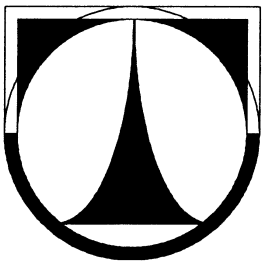
Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012 Bc. Eva Tyralíková

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní	Katedra obrábění a montáže
Magisterský (navazující) studijní program:	Strojírenská technologie
Zaměření:	Obrábění a montáž

Návrh laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec

Design laboratory for measurement of plane angle in ČMI OI Liberec

KOM - 1177

Bc. Eva Tyralíková

Vedoucí práce:	Ing. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.
Konzultant:	Ing. František Dvořáček - vedoucí laboratoří ČMI OI Liberec

Počet stran:.....104

Počet tabulek:.....31

Počet obrázků:.....31

Počet příloh:.....5

Datum: 22.5.2012

Místo pro zadání

Označení DP: KOM - 1177 Řešitel: *Bc. Eva Tyralíková*

Návrh laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec

ANOTACE:

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem nových prostor pro laboratoř na měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec. V této práci jsou v nezbytném rozsahu shrnuty dosavadní poznatky o měření rovinného úhlu, včetně všech pojmů s tím souvisejících (kalibrace, nejistoty měření,…). Nadále je zde provedena analýza stávajícího stavu laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec. Poté na základě metodiky tvorby návrhu je v práci podán návrh nové laboratoře. V závěrečné části je představeno celkové vyhodnocení, které shrnuje dosažené výsledky.

Design laboratory for measurement of plane angle in ČMI OI Liberec

ANNOTATION:

The submitted thesis describes the design of new laboratory space for the measurement of plane angles in ČMI OI Liberec. Summarized in this work is the necessary range of existing knowledge on the measurement of plane angles, including all terms associated with it (calibration, measurement uncertainty, …). Secondly, it is an analysis of the existing state laboratory for the measurement of plane angles in ČMI OI Liberec. Then, based on the design methodology, the work proposal for a new laboratory is given. In the final part of the overall evaluation, the summarized results obtained are presented.

Klíčová slova: LABORATOŘ, VIBRACE, TEPLOTA, PROUDĚNÍ VZDUCHU, AUTOKOLIMÁTOR.

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2012

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 104

Počet příloh: 5

Počet obrázků: 31

Počet tabulek: 31

Počet diagramů: 3

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci, 22.5.2012 Podpis:……..

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít svou diplomovou práci či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, 22.5.2012 Podpis:.....

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Ing. Štěpánce Dvořáčkové, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení, za cenné rady a připomínky.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Františku Dvořáčkovi za pomoc při měření v ČMI OI Liberec a Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi za poskytnuté informace.

Také bych ráda poděkovala kolektivu katedry Energetických zařízení za vstřícné jednání a půjčení přístroje nezbytného pro měření.

V neposlední řadě bych tímto ráda poděkovala Ing. Janě Tyralíkové za cenné informace a za pomoc při opravě gramatických a stylistických nedostatků.

Na závěr chci poděkovat rodině a přátelům za trpělivost a pochopení při psaní této práce.

Obsah

Seznam použitých zkratek a symbolů 10
1. Úvod 11
2. Rovinný úhel 13
2.1 Klasifikace metod měření rovinného úhlu 17
3. Kalibrace 18
4. Autokolimátor 19
5. Inovace v oblasti měření malých úhlů 24
5.1 Česká republika 24
5.1.1 Etalony využívané pro kalibrace přístrojů pro malé úhly 24
5.1.2 Kalibrace autokolimátorů pomocí generátoru malých úhlů 26
5.1.3 Kalibrace autokolimátorů pomocí přesného autokolimátoru 27
5.2 Slovensko 28
5.2.1 Původní stav SAG 28
5.2.2 Projekt rekonstrukce SAG 30
5.3 Německo 32
5.3.1 PTB úhlový komparátor 32
5.3.2 Kalibrace úhlového komparátoru 34
5.3.2.1 Křížová kalibrace „cross-calibration“ 34
5.3.2.2 Samo-kalibrace „self-calibration“ 35
5.3.3 Kalibrace autokolimátorů pomocí úhlového komparátoru 37
6. Nejistoty měření 39
6.1 Způsoby vyhodnocování nejistoty měření 41
6.1.1 Výpočetní stanovení nejistoty měření způsobem A 42
6.1.2 Výpočetní stanovení nejistoty měření způsobem B 43
6.2 Nejistota kombinovaná 46
6.3 Nejistoty rozšířené 47
7. Metrologické laboratoře 49
7.1 Požadavky na pracovní prostory 49
7.2 Přístrojové vybavení 50

7.3 Technická způsobilost....50
7.4 Požadavky na stavební provedení metrologických laboratoří....51
8. Metodika měření v laboratořích....54
8.1 Úvodní prověření stávající laboratoře....54
8.1.1 Proměření parametrů v současné laboratoři....56
8.2 Seznámení s novým navrhovaným prostorem....60
8.2.1 Proměření parametrů v navrhovaných prostorách....62
9. Matematicko - statistické zhodnocení....63
10. Vlastní měření....64
10.1 Stávající laboratoř....64
10.2 Nová laboratoř....70
10.3 Zhodnocení a porovnání měření v laboratořích....75
11. Ekonomické zhodnocení....87
12. Diskuze....94
13. Závěr....98
Použitá literatura....101
Seznam obrázků, tabulek a grafů....1012

Seznam použitých zkratek a symbolů

ČMI	Český metrologický institut
OI	Oblastní inspektorát
CMC	Calibration and measurement capability (Kalibrační a měřící schopnost dosažitelná za reálných podmínek)
BMC	Best measurement capability (Nejlepší možná dosažitelná měřící schopnost za ideálních podmínek)
ČMS	Česká Metrologická Společnost
TPM	Trusted Platform Module
PTB	Physikalisch – Technische Bundesanstalt
WMT 220	Úhlový komparátor Vyvinut v Heidenhain, Německo
ELCOMAT 3000	Fotoelektrický autokolimátor, rozsah +/- 2000", Výrobce MÖLLER-WEDEL, Německo
ELCOMAT HR	Fotoelektrický autokolimátor, rozsah +/- 300" Výrobce MÖLLER-WEDEL, Německo
ČSN	Česká technická norma
ČSN 01 1300	Zákonné měřicí jednotky
ČSN P ENV 13005	Pokyn pro vyjádření nejistoty měření
ČSN EN 45001	Všeobecná kritéria pro činnost zkušebních laboratoří
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality - Požadavky.
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení
ČSN EN ISO 9000	Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
ISO / IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
EAL R2	Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích
EAL G23	Vyjadřování nejistot v kvantitativním zkoušení
GMÚ	Generátor malých úhlů
DFT	Discrete Fourier transformation (jednotlivé Fourierovy transformace)

1. Úvod

Současný vědecko-technický rozvoj klade stále vyšší nároky na měření, které se stává součástí výrobních procesů. Vysoká kvalita výroby se bez kvantitativních informací, které měření poskytuje, nedá dobře zabezpečit [5].

Metrologie jako integrální součást státní standardizace se stává objektivním činitelem při hodnocení kvality výrobků, zejména jako základna pro zabezpečení jednotnosti a správnosti měření v celém národním hospodářství [5].

Měření ve strojírenství se týká mnohých veličin, důležitých pro sledování technologických procesů i pro posuzování funkční spolehlivost výrobků. Vzhledem k charakteru strojírenské výroby tu převažuje měření geometrických veličin, zejména měření délek a rovinných úhlů [5].

Měření úhlů patří k jedněm z nejstarších měření. Už v dobách asi 3000 let před n.l. se vyskytovaly úhly (určování polohy, stanovení kalendáře, vytyčování staveb), které se řešily úhlovými měřeními. Doložené prameny z Mezopotámie potvrzují, že v těchto dobách se na základě měření délek a úhlů vyhotovovaly poměrně přesné plány měst a území [5].

Ve 20. století se podstatně zdokonalily úhloměrné přístroje pro geodézii, optiku i strojírenství. V roce 1930 byl postaven první autokolimační dalekohled, v roce 1939 se prakticky začaly používat kombinační úhlové měrky a také polygony. V polovině šedesátých let byl vyvinut fotoelektrický autokolimátor a elektronická libela. V současnosti je vývoj úhlových měřidel stimulovaný především pokroky v elektronice. V praxi se používají přístroje s digitálním výstupem, automatické autokolimátory, úhloměrné převodníky apod [5].

Vzhledem k potřebě udržet krok s ostatními vyspělými státy, co se týče přesnosti kalibrací a dosahovaných CMC, je jedním z důležitých faktorů zajistit pro měření rovinného úhlu co nejlepší podmínky. Z toho poté učinit závěry a případně také navrhnout laboratoř, kde jsou dodržovány všechny náročné požadavky (pracovní prostory, akreditační kritéria, …).

Předkládaná práce se zabývá návrhem nových prostor pro laboratoř na měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec.

Cíle prezentované práce lze shrnout do následujících bodů:

- Analyzovat stávající stav laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec.
- Navrhnout novou laboratoř pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec.
- Realizovat návrh.
- Zhodnotit návrh z hlediska požadavků ČMI OI Liberec a jeho porovnání se stávajícím stavem laboratoře.
- Celkově shrnout a vyhodnotit dosažené výsledky.

Diplomová práce je rozdělená na dvě hlavní části – teoretická a experimentální část. V teoretické části jsou v nezbytném rozsahu shrnuty dosavadní poznatky o měření rovinného úhlu, včetně všech pojmů s tím souvisejících (kalibrace, nejistoty měření,…).

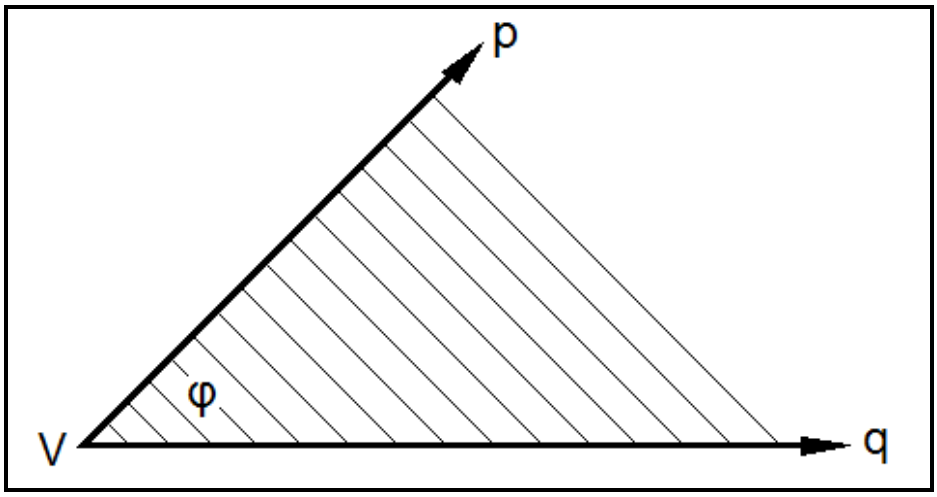
V experimentální části diplomové práce bude nejprve provedena analýza stávajícího stavu laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec. Poté na základě metodiky tvorby návrhu bude v práci podán návrh nové laboratoře. V závěrečné části je představeno celkové vyhodnocení, které shrnuje dosažené výsledky.

Předložená práce předpokládá, že myšlenky zde formulované, stejně jako pořízená dokumentace vyhodnocení, budou moci být využity pro realizaci nové laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI v Liberci, pro který byla tato práce zpracována. Nová laboratoř napomůže snížení nejistot měření, odstraněním nedostatků vyskytujících se ve stávající laboratoři (vibrace, teplota, proudění vzduchu). To umožní zlepšení pozice ČMI v oblasti rovinného úhlu v celosvětovém měřítku.

2. Rovinný úhel

Rovinný úhel patří k základním prvkům elementární geometrie. V planimetrii se vyskytuje řada problémů, které se řeší poznatky o úhlech. Například rovinná trigonometrie se zabývá, mimo jiného, úkoly o trojúhelnících, stavějíce na poučkách o vlastnostech úhlů a vztazích mezi nimi. Úhly na výkresech a v textu se obvykle označují řeckými písmeny [5].

Geometrická definice rovinného úhlu je znázorněna na obrázku 1. Podle něj je úhel částí roviny, která je ohraničená dvěma polopřímkami (rameny úhlů) *p*, *q* a jedním společným bodem (vrcholem úhlu) *V*. Tato část roviny obsahuje neohraničenou množinu bodů, a proto není vhodná na definování úhlu jako fyzikální veličiny. Geometrická definice je však východiskem pro dokonalejší definici – analytickou [5].



Obrázek 1 Geometrická definice rovinného úhlu.

Legenda k obrázku:

V Vrchol

p Rameno úhlu

q Rameno úhlu

φ Úhel

Analytická geometrie je zobrazena na obrázku 2. Použijeme jednoduchou geometrickou konstrukci: z vrcholu úhlu *V* opíšeme kružnici s libovolným poloměrem

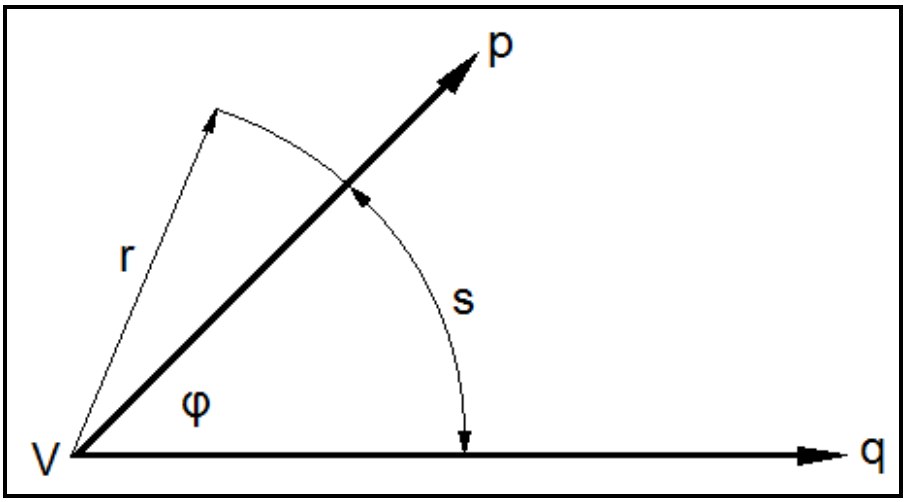
r. Obě ramena úhlu *φ* takto vymezí na kružnici kruhový oblouk délky *s*. Z obrázku 2 je zřejmé, že vztah mezi poloměrem *r* a délkou oblouku *s* se pro daný úhel *φ* zachová pro libovolné *r*. Z toho vyplývá možnost definice rovinného úhlu (přesnější velikost úhlu) [5]:

$$\varphi = \frac{s}{r}. \tag{2.1}$$

Další vysvětlení pro tuto definici je: velikost úhlu je možné definovat jako míru odlišnosti směrů dvou orientovaných přímek (s jedním totožným bodem – vrcholem úhlu) [5].

Poměr dvou délek ve vztahu (2.1) není geometricky homogenní; jedna je kruhová a druhá lineární. Tento nedostatek je možné odstranit tak, že místo poloměru kružnice *r* vezmeme do úvahy délku celé kružnice *k* a podobně stanovíme podíl [5]:

$$\varphi = \frac{s}{k}. \tag{2.2}$$



Obrázek 2 Analytická definice rovinného úhlu.

Legenda k obrázku:

V Vrchol

p Rameno úhlu

q Rameno úhlu

φ Úhel

s Délka kruhového oblouku

r Poloměr

Na základě analytické definice se odvodí také příslušná jednotka rovinného úhlu. V soustavě jednotek SI je zařazená jednotka rovinného úhlu radián (rad) jako doplňková jednotka. Definice radiánu podle ČSN 01 1300 je následující:

Radián je rovinný úhel zavřený dvěma polopřímkami, které na opsané kružnici z jejich počátečního bodu vytíná oblouk, jehož délka se rovná jeho poloměru [5]. Doporučené podílové jednotky rovinného úhlu jsou: miliradián (mrad) a mikroradián (μrad). V souladu s ČSN 01 1300 se násobky radiánu nepoužívají [5].

Definice radiánu lze vysvětlit podle obrázku 2. Pokud bude platit $s = r$, tehdy $\varphi = 1$ radián [5].

Definice rovnice potom bude mít tvar:

$$1 \text{ radián} = \frac{1m}{1m}, \tag{2.3}$$

za předpokladu dosažení příslušné jednotky délky pro s a r. Tato definice však nerozlišuje rozdíl mezi geometrickým významem délky oblouku a délky poloměru. Koncepce radiánu se stala předmětem kritiky také proto, že radián není racionální jednotkou, nemůže se exaktně realizovat a jeho praktické používání je ztížené [5]. Dle teorie K. P. Širokova (1972) byla navržena nová racionalizovaná a koherentní (souvislá) jednotka rovinného úhlu, která je definovaná na základě vztahu (2.2), přičemž za s a k se dosadí délka oblouku jednotkové kružnice, příslušející pravému úhlu. Podle tohoto návrhu dostala jednotka název kvadrant [5].

Protože použitelnost radiánu (hlavní jednotka rovinného úhlu) je prakticky limitovaná, připouští se také podle ČSN 01 1300 používání vedlejších jednotek: stupeň (°), minuta (′), sekunda (′′). Tyto jednotky patří k historicky nejstarším jednotkám měření (spolu s jednotkami času) [5]. Při měření úhlových hodnot musíme uvážit, že minuty a vteřiny jsou hodnoty velmi malé, např. 1′′ úhel sklonu odpovídá výškový rozdíl 1 m na vzdálenost 200 km (Praha – Brno) [6].

