



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 1.1.1/18/15

NOŽOVÁ PRAVÍTKA

Neprodejné

Praha
Říjen 2015

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

Číslo úkolu: VII/1/15

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 nožových ocelových pravítek s jednou měřicí hranou. Pravítka se používají ke kontrole přímosti a rovinnosti ploch pozorováním průsvitu světla mezi měřenou plochou a měřicí hranou pravítka. Pravítka se vyrábějí zpravidla v rozmezí délek 50 mm až 1000 mm.

Kalibrace popsané v tomto kalibračním postupu se týkají jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly pravítek v dané organizaci (dále jen PK), tak i rekalibrace během používání (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

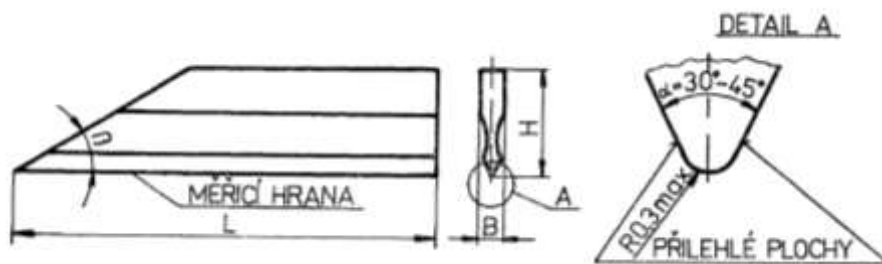
ČSN 25 3741	Nožová pravítka. Základní rozměry, technické požadavky	[1]
ČSN 25 5502	Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost průměrných ploch desek a hranolů	[2]
ČSN EN ISO 12780-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Přímost-Část 1: Slovník a parametry přímosti	[3]
ČSN EN ISO 12780-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Přímost-Část 2: Operátory specifikace	[4]
DIN 874 Blatt 2	Lineale. Haarlineale.	[5]
VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 19	Masse, Technische Lieferbedingungen Prüfanweisung für Haarlineale	[6]
ČSN 01 4421 (neplatná, dostupná na ČSN on line)	Základní pravidla zaměnitelnosti. Měření úchylek přímosti	[7]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[8]
ČSN EN ISO 9001 (+ed.2): 2009	Systémy managementu jakosti - Požadavky	[9]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[10]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[11]
EA – 4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[12]
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	[13]
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	[14]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci nožových pravítek 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.

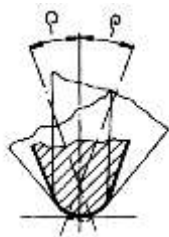
4 Názvosloví, definice



Nožová pravítka - pravítka určená ke kontrole přímosti a rovinnosti ploch pozorováním průsvitu světla mezi měřenou plochou a měřicí hranou pravítka.

Měřicí hrana – kalená a lapovaná hrana se zaoblení nejvýše R0,3 mm (resp. max.R0,2 podle DIN).

Přímost měřicí hrany – má být zaručena v rozmezí úhlu $\rho = \pm 15^\circ$ od osy pravítka v příčném řezu a její dovolená úchylnost je dána normou.



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

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Sada koncových měrek, pracovní měrky 4. řádu
- průměrná deska třídy přesnosti 00 nebo 0,
- průměrný válec,
- profiloměr s nezávislým vedením snímače a s dlátovitým hrotem,
- kruhoměr s přímovodem,
- tělíkový 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,
- vlhkoměr,
- čisticí prostředky (lékařský benzín, miska, lněná utěrka, smirkový papír, lapovací deska),

- 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 nožových pravítek se provádí za těchto referenčních podmínek:

Teplota prostředí: $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. $1 ^\circ\text{C}$

Relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % relat.

Před vlastní kalibrací mají být pravítka a přístroj použitý ke kalibraci umístěny v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty.

