



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 1/39

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

01.11.2022

Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2022

Číslo úkolu: VII/05/22

Zpráva pro závěrečnou oponenturu

Principy kalibrace v oborech délka a úhel

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

Řešitel: Ing. Martin Valenta, ČIA

Spoluřešitel: Ing. František Dvořáček, ČMI
Ing. Václav Duchoň, ČMI

Vypracoval: Ing. Martin Valenta, ČIA

Schválil: Ing. Pavel Nosek, ČIA

Datum: 01.11.2022

Rozdělovník: 1 × ÚNMZ
1 × ČIA, útvar 600
2 × oponenti

Výtisk č.: ...



1 RESUMÉ

Řešení zadaného úkolu programu rozvoje metrologie se opět zabývá sjednocováním názvů principů kalibrace stejně jako předchozí úkoly, tentokrát v oborech délka a úhel. A stejně jako předchozí úkoly, věnované elektrickým veličinám a tlaku, má za cíl poskytnout odborné veřejnosti text a do určité míry i návod, který podpoří sjednocování terminologie používané v přílohách osvědčení o akreditaci (POA), a tím přispěje k jejich lepší srozumitelnosti a vzájemné porovnatelnosti.

První z úkolů, který se zabýval základními elektrickými veličinami, navrhl výchozí pravidla, jak princip kalibrace formulovat. Ta jsou zde aplikována pro obory délka a úhel. Dodržen je přístup, který za ucelenou informaci o kalibrační a měřicí schopnosti (CMC) laboratoře v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018 chápe obsah celého řádku tabulky v příloze osvědčení o akreditaci od specifikace předmětu kalibrace přes nezbytný rozsah a parametry s přidruženou nejistotou až po princip kalibrace. Název sloupce „princip kalibrace“ je třeba chápat obecně, popisný text uvedený ve sloupci má především obsahovat takovou informaci, aby byl čtenář schopen posoudit vhodnost laboratoře pro jeho potřebu. Kromě principu zde tedy může být uvedena metoda nebo stručný, ale výstižný popis postupu.

Celý text úkolu podrobně probírá jednotlivé možnosti i v souvislostech s aktuálním stavem dosud vydaných příloh.



2 OBSAH

1	RESUMÉ.....	2
2	OBSAH	3
3	ÚVOD.....	4
	Přehled dříve řešených úkolů PRM	5
4	POŽADAVKY NA POA.....	6
5	ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE.....	7
6	UVÁDĚNÍ PRINCIPŮ KALIBRACE V POA – V CMC TABULKÁCH PRO OBORY DÉLKA A ÚHEL – AKTUÁLNÍ STAV	8
7	PRAVIDLA PRO UVÁDĚNÍ PRINCIPU KALIBRACE	22
8	ROZDĚLENÍ MĚŘIDEL A PRINCIPY KALIBRACE	24
9	SHRNUTÍ	37
10	ZÁVĚR.....	38
11	PŘÍLOHA	39



3 ÚVOD

Nová verze POA reagovala na aktualizaci harmonizované požadavkové normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Aby bylo na první pohled zřejmé, k jaké verzi normy se POA vztahuje, byla řešena i změna vzhledová. Obsahově nová POA nenese zásadní obsahové rozdíly. Výjimkou je právě v té době nový sloupec, popisující princip (metodu, postup) kalibrace.

První z úkolů tohoto typu položil základ pohledu na vztah mezi kalibrovaným předmětem a zařízením, kterým laboratoř kalibruje. Tento vztah by měl být zřejmý právě z informace ve sloupci princip, a tím dovolit zhodnocení přidružené nejistoty.

Protože řada informací je pro tento úkol PRM společná s informacemi, uvedenými ve zprávě o řešení úkolu č. VII/05/20 a zprávě o řešení úkolu č. VII/05/21, doporučují autoři čtenářům věnovat pozornost i těmto zprávám, zejména první z uvedených



Přehled dříve řešených úkolů PRM

Všechny úkoly PRM, řešené ČIA, mají společný rys, kterým je podpora laboratoří při sestavování přehledu aktivit laboratoře, splňujících požadavky harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Takový přehled si má vést každá kalibrační laboratoř, aby mohla snadno doložit všechny kalibrační činnosti, které provádí v souladu s požadavky uvedené předmětné normy, bez ohledu na to, zda tyto aktivity jsou nebo nejsou zahrnuty do rozsahu akreditace.

Předchozí fáze úkolů PRM, řešených ČIA, se věnovala sjednocování informací uváděných v POA z hlediska správného stanovování hodnot nejistot v tabulce CMC:

- PRM VII/05/17 pro obor teplota,
- PRM VII/04/18 pro obor statický objem,
- PRM VII/05/18 pro obor tlak,
- PRM VII/05/19 pro obor délka.

Výsledkem řešení těchto úkolů byl přehled nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují hodnotu nejnižších udávaných nejistot měření a které nelze při jejich výpočtu bez řádného zdůvodnění zanedbat, smyslem bylo zkvalitnění obsahu tabulky CMC kalibračních laboratoří. Pro akreditované kalibrační laboratoře je přínosem těchto úkolů zvýšení důvěry, že neopominuly žádný podstatný příspěvek k nejistotě a hodnota nejnižší udávané nejistoty uvedená v tabulce CMC ve spojení s ostatními informacemi, především principem kalibrace, dobře popisuje schopnost laboratoře provádět kalibrace s odpovídajícími nejistotami.

Nejstarší úkoly PRM z let 2009 až 2012 se věnovaly sjednocování kalibračních postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oborech tlak, teplota, elektrické a geometrické veličiny, tématem následujících úkolů z let 2013 až 2017 byla optimalizace využití MPZ v akreditovaných kalibračních laboratořích, „in-house“ referenčním materiálům a správné praxe při používání referenčních materiálů. Všechny tyto úkoly se přiměřeně staly jedním z podkladů nebo inspirací pro úkoly PRM v dalších letech.

Řešení úkolu, jehož výsledek autoři touto zprávou předkládají, navazuje svým cílem na obdobné úkoly řešené v letech 2020 a 2021. Byly jimi „Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin“ s označením VII/05/20 a „Principy kalibrace v oboru tlak“ s označením VII/05/21. První z úkolů se ve své první části věnoval obecným vztahům mezi kalibrujícím a kalibrovaným přístrojem, tedy tomu, zda přístroj (kalibrovaný nebo etalonový) veličinu měří nebo generuje. Na těchto základech byl vystavěn obecný postup tvorby textu principu. Následující úkol i úkol předkládaný v této zprávě pak tento postup aplikují pro své obory.



4 POŽADAVKY NA POA

Vzhledem k tomu, že požadavky na informace zveřejňované o akreditovaném subjektu jsou obsahem kapitoly 7 harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018, konkrétně v čl. 7.8.3 c), a stejné požadavky lze nalézt i v článku 4, resp. 4.1 dokumentu ILAC-P14:09/2020 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, je tato část zkrácena a laskavě čtenáře autoři odkazují na zmíněné zprávy z předchozích úkolů.

Uvedené texty principů nejsou jedinými možnými, cílem práce není omezovat činnost kalibračních laboratoří, ale sjednotit popis obvyklých postupů, metod nebo principů při kalibraci, aby stejný text popisoval stejnou nebo obdobnou činnost. Uvedení principu nebere laboratoři možnost kalibrace i jinými postupy, které byly řádně posouzeny, a laboratoř je zařadila do dokumentu, kterým definuje rozsah svých činností v souladu s požadavky ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, čl. 5.3 (viz také výše), pokud těmito metodami dosahuje větších (horších) hodnot nejistoty.

Pro úplnost dodejme, že na webových stránkách ČIA (sekce Dokumenty ke stažení – Dokumenty pro kalibrační laboratoře) je kromě vlastní šablony Přílohy 3 žádosti, která je základem pro přílohu následně vystaveného osvědčení o akreditaci, k dispozici i podrobný návod k jejímu vyplnění. Vlastní šablona má nastavené formátování, které je v souladu s pravidly, uvedenými v návodu, její správné využití dává laboratoři vysokou míru důvěry, že návrh přílohy osvědčení o akreditaci bude připraven bez zbytečných nedostatků. Pro případ změn v POA má každá akreditovaná laboratoř možnost požádat svého vedoucího posuzovatele o platnou POA ve formátu MS Word, do kterého může snadno zanést potřebné změny, aniž by musela znovu vyplňovat celou Přílohu 3 žádosti.



5 ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE

Celkovým cílem úkolu bylo sestavit přehled nejužívanějších principů (metod, postupů) kalibrace, které se reálně v laboratořích používají, a kriticky je zhodnotit podle pravidel, nastavených úkoly PRM ze dvou předešlých roků (úkol PRM VII/05/20 a úkol PRM VII/05/21).

První část řešení tvoří analýza stavu většiny dosud vydaných POA pro obory délka a úhel. Dále je její součástí přehled dosud použitých textů principů a informace o jejich použití pro různé předměty kalibrace a různé rozsahy. Přehled je doplněn o komentáře k vybraným příkladům.