V geodézii je povolené používat jednotku grad (^{g}), reps. gon (gon). Grad je setina pravého úhlu a dělí se dále dekadicky [5].

Vztahy mezi zákonnými jednotkami rovinného úhlu jsou uvedené v tabulce 1.

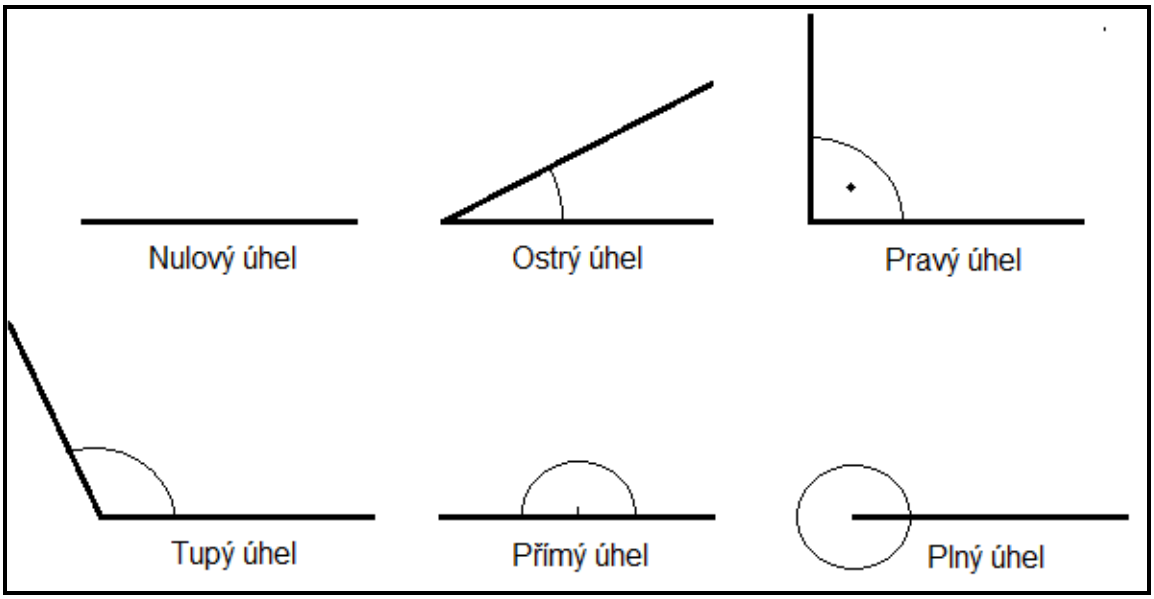
Jednotka	rad	mrad	µrad	°	´	´´	g
rad	1	10^{-3}	10^{6}	57,29578	3437,747	206264,81	63,661977
mrad	10^{-3}	1	10^{3}	$57,3.10^{-3}$	3,437747	206,26481	$63,662.10^{-6}$
µrad	10^{-6}	10^{-3}	1	$57,3.10^{-6}$	$3,438.10^{-3}$	0,206265	$63,662.10^{-6}$
°	0,017453	17,453	17453	1	60	3600	1,111111
´	291.10^{-6}	291.10^{-3}	290,89	0,01667	1	60	0,018518
´´	$4,848.10^{-6}$	$4,85.10^{-3}$	4,848	0,00028	0,01667	1	$308,6.10^{-6}$
g	0,015708	15,708	15708	0,90000	54	3240	1

Tabulka 1 Převodní vztahy mezi zákonnými jednotkami rovinného úhlu [5].

Ve starší literatuře se setkáváme s jinými jednotkami, které se používaly zejména v navigaci, dělostřelectvu, optice apod. Je třeba zdůraznit, že etalonáž rovinného úhlu je státní metrologii vybudovaná jen pro zákonné jednotky [5].

Úhly (znázorněno na obrázku 3) můžeme podle velikosti rozdělit na [5]:

- nulový úhel $\varphi = 0°$,
- ostrý úhel $0° < \varphi < 90°$,
- pravý úhel $\varphi = 90°$,
- tupý úhel $90° < \varphi < 180°$,
- přímý úhel $\varphi = 180°$,
- plný úhel $\varphi = 360°$,
- vypouklý úhel $180° < \varphi < 360°$.



Obrázek 3 Rozdělení úhlů.

2.1 Klasifikace metod měření rovinného úhlu

Volba měřicí metody v praxi závisí od způsobu definování úhlu na reálném objektu. Různorodost objektů měření úhlů si vyžaduje použít odpovídající a přesností vyhovující metody a měřidla. V zásadě se všechny úhloměrné metody zakládají na porovnání měřeného úhlu s určitým známým úhlem nebo na měření zprostředkující veličiny (délky, času), která je s měřeným úhlem ve funkční vazbě [5].

Dle teorie V. J. Ejdinova (1963) je na praktické použití, zdá se, nejvhodnější klasifikace, která dělí metody na tři skupiny:

a) metody měření úhlů pevnými úhlovými mírami,
b) trigonometrické metody,
c) goniometrické metody.

Metody měření s pevnými úhlovými mírami (polygony, úhelníky, úhlové měrky apod.) se používají zejména při kontrole úhlových rozměrů v dílenské praxi. Porovnává se při nich velikost neznámého úhlu na součástce se známou hodnotou úhlové míry, a to obvykle použitím pomocného měřidla (číselníkový úchylkoměr, autokolimátor apod.). Přesnost těchto metod závisí zejména na měření součástek. Metody tohoto druhu jsou dost jednoduché a pro praxi vyhovující [5].

Trigonometrické metody jsou založené na použití goniometrických funkcí (zejména sinus a tangens). Realizují se vhodně např. pomocí sinusového pravítka a koncových měrek, přesných válečků apod. V některých případech je při těchto metodách nevýhodou skutečnost, že výsledek měření se nezíská přímo, ale až na základě výpočtů. Jenže použití těchto metod zase poskytuje vysokou přesnost, o čemž svědčí např. interferenční metoda měření úhlů [5].

Goniometrické metody jsou založené na principu porovnání měřeného úhlu s úhloměrnou stupnicí, nanesenou na kruhu nebo jeho části. Dělený kruh (limbus) je obvykle součástí úhloměrného přístroje. Při těchto metodách získáme přímo hodnoty měřených úhlů, přičemž přesnost je možné stupňovat zavedením korekcí k hodnotám na limbusu, resp.vystřídáním různých částí limbusu v příběhu měření [5].

Seznam používaných metod je uveden v tabulce 2. Jedná se vesměs o metody buď akreditované nebo převzaté od ČMS, tedy vycházející z platných ČSN nebo TPM [11].

Měřená veličina nebo přístroj	Rozsah měření	Nejlepší schopnosti měření	Identifikace metody, poznámky
Libely	-100 ´ ÷ + 100´	0.6´´	401-MP-C004
Autokolimátory	-100´ ÷ + 100´	0.5´´	401-MP-C004
Úhlové měrky	0° ÷ 90°	2´´	401-MP-C005
Dělící hlavy a stoly	0° ÷ 360°	1.6´´	401-MP-C006
Goniometry	0° ÷ 360°	1´´	401-MP-C006
WTMG	0° ÷ 360°	1.6´´	401-MP-C006
Úhlové převodníky	0° ÷ 360°	3´´	401-MP-C006
Polygony	0° ÷ 360°	0.4´´	401-MP-C006
Úhloměry	0° ÷ 360°	1´ ÷ 20´´	401-MP-C006
Sklonoměry	0° ÷ 120°	20´´	401-MP-C007

Tabulka 2 Používané metody měření rovinného úhlu v ČMI [11].

3. Kalibrace

Jednou z nejdůležitějších úloh metrologie v národním a mezinárodním měřítku je zajistit jednotnost měření, tj. fungování systému návaznosti měřidel. Všechna měřidla používaná při řízení výroby či jiných procesů musí mít zjištěny nebo ověřeny metrologické charakteristiky. Jednotnosti měření se dociluje jednak systémem návaznosti etalonů příslušných řádů, jednak navazováním samotných měřidel na patřičné etalony. Tato návaznost měřidel na etalony je garantovaná procesy kalibrace, ověřování, popř. zkoušení [4].

Kalibrace je soubor činností, kterými se za specifikovaných podmínek stanoví vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím systémem, měřicím přístrojem, hodnotami reprezentovanými ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony [1].

Uživatele měřidla zajímá především certifikát (kalibrační list, ověřovací list), který má podle současných předpisů obsahovat nejistoty výsledků kalibrace nebo ověření [1].

Existují tři důvody, proč je třeba přístroje kalibrovat [1]:

- zajistit, aby údaje uváděné přístrojem byly konzistentní s jiným měřením,
- stanovit správnost údajů uváděných přístrojem,
- zjistit spolehlivost přístroje.

Kalibrací přístroje lze dosáhnout následujících skutečností [1]:

- výsledek kalibrace umožní buď přičlenění hodnot měřených veličin k indikovaným hodnotám, nebo stanovení korekcí vůči indikovaným hodnotám,
- kalibrace může rovněž určit další metrologické vlastnosti, jako je účinek ovlivňujících veličin,
- výsledek kalibrace lze zaznamenat v dokumentu, který se nazývá kalibrační list.

4. Autokolimátor

Autokolimátor (autokolimační dalekohled) je optický přístroj, který má funkci kolimátoru i dalekohledu. Kolimátor představuje dalekohled zaostřený na nekonečno, který má místo okuláru světelný zdroj, dávající po přechodu objektivem rovnoběžný svazek světelných paprsků [1].

Konstrukce a použití autokolimátorů jsou založené na dvou základních optických principech [1]:

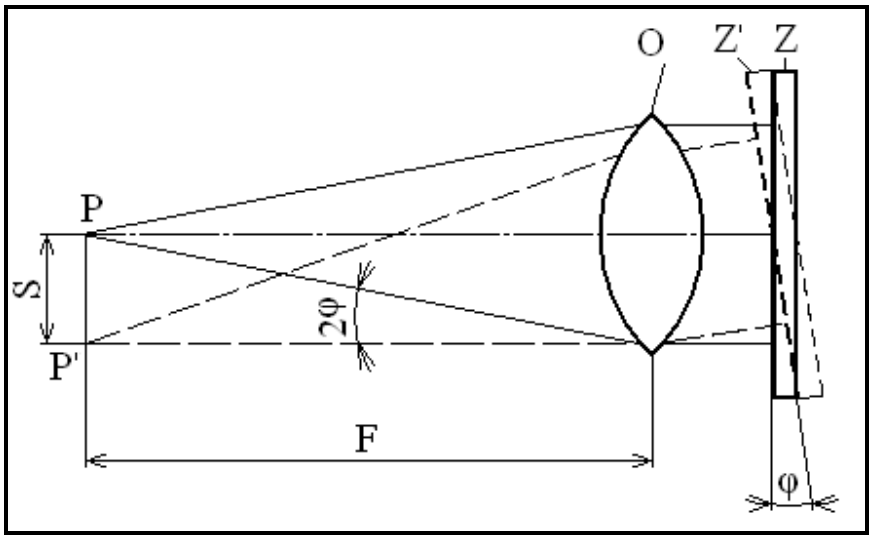
- kolimace svazku světlených paprsků, které vycházejí z bodového světelného zdroje v ohniskové rovině,
- odraz rovnoběžného svazku světelných paprsků v rovinném zrcadle.

Tyto dva základní principy společně vytvářejí princip autokolimátoru, který je graficky znázorněn na obrázku 4.

Předmět *P* (bodový zdroj světla) leží v ohniskové rovině objektivu *O*, který má ohniskovou vzdálenost *F*. Když před objektiv *O*, ze kterého vychází rovnoběžný

svazek světelných paprsků, postavíme kolmo na optickou osu rovinné zrcadlo *Z*, zobrazí se předmět *P* po odrazu svazku světelných paprsků na zrcadle *Z* opět ve stejném místě ohniskové roviny. Když nakloníme zrcadlo *Z* do polohy *Z'* (tj. o úhel φ), zobrazí se předmět *P* zase do ohniskové roviny objektivu, jenže tentokrát do bodu *P'*, který je posunutý vůči *P* o vzdálenost *S*. Z grafického vyjádření na obrázku 4 je zřejmé, že úhel mezi dopadajícím a odraženým světelným paprskem je roven 2φ. Na základě toho můžeme napsat základní rovnici autokolimátoru (s uvážením skutečnosti, že úhel φ je dostatečně malý – obvykle 30') [1].

$$\varphi = \frac{S}{2F}. \tag{4.1}$$



Obrázek 4 Princip autokolimátoru [1].

Legenda k obrázku:

P Předmět

P´ Předmět posunut o vzdálenost S

O Objektiv

F Ohnisková vzdálenost

Z Rovinné zrcadlo

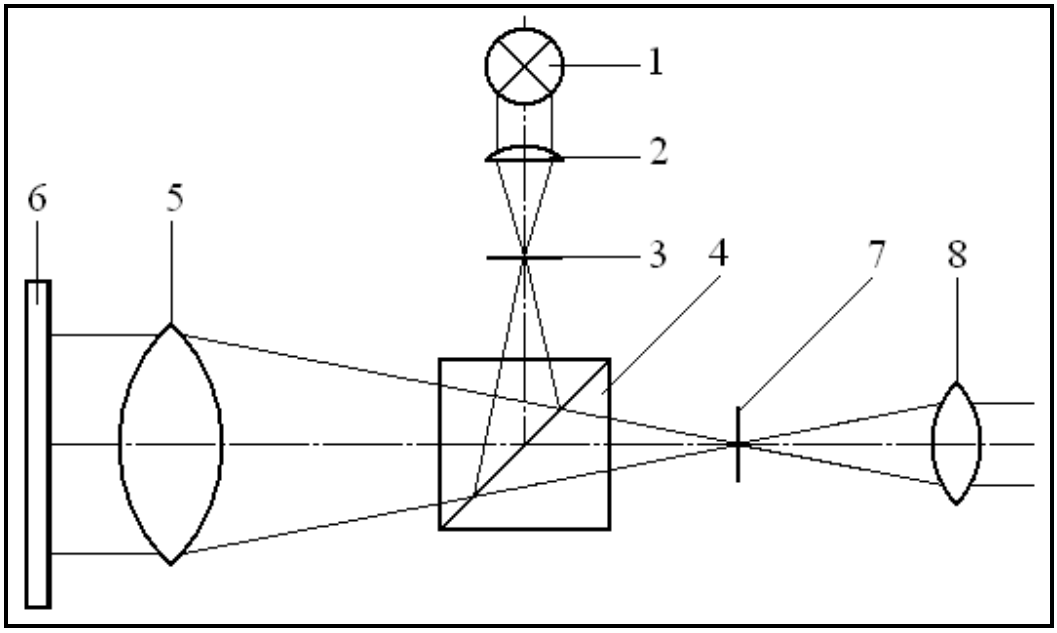
Z´ Rovinné zrcadlo nakloněné o úhel φ

2φ Úhel mezi dopadajícím a odraženým světelným paprskem

Kromě popsané jednoduché autokolimace se na speciální účely používá i násobná autokolimace, při které se mezi zrcadlo a objektiv vkládá doplňkové

polopropustné zrcadlo. Tím se získají další autokolimační obrazy, které umožňují zvýšit citlivost celé metody [1].

Autokolimátory se všeobecně rozdělují na dvě hlavní skupiny: vizuální a fotoelektrické. Klasifikačním znakem je zde způsob měření posunu autokolimačního obrazu (hodnota *S* na obrázku 4), tj. vizuální (subjektivní) nebo fotoelektrický (objektivní). Funkci vizuálního autokolimátoru lze vysvětlit na zjednodušeném schématu graficky znázorněného na obrázku 5 [1].



Obrázek 5 Schéma vizuálního autokolimátoru [1].

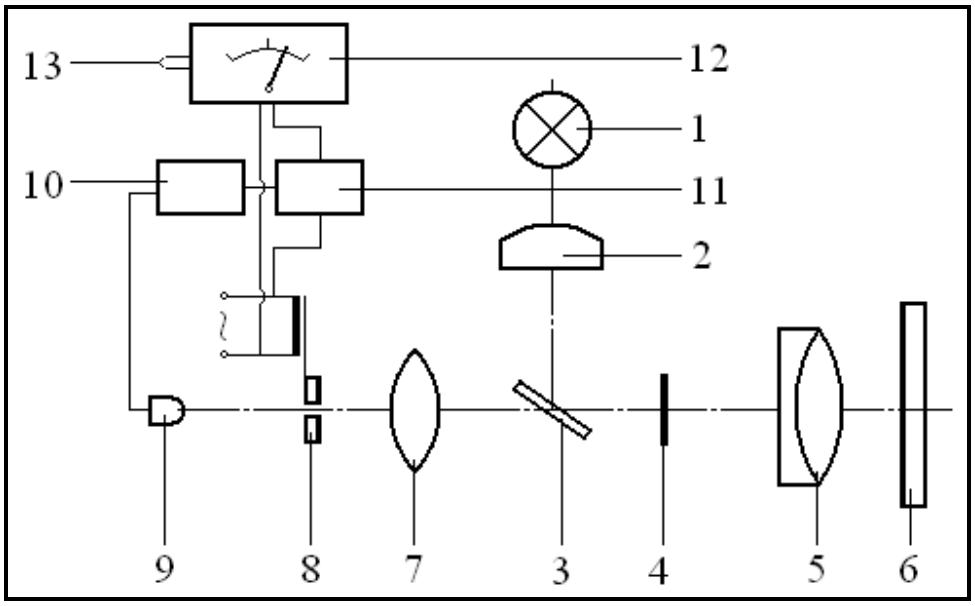
Legenda k obrázku:

1 Zdroj	*5 Objektiv autokolimátoru*
2 Kondenzorová soustava	*6 Odrazové zrcadlo*
3 Destička	*7 Zaměřovací kříž*
4 Dělící kostka	*8 Čočka*

Světlo ze zdroje (1) přejde přes kondenzorovou soustavu (2) a osvítí destičku (3), na které je zaměřovací značka (kříž, stupnice apod.). Značka se promítne po odrazu na polopropustné vrstvě dělící kostky (4) přes objektiv autokolimátoru (5) do nekonečna. Když postavíme před objektiv (5) rovinné odrazové zrcadlo (6), tehdy svazek světelných paprsků (kolimovaný svazek) se odrazí na zrcadle (6) a po přechodu objektivem (5) a dělící kostkou se promítne do roviny optického

zaměřovacího kříže (7). Kolimovaný svazek světelných paprsků je nositelem obrazu zaměřovací značky (3), který můžeme pozorovat společně se zaměřovacím křížem (7) přes optickou soustavu čočky (8). Zaměřovací kříž musí samozřejmě ležet v ohniskové rovině objektivu (5) i čočky (8). Když skloníme zrcadlo (6) o určitý úhel, posune se obraz zaměřovací značky (3) o vzdálenost (hodnota *S* z obrázku 4), která je úměrná úhlu sklonu zrcadla. Aby byla tato vzdálenost měřitelná, je zaměřovací značka (3) vyhotovená jako stupnice, nebo destička se zaměřovacím křížem (7) je spojena s mikrometrickým šroubem, opatřeným bubínkem s dělením v jednotkách rovinného úhlu [1].

