

# Inovace kalibračního postupu ocelových měřítek

Radmila Horáková

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta technologická**

**Ústav výrobního inženýrství**

**akademický rok: 2010/2011**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

**Jméno a příjmení: Radmila HORÁKOVÁ**  
**Osobní číslo: T080101**  
**Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství**  
**Studijní obor: Technologická zařízení**

**Téma práce: Inovace kalibračního postupu ocelových měřitek**

**Zásady pro vypracování:**

- 1) Kalibrace měřidel**
- 2) Vazba kalibrace na legislativu**
- 3) Teorie chyb, využití při kalibraci**
- 4) Zvýšení přesnosti kalibrace ocelových měřitek**
- 5) Sestrojení ocelového stolu pro kalibraci ocelových měřitek**
- 6) Tvorba kalibračního postupu a porovnání výsledků**
- 7) Vyhodnocení přínosů po zavedení**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] **ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST**, Management jakosti v automobilovém průmyslu – Způsobilost kontrolních procesů, vydání 1., Praha: Vydavatelství České společnosti pro jakost 2003

[2] **Metrologie v kostce III.**, vydání 3., Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2009

[3] **TŮMOVÁ Olga**, Metrologie a hodnocení procesů, vydání 2., Praha: BEN – vydavatelství technická literatura 2009

[4] **BUMBÁLEK Leoš a kolektiv**: Kontrola a měření pro SPŠ strojní, vydání 1., Praha: Informatorium 2009

[5] **BASIC METROLOGY FOR ISO 9000 CERTIFICATION**: G. M. S. de Silva, First published 2002

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Dr. Ing. Vladimír Pata**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2011**

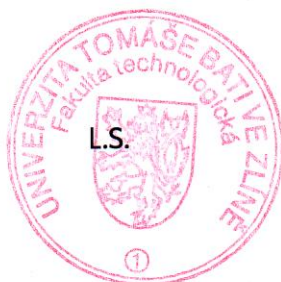
Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 30.5.2011

Radmila Horáková

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

<sup>2)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vyšší mírou uspokojení potřeb zákazníků, které vychází ze splnění jejich rostoucích požadavků týkajících se kvality. Pro tento účel je nutné zvýšit přesnost kalibrace ocelových měřidel pro jednotlivá měření. Teoretická část obsahuje popis základních metrologických pojmů, následuje specifikace měřidel a funkce technické Mikroskopie. Praktická část se zaměřuje na vytipování a navrhnutí měřicího stolu mikroskopu, nezbytného pro dané měření.

Klíčová slova: Metrologie, kalibrace měřidla, mikroskopie, ocelová měřítka,

## ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The Bachelor Thesis deals with increased level of customer needs satisfaction based on meeting their growing quality requirements. This is why the calibration accuracy of steel gauges for individual measuring needs to be higher. The theoretical part contains description of basic metrological terms followed by specification of gauges and technical microscopy function. The practical part focuses on selection and proposing the right microscope measuring desk necessary for the particular measuring.

Keywords: Metrology, gauge calibration, microscopy, steel gauges

Poděkování:

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří mně poskytli rady při zpracování mé bakalářské práce, ale především děkuji mému vedoucímu panu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné vedení, užitečné rady a hlavně za jeho pozornost a čas, který mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce.

*Motto:*

*„Měření je základ. Co nemůžete změřit, nemůžete regulovat. Co nelze regulovat, to nelze řídit. Co nelze řídit, to nelze zlepšovat.“*

*H. J. Harrington*

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 KALIBRACE</b> .....	<b>13</b>
1.1 KALIBRACE MĚŘIDEL V PODNIKU.....	13
1.2 OVĚŘENÍ .....	14
1.3 NÁVAZNOST .....	15
1.4 KALIBRACE VAZBA NA LEGISLATIVU .....	16
<b>2 TEORIE CHYB VYUŽITÍ PŘI KALIBRACI</b> .....	<b>18</b>
2.1 CHYBY PODLE ZPŮSOBŮ VYJÁDRĚNÍ.....	18
2.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ CHYB .....	19
2.3 NEJISTOTY MĚŘENÍ.....	21
2.3.1 Standardní nejistota typu A .....	22
2.3.2 Standardní nejistota typu B .....	23
2.3.3 Standardní kombinovaná nejistota .....	24
2.3.4 Standardní rozšířená nejistota .....	24
<b>3 OCELOVÁ MĚŘÍTKA</b> .....	<b>25</b>
3.1 DRUHY OCELOVÝCH MĚŘÍTEK .....	25
3.2 POUŽITÍ OCELOVÝCH MĚŘÍTEK .....	28
<b>4 ZÁKLADY TECHNICKÉ MIKROSKOPIE</b> .....	<b>29</b>
4.1 BĚŽNÉ SLOŽENÍ MIKROSKOPU .....	29
4.2 VE VAZBĚ NA KALIBRACI MĚŘIDEL .....	30
<b>5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>34</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>6 ZVÝŠENÍ POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA NA KVALITU</b> .....	<b>36</b>
6.1 VYŘEŠENÍ POŽADAVKU .....	36
<b>7 VYTIPOVÁNÍ MIKROSKOPU</b> .....	<b>37</b>
7.1 MIKROSKOP.....	37
7.2 SPOLUPRÁCE S ODDĚLENÍM KONSTRUKCE PRO SESTROJENÍ MĚŘÍCÍHO STOLU .....	38
<b>8 PŮVODNÍ METODA</b> .....	<b>40</b>
8.1 PŮVODNÍ KALIBRAČNÍ POSTUP.....	40
8.1.1 Účel .....	40
8.1.2 Rozsah platnosti .....	40
8.1.3 Vymezení pojmů .....	40
8.1.4 Popis činností .....	40
8.1.4.1 Související normy a předpisy .....	40
8.1.4.2 Potřebné měřicí prostředky ke kalibraci, údržbě a čištění měřidla .....	41



8.1.4.3	Obecné podmínky kalibrace.....	41
8.1.4.4	Příprava měřidla ke kalibraci .....	41
8.1.4.5	Vzhledová kontrola .....	41
8.1.4.6	Zkouška základní chyby.....	41
8.1.5	Vyhodnocení zkoušky .....	42
8.1.5.1	Vyhodnocení výsledků měření.....	42
8.1.5.2	Stanovení nejistoty měření.....	42
8.1.5.3	Rozhodnutí o výsledku kalibrace.....	42
8.1.5.4	Postup v případě neshody .....	43
8.1.5.5	Související dokumenty a záznamy .....	43
8.2	PŮVODNÍ KALIBRAČNÍ LIST.....	43
8.3	PŮVODNÍ VYHODNOCENÍ NEJISTOTY .....	44
<b>9</b>	<b>MNOU ZAVEDENÝ NOVÝ ZPŮSOB KALIBRACE .....</b>	<b>46</b>
9.1	PRACOVNÍ POSTUP PRO KALIBRACI OCELOVÝCH MĚŘÍTEK.....	46
9.1.1	Účel .....	46
9.1.2	Oblast platnosti.....	46
9.1.3	Vymezení pojmů .....	46
9.1.4	Odpovědnost .....	46
9.1.5	Popis činností .....	47
9.1.5.1	Potřebné prostředky ke kalibraci měřidla .....	47
9.1.5.2	Obecné podmínky kalibrace.....	47
9.1.5.3	Příprava měřidla ke kalibraci .....	47
9.1.5.4	Kalibrace .....	47
9.1.5.5	Vyhodnocení kalibrace a nejistoty .....	48
9.1.5.6	Záznamy.....	49
9.1.5.7	Související dokumenty.....	49
9.2	OBSAH KALIBRAČNÍHO LISTU .....	49
9.2.1	Návrh nového kalibračního listu .....	50
<b>10</b>	<b>VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>51</b>
10.1	DŮVODY ZAVEDENÍ NOVÉHO KALIBRAČNÍHO POSTUPU .....	51
10.2	DŮVODY ZAVEDENÍ NOVÉHO KALIBRAČNÍHO LISTU .....	51
10.2.1	Propojení listu v MS -Excel .....	52
10.3	VYHODNOCENÍ NEJISTOT .....	54
10.3.1	Vyhodnocení nejistot dle nového kalibračního postupu .....	55
10.4	VÝPOČET NEJISTOT.....	57
10.4.1	Nejistota typu A: .....	57
10.4.2	Nejistota typu B:.....	57
10.4.3	Standardní kombinovaná nejistota .....	58
10.4.4	Rozšířená kombinovaná nejistota .....	58
10.5	VYHODNOCENÍ KOMBINOVANÉ NEJISTOTY .....	58
10.6	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ.....	59
<b>11</b>	<b>VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ .....</b>	<b>60</b>

11.1 FLEXIBILITA ČASOVÁ.....	60
11.2 ÚSPORA.....	60
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>64</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>66</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>67</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>68</b>

## ÚVOD

Historie měření spadá do dávných časů, kdy lidstvo realizovalo nejrůznější míry a snažilo se sjednotit měrové jednotky. Z prvopočátku se určovaly a používaly měrné systémy jen v úzkém okruhu lidí; postupem času došlo k uplatňování jednotného měrného systému v daném státě. Míry tak byly sjednoceny v rámci jednotlivých států, ale rozdíly mezi státy stále přetrvávaly. Je samozřejmé, že jak historie měření šla dopředu, tak i dnešní doba nabízí nová řešení, vynalézáme stále přesnější, dokonalejší metody měření. Hnacím motorem jsou pro nás zákazníci, kteří kladou čím dál více požadavků a snaží se získat patřičnou úroveň produktů. Dnešní trh klade vysoké nároky na kvalitu a z metrologického hlediska je nemyslitelné zanedbávat právě kvalitu v postupech a procesech měření.

Chceme nabízet svým zákazníkům ten nejlepší produkt a často jediným spolehlivým ukazatelem kvality daného výrobku jsou přesná čísla, jež vychází z doložených, změřených a podložených procesů měření. Proto i preciznost a citlivost metrologických nástrojů je důležitou součástí kontroly kvality.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 KALIBRACE

**Kalibrace** - je soubor úkonů, kterými se stanoví za specifických podmínek vztah, mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány:

- měřícím přístrojem
- měřícím systémem
- hodnota reprezentována ztělesněnou mírou
- referenčním materiálem

a odpovídající hodnotou, která je realizována etalonem.[2]

Pro měřidla, která podléhají kalibraci, musí být vhodný etalon o dostatečné přesnosti a nejistota měření při kalibraci by měla být co nejmenší. Výsledky provedené kalibrace zaznamenáváme do kalibračního protokolu. Délka kalibračního cyklu závisí na typu měřidla, na doporučení jeho výrobce, údajích získaných z předchozích kalibrací, z četnosti a náročnosti používání měřidla a prostředí, ve kterém je měřidlo používáno.

U kalibrace je třeba stanovit:

- stupňovitou návaznost pracovních měřidel na etalony
- vypracovat vhodné kalibrační postupy
- stanovit rekalkibrační intervaly
- zavést evidenci kalibrace, resp. jejich výsledků. [15]

### 1.1 Kalibrace měřidel v podniku

V podniku dělíme kalibrace do dvou úrovní:

- kalibrace prvotní
- kalibraci periodická

Prvotní kalibrace – pro nově pořízená měřidla, k prvotní kalibraci podléhají programová vybavení a postupy pro řízení automatických zkušebních zařízení. Výsledek je využit ke zjištění výchozího metrologického stavu měřidla.

Periodická kalibrace – je ve stanovených rekalibračních intervalech a je z pravidla jednodušší než kalibrace prvotní. Po kalibraci se vystaví kalibrační list o provedené kalibraci a měřidlo se označí kalibrační značkou, na které musí být vyznačen termín následující kalibrace.

Kalibraci měřidel mohou provádět:

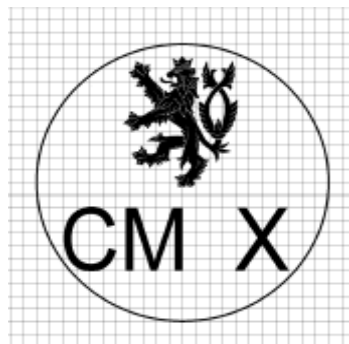
- metrologické středisko vlastního podniku
- metrologické orgány ( ČMI, AMS)
- akreditovaná střediska kalibrační služby (SKS)
- organizace navázané na etalony metrologických orgánů (ÚNMZ). [6]

## 1.2 Ověření

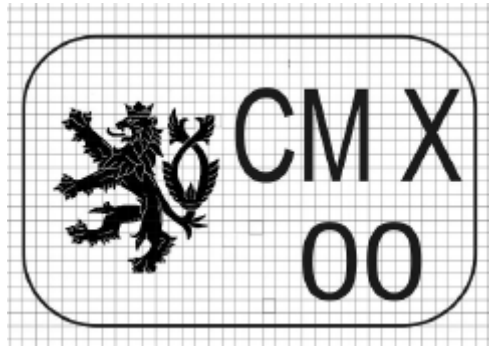
Ověřování se týká pouze stanovených měřidel, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam:

- v závazkových vztazích, například při prodeji, nájmu nebo darování věci, při poskytování služeb, nebo při určení výše náhrady škody, popř. jiné majetkové újmy,
- pro stanovení sankcí, poplatků, tarifů a daní,
- pro ochranu zdraví,
- pro ochranu životního prostředí,
- pro bezpečnost při práci nebo
- při ochraně jiných veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy.

U stanovených měřidel stát stanoví, že má požadované metrologické vlastnosti a skutečná hodnota se může vyskytovat v určitých stanovených mezích. Pokud stanovené měřidlo vyhovuje, opatří se úřední značkou a vydá se ověřovací list. [6]



Obr. 1. Úřední značka pro ČMI. [6]

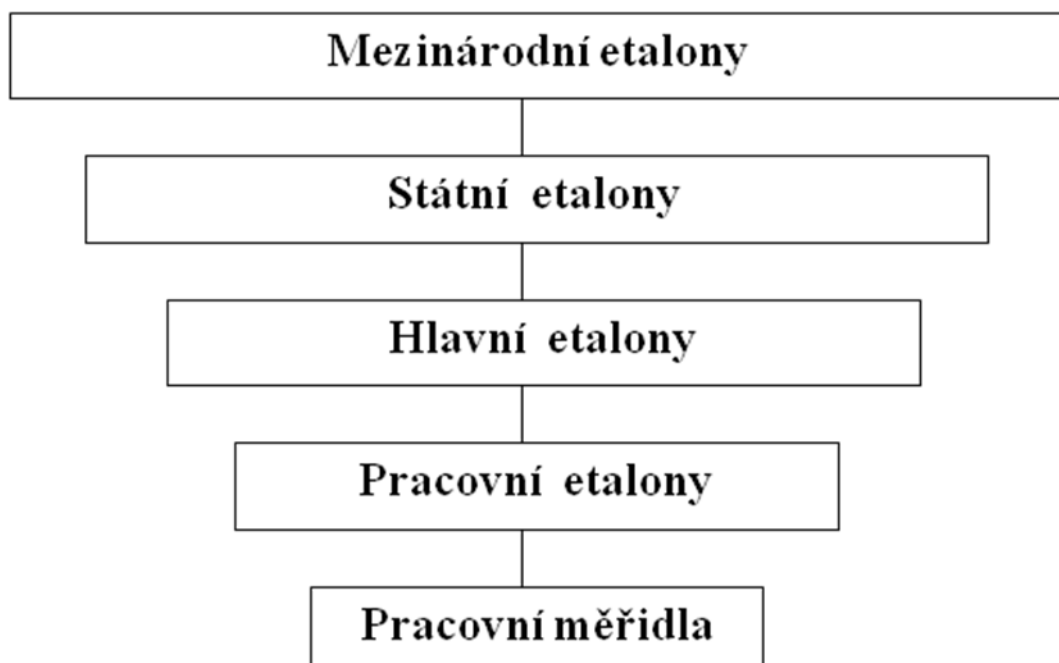


Obr. 2. Úřední značka pro ČMI. [6]

### 1.3 Návaznost

Je vlastnost výsledku měření daná schopností prokázat vztah k příslušným etalonům obvykle státním nebo mezinárodním, pomocí nepřerušenoho řetězce porovnávání.