Ve druhé části jsou popsána výchozí pravidla pro uvádění principu kalibrace. Zhodnoceny jsou skupiny měřidel z hlediska četnosti požadavků na jejich kalibraci a související okolnosti dané charakteristikami a vlastnostmi uvedených měřidel. Souhrnně jsou pro vybrané skupiny měřidel zhodnoceny principy kalibrací z předchozí kapitoly a míra jejich vhodnosti z hlediska způsobu, rozsahu a parametrů měření. Navazující část rozděluje měřidla do skupin, k nimž jsou přiřazeny i možné principy kalibrace a výklad možných principů kalibrace je doplněn praktickými příklady.

Při řešení jakýchkoli otázek souvisejících s kalibrací je nutno rozlišovat mezi hlediskem technickým a hledisky ostatními (především obchodním a marketingovým). Technické hledisko je dáno definicí kalibrace:

Činnost, která za specifikovaných podmínek v prvním kroku stanoví vztah mezi hodnotami veličiny s nejistotami měření poskytnutými etalony a odpovídajícími indikacemi s přidruženými nejistotami měření a ve druhém kroku použije tyto informace ke stanovení vztahu pro získání výsledku měření z indikace (VIM3, 2.39)

Důležitá je i poznámka 3: „Samotný první krok ve výše uvedené definici je často chápán jako kalibrace.“ a i ji je třeba brát v úvahu, nicméně při stanovování principu kalibrace je důležité se vždy ptát, zda je definice naplněna zcela.



6 UVÁDĚNÍ PRINCIPŮ KALIBRACE V POA – V CMC TABULKÁCH PRO OBORY DÉLKA A ÚHEL – AKTUÁLNÍ STAV

V současné době v České republice vlastní osvědčení ke kalibračním měřidel v oboru délka 49 kalibračních laboratoří, v oboru rovinný úhel je laboratoří 34. Velmi často dochází ke kombinaci obou oborů a jen v několika málo případech se jedná o laboratoře, které kalibrují měřidla úhlu, aniž by prováděla měření délky. Jde de facto jen o laboratoře specializující se na měřidla momentu síly (momentové klíče, snímače krouticího momentu, utahovačky apod.), která dokážou kromě utahovacího momentu vyhodnocovat i úhel otočení.

Napříč jednotlivými přílohami je patrný vývoj, kdy po změně struktury přílohy byly nejprve používány obecnější popisy principů kalibrace, později se formulace zpřesňovaly.

V následující části bude popsán stav aktuálně platných příloh dle typů kalibrovaných měřidel, dle jejich četnosti.

Posuvná měřidla

Kalibrace posuvných měřidel provádí celkem 28 laboratoří. Spolu s mikrometrickými měřidly se v přílohách o akreditaci jedná o nejčastěji uváděná měřidla. Zastoupena jsou především posuvná měřítka, posuvné výškoměry, hloubkoměry, a také měřidla pro měření hloubku dezénu pneumatik silničních vozidel, posuvné stupnice měrek na sváry a další specializovaná měřidla.

V položce princip měření nalezneme v jednotlivých přílohách obecné popisy:

- přímé měření,
- přímé měření etalony délky,
- porovnání s etalonem,

poté různý popis téhož:

- porovnávací měření s etalonem IV. řádu (koncové měrky),
- porovnání s koncovými měrkami,
- měření koncovými měrkami,
- měření pomocí koncových měrek a mezních kroužků,
- porovnání s koncovými měrkami a kroužky,
- porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- porovnání s koncovými měrkami, kalibry a kroužky,
- přímé měření etalonu (koncové měrky),
- přímé měření pomocí koncových měrek,
- přímé měření etalonovými koncovými měrkami,
- měření koncových měrek

a specifické metody plynoucí z vybavení laboratoře:

- přímé měření mikrometrických odpichů nastavených na délkoměru,
- přímé měření mikrometrických kroužků,
- porovnávací měření s kalibračním hřebenem,
- porovnávací měření s kalibračním hřebenem a koncovými měrkami,
- měření laserovým interferometrem,
- porovnání se stupňovou měrkou.

Mikrometrická měřidla, pasametry, mikropasametry

Stejně jako u posuvných měřidel, tato měřidla se nacházejí v přílohách u 28 laboratoří. Nejčastěji se jedná o třmenové mikrometry, mikrometrické hloubkoměry a mikrometrické hlavice, případně i o mikrometrické odpichy (jejich mikrometrickou stupnici) a mikrometrické (třídotekové) dutinoměry, pasametry a mikropasametry.

V položce princip měření opět nalezneme obecné popisy:

- přímé měření,
- porovnání s etalonem,

různě formulované dvě nejčastější metody:

- porovnávací měření s etalonem IV. řádu (koncové měřky),
- měření na délkoměru,
- přímé měření na délkoměru,
- porovnávací měření s nastavovacími kroužky,
- porovnání s kroužky,
- přímé měření kontrolních kroužků,
- měření koncovými měrkami,
- porovnání s koncovými měrkami,
- porovnání s koncovými měrkami a kalibry,
- přímé měření pomocí koncových měrek,
- porovnání s koncovými měrkami, přímé měření na délkoměru,
- měření koncových měrek
- porovnání s koncovými měrkami, kalibry a kroužky
- přímé měření pomocí koncových měrek

a individuální metody:

- přímé měření kontrolních odpichů,
- přímé měření mikrometrických odpichů nastavených na délkoměru.

Úchylkoměry, snímače délky, lineární snímače, somkátory

Tato měřidla uvádí ve své POA 24 laboratoří.

Kromě obecných principů kalibrace:

- porovnání s etalonem,
- přímé měření etalony délky,

je obvykle princip kalibrace odvozován od použitého etalonu:

- přímé měření na speciálním měřicím zařízení nebo délkoměru,
- měření na délkoměru,
- měření na speciálním měřicím zařízení,
- přímé měření na přístroji pro kalibraci úchylkoměrů,
- přímé měření na svislém délkoměru,
- přímé měření na zařízení pro kalibraci číselníkových úchylkoměrů,
- měření na spirálním mikroskopu,
- měření mikrometrickou hlavicí,
- porovnání s etalonovým délkoměrem,



- porovnání s koncovými měrkami,
- měření na kalibračním přístroji,
- přímě měření testovací stanicí,
- přímé měření na přenosném měřicím zařízení.

Čárková měřidla

Jedná se o měřidla, která mají vyznačenou stupnici délky ryskami s různou přesností, délkou a druhem využití. Počítáme sem skleněná měřítka, ocelová pravítka, svinovací metry, měřičská pásma, skládací metry apod. Některé z těchto typů měřidel má ve svém osvědčení uvedeno celkem 22 laboratoří.

V položce princip měření opět nalezneme obecné popisy:

- přímé měření,
- porovnání s etalonem,
- porovnání s etalonovou stupnicí,

a dále metody definované nejčastěji pomocí použitého etalonu:

- měření na souřadnicovém měřicím stroji,
- porovnání s ocelovým měřítkem,
- měření koncových měrek,
- přímé měření na délkoměru,
- přímé měření na mikroskopu,
- přímé měření na měřicí dráze,
- porovnávací měření s etalonovým pásmem a pravítkem,
- porovnáním s etalonovým měřítkem délkoměru,
- měření na mikroskopu,
- měření laserinterferometrem,
- přímé měření na etalonovém měřítku,
- porovnávání s čárkovým měřítkem,
- porovnávací měření na etalonové trati,
- přímé měření na etalonovém pásmu,
- přímé měření čárkovým měřítkem ocelového pravítka,
- porovnání na etalonové lavici,
- porovnání s etalonovou tratí nebo etalonovým pásmem,
- porovnávání s měřicím pásmem,
- porovnávání pomocí měřického pásma, mikrometrické hlavy,
- přímé měření na speciální délkové lavici,
- přímé měření na 2D mikroskopu,
- porovnání s etalonem (ocelovým měřítkem),
- porovnávací měření s koncovými měrkami,
- přímé měření etalonovým mikroskopem,
- přímé měření čárkovým měřítkem ocelového pravítka,
- měření na profilprojektoru.

Koncové měřky

Koncové měřky jsou jedním ze základních etalonů oboru délka. Dle příloh o akreditaci může akreditovaná kalibrace provádět v ČR celkem 20 laboratoří.



V položce princip měření opět najdeme obecné popisy:

- porovnání s etalonem,
- přímé porovnání,

dále jsou uvedeny různé popisy pro komparační měření:

- měření na délkoměru,
- měření na komparátoru,
- porovnávací měření s etalonem II. řádu (koncové měřky),
- mechanické porovnání s etalonem pomocí komparačního přístroje,
- mechanické porovnání s etalonem pomocí komparačního přístroje nebo délkoměru,
- měření na komparátoru koncových měrek,
- porovnání s etalonem (koncovými měrkami),
- porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- porovnání s koncovými měrkami,
- porovnání s koncovými měrkami pomocí komparačního přístroje nebo délkoměru,
- porovnávací měření přístrojem TESA UPC,
- porovnávací měření délkoměrem.

