1]
DIN 2276 Teil 1	Neigungsmessgeräte mit Röhrenlibellen	[2]
DIN 2276 Teil 2	Neigungsmessgeräte elektronischen	[3]
ČSN 25 5737 až 25 5739 *)	Vodováhy rámové (KINEX)	[4]
ČSN 19 4075 (neplatná **)	Trubicové libely střední citlivosti	[5]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[6]
ČSN EN ISO 9001(+ed.2)	Systémy managementu jakosti - Požadavky	[7]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[8]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[9]
EA-4/02	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[10]
ČSN EN ISO 14253-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Zkouška obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[11]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[12]

*) Normy ČSN, na které se odvolává KINEX nejsou dostupné v systému ČSN online a nejsou dostupné ani na www stránkách výrobce.

***) Na ČSN online není dostupný text normy.

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci vodovah je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

4 Názvosloví, definice

Rámová vodováha je měřicí přístroj na kontrolu svislých a vodorovných ploch a na určení odchylky od svislé a vodorovné roviny.

Libela (ve smyslu tohoto postupu) je indikační zařízení malých úhlů. Libely jsou vyrobeny z teploměrového skla ve tvaru zakřivených trubic a jsou plněné éterem.

Citlivost libely je poměrné číslo, které určuje, o kolik je třeba naklonit libelu, aby se bublina posunula o jeden dílek. V praxi se udává v jednotkách mm/m.

Další termíny a definice jsou obsaženy v příslušných normách, v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Přístroj na kontrolu vodovah, popř. generátor malých úhlů známé metrologické kvality,
- průměrná deska přesnosti 00,
- kontrolní trn \varnothing 40 až 60 mm,
- nožové pravítko 200 mm, popř. 315 mm,
- podélná libela třídy přesnosti I,
- úchytkoměr se stojánkem,
- válec pro měření kolmosti,
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min (16 až 26) °C s hodnotou dílku stupnice min 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů, navázaný na etalon,
- vlasový vlhkoměr, navázaný na etalon,
- šroubováky a klíče různých šířek,
- čisticí prostředky: čistý lékařský benzín, miska, lapovací prostředky, pilník, utěrka,
- mazací a konzervační prostředky: lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace rámových vodovah se provádí za těchto referenčních podmínek:

Teplota prostředí: (20 ± 2) °C

Změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. 1 °C

Relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % relat.

Před vlastní kalibrací mají být pravítko a vodováha umístěna min. 1 hodinu v místnosti s referenční teplotou. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty.

7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci rámové vodováhy se provádějí tyto zkoušky:

- Kontrola dodávky, čištění a případná úprava vodováhy (čl. 8),
- měření rovinnosti průměrných ploch (čl. 9.1),
- měření rovnoběžnosti horní plochy se základnou (čl. 9.2),
- chyba nastavení nulové polohy (čl. 9.3),
- chyba dělení stupnice hlavní libely (čl. 9.4),
- střední citlivost pro 1 dílek stupnice (čl. 9.5),
- chyba kolmosti (čl. 9.6),
- rovnoběžnost rovinné a prizmatické dosedací plochy (čl. 9.7),
- vyhodnocení kalibrace (čl. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Při přebírání rámové vodováhy ke kalibraci se překontroluje, zda typ, výrobní číslo a příslušenství odpovídají údajům na objednávce nebo na dodacím listu. Na vodovaze musí být údaj o jmenovité citlivosti libely. Překontroluje se stav pouzdra a uložení vodováhy v něm. (PK, RK)

Převzetí vodováhy ke kalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Zkontroluje se stav funkčních (dosedacích) ploch rovinných i prizmatických. Jakost dosedacích ploch se kontroluje lupou. Kontroluje se stav hlavní i příčné libely a čitelnost stupnice (prostým okem). Pohyb bubliny hlavní libely musí být plynulý, bez zpoždění a skoků. (PK, RK)

Zjistí se, zda měřidlo nemá viditelné závady (koroze, naražená místa, rýhy na funkčních plochách, nečitelné označení). (PK, RK)

Vodováha se vyčistí smirkovým papírem, funkční plochy se začistí na lapovací desce, naražené hrany vodovah se opraví pilníkem. Sejmou se značky, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. (pouze RK)