Protože vizuální autokolimátory nesplňovaly nejvyšší nároky na přesnost měření malých úhlů, hledaly se možnosti na zvýšení přesnosti a objektivizaci určení polohy autokolimačního obrazu. Vhodným řešením je aplikace fotoelektrického mikroskopu v autokolimátoru, čímž se získá fotoelektrický autokolimátor. Zjednodušené schéma fotoelektrického autokolimátoru je graficky znázorněno na obrázku 6 [1].



Obrázek 6 Schéma fotoelektrického autokolimátoru [1].

Legenda k obrázku:

1 Zdroj
2 Kondenzorová soustava
3 Polopropustné zrcadlo
4 Destička se štěrbinou
5 Objektiv autokolimátoru
6 Odrazové zrcadlo
7 Mikroobjektiv
8 Vibrující štěrbina
9 Fotoelement
10 Diskriminátor
11 Zesilovač
12 Analogový přístroj
13 Digitální voltmetr

Světlo zdroje (1) přechází přes kondenzor (2) na polopropustné zrcadlo (3), od kterého se odráží tak, že osvítí zaměřovací destičku se štěrbinou (4) a dále se promítne přes objektiv (5) jako kolimovaný svazek světelných paprsků na zrcadlo (6). Po odrazu na zrcadle (6) se svazek světelných paprsků vrací přes objektiv (5), zaměřovací destičku (4) a polopropustné zrcadlo (3) a mikroobjektiv (7), který ho promítne přes ohniskovou rovinu – rovinu vibrující štěrbiny (8) – na fotoelement (9). Elektrický signál z fotoelementu je vedený přes diskriminátor (10) do zesilovače (11), odkud po zesílení přechází na ovládání vibrátoru (8), což způsobí změnu střední polohy vibrující štěrbiny. Intenzita signálu se dále indikuje na analogovém přístroji (12), nebo se dále zaznamenává digitálním voltmetrem (13). V případě rovnovážné polohy štěrbiny vůči autokolimátorovému obrazu je signál nulový a na indikačním

přístroji (12) je ručička v nulové poloze. To odpovídá přesnému zaměření autokolimátoru na zrcadlo (6). Když je rovnovážná poloha štěrbiny (8) vůči autokolimačnímu obrazu porušená, diskriminátor (10) rozliší směr a velikost změny, což se projeví výchylkou ručičky indikačního přístroje (12) [1].

5. Inovace v oblasti měření malých úhlů

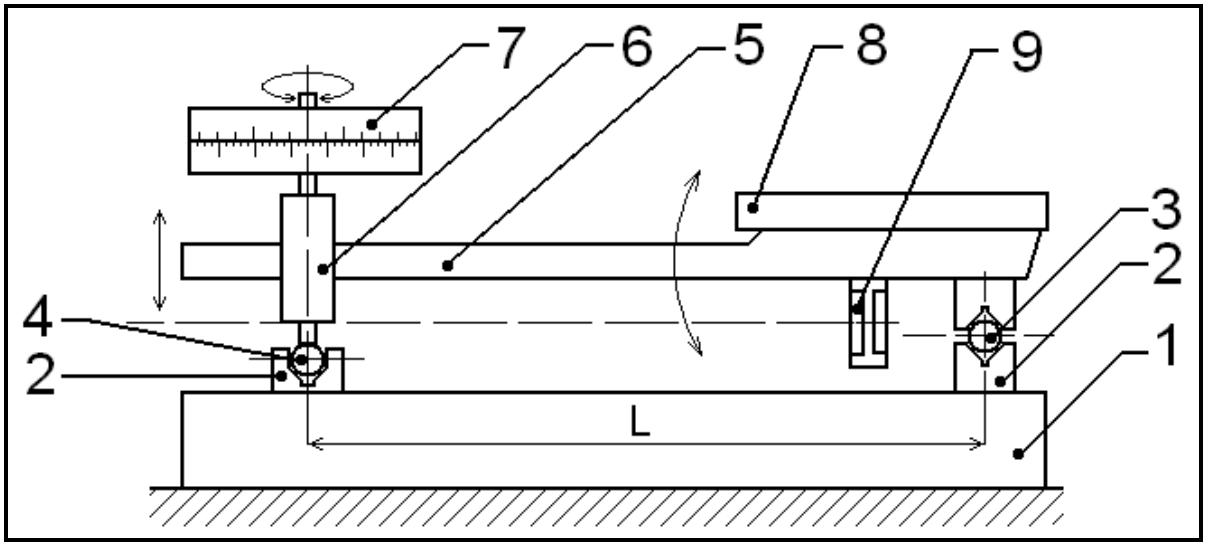
Vzhledem ke stoupajícím nárokům na přesnost měření dochází po celém světě k inovacím v oboru rovinného úhlu. Následující odstavce jsou zaměřeny na vývoj u měření malých úhlů v České republice a sousedních státech - Německu a Slovensku. Německo je v oblasti rovinného úhlu na špičkové úrovni, naopak Slovensko patří spíše do nižší úrovně. To je také důvod, proč byly vybrány pro srovnání právě tyto dva státy.

5.1 Česká republika

5.1.1 Etalony využívané pro kalibrace přístrojů pro malé úhly

Ke kalibraci přístrojů (libel, autokolimátorů) pro malé úhly jsou v současné době v České republice používány dva etalony, jedním je generátor malých úhlů (dále jen GMÚ). Jeho výhodou je poměrně široký rozsah měření ± 200´ a lze na něm teoreticky měřit autokolimátory (i libely) s takto širokou stupnicí. Ve skutečnosti je rozsah nejčastěji kalibrovaných měřidel mnohem menší [7].

Z hlediska konstrukce je tento přístroj realizací sinusového či tangentového principu [7]. Zjednodušené schéma GMÚ je graficky vyjádřeno na obrázku 7.



Obrázek 7 Generátor malých úhlů [1].

Legenda k obrázku:

1 Základní deska

2 Ložiskové bloky

3 Válečky

4 Kuličky

5 Naklápěné rameno generátoru malých úhlů

6 Mikrometrický šroub generátoru malých úhlů

7 Úhloměrná stupnice generátoru malých úhlů

8 Kalibrační stoleček

9 Zrcátko umístěné na rameni

Na obrázku je schéma GMÚ klasické konstrukce. Na základní desce (1) jsou upevněné ložiskové bloky (2) na uložení válečků (3) a kuličky (4). Válečky a kulička mají stejné jmenovité průměry. Rameno GMÚ (5) má na jednom konci přesný mikrometrický šroub (6), kterého poloha se odečítá na stupnici bubínku (7). Stupnice závitu mikrometrického šroubu (6) je volená tak, aby vzhledem na základní desku GMÚ *L* jedné otáčky šroubu odpovídala celistvá hodnota generovaného úhlu. Na rameni (5) je kromě toho kalibrační stoleček (8), na který se pokládá zkoušená libela. Dále je pohyblivé ramenu GMÚ vybavené rovinným zrcátkem (9), které se uplatní při zkoušení autokolimátoru [1].

Bubínek (7) je opatřen stupnicí přímo v jednotkách rovinného úhlu, přičemž kvůli zlepšení odčítání je možné ještě použít nonius nebo odčítací mikroskop [1]. Stupnice bubínku je pak rozdělena tak, že nejpřesnější rozlišení stupnice je 0,1´´ [7].

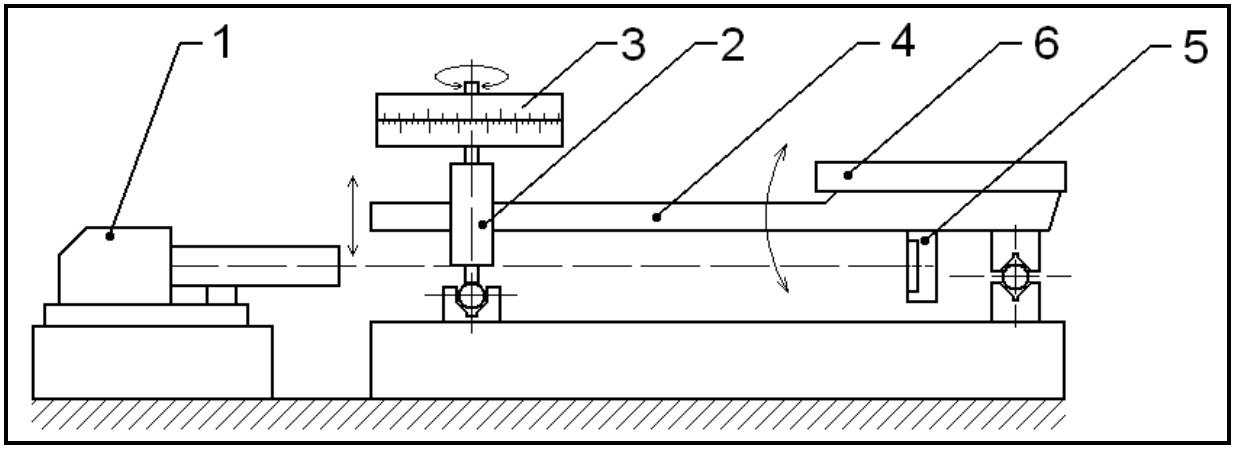
Druhým používaným etalonem pro kalibrace libel a autokolimátorů je autokolimátor státního etalonu rovinného úhlu [7].

Státní etalon rovinného úhlu je složen ze dvou elektronických autokolimátorů s vysokým rozlišením společnosti MÖLLER-WEDEL Optical, typ ELCOMAT 2000 a ELCOMAT 3000. Nejistota měření je 0,008´´ a 0,014´´. Rozsah měření u autokolimátoru ELCOMAT 2000 je ± 1040´´, u ELCOMAT 3000 je ± 2000´´ [7].

5.1.2 Kalibrace autokolimátorů pomocí generátoru malých úhlů

Princip kalibrace autokolimátorů pomocí generátorů malých úhlů je založen na pohyblivém rameni (4,) jež se naklání pomocí mikrometrického šroubu (2), jak je graficky znázorněno na obrázku 8. Na konci ramene (4) je pevně umístěné zrcátko (5), které zajišťuje potřebný odraz paprsku autokolimátoru (1) [1]. Zrcátko je umístěno tak, aby při změně sklonu ramene o určitý úhel bylo natočeno o shodnou velikost úhlu. Na toto rovinné zrcadlo je justován kalibrovaný autokolimátor [7]. Mikrometrický šroub (2) má na sobě stupnici (3), která měří náklon ramene (4) se zrcátkem (5) s rozlišením na 0,1´´. Během kalibrace se musí pohybovat ramenem (4) v obou směrech a při tom vykazuje generátor malých úhlů nestabilitu 0,6´´. Tato nestabilita je nejvýraznějším bodem při výpočtu konečné nejistoty měření a u kalibrace autokolimátorů s rozlišením stupnice přesnější než 1´´ je tímto jejich přesnost částečně znehodnocena [1].

Současná platná hodnota CMC pro ČMI pro tento způsob měření je U = 0,5´´, při P = 95 %, k = 2 [7].



Obrázek 8 Kalibrace autokolimátorů pomocí generátoru malých úhlů [1].

Legenda k obrázku:

1 Kalibrovaný autokolimátor

2 Mikrometrický šroub generátoru malých úhlů

3 Úhloměrná stupnice generátoru malých úhlů

4 Naklápěné rameno generátoru malých úhlů

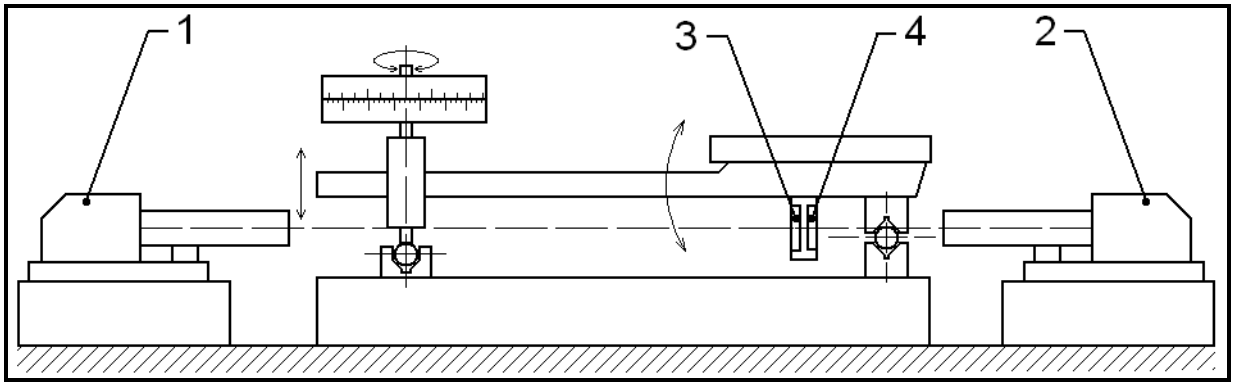
5 Zrcátko umístěné na rameni

6 Kalibrační stoleček.

5.1.3 Kalibrace autokolimátorů pomocí přesného autokolimátoru

Mnohem vyšších přesností je dosahováno, když je jako etalon použit autokolimátor, v případě ČMI částí státního etalonu rovinného úhlu [7]. Tato metoda je znázorněna na obrázku 9. Generátor malých úhlů je zde stále ovšem pouze jako pomůcka pro naklápění zrcátek, od kterých je odrážen paprsek autokolimátoru. Na rameni generátoru malých úhlů je připevněno další zrcátko takovým způsobem, že když se nakloní rameno přístroje, obě zrcátka se pootočí o shodný úhel. Na jedno zrcátko je namířen kalibrovaný autokolimátor a na druhé autokolimátor státního etalonu. Úhly naklopení jsou stále generovány pomocí původního přístroje, avšak měřeny jsou již mnohem přesněji částí státního etalonu. Tím je jednak zajištěno o řád a půl přesnější rozlišení stupnice a je také eliminována nestabilita měření přístroje při pohybu ramena oběma směry [1].

Při použití nové metody, kdy je etalonem autokolimátor státního etalonu, je možné teoreticky dosáhnout nejistoty měření BMC až U = 0,03´´. Podmínky pro dosažení takovéto hodnoty jsou, že bude použit autokolimátor ELCOMAT 3000 a rozlišení stupnice měření 0,005´´, jehož nejistota měření nepřesáhne 0,02´´, budou započítány korekce, které byly změřeny při jeho kalibraci a uvažována bude i nejistota při interpolaci naměřených hodnot, které se pohybují mezi hodnotami, kde byl autokolimátor kalibrován [1].



Obrázek 9 Kalibrace autokolimátorů autokolimátorem státního etalonu [1].

Legenda k obrázku:

1 Kalibrovaný autokolimátor

2 Etalonový autokolimátor

3 Zrcátko odrážející paprsek kalibrovaného autokolimátoru

4 Zrcátko odrážející paprsek kalibrovaného autokolimátoru

5.2 Slovensko

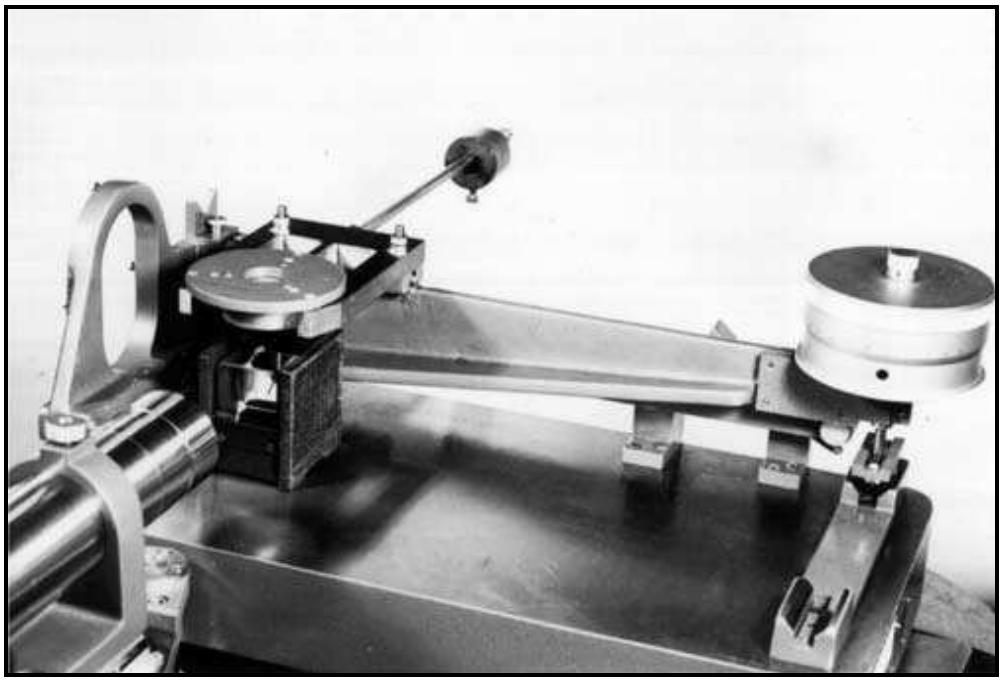
Na Slovensku se zaměřili na inovaci části národního etalonu rovinného úhlu SR, tj. generátor malých úhlů společnosti Hilger & Watts, označený jako Small Angle Generator TA-48 (dále jen SAG).