Návaznost je vypracována pro každou fyzikální veličinu zvlášť. [6]



Obr. 3. Řetězec návaznosti

**Mezinárodní Etalon** je uznaný mezinárodní dohodou jako základ pro stanovení hodnot jiných etalonů dané veličiny.

**Státní Etalon** je uznaný národním rozhodnutím a slouží v dané zemi jako základ pro stanovení hodnot jiných etalonů dané veličiny.

**Hlavní Etalon** se používá pro kalibraci pracovního etalonu, který má návaznost na akreditovanou kalibrační laboratoř.

**Pracovní Etalon** se běžně používá pro kalibraci ztělesněných měr, měřicích přístrojů.

**Pracovní měřidlo** je měřidlo, které kalibrujeme pomocí pracovního etalonu. Používá se běžně k měření v provozu.

#### 1.4 Kalibrace vazba na legislativu

Základním legislativním dokumentem je zákon o metrologii č. 505/1990 sbírky v platném znění. Účelem zákona jsou práva a povinnosti fyzických a právnických osob (podnikatele), orgány státní správy, a to v rozsahu potřebném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření.[11], [10]

Účel zákona:

- Účel zákona je stanovení práv a povinností fyzických osob, jež podnikají a právnických osob nebo orgánů státní správy v rozsahu nutném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření.
- Ověření stanoveného měřidla se prokazuje tak, že splňuje požadované metrologické vlastnosti. Postup při ověřování stanovených měřidel stanoví ministerstvo vyhláškou.



- Ověřené stanovené měřidlo je opatřeno úřední značkou nebo ověřovacím listem, je však možné využít oba způsoby. Toto zajišťuje Český metrologický institut nebo autorizované metrologické středisko. Ministerstvo vyhláškou stanoví vzhled úřední značky a náležitosti ověřovacího listu.
- Měřidla, která mají původ ve státech Evropského společenství, se považují za měřidla ověřená podle zákona, pokud jsou označena značkami platnými v Evropském společenství, které jsou stanoveny vyhláškou ministerstva, a to do konce roku následujícího po připojení značky prvotního ověření, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak.
- Poškozování nebo pozměňování platných úředních značek je zakázáno.
- Pracovní měřidlo se kalibruje pro získání jeho metrologických vlastností porovnáním s etalonem nebo lze použít certifikovaný referenční materiál a ostatní referenční materiály. Je však nutné splnit zásady návaznosti měřidel. [10]

**Normy:**

ČSN EN 9001:2000, Systémy managementu jakosti – Požadavky. [12]

ČSN ISO/TS 16949:2002, Management jakosti v automobilovém průmyslu. [12]

ČSN ISO/IEC 17025:2005, Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. [12]

ČSN EN ISO 10012:2003, Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřící vybavení. [12]

EA 4/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibraci. [1] [16]

## 2 TEORIE CHYB VYUŽITÍ PŘI KALIBRACI

V praxi neexistují žádná měření ani měřicí metoda či přístroj, které by byly absolutně přesné. Měření neprobíhá nikdy zcela dokonale, proto je nereálné určit skutečnou hodnotu měřené veličiny zcela přesně a opakujeme-li dané měření za stejných podmínek, zjistíme, že naměřené hodnoty se navzájem liší. Výsledek měření se pohybuje v tolerančním poli mezi skutečnou hodnotou měřené veličiny a hodnotou naměřenou vzniká při měření a kontrole rozdíl, který nazýváme chybou měření.

### 2.1 Chyby podle způsobů vyjádření

Chyby měření vyjadřujeme dvěma způsoby, ale jejich vyjádření závisí na naměřené hodnotě a na početním zpracování, proto je členíme na chybu relativní a absolutní.

Chyba absolutní má jednotku shodnou s jednotkou měřené veličiny a pro operátora je srozumitelnější, kdy je vyjádřen rozdíl mezi hodnotou naměřenou  $x_m$  a konvenční  $x_s$ .

$$\Delta(x) = x_m - x_s \quad (1)$$

Chyba relativní nemá jednotku a obvykle se vyjadřuje v procentech a uplatní se při násobení nebo dělení dvou veličin.

$$\delta(x) = \frac{\Delta(x)}{x_s} = \frac{x_m - x_s}{x_s} \quad (2)$$

## 2.2 Základní rozdělení chyb

Podle charakteru výskytu dělíme chyby:

- Systematické
- Náhodné
- Hrubé

### Chyby systematické

Při opakovaném měření hodnoty téže veličiny, prováděné za stejných podmínek, mají systematické chyby stejnou velikost a stejné znaménko nebo se mění podle určitých zákonitostí v závislosti na změnách příslušných podmínek. Systematické chyby se nezjistí opakovaným měřením (tím se jen potvrdí), ale pouze změnou podmínek, za kterých se měří (jiná metoda, přístroj, teplota, operátor, atd.).

Všechny systematické chyby, jejichž hodnotu lze stanovit výpočtem nebo odhadem, se vylučují z výsledku měření vhodnou korekcí. Korekce hodnoty změřené veličiny se zjistí podle vztahu:

$$X = X_m - \Delta X \quad (3)$$

Kde:  $\Delta x$  – součet systematických chyb

$x_m$  – naměřená hodnota měřené veličiny.

Zcela zásadní vlastností systematické chyby je její stálost (za neměnných podmínek) a možnost odhalení její příčiny. Pokud je chyba nestabilní co do velikosti nebo znaménka, je nutné ji zařadit do skupiny chyb náhodných. Není-li příčina mezi obvyklými zdroji (prostředí, měřidlo, metoda), je nutné ji hledat u operátora nebo v dosud neuvažovaných zdrojích. [15]

### Chyby náhodné

Opakujeme-li měření hodnoty dané veličiny za stejných podmínek, nedostaneme ve většině případu totožné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, které nelze eliminovat vhodnou korekcí ( jsou nestálé co do velikosti i znaménka). Náhodné chyby nelze popsat ani co do počtu, vždy určíme jejich okamžitý součet. Ze statistického zkoumání lze určit jejich meze, ve kterých se bude suma náhodných chyb pohybovat. Vzhledem k tomu, že na výsledné chybě se podílí velké množství navzájem nezávislých vlivů, lze náhodné chyby popsat již zmíněným normálním Gaussovým rozdělením četností.

Z uvedeného je tedy zřejmé, že chyba měření popsaná intervalem  $\pm\Delta x$  je daná chybou náhodnou (systematická chyba byla již předem korigována).

Náhodná chyba je nestálá, jak z hlediska velikosti, tak i znaménka. V zásadě vzniká tam, kde má proces měření slabiny nebo byly opomenuty či zanedbány některé vlivy. Úkolem operátora je náhodné chyby statisticky vyhodnocovat a sledovat v čase.

Každá odhalená náhodná chyba se přesouvá do skupiny chyb systematických.[15]

### Chyby hrubé

Tyto chyby jsou nápadné a na první pohled rozpoznatelné. Měřené hodnoty zatížené hrubými chybami se z výsledku měření vylučují. Zjistí-li se, že se při měření vyskytly hrubé chyby, nesmí se pokračovat, dokud se příčiny hrubých chyb neodstraní.

Hrubé chyby jsou často doprovázeny dalšími viditelnými negativními projevy, kterými jsou zejména:

- Viditelné poškození přístroje
- Nervozita, stres, únava operátora
- Nedostupnost potřebné dokumentace
- Extrémní povětrnostní, prostorové, technické a jiné podmínky
- Změněná spotřeba u napájených měřidel

Zásahy, které mají vést k nápravě, bývají zásadní (výměna měřidla, operátora, metody, změna místa a času měření).

Odhalené hrubé chyby a návrh opatření nebývají složité, ale je třeba zajistit, aby se problém v budoucnu neopakoval.

Hrubá chyba je matematicky i jinak nezpracovatelná a musí být vyloučena ze systému měření, stejně tak i výsledky chybou prokazatelně zatížené. [15]

### 2.3 Nejistoty měření

Základním parametrem výsledku měření je nejistota měření. Nejistota měření v podstatě vymezuje interval, o němž se předpokládá, že do něj spadá naměřená hodnota (rozptyl hodnot). Nejistota měření je neoddelitelnou součástí jakéhokoliv výsledku měření a hraje významnou roli v případech, kdy se výsledky měření vztahují k nějaké mezní hodnotě.

Každé měření je zatíženo určitou chybou, proto žádným měřením nezískáme správnou hodnotu měřené veličiny. Měřením se pouze přiblížíme ke správné hodnotě.

Standardní nejistoty se podle zdrojů, ze kterých vznikají, dělí na standardní nejistoty typu A a standardní nejistoty typu B.

#### **Pojmy:**

*Nejistota měření* je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, jež by mohly být důvodně prisuzovány k měřené veličině.

$u$  – nejistota měření

$u_A$  – nejistota měření typu A

$u_B$  – nejistota měření typu B

$U$  – rozšířená kombinovaná nejistota (definuje interval okolo výsledku měření, v němž se s určitou požadovanou úrovní konfidence nalézá výsledek měření. Rozšířená nejistota se získá z kombinované standardní nejistoty vynásobením příslušným koeficientem krytí, zá-

vislým na požadované úrovni konfidence a na efektivním počtu stupňů volnosti výstupní měřené veličiny)

[15]

### 2.3.1 Standardní nejistota typu A

Standardní nejistota typu A je způsobována náhodnými vlivy, příčiny jejich vlivu nejsou známy. Standardní nejistotu typu A získáme statistickou analýzou série naměřených hodnot (výsledků opakovaných měření téže hodnoty za stále stejných podmínek), kde  $s$  je výběrová směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\left( \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)} \quad (4)$$

Nejistota typu A

$$u_A = k_{uA} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n}} \quad (5)$$

$n$  – počet opakovaných měření

$k_{uA}$  – bezpečnostní faktor

$s$  – směrodatná odchylka z opakovaných měřených hodnot

[5] [6]

Tab. 1. *Bezpečnostního faktoru.*[5]

Bezpečnostní faktor pro určení $u_A$									
$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_{uA}$	7,0	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1

### 2.3.2 Standardní nejistota typu B

Standardní nejistoty typu B jsou způsobovány známými a odhadnutelnými příčinami vzniku. Stanoví se jinými postupy než statistickým vyhodnocením série pozorování. Postup pro stanovení  $u_B$  není přímo specifikován a vychází z odborných znalostí a zkušeností s předpokládanými vlivy působícími na měření.

**Nejistoty náležící do této kategorie mohou být odvozeny na základě:**

- údajů z dříve provedených měření
- zkušenosti s chováním a vlastnostmi příslušných materiálů a zařízení nebo jejich obecné znalosti (kvalifikovaný odhad)
- údajů výrobce
- údajů uváděných v kalibračních listech

nejistot referenčních údajů převzatých z příruček.

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{Bj}^2} \quad (6)$$

$u_{Bj}$  – dílčí standardní nejistota typu B,

$n$  – počet zdrojů typu B

### 2.3.3 Standardní kombinovaná nejistota

Standardní kombinovaná nejistota se stanoví pomocí kvadratického sčítání nejistot typu A a B podle vztahu:

$$u = \sqrt{(u_A^2 + u_B^2)} \quad (7)$$

Pokud je  $u_A$  vyšší než  $u_B$  předpokládáme, že v systému měření převažují náhodné vlivy a na ty bychom se měli zaměřit a udělat případná opatření.

Pokud je  $u_B$  vyšší než  $u_A$  předpokládáme, že je nevhodně navržen systém měření.

[3]

### 2.3.4 Standardní rozšířená nejistota

V praxi se doporučuje udávat nejistoty intervalem, kde  $k$  je koeficient rozšíření, resp. pokrytí skutečné hodnoty  $u$  rozšířené kombinované nejistoty. Standardně se používá koeficient  $k=2$ , což představuje pravděpodobnost pokrytí cca 95% při normálním rozdělení.

vztah rozšířené nejistoty měření:

$$U = k \cdot u \quad (8)$$

$U$  – rozšířená nejistota

$k$  – koeficient rozšíření

$u$  – kombinovaná standardní nejistota

[5] [6]



### 3 OCELOVÁ MĚŘÍTKA

Ocelová měřítka slouží k měření délek a jsou k dostání i ve dřevěném provedení. Na rozdíl od měřitek dřevěných mají ocelová měřítka lepší čitelnost stupnice, která není tak náchylná na její opotřebení. Obvykle se provádějí délky od 200 do 5000 mm s dílkem 0,5 až 1 mm. U ocelových měřitek jsou hrany zaobleny, aby nedošlo k poranění při měření. Stupnici můžeme zvolit podle využití spotřebitele, která je buď laserem gravírována, nebo barvou nanášená. Pro méně přesná měření se hodí skládací a svinovací metry, pro větší délky pak pásma dlouhá až 50 m.

Ocelová měřítka můžeme objednat v různých provedeních a záleží pouze na uživateli, jaký typ ocelového měřítka bude potřebovat pro daný úkon.

Na trhu je možno sehnat ocelové měřítka, u kterých si můžeme zvolit:

- typ ocelového měřítka
- formu stupnice
- jednotky
- přesnost
- materiál ocelového měřítka
- délku a tloušťku ocelového měřítka

#### 3.1 Druhy ocelových měřitek

**Dělení podle materiálu:**

- *Lesklé provedení, matně chromované*
- *Měřítka ohebná se stupnicí nanášené barvou*

Většinou se provádí z nerez oceli se stupnicí, která začíná od hrany ocelového měřítka. U měřitek je dobrá čitelnost a jsou vhodná ke kalibraci.

- *Měřítka tenká se stupnicí nanášenou barvou*

- *Měřítka pevná*

Jsou vhodná pro přesná měření a využívá se jich jako pracovní etalon pro kalibraci například ocelových stáčecích metrů. Počátek stupnice je buď s přesahem, nebo bez přesahu a dělení je v milimetrech.

- *Měřítka pro modeláře*

Provedení měřitek pro modeláře jsou vyráběny z nerez a jsou matově chromovaná. Ryska i číslování v černé barvě a stupnice většinou začíná od hrany.