Dutinoměry

Dutinoměrů je používáno velké množství typů i konstrukcí a částečně se mohou prolínat s dalšími typy měřidel, např. mikrometrickými. V příloze o akreditaci má tato měřidla přímo uvedeno 17 laboratoří.

Princip uvedená v POA je uváděn také velmi rozličně:

- přímé měření etalonu (nastavné kroužky),
- přímé měření kontrolních kroužků,
- přímé měření nastavnými kroužky,
- porovnání s nastavovacími kroužky,
- porovnávání s kroužky,
- měření na délkoměru,
- přímé měření délkoměrem, mikrometrickou hlavicí,
- přímé měření na speciálním měřicím zařízení,
- přímé měření na speciálním měřicím zařízení nebo délkoměru,
- porovnávání s kroužky, přímé měření délkoměrem,
- přímé měření délkoměrem,
- přímé měření na svislém délkoměru,
- přímé měření na speciálním měřicím zařízení,
- přímé měření na zařízení pro kalibraci číselníkových úchylkoměrů,
- měření mikrometrickou hlavicí, číselníkový úchylkoměr přístrojem na kalibraci číselníkových úchylkoměrů,
- měření na kalibračním přístroji.



Úhloměry

Jejich kalibraci nabízí celkem 16 kalibračních laboratoří.

Principy kalibrace jsou opět uvedeny naprosto obecně:

- porovnání s etalonem úhlu,
- porovnání s etalonem,

nebo přesněji s odkazem na etalonové vybavení:

- porovnávací měření s etalonem úhlových měrek,
- porovnání s úhlovými měrkami,
- přímé měření etalonovým mikroskopem,
- přímé měření pomocí úhlových měrek,
- přímé měření úhlových měrek,
- přímé měření na CMM.

Úhelníky, etalonové válce pro měření kolmosti – měření odchylky kolmosti

Tato měřidla ve své příloze uvádí 18 laboratoří.

V několika případech je opět uveden jen obecný popis:

- porovnání s etalonem,

a dále různorodě popsáno pomocí použitých etalonů:

- měření na mikroskopu se SW M2D,
- přímé měření na CMM,
- přímé měření na 3D přístroji,
- přímé měření s etalonovými koncovými měrkami a etalonem kolmosti,
- měření odchylky od kolmosti výškoměrem a číselníkovým úchylkoměrem,
- porovnání s průměrným válcem,
- přímé měření výškoměrem a indukčním snímačem,
- porovnání s etalonem kolmosti a koncovými měrkami,
- přímé měření digitálním výškoměrem,
- přímé měření lineárním výškoměrem se snímačem délky pro měření kolmosti a přímosti,
- přímé měření pomocí souřadnicového měřicího stroje nebo výškoměru,
- přímé měření na 3D SMS,
- přímé měření na speciálním zařízení,
- porovnání koncovými měrkami s etalonovým válcem,
- přímé měření koncových měrek, úchylkoměrem,
- porovnání s koncovými měrkami a etalonem kolmosti,
- porovnání s etalonovými koncovými měrkami a etalonem kolmosti,
- přímé měření etalonovým mikroskopem,
- přímé měření na přístroji pro kalibraci úhelníků,
- měření na kruhoměru,
- měření pasametrem, délkoměrem a číselníkovým úchylkoměrem.



Libely

Kalibrace libel nabízí 14 laboratoří. Většinou jde o stavební libely, případně o kapalinové strojní libely.

Popisy principů měření jsou buď obecné:

- přímé měření,
- porovnání s etalonem úhlu,

nebo dle vybavení:

- porovnáním s etalonovými koncovými měrkami a sinusovým pravítkem,
- číselníkovým úchylkoměrem,
- elektronickou libelou,
- porovnání s etalonovou libelou,
- porovnání se sinusovým pravítkem,
- přímé měření na dělicí hlavě,
- přímé měření na generátoru malých úhlů,
- porovnání s rotačním stolem nebo autokolimátorem,
- úhlovými měrkami a sinusovým pravítkem,
- měření na libeloměru nebo porovnání s etalonovými koncovými měrkami a sinusovým pravítkem,
- měření na libeloměru,
- měření na generátoru malých úhlů,
- měření mikroskopem vůči vodorovné rovině,
- přímé měření na kontrolní desce a koncových měrek.

Sklonoměry

Kalibrace sklonoměrů ve své POA uvádí celkem 9 kalibračních laboratoří.

Principy kalibrace jsou uváděny opět velmi obecně:

- přímé měření,
- porovnání s etalonem,

nebo podle vybavení laboratoře:

- měření na libeloměru nebo porovnání s etalonovými koncovými měrkami a sinusovým pravítkem,
- měření na sinusovém pravítku,
- porovnání se sinusovým pravítkem,
- porovnáním s etalonovými koncovými měrkami a sinusovým pravítkem,
- porovnání s etalonem úhlu,
- přímé měření na dělicí hlavě,
- přímé měření na generátoru malých úhlů.

Z podobnosti principů uváděných u kalibrací libel a sklonoměrů je zřejmé, že mnoho laboratoří nedokáže tato měřidla od sebe odlišit.



Drsnost

Měření etalonových destiček drsnosti a přístrojů drsnosti nabízí ve své POA 10 laboratoří.

Principy uváděné v příloze jsou:

- dotykové měření,
- porovnávací měření s etalonem drsnosti,
- porovnávací měření na drsnoměru,
- přímé měření na drsnoměru,
- přímé měření drsnoměrem,
- porovnání s etalonem linearity UDT,
- porovnání s etalonem optické roviny.

Konturografy, profiloměry – měření délky

Kalibrace měření délky u profiloměrů / konturografů uvádí 5 laboratoří.

Princip je uváděn obecně:

- porovnání,

nebo konkrétněji:

- porovnání s etalonem KN100,
- porovnání s etalonem pro rádius,
- porovnávací měření s koncovými etalony,
- porovnání s etalonem kontury,
- měření laserovým interferometrem,
- porovnání s etalonem optické roviny,

měření úhlu u konturografů provádí 2 kalibrační laboratoře:

- porovnání s etalonem úhlu,
- přímé měření úhlové měřky 135°.

Kalibry válečkové, ploché, kroužky, trny, závitové kalibry a šablony, mezní kalibry, třmenové kalibry, spároměrky, etalonové fólie, nastavovací měřky k mikrometrům

Jedná se o měřidla, která často nebývají přímo vyjmenována v příloze o akreditaci, ale jejich měření je prováděno pomocí univerzálních měřicích přístrojů (délkoměrů, 3D měřicích strojů, mikroskopů, profil projektorů apod.). Tato měření nabízí 26 kalibračních laboratoří.

Kromě naprosto obecných principů:

- přímé měření,

je obvykle alespoň částečně upřesněn použitý etalon:

- měření na souřadnicovém měřicím stroji,
- měření na délkoměru,
- měření na mikroskopu se SW M2D,
- přímé měření na délkoměru,
- přímé měření laserinterferometrem,
- měření přístrojem na měření tloušťky vrstvy,
- měření přístrojem MasterScanner XP,



- porovnávací měření délkoměrem,
- přímé měření digitálním výškoměrem,
- nepřímé měření odchylky středního průměru závitu od koncových měrek,
- přímé měření rozměru přes drátky mikrometrem,
- přímé měření na 2D mikroskopu,
- měření na 3D SMS,
- měření snímačem délky,
- přímé nebo porovnávací měření na délkoměru,
- porovnání se závitovým porovnávacím trnem, kroužkem,
- měření třmenovým mikrometrem,
- přímé měření mikropasametrem nebo mikrometrem,
- přímé měření na mikropasametu,
- přímé měření na profilprojektoru,
- speciální měření na jednoosých, dvouosých a tříosých měřicích přístrojích,
- přímé měření souřadnicovým měřicím strojem,
- přímé měření na kruhoměru,
- měření foliemi,
- měření na souřadnicovém měřicím rameni FARO,
- měření na souřadnicovém měřicím stroji,
- přímé měření na zařízení MasterScanner XP 16060,
- porovnání s porovnávacím trnem,
- přímé měření mikropasametrem nebo mikrometrem,
- měření koncovými měrkami,
- měření na délkoměru a porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- měření na délkoměru nebo profilprojektoru,
- přímé měření na mikroskopu,
- porovnání se závitovým porovnávacím trnem opotřebením,
- přímé měření rozměru přes drátky na délkoměru,
- nepřímé měření na délkoměru,
- měření na délkoměru, mikroskopu a měřicím výškoměru,
- porovnání s trnem opotřebením,
- měření na souřadnicovém měřicím stroji.