5.2.1 Původní stav SAG

Princip měření SAG je stejný, jako uvedený v předchozí kapitole.

V roce 2007 byla provedena rekalibrace SAG v celém rozsahu stupnice na primárním etalonovém zařízení PTB (Physikalisch – Technische Bundesanstalt) – speciálním otočném stole WMT 220 (U = 0,005´´ při k = 2), doplněno o etalonový

autokolimátor typu ELCOMAT 3000 firmy MÖLLER-WEDEL (U = 0,01´´ při k = 2). Byla použita metoda přímého porovnávání vertikální stupnice etalonového zařízení SAG s horizontální stupnicí etalonového zařízení WMT (s využitím transformace měřící roviny) a autokolimátorem ELCOMAT 3000 ve funkci indikátoru nulového směru [8].



Obrázek 10 Upravený SAG [8].

Vzhledem k téměř ideálním podmínkám měření (teplota vzduchu 20°C ± 0,02°C, laminární proudění vzduchu) byla rozšířená nejistota korekcí U = 0,2´´. Největším zdrojem nejistoty měření byl proces ručního nastavování polohy bubínku SAG a odečítání jeho hodnoty [8].

Protože měřící proces s SAG je extrémně náročný na vlastnosti obsluhy, rozhodl se Slovenský metrologický ústav zrekonstruovat SAG [8].

5.2.2 Projekt rekonstrukce SAG

Rekonstrukce předpokládala oddělení funkce zdvihání volného konce ramene od funkce měření zdvihu. To by umožnilo odstranit nepříznivé vlastnosti měřícího mikrometrického šroubu a využít současné dostupné špičkové zařízení na měření délek (zdvihu konce ramene) [8].

Plán rekonstrukce:

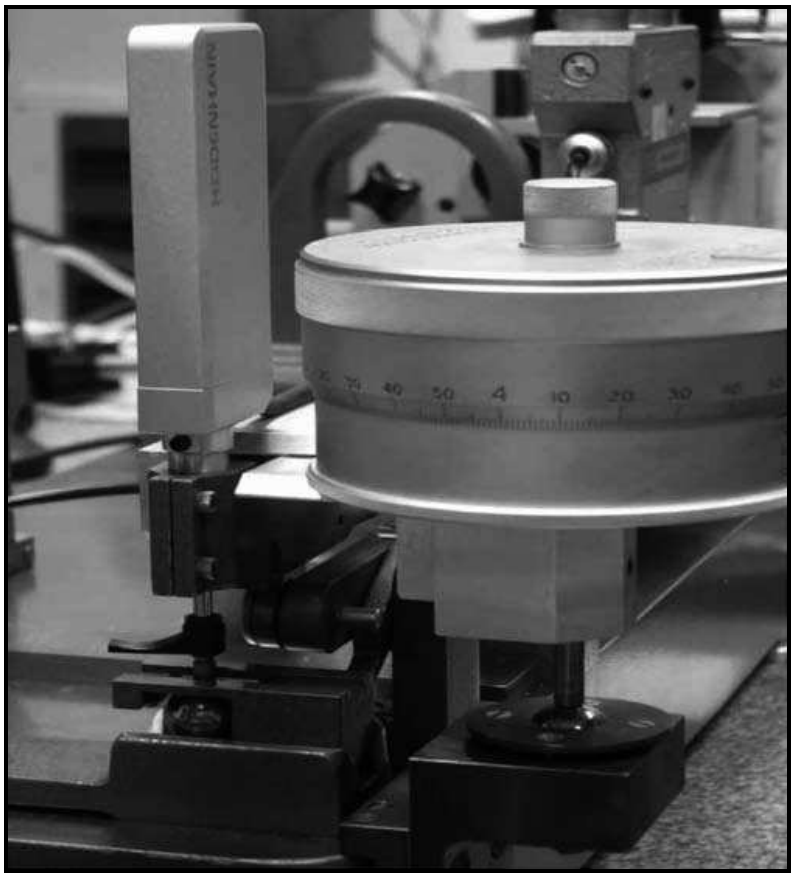
- změna montážního otvoru původního mikrometrického šroubu na hodnotu potřebnou pro optoelektronický snímač délky vhodných parametrů,
- konstrukce uchycení původního mikrometrického šroubu k ramenu SAG mimo jeho osy,
- konstrukce patní opory mikrometrického šroubu s obdobnými parametry jako původní opora,
- zakoupení systému lineárního optoelektronického snímače vhodných parametrů a vytvoření odpovídajícího uživatelského programového zabezpečení,
- vývoj metody kalibrace SAG v celém měřícím rozsahu,
- kalibrace rekonstruovaného SAG,
- porovnávání měření s jiným vhodným etalonovým zařízením.

Po analýze vhodných dostupných snímačů byl zakoupen lineární snímač Metro MT2581 (Heidenhain) s rozsahem 25 mm a interferenčním odčítáním stupnice s periodou dělení 4 µm. Pro přenos jeho dat do PC byla použita PC deska IK 220 stejného výrobce. Byly navrženy a vyrobeny součástky pro montáž nového snímače na rameno SAG a pro montáž původního mikrometrického šroubu vedle původní polohy [8].

První testy upraveného SAG (znázorněno na obrázku 10) a jeho softwaru se vykonaly přímým porovnáním s autokolimátorem ELCOMAT 3000 (měřící rozsah ± 2000´´), který byl pro tento účel vypůjčený z PTB Braunschweig. Testovací měření ukázala, že navržená koncepce rekonstrukce je správná a umožňuje dosáhnout stanovených cílů. Měřící rozsah tohoto autokolimátoru je pochopitelně příliš malý na

kalibraci SAG v celém měřícím rozsahu (asi 1/6 rozsahu SAG), proto se použila v podmínkách Slovenského metrologického ústavu jediná možná, již dříve vyvinutá, metoda s použitím komerčního laserového interferometru [8].

Detail snímače a původního šroubu je znárodněn na následujícím obrázku 11.



Obrázek 11 Detail snímače a původního šroubu [8].

Před rekonstrukcí byl SAG nejslabším článkem sestavy Národního etalonu rovinného úhlu. Po realizaci rekonstrukce se zlepšila nejistota přenosu jednotky na kalibrovaný objekt na hodnotu U = 0,05´´ (pro koeficient rozšíření k = 2). Zároveň se podstatně zlepšil komfort obsluhy a umožnila se digitalizace naměřených dat [8].

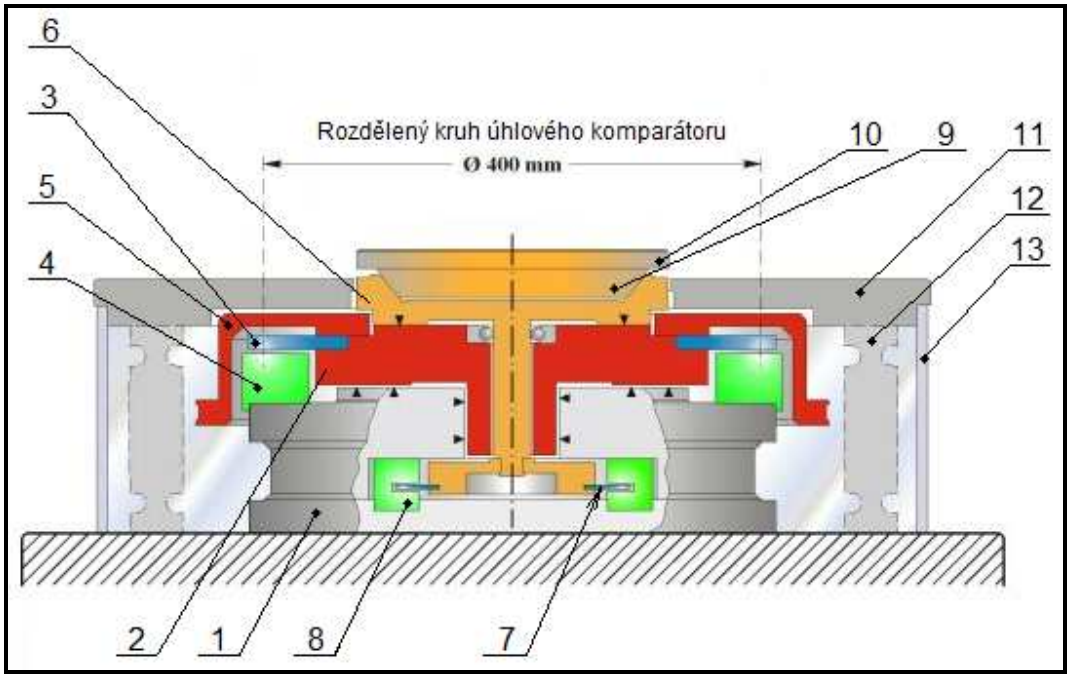
5.3 Německo

5.3.1 PTB úhlový komparátor

V PTB (Physikalisch – Technische Bundesanstalt), úhlový komparátor WMT 220 (vyvinutý v Heidenhain) se používá jako primární etalon pro vysoce přesné kalibrace systémů a etalonů pro měření úhlů. Komparátor je založen na přírodním a bezchybném rozdělení etalonu uzavřeného kruhu, 360° = 2π rad [9].

Komparátor je ustaven v měřící laboratoři v PTB v čistých prostorách centra s konstantní teplotou (ΔT < 0,05 K) a s kontinuálním laminárním prouděním vzduchu (v = 20 cm.s^{-1}). Měřící přístroj je umístěn na pevné žulové desce a je izolován od vibrací na stabilních základech budovy [9].

Obrázek 12 znázorňuje schematický pohled na úhlový komparátor. Hlavní částí je rotor (2) s přesnými vzduchovými ložisky, ve kterých je nainstalován rozdělený kruhový disk (3) s radiální mřížkou o průměru ≈ 400 mm. Rozdělený kruh je skenován v odrazu osmi fotoelektrickými snímacími hlavami (4) uspořádanými v úhlových vzdálenostech 45°. K tomu je používána tzv. interferenční měřící technika. Radiální mřížka se skládá ze 2^{17} mřížkových linek v rozsahu 360°, což odpovídá stupňování intervalu po ≈ 10´´. Každá snímací hlava dodá sinusové signály s dvojnásobně stupňovanou frekvencí, tj. 2^{18} period signálu na 360°. Elektronické vyhodnocovací zařízení zesiluje a digitalizuje výstupní signály, které jsou interpolovány s faktorem 4096 = 2^{12} k dalšímu zvýšení rozlišení. Následně je 2^{30} kroků měření k dispozici v rozsahu 360°, což odpovídá rozlišení ≈ 0,0012´´ na snímací hlavu [9].



Obrázek 12 Schéma úhlového komparátoru WMT 220 [12].

Legenda k obrázku:

1 „Air-bearing“ pouzdro

2 „Air-bearing“ rotor

3 Rozdělený kruh komparátoru

4 Snímací hlavy

5 Řídící element tvaru zvonu

6 Vnitřní část rotoru s úhlovým snímačem ERO 725, který se skládá z rozděleného kruhu (7) a snímacích hlav (8)

9, 10 Nastavitelná nosná deska rotoru

11 Montážní kroužek

12 Podpěry

13 Štít

Systém pohonu komparátoru (není znázorněno na obrázku 12) tvoří DC motor s proměnnou rychlostí a převodovka, která velmi dobře přenáší řízené otáčky do hnacího prvku (5), tzv. „air-bearing rotor“ (rotor uložen na vzduchovém polštáři) přes třecí kolo, aby byly eliminovány radiální síly ve vzduchovém ložisku. S dalším ozubeným soukolím pohon umožňuje nastavit rychlost v širokém rozsahu otáček od 7,5 min^{-1} do 7,5 arcsec min^{-1}. Pro statické měření, jako je kalibrace autokolimátorů,

piezoelektrický snímač integrovaný do pohonné jednotky umožňuje jemné nastavení v rozmezí od 6´´, které má být dosaženo s opakovatelností ≈ 0,002´´ [9].

Přes další axiální vzduchové ložisko může být vnitřní část rotoru (6) oddělena od vnější části rotoru a otáčet se ve vztahu k ní spolu s nosnou deskou (10). Relativní natočení mezi dvěma částmi se měří pomocí dalších systémů měření úhlu (typ ERO 725) připojením k vnitřní části rotoru (části (7) a (8) na obrázku 12). ERO 725 je obchodní Heidenhain systém měření úhlu s opakovatelností 0,03´´, který se skládá z rozděleného kruhového disku (7) s 36 000 mřížkovými radiálními linkami v rozsahu 360° a čtyřmi snímacími hlavami (8), které skenují rozdělený kruh metodou procházejícího světla. Toto zařízení umožňuje relativní natočení mezi měřícím systémem komparátoru a kalibrovaným objektem na nosné desce, která je automaticky upravena tak, aby byla nejistota 0,1´´ a úhlový komparátor byl kalibrován tzv. křížovou kalibrační metodou, jak je uvedeno dále [9].

5.3.2 Kalibrace úhlového komparátoru

Důležitým předpokladem pro stanovení nejistoty měření, které může být dosaženo s úhlovým komparátorem, je jeho přesná kalibrace, tj. stanovení a korekce jeho odchylek měření. Proto je rozhodující, kromě mechanické přesnosti a opakovatelnosti, vysoké rozlišení a přesnost interpolace period signálu snímacích hlav, což je umožněno aplikovaným snímacím systémem. Zbytkové interpolace odchylky mohou být stanoveny a opraveny s nejistotou ≈ 0,0006´´ (k = 1) [9].

Největší odchylky měření komparátoru jsou způsobeny úhlovými chybami rozděleného kruhového disku, které dosahují až ± 0,22´´ v důsledku výrobních a montážních nepřesností. Odečtem a zprůměrováním signálu z osmi snímacích hlav umístěných pod úhlem 45° jsou všechny odchylky téměř úplně eliminovány. Pro stanovení těchto odchylek se používají dva nezávislé kalibrační postupy [9].

5.3.2.1 Křížová kalibrace „cross-calibration“

Tato základní kalibrovací metoda úhlu je založená na srovnání všech úhlových roztečí 360°/n, ze dvou kruhových dělení ve všech možných n vzájemných polohách těchto oddílů k jinému. Měření n x n získaných tímto způsobem dovolují chybám

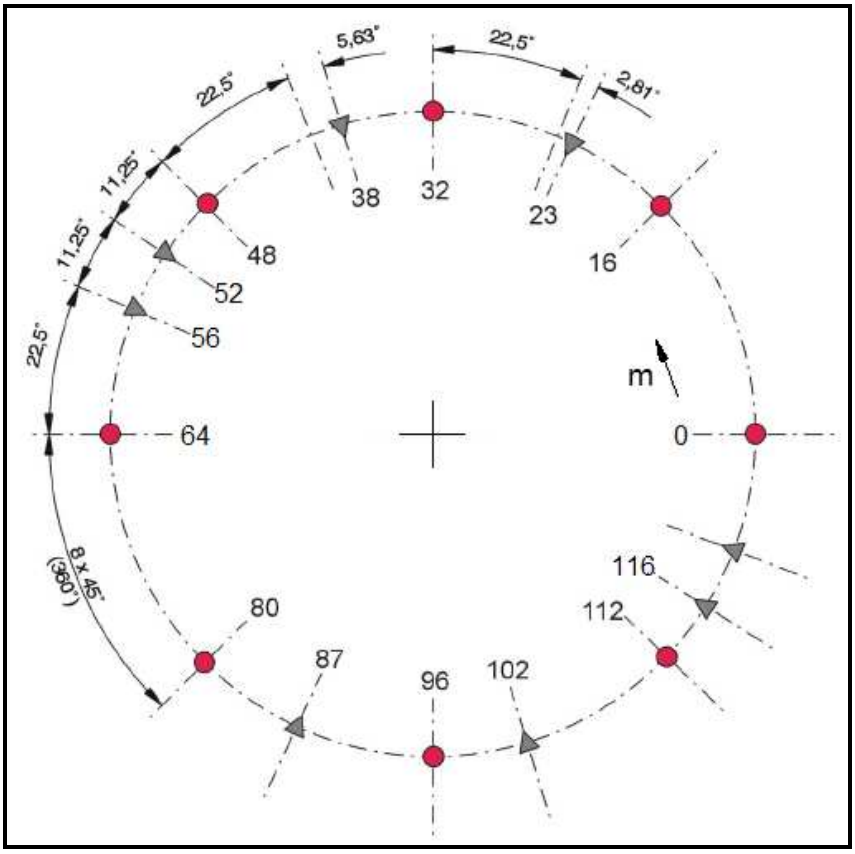
dělení dvou měřících systémů být určeny samostatně. Postup je popsán takto: hlavní měřící systém komparátoru je porovnán s druhým úhlovým měřícím systémem ERO 725 vnitřního rotoru. Pro tento účel je vnitřní rotor nastavený vzhledem k vnějšímu rotoru v *n* krocích a v každém z těchto nastavení. Rozdíly *n* úhlů mezi těmito dvěma měřícími systémy jsou odečteny. Odečty se provádí dynamicky, tj. s kontinuální rotací a synchronizací se signálem ERO 725 [9].