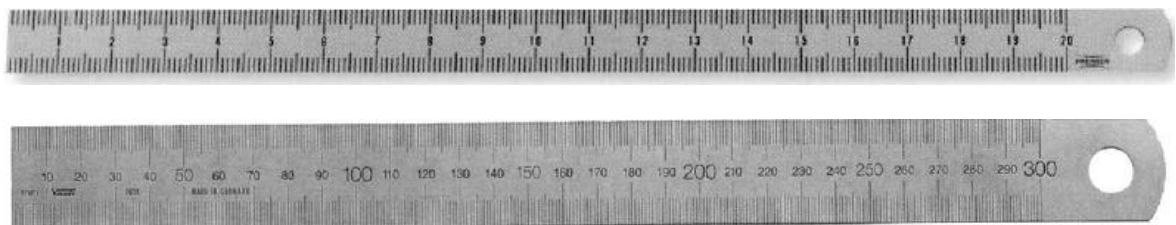
- *Měřítka hliníková*

Tyhle měřítka mají profil hliníku s povrchovou úpravou, kde jsou laserem vyryté rysky. Hliníková měřítka jsou k dostání se skosením bez přesahu stupnice.

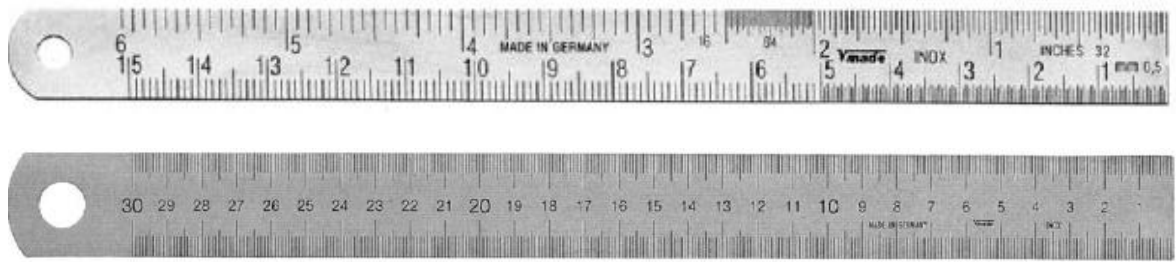
### Typ měřitek:

- měřítka přímá ocelová
- Značení zleva doprava, zprava do leva
- Značení shora dolů, zdola na horu
- měřítka s nulou uprostřed
- měřítka se skosením – úkos
- měřítka s nosem

[13]



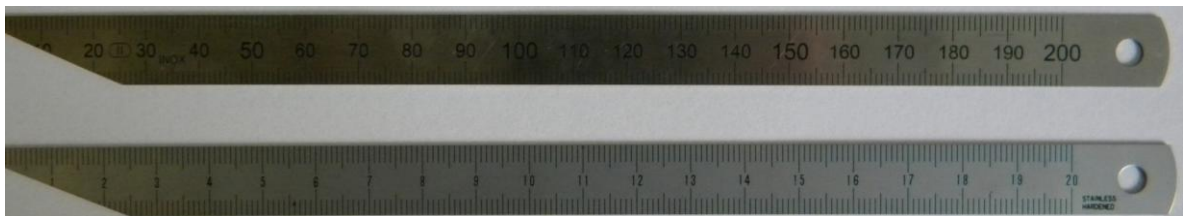
Obr. 4. Ocelové měřítko – značení zleva doprava [13]



Obr. 5. Ocelové měřítko – značení zprava do leva [13]



Obr. 6. Ocelové měřítko – s nulou uprostřed



Obr. 7. Ocelové měřítko – se skosením



Obr. 8. Ocelové měřítko – s nose

### 3.2 Použití ocelových měřítek

Ocelová měřítka nám slouží k měření, ale je třeba vybrat správné měřidlo, které bude splňovat požadavky pro dané měření.

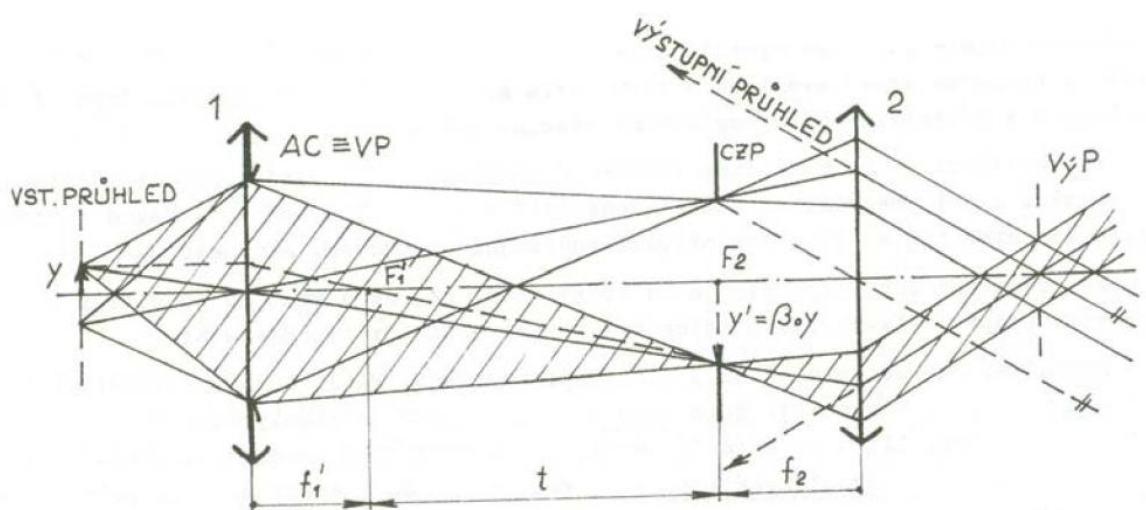
V praxi mají ocelová měřítka široký význam, ať už k měření na rýsovacích deskách přímo ve výrobě, k měření například hloubek drážek, na kontrolních pracovištích, na měřicích stolech, na metrologických pracovištích, kde nám slouží ke kalibraci svinovacích metrů a měřítek nižších stupňů přesnosti, u běžných dílenských měření. Oblast použití v dílenských podmínkách IT 10 - IT 16 v závislosti na měřicí metodě a odečítání (okem, lupou, mikroskopem). [13]

## 4 ZÁKLADY TECHNICKÉ MIKROSKOPIE

Mikroskopie je vědecká disciplína, která slouží k pozorování a měření malých předmětů pomocí různé zvětšovací techniky. Mechanická konstrukce uspořádání mikroskopu je ovlivněna především typem vzorku, pro který je mikroskop určen a způsobem jeho osvětlení. Způsob osvětlení pozorovaného předmětu má zásadní vliv na kvalitu zobrazení a zkoumání jeho jednotlivých detailů, a proto by mělo být zajištěno rovnoměrné osvětlení pozorovaného předmětu ve všech směrech. U běžných mikroskopů se optické schéma skládá ze dvou optických prvků a to objektivu a okuláru umístěných ve vzájemné vzdálenosti. Předmět, který je pozorován, je umístěn těsně před předmětové ohnisko objektivu a vytváří jeho zvětšený obraz. Takové zvětšení mikroskopu je dáno součinem zvětšení objektivu a okuláru a lze ho porovnat jako lupa. [9]

### 4.1 Běžné složení mikroskopu

Schéma běžného mikroskopu se skládá ze dvou optických prvků – objektivu a okuláru. Objektiv a okulár musí být umístěny ve vzájemné konstantní vzdálenosti, kterou nazýváme optický interval. Pozorovaný předmět je umístěn těsně před předmětové ohnisko objektivu, který vytváří jeho zvětšený obraz a ten je pak pozorován. Celkové zvětšení mikroskopu je dáno součinem zvětšení objektivu a okuláru, který je v tomto uspořádání používán jako lupa.



Obr. 9. Schéma běžného složeného mikroskopu [9]

$t$  – optická vzdálenost

## 4.2 Ve vazbě na kalibraci měřidel

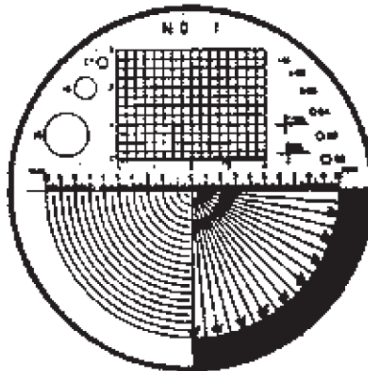
Měřicí lupa, kterou využíváme pro měření v kontrolních laboratořích. U měřicí lupy je snadné měření a lze u ní obměnit rastrové destičky. Je to velmi univerzální přístroj k měření délek, úhlů, průměrů, závitů, tloušťky čar. Rozlišení rastrové destičky délek je 0,1 milimetru. Zaostření lupy se provádí pomocí ostřicího kroužku. [13]



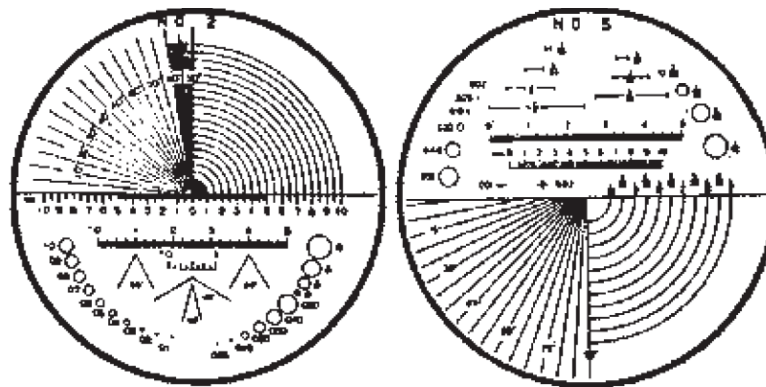
Obr. 10. Měřicí lupa. [13]

### Měřicí destičky

Měřicí destičky nám slouží pro měření a kontrolu stupnice. Měření pomocí destiček je snadné a rychlé a dají se libovolně obměňovat. Pomocí měřících destiček lze měřit: úhly, průměry, délky, tloušťky čar, otvory a stoupání závitů. [13]



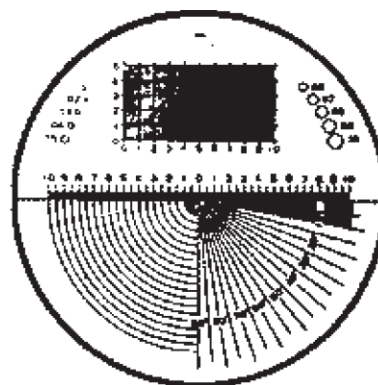
Obr. 11. Měřicí destička pro měření - Polární síť, úhlů a poloměrů. [14]



Obr. 12. Měřicí destička pro měření - Úhlů, poloměrů, délek a otvorů. [14]

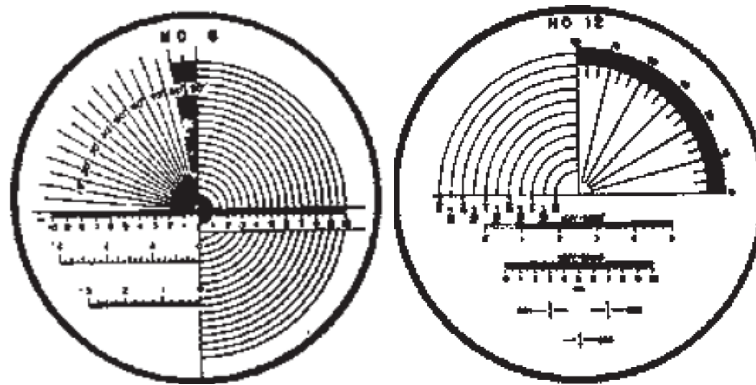


Obr. 13. Měřicí destička pro měření – Tloušťky. [14]

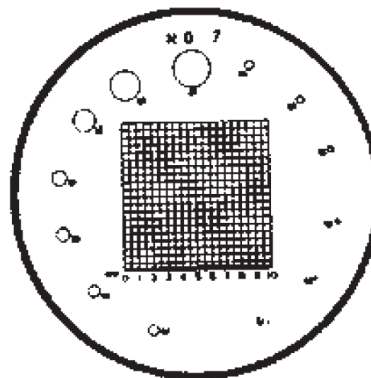


Obr. 14. Měřicí destička pro měření

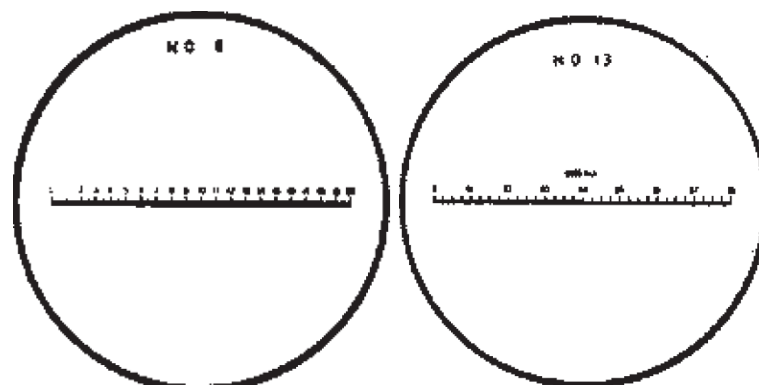
– Úhlů, poloměrů, otvorů, délek a polární sítě v mm.[14]



Obr. 15. Měřicí destička pro měření – Úhlů, poloměrů a délek. [14]

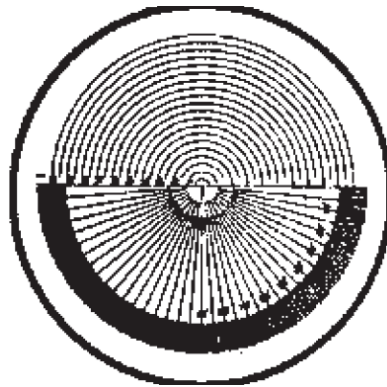


Obr. 16. Měřicí destička pro měření – Polární sítě a otvorů. [14]

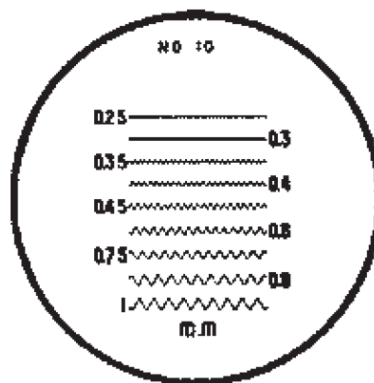


Obr. 17. Měřicí destička pro měření – Délky v milimetrech nebo v palcích. [14]

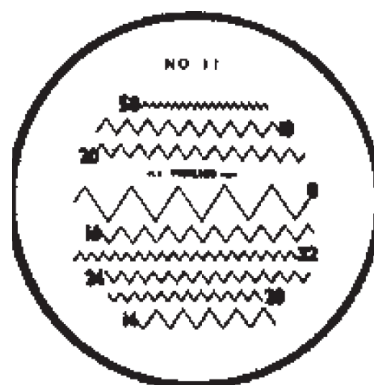




Obr. 18. Měřicí destička pro měření – Úhlů a poloměrů. [14]



Obr. 19. Měřicí destička pro měření – Stoupání závitů (metrické). [14]



Obr. 20. Měřicí destička pro měření – Stoupání závitů chod/palec. [14]

## 5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V teoretické části bakalářské práci se chci zaměřit na určení pojmů kalibrace s vazbou na legislativu, vysvětlení chyb nejistot při měření a jejich popis; druhy ocelových měřítok a jejich použití; objasnění základu technické mikroskopie ve vazbě na kalibraci měřidel.