Měření rovinnosti, přímosti, rovnoběžnosti

Tato měření jsou prováděna u příměrných desek, rovinných a nožových pravítek, ale můžou být měřena i ramena úhelníků apod.

Měření těchto parametrů provádí v ČR celkem 18 laboratoří.

U části osvědčení jsou v parametrech opět uváděny nic neříkající obecné formulace:

- přímé měření,
- porovnání s etalonem rovinnosti,
- měření na loži,
- přímé měření na desce,

nebo přesnější popis:

- měření elektronickou libelou,
- přímé měření na 3D přístroji,
- porovnání etalonovými koncovými měrkami od etalonové roviny,

- měření laserinterferometrem,
- porovnání s průměrným válcem,
- přímé měření na délkoměru,
- koncovými měrkami na průměrné desce,
- porovnání s koncovými měrkami,
- porovnání etalonovými koncovými měrkami od etalonové roviny,
- přímé měření lineárním výškoměrem se snímačem délky pro měření kolmosti a přímosti,
- přímé měření etalonovým mikroskopem,
- měření přímosti pomocí koncových měrek,
- koncovými měrkami na průměrné desce,
- porovnání s etalonem přímosti a koncovými měrkami,
- přímé měření laserovým interferometrem,
- měření elektronickou libelou,
- měření etalonovou libelou,
- přímé měření na kruhoměru,
- přímé měření výškoměrem a indukčním snímačem,
- měření teodolitem.

Délkoměry, přístroje pro kalibrace úchytkoměrů, mikroskopy, profil projektory, 2D přístroje – měření délky

Tyto etalonové přístroje jsou často používané i samotnými kalibračními laboratořemi. V POA je uvádí 12 kalibračních laboratoří.

Principy jsou uváděny většinou vcelku jednoznačně:

- porovnání s koncovými měrkami,
- porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- měření laserovým interferometrem,
- porovnání se skleněným pravítkem,
- porovnání s etalonovým měřítkem,
- porovnání s etalonovým úhelníkem,
- porovnání s etalonovou stupnicí,
- přímé měření laserinterferometrem,
- speciální měření na jednoosých, dvouosých a trojosých měřicích přístrojích,
- měření na 3D mikroskopu,
- přímé měření polohy skleněného měřítka.

Profil projektory – chyba měření úhlu – otočení matnice o 360 °

Měření úhlu provádí 1 laboratoř pomocí principu:

- přímé měření polohy skleněného měřítka.

3D souřadnicové měřicí přístroje, měřicí ramena, bezdotykové skenery, tomografy, optika, dotek, multisenzor, laserový senzor, laser trackery

Jedná se o kalibrace univerzálních měřicích systémů pomocí rozličných metodik, v ČR je provádí celkem 11 akreditovaných laboratoří.



Principy jsou uváděny obecně:

- porovnání s etalonem,

většinou však konkrétněji:

- porovnávací měření kalibračního hřebene a koncových měrek,
- porovnávací měření kalibračním hřebenem,
- porovnání s referenční koulí,
- porovnání se stupňovou měrkou,
- přímé měření laserinterferometrem LaserTracker,
- porovnání s měřicí šablonou,
- porovnání s kulovým normálem,
- porovnání se stupňovou měrkou a kalibrační koulí,
- porovnání s koncovými měrkami a čárkovým měřítkem,
- měření pomocí kalibrační koule,
- měření pomocí koncové měrky,
- přímé měření laserinterferometrem,
- kónusovým etalonem a kalibrační koulí,
- kalibrační koulí a kalibrační tyčí,
- koncovými měrkami,
- skleněným pravítkem,
- koncovými měrkami a stupňovou měrkou,
- laserovým interferometrem,
- etalonovou bílou deskou a kalibrační koulí,
- měření pomocí skleněného pravítka,
- rubidiovým frekvenčním standardem,
- samokalibračním postupem,
- optickým snímačem vzdálenosti,
- spínacím snímačem vzdálenosti, nebo odražečem.

Tloušťkoměry

Jako samostatnou položku má kalibraci tloušťkoměrů uvedenu 10 kalibračních laboratoří. Často se jedná o tloušťkoměry tenkých vrstev (laků), ultrazvukové tloušťkoměry, tloušťkoměry s měřicími rameny nebo tloušťkoměry na pryž nebo textilie, což jsou de facto jen číselníkové úchylkoměry upevněné v měřicím stojánu a zatížené závažím určené hmotnosti.

Mezi principy opět nalezneme naprosto obecné popisy:

- porovnání s hodnotou etalonu,

nebo princip vycházející z použitého etalonu:

- porovnání s etalonem tloušťky vrstvy,
- přímé měření kalibračních fólií,
- porovnávání s koncovými měrkami,
- přímé měření na délkoměru,
- porovnání s koncovými měrkami nebo etalonem tloušťky,
- porovnání s koncovými měrkami nebo nastavnými kroužky,
- přímé měření na délkoměru nebo na mikroskopu,



- porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- přímé měření koncových měrek,
- porovnání s ultrazvukovými měrkami.

Sinusová pravítka

Kalibrace ve svém osvědčení uvádějí 4 laboratoře. Jedná se spíše o raritní měření, protože klasická sinusová pravítka se dnes již téměř nepoužívají.

Uváděné principy jsou následující:

- měření na délkoměru,
- měření odchylky tvaru pomocí měrek,
- měření na 3D souřadnicovém měřicím stroji,
- měření etalonovými koncovými měrkami.

Kruhoměry

Kruhoměry jsou velmi přesná měřidla pro měření kruhovitosti a přímosti, zároveň ale velmi málo rozšířená. Kruhoměr je zjednodušený název pro speciální přístroj s rotační osou na měření úchylek tvaru a polohy (kruhovitost, válcovitost, házení, přímost, rovinnost). Kalibrace jejich různých parametrů provádějí v ČR 4 laboratoře.

Princip kalibrace je uváděn:

- porovnání s etalonem rovinnosti,
- porovnání s etalonem kruhovitosti,
- porovnání s etalonem přímosti,
- porovnání s etalonem rovnoběžnosti,
- porovnání s etalonovou koulí,
- porovnání s rovinným sklem,
- porovnání s referenční polokoulí,
- porovnání s etalonem linearitu UDT,
- porovnání s referenční polokoulí,
- porovnání s referenčním válcem.

Komparační přístroje pro měření koncových měrek

V ČR kalibrují 3 laboratoře.

Všechny používají totožný princip kalibrace uvedený třikrát jinak:

- porovnání na koncové měrky,
- porovnání s etalonovými koncovými měrkami,
- přímé měření s etalonovými koncovými měrkami.

Teodolity, aerokompasy, nivelační přístroje, rotační lasery

Kalibrace provádí pouze 1 laboratoř.



Princip měření popsán pouze obecně:

- - přímé měření.

Laserové dálkoměry

Dle přílohy o akreditaci má v rozsahu akreditace tyto kalibrace 7 laboratoří.

V jednom případě je uveden princip kalibrace obecně:

- přímé měření,

dále pak:

- přímé měření čárkovým měřítkem ocelového pravítka,
- měření laserovým interferometrem,
- porovnání s etalonovou stupnicí,
- porovnávací měření na etalonové trati,
- přímé měření laserinterferometrem LaserTracker,
- porovnání s etalonem délky,
- porovnání s etalonovou tratí.

Úhel otočení / momentové klíče

Úhel otočení momentových klíčů kalibrují 3 laboratoře.

Princip kalibrace je ve všech případech jednoznačný:

- porovnání se snímačem úhlu natočení,
- přímé měření pomocí snímače momentu úhlu,
- porovnání s optickým polygonem, autokolimátorem nebo rotačním stolem.

Měření na 1D, 2D, 3D souřadnicových strojích, profil projektorech, mikroskopech

Měření mnoha kalibrů a měřidel pomocí univerzálních přístrojů, např. 3D měřidla délky, rádiusové, tvarové a závitové šablony, kuželové kalibry, penetrační jehly a atypické šablony, etalonové čárkové stupnice, kalibry (prostorové objekty), úhelníky (měření přímosti a odchylek kolmosti), koule, kruhovitost koulí, kroužků, válců a kuželů, měřicí přípravky a tvarová měřidla, měřidla délky, tvaru, geometrických poloh, úhlů, poloměrové šablony lístkové, rádiusové měřky, speciální kalibry a přípravky, závitové měřky, měřicí klínky, stupnice, speciální kalibry, speciální měřky, speciální měřidla a přípravky, tvarové měřky, úhlové normály, válce kolmosti, sinusová pravítka, prizmatické podložky, trny, kroužky, třmeny, průměrné desky, pravítka, výtokové pohárky, úhlové měřky a další.

Tato měření uvádí ve své POA 12 laboratoří.