5.3.2.2 Samo-kalibrace „self-calibration“

Tato nová kalibrační metoda je nezávislá na druhém systému měření úhlů a je založena na čtení osmi dalších snímacích hlav rozděleného kruhu komparátoru během jedné otáčky. Pro tento účel, kromě měření osmi dalších snímacích hlav umístěných pod úhlem 45°, je 8 dalších kalibračních snímacích hlav uspořádaných do, k sobě protilehlých, dvojic tvořících úhel $360°/2^n$, kde $1 \leq n \leq 7$. Obrázek 13 znázorňuje natočení snímacích hlav, které lze matematicky popsat komplexně exponenciální reprezentující jednotkovou kružnicí,

$$e^{j2\pi m/N}, \tag{5.1}$$

kde celá čísla m = 0; 16; 23; …; 120 ukazují pozice snímací hlavy ve vztahu k rozdělovacímu faktoru N = 27 = 128. Nejmenší úhel intervalu, 360°/128 ≈ 2,81°, odpovídá šířce snímacího okna každé snímací hlavy. Během jednoho nepřetržitého oběhu rozděleného kruhového disku je všech 16 snímacích hlav současně snímáno a synchronizováno se signálem první snímací hlavy (m = 0) ve 128 ekvidistantních vzorkovacích intervalech. Z těchto rozdílů mezi naměřenými hodnotami snímací hlavy s ohledem na referenční výšku (m = 0) vychází, že absolutní hodnoty úhlu se určí podle postupu hodnocení založeném na samostatné Fourierově transformaci (DFT). Tento způsob hodnocení využívá vlastnosti posunu DFT, což má za následek posun faktoru ej2πm/N na n-tou Fourierova koeficientu naměřených hodnot. Součet Fourierových koeficientů na všechna čísla m a poslední inverzní DFT pak umožňuje jeden výpočet absolutního úhlového odečtu hodnot z každé snímací hlavy. Správný součet těchto hodnot pro osm měřících snímacích hlav pak předloží měřené odchylky úhlovému komparátoru [9].

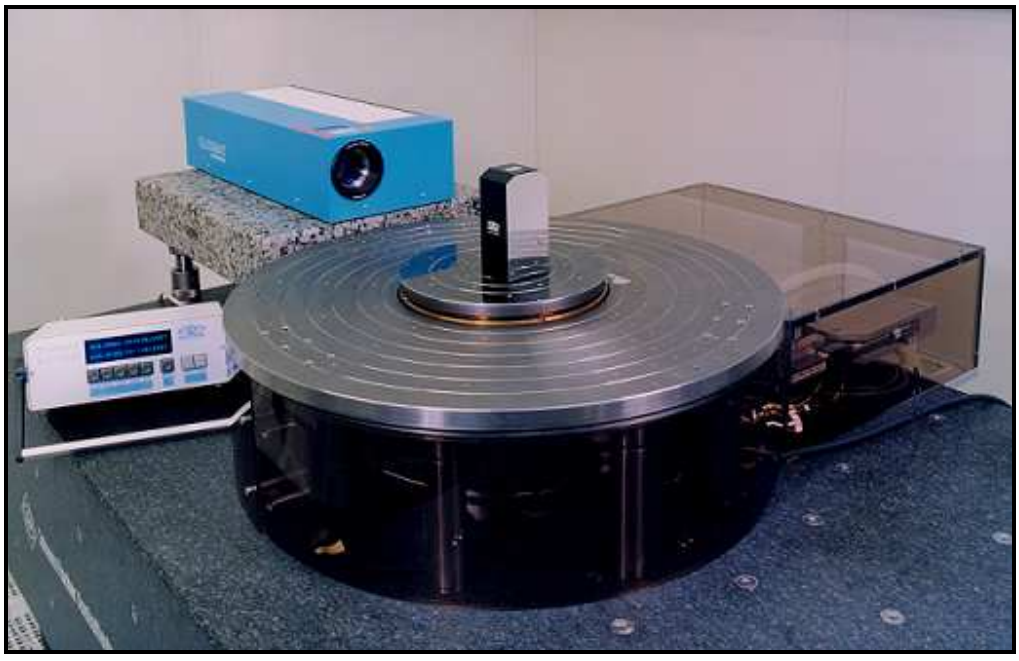


Obrázek 13 Uspořádání 16 snímacích hlav v úhlovém komparátoru: osm měřících snímacích hlav (●) a osm kalibračních snímacích hlav (▲) [13].

Maximální rozdíly mezi výsledky získanými ze dvou kalibračních postupů byly 0,004´´. To nebylo možné, dokud se nezjistily příčiny těchto rozdílů a rozhodlo se, který z těchto dvou výsledků kalibrace je spolehlivější. Musí se proto brát v úvahu tento rozdíl jako součást nejistoty komparátoru, který nakonec ukáže, že je dominantní s porovnání s jinými vlivy chyb. Tato celková rozšířená nejistota komparátoru byla vyhodnocena jako 0,0047´´ (k = 2). Tato hodnota znamená nejistotu realizace jakéhokoli úhlu do 360°, jak v dynamickém, tak statickém režimu komparátoru. Zde je třeba rozlišovat tuto nejistotu a nejistotu přenosu úhlové míry, kalibrační objekt, jehož chyba vlivů zpravidla vede k nejistotě, která je podstatně vyšší [9].

5.3.3 Kalibrace autokolimátorů pomocí úhlového komparátoru

Obrázek 14 znázorňuje měřící zařízení pro kalibraci elektronického autokolimátoru s vysokým rozlišením na úhlovém komparátoru. Centrovaný, vzhledem k ose rotace komparátoru, autokolimátor stojí na nastavitelné žulové desce, která stojí na základně komparátoru. S pomocí žulové desky se autokolimátor vyrovnává tak, aby měření horizontální osy a optické osy autokolimátoru ležely v měřící rovině komparátoru. Blok rovinného zrcadla (rovinnost < $\lambda/20$) na nastavitelné podpoře komparátoru odráží paprsek autokolimátoru v definovaných úhlech. Zrcadlový blok je vyroben z teplotně stabilní keramiky a postříbřených předních krytů z celkového měřicího otvoru autokolimátoru (50 mm v průměru). Odrazové plochy se nachází v ose rotace komparátoru, takže rotace nezpůsobuje žádné boční posunutí zrcadla v autokolimátoru. Clony a odchylky rovinnosti zrcadla nemají skoro vliv na kalibrační výsledek. Dráha vzduchu dlouhá 250 mm mezi autokolimátorem a rovinným zrcadlem nemusí být speciálně chráněna (konstantní teplota, laminární proudění v čistých prostorách laboratoře), jelikož nevyvíjí žádné významné rušivé vlivy na signál autokolimátoru [9].



Obrázek 14 Měřicí zařízení pro kalibraci elektronického autokolimátoru s vysokým rozlišením na úhlovém komparátoru [13].

Kalibrace se provádí přímým srovnáním s úhlovým komparátorem, tj. naměřené hodnoty úhlu autokolimátoru, určené ke statickému měření pro zvolený rozsah měření v určitých krocích měření, jsou porovnávány s referenčními hodnotami komparátoru. V zásadě je možné měření šířky kroku zvolit až na rozlišení autokolimátoru, je však omezena opakovatelností schopnosti polohování komparátoru a opakovatelnosti čtení autokolimátoru. Výběr měření po velmi malých krocích je nutné pro stanovení krátkoperiodické odchylky autokolimátoru. Vzhledem k tomu, že rozsah kalibrace musí být v rozumných mezích a další požadavky na dlouhodobou stabilitu musí být splněny v případě dlouhodobého měření kalibrační doby ve velmi malé části měřicího rozsahu, je vhodné provést kalibraci v různých rozsazích s vhodnými kroky měření [9].

Měření vybraných míst mohou být definovány autokolimátorem nebo komparátorem. Přesné nastavení úhlů stanovených tímto způsobem se provádí programovým řízením smyčky pomocí piezo-pohonu komparátoru. Pro zpracování dat je 100 jednotlivých hodnot ze dvou měřicích systémů přečteno v každém nastavení během ≈ 5 vteřin a střední odchylky, z nichž jsou spočítány výběrové směrodatné odchylky. Pro eliminaci posunů lineárních vlivů při kalibraci jsou dvě sady měření nepřetržitě prováděny v obou směrech otáčení komparátoru. Kromě toho také počítačový program kontroluje opakování měření v různých vzájemných polohách mezi zrcadlem a komparátorem, který může být upraven stanoveným způsobem druhým úhlovým měřícím systémem ERO 725 a vnitřním rotorem. Výhodou relativní úpravy jeho polohy je, že měřicí rozsah autokolimátoru je kalibrován v různých rozsazích komparátoru. Tím se snižují zbytkové chyby komparátoru a zvyšuje přesnost kalibrace [9].

Zatímco horizontální x-osa měření autokolimátoru může být kalibrována přímo tímto způsobem, musí být vertikální y-osa měření otočená o úhel 90°, aby zajistila svou rovnoběžnost k vyrovnání měření úhlu osy komparátoru. Toho lze dosáhnout rotací celého autokolimátoru o 90° nebo otočení celého obrazu o 90° pomocí speciálně uspořádaného zrcadla (tzv. otevřený Dove hranol) v dráze paprsku mezi autokolimátorem a měřicím zrcadlem. Platnost srovnání dvou metod ukázalo, že dvě

osy autokolimátoru mohou být kalibrovány se stejnou nejistotou měření bez ohledu na používané postupy [9].

Přímá návaznost autokolimátorů s vysokým rozlišením (k jednotkám rovinného úhlu) byla provedena kalibrací na PTB´s úhlovém komparátoru. Dosažená nejistota kalibrace U = 0,007´´ (k = 2) je v podstatě omezena nejistotou samotného komparátoru U = 0,005´´ (k = 2). Komparátor dokáže realizovat směrodatné odchylky opakovaných měření, která jsou v blízkosti jeho rozlišení 0,0012´´. Opakovatelnost měření autokolimátoru se pohybuje okolo cca 0,003´´ kvůli dalším vlivům (turbulence vzduchu v čistém prostředí laboratoře). Opakovaným měřením po krocích komparátoru lze dosáhnout až 0,002´´, což umožňuje krátké pravidelné měření odchylek autokolimátoru, jež budou stanoveny, jsou obvykle způsobeny nerovností na CCD detektoru a chybami elektronických subpixe interpolace. Očekává se, že nejistota měření úhlového komparátoru se dále sníží o použitý nově nainstalovaný motor s přímým náhonem, takže zjistitelné kalibrace autokolimátorů lze v budoucnu dosáhnout s ještě menší nejistotou [9].

6. Nejistoty měření

V praxi nejsou žádná měření, žádné měřící metody ani žádný přístroj absolutně přesné. Nejrůznější negativní vlivy, které se v reálném měřicím procesu vyskytují, se projeví odchylkou mezi naměřenou a skutečnou hodnotou sledované veličiny. Výsledek měření se tak vždy pohybuje v jistém „tolerančním poli“ kolem skutečné hodnoty, ale téměř nikdy nenastává ideální ztotožnění obou hodnot. Přiblížení se k nulové velikosti odchylky vytváří velké potíže i u realizace etalonů. Výsledný rozdíl mezi oběma hodnotami je někdy tvořen i velmi složitou kombinací dílčích faktorů [10].

Dosud bylo zvykem při vyhodnocování souborů naměřených hodnot pracovat s chybami. Nově je vyhodnocování prováděno prostřednictvím vyjádření nejistot měření [10].

Pojem nejistota měření je definován v ČSN 01 0115 jako parametr přidružený k výsledku měření charakterizující rozsah hodnot, které je možno důvodně přiřadit k měřené veličině [1].

Jinými slovy: Nejistota měření určuje interval okolo výsledku měření, ve kterém leží (s určitou pravděpodobností) pravá (skutečná) hodnota veličiny. Neboli pravou hodnotu veličiny sice nelze určit, ale lze ji stanovit (pomocí nejistoty) intervalem "od – do“, ve kterém bude pravděpodobně ležet [1].

Nejistoty měření se stanovují při vyhodnocování měření ve výzkumu a technické praxi, a to při [10]:

1. experimentálním ověřování fyzikálních zákonů a určování hodnot fyzikálních konstant,
2. definičních měřeních, reprodukci jednotek fyzikálních a technických veličin a vyhodnocování metrologických vlastností primárních etalonů,
3. kalibraci sekundárních etalonů a pracovních měřidel,
4. typových zkouškách měřidel a vyhodnocování jejich technických a metrologických vlastností,
5. vyhodnocování přesných měření v oblasti zkušebnictví a kontroly jakosti výrobků,
6. úředních měřeních ve smyslu zákona o metrologii,
7. ostatních přesných a závazných měřeních v technické praxi, např. přejímacích a garančních zkouškách, měření množství látek a energií v hospodářském styku, měření složení a vlastností materiálů apod.

U nás pojem nejistot měření a přístup k ním reprezentují především Technické předpisy metrologické TPM řady 005x. Zavádění konceptu nejistot souvisí jak s předpisy, tak s mnoha dalšími mezinárodními normami, především ISO 9000, ISO 10012 a ISO/IEC 17025 [2].

Většina předpisů pracuje s pojmem nejistota měření, popřípadě ho přesněji definuje a uvádí ho do dalších širších souvislostí. Jedna z podstatnějších norem, která současně přibližuje i důvody použití koncepce nejistot v praxi: ISO/ICE Směrnice 25 článek 13.2 vyžaduje: *„… vyhlášení o odhadnuté nejistotě kalibrace nebo výsledku zkoušky (kde je to třeba) …“* a v článku 10.2 uvádí: *„Laboratoř musí při*

všech kalibracích a zkouškách používat vhodné metody a postupy … (včetně … odhadu hodnoty nejistoty měření …).“ [2].

Nejistota výsledku měření je kvantitativním ukazatelem jeho kvality. Vyjádření nejistoty výsledku měření umožňuje porovnat výsledky dosažené různými laboratořemi nebo v rámci jedné laboratoře, popř. porovnat výsledky v specifikacích nebo normách.

Údaj o nejistotě výsledku kalibrace je neoddělitelnou součástí protokolu o kalibraci, kterou zákazník používá při vyhodnocení nejistot měření kalibrovaných měřidel.

Vyhodnocení nebo alespoň celkové posouzení složek (včetně náhodných účinků pracovníků) přispívajících k celkové nejistotě měření nebo výsledku kalibrace poskytuje prostředky pro potvrzení správnosti měřicího (kalibračního, zkušebního) postupu [2].

Posouzení složek nejistoty současně určí, kterým aspektům měření, kalibrace nebo zkoušky je třeba věnovat pozornost, je-li třeba zlepšit stávající postupy [2].

Laboratoře, jestliže se ucházejí o akreditaci, musí při hodnocení a vypracování zpráv o nejistotách při kalibraci a zkouškách používat všeobecný postup uvedený v EAL R2 a EAL G23 [2].

Od laboratoří se požaduje řádné zdokumentovaná metodika v oblasti hodnocení nejistoty při akreditovaných činnostech [2].

Laboratoř musí být schopna dokázat hodnotícímu orgánu, že nejistota byla správně vyhodnocena. Toho může dosáhnout vedením úplných záznamů o hodnocení složek nejistot, dokumentováním podrobných výpočtů a přijatých předpokladů. Kde je to možné, má být tento důkazový materiál doplněn výsledky mezilaboratorních porovnání. Je potřebné zavést systém řízení měřicích procesů [2].

6.1 Způsoby vyhodnocování nejistoty měření

Na počátku vyhodnocení nejistoty měření stojí detailní pochopení podstaty tohoto měření, které bývá popsáno tzv. modelem měření. Nejistoty měření se skládají z několika dílčích složek. Ke stanovení jejich velikosti se užívají podle ČSN P ENV 13005 dva základní způsoby (typy) stanovení nejistoty [1]:

- **způsob A** vyhodnocení standardní nejistoty měření (statistické zpracování naměřených údajů),
- **způsob B** vyhodnocení standardní nejistoty měření (jiné než statistické zpracování naměřených údajů).

V normě ČSN P ENV 13005 jsou pak definovány druhy nejistoty:

- standardní nejistota,
- kombinovaná nejistota,
- rozšířená nejistota.

6.1.1 Výpočetní stanovení nejistoty měření způsobem A

Dle definice je nejistota typu *A* stanovena výpočtem z opakovaně provedených měření dané veličiny. V praxi to znamená, že pokud provedeme opakovaný odečet hodnoty neměnné měřené veličiny a máme k dispozici měřicí přístroj s dostatečným rozlišením, nevyhneme se jistému rozptylu naměřených hodnot [1].

Předpokládáme, že během tohoto opakovaného měření se nemění ani daná měřená veličina, ani ovlivňující veličiny, které na naše měření působí. Dále je v definici uvedeno, že mírou nejistoty typu *A* je výběrová směrodatná odchylka výběrového průměru. (Výběrová odchylka proto, že naměřené hodnoty *x* představují určitý malý výběr z prakticky neomezeného množství hodnot, kterých veličina může nabývat. Výběrového průměru proto, že hodnota, která se uvádí jako výsledek měření, se získá výpočtem průměrné hodnoty opakovaně provedených odečtů.) [1].

Tomuto matematickému popisu také odpovídá příslušný vztah pro výpočet nejistoty typu A:

$$u_A(x) = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\ , \tag{6.1}$$

kde platí:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i\ . \tag{6.2}$$

Pro platnost tohoto vztahu je nutné, aby počet odečtených měření byl větší než 10 ($n \geq 10$), ze kterých se nejistota typu *A* vypočítá [1]. Předpokládá se přitom, že měření jsou navzájem nezávislá a uskutečněná za stejných podmínek [3].