Funkční plochy se očistí pomocí utěrky a technického benzínu. Vodováha, která nevyhověla při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek. (PK, RK)

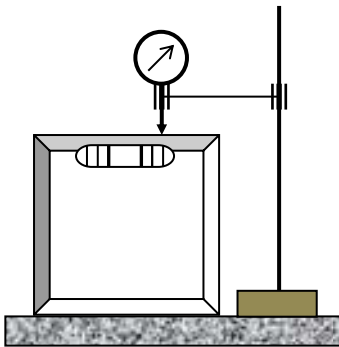
8.3 Příprava měřidla

Vodováha se položí na průměrnou desku, nebo na desku kalibrátoru, kde se teplotně stabilizuje přibližně půl hodiny. V kalibraci se pokračuje až po splnění referenčních podmínek.

9 Postup kalibrace

9.1 Měření rovinnosti průměrných ploch

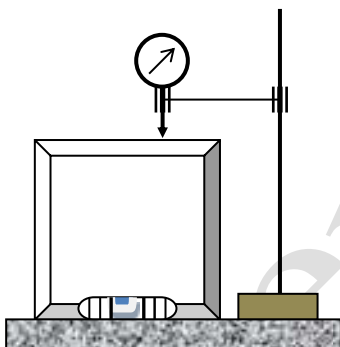
Průměrné plochy nesmí být konvexní, což se kontroluje na průměrné desce. Vodováha se nesmí kolébat. Na rovinnost se usuzuje z měření přímosti. Přímost se měří na desce pomocí úchylkoměru se stojánkem.



Citlivost libely mm/m	Tolerance rovinnosti průměrných ploch μm
do 0,05	$4 + L/250$
nad 0,05 do 0,2	$8 + L/125$
přes 0,2	$16 + L/60$

9.2 Měření rovnoběžnosti horní plochy se základnou

Rovnoběžnost se měří na desce pomocí úchylkoměru se stojánkem. Úchylka se stanoví jako rozdíl měření na desce a na horní základně a musí vyhovovat toleranci.



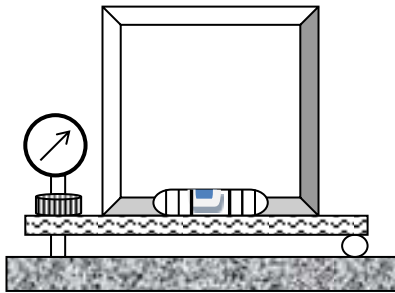
Citlivost libely mm/m	Tolerance rovnoběžnosti průměrných ploch μm
do 0,05	$4 + L/125$
nad 0,05 do 0,2	$8 + L/60$
přes 0,2	$16 + L/30$

Poznámka:

Některé normy výrobců dovolují chybu rovnoběžnosti 0,5 dílku. Stanoví se pomocnou vodováhou s citlivostí stejnou, jako vodováha zkoušená. Hodnotí se rozdíl mezi měřením na desce a na horní ploše rámu.

9.3 Chyba nastavení nulové polohy

Vodováha se umístí na zkušební zařízení, které se nakloní se tak, aby se bublina dotýkala jedné z hlavních (nulových) rysek stupnice. Vodováha se otočí o 180° a náklon se opraví tak, aby se bublina dotýkala druhé hlavní rysky. Chyba nastavení nulové polohy je polovina rozdílu sklonu v obou polohách. U stavitelných vodováh se nulová poloha seřídí. Nastavovací zařízení má umožnit nastavení 1/10 dílku.



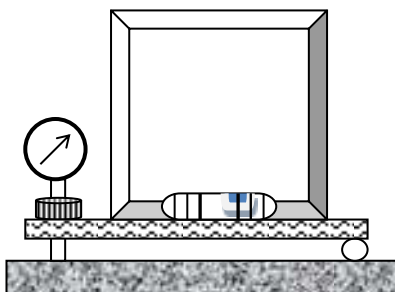
Citlivost libely mm/m	Délka strany vodováhy	Tolerance nastavení nulové polohy
do 0,05	nerozhoduje	0,01 mm/m (0,005 mm/m)
přes 0,05	do 100 mm včetně	0,4 dílku
	delší, než 100 mm	0,2 dílku

Poznámka:

Dovolené chyby v závorce platí pro elektronické vodováhy. Vodováhy KINEX mají toleranci 1/4 dílku.