Pokud pomineme obecně uvedený princip:

- přímé měření,

jsou principy měření opět odkazovány na používané vybavení:

- přímé měření mobilním kloubovým ramenem,
- měření na mikroskopu se SW M2D,
- měření na multisenzorovém přístroji Werth Video-Check-HA,
- přímé měření na kruhoměru,



- porovnání s koncovými měrkami,
- přímé měření etalonovým pásmem,
- přímé měření mikropasametrem nebo mikrometrem,
- přímé měření na délkoměru,
- přímé měření posuvným měřítkem,
- speciální měření na jednoosých, dvouosých a trojosých měřicích přístrojích,
- přímé měření laserinterferometrem LaserTracker,
- přímé měření na profilprojektoru,
- přímé měření etalonovým mikroskopem,
- měření na 3D mikroskopu,
- měření na souřadnicovém stroji,
- měřeno na 2D a 3D přístrojích,
- přímé měření na 3D přístrojích.

Průtahoměry trhacích strojů

Jde vcelku o specifické měření posuvu příčnicku trhacího stroje během zatěžování. Nabízejí celkem 3 laboratoře.

Uváděné principy:

- přímé měření etalony délky,
- přímé měření kalibrátorem průtahoměru,
- ASTM E83,
- ČSN EN ISO 9513,
- přímé měření kalibrátorem průtahoměru a etalonem délky.

Autokolimátory

V rozsahu akreditace má pouze ČMI:

- Porovnání s generátorem malých úhlů

Stroje s elektronickým odměřováním kubického obsahu dřevěných klád

Na svém osvědčení uvádějí pouze 2 laboratoře:

- Měření délky výřezů dříví, jejichž délka je stanovena etalonem.
- Měření etalonů tloušťky dříví.
- Porovnání pomocí artefaktu změřeného etalonem nebo přímé porovnání s etalonem
- Porovnání pomocí artefaktu změřeného etalonem nebo přímé porovnání s etalonem

Zkušební síta

Měření nabízejí 3 laboratoře.

Principy:

- kalibrace na 2D optickém přístroji, posuvným měřidlem nebo pomocí mezních trnů,
- přímé měření na mikroskopu,
- měření na profilprojektoru.



Měrky svárů

Uvádí ve své příloze celkem 5 laboratoří.

Principy, které jsou uvedeny:

- porovnání s koncovými měrkami.
- přímé měření etalonovými koncovými měrkami.

Z toho plyne, že všechny tyto laboratoře mají v osvědčení uvedenou pouze kalibraci posuvné stupnice měrek svárů. Ta však může být zahrnuta v kalibracích posuvných měřidel obecně.

Dále v POA můžeme objevit několik měřidel, která jsou velmi výjimečná a jejich kalibraci má v příloze uvedenu pouze 1, někdy 2 laboratoře, např. hrotové přístroje, měřická kolečka, odvalovací měřidla délky, optické zuboměry, přístroj na kontrolu házivosti kol (vozidel), snímače pohybu pásu, měřidlo geometrie náprav, regloskop, snímače polohy a odstupu, polygony, optické hranoly, úhlové měrky, snímače úhlu otočení, utahovačky a utahovací zařízení apod.



7 PRAVIDLA PRO UVÁDĚNÍ PRINCIPU KALIBRACE

Jak je vidět v předchozí kapitole, v oborech délka a rovinný úhel je obsaženo velké množství rozličných druhů a typů měřidel. Některé z nich jsou kalibrovány pomocí unifikovaných metod a jiný způsob kalibrace najdeme buď výjimečně, nebo vůbec. Jedná se např. o posuvná měřítka, kdy je obvyklé zjišťovat jejich metrologické vlastnosti pomocí koncových měrek a jakákoli jiná metoda je spíše nouzovým řešením. Dále je zde několik typických měřidel, která mohou být kalibrována pomocí různých metod, které závisí na etalonovém vybavení kalibrační laboratoře. Sem patří např. úhelníky nebo číselníkové úchylkoměry. Z popisu principu kalibrace uvedeného v příloze osvědčení o akreditaci by způsob návaznosti měl být jednoznačně zřejmý. Jedním z důvodů je závislost udávané hodnoty nejistoty právě na způsobu měření. Laboratoř může provádět kalibrace totožného měřidla různými metodami měření, a tedy s odlišnými limity stanovení nejistoty měření. V příloze osvědčení uvede ty hodnoty nejistot CMC a ten princip kalibrace, kterými je dosahováno nejnižší nejistoty měření. Jednoznačný popis principu měření tyto hodnoty jasně definuje. Pokud laboratoř provádí měření téhož měřidla dalšími metodami ve shodném rozsahu měření, ale s vyšší udávanou nejistotou, pak se v příloze o akreditaci tento další princip již neuvádí, ale během akreditačního procesu musí být řádně posouzen. Musí také být uveden v interním dokumentu, v němž laboratoř udržuje přehled všech svých kalibračních postupů, které nabízí zákazníkům bez ohledu na to, zda spadají do rozsahu akreditace nebo ne. Není tedy možné nabízet kalibrace postupem či postupy, které neprošly posouzením, i kdyby se jednalo o případ, který neovlivní znění přílohy o akreditaci.

Princip kalibrace je v mnoha případech obdobný pro měřidla pracující na podobném principu.

Z hlediska určení příbuznosti měřidel a schopnosti určení CMC není potřebné v příloze přesněji definovat, zda se jedná o měřidla analogová, digitální nebo mají stupnici s číselníkovým úchylkoměrem (tím nejsou myšleny pouze číselníkové úchylkoměry, ale obecně kruhová stupnice s ryskami a otočnou analogovou ručičkou, ukazatelem hodnoty veličiny). Není třeba uvádět různé hodnoty nejistot pro různá dělení stupnice, vlastně je to zbytečné, protože hodnota CMC nejistot se v souladu s definicí určuje pro nejpřesnější běžně dostupné měřidlo (existující, nikoli ideální – teoretické), které je laboratoř schopna kalibrovat.

Dle přehledů v předchozí kapitole princip vychází u délkových měřidel obvykle z použitého etalonu a v naprosté většině případů se jedná o metody přímého měření. Princip musí být uveden takovým způsobem, aby byl způsob kalibrace jednoznačný. Popis „porovnání s etalonem“ nebo „měření pomocí etalonu“ rozhodně není nejkonkrétnější definicí. Konkrétnost postupu je nezbytná hlavně v případech, kdy v příloze o akreditaci laboratoř uvádí dvě různé hodnoty CMC nejistot pro kalibraci totožného měřidla, např. z důvodu různého dosažitelného rozsahu měření, a velikost této nejistoty je závislá právě na metodě měření, resp. použitém etalonu. Jedním z názorných příkladů může být např. kalibrace koncových měrek, a to buď běžnou porovnávací metodou, kdy se hodnota délky porovnává mezi etalonovou a kalibrovanou koncovou měrkou pomocí komparačního přístroje nebo mnohem přesnější měření na speciálním laserovém interferometru, kdy je délka měření koncové měrky zjišťována pomocí vlnových délek etalonových laserů. V principu měření je uváděna přesnější metoda, resp. je uveden přesnější etalon. Pokud jsou ale metody technicky odlišné a zároveň metoda s nižší nejistotou může kalibrovat koncové měrky v nižším rozsahu, uvádí se v příloze všechny.

Rozdělení principů v oborech délka a rovinný úhel je tedy nejvhodnější odvodit od použitého etalonu a dále, pokud to bude potřebné, podrobněji rozlišit např. na přímé a porovnávací měření. Do přílohy osvědčení o akreditaci se neuvádí více hodnot CMC nejistot, pokud jediným



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 23/39

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

01.11.2022

rozdílným parametrem v příloze je různé rozlišení nebo typ stupnice kalibrovaného měřidla, přičemž rozsah a princip zůstává nezměněn.



8 ROZDĚLENÍ MĚŘIDEL A PRINCIPY KALIBRACE

V této kapitole jsou uvedeny běžně kalibrované typy měřidel v oborech délka a rovinný úhel s doporučenými uvedenými principy kalibrací a souvisejícím informacemi, které by měly být v řádku POA uváděny. Z důvodu přehlednosti jsou uvedeny jen nezbytné relevantní údaje. Příklady celých řádků CMC jsou připojeny v příloze (zde uvedené číselné údaje nejistot CMC a jmenovitých rozsahů jsou pouze ilustrační).

Posuvná měřidla

Spolu s mikrometrickými měřidly se jedná o nejrozšířenější skupinu měřidel, která se nacházejí v přílohách o akreditaci jednotlivých kalibračních laboratoří.

Do této kategorie spadají:

- posuvná měřítka,
- posuvné výškoměry,
- posuvné hloubkoměry,
- posuvné svárové měřky.