Není-li možné dodržet tuto podmínku, je nutno provést doplňkovou korekci pro zohlednění malého počtu opakovaných měření ($n < 10$) [1]. Je-li měřicí proces statisticky řízen a je-li k dispozici tzv. průřezový rozptyl s_{pr}, který charakterizuje rozptýlení řízeného měřicího procesu, se standardní nejistota typu A určí podle vztahu [3]:

$$u_A(x) = \frac{s_{pr}}{\sqrt{n}}. \tag{6.3}$$

6.1.2 Výpočetní stanovení nejistoty měření způsobem B

Postup pro stanovení standardní nejistoty typu *B* je založen na stanovení nejistoty jiným než statistickým vyhodnocením série pozorování. V tomto případě vychází stanovení nejistoty z určitých odborných znalostí a racionálního úsudku pracovníka, který měření provádí a nejistoty následně vyhodnocuje. Tyto nejistoty mohou být odvozeny na základě [1]:

- údajů a zkušeností z dříve provedených měření,
- zkušeností s chováním a vlastnostmi příslušných materiálů a měřicího vybavení, popřípadě jejich obecné znalosti,
- údajů výrobce měřicí techniky,
- údajů uváděných v kalibračních listech,
- nejistot referenčních údajů převzatých s příruček.

Do jaké míry budou tyto informace oceněny a využity, závisí zvláště na zkušenosti obsluhy, na hloubce všeobecných znalostí i rutině a praxi experimentátora, protože charakter problému neumožňuje detailně specifikovat jednotný postup [3].

Postup při určování nejistot typu *B* je takovýto:

1. vytipují se možné zdroje Z_1, Z_2, …Z_j, …Z_p nejistot, jak bylo uvedeno v předchozím textu,
2. určí se standardní nejistota vlivem každého zdroje buď převzetím z certifikátů, technické dokumentace, tabulek, technických norem, kalibračních listů apod., nebo odhady pomocí metod uvedených dále v této kapitole,
3. posoudí se korelace mezi jednotlivými zdroji,
4. určí se vztah mezi veličinou *X* a jednotlivými zdroji Z_1, Z_2, …Z_j, …Z_p (charakterizovanými veličinami Z_j).

Není-li známa přímo standardní nejistota, vlivem příslušného zdroje mohou nastat různé situace, z nichž některé jsou uvedeny v následujících odstavcích [3].

Je třeba upozornit, že dále zmíněné metody k vyhodnocení standardní nejistoty typu *B* neobsáhnou veškeré možné případy praxe. Ta bývá podstatně různorodější, a proto je velmi důležité v každém jednotlivém případě důsledně zvážit veškeré okolnosti, které se mohou projevit jako zdroj nejistot, i charakter jejich působení na výsledek měření [3].

a) Známe U a k_r

Uvádějí-li certifikáty, dokumentace výrobců nebo jiné prameny rozšířenou nejistotou *U* a koeficient rozšíření k_r, stanoví se standardní nejistota $u_B(z_j)$ vlivem daného zdroje Z_j podle vztahu [3]:

$$u_B(z_j) = \frac{U}{k_r}. \tag{6.4}$$

b) Známe rozpětí normálního rozdělení

Je-li známo rozpětí (délka intervalu *2U*), v němž se může nacházet většina naměřených hodnot (např. 95 %, 99 % nebo 99,73 %), a je oprávněný předpoklad, že při určování tohoto intervalu bylo uvažováno normované normální rozdělení, lze standardní nejistotu $u_B(z_j)$ vlivem daného zdroje Z_j určit ze vztahu [3]:

$$u_B(z_j) = \frac{U}{k_p}, \tag{6.5}$$

kde k_p je koeficient rozšíření rovný kvantilu normovaného normálního rozdělení pro pravděpodobnost P (k_p = 1,96 pro P = 95 %, k_p = 2,58 pro P = 99 %, k_p = 3 pro P = 99,73 % atd.) [3].

c) Známe hranice vlivu zdroje

Není-li možné odhadnout jen hranice, ve kterých se hodnoty měřené veličiny nacházejí vlivem působení daného zdroje, a to téměř s jistotou („téměř na 100 %“), postupuje se takto [3]:

- odhadnou se hodnoty změn (odchylek) ± z_{jmax} od jmenovité (nominální) hodnoty měřené veličiny příslušející zdroji Z_j, jejichž překročení je málo pravděpodobné (téměř nemožné),
- posoudí se rozdělení pravděpodobnosti odchylek v tomto intervalu a určí se jeho aproximace,
- standardní nejistota $u_B(z_j)$ se vypočítá ze vztahu:

$$u_B(z_j) = \frac{z_{j\max}}{k}, \tag{6.6}$$

kde k je součinitel vycházející ze zákona rozdělení, kterým se příslušný zdroj nejistot řídí, takže např. pro normální (Gaussovo) rozdělení je k = 2, popř. 3, pro rovnoměrné rozdělení k = 1,73 atd. [3].

V některých případech však může být známa již přímo hodnota standardní nejistoty $u_B(z_j)$ (např. z kalibračního listu měřidla) [1].

Výsledná nejistota se určí metodou B pro p zdrojů z_1, z_2, …. z_j, z_p dle následujícího vztahu:

$$u_B(x) = \sqrt{\sum_{j=1}^{p} A_j^2 \cdot u_B^2(z_j)}, \tag{6.7}$$

kde: $u_B(z_j)$ jsou nejistoty jednotlivých zdrojů,

A_j jejich součinitele citlivosti.

Touto úpravou se nejistotě typu *B* dostává charakteru směrodatné odchylky a jako s takovou se s ní dále pracuje [1].

Použití rovnoměrného rozdělení představuje přiměřené statistické vyjádření nedostatečné znalosti vstupní (měřené) veličiny *x*, pokud o ní nejsou známy jiné informace, než jsou např. limity její variability [1].

Pokud ale víme, že pravděpodobnost výskytu hodnot v okolí středu intervalu hodnot je vyšší než pravděpodobnost výskytu hodnot v krajích intervalu, může být vhodnější použití trojúhelníkového nebo normálního rozdělení. Naopak, pokud je výskyt hodnot v mezích intervalu pravděpodobnější než ve středu intervalu, může být vhodnější použití U rozdělení [1].

Jednotlivé druhy rozdělení jsou popsány v příloze 1.

6.2 Nejistota kombinovaná

V reálné praxi jen málokdy vystačíme s jedním typem nejistoty měření. Ve většině případů se stanovuje kombinovaná nejistota měření, která je výsledkem kombinace obou typů nejistoty měření *A* i *B*. Výsledná kombinovaná standardní nejistota výsledků měření (veličiny *x*) je geometrickým součtem nejistoty typu *A* a nejistoty typu *B* dle následujícího vztahu [1]:

$$u_C(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}\,, \tag{6.8}$$

kde: $u_A(x)$ je standardní nejistota typu *A*,

$u_B(x)$ je standardní nejistota typu *B*.

Standardní kombinovaná nejistota u_c byla určena s pravděpodobností 68 %, tj. pro koeficient rozšíření $k = 1$. Pro jinou pravděpodobnost se nejistota měření upraví vynásobením koeficientem rozšíření vhodného rozdělení (viz. níže) [1].

6.3 Nejistoty rozšířené

Jak již bylo v textu uvedeno, výše uvedeným postupem se získá standardní kombinovaná nejistota. Označení „standardní“ vyjadřuje, že při skládání této nejistoty byly použity hodnoty směrodatných odchylek. Za určitých podmínek je možno považovat rozdělení takto určené nejistoty za přibližně normální. Z toho je zřejmé, že takto vypočtená nejistota měření pokrývá asi 68 % možných variant výsledků. Jinými slovy až 1/3 výsledků měření se může ocitnout mimo takto stanovené pásmo nejistot [1].

Z metrologického hlediska je taková situace nepřípustná, proto přistupujeme k vynásobení standardní nejistoty koeficientem rozšíření, který nám umožní získat pokrytí možných výsledků s vyšší pravděpodobností. V praxi se nejčastěji používá postup určení koeficientu rozšíření dohodou pro určitou odhadovanou pravděpodobnost pokrytí výsledku měření. Z paralely s normálním rozdělením jsou vžité dva základní koeficienty [1]:

- k = 2 pro pravděpodobnostní pokrytí přibližně 95 %,
- k = 3 pro pravděpodobnostní pokrytí přibližně 99,7 %.

Rozšířenou nejistotu vypočteme ze vztahu:

$$U = k \cdot u_C , \tag{6.9}$$

kde: k je koeficient rozšíření,

u_c je kombinovaná nejistota měření.

Pro uvádění výsledku měření se doporučují dva způsoby, buď s použitím standardní kombinované nejistoty, nebo pomocí rozšířené nejistoty. Současně lze také použít tzv. bilanční tabulku [3].

V případě, že se zvolí prezentace výsledku se standardní nejistotou kombinovanou u_c, je třeba dodržet určitá pravidla [3]:

- uvést podrobnou definici měřené veličiny Y,
- uvést odhad y měřené veličiny Y spolu s kombinovanou nejistotou $u_c(y)$ a jednotku, ve které jsou odhad i nejistota uvedeny,

- je-li to vhodné, uvést relativní standardní kombinovanou nejistotu $u_c(y)/|y|$, $|y| \neq 0$,
- v případě potřeby uvést bilanční tabulku.

Při uvádění výsledku měření s použitím rozšířené nejistoty $U = k_r \cdot u_c$ je třeba [3]:

- uvést podrobnou definici měřené veličiny Y,
- uvést výsledek měření v podobě $Y = y \pm U$, přičemž je třeba uvést jednotky, v nichž jsou vyjádřeny odhad i nejistota U,
- pokud je to vhodné, uvést relativní rozšířenou nejistotu $U/|y|$, $|y| \neq 0$,
- uvést hodnotu koeficientu rozšíření k_r použitou při výpočtu U,
- uvést konfidenční hladinu spjatou s intervalem $y \pm U$ a uvést, jak byla určena,
- v případě potřeby uvést bilanční tabulku (viz tabulka 3).

Veličina X_q; Y	**Odhad x_q, y**	**Standardní nejistota $u_q(x)$**	**Typ rozdělení**	**Koeficient citlivosti A_q**	**Příspěvek ke standardní nejistotě $u_q(x)$;, nejistota u(y)**
X_1	x_1	$u_1(x)$	Podle situace	A_1	$u_1(x)$
X_2	x_2	$u_2(x)$		A_2	$u_2(x)$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
X_q	x_q	$u_q(x)$		A_q	$u_q(x)$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
X_m	x_m	$u_m(x)$		A_m	$u_m(x)$
Y	**y**	**-**	**-**	**-**	**u(y)**

Tabulka 3 Obecná podoba bilanční tabulky.

7. Metrologické laboratoře

Modernizace výroby a zavádění nových technologií klade vysoké nároky nejen na přístrojové vybavení metrologických laboratoří, ale rovněž na jejich stavební řešení a pomocné technické vybavení [6].

Metrologické laboratoře musí splňovat řadu náročných požadavků, které je možno rozdělit do těchto oblastí [6]:

- pracovní prostory,
- přístrojové a další technické vybavení,
- personální obsazení a kvalifikace pracovníků,
- akreditační kritéria,
- organizační a materiální zabezpečení,
- právní postavení a legislativní zabezpečení,
- technická způsobilost.

7.1 Požadavky na pracovní prostory

Požadavky na pracovní prostory závisí na stupni akreditace a na přesnosti měření prováděných v laboratoři. Předpoklady přesného a správného měření v oboru měření délek jsou tyto [6]:

- teplota: (20 ± 0,5) °C, pro nejpřesnější měření: (20 ± 0,1) °C,
- relativní vlhkost: (55 ÷ 60) %,
- intenzita umělého osvětlení: 800 lx, pro náročná měření až 1200 lx,
- přípustná hlučnost: max. 55 dB,
- bezprašnost (u zvláště náročných měření je definován počet zrn prachu v 1 cm^3 v ovzduší),
- prostředí bez vibrací, elektromagnetických poruch nebo rušení,
- přijatelný rozsah pracovních prostor,
- klid a pohoda pro soustředěnou práci,
- estetické prostředí.

7.2 Přístrojové vybavení

Přístrojové vybavení musí trvale splňovat všechny parametry požadované při akreditaci. Norma ČSN EN 45001 předepisuje povinnost pravidelné údržby a současně podrobnou evidenci všech měřidel s uvedením základních dat, oprav, kalibrací, ověření atd. Veškerá činnost v oblasti příslušných dalších ustanovení. Při kalibracích musí být respektována návaznost na státní (popř. mezinárodní) etalony příslušné veličiny (v tomto případě rovinného úhlu) [6].

Referenční materiály, které jsou v metrologické laboratoři, musí být používány výhradně ke kalibracím (ověřování) a ne pro jiné účely [6].

7.3 Technická způsobilost

Technická způsobilost musí být zajištěna v těchto oblastech [6]:

- řízení a organizace,
- personální obsazení dostatečným počtem kvalifikovaných pracovníků s osobní zodpovědnosti,
- prostory a zařízení,
- pracovní postupy – metrologické laboratoře musí používat metody a postupy tak, jak to požadují technické specifikace, podle kterých se kontroluje.

Systém jakosti musí být specifikován v příručce jakosti. Účelem příručky jakosti, která představuje vrcholný pracovní dokument zabezpečující jakost ve smyslu ČSN EN ISO 9001, je [6]:

- popis a uplatňování efektivního systému jakosti,
- prezentování systému jakosti společnosti pro externí účely,
- poukazování na soulad systému jakosti s požadavky na jakost ve smluvních vztazích.

7.4 Požadavky na stavební provedení metrologických laboratoří

Mechanické vlivy

Pokud jde o mechanické vlivy, je potřebné, aby byly metrologické laboratoře dostatečně vzdáleny od těžkých provozů, silnic, železničních tratí apod. V případě, že to dislokace metrologické laboratoře neumožňuje, je nutno je od těchto vlivů stavebně oddělit. V případě podzemních spojovacích chodeb (např.: u pavilónové výstavby většího metrologického areálu) ke zvláště náročným metrologickým laboratořím, lze do stěn chodeb zabudovat izolační spáry [6].

Metrologické laboratoře pro přesná měření nemají být umisťovány ve vyšších podlažích, protože s výškou budovy se mohou zvyšovat i případné vibrace přenášené přes její základy. Otřesy mohou vzniknout u vyšších budov umístěných v relativně klidném prostředí také nárazy a tlakem větru. Písčité podloží budov je vhodné, protože zrnitá struktura dobře tlumí vnější mechanické vlny. V některých případech toto nepevné podloží však může způsobit časem změnu polohy budovy, která může mít negativní vliv na přesnou metrologickou práci. Naklonění nebo snížení budovy zapříčiní změnu horizontální polohy zabudovaných měřicích zařízení, které jsou na tuto změnu polohy citlivá [6].

Základy budovy uložené na skále jsou výhodné pro stálost budovy, mohou ale přenášet i vzdálené otřesy a vibrace. Umístění budovy se musí zvlášť pečlivě posuzovat také z hlediska přirozených otřesů půdy. V takovém případě lze otřesy vyloučit zvláštními bezotřesovými stěnami a podlahami přímo v metrologické laboratoři. Není-li možno toto opatření provést (např. u starších budov) doporučuje se bezotřesovost určitého místa v metrologické laboratoře, na kterém je umístěn citlivý měřící prostředek, zajistit pružným uložením na konzolách nebo jeho postavením do pískové vany. Pro snížení otřesů se používá také zařízení vybavené gumovými tlumiči [6].

Nejlepší konstrukce je zděná s dostatečně silnými obvodovými zdmi. Stěny musí mít dobré tepelně izolační vlastnosti a přitom velkou tepelnou setrvačnost [6].

Podlaha nejpřesnější části laboratoře se musí odizolovat od konstrukce základů budovy. Stavebně se to řeší samostatným monoblokem z prostého betonu, který je uložen v betonové vaně, od které je odizolován vrstvou korku. Celá podlaha laboratoře musí být tepelně izolována, pokrytá bezprašnou krytinou (gumou, PVC) [6].

Bezprašnost

Pro většinu metrologických prací se vyžaduje bezprašnost, která se zajistí nátěrem stěn a bezprašnou podlahou. To je možné zajistit mimo jiné mimořádnou čistotou, přezouváním obuvi, převlékáním oděvů a dalšími hygienickými opatřeními. Někdy k těmto opatřením vedou i jiné požadavky a předpisy [6].

U spojovacích chodeb, které jsou mnohdy vedeny v podzemí, je nutné vyloučit schody, kromě osobních komunikací s jiným podlažím, aby bylo možno veškerou dopravu uskutečnit speciálními vozíčky. Spojení s jinými podlažími je možno realizovat i výtahy [6].

Podlahy

Podlaha metrologické laboratoře má být izolována od stěn, aby se nepřenášelo do místnosti případné chvění nebo otřesy. Měřicí prostředky mají být uloženy na podložkách z pružného materiálu. Těžší a rozměrnější měřicí prostředky mají vlastní základy (např. betonové desky, v odůvodněných případech kamenné desky, uložené na silných pružinách). Rozměry a vlastnosti těchto základů určuje většinou přímo výrobce měřicího zařízení [6].

Osvětlení

Osvětlení se provádí zářivkami nebo jinými svítidly s minimálním vývinem tepla. Světlo má mít dostatečnou intenzitu, ale nesmí oslňovat. Pro přesné práce se používá navíc lokální bodové osvětlení. Osvětlení u přístrojů je vhodné v rozmezí od 500 do 600 luxů, ve zvláště náročných případech až 1200 luxů [6].