Cílem praktické části bylo zhotovit návrh nového měřicího a monitorovacího zařízení, který jsme následně provedli a realizovali pro kalibraci ocelových měřítok TP I.

Byla zavedena nová kalibrační metoda a snížení celkové nejistoty při kalibraci. Při výběru koncepce musely být brány v úvahu tyto skutečnosti:

- pokrytí potřeb výrobních závodů v naší firmě v této oblasti
- specifikace odpovídající přesnosti pro měření v jednotlivých oddělení výroby
- minimalizovat finanční náklady na nové vybavení.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 ZVÝŠENÍ POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA NA KVALITU

Zákazník vznesl požadavek na zvýšení úrovně kvality výrobků – snížení ppm reklamací (tj. snížení počtu vadných výrobků na 1 milion vyrobených kusů). Na základě rozboru požadavku technolog stanovil mj. podmínku přesnějšího měření délkovými měřidly, a proto tento požadavek vzneslo na oddělení metrologie.

Dosud byly pro měření používány ocelové svinovací metry, avšak svinovací metry již nemohou být zařazeny do lepší třídy přesnosti. Po dohodě s technologem jsem navrhla používat ocelová měřítka s přesnějším dělením stupnice, která spadají do třídy přesnosti I. Kalibrace těchto ocelových měřitek dosud nebyla ve společnosti XX zvládnutá s požadovanou třídou přesnosti a ocelová měřítka byla zasílána ke kalibraci do externích kalibračních laboratoří. Snažila jsem se navrhnout takovou variantu, aby kalibrace byla pro firmu levnější než zasílat měřidla k externí kalibraci.

### 6.1 Vyřešení požadavku

Nejprve jsem hledala inspiraci v akreditovaných laboratořích, kde prováděli danou kalibraci délkových měřidel.

Inspirace: ČMI BRNO, UNIMETRA OSTRAVA,

Na základě projednání s danými pracovníky akreditovaných laboratoří jsem se rozhodla k řešení problému vlastní cestou. Z ekonomického hlediska bylo nevýhodné pořídit stejné měřicí vybavení. Snažila jsem se navrhnout způsob využívající zavedené stávající etalony doplněné o mikroskop.

Požádala jsem oddělení konstrukce o sestrojení měřicího stolu, který by umožňoval uchytit mikrometrickou hlavici a připevnění mikroskopu. Dále jsem zadala požadavek na oddělení nákupu o zakoupení mikroskopu, který by vyhovoval mým požadavkům.

Po dodání měřicího stolu jsme jednotlivé části sestrojili a následovně upevnili mikroskop s mikrometrickou hlavicí.

## 7 VYTIPOVÁNÍ MIKROSKOPU

Na základě konzultace s dodavatelem jsem požádala o cenový návrh mikroskopu pro dané měření. Požadovala jsem takové zvětšení, aby bylo možné přiblížit rysku mikroskopu k ocelovému měřítku s minimální chybou.

### 7.1 Mikroskop

Po konzultaci s dodavatelem jsem navrhla mikroskop se zvětšením 25x, aby na ohniskové destičce byla viditelná jen osa x, y, kterou jsme potřebovali k přiblížení rysek na ocelovém měřítku a pracovního etalonu.

Mikroskop jsme zakoupili od našeho zavedeného dodavatele, který nám udělal cenovou nabídku cca 55 000,- Kč.

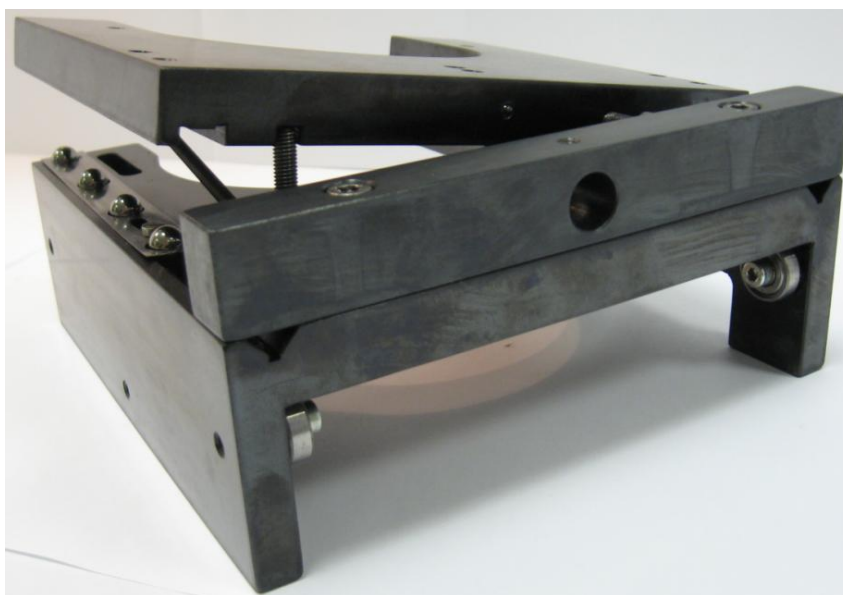


Obr. 21. Mikroskop s ohniskovou destičkou[13].

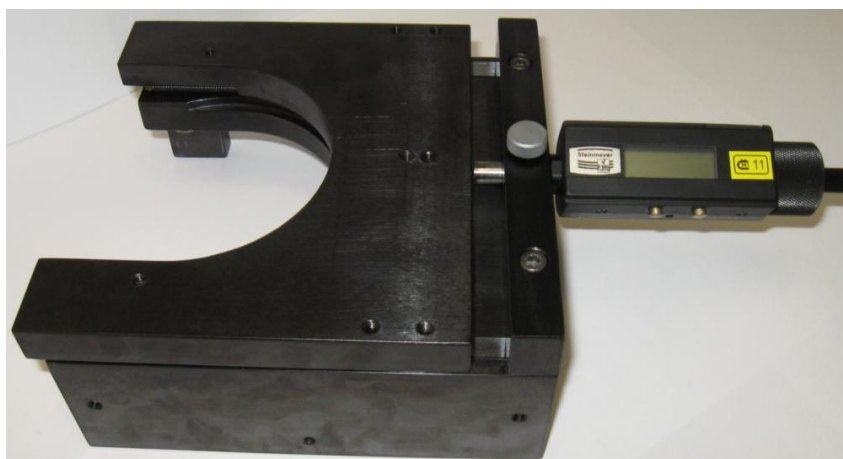
## 7.2 Spolupráce s oddělením konstrukce pro sestavení měřicího stolu

Zažádala jsem oddělení konstrukce o sestavení měřicího stolu a uchycení mikroskopu s mikrometrickou hlavicí, aby byla pojízdná po celé délce stolu, na kterém je umístěn pracovní etalon. Museli jsme konzultovat i typ vhodného mikroskopu, který by bylo možné uchytit k měřicímu stolu.

Po výrobě a dodání měřicího stolu do kalibrační laboratoře jsme uskutečnili montáž.



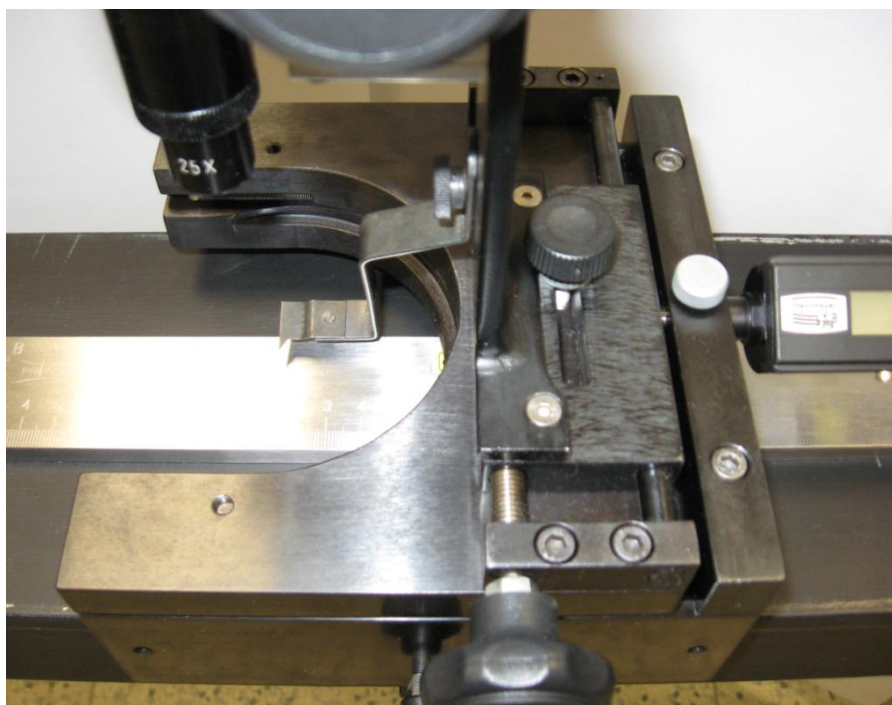
Obr. 22. Část pojízdného stolu



Obr. 23. Uchycení mikrometrické hlavice k měřicímu stolu



Obr. 24. Kompletně sestavený pojízdný stůl



Obr. 25. Použití měřicího stolu v praxi

## 8 PŮVODNÍ METODA

Podle původního kalibračního postupu byla naše kalibrační laboratoř schopna kalibrovat pouze svinovací metry s TP II, III a ocelová měřítka s TP III. V našich laboratořích bylo nezbytně nutné provádět kalibraci ocelových měřitek TP I, II, na kterou jsme však nebyli vybaveni, proto jsme byli nuceni tyto měřidla posílat k externí kalibraci.

### 8.1 Původní kalibrační postup

#### 8.1.1 Účel

Kalibrační postup platí pro svinovací metry TP II, III a přímá délková měřidla s třídou přesnosti III zařazené do kategorie pracovních a informativních měřidel s horní mezí měřicího rozsahu 2000 mm.

#### 8.1.2 Rozsah platnosti

Tento PP je platný pro pracovníky kalibrační laboratoře.

#### 8.1.3 Vymezení pojmů

Přímá délková měřidla – délková měřidla určená pro měření kratších rozměrů je možno používat na měření rozměrů na rovinném povrchu předmětu.

Měřicí délka – vzdálenost mezi počáteční a koncovou čárkou stupnice měřidla. U některých druhů stupnice začíná a eventuálně i končí čelní hranou měřidla.

Chyba stupnice – je rozdíl údaje stupnice kalibrovaného měřidla a etalonu – chyba je způsobená vyhotovením stupnice.

Přesnost – vyjádřená největší kladnou a nebo zápornou chybou stupnice v kterémkoliv místě měřicí délky.

#### 8.1.4 Popis činností

##### 8.1.4.1 *Související normy a předpisy*

ČSN 25 1101 Přímá ocelová délková měřidla

EA4/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích



#### 8.1.4.2 *Potřebné měřicí prostředky ke kalibraci, údržbě a čištění měřidla*

Pracovní etalon – měřítko pevné ocelové 2000 mm. Evidenční číslo PE 018.

Lupa měřicí Mitutoyo se zvětšením 8x a dělením 0,1 mm, PE 045.

Teploto-vlhkoměr pro měření a záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Čistící prostředky.

#### 8.1.4.3 *Obecné podmínky kalibrace*

Kalibrace ocelových svinovacích metrů a přímých délkových měřidel se provádí za těchto referenčních podmínek:

Teplota prostředí:  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

Vlhkost vzduchu:  $50\% \pm 25\%$  relativní.

#### 8.1.4.4 *Příprava měřidla ke kalibraci*

Provede se vnější prohlídka, při které se kontroluje stav měřidla – zejména se zjistí jeho případné mechanické poškození nebo koroze. Měřidlo nesmí vykazovat známky poškození. (nejsou čitelné dělicí čárky, je polámaná apod.)

#### 8.1.4.5 *Vzhledová kontrola*

Povrch měřidla musí být nepoškozený, rysky udávající dělicí a číslice udávající délku stupnice musí být tmavé a dobře čitelné, nesmazatelné vodou, olejem a čistícími prostředky. Rysky musí být rovné, rovnoměrné a kolmo dotáhnuté až k podélné hraně měřidla (případně k oběma hranám). Zkontroluje se označení měřidla evidenčním číslem.



Obr. 26. *Stupnice měřítka*

#### 8.1.4.6 *Zkouška základní chyby*

Největší dovolená chyba je numerická hodnota – maximální rozdíl, kladný nebo záporný, povolený předpisem mezi indikací kalibrovaného měřidla a odpovídající konvenčně pravou

hodnotou, která byla určena pomocí pracovního etalonu. Numerická hodnota se vyjadřuje v mm. Dovolené chyby metrické stupnice se určují porovnáním kalibrovaného měřidla s pracovním etalonem. (Měřidlo musí ležet celou svojí plochou na zkušebním stole).

### **8.1.5 Vyhodnocení zkoušky**

#### **8.1.5.1 Vyhodnocení výsledků měření**

Měřené hodnoty a další údaje charakterizující podmínky zkoušky se zapisují do poznámkového bloku a následně jsou přepisovány do kalibračního modulu „délkových měřidel.xls“ v MS-Excel. Po vyplnění všech náležitostí v modulu „délkových měřidel.xls“ se vytiskne „kalibrační list“.

#### **8.1.5.2 Stanovení nejistoty měření**

Nejistota měření při kalibraci se stanoví v souladu s dokumentem EA4/02. Zdokumentování stanovení nejistoty měření při kalibraci je v SW - kalibračního modulu „délkových měřidel.xls“ v MS-Excel.

#### **8.1.5.3 Rozhodnutí o výsledku kalibrace**

Výsledky odečtů jednotlivých měření se zapíší do poznámkového bloku. Následně jsou přepisovány do kalibračního modulu „délkových měřidel.xls“ v MS-Excel. Po vyplnění všech náležitostí včetně výpočtu odhadu nejistoty měření v kalibračním modulu se vytiskne kalibrační list.

Na základě vyhodnocené základní chyby kalibrovaného měřidla pracovník provádějící kalibraci rozhodne o výsledku kalibrace:

naměřené hodnoty se porovnají s mezními dovolenými chybami; jako kritérium se berou hodnoty vypočítané ze vztahu:

$$\text{Pro TP 1: } (0,1 + 0,1L) \text{ mm} \quad (9)$$

$$\text{Pro TP 2: } (0,3 + 0,2L) \text{ mm} \quad (10)$$

$$\text{Pro TP 3: } (0,6 + 0,4L) \text{ mm} \quad (11)$$

#### **8.1.5.4 Postup v případě neshody**

V případě, že kalibrované měřidlo nevyhovělo v kterémkoliv bodě měřícího rozsahu při zkoušce základní chybě požadavkům na něj kladených tak, že vyhovuje svou přesností horší třídě přesnosti, může být do této třídy přesnosti pracovníkem kalibrační laboratoře přeřazeno nebo může být podán návrh uživateli na vyřazení měřidla. V tom případě však musí být změna v zařazení viditelně označena, obvykle štítkem na měřidle a v protokolu o kalibraci musí být učiněn patřičný záznam.