Principem jejich kalibrace je obvykle vkládání koncových kalibrů mezi měřicí čelisti nebo mezi měřicí plochu měřidla a pomocnou rovinnou referenční desku (např. u výškoměrů nebo hloubkoměrů). Etalonem jsou koncové měřky, pro kalibrace čelistí pro měření vnitřních rozměrů jsou používány nastavovací kroužky, princip měření je ale totožný. Do položky princip kalibrace se uvádí etalonová položka, pomocí které je dosahováno nejistoty CMC – obvykle koncové měřky (používají se pro kalibraci hlavní stupnice). Jako předmět kalibrace je možné obecně uvést posuvná měřidla, pokud laboratoř provádí kalibrace všech výše uvedených měřidel, případně vyjmenovat jednotlivé podtypy měřidel.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 1, 2, 3):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Posuvná měřidla	Měření pomocí koncových měrek
	Měření pomocí kalibračního hřebene
	Měření laserovým interferometrem
	Měření na univerzálním délkoměru

Pokud laboratoř provádí kalibrace téhož měřidla pomocí principiálně podobných etalonů (různých nastavovacích kalibrů) s různou nejistotou měření, např. hlavní stupnici měříme koncovými měrkami a stupnici pro vnitřní měření kalibrujeme nastavovacími kroužky, uvede se hodnota CMC nejistot pro přesnější etalon a ten se uvede i do předmětu kalibrace. Pokud ale laboratoř nabízí kalibrace pomocí více různých principů (pomocí koncových měrek, měření na délkoměru, ...), a ostatní parametry se neliší, uvede se do přílohy pouze jeden řádek CMC s nižší hodnotou CMC nejistoty.

Mikrometrická měřidla

Do této kategorie spadají:



- mikrometry (třmenové, pro měření vnitřních rozměrů, dutinové dvoudotekové, na závity, na drát, na ozubená kola atd.),
- mikrometrické hloubkoměry,
- mikrometrické hlavice,
- třídotekové mikrometrické dutinoměry,
- mikrometrické odpichy (mikrometrická stupnice, nikoli jejich nástavce).

Mikrometrická měřidla již nejsou tak sourodou skupinou jako měřidla posuvná, a i když posuv měřících dotyků je uskutečňován pomocí otáčení šroubu s jemným stoupáním závitu, jejich kalibrace není pro celou skupinu principiálně totožná. V položce předmět kalibrace je vhodné vyjmenovat konkrétní podtypy mikrometrických měřidel, a nikoli uvádět celou skupinu. Do stejného řádku je možné uvést mikrometry, mikrometrické hloubkoměry a mikrometrické hlavice. Zvláště je třeba vždy uvádět třídotekové dutinoměry a mikrometrické odpichy. Délka nástavců k mikrometrickým odpichům pak spadá do kategorie kalibrů.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 4, 5, 6):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Mikrometry, mikrometrické hlavice, mikrometrické hloubkoměry	Měření pomocí koncových měrek
	Měření laserovým interferometrem
	Měření na univerzálním délkoměru
Třídotekové mikrometrické dutinoměry	Měření pomocí nastavovacích kroužků
Mikrometrické odpichy – linearita mikrometrické stupnice	Měření na univerzálním délkoměru

Koncové měřky

Naprostě samostatná kategorie přesných etalonů. Kalibrace je prováděna v souladu s technickou normou ČSN EN ISO 3650. Běžně se dělí na krátké koncové měřky o jmenovitých rozměrech (0,3 – 100) mm a dlouhé koncové měřky o délkách (125 – 1000) mm. Mohou se objevovat i nestandardní rozměry, ale ty jsou v ČR spíše vzácností. Existují 2 standardní metody kalibrace – interferenční a komparační, přičemž akreditované laboratoře používají pouze metodu komparační. I u této metody existují odlišnosti mezi měřením měrek do 100 mm a měrek nad 100 mm. Vždy se jedná o porovnání délky kalibrované měřky s měrkou etalonovou. U krátkých měrek probíhá porovnání ve svislé poloze na komparačním přístroji, u dlouhých měrek probíhá komparace ve vodorovné poloze, obvykle na délkoměru se speciálním vybavením (pro podepření měrek v Airyho bodech).

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 7):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah	Princip kalibrace
Koncové měřky	0,5 mm až 100 mm	Porovnání s koncovými měrkami ve svislé poloze na komparačním přístroji
	125 mm až 1000 mm	Porovnání s koncovými měrkami ve vodorovné poloze na délkoměru

Čárková měřidla

Měřidla s čárkovou stupnicí.

Patří sem:

- skleněná měřítka,
- (ocelová) pravítka a měřítka (také měřicí pásy, dílenská pravítka apod.)
- svinovací metry,
- skládací metry,
- měřičská pásma,
- měřicí lupy.

Měřena jsou pomocí různých principů, přesná měřítka na třísouřadnicových strojích, mikroskopech nebo pomocí laserového interferometru a kamery s pojezdem. Dále může být stupnice porovnávána s etalonovým čárkovým měřidlem pomocí měřicí lupy nebo může měření probíhat porovnáním s etalonovou tratí, na níž jsou rysky vyznačené v určitých (kalibrovaných) vzdálenostech. Princip také může spočívat v porovnávání stupnice kalibrovaného měřítka s koncovou měrkou, i když tento postup měření je spíše nouzovou variantou. Podobnými principy, které jsou používány při kalibraci měřických pásem, mohou být kalibrovány i (laserové) dálkoměry, které jsou novější alternativou ke svinovacím metrům a pásmům. U čárkových měřidel považujeme názvy „měřítka“ a „pravítka“ za synonyma.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 8 až 13):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Ocelová měřítka Skleněná měřítka Svinovací metry Skládací metry Měřičská pásma	Měření laserovým interferometrem
Svinovací metry Skládací metry Ocelová měřítka	Porovnání s etalonovým ocelovým pravítkem
Ocelová pravítka	Měření na profil projektoru
Ocelová pravítka Skleněná pravítka Měřicí lupy	Měření na souřadnicovém měřicím stroji
Měřičská pásma	Porovnání s ryskami etalonové tratě
Svinovací metry Skládací metry Měřičská pásma	Porovnání s etalonovým pásmem

Úchylkoměry a snímače délky

Obsahuje obvykle:



- úchylkoměry (analogové číselníkové úchylkoměry, digitální úchylkoměry, somkátory, mikrokátory, páčkové úchylkoměry),
- indukční snímače délky.

Měřidla podobné kategorie, která obsahují výsuvný nebo páčkový dotek s různě konstruovanou indikací a různou přesností. Kalibrace je prováděna pomocí univerzálních metod na délkoměru nebo pomocí koncových měrek nebo na jednoúčelovém kalibračním přístroji.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 14):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Úchylkoměry	Měření pomocí koncových měrek
Lineární snímače délky	Měření na univerzálním délkoměru
	Měření na přístroji pro kalibrace číselníkových úchylkoměrů

Měřidla drsnosti povrchu a měřidla kontury

Jedná se o specifickou skupinu měřidel a v rámci akreditace málo zastoupenou. Laboratoře obvykle provádějí kalibrace přístrojů pro měření drsnosti povrchu, případně etalonů drsnosti neboli drsnoměrných destiček. U drsnoměrů je možné měřit více parametrů a v příloze musí být uvedeno, jaký parametr je s jakou nejistotou kalibrován v kontextu s principem kalibrace.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 15 až 17):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Parametry měřené veličiny	Princip kalibrace
Drsnoměr pro nastavovací etalony	Ra, Rz, Rz	Měření pomocí etalonových destiček drsnosti
	Chyba měření přímosti	Měření pomocí skleněné rovinné desky
Etalony drsnosti	Měření profilu Pt	Dotykové měření drsnoměrem
Konturografy - přímost - délka - rádius		Měření pomocí etalonu rovinnosti Měření pomocí etalonu kontury Měření pomocí etalonu rádiusu

Dutinoměry

Měřidla různých konstrukcí pro měření vnitřních rozměrů, obvykle s malým rozsahem stupnice. Mohou obsahovat sadu nástavců pro změnu rozsahu měření průměru otvoru.

Ačkoli je používáno mnoho kreativních pojmenování, běžné typy jsou tyto:

- dvoudotekové dutinoměry (subita),
- třídotekové dutinoměry (obvykle mikrometrické, ale není pravidlem),
- dutinoměry s měřicími rameny.



Mikrometry pro měření vnitřních rozměrů a mikrometrické odpichy se používají i pro měření vnitřních rozměrů, ale pojmenování „dutinoměry“ se pro ně nepoužívá. Jako předmět kalibrace lze obecně uvést název celé této skupiny měřidel v případě, že všechny typy dutinoměrů laboratoř kalibruje stejnou metodou, např. pomocí nastavných kroužků.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 18 a 19):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Dutinoměry	Měření pomocí nastavných kroužků
Dvoudotekové dutinoměry	Měření na univerzálním délkoměru
	Měření na přístroji pro měření číselníkových úchylkoměrů

Délkoměry

Univerzální délkoměr je přesný měřicí přístroj pro měření rozměrů v jedné ose, pro kalibraci různých typů kalibrů, úchylkoměrů atd. Existují také jednoúčelová měřidla na stejném principu, např. měřidlo pro měření číselníkových úchylkoměrů (někdy nazýván jako vertikální délkoměr). Používány jsou dvě běžné metody jejich kalibrace.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 20):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Univerzální délkoměry	Měření pomocí koncových měrek
Délkoměry	Měření laserovým interferometrem

2D měřidla

Univerzální měřidla pro měření ve dvou osách.