Teplota

Teplotní vlivy je možno rozdělit na vnější a vnitřní. Vnější vlivy představuje především ozařování budov metrologické laboratoře sluncem. Metrologické laboratoře se mají proto umisťovat okny k severu. Není-li možno vlivy vnějšího záření plně vyloučit, lze použít termální skla. Okna se dále stíní žaluziemi, které musí být vně oken nebo u zdvojených oken mezi skly. Aby se vnější teplotní vlivy téměř vyloučily, projektují se náročnější metrologické laboratoře bez oken a u podélných budov se umisťují do osy budovy [6].

U osvětlení je nutno rovněž počítat s průvodním oteplováním (teplotní vlivy vnitřní). Oteplení zapříčiňují i pracovníci metrologické laboratoře. Řádově je možno uvažovat u jednoho pracovníka s příkonem asi 100 W [6].

Klimatizace

Klimatizační záření musí zajistit stálou teplotu 20°C s dovoleným kolísáním, vlhkost (55 ÷ 60) %. Vzduch, který prochází okruhem, se navíc filtruje. Úbytek kyslíku spotřebovaný personálem se doplňuje přisáváním čerstvého vzduchu zvenčí, který se filtruje, vlhčí, ohřívá nebo chladí. Klimatizaci lze v celé budově provést centrálně nebo pro jednu až dvě metrologické laboratoře společně klimatizačními skříněmi. Klimatizace se provádí jako přetlaková, aby se zabránilo nasávání prachu zvenčí [6].

Ochrana před elektromagnetickým zářením

V případě, že je třeba odstínit laboratoř od zdroje elektromagnetického záření, umístit se do prostoru tzv. Faradayovy klece. Klec je konstrukčně provedena z vodivé husté sítě nebo kovových fólií, vodivě propojených kolem celého prostoru, včetně podlahy, oken a dveří [6].

Rozvody energií

V laboratoři je třeba provést hustou síť zásuvek 220 V po stěnách, případně přímo v laboratorních stolech. Do prostoru, kde se předpokládá umístění souřadnicových měřicích strojů, se zavádí stlačený vzduch 0,6 MPa, který se používá pro vzduchové polštáře přesných vedení pohybových částí těchto strojů, popř. zdroj stlačeného vzduchu pro pneumatické měření [6].

8. Metodika měření v laboratořích

8.1 Úvodní prověření stávající laboratoře

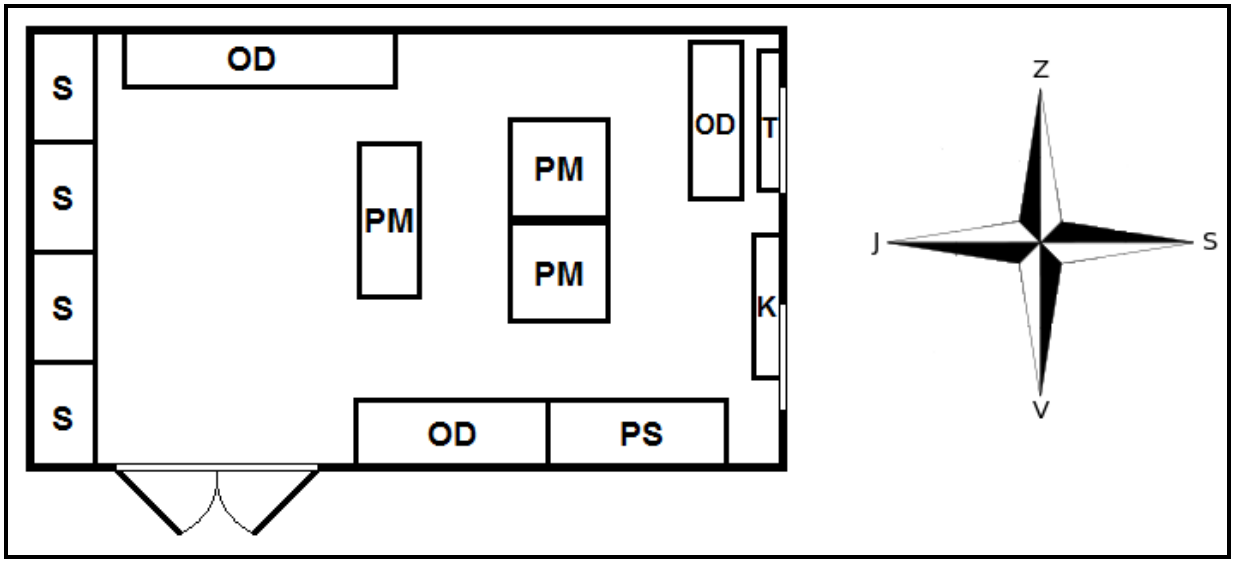
ČMI OI Liberec má sídlo ve čtvrti Liberec I – Staré město, v ulici Slunečná 23 (graficky znázorněno na obrázku 15). Laboratoř pro měření rovinného úhlu se nachází v přízemí budovy ČMI OI Liberec. Plocha místnosti činní 23 m^2 s okny orientovanými na sever.



Obrázek 15 Budova ČMI OI Liberec.

Stávající laboratoř je plně vybavena pro měření, kalibraci a ověřování v oboru rovinného úhlu. V laboratoři se nachází státní etalon rovinného úhlu, tj. dva elektronické autokolimátory ELCOMAT 2000 a ELCOMAT 3000 firmy MÖLLER-WEDEL, které jsou usazeny na základní ocelové rovinné desce, případně na granitové rovinné desce. Obě desky jsou usazeny na příslušných pevně ukotvených stolech, určených přímo pro rovinné desky. Dále se zde nachází generátor malých

úhlů a další pomocná zařízení potřebná pro provádění měření, kalibraci, ověřování atd. Hrubé rozmístění vybavení místnosti je vyobrazeno na obrázku 16.



Obrázek 16 Uspořádání stávající laboratoře.

Legenda k obrázku:

PM pracovní místa	*T topení*
PS pracovní stůl	*K klimatizace*
OD odkládací stůl	*S skříně*

Jak již bylo uvedeno v kapitole 7, při návrhu metrologické laboratoře musí být dodržovány určité zásady, které zajistí co nejpřesnější měření. V případě oboru rovinného úhlu by měla vykazovat co nejmenší nejistotu. Nedodržení těchto zásad vede k problémům při měření, kalibraci, ověřování atd. Ve stávající laboratoři, která je zobrazena na obrázku 17, pro měření rovinného úhlu, nejsou všechny tyto zásady dodrženy. Proto se tímto problémem zabývá předkládaná diplomová práce.

Pracovníci laboratoře pro rovinný úhel v ČMI OI Liberec poukázali na určité nedostatky laboratoře. Mezi nejdůležitější patří:

- vibrace,
- teplota,
- proudění vzduchu.



Obrázek 17 Stávající laboratoř.

8.1.1 Proměření parametrů v současné laboratoři

Aby bylo možné prokázat, že jednotlivé parametry (vibrace, teplota a proudění vzdychu) mají nepříznivý vliv na měření prováděná v této laboratoři, bylo nutné je zhodnotit a proměřit. Tato kapitola se zabývá popisem stavu stávající laboratoře a použitých přístrojů pro proměření jednotlivých vlivů.

Vibrace

Jak již bylo poznamenáno v kapitole 8.1, laboratoř se nachází v přízemí budovy ČMI OI Liberec. Nicméně budova má také suterén, to znamená, že stávající laboratoř nestojí na pevných základech budovy, což vede k možným nežádoucím vibracím.

Pro měření vibrací byl použit Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER, který je zobrazen na obrázku 18.

Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 je přenosný analyzátor pro akustické, elektroakustické měření a měření vibrací v terénu a v laboratořích. Tento typ nabízí intenzity zvuku a vzájemné spektrální analýzy. „Real-time“ operace je důležitá pro analýzu nestacionárních signálů jako jsou rozklady a impulzivní akce. Analyzátory jsou provozovány prostřednictvím menu a systém nápovědy na obrazovce umožňuje plně využít potenciál analyzátorů, které mají být použity v této oblasti. Velké vnitřní, energeticky nezávislé paměti a záložní zařízení diskového úložiště činí analyzátory užitečné ke shromažďování údajů zařízení s dalšími kontrolami a možnostmi zpracováním dat přes jejich IEEE - 488 a RS - 232 rozhraní.

Použití:

- měření intenzity zvuku na IEC1043,
- konstantní procento šířky pásma frekvenční analýzy zvuku a vibrací signálů v reálném čase,
- zdroj hluku místa a zdroj pořadí složitých struktur,
- enviromentální měření hluku, zahrnuje „Taktmaximal“,
- testování stavební akustiky: přenos zvuku, absorpce, doba dozvuku,
- automobilové akustické a vibrační zkoušky,
- měření akustického výkonu.



Obrázek 18 Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER.

Teplota a proudění vzduchu

Teplotní vlivy se dělí na vnější a vnitřní. Mezi vnější vlivy se řadí především ozařování sluncem. Z předchozí kapitoly 8.1 je již známo, že laboratoř má okna orientovaná na sever, tudíž tento vliv nemá na měření v laboratoři výraznější nežádoucí účinky.

V místnosti se nachází topení i klimatizace, jak je vyobrazeno na obrázku 16. Tato zařízení zajišťují v laboratoři určitou stálou teplotu, která je pro vlastní měření velice důležitá. Klimatizace má však také za následek nežádoucí proudění vzduchu v místnosti.

Pro měření teploty a rychlosti proudění vzduchu v laboratoři byl použit TESTO 425 Termický anemometr, který je znázorněn na obrázku 19. Tento přístroj byl zapůjčen z Katedry energetických zařízení na Technické univerzitě v Liberci.



Obrázek 19 TESTO 425 Termický anemometr.

Kompaktní anemometr TESTO 425 s pevně připojenou termickou sondou slouží pro měření proudění vzduchu včetně teleskopu. Objemový průtok se zobrazuje přímo na displeji. Přesný výpočet objemového průtoku je možný díky jednoduchému zadání plochy vzduchotechnického kanálu. Také je možné přepnout se na zobrazení aktuální naměřené hodnoty teploty. Výpočet časové a bodové střední hodnoty dává informaci o průměrných naměřených hodnotách objemového průtoku, rychlosti proudění a teploty. Mohou být rovněž zobrazeny minimální a maximální hodnoty. Funkce Hold umožňuje podržení aktuální naměřené hodnoty na displeji.

Funkce termického anemometru:

- měření teploty, proudění a objemového průtoku,
- výpočet střední hodnoty bodově a časově,
- paměť max./min. hodnoty,
- funkční tlačítko Hold pro podržení naměřené hodnoty,

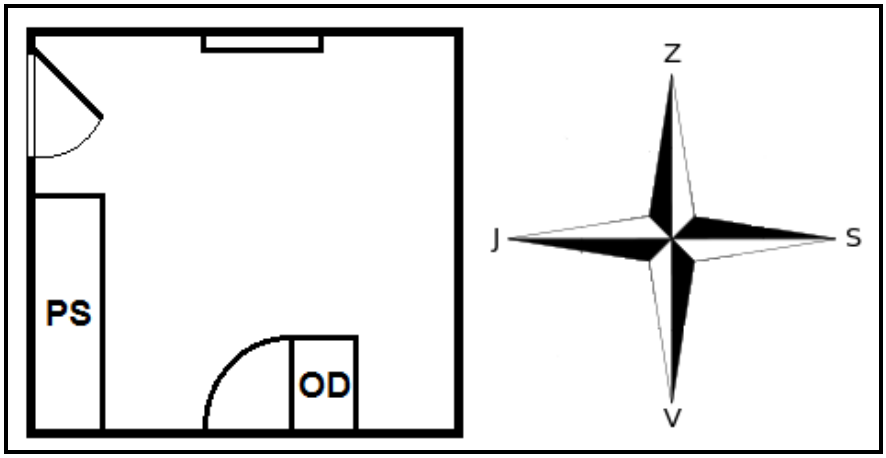
- podsvícení displeje,
- funkce automatického vypnutí Auto-Off.

8.2 Seznámení s novým navrhovaným prostorem

Pro návrh nové laboratoře pro měření rovinného úhlu bylo podstatné nejprve najít vhodné prostory. V suterénu budovy ČMI OI Liberec se nachází místnost bez oken, jejíž plocha činní 14 m^2. Momentálně je tato místnost nevyužita a pouze se zde odkládají méně potřebné věci, jak je zobrazeno na obrázku 20. Hrubé rozmístění vybavení místnosti je zobrazeno na obrázku 21.



Obrázek 20 Nové prostory.



Obr.21 Uspořádání nové laboratoře.

Legenda k obrázku:

PS pracovní stůl *OD odkládací stůl*

Jak již bylo uvedeno v kapitole 7 při návrhu metrologických laboratoří je nutné dodržovat určité zásady proto, aby měření, kalibrace a ověřovaní, v nich prováděné, byly co nejpřesnější a tedy vykazovaly co nejmenší nejistotu měření.

Pro realizaci metrologické laboratoře v nových prostorách ČMI OI Liberec je podstatné, aby nedostatky, které se pravděpodobně vyskytují ve stávající laboratoři, se zde neprojevovaly. Nebo pokud možno jen v míře, která neovlivní všechny druhy měření, jež se v laboratoři provádějí.

Jedná se o již výše uvedené nedostatky, a to:

- vibrace,
- teplota,
- proudění vzduchu.

8.2.1 Proměření parametrů v navrhovaných prostorách

Nejdůležitějším faktorem pro návrh nové laboratoře, z hlediska nejistoty měření, bylo eliminovat nedostatky, které pravděpodobně zatěžují měření, kalibraci a ověřování ve stávající laboratoři. Bylo nutné jednotlivé parametry (vibrace, teplota a proudění vzduchu) zhodnotit a proměřit stejně jako u stávající laboratoře. Tato kapitola se tedy zabývá rozborem nových prostor vzhledem k možným nedostatkům ovlivňujících měření.

Vibrace

V první řadě i zde bylo důležité zjistit, stejně jako v případě stávající laboratoře, zda se v místnosti vyskytují nežádoucí vibrace, které by mohly mít nepříznivý vliv na měření, kalibraci a ověřování prováděné v laboratoři. Jelikož se místnost nachází v suterénu budovy, byly předpokládány menší vibrace než v případě stávají laboratoře.

Pro měření vibrací byl opět použit Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER, který je vyobrazen na obrázku 18. Stručný popis funkce tohoto přístroje je uveden v kapitole 8.1.1 (Proměření parametrů v současné laboratoři).

Teplota a proudění vzduchu

Jelikož jsou nové navrhované prostory bez oken, opět bylo možné vyloučit vnější teplotní vliv v podobě ozařování sluncem. Proto se zde soustředění omezilo pouze na vnitřní teplotní vlivy. Mezi vnitřní teplotní vlivy se řadí například: vliv topení, klimatizace, případně záření vycházející z osvětlení místnosti.

Pro měření teploty a rychlosti proudění vzduchu v místnosti byl i zde použit TESTO 425 Termický anemometr, který je zobrazen na obrázku 19. Funkce tohoto přístroje jsou stručně popsány v kapitole 8.1.1. Tento přístroj ukazuje okamžitou teplotu a proudění vzduchu.

V nových prostorách se nenachází topení, je zde pouze klimatizace zabudovaná ve stropě. To má za následek, že vzduch neproudí pouze z jednoho místa, ale po celé ploše, což může nepříznivě ovlivnit měření prováděné v laboratoři.

9. Matematicko – statistické vyhodnocení

Pro statistické zpracování dat byly použity následující matematické nástroje: aritmetický průměr, směrodatná odchylka.

Číselné charakteristiky základního statistického souboru byly získány bodovým odhadem (charakteristiku odhadneme jediným číslem, bodem) na základě definic číselných charakteristik náhodných veličin definovaných na náhodném výběru.

Bodovým odhadem střední hodnoty výběrového průměru $E(\overline{X})$ (i bodovým odhadem střední hodnoty náhodné veličiny X), byla pozorovaná hodnota výběrového průměru $\overline{x}$ [2].

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ .$$

Při měření to byl aritmetický průměr z n - tice naměřených hodnot veličiny X.

Výběrová směrodatná odchylka je odmocnina z rozptylu, míra variability znaku ve statistickém souboru stejného rozměru jako znak, resp. míra variability náhodné veličiny stejného rozměru jako veličina [2].

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2} \ .$$

Pro zpracování frekvenčního spektra byly vybrány následující vztahy zpracování zvuku, výpočet výchylky.

Decibel je desetinou základní jednotky bel, která původně vznikla jako poměr 10:1 mezi výkony (intenzitami) dvou různých zvuků. Protože je bel logaritmem poměrů dvou stejných veličin, je fyzikálně bezrozměrný a vyjadřuje, kolikrát je jedna hodnota větší než druhá. S nástupem digitální techniky je pouze přirozená další metamorfóza decibelu: mějme analogově/digitální převodník, kterým zpracováváme zvuk. Pak

$$L_p = 20 \cdot \log\left(\frac{\omega}{\omega_o}\right),$$

ω_0 je v takovém případě největší slovo, které je převodník schopen zpracovat. V případě údajů převodníků jde o fyzikálně bezrozměrné jednotky. V tomto případě se jedná o zrychlení a_0.

Pro vyjádření výchylky byl použit vztah převedený ze zrychlení. Výchylka je tedy poměr zrychlení a úhlové rychlosti umocněné na druhou. Kde ω je úhlová rychlost vyjádřena pomocí frekvence.

$$r = \frac{a}{\omega^2}.$$

10. Vlastní měření

V první řadě bylo provedeno měření vibrací samotných laboratoří výše uvedeným přístrojem (Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER).