#### **8.1.5.5 Související dokumenty a záznamy**

M10-SP Řád podnikové metrologie

M20-RE-20 Příručka jakosti kalibrační laboratoře

EA 4/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích

Kalibrační list „délkových měřidel.xls“ v MS-Excel

záznam v SW QTREE/M – evidenční program měřidel

## **8.2 Původní kalibrační list**

viz. Příloha I.

### 8.3 Původní vyhodnocení nejistoty

Tab. 2. Výpočet nejistot dle starého kalibračního postupu

Název měřidla		Měřicí rozsah	Veličina (jednotky)	Dílek (odečet)	TP	max. dovolená chyba	Referenční teplota při kalibraci	Max. rozptyl teploty při kalibraci
Ocelové měřtko		0	200 mm	0,5	3	0,68 mm	23 ± 2 °C	2 °C

Výpočet nejistoty typu A:										
p.č.	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
7	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
8	50	50	50,1	50	50,2	50	50,1	50	50,3	50
Počet měření n = 10										
Počet opakovaných měření n										
10	2		3	4	5	6	7	8	9	10
11	7		2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1
12	K <sub>x<sub>i</sub></sub> = 1									

Výběrová směrodatná odchylka:  $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,1059349905$       Výběrový aritmetický průměr:  $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 50,070$

Nejistota typu A:  $u_A = K_{x_i} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n}} = 0,0334995854$

Výpočet nejistoty typu B:

Δ (chyba)	Z <sub>max</sub>	X	u <sub>B1</sub>	u <sub>B1</sub> <sup>2</sup>
max. chyba etalonu	0,054	1,732051	0,0311769145	0,0009720000
Čtení (odečet)	0,1	1,732051	0,0577350269	0,0033333333
teplota	0,0046	1,732051	0,0028558112	0,0000070533
osvětlení		1,732051		
vlhkost		1,732051		
prašnost		1,732051		
drift		1,732051		
měřicí metoda	0,1		0,05	0,0025
ostatní		1,732051		
ostatní		1,732051		
ostatní		1,732051		
ostatní		1,732051		
suma = 0,0068123867				

Nejistota typu B:  $u_B = \sqrt{\sum u_{Bj}^2} = 0,0825371835$

Standardní kombinovaná nejistota:  $u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0,0890764216$

Koeficient rozšíření k = 2

Rozšířená kombinovaná nejistota:  $U = k \cdot u = 0,1781528432$       k=2

Jméno: Radmila Horáková

Tab. 3. Vyhodnocení podle původního postupu

<u>Potřebné hodnoty pro dosazení do vzorců</u>			
Rozsah kalibrovaného ocelového měřítka			200 mm
Vyhodnocená podmínka s referenční teploty			23±2 °C
Měřená hodnota - opakovatelnost na	$x_i - x_n$		50 mm
Počet opakovaných měření	$n$		10
Koeficient	$k_{uA}$		1
Součinitel délkové roztažnosti	$\alpha$	$11,5 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$	
Koeficient rozšíření	$k$		2
Měřítka ocelové - max. chyba			0,024 mm
Měřicí lupa - max. chyba			0,03 mm
chí	$\chi$	$\sqrt{3}=1,732051$	
		$\sqrt{4}=2$	

Mezi výpočty k určení nejistoty typu  $u_B$ 

<u>Jednotlivé určení <math>Z_{jmax}</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	0,03+0,024=	$Z_{jmax} =$	0,054 mm
chyba čtení (odečet)		$Z_{jmax} =$	0,1 mm
teplota	$(2 \times 11,5 \times 200) / 10^6 =$	$Z_{jmax} =$	0,0046 mm
měř. metoda - chyba pracovníka		$Z_{jmax} =$	0,1 mm

<u>Jednotlivé určení <math>u_{Bj} = Z_{jmax} : \chi</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$3,11 \cdot 10^{-2}$ mm
chyba čtení (odečet)	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$5,77 \cdot 10^{-2}$ mm
teplota	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$2,65 \cdot 10^{-3}$ mm
měř. metoda - chyba pracovníka	$Z_{jmax} : 2 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$5 \cdot 10^{-2}$ mm

<u>Jednotlivé určení <math>u_{Bj}^2 = u_{Bj}^2</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$9,72 \cdot 10^{-4}$ mm
chyba čtení (odečet)	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$3,3 \cdot 10^{-3}$ mm
teplota	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$7,05 \cdot 10^{-6}$ mm
měř. metoda - chyba pracovníka	$Z_{jmax} : 2 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mm

<u>Vypočítané hodnoty po dosazení do vzorce</u>			
Výběrový aritmetický průměr		$\bar{x} =$	50,07 mm
Výběrový směrodatná odchylka		$s =$	$1,05 \cdot 10^{-1}$ mm
Nejistota typu A		$u_A =$	$3,34 \cdot 10^{-2}$ mm
Celková suma		$\sum u_{Bj}^2 =$	$6,81 \cdot 10^{-3}$ mm
Nejistota typu B		$u_B =$	$8,25 \cdot 10^{-2}$ mm
Standardní kombinovaná nejistota		$u =$	$8,9 \cdot 10^{-2}$ mm
Rozšířená kombinovaná nejistota		$U =$	0,18 mm

## 9 MNOU ZAVEDENÝ NOVÝ ZPŮSOB KALIBRACE

### 9.1 Pracovní postup pro kalibraci ocelových měřitek

#### 9.1.1 Účel

Účelem tohoto pracovního postupu je stanovení podmínek pro provádění kalibrací ocelových měřitek třídy přesnosti I, II, III.

#### 9.1.2 Oblast platnosti

Tento pracovní postup platí pro pracovníky kalibrační laboratoře.

#### 9.1.3 Vymezení pojmů

Ocelová měřítka jsou určena pro měření kratších rozměrů, jejichž základní značky stupnice jsou tvořeny dvěma ryskami, čárkami, otvory nebo značkami.

Měřicí délka je vzdálenost mezi počáteční a koncovou čárkou stupnice měřidla. U některých druhů stupnice začíná a eventuálně i končí čelní hranou měřidla.

Chyba stupnice je rozdíl údaje stupnice kalibrovaného měřidla a etalonu – chyba je způsobená vyhotovením stupnice.

Přesnost – vyjádřená největší kladnou a nebo zápornou chybou stupnice v kterémkoliv místě měřicí délky.

TP – třída přesnosti

#### 9.1.4 Odpovědnost

Činnosti	ved. kal. laboratoře	pracovník ka- lib.labo-ratoře	uživatel
Kalibrace	I	Z	I
Vypracování kalibračního listu	I	Z	
Záznam do databáze QTREE/M	I	Z	

**Z** – zodpovídá; **I** – je informován

## 9.1.5 Popis činností

### 9.1.5.1 *Potřebné prostředky ke kalibraci měřidla*

Měřítko pevné ocelové 2000 mm s dělením 1 mm, PE 018

Digitální mikrometrická hlavice s rozlišením 0,001 mm, PE 026

Mikroskop se zvětšením 25x,

Speciální měřicí stůl – kolejnice

Teploto-vlhkoměr pro měření a záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Schválené čisticí prostředky.

### 9.1.5.2 *Obecné podmínky kalibrace*

V laboratorních podmínkách  $20 \pm 1$  °C; vlhkost vzduchu  $50\% \pm 25\%$  relativní.

Před vlastní kalibrací musí být kalibrované měřidlo i příslušný etalon umístěn 24 hodin v místnosti s referenční teplotou.

### 9.1.5.3 *Příprava měřidla ke kalibraci*

Provede se vnější prohlídka, při které se kontroluje stav měřidla – zejména se zjistí jeho případné mechanické poškození, koroze, čitelnost dělicích čar apod.

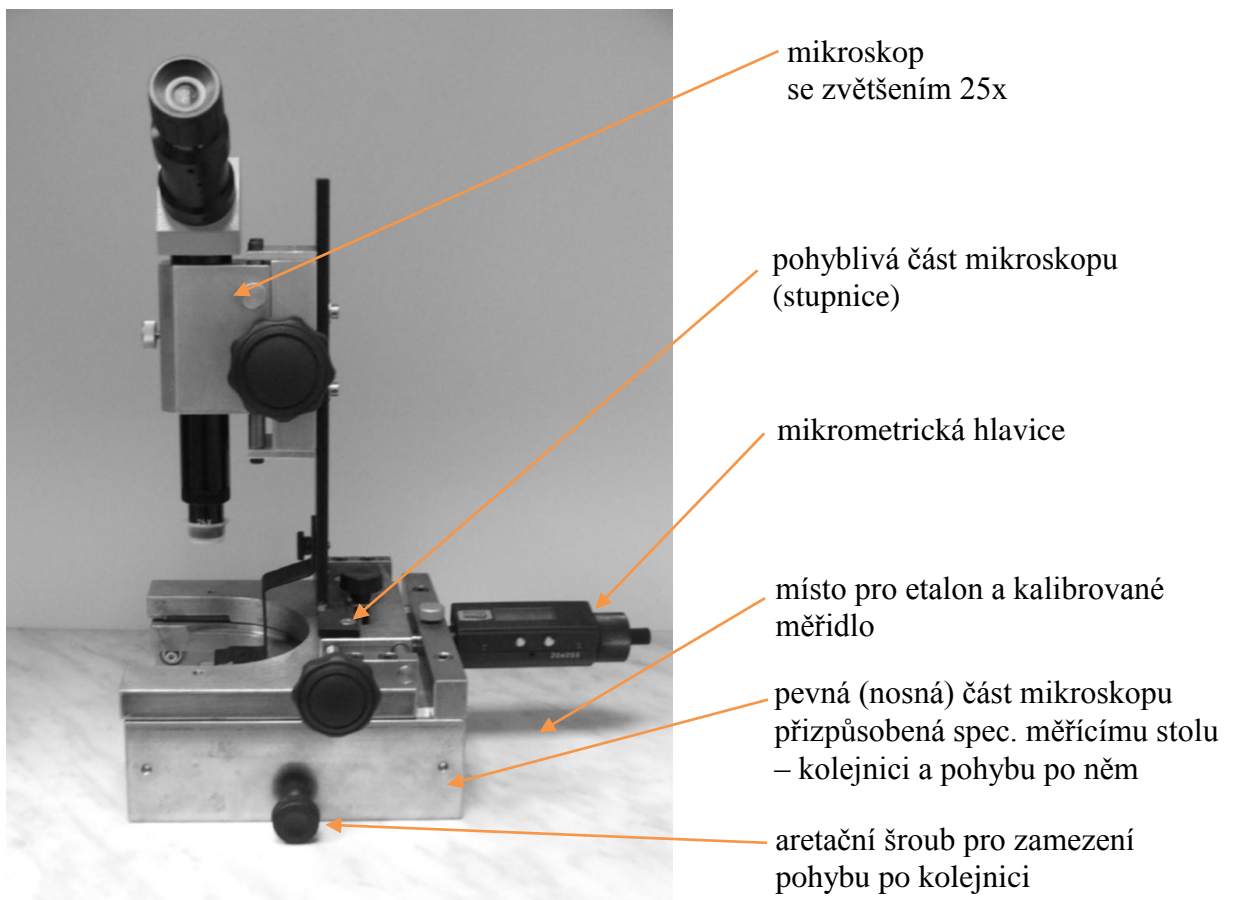
Povrch měřidla musí být nepoškozený, rysky udávající dělicí a číslice udávající délku stupnice musí být tmavé a dobře čitelné, nesmazatelné vodou, olejem a čisticími prostředky. Rysky musí být rovné, rovnoměrné a kolmo dotáhnuté až k podélné hraně měřidla (případně k oběma hranám). Zkontroluje se označení měřidla evidenčním číslem.

### 9.1.5.4 *Kalibrace*

Měřidlo se přiloží podél etalonu na měřicí stůl, kde výchozím bodem u obou měřidel je nula. Pohledem do mikroskopu zjistíme, zda kalibrovaná hodnota má nebo nemá chybu krytí čárek obou měřidel. Na požadované místo stupnice „najeďme“ mikroskopem za pomoci mikrometrické hlavice. Pomocí ohniskové destičky, kde je osa x,y mikroskopem „najeďme“ na kraj rysky měřené hodnoty kalibrovaného měřidla. Po vynulování mikromet-

rické hlavice posouváme osu x,y na kraj rysky pracovního etalonu, a tím zjistíme chybu měřidla. Velikost chyby odečteme z displeje mikrometrické hlavice.

Základní chyby se určují porovnáním kalibrovaného měřidla s etalonem (měřidlo musí ležet celou měřenou plochou na měřícím stole) v nejméně pěti bodech rovnoměrně rozložených po celém měřícím rozsahu.



Obr. 27 Pojízdný stůl

#### 9.1.5.5 Vyhodnocení kalibrace a nejistoty

Výsledky odečtu jednotlivých měření se zapíší do poznámkového bloku. Následně jsou přepisovány do kalibračního modulu „ocelové pravítka.xls“ v MS-Excel. Po vyplnění všech náležitostí do kalibračního listu provedeme výpočet nejistoty měření a tisk kalibračního listu.

Na základě vyhodnocené základní chyby kalibrovaného měřidla pracovník provádějící kalibraci rozhodne o výsledku kalibrace. Naměřené hodnoty se porovnají s mezními



dovolenými chybami. Jako kritérium se berou hodnoty vypočítané ze vztahu a určení maximální dovolené chyby:

$$\text{Pro TP 1: } (0,1 + 0,1L/1000) \text{ mm} \quad (12)$$

$$\text{Pro TP 2: } (0,3 + 0,2L/1000) \text{ mm} \quad (13)$$

$$\text{Pro TP 3: } (0,6 + 0,4L/1000) \text{ mm} \quad (14)$$

pozn.: L je rozsah kalibrovaného měřidla

V případě, že měřidlo nevyhoví stanoveným požadavkům, postupuje se podle dokumentu (Q11.01-RE-11), nevyhovující měřidlo se přeřadí do horší třídy přesnosti nebo se úplně vyřadí z evidence.

Nejistota měření se stanoví v souladu s dokumentem EA 4/02.

#### **9.1.5.6 Záznamy**

Kalibrační list „ocelové pravítka.xls“ v MS-Excel  
záznam v SW QTREE/M

#### **9.1.5.7 Související dokumenty**

M10-SP Řád podnikové metrologie

M20-RE-20 Příručka jakosti kalibrační laboratoře

EA 4/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích

Q11.01-RE-11 – Postup při zjištění nevyhovujícího měřidla

## **9.2 Obsah kalibračního listu**

Na základě provedené kalibrace se provede záznam do kalibračního protokolu v MS-Excel „ocelové pravítka.xls“.

Do kalibračního protokolu uvádíme potřebné informace o PM:

- Adresu kalibrační laboratoře
- Adresu zákazníka – kdy v našem případě kalibrujeme jen pro naši firmu

- Druh měřidla
- Evidenční číslo PM
- Rozsah a rozlišitelnost PM
- TP s maximální dovolenou chybou
- Použité etalony a jejich návaznost
- Metoda měření při jakých podmínkách
- Kalibrační postup
- Tabulka naměřených hodnot
- Zda měřidlo vyhovuje uvedené TP
- Platnost kalibrace PM
- Kdo provedl kalibraci PM s jeho podpisem
- Datum kalibrace a vystavení kalibračního listu
- Podpis vedoucího kalibrační laboratoře, který zkontroloval správnost kalibračního listu
- Razítko kalibrační laboratoře

### **9.2.1 Návrh nového kalibračního listu**

viz. Příloha II.