Nejběžněji se jedná o měřicí mikroskopy, profilprojektory nebo optické 2D měřicí přístroje, které jsou moderní kombinací obou prvně jmenovaných měřidel. Měření délkových souřadnic je možné provádět laserovým interferometrem nebo přesným čárkovým (obvykle skleněným) měřítkem. Měření úhlové stupnice je prováděno pomocí úhlových měrek.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 21):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Měřicí mikroskopy	Měření laserovým interferometrem
Profilprojektory	Měření pomocí skleněného pravítka
Optická dvouosá měřidla	

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadové číslo 1):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Profilprojektory	Měření pomocí úhlových měrek

3D měřidla

Samostatná skupina měřidel, která se neustále rozvíjí a do praxe se tak dostávají stále přesnější a propracovanější měřicí systémy třísouřadnicového měření.

Mezi tato měřidla se řadí:

- souřadnicové měřicí stroje
 - dotykový systém,
 - optický měřicí systém,
 - multisenzorový měřicí systém,
 - laserový měřicí systém,
 - systém měření pomocí počítačové tomografie,
- měřicí kloubová ramena,
- laser-trackery,
- optické měřicí skenery.

V příloze o akreditaci ve sloupci předmětu kalibrace musí být v každém řádku uveden konkrétní měřicí systém, který je daným principem kalibrován, pokud princip nepokrývá všechny měřicí systémy. Případně je nutné upřesnit i název osy, pokud tímto způsobem nejsou měřeny osy všechny. Případně lze upřesnit ještě další parametry.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 22):

<i>Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace</i>	<i>Princip kalibrace</i>
--	---------------------------------

Souřadnicové měřicí stroje

- | | |
|--|---|
| - dotykový měřicí systém | Měření pomocí stupňových měrek a kalibrační koule |
| - dotykový měřicí systém | Měření pomocí koncových měrek |
| - dotykový měřicí systém | Měření pomocí etalonového tělesa ball-plate |
| - optický měřicí systém osa X a Y | Měření pomocí skleněného pravítka |
| - optický měřicí systém osa Z | Měření pomocí koncových měrek |
| - dotykový měřicí systém | Měření pomocí laserového interferometru |
| - dotykový měřicí systém měřicích kloubových ramen | Měření pomocí kónusového etalonu a kalibrační koule |
| - dotykový měřicí systém měřicích kloubových ramen | Měření pomocí koncových měrek |
| - systém měření pomocí počítačové tomografie | Měření pomocí kulového normálu |

Úhelníky, etalonové válce kolmosti, měřidla přímosti a rovinnosti

Měření rovinnosti je prováděno na průměrných a referenčních deskách. Měření přímosti se provádí u průměrných pravítek, nožových pravítek, dále je možné ji měřit u ramen úhelníků nebo úhloměřů. Tato měření mohou být založena na měření úhlu, ale hodnota přímosti nebo



rovinnosti je vyhodnocována v jednotkách délky, proto i tato měřidla v POA zařazujeme do oboru délka. U úhelníků je častější zařazení do oboru délka, pokud vyhodnocujeme odchylku kolmosti, resp. jiného nominálního úhlu, měřených ramen. Pokud je vyhodnocován úhel sevřený mezi rameny, nebo odchylka od nominálního úhlu, je tato kalibrace zařazena do oboru rovinný úhel. Jedná se většinou o přesné (často granitové) úhelníky, a kromě úhlu mezi rameny je běžně vyhodnocována i přímost ramen.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 23 až 28):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Parametry měřené veličiny	Princip kalibrace
Příměrné desky - rovinnost	Delší strana do 2000 mm	Měření laserovým interferometrem
	Delší strana do 2000 mm	Měření pomocí digitální libely
Příměrná pravítka, nožová pravítka - přímost	Do délky 3500 mm	Měření pomocí digitální libely
Příměrná pravítka, nožová pravítka - přímost	Do délky 600 mm	Měření na souřadnicovém měřicím stroji
Úhelníky 90 ° - odchylka kolmosti - přímost ramen	Delší strana do 630 mm	Měření pomocí válce kolmosti a koncových měrek Měření pomocí koncových měrek na rovinné desce
Úhelníky 90 ° - odchylka kolmosti - přímost ramen	Delší strana do 630 mm	Měření na souřadnicovém měřicím stroji
Úhelníky 90 ° - odchylka kolmosti	Delší strana do 300 mm	Měření na rovinné desce pomocí výškoměru se snímačem délky
Úhelníky 90 ° - odchylka kolmosti	Delší strana do 200 mm	Měření pomocí dvouosého optického měřidla

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadové číslo 2):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Úhelníky - úhel mezi rameny	Měření pomocí goniometru
	Měření na souřadnicovém měřicím stroji

Tloušťkoměry

Jedná se o měřidla různých konstrukcí, určených pro měření tloušťek různých materiálů nebo povrchů.

Nejčastěji se vyskytující typy tloušťkoměrů:

- tloušťkoměry na vrstvy nátěrů (pro měření tloušťky laků),
- tloušťkoměry s měřicími rameny,
- tloušťkoměry pro měření tloušťky materiálu (kůže, pryž, textilie),
- ultrazvukové tloušťkoměry.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 29 až 32):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Tloušťkoměry s měřicími rameny	Měření pomocí koncových měrek
Tloušťkoměry pro měření tloušťky materiálu	Měření pomocí koncových měrek
Tloušťkoměry pro měření tenkých vrstev	Měření pomocí kalibračních fólií
Ultrazvukové tloušťkoměry	Měření pomocí ultrazvukových měrek

Libely

Jedná se o měřidla úhlu, která jsou často hovorově nesprávně nazývána vodováhami. Existuje několik základních typů, které se od sebe liší principem měření, přesností i konstrukcí.

- libely strojní (podélné, rámové, úhlové, křížové) – kalibrujeme citlivost dílků (odchylku od vodorovné roviny můžeme určit jako vedlejší parametr),
- libely stavební – jediný typ libel, kde jako hlavní parametr určujeme odchylku od vodorovné (svislé) roviny a dále citlivost změny sklonu posuvu bubliny od jedné rysky k druhé,
- libely elektronické – obvykle přesné libely, kde měříme chyby stupnice v jednotkách úhlu.

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadová čísla 3 až 5):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Strojní libely	Porovnání s elektronickou libelou na naklápěné rovině
Stavební libely	Měření na dělicí hlavě
Elektronické libely	Měření na generátoru malých úhlů
	Měření autokolimátorem

Skonoměry

Měřidla úhlu sklonu. Od libel se odlišují tím, že měří úhel v mnohem vyšším rozsahu, ale s menší přesností.

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadová čísla 6 a 7):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Mechanické, optické a digitální sklonoměry	Měření na dělicí hlavě
	Měření pomocí sinusového pravítka s koncovým měrkami a průměrného válce



Úhломěry

Měřidla rovinného úhlu, kde je indikován úhel sevřený mezi pohyblivými rameny. Běžně jsou měřeny vkládáním úhlových měrek mezi ramena, ale v praxi se používají i (spíše nouzové) metody, kdy jsou na úhломěru nastavené hodnoty měřeny na souřadnicových strojích, profilprojektorech nebo 2D optických měřidlech.

Existuje několik základních typů úhломěrů:

- digitální,
- mechanické (s lupou),
- s číselníkovým úchylkoměrem,
- obloukové (zámečnické).

Všechny mohou být kalibrovány pomocí stejných principů, proto v příloze o akreditaci stačí uvést obecné pojmenování bez přesnějšího určování typu. Jednotlivé typy jsou vyjmenovány pouze v případě, že použitou metodu měření nelze pro kalibraci některého typu použít.

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadová čísla 8 až 10):

<i>Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace</i>	<i>Princip kalibrace</i>
Úhломěry	Měření pomocí úhlových měrek
	Měření na souřadnicovém měřicím stroji
	Měření pomocí dvouosého optického měřidla

Komparační přístroje pro měření koncových měrek ve svislé poloze

Přístroje různých výrobců, ale podobné konstrukce. Používá se jediný princip měření, kterým je kalibrována linearita obou snímačů přístroje.

Příklad pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 33):

<i>Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace</i>	<i>Princip kalibrace</i>
Komparační přístroje pro měření koncových měrek ve svislé poloze	Měření pomocí koncových měrek a můstkové měrky

Průtahoměry trhacích strojů a lisů

Podružné měření přístrojů síly.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadová čísla 34 a 35):

<i>Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace</i>	<i>Princip kalibrace</i>
Průtahoměry trhacích strojů a lisů	Měření mikrometrickým měřidlem pro kalibrace průtahoměrů
	Měření posuvným měřidlem pro kalibrace průtahoměrů



Úhel natočení momentových klíčů

Podružné měření u momentových klíčů. Moment otočení snímače (gyroskopu) momentového klíče je obvykle indikován až po dosažení nastavené hodnoty zatížení krouticím momentem.