7 Rozsah kalibrace

- Kontrola dodávky a příprava (čl. 8),
- měření přímosti pomocí průměrné desky (čl. 9.1),
- měření přímosti na profiloměru (čl. 9.2),
- měření přímosti na kruhoměru (čl. 9.3),
- měření pomocí mikroskopu (čl. 9.4),
- další způsoby měření přímosti (čl. 9.5),
- vyhodnocení kalibrace (čl. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se typ a počet dodaných pravítek, porovná se podle objednávky nebo podle dodacího listu. Kontroluje se, zda označení měřidla evidenčním číslem odpovídá údajům v objednávce. (PK, RK)

Při rekalibraci se kontroluje označení na měřidle a v dodaném podkladu (evidenční karta, výpis z počítačové evidence měřidel). (pouze RK)

Převzetí pravítka ke kalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném. (PK, RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola

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

Koroze měřicí hrany a přilehlých ploch není přípustná. V nutném případě se pravítka vyčistí jemným smirkovým papírem a funkční hrany se opraví na lapovací desce. S těmito

úpravami musí souhlasit vlastník měřidla. Sejmou se značky, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. (pouze RK)

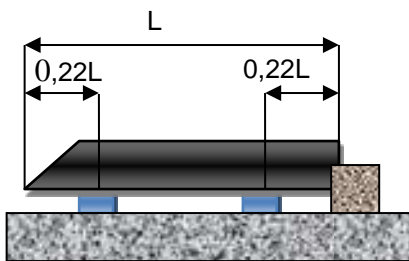
Funkční plochy se očistí pomocí utěrky a technického benzínu. Pravítko, které nevyhovělo při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek. (PK, RK)

8.3 Příprava měřidla

Pravítko se položí na průměrnou desku, kde se teplotně stabilizuje přibližně půl hodiny. Předběžně se pravítko kontroluje na průměrném válci (průměrné desce) na průsvit. Posouzení šířky mezery podle průsvitu vyžaduje jistou zkušenost, mezera 0,01 mm je však již dobře patrná. Posoudí se, zda je odchylka přímosti patrná a zda se pravítko jeví vyduť (konkávní), nebo vypuklé (konvexní). Vypuklý tvar pravítka je pro praktické použití méně vhodný a někdy se nepřípouští.

9 Postup kalibrace

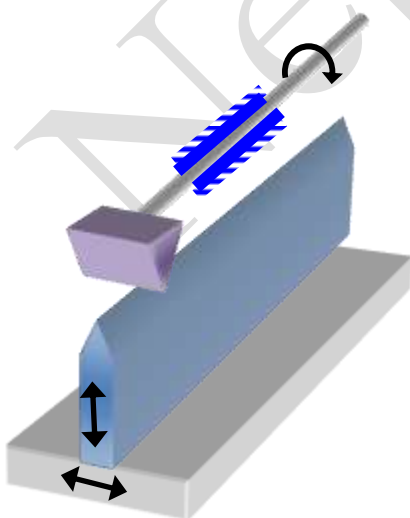
9.1 Měření přímosti pomocí průměrné desky



Pravítko se na průměrné desce třídy přesnosti minimálně 0 podloží dvěma stejnými koncovými měrkami v bodech minima průhybu, tj. 0,223 násobku délky pravítka od jeho konců. Zajistí se vhodnou příložkou tak, aby stálo na měřící hraně. U krátkých pravítek můžeme průhyb vlastní vahou zanedbat, a proto je podkládáme na koncích. Úchylka přímosti se zkouší vkládáním koncových měrek mezi desku a pravítko. Tuto metodu je třeba považovat za informativní. Použije se, když je

zřejmé, že pravítko přiložené na válec či desku svítí a je třeba úchylku kvantifikovat.

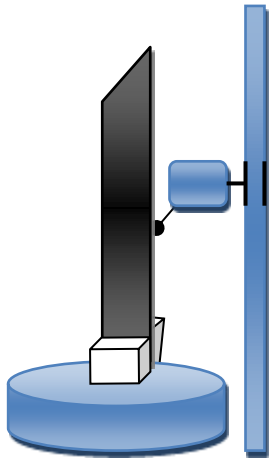
9.2 Měření přímosti na profiloměru



Profiloměr musí být vybaven přímovodem a snímačem s dlátovitým hrotem. Nožové pravítko se umístí hranou nahoru na měřící stolek, který umožňuje jemný posuv příčně k ose měření. Dlátovitý hrot se nastaví na hranu pravítka a za posuvu stolku se natáčením snímače srovná rovina měření v příčném směru. Potom se nakláněním stolku s pravítkem nebo nakláněním přímovodu srovná rovina měření v podélném směru. Potom se ujistíme, že je po celé délce hrana pravítka v kontaktu s hranou hrotu a provedeme záznam profilu.