9.4 Chyba dělení stupnice hlavní libely

Vodováha se umístí na kalibrátoru a naklání se po krocích, které odpovídají dělení stupnice, a zjišťuje se velikost korekce, která je nutná k tomu, aby se bublina právě dotýkala kalibrované rysky stupnice. Vodováha se odečítá při naklánění od nuly do maxima a zpět na obě strany.



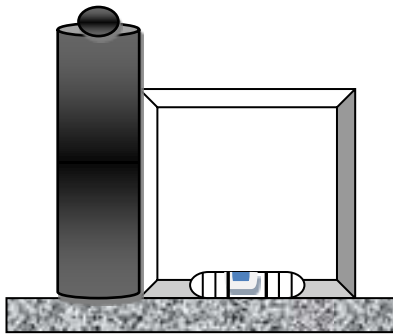
Citlivost libely mm/m	Tolerance dělení stupnice
do 0,02	0,5 dílku
přes 0,02	0,3 dílku

9.5 Střední citlivost pro 1 dílek stupnice

Citlivost libely se stanovuje zpravidla současně se stanovením chyby dělení. Vodováha se na zkušebním zařízení naklání a odečítá se velikost náklonu potřebná pro přejetí bubliny od jedné rysky k rysce následující. Zkouší se v obou směrech, odečítá se při doteku kraje bubliny s ryskou v ustáleném stavu. Střední citlivost se určí jako střední hodnota dílku ze všech měření v obou směrech.

Pokud se naměřená citlivost libely výrazně liší od hodnoty jmenovité, vodováha se přeznačí. Nově stanovená citlivost musí vyhovovat dovolené chybě dělení stupnice.

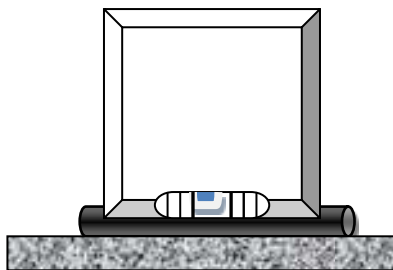
9.6 Chyba při měření svislé plochy rámovou vodováhou (chyba kolmosti)



Kontroluje se na průměrné desce a válci. Na desce se odečte poloha bubliny a potom se vodováha ve stejném místě přitiskne na válec. Rozdíl měření na desce a na válci musí vyhovovat dovolené chybě.

Citlivost libely mm/m	Délka strany vodováhy	Tolerance nastavení nulové polohy
do 0,05	nerozhoduje	0,02 mm/m (0,01 mm/m)
přes 0,05	do 100 mm včetně	1,0 dílek
	delší, než 100 mm	0,5 dílku

9.7 Rovnoběžnost rovinné a prizmatické dosedací plochy



Vodováha se ustaví na rovinné základně ve vodorovné poloze. Potom se libela na stejném místě podloží trnem tak, aby seděla na prizmatické ploše, a odečte se rozdíl. Horní plochy se zkouší obdobně s použitím pomocné vodováhy.

Citlivost libely mm/m	Tolerance rovnoběžnosti rovinné a prizmatické plochy
nerozhoduje	0,5 dílku

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty, resp. úchyly od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchyly zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U se porovnají s celkovými dovolenými chybami. Tolerance a dovolené chyby jsou uvedeny pro přehlednost u jednotlivých zkoušek. Výrobní normy a výrobní certifikáty jednotlivých výrobců mohou uvádět i jiné tolerance a dovolené chyby, než ty, které jsou u jednotlivých zkoušek informativně uvedeny.

Poznámka: Pro měření, která nemohou ovlivnit jakost výrobků, popř. jakost výrobního procesu, může organizace používat tzv. kategorii vodovah s omezeným použitím. Tato kategorie a její vymezení případného používání musí být specifikována v příslušném organizačním předpisu, např. Řádu podnikové metrologie. Největší dovolené chyby vodovah s omezeným použitím stanoví organizace. Vodováhy s omezeným použitím musí být výrazně označeny, např. štítkem, aby se zabránilo jejich používání pro jiné účely, než je stanoveno.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaná vodováha nevyhoví požadavkům, uvedeným v příslušném článku kapitoly 9, může vedoucí kalibrační laboratoře navrhnout zadavateli kalibrace přeražení měřidla do skupiny měřidel s omezeným použitím, popř. dát návrh na opravu, popř. vyřazení vodováhy.