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadové číslo 11):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Momentové klíče - úhel otočení	Měření snímačem úhlu otočení
	Měření na rotačním stole
	Měření na dělicí hlavě

Zkušební síta

Probíhá měření velikosti oka dle normy.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 36):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Zkušební síta - velikost oka	Měření na souřadnicovém měřicím stroji
	Měření na profilprojektoru
	Měření pomocí dvouosého optického měřidla

Univerzální metody měření

V oboru délka a rovinný úhel je využíváno několik typů měřidel, která dokážou měřit rozměry různých objektů v jedné, dvou nebo třech osách a jsou využívány pro kalibrace celé řady měřidel.

Mezi tato univerzální měřidla se řadí:

- univerzální délkoměry,
- měřicí mikroskopy,
- profilprojektory,
- dvouosá optická měřidla,
- souřadnicové měřicí stroje.

Do položky předmětu kalibrace mohou být pro stejný princip měření uvedeny celé skupiny měřidel.

Měření na délkoměru

Univerzální délkoměr je velmi rozšířeným měřicím přístrojem, kde jsou prováděny kalibrace různých kalibrů a nástavců, mnohdy úchylkoměrů a také mikrometrických odpichů, včetně jejich nástavců.

Měření jsou sice velmi podobná, ale našli bychom určité rozdíly, které mohou mít významný vliv na nejistotu měření. To platí zejména u měření vnitřních a vnějších kalibrů. Měření vnitřních kalibrů a kroužků je prováděno komparační metodou, kdy měřený rozměr pomocí délkoměru



porovnáváme obvykle s rozměrem etalonového kroužku. To nám zavádí další složku nejistoty oproti přímému měření kalibrů vnějších. Naopak měření vnějších rozměrů můžeme komparačním měření zpřesnit, pokud měřený rozměr na délkoměru porovnáme s koncovou měrkou blízkého rozměru. Nejistota koncové měrky je obvykle nižší, než chyba a nejistota nahrazené stupnice délkoměru.

Nejčastěji kalibrovaná měřidla na délkoměru můžeme rozdělit:

- vnější kalibry,
 - válcové kalibry,
 - měřicí drátky (pro měření závitů),
 - nastavovací kalibry (např. na mikrometry, pro ultrazvukové tloušťkoměry),
 - vnější délkové kalibry,
 - kalibrační fólie (pro kalibrace tloušťkoměrů vrstvy nátěrů),
 - kuželové kalibry,
 - závitové kalibry,
 - nástavce k mikrometrickým odpichům,
 - lístkové spároměrky,
 - měřicí klínky,
- vnitřní kalibry,
 - nastavovací kroužky,
 - závitové kroužky,
 - třmenové kalibry,
- číselníkové úchylkoměry,
- dvoudotekové dutinoměry,
- délkové snímače.

V příloze o akreditaci je možné do předmětu kalibrace uvést buď všechna měřidla kalibrovaná na délkoměru v jednom řádku, ale v hodnotě nejistoty CMC je nutné uvést vyšší hodnotu pro komparační měření vnitřních kalibrů, nebo je možné jednotlivé řádky oddělit.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 37):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Vnější kalibry Vnitřní kalibry Mikrometrické odpichy Mikrometry Číselníkové úchylkoměry Dvoudotekové dutinoměry Délkové snímače	Měření na univerzálním délkoměru
Vnitřní kalibry	Porovnání s nastavným kroužkem na délkoměru



Měření na souřadnicovém měřicím stroji

Souřadnicové stroje dokážou měřit obecné rozměry pomocí různých snímacích systémů. Nicméně v kalibračních laboratořích jsou využívány pro kalibrace měřidel, tudíž v položce předmět kalibrace je vhodné uvádět konkrétní alespoň skupiny měřidel.

Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 38):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Vnější kalibry Vnitřní kalibry Tvarové šablony Rádiusové měřky Čárková pravítka Úhelníky – odchylka kolmosti Příměrná pravítka – příměst Rovinné desky – rovinnost	Měření na souřadnicovém měřicím stroji

Příklady pro veličinu rovinný úhel (v příloze část rovinný úhel, pořadové číslo 12):

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Princip kalibrace
Úhelníky – úhel mezi rameny Úhlové měřky Úhlové kalibry a šablony	Měření na souřadnicovém měřicím stroji

Měření pomocí laserového interferometru

Název je mírně zavádějící, protože laserových interferometrů je v metrologii využívána celá řada, ale všechny jsou víceméně specializované a v běžné praxi je využíván přenosný interferometr pro měření změny délky. Pomocí různého příslušenství je možné měřit i rovinnost a příměst.

Nejčastěji kalibrovaná měřidla pomocí laserového interferometru můžeme rozdělit na:

- délkoměry,
- měřicí mikroskopy,
- profilprojektory,
- čárková měřítka,
- příměrné desky,
- souřadnicové měřicí stroje,
- snímače posuvu,
- příměrné desky – měření rovinnosti,
- příměrná pravítka – přímostí..



Příklady pro veličinu délka (v příloze část délka, pořadové číslo 39):

<i>Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace</i>	<i>Princip kalibrace</i>
Délkoměry Měřicí mikroskopy Profilprojektory Ocelová pravítka Dráhy s ryskami pro kalibrace měřičských pásem Dálkoměry Příměrné desky – rovinnost Příměrná pravítka – přímmost Souřadnicové měřicí stroje – dotykový měřicí systém Snímače délky	Měření laserovým interferometrem
Příměrné desky – rovinnost Příměrná pravítka – přímmost	Měření laserovým interferometrem



9 SHRnutí

Jak bylo uvedeno již ve zprávě z minulého úkolu PRM, při kalibraci hodnotu kalibrovaného předmětu nebo hodnotu kalibrovaným předmětem udávanou porovnááme s hodnotou etalonu. Platí také zásada, že kalibrujeme „stejně stejným“, nebo „opačné opačným“, protože etalony i kalibrované předměty jsou při procesu kalibrace v zásadě jen dvojího druhu, tedy „zdrojem“ veličiny nebo jejím měřidlem. Z kombinací těchto možností plyne, zda se v POA objeví termín „měření“, nebo „porovnání“. Tento aspekt ale v oborech délka a úhel není až tak důležitý, proto je nutné se soustředit na podstatné informace o kalibrovaném měřidle a o etalonu. V úvahu je nutno vzít také požadavky normativních a obdobných dokumentů. Odkaz na takový dokument, ať už jím je norma nebo dokument odborné organizace, může případně posloužit lépe než slovní popis principu/metody/postupu kalibrace.

Řešení úkolu naplnilo zadání: nejprve věnovalo se aktuálním přílohám osvědčení o akreditaci, aby další část popsala jednotící hlediska pro skupiny měřidel a doprovodila je vhodnými příklady principů kalibrací, které jsou nezbytnou součástí CMC tabulky v POA. Cílem je dosáhnout stavu, kdy obsah tabulek CMC bude srozumitelný a spolehlivě porovnatelný mezi jednotlivými laboratořemi.



10 ZÁVĚR

Přehledně zpracované informace o metodách a postupech (principech) kalibrace v oborech délka a úhel pomohou sjednotit informace dotčených kalibračních laboratoří. Práce má sloužit jako pomůcka pro kalibrační laboratoře při vyplňování návrhu POA i pro vedoucí a odborné posuzovatele při posuzování, aby bylo dosaženo přehlednosti, jednotnosti a porovnatelnosti informací v přílohách osvědčení různých kalibračních laboratoří.

Kromě toho, že výsledné řešení úkolu poslouží jako podklad pro školení odborných posuzovatelů ČIA, budou výsledky úkolu prezentovány široké odborné veřejnosti formou semináře a také článkem pro časopis Metrologie. Odborní posuzovatelé tak budou mít možnost podrobně se seznámit s výsledky řešení tohoto úkolu, aby požadavek na uvádění metody, principu kalibrace při posuzování aplikovali jednotně. Článek v časopisu Metrologie stručně seznamuje nejširší veřejnost s výsledkem řešení úkolu, aby podpořil zájem o vlastní zprávu z řešení úkolu.

Jako podklad pro tuto práci byly využity i výsledky předchozích dvou řešení úkolů PRM na stejné téma, především prvního z nich, který stanovil základní pravidla pro chápání a popis principů kalibrace. Tímto úkolem se opět rozšířilo spektrum dostupných informací, určených k usnadnění vzájemné komunikace akreditovaných kalibračních laboratoří a odborné veřejnosti vůbec.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 39/39

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

01.11.2022

11 PŘÍLOHA

Příloha 1 – Příklady textů přílohy 3 žádosti o udělení akreditace pro obory délka a rovinný úhel