## 10 VYHODNOCENÍ

### 10.1 Důvody zavedení nového kalibračního postupu

Zásadní změnou kalibračního postupu je vyrobení stojanu a uchycení mikroskopu, mikrometrické hlavičky, díky které jsme schopni odečítat hodnotu na jednu tisícinu mm. Porovnání kalibračního postupu je jednoznačně uvedeno v třídě přesnosti, kdy jsme schopni kalibrovat ocelová měřítka v třídě přesnosti I a II. Stávajícího kalibračního postupu jsme byli schopni kalibrovat jen třídu přesnosti III, která nebyla dostačující v naší výrobě a měřidla jsme museli zasílat k externí kalibraci. Dále jsme zohlednili teplotu kalibrace v laboratorních podmínkách z původních  $23 \pm 2$  °C na teplotu  $20 \pm 1$  °C o relativní vlhkosti vzduchu  $50\% \pm 25\%$ , kdy kalibrované měřidlo a příslušné etalony musí být umístěny 24 hodiny v místnosti s referenční teplotou před danou kalibrací. Zhotovením MMZ a zlepšení teploty jsme docílili snížení nejistoty.

### 10.2 Důvody zavedení nového kalibračního listu

V kalibračním listu byla lupa Mitutoyo se zvětšením 8x a rozlišitelnost 0,1 mm nahrazena měřícím přístrojem, který se skládá s mikroskopu se zvětšením 25x a mikrometrickou hlavičkou, která měla rozlišitelnost 0,001 mm. Přičemž „měřítka ocelové ploché - typu B“ zůstalo se stejným rozsahem a dělení stupnice po 1 mm.

U pracovního měřidla evidenčním číslem PM 2100 jsem provedla kalibraci dle starého a nového kalibračního postupu, kdy ocelové měřítka ukazovala největší možný měřitelný rozsah 200mm s rozlišitelností 0,5mm.

Z tabulky naměřených hodnot je patrné, že měření se zlepšilo z 0,1 mm na 0,001mm právě díky mikrometrické hlavičce, která je schopna rozpoznat tisícinu mm. Také jsme zlepšili referenční podmínky a zmenšili nejistoty měření.

### 10.2.1 Propojení listu v MS -Excel

K provázanosti buněk s kalibračním protokolem je nutno doplnit v kalibračním listě a tyto údaje se následně objeví i v tabulce pro „výpočet nejistot“:

- Druh měřidla, název měřidla
- Měřicí rozsah
- Veličina (jednotky)
- Dílek (hodnota dílku)
- Třída přesnosti
- Maximální dovolená chyba
- Podmínky měření

V MS – Excel „kalibrační list“ jsem zavedla barevné značení pro snadnější a lepší přehlednost:

*Červenou barvou* – jsou data, která se mění a vypisují při každé kalibraci.

*Modrou barvou* – jsou data, která se nevypisují a jsou navázány na vzorce ve spojení s přepínači.

*Fialovou barvou* – jsou data, které se nevypisují a jsou to vypočítané hodnoty jednotlivých buněk.

*Černou barvou* – jsou informace, které nám popisují, co je třeba vyplnit.

Tab. 4. Kalibrační list

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K																								
1	<b>KALIBRAČNÍ LABORATOŘ</b>																																		
2	firma XX a.s., ul. Šedesátá č.p. 1000, 760 00 Zlín; tel.: 577 123 456																																		
3																																			
4	<b>KALIBRAČNÍ LIST č. 2/11</b>																																		
5	Zlín																																		
6	<b>Zákazník:</b>	firma XX a.s., ul. Šedesátá č.p. 1000, 760 00 Zlín																																	
7	<b>Druh měřidla:</b>	Ocelové měřátko																																	
8	<b>Evidenční číslo:</b>	PM 2100																																	
9	<b>Měřicí rozsah:</b>	200 mm																																	
10	<b>Hodnota dílku:</b>	0,5 mm																																	
11	<b>Třída přesnosti:</b>	1 TP1																																	
12	<b>Max. dovol. chyba:</b>	0,12 mm																																	
13	<b>Použité etalony,</b>	Měřátko pevné ocelové 2000 mm, ev. č. PE 018, č. KL 6033-KL-K0375-10; datum platnosti kalibrace etalonu 30.11.2011. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno. Digitální mikrometrická hlavice 0-25/0,001 mm, ev. č. PE 026, č. KL 6033-KL-0005-11; platnost kalibrace etalonu 31.1.2013. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno.																																	
14	<b>návaznost:</b>																																		
15	<b>Metoda měření:</b>																																		
16	<b>Podmínky měření:</b>																																		
17																																			
18																																			
19	<b>Podmínky měření:</b>	Podle interního kalibračního postupu PP 1207.0410																																	
20	<b>Podmínky měření:</b>	20,4 °C																																	
21																																			
22	<b>Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:</b>																																		
23																																			
24	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Konvenčně pravá hodnota délky</th> <th>Hodnota kalibrovaného měřidla</th> <th>Chyba kalibrovaného měřidla</th> <th>nejistota U</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>40,005</td> <td>0,005</td> <td rowspan="5">0,04</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>80,009</td> <td>0,009</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>120,021</td> <td>0,021</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>160,027</td> <td>0,027</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>200,018</td> <td>0,018</td> </tr> </tbody> </table>											Konvenčně pravá hodnota délky	Hodnota kalibrovaného měřidla	Chyba kalibrovaného měřidla	nejistota U	mm	mm	mm	mm	40	40,005	0,005	0,04	80	80,009	0,009	120	120,021	0,021	160	160,027	0,027	200	200,018	0,018
Konvenčně pravá hodnota délky	Hodnota kalibrovaného měřidla	Chyba kalibrovaného měřidla	nejistota U																																
mm	mm	mm	mm																																
40	40,005	0,005	0,04																																
80	80,009	0,009																																	
120	120,021	0,021																																	
160	160,027	0,027																																	
200	200,018	0,018																																	
25																																			
26																																			
27																																			
28																																			
29																																			
30																																			
31																																			
32																																			
33																																			
34	Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu																																		
35	rozšíření $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95%.																																		
36																																			
37	<b>Měřidlo vyhovuje uvedené třídě přesnosti.</b>																																		
38	<b>Platnost kalibrace:</b>	4/12 Interní																																	
39	<b>Měření provedl:</b>	Radka Horáková																																	
40		Radka Horáková																																	
41	<b>Podpis:</b>	Bylo																																	
42		Poznámka: Měřidlo bylo před kalibrací vyhovující.																																	
43	<b>Datum kalibrace:</b>	1.4.2011																																	
44																																			
45	<b>Datum vystavení KL:</b>	1.4.2011																																	
46																																			
47		Podpis: Petr Novák																																	
48		Zkontroloval a schválil: Petr Novák vedoucí kalibrační laboratoře																																	
49	Výsledky měření platí pouze pro měřidlo uvedené v tomto dokumentu. Tento dokument může být rozšiřován pouze v celkovém																																		
50	počtu stran bezzměn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze pracovištěm kalibrační laboratoře, které dokument vystavilo.																																		

Tab. 5. Výpočet nejistot – propojené buňky s kl.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		Název měřidla	Měřicí rozsah		Veličina (jednotky)	Dílek (odečet)	TP	max. dovolená chyba	Referenční teplota při kalibraci	podmínky měření při kalibraci				
3			min.	max.										
4		Ocelové měřtko	0	200	mm	0,5	1	0,12 mm	20 ± 1 °C	0,40 °C				
5														

### 10.3 Vyhodnocení nejistot

Pro požadované vyhodnocení nejistot jsem vytvořila novou tabulku v MS- Excel, kde jsem zadávala požadované hodnoty pro výpočet nejistot. Potřebné vzorce jsou uvedeny v tabulce „výpočet nejistot“, ke kterým jsou propojeny jednotlivé buňky a následně jsou vypočítány za pomoci návaznosti buněk, jež bylo potřeba propojit a tím docílit požadovaného výsledku. Tabulka „výpočet nejistot“ je propojena s kalibračním protokolem, kdy bylo nutné navázat na některé hodnoty, abychom byli schopni dosáhnout požadovaných výpočtů a zjednodušit si opisování některých parametrů kalibrovaného měřidla.

V MS – Excel jsem zavedla barevné značení pro snadnější a lepší přehlednost:

*Červenou barvou* – jsou data, která se mění a vypisují při každé kalibraci.

*Fialovou barvou* – jsou data, která se nevypisují a jsou to výpočty jednotlivých buněk.

*Černou barvou* – jsou informace, které nám popisují jednotlivé kroky.

## 10.3.1 Vyhodnocení nejistot dle nového kalibračního postupu

Tab. 6. Výpočet nejistot dle nového kalibračního postupu

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Název měřidla		Měřicí rozsah	Veličina	Díllek	TP	max. dovolená chyba	Referenční teplota při kalibraci	podmínky měření při kalibraci				
2			min.	(jednotky)	(odčet)								
3	Ocelové měřtko		0	200	mm	0,5	1	20 ± 1 °C	0,40 °C				
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10	Výpočet nejistoty typu A:												
11	p. č.	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>		
12	x <sub>1</sub>	50,003	50,009	50,002	50,011	50,023	50,017	49,997	50,005	50,014	50,031		
13	Počet opakovaných měření n = 10												
14	Počet opakovaných měření n	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
15	Koeficient k <sub>x,i</sub>	7	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1			
16	k <sub>x,i</sub> = 1												
17	Výběrová směrodatná odchylka $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,0103794669$												
18	Výběrový aritmetický průměr: $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 50,0112$												
19	Nejistota typu A $u_A = k_{x,i} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n}} = 0,0032822756$												
20	Výpočet nejistoty typu B:												
21	Δ (chyba)	Z <sub>grmax</sub>	x	u <sub>ei</sub>	u <sub>ei</sub> <sup>2</sup>								
22	max. chyba etalonu	0,0256	1,732051	0,0147801669	0,0002184533								
23	Čtení (odčet)	0,001	1,732051	0,0005773903	0,0000003333								
24	teplota	0,00092	1,732051	0,0005311622	0,0000002821								
25	osvětlení		1,732051										
26	vlhkost		1,732051										
27	prašnost		1,732051										
28	drift		1,732051										
29	měřicí metoda	0,001	2	0,0005	0,000000250								
30	ostatní		1,732051										
31	ostatní		1,732051										
32	ostatní		1,732051										
33	ostatní		1,732051										
34	ostatní		1,732051										
35	ostatní		1,732051										
36	ostatní		1,732051										
37	ostatní		1,732051										
38	ostatní		1,732051										

suma = 0,0002193188

Nejistota typu B:  $u_B = \sqrt{\sum u_{Bj}^2} = 0,0148094159$

Standardní kombinovaná nejistota:  $u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0,0151687881$

Koeficient rozšíření k = 2

Rozšířená kombinovaná nejistota:  $U = k \cdot u = 0,0303375763$  0,04 mm k=2

Jméno: Radmila Horáková

Tab. 7. Vyhodnocení podle nového postupu

<u>Potřebné hodnoty pro dosažení do vzorců</u>			
Rozsah kalibrovaného ocelového měřítka			200 mm
Vyhodnocená podmínka s referenční teploty $20 \pm 1^\circ\text{C}$			0,4 °C
Měřená hodnota - opakovatelnost na	$x_i - x_n$		50 mm
Počet opakovaných měření	$n$		10
Koeficient	$k_{uA}$		1
Součinitel délkové roztažnosti	$\alpha$	$11,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	
Koeficient rozšíření	$k$		2
Měřítka ocelové - max. chyba			0,024 mm
mikrometrická hlavice - max. chyba			0,0016 mm
chi	$\chi$	$\sqrt{3}=1,732051$ $\sqrt{4}=2$	

Mezi výpočty k určení nejistoty typu  $u_B$ 

<u>Jednotlivé určení <math>Z_{jmax}</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	$0,0016+0,024=$	$Z_{jmax} =$	0,0256 mm
chyba čtení (odečet)		$Z_{jmax} =$	0,001 mm
teplota	$(0,40 \times 11,5 \times 200)/10^6=$	$Z_{jmax} =$	0,00092 mm
měř. metoda -chyba pracovníka		$Z_{jmax} =$	0,001 mm

<u>Jednotlivé určení <math>u_{Bj} = Z_{jmax} : \chi</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$1,4 \cdot 10^{-2}$ mm
chyba čtení (odečet)	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$5,77 \cdot 10^{-4}$ mm
teplota	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$5,31 \cdot 10^{-4}$ mm
měř. metoda -chyba pracovníka	$Z_{jmax} : 2 = u_{Bj}$	$u_{Bj} =$	$5 \cdot 10^{-4}$ mm

<u>Jednotlivé určení <math>u_{Bj}^2 = u_{Bj}^2</math></u>			
max.chyba dvou etalonu	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$2,18 \cdot 10^{-2}$ mm
chyba čtení (odečet)	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$3,3 \cdot 10^{-7}$ mm
teplota	$Z_{jmax} : 1,732 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$2,82 \cdot 10^{-7}$ mm
měř. metoda -chyba pracovníka	$Z_{jmax} : 2 = u_{Bj}$	$u_{Bj}^2 =$	$2,5 \cdot 10^{-7}$ mm

<u>Vypočítané hodnoty po dosažení do vzorce</u>			
Výběrový aritmetický průměr		$\bar{x} =$	50,0112 mm
Výběrový směrodatná odchylka		$s =$	$1,03 \cdot 10^{-2}$ mm
Nejistota typu A		$u_A =$	$3,28 \cdot 10^{-3}$ mm
Celková suma		$\sum u_{Bj}^2 =$	$2,19 \cdot 10^{-4}$ mm
Nejistota typu B		$u_B =$	$1,48 \cdot 10^{-2}$ mm
Standardní kombinovaná nejistota		$u =$	$1,51 \cdot 10^{-2}$ mm
Rozšířená kombinovaná nejistota		$U =$	0,04 mm



## 10.4 Výpočet nejistot

### 10.4.1 Nejistota typu A:

Nejistota typu A se počítá s deseti opakování na jedné hodnotě, tyto hodnoty zapisují do tabulky. Ze zadaných hodnot spočítám aritmetický průměr, směrodatnou odchylku a nejistotu typu  $u_A$ , pro kterou musím určit bezpečnostní faktor.