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list. V kalibračním listu se zpravidla uvádí dovolená a naměřená chyba včetně nejistoty měření. Prohlášení shody se specifikací bývá u nejcitlivějších vodovah problematické s ohledem na velikost nejistoty měření. Při opakované kalibraci lze některé zkoušky rámu vodováhy vynechat.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrované vodováhy,
- e) datum přijetí vodováhy ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.2.2/04/15),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spojenou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který vodováhu kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovala ho.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdržel útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Stanovujeme nejistotu kalibrace při měření citlivosti libely a chyby dělení. Při stanovení nejistoty se uvažujeme vodováhu se jmenovitou citlivostí dílku 0,02 mm/m. Kalibrace se provádí na tangentovém pravítku délky 1000 mm s odečítáním 0,001 mm na úchylkoměru. Nejistota měření takto realizovaného kalibrátoru je stanovena na $U = 2,5 \mu\text{m/m}$. Vodováha se na kalibrátoru naklání od středu do krajní polohy a zpět na obě strany a odečítají se velikosti náklonu na každé rysce.

Pozice: Pomocná libela vlevo ($\mu\text{m/m}$)					Pozice: Pomocná libela vpravo ($\mu\text{m/m}$)				
Dílek	Odečet nahoru	Odečet dolů	Hodnota dílku nahoru	Hodnota dílku dolů	Dílek	Odečet nahoru	Odečet dolů	Hodnota dílku nahoru	Hodnota dílku dolů
0	0	0	-	-	0	0	0	-	-
1	22	21	22	21	1	21	20	21	20
2	44	43	22	22	2	42	42	21	22
3	65	66	21	23	3	63	64	21	22
4	85	86	20	20	4	83	84	20	20

Střední hodnota dílku: $d = 21,1 \mu\text{m/m}$

Směrodatná odchylka: $s = 1,0 \mu\text{m/m}$

Nejistota u_A z opakovaných měření:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{1,0}{\sqrt{16}} \cdot 1 = 0,25 \mu\text{m/m}$$

Stanovení nejistoty u_B :

Výchozí rovnice má tvar:

$$S_x = S_n + S_e + S_h + S_o$$

kde:

S_x – stanovení velikosti dílku libely

S_n – nejistota kalibrátoru

S_e – čtení na etalonu

S_h – vliv hystereze a neustálení bubliny

S_o – chyba čtení na libele

Tabulka pro stanovení nejistoty u_B

Veličina		Meze nejistot $\mu\text{m/m}$	Typ rozdělení	Dílčí nejistota $\mu\text{m/m}$	Koeficient	Příspěvek k nejistotě $\mu\text{m/m}$
Etalon - kalibrátor, tg. pravitko nejistota $U = 2,5 \mu\text{m/m}$	S_n	2,5	norm. 2	1,25	1	1,25
Čtení na etalonu 1 dílek = $1 \mu\text{m/m}$	S_e	1	norm. 2	1	1	0,5
Vliv hystereze - mezní chyba odhadem $1/10$ dílku = $2 \mu\text{m/m}$	S_h	2	rovnom. $\sqrt{3}$	1,15	1	1,15
Čtení dílku na libele – mezní chyba odhadem $1/10$ dílku = $2 \mu\text{m/m}$	S_o	2	rovnom. $\sqrt{3}$	1,15	1	1,15
Stanovení velikosti dílku libely	S_x	Nejistota kalibrace u_B pro $k = 1$				2,12

Standardní kombinovaná nejistota:

$$u = \sqrt{(u_A^2 + u_B^2)} = \sqrt{(2,12^2 + 0,25^2)} = 2,13 \mu\text{m/m}$$

Rozšířená nejistota při kalibraci libely $0,02 \text{ mm/m}$:

$$U = 2 \cdot u = 2 \cdot 2,13 = 4,26 \mu\text{m/m}$$

Po zaokrouhlení:

$$U = 5 \mu\text{m/m}, \text{ tj. } 1/4 \text{ dílku}$$

Střední hodnota dílku (citlivost libely):

$$d = (21 \pm 5) \mu\text{m/m}$$

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).