Přímost se vyhodnotí jako nejmenší vzdálenost rovnoběžek, mezi které lze umístit změřený profil. Drsnost povrchu a ojedinělé vrypy se zanedbávají. Metoda je použitelná zpravidla do 100 mm až 150 mm, podle délky přímovodu.

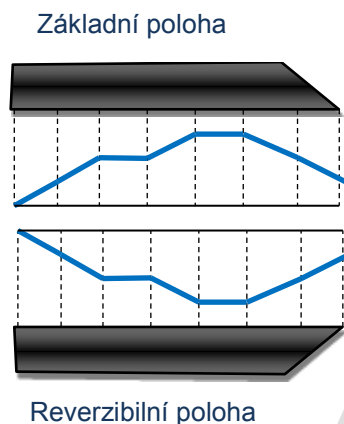
9.3 Měření přímosti na kruhoměru



Pro měření přímosti pravítek lze využít přímovod kruhoměru. Pravítko se upne ve svislé poloze, otáčivý pohyb se vypne. Volí se vhodný snímač, který svým tvarem nezpůsobí zkreslení přímosti. Pravítko se vyrovná rovnoběžně s přímovodem a změří se přímost hrany pravítka. Výhodou měření ve svislé poloze je, že přímost není ovlivněna průhybem vlastní vahou pravítka.

Nabízí se využití různých stojánek a výškoměrů obdobným způsobem. Potíž je v tom, že přímost posuvu nebývá zaručena a zpravidla ani není dostatečně přesná.

9.4 Měření pomocí mikroskopu



Pro měření přímosti lze využít například dílenský mikroskop. Potíž je v nedostatečné rozlišitelnosti mikroskopu, která je srovnatelná s dovolenou chybou pravítka. Proto je nutné považovat metodu pouze za informativní. Naměřená přímost může být ovlivněna přímostí posuvu mikroskopu. Proto vždy provádíme kontrolu při obrácené (reverzibilní) poloze pravítka. V reverzibilní poloze se také profilový graf jeví převrácený, vzhledem k měřenému pravítku však musí být v obou polohách stejný. Pokud tomu tak není, je chyba v měřicím stroji. Kontrolu měřením v reverzibilní poloze lze provést obdobně i u ostatních popisovaných metod. Při kalibraci tvarových úchylek etalonů je třeba zařadit periodické provádění této kontroly měřicích strojů do kalibračních postupů.

9.5 Další způsoby měření přímosti

Pro měření přímosti pravítek lze využít také souřadnicové měřicí stroje. Podmínkou je vhodný snímač pro měření přímosti hrany. Pokud není kompenzována chyba přímosti posuvu, je třeba provádět kontrolní měření v reverzibilní poloze. Existují i speciální přímoměrné přístroje, kde je referenční přímka vytvářena buď optickým paprskem, nebo napnutou ocelovou strunou. Použití těchto strojů a metod záleží na možnostech laboratoře, délce měřených pravítek a požadované přesnosti měření a proto nebude detailně popisováno.

Podle normy má být přímost nožového pravítka měřena nejen v ose, nýbrž také v úhlu $\pm 15^\circ$ od osy. Některé metody umožňují vyosení pravítka a opakování měření. V praxi se však tato přímost kontroluje často jen na průměrném válci na průsvit.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Pokud je výsledkem měření profilový graf, vyhodnocuje se přímost zpravidla stanovením nejmenší zóny podle ČSN EN ISO 12780. V praxi jsou pravítka zpravidla vydutá nebo vypuklá. Potom se spojí oba konce zjištěné čáry přímkou a s touto přímkou se vede rovnoběžka tak, aby profil přímosti ležel ve vymezené zóně. Šířkou této zóny je pak dána úchylka přímosti.