Tab. 8. Výpočet nejistot typu A

Výpočet nejistoty typu A:										
p.č.	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
$x_i$	50,003	50,009	50,002	50,011	50,023	50,017	49,997	50,005	50,014	50,031
Počet měření $n = 10$										
Počet opakovaných měření $n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
koefficient $k_{s,d}$	7	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1	
$k_{s,d} =$	1									
Výběrová směrodatná odchylka $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	= 0,0103794669					Výběrový aritmetický průměr: $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 50,0112$				
Nejistota typu A $u_A = k_{s,d} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n}}$	= 0,0032822756									

### 10.4.2 Nejistota typu B:

Pro výpočet nejistoty typu B se zadávají maximální chyby etalonu, čtení (u digitálních měřidel je to nejlepší možný odečet tzn. nejmenší možný dílek), rozdíl referenční teploty vynásobené koeficientem délkové roztažnosti, osvětlení, vlhkost, prašnost atd., ze kterého nám vyjde maximální odchylka „ $Z_{jmax}$ “, jejíž překročení je málo pravděpodobné. Od  $Z_{jmax}$  podělíme konstantu průběhu pravděpodobnosti „ $\chi$ “, z toho vyšla hodnota zdrojů nejistot typu  $u_{Bj}$ , kterou následně umocníme a po sečtení hodnot odmocníme. Výsledkem je nejistota typu  $u_B$ .

Tab. 9. Výpočet nejistoty typu B

$\Delta$ (chyba)	$Z_{jmax}$	$\chi$	$u_{Bj}$	$u_{Bj}^2$
max. chyba etalonu	0,0256	1,732051	0,0147801669	0,0002184533
čtení (odečet)	0,001	1,732051	0,0005773503	0,0000003333
teplota	0,00092	1,732051	0,0005311622	0,0000002821
osvětlení		1,732051		
vlhkost		1,732051		
prašnost		1,732051		
drift		1,732051		
měřicí metoda	0,001	2	0,0005	0,000000250
ostatní		1,732051		
ostatní		1,732051		
ostatní		1,732051		
Nejistota typu B:				suma = 0,0002193188
				$u_B = \sqrt{\sum u_{Bj}^2} = 0,0148094159$

### 10.4.3 Standardní kombinovaná nejistota

Standardní kombinovaná nejistota „ $u$ “ byla vypočítána kombinací vyhodnocených nejistot typu  $u_A$ ,  $u_B$ , které byly umocněny a po sečtení a odmocnění byla vyhodnocena standardní kombinovaná nejistota.

Tab. 10. Výpočet standardní kombinované nejistoty

Standardní kombinovaná nejistota:	$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0,0151687881$
Koeficient rozšíření $k =$	2

### 10.4.4 Rozšířená kombinovaná nejistota

Rozšířenou kombinovanou nejistotu „ $U$ “ vyhodnotíme dosazením vypočtené standardní nejistoty „ $u$ “, kterou vynásobíme koeficientem rozšíření „ $k$ “. Rozšířenou kombinovanou nejistotu „ $U$ “ jsme zaokrouhlili na první číselnou hodnotu směrem vzhůru a ta se nám promítne v kalibračním protokolu.

Koeficient rozšíření „ $k=2$ “ stanovuje rozšířenou nejistotu, která odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95%. [16]

Tab. 11. Vyhodnocení rozšířené nejistoty

Rozšířená kombinovaná nejistota:	$U = k \cdot u = 0,0303375763$	<b>0,04 mm</b>	$k=2$
----------------------------------	--------------------------------	----------------	-------

### 10.5 Vyhodnocení kombinované nejistoty

Rozšířená kombinovaná nejistota dle starého způsobu vycházela  $U= 0,18$  mm a po zavedení nového MMZ a vystavení nového pracovního postupu jsme dokázali tuto nejistotu snížit o 0,14 mm. Snížili jsme i maximální povolenou chybu měřidla, která je akceptovatelná díky rozlišitelnosti MMZ.

## 10.6 Celkové vyhodnocení

Výsledná nejistota měření u starého kalibračního postupu je z velké části ovlivněna složkou způsobenou příliš hrubým rozlišením při kalibraci. Stávající metoda a vybavení neumožňovalo tuto složku nejistoty zlepšit.

Kalibraci ocelových měřitek TP I, II bylo nutno zajistit externě, což bylo náročné především časově i finančně – Rychlost a operativnost interní kalibrační laboratoře je jednou z hlavních výhod pro výrobní úseky naší firmy. Pořízením nového MMZ se nám zlepšila nejistota o jeden řád a zlepšila se časová flexibilita v kalibraci ocelových měřitek.

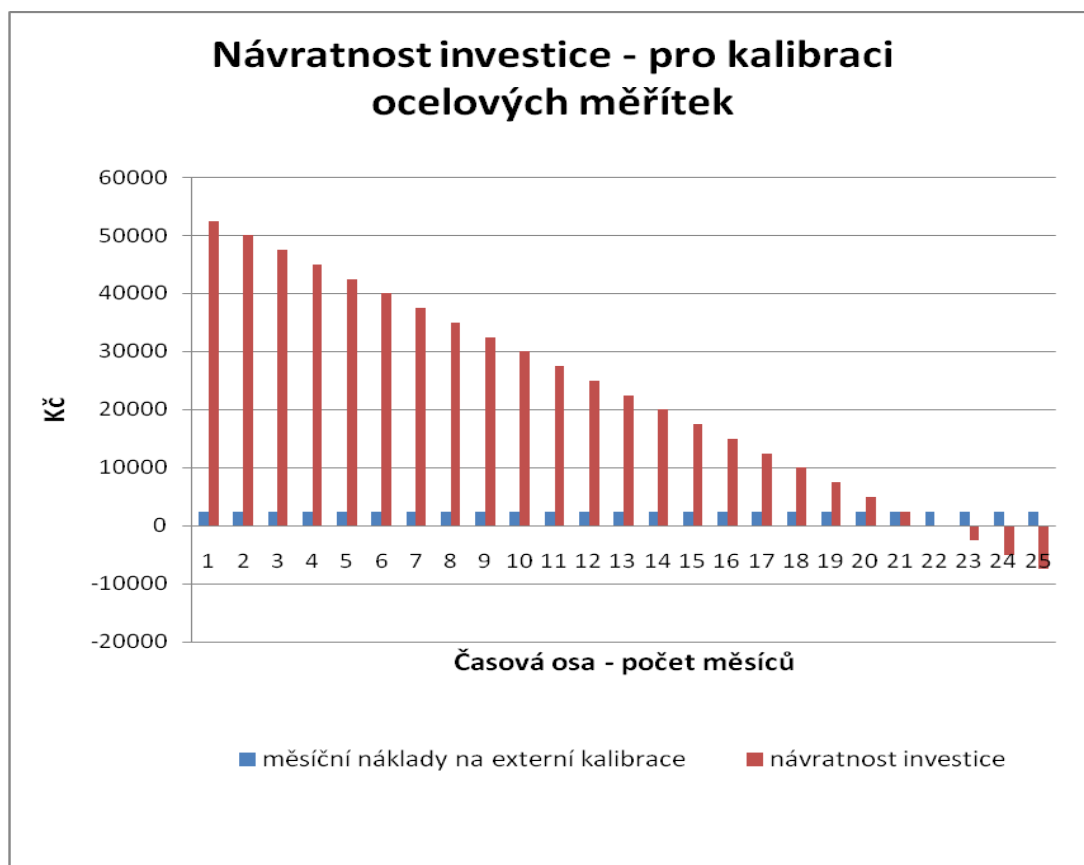
## 11 VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ

### 11.1 Flexibilita časová

Zkrátila se tím lhůta kalibrace o několik dní z původních několika týdnů; i díky tomu není zapotřebí tolik náhradních měřidel na překlenutí kalibrace v externích, akreditovaných laboratořích.

### 11.2 Úspora

Díky tomuto novému zařízení naše firma ušetřila finance za externí kalibrace. Návratnost tohoto nového zařízení je odhadnuta na dobu 2 let.



Tab. 12. *Návratnost investice*

Požizovací cena mikroskopu	55 000 ,-Kč
Externí kalibrace za 1. rok	30 000 ,-Kč
Externí kalibrace za 1. měsíc	2500 ,-Kč
Externí kalibrace 1. kusu ocelového měřítka	150 ,-Kč
Množství ocelových měřitek ve firmě	200 kusů

## ZÁVĚR

Na základě zákaznického auditu byl vznesen na oddělení metrologie technologem požadavek přesnějšího měření délkovými měřidly, které spadají do třídy přesnosti I. Dosud byly pro měření používány ocelové svinovací metry, které nemohou být zařazeny do třídy přesnosti I, a proto byly nahrazeny ocelovými měřítky s rozlišitelností 0,5 mm. Jelikož došlo k navýšení počtů ocelových měřitek ve firmě a zákazník požadoval třídu přesnosti I, kterou nebylo možné za stávajících podmínek kalibrovat, bylo našim úkolem zhotovit takové MMZ, abychom dokázali provádět kalibraci ocelových měřitek TP I.

Bylo nutné navrhnout nové měřicí a monitorovací zařízení, v tomto případě zvětšovací zařízení, které by umožnilo přesnější měření, zároveň bylo nezbytné vytipovat vhodný mikroskop se zvětšením 25x tak, aby na ohniskové destičce byla viditelná osa x, y. Dále jsme zadali požadavek na oddělení konstrukce o sestrojení měřicího stolu (viz. Obr. 22.). Po zhotovení měřicího stolu jsme provedli montáž, kdy jsme zvolený mikroskop upevnili spolu s mikrometrickou hlavicí (viz. Obr. 24.), následovalo zavedení nového způsobu kalibrace. Osobně jsem připravila a vydala kalibrační postup, v MS-Excelu jsem zhotovila nový kalibrační list s výpočty nejistot (Viz. Tab. 6.), ke kterému byl připojen i rozpis výpočtu (Viz. Tab. 7.).

Pro porovnání bylo využito stávajícího způsobu kalibrace ocelových měřitek TP III, který byl vyhodnocen s výsledkem „ $U = 0,18\text{mm}$ “, s novým měřením byla rozšířená kombinovaná nejistota naměřena v hodnotě „ $U = 0,04\text{ mm}$ “, tedy o řád přesněji.

Dále se porovnaly kalibrační postupy spolu s kalibračními listy a lupa Mitutoyo byla nahrazena novým kompletně sestrojeným stolem (viz. Obr. 24.), který dokázal odečíst chyby na 0,001 mm. Tím fakticky došlo ke zlepšení referenčních podmínek a zmenšení nejistoty měření.

Díky novému systému MMZ se zlepšila časová flexibilita v kalibraci ocelových měřitek řádově na několik dnů. Externí kalibrace dříve trvala i několik týdnů, což ve výsledku naši společnost stálo nemalé prostředky vynaložené jak na platby externím laboratorům tak v nákupu rezervních měřidel.

Závěrem bylo provedeno grafické znázornění návratnosti této investice, z něhož vyplývá, že nový systém bude rentabilní po dvou letech.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, Management jakosti v automobilovém průmyslu – Způsobilost kontrolních procesů, vydání 1., Praha: Vydavatelství České společnosti pro jakost 2003.
- [2] Metrologie v kostce III., vydání 3., Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2009.
- [3] TŮMOVÁ. Olga, Metrologie a hodnocení procesů, vydání 2., Praha: BEN – vydavatelství technická literatura 2009.
- [4] BUMBÁLEK Leoš a kolektiv: Kontrola a měření pro SPŠ strojní, vydání 1., Praha: Informatorium 2009.
- [5] NĚMEČEK Pavel, Nejistoty měření, vydání 1., Praha: Vydavatelství České společnosti pro jakost 2008.
- [6] TICHÁ, Šárka; ADAMEC, Jaromír. [online]. Ostrava : 2008. Návody do cvičení z předmětu strojírenská metrologie. Dostupné z WWW:  
<<http://www.fs.vsb.cz/books/StrojMetro/strojirenska-metrologie-cviceni.pdf>>.
- [7] NENÁHLO Čeněk, Měření vybraných geometrických veličin, Praha: Vydala Česká metrologická společnost 2005.
- [8] BASIC METROLOGY FOR ISO 9000 CERTIFICATION: G. M. S. de Silva, First published 2002.
- [9] HOŠEK, Jan. Aplikovaná optika a mikroskopie. [online]. Praha, 2008.  
Dostupné z WWW:  
<<http://www.fsid.cvut.cz/cz/U2102/hosek/>>.
- [10] ČMI [online]. 16. 11. 1990. Zákon o metrologii č. 505/1990. Dostupné z WWW:  
<<http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=96>>.
- [11] UNMZ [online]. 2011. Dostupné z WWW:  
<<http://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-v-oblasti-metrologie>>.
- [12] NORMY. [online]. Publikace. Dostupné z WWW:  
<<http://www.normy.biz/publikace.php>>.

- [13] UNIMETRA. [online]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.unimetra.cz/>>.
- [14] MITUTOYO. [online]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.mitutoyo.cz/cz/omp.asp>>.
- [15] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, kurz Manažer metrologie modul I. II., vydání 9., Praha: Vydavatelství České společnosti pro jakost 2007.
- [16] ČESKÝ INSTITUT PRO AKREDITACI, o. p. s., Dokumenty EA – Evropská spolupráce pro akreditaci – EA 4/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích, Praha: Vydavatelství Český normalizační institut 2001.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PM	pracovní měřidlo
SM	stanovené měřidlo
PE	pracovní etalon
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ČMI	Český metrologický institut
ČIA	Český institut pro akreditaci
AMS	Akreditovaná metrologická společnost
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
SMS	Státní metrologické středisko
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
Sb.	Sbírka zákonů
PM	pracovní měřidlo
PE	pracovní etalon
MMZ	měřicí a monitorovací zařízení
TP	třída přesnosti
$\Delta(x)$	absolutní chyba
$x_s$	skutečná hodnota
$x_m$	naměřená hodnota
$\delta(x)$	relativní chyba
$\Delta x$	součet systematických chyb
$x$	systematická chyba
$\bar{x}$	aritmetický průměr
$s$	směrodatná odchylka
$x_i$	hodnota měřené veličiny



---

$u$	nejistota měření
$u_A$	nejistota měření typu A
$u_B$	nejistota měření typu B
$n$	počet opakovaných měření
$k_{uA}$	bezpečnostní faktor
$U$	rozšířená nejistota
$k$	koeficient rozšíření
$u$	kombinovaná standardní nejistota
$u_{Bj}$	dílčí standardní nejistota typu B,
$n$	počet zdrojů typu B
$\chi$	koeficient tvaru pravděpodobnostního rozdělení
$Z_{jmax}$	maximální odchylka
$t$	optická vzdálenost
$L$	rozsah kalibrovaného měřidla
$mm$	milimetr
$^{\circ}C$	celsia
SW QTREE/M	evidenční program měřidel
M10-SP	řád podnikové metrologie
M20-RE-20	příručka jakosti kalibrační laboratoře
EA 4/02	vyjadřování nejistot měření při kalibracích
Q11.01-RE-11	postup při zjištění nevyhovujícího měřidla
MS- Excel	Microsoft Office Excel

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Úřední značka pro ČMI. [6] .....	14
Obr. 2. Úřední značka pro ČMI. [6] .....	15
Obr. 3. Řetězec návaznosti .....	15
Obr. 4. Ocelové měřítko – značení zleva doprava [13].....	26
Obr. 5. Ocelové měřítko – značení zprava do leva [13].....	27
Obr. 6. Ocelové měřítko – s nulou uprostřed.....	27
Obr. 7. Ocelové měřítko – se skosením .....	27
Obr. 8. Ocelové měřítko – s noselem .....	27
Obr. 9. Schéma běžného složeného mikroskopu [9].....	29
Obr. 10. Měřicí lupa. [13].....	30
Obr. 11. Měřicí destička pro měření - Polární síť, úhlů a poloměrů. [14].....	30
Obr. 12. Měřicí destička pro měření - Úhlů, poloměrů, délek a otvorů. [14].....	31
Obr. 13. Měřicí destička pro měření – Tloušťky. [14] .....	31
Obr. 14. Měřicí destička pro měření .....	31
Obr. 15. Měřicí destička pro měření – Úhlů, poloměrů a délek. [14] .....	32
Obr. 16. Měřicí destička pro měření – Polární síť a otvorů. [14].....	32
Obr. 17. Měřicí destička pro měření – Délky v milimetrech nebo v palcích. [14].....	32
Obr. 18. Měřicí destička pro měření – Úhlů a poloměrů. [14].....	33
Obr. 19. Měřicí destička pro měření – Stoupání závitů (metrické). [14] .....	33
Obr. 20. Měřicí destička pro měření – Stoupání závitů chod/palec. [14].....	33
Obr. 21. Mikroskop s ohniskovou destičkou[13].....	37
Obr. 22. Část pojízdného stolu.....	38
Obr. 23. Uchycení mikrometrické hlavice k měřicímu stolu .....	38
Obr. 24. Kompletně sestavený pojízdný stůl .....	39
Obr. 25. Použití měřicího stolu v praxi.....	39
Obr. 26. Stupnice měřítka .....	41
Obr. 27. Pojízdný stůl .....	48

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. <i>Bezpečnostního faktoru.</i> [5] .....	22
Tab. 2. <i>Výpočet nejistot dle starého kalibračního postupu</i> .....	44
Tab. 3. <i>Vyhodnocení podle původního postupu</i> .....	45
Tab. 4. <i>Kalibrační list</i> .....	53
Tab. 5. <i>Výpočet nejistot – propojené buňky s kl.</i> .....	54
Tab. 6. <i>Výpočet nejistot dle nového kalibračního postupu</i> .....	55
Tab. 7. <i>Vyhodnocení podle nového postupu</i> .....	56
Tab. 8. <i>Výpočet nejistot typu A</i> .....	57
Tab. 9. <i>Výpočet nejistoty typu B</i> .....	57
Tab. 10. <i>Výpočet standardní kombinované nejistoty</i> .....	58
Tab. 11. <i>Vyhodnocení rozšířené nejistoty</i> .....	58
Tab. 12. <i>Návratnost investice</i> .....	60

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Původní kalibrační list

Příloha P II: Nový kalibrační list

Příloha P III: Kalibrační list ocelového měřítka

Příloha P IV: Kalibrační list mikrometrické hlavice

Příloha P V: Kalibrační list měřicí lupy

# PŘÍLOHA P I: PŮVODNÍ KALIBRAČNÍ LIST

## KALIBRAČNÍ LABORATOŘ

adresa kalibrační laboratoře

## KALIBRAČNÍ LIST č. 1/11

**Zákazník:** firma XX  
**Druh měřidla:** Ocelové měřítko  
**Evidenční číslo:** PM 2100  
**Měřicí rozsah:** 200 mm  
**Hodnota dílku:** 0,5 mm  
**Třída přesnosti:** 3  
**Max. dovol. chyba:** 0,68 mm  
**Použité etalony, návaznost:** Měřítko pevné ocelové 2000 mm, ev. č. PE 018, č. KL 6033-KL-K0375-10; datum platnosti kalibrace etalonu 30.11.2011. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno. Měřítko lupy Mitutoyo, serie 183, ev.č. PE 045 č. KL 6033-KL-D0065-11; datum platnosti kalibrace etalonu 31.03.2012. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno.  
**Metoda měření:** Podle interního kalibračního postupu -  
**Podmínky měření:** 23 ± 2 °C

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:**

Konvenčně pravé hodnota délky	Hodnota kalibrovaného měřidla	Chyba kalibrovaného měřidla	nejistota U
mm	mm	mm	mm
40	40,0	0,0	0,18
80	80,2	0,2	
120	120,1	0,1	
160	160,4	0,4	
200	200,3	0,3	

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95%.

**Měřidlo vyhovuje uvedené třídě přesnosti.**

**Platnost kalibrace:** 2/12  
**Měření provedl:** Radmila Horáková

**Podpis:** **Poznámka:** Měřidlo bylo před kalibrací vyhovující.

**Datum kalibrace:** 1.2.2011

**Datum vystavení KL:** 1.2.2011 **razítka kalibrační laboratoře**

**Podpis:**  
**Zkontroloval a schválil:** Petr Novák  
vedoucí kalibrační laboratoře

Výsledky měření platí pouze pro měřidlo uvedené v tomto dokumentu. Tento dokument může být rozšiřován pouze v celkovém počtu stran bezzměn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze pracovištěm kalibrační laboratoře, které dokument vystavilo.

# PŘÍLOHA P II: NOVÝ KALIBRAČNÍ LIST

## KALIBRAČNÍ LABORATOŘ

adresa kalibrační laboratoře

### KALIBRAČNÍ LIST č. 2/11

**Zákazník:** firma XX  
**Druh měřidla:** Ocelové měřítko  
**Evidenční číslo:** PM 2100  
**Měřicí rozsah:** 200 mm  
**Hodnota dílku:** 0,5 mm  
**Třída přesnosti:** 1  
**Max. dovol. chyba:** 0,12 mm  
**Použité etalony, návaznost:** Měřítko pevné ocelové 2000 mm, ev. č. PE 018, č. KL 6033-KL-K0375-10; datum platnosti kalibrace etalonu 30.11.2011. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno. Digitální mikrometrická hlavice 0-25/0,001 mm, ev. č. PE 026, č. KL 6033-KL-0005-11; platnost kalibrace etalonu 31.1.2013. Měření má metrologickou návaznost na etalony ČMI Brno.  
**Metoda měření:** Podle interního kalibračního postupu -  
**Podmínky měření:** 20,4 °C

**Tabulka naměřených a vypočtených hodnot:**

Konvenčně pravá hodnota délky	Hodnota kalibrovaného měřidla	Chyba kalibrovaného měřidla	nejistota U
mm	mm	mm	mm
40	40,005	0,005	0,04
80	80,009	0,009	
120	120,021	0,021	
160	160,027	0,027	
200	200,018	0,018	

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95%.

**Měřidlo vyhovuje uvedené třídě přesnosti.**

**Platnost kalibrace:** 4/12  
**Měření provedl:** Radmila Horáková

**Podpis:** **Poznámka:** Měřidlo bylo před kalibrací vyhovující.

**Datum kalibrace:** 1.4.2011

**Datum vystavení KL:** 1.4.2011 razítko kalibrační laboratoře

Podpis:  
**Zkontroloval a schválil:** Petr Novák  
vedoucí kalibrační laboratoře

Výsledky měření platí pouze pro měřidlo uvedené v tomto dokumentu. Tento dokument může být rozšiřován pouze v celkovém počtu stran bezzměn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze pracovištěm kalibrační laboratoře, které dokument vystavilo.

# PŘÍLOHA P III: KALIBRAČNÍ LIST OCELOVÉHO MĚŘÍTKA

	<b>Český metrologický institut</b> Okružní 31, 638 00 Brno tel. +420 545 555 111, fax +420 545 222 728, www.cmi.cz																													
<b>Kalibrační laboratoř č. 2202 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.</b>																														
<b>Pracoviště:</b>	Oblastní inspektorát Brno, Okružní 31, 638 00 Brno Oddělení délky, tel. +420 545 555 111, fax +420 545 555 183																													
<b>KALIBRAČNÍ LIST</b> <b>6033-KL-K0375-10</b>																														
<b>Datum vystavení:</b>	3. května 2010	List 1 z 1 listu																												
<b>Zákazník:</b>	MITAS a.s., Švehlova 1900, Praha, 106 25																													
<b>Měřidlo:</b>	Měřítka ocelové ploché; typ B; měřicí rozsah: (0 + 2 000) mm; rozlišitelnost: 1 mm																													
<b>Výrobce; typ měřidla:</b>	PREISSER; DIN 866 B																													
<b>Identifikační číslo:</b>	Ev.č. PE018; inv. č. 2801901; v.č. 120212032																													
<b>Použité etalony:</b>	Helio neonový laser Renishaw, ev.č. G 50071, Kalibrační list č. 8014-KL-L010-08																													
<b>Kalibrační postup:</b>	633-MP-C006																													
<b>Podmínky prostředí:</b>	Teplota vzduchu v laboratoři: (20 ± 0,5) °C																													
<b>Nejistota měření:</b>	U = 0,009 mm																													
Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k, který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření k = 2.																														
<b>Výsledky kalibrace:</b>																														
Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě a vztahují se pouze k době a místu provedení kalibrace.																														
<table border="1"><thead><tr><th>Referenční hodnota [mm]</th><th>Chyba měření [mm]</th><th>Největší dovolené chyby podle DIN 866</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 + 0</td><td>+0,000</td><td rowspan="12" style="text-align: center; vertical-align: middle;">± 0,15 mm</td></tr><tr><td>1</td><td>(počátek měření)</td></tr><tr><td>200</td><td>+0,002</td></tr><tr><td>400</td><td>-0,002</td></tr><tr><td>600</td><td>+0,014</td></tr><tr><td>800</td><td>+0,011</td></tr><tr><td>1 000</td><td>+0,001</td></tr><tr><td>1 200</td><td>-0,008</td></tr><tr><td>1 400</td><td>-0,024</td></tr><tr><td>1 600</td><td>-0,015</td></tr><tr><td>1 800</td><td>-0,018</td></tr><tr><td>2 000</td><td>-0,027</td></tr></tbody></table>			Referenční hodnota [mm]	Chyba měření [mm]	Největší dovolené chyby podle DIN 866	1 + 0	+0,000	± 0,15 mm	1	(počátek měření)	200	+0,002	400	-0,002	600	+0,014	800	+0,011	1 000	+0,001	1 200	-0,008	1 400	-0,024	1 600	-0,015	1 800	-0,018	2 000	-0,027
Referenční hodnota [mm]	Chyba měření [mm]	Největší dovolené chyby podle DIN 866																												
1 + 0	+0,000	± 0,15 mm																												
1	(počátek měření)																													
200	+0,002																													
400	-0,002																													
600	+0,014																													
800	+0,011																													
1 000	+0,001																													
1 200	-0,008																													
1 400	-0,024																													
1 600	-0,015																													
1 800	-0,018																													
2 000	-0,027																													
<b>Datum kalibrace:</b>	29. dubna 2010																													
<b>Kalibraci provedl(a):</b>	 Jaroslav Klíma	<b>Vedoucí oddělení:</b>  Ing. Václav Duchoň																												
																														
<small>Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů.</small>																														

# PŘÍLOHA P IV: KALIBRAČNÍ LIST MIKROMETRICKÉ HLAVICE

	<b>Český metrologický institut</b> Okružní 31, 638 00 Brno tel. +420 545 555 111, fax +420 545 222 728, www.cmi.cz		
<b>Pracoviště:</b>	Kalibrační laboratoř č. 2202 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. Oblastní inspektorát Brno, Okružní 31, 638 00 Brno Oddělení délky, tel. +420 545 555 111, fax +420 545 555 183		
<b>KALIBRAČNÍ LIST</b> <b>6033-KL-K0005-11</b>			
<b>Datum vystavení:</b>	6. ledna 2011	List 1 z 1 listu	
<b>Zákazník:</b>	MITAS a.s., Švehlova 1900, Praha, 106 25; Provozovna: Zlín, Šedesátá 5638, 762 02		
<b>Měřidlo:</b>	Vestavná mikrometrická hlavice digitální; měřicí rozsah: (0 + 25) mm; rozlišitelnost: 0,001 mm		
<b>Výrobce; typ měřidla:</b>	Steinmeyer; typ neuveden		
<b>Identifikační číslo:</b>	Ev.č. PE 026; v.č. 206055		
<b>Použité etalony:</b>	Délkoměr SIP 1002 M, ev.č. 1103, Kalibrační list 6033-KL-D140-09		
<b>Kalibrační postup:</b>	633-MP-C029		
<b>Podmínky prostředí:</b>	Teplota vzduchu v laboratoři: (20 ± 0,5) °C		
<b>Nejistota měření:</b>	$U = 1,0 \mu\text{m}$		
Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu $k$ , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření $k = 2$ .			
<b>Výsledky kalibrace:</b> Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě a vztahují se pouze k době a místu provedení kalibrace.			
<b>Maximální naměřená chyba (kladná):</b>	1,6 $\mu\text{m}$		
<b>Maximální naměřená chyba (záporná):</b>	1,5 $\mu\text{m}$		
<b>Datum kalibrace:</b>	5. ledna 2011		
<b>Kalibraci provedl(a):</b>	 Jaroslav Klima		<b>Vedoucí oddělení:</b>  Ing. Václav Duchoň
<small>Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkové počtu listů.</small>			



# PŘÍLOHA P V: KALIBRAČNÍ LIST MĚŘÍCÍ LUPY

	<b>Český metrologický institut</b> Okružní 31, 638 00 Brno tel. +420 545 555 111, fax +420 545 222 728, www.cmi.cz	
<b>Kalibrační laboratoř č. 2202 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.</b>		
<b>Pracoviště:</b> Oblastní inspektorát Brno, Okružní 31, 638 00 Brno Oddělení délky, tel. +420 545 555 111, fax +420 545 555 183		
<b>KALIBRAČNÍ LIST</b> <b>6033-KL-D0065-11</b>		
<b>Datum vystavení</b> :	2. březen 2011	List 1 ze 2 listů
<b>Zákazník</b> :	MITAS a.s. Ul. Šedesátá, č.p. 5638, 762 02 Zlín	
<b>Měřidlo</b> :	Měřicí lupy	
<b>Výrobce</b> :	Mitutoyo	
<b>Identifikační číslo</b> :	PE 045	
<b>Rozsah</b> :	Milimetrová stupnice $\pm 10$ mm	
<b>Použité etalony</b> :	laserinterferometr Renishaw, ev. č. G 50071, kalibrační list 814-KL-L010-08	
<b>Kalibrační postup</b> :	633-MP-C006	
<b>Podmínky měření</b> :	Teplota vzduchu $(20,0 \pm 0,5)$ °C	
<b>Nejistota měření</b> :	$U = 0,01$ mm	
<p>Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření <math>k</math>, který odpovídá pokrytí asi 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu <math>k = 2</math>.</p>		
<p>Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupu uvedených v tomto kalibračním listě a vztahují se pouze k době a místu provedení kalibrace.</p>		
<b>Datum kalibrace</b> :	2. březen 2011	
<b>Kalibraci provedl:</b>		<b>Vedoucí oddělení :</b>
 Ing. Václav Duchoň		 Ing. Václav Duchoň
<small>Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkové počtu listů.</small>		

## Výsledky kalibrace:

Jmenovitá hodnota [mm]	Naměřená hodnota [mm]
-10	-9,97
-8	-7,98
-6	-5,98
-4	-3,99
-2	-2,00
0	0,00
2	2,00
4	3,99
6	5,99
8	7,99
10	9,98

Český metrologický institut  
Oblastní inspektorát Brno  
Okružní 31  
602 00 Brno  
-3-

Konec kalibračního listu

*Tento dokument není bý bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožen jinak než v celkové počtu listů.*