Zjištěná přímost pravítka se vyhodnotí podle tab. 2, uvedené v ČSN 25 3741, která je zde pro příklad uvedena ve zkrácené verzi:

Délka pravítka <i>L</i> (mm)	Mezní úchylky přímosti pro třídu přesnosti (μm)	
	1	2
50	1,0	1,6
80	1,2	2,0
125	1,6	2,5
200	2,0	3,0
315	2,5	4,0
500	3,0	5,0

Norma ČSN 25 3741 uvádí ještě třídu přesnosti 0 jako perspektivní, ta se však v praxi nepoužívala. Běžně se dodávají pravítka třídy přesnosti 2, dodávky pravítek třídy přesnosti 1 je nutno dojednat s výrobcem.

Obdobná německá norma DIN 874 uvádí pouze jeden stupeň přesnosti, který odpovídá přibližně třídě přesnosti 2 podle ČSN 25 3741. Normalizované délky pravítek se však poněkud odlišují:

Délka pravítka <i>L</i> (mm)	Mezní úchylky přímosti μm
75	2
100	2
150	3
200	3
300	3
400	4
500	4
750	5
1000	6

Mezní úchylky platí stejně jako u ČSN 25 3741 v rozmezí $\pm 15^\circ$ od osy pravítka v příčném řezu.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrované pravítko nevyhoví udané třídě přesnosti, uvede se pouze naměřená hodnota úchylky přímosti a příslušná nejistota měření. Zadavatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadavku normy, neodstranitelná poškození nebo nevhodný tvar profilu.

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. Dovolené a naměřené úchyly mohou být udány např. tabulkou výsledků:

Nožové pravítko 125 mm ČSN 25 3741.2

Měřený parametr	Dovolená úchylka dle ČSN 25 3741 μm	Naměřená Úchylka μm	Nejistota měření μm	Typ úchylky
Úchylka přímosti nožové hrany	2,5	1,8	$\pm 0,7$	Konkávni

Tabulku dovolených a naměřených hodnot a případně kalibrační graf je vhodné uvádět zejména tehdy, pokud nemůžeme s ohledem na nejistotu rozhodnout, zda měřidlo vyhovuje či nevyhovuje předpisu.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného pravítka,
- datum přijetí pravítka ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/18/15),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který nožové pravítko 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	Obdrží 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)

Měří se přímota nožového pravítka délky 100 mm na profiloměru. Úchylka přímoty přímovodu udává výrobce 0,5 $\mu\text{m}/100$ mm. Nevyrovnání snímače způsobí na délce pravítka chybu nejvýše 0,2 μm . Chybu sejmutí a vyhodnocení profilového grafu odhadujeme na 10% měřené chyby (resp. dovolené chyby), tj 0,2 μm . Vliv průhybu vlastní vahou a vliv teploty se zanedbá.

Výchozí rovnice má tvar:

$$S_x = S_n + S_i + \Delta S$$

kde:

- S_x – přímota zkoušeného pravítka
- S_n – přímota referenčního přímovodu profiloměru
- S_i – nevyrovnání břitu snímače
- ΔS – úchylka přímoty vyhodnocená z profilového grafu

Tabulka pro výpočet nejstot

Veličina	Meze nejstot	Typ rozdělení	Dílčí nejstota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejstotě	
Přímova profiloměru - na délce 100 mm je mezní úchylka přímoty 0,5 μm	S_n	0,5 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	0,29 μm	1	0,29 μm
Nevyrovnání břitu snímače - mezní chyba 0,3 μm	S_i	0,3 μm	norm. $k = 2$	0,15 μm	1	0,15 μm
Sejmutí a hodnocení profilového grafu – mezní chyba 0,2 μm	ΔS	0,2 μm	norm. $k = 2$	0,1 μm	1	0,1 μm
Měřená úchylka přímoty pravítka	S_x	Nejstota kalibrace u pro $k = 1$				0,35 μm
		Rozšířená nejstota kalibrace U pro $k = 2$				0,7 μm

Rozšířená nejstota měření přímoty:

$$U = 0,7 \mu\text{m} (k = 2)$$

Dovolená chyba přímoty nožového pravítka 100 mm je 2 μm podle DIN 874. Dosažitelná rozšířená nejstota měření představuje obvykle 1/3 až 1/2 tolerance a prohlášení shody s normou bývá proto obtížné.

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.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby ho 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).