Dále bylo uskutečněno vlastní přesné měření. Toto měření bylo nutné provést, aby se dokázalo, jak velký vliv mají jednotlivé parametry na přesná měření. Měření bylo vykonáno elektronickým autokolimátorem MÖLLER-WEDEL ELCOMAT 3000. Autokolimátor byl zaostřen na zrcátko (firma MÖLLER-WEDEL) ve vzdálenosti 30 cm, od kterého byl odrážen paprsek zpět do autokolimátoru, a tím byly měřeny hodnoty výchylek v x – ose a y – ose.

Jak při měření vibrací, tak u měření autokolimátoru, byla po celou dobu zaznamenávána teplota a rychlost proudění vzduchu. K tomu byl použit výše zmíněný TESTO 425 Termický anemometr (znázorněno na obrázku 19). Tento přístroj ukazoval okamžitou teplotu a proudění vzduchu v místnosti.

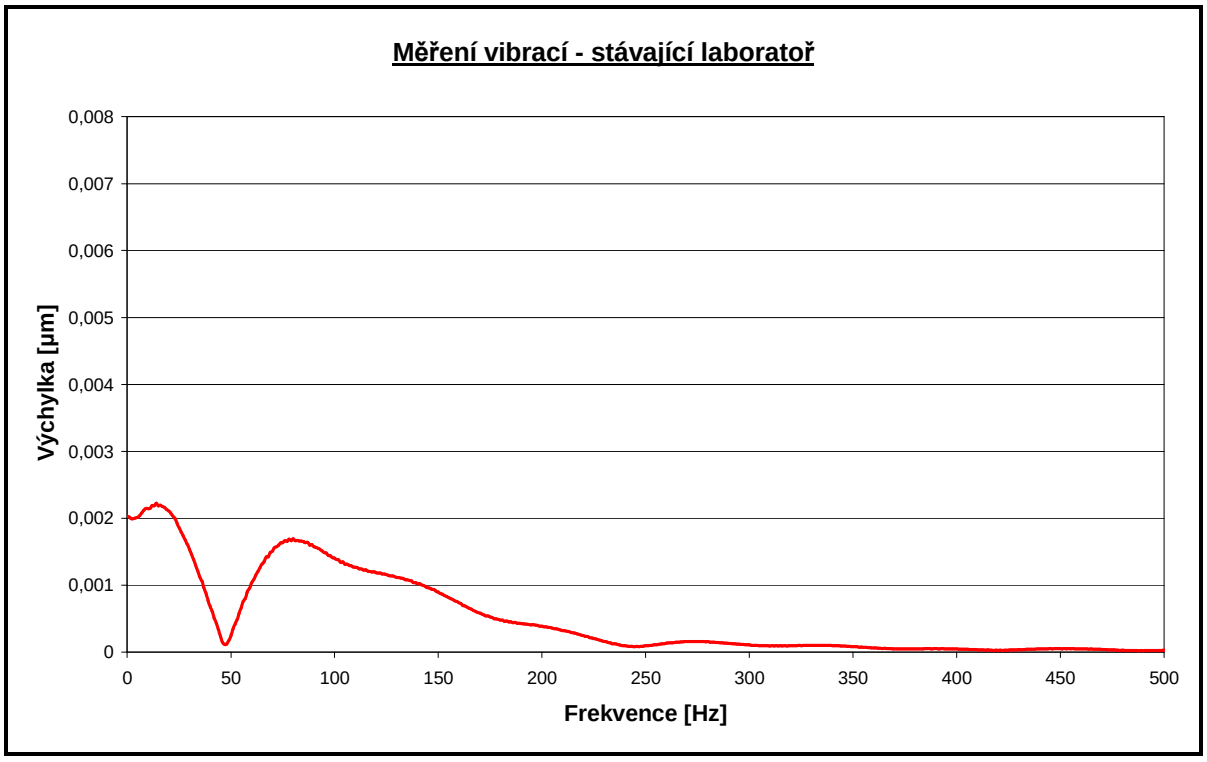
10.1 Stávající laboratoř

Měření vibrací dvoukanálovým frekvenčním analyzátorem bylo provedeno na podlaze laboratoře. Senzor byl přitisknut k zemi a bylo provedeno měření při chůzi okolo tohoto snímače. Byla proměřena jedna série, která zaznamenala 500 hodnot. Hodnoty vygenerované dvoukanálovým frekvenčním analyzátorem byly po přepočtu

zpřehledněny v tabulce. Z důvodu velkého množství naměřených hodnot je tabulka zobrazena v příloze 5. Z těchto hodnot byl poté vytvořen graf 1.

Jak je z grafu 1 vidět, při frekvenci 16 Hz výrazně stoupla výchylka na hodnotu cca $2{,}19 \cdot 10^{-3}$ µm. Další výrazná hodnota se pak objevila při frekvenci 81 Hz, kde výchylka vystoupala na hodnotu cca $1{,}67 \cdot 10^{-3}$ µm. Tyto výraznější odchylky mohly být způsobeny vlastní frekvencí podlahy nebo jiným možným zdrojem (např. průjezdem většího auta okolo budovy).

V běžné praxi by takovéto hodnoty neměly velký význam, ale pro tento případ , tj. přesná měření, kalibrace, ověřování v oboru rovinného úhlu, jsou i takto malé hodnoty důležité.



Graf 1 Měření vibrací ve stávající laboratoři.

Topení a klimatizace nacházející se ve stávající laboratoři může zajistit stálou teplotu 20 ± 0,7°C. Ovšem podle zásad pro stavební provedení metrologických laboratoří by se teplota měla pohybovat v rozmezí 20 ± 0,5°C (v případě velmi přesného měření pak 20 ± 0,1°C).

Rychlost proudění vzduchu v místnosti vykazovala velmi malé hodnoty, pro běžnou praxi nepodstatné. Avšak pro měření, kalibraci, ověřování atd. mohou být i takto nepatrné hodnoty zásadní. Nejmenší hodnoty rychlosti proudění vzduchu v místnosti vykazovalo měření za klidu, kdy nebyla spuštěna klimatizace, ani se nechodilo okolo senzoru. Naopak nejvyšší hodnota se objevila při měření rychlosti proudění vzduchu při chůzi okolo senzoru.

Měření	Popis	Teplota [°C]	Rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]
1	Měření za klidu	20±0,7	±0,06
2	Měření při puštěné klimatizaci		±0,14
3	Měření při pohybu		±0,36

Tabulka 4 Proměření teploty a proudění vzduchu.

Autokolimátorem zaměřeným na rovinné zrcátko bylo provedeno 5 případů měření. Každý případ byl proměřen 10x. Při každém měření bylo zaznamenáno 100 hodnot. Tyto hodnoty pak byly přepočítány a zpřehledněny do tabulek. Z důvodu velkého počtu naměřených hodnot se celkové tabulky nacházejí v Příloze 4.

5 případů měření:

1. Měření prováděné za klidu s tubusem

Toto měření bylo prováděno za úplného klidu v místnosti. Navíc byla v místnosti vypnutá světla a zatažené žaluzie na oknech. Autokolimátor byl ustaven na ocelové rovinné desce a byl na něm nasazen papírový tubus vedoucí až k zrcátku. Tubus sloužil k tomu, aby zabránil jakémukoliv proudění vzduchu v místnosti, jak je zobrazeno na obrázku 22. Při měření byla zaznamenána teplota 21,2°C a rychlost proudění vzduchu 0 m.s^{-1}. Prvních deset a posledních deset naměřených hodnot je zobrazeno v tabulce 8.



Obrázek 22 Měření ve stávající laboratoři za klidu s tubusem.

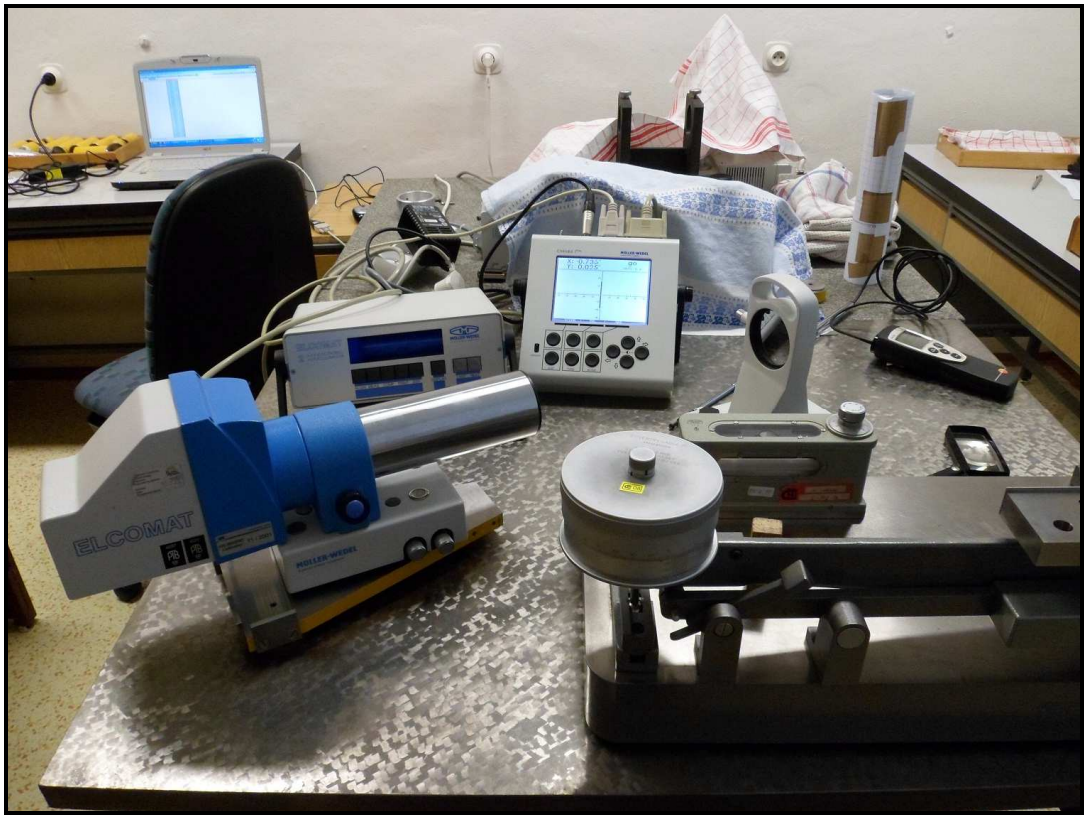
2. Měření prováděné v klidu bez tubusu

Druhé měření bylo opět prováděno za úplného klidu v místnosti. V místnosti byla vypnutá světla a zatažené žaluzie na oknech. Autokolimátor usazen na ocelové rovinné desce na sobě, v tomto případě neměl nasazen tubus, jak je vidět na obrázku 23. Při měření byla zaznamenána teplota 21,2°C, ani u toho měření termický anemometr nezaznamenal žádnou rychlost proudění vzduchu v místnosti. Zredukované hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 9.

3. Měření prováděné v klidu se spuštěnou klimatizací

I třetí měření bylo prováděno za úplného klidu v místnosti. Byla vypnutá světla a žaluzie byly zatažené, ale tentokrát byla spuštěná klimatizace. Aby bylo možné zjistit, jak velký vliv má klimatizace na měření, nebyl na autokolimátoru nasazen tubus (stejný obrázek 23 jako u druhého měření). Při tomto měření se zvýšila teplota na 21,4°C a stejně tak se projevila i rychlost proudění vzduchu, kdy bylo naměřeno 0,05

$m.s^{-1}$.. Prvních deset a posledních deset naměřených a přepočtených hodnot je zpřehledněno v tabulce 10.



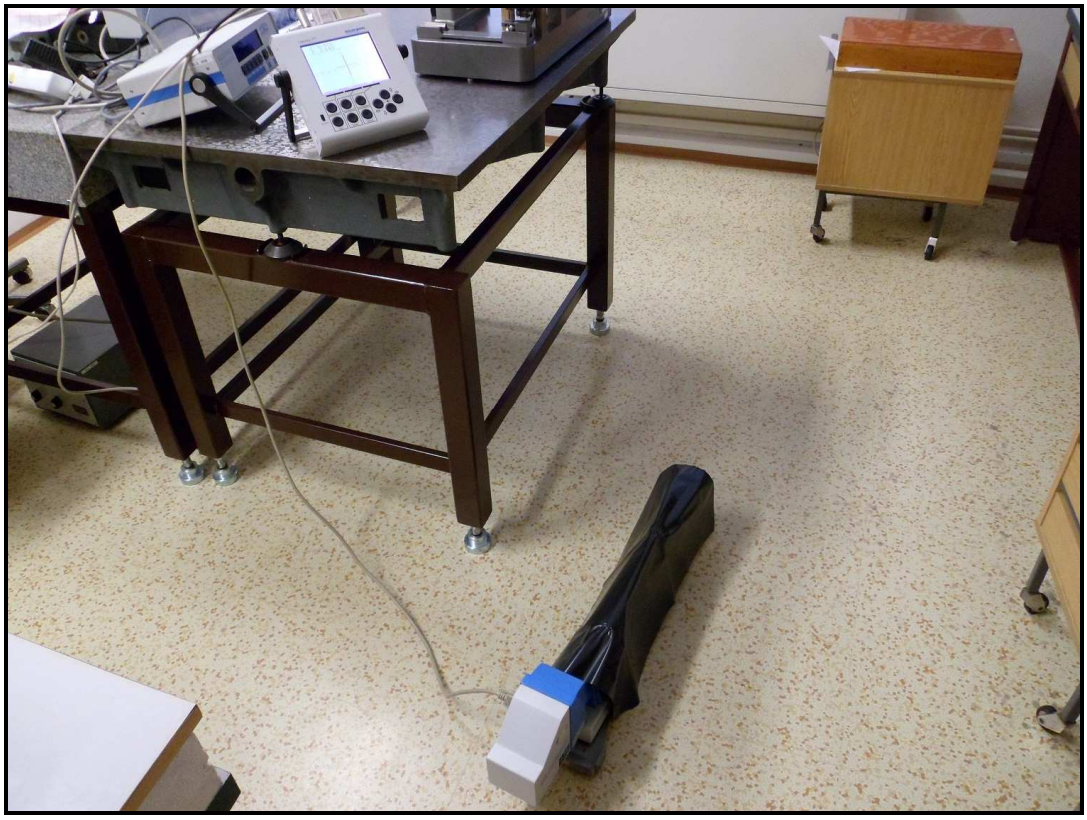
Obrázek 23 Měření za klidu bez tubusu.

4. Měření prováděné při pohybu okolo měřicího autokolimátoru

Pokud se jedná o přesné měření, kalibraci nebo ověřování, není běžné se v místnosti přehnaně pohybovat. Aby se však zjistilo, do jaké míry chůze měření ovlivňuje, provedlo se měření při stálém pohybu okolo autokolimátoru usazeného na ocelové rovinné desce. Na autokolimátoru byl tentokrát tubus nasazen. V místnosti byla opět zhasnutá světla a zatažené žaluzie na oknech. V tomto případě byla naměřena okamžitá teplota 21,4°C. Rychlost proudění vzduchu v místnosti vykazovala nárazové hodnoty ± 0,20 $m.s^{-1}$. Zredukované hodnoty se nachází v tabulce 11.

5. Měření prováděné na podlaze laboratoře

Měření vibrací dvoukanálovým frekvenčním analyzátorem (viz obrázek 18) ukázalo, že se v místnosti nežádoucí vibrace vyskytují. Aby bylo průkazně potvrzeno, že tyto vibrace mají vliv na měření, kalibraci či ověřování, bylo nutné provést měření na podlaze stávající laboratoře. Stejně jako u měření vibrací se i toto vykonávalo při pohybu okolo autokolimátoru a zrcátka. I zde byla světla vypnuta a na oknech byly zatažené žaluzie. Na autokolimátoru byl nasazen tubus a ještě k tomu byl přes měřenou soustavu přehozen igelit, jak je znázorněno na obrázku 24. Zaznamenaná teplota při tomto měření byla opět 21,4°C. Rychlost proudění vzduchu, i přes nasazený tubus, kolísala vlivem pohybu okolo autokolimátoru a zrcátka kolem hodnoty 0,05 $m.s^{-1}$. Zredukované naměřené a přepočtené hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 12.



Obrázek 24 Měření prováděné na podlaze laboratoře.

Podle zásad pro výstavbu metrologických laboratoří by se teplota měla pohybovat maximálně 20 ± 0,5°C, což v tomto případě nebylo dodrženo. Avšak při měření autokolimátorem je důležité, aby výkyvy teplot nebyly příliš drastické, jelikož na to je autokolimátor citlivý. Tento případ nenastal, protože odchylka teplot byla pouze 1,2°C od požadované teploty.

Z hlediska proudění vzduchu jsou i v tomto případě výsledky zanedbatelné v běžné praxi, avšak ne v případě přesného měření rovinného úhlu. Při měření autokolimátorem zaměřeným na zrcátko za klidu (s tubusem i bez tubusu) nebyla vykázána žádná rychlost proudění vzduchu. V případě se spuštěnou klimatizací a při měření prováděném na podlaze laboratoře byly výsledky poměrně zanedbatelné. Nejvyšší naměřená hodnota se projevila při pohybu okolo autokolimátoru usazeného na ocelové rovinné desce. Při měření na zemi i na ocelové rovinné desce byly stejné podmínky a přesto se rychlost proudění vzduchu značně liší. To mohlo být způsobeno mírným prouděním od topení či oken které jsou v úrovni ocelové rovinné desky. Naměřené hodnoty teplot a rychlostí proudění vzduchu jsou zobrazeny v tabulce 5.

Měření	Popis	Teplota [°C]	Rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]
1	Měření prováděné v klidu (tubus)	21,2	±0,00
2	Měření prováděné v klidu	21,2	±0,00
3	Měření prováděné v klidu s puštěnou klimatizací	21,4	±0,05
4	Měření prováděné při pohybu okolo měřicího autokolimátoru	21,4	±0,20
5	Měření prováděné na podlaze laboratoře	21,4	±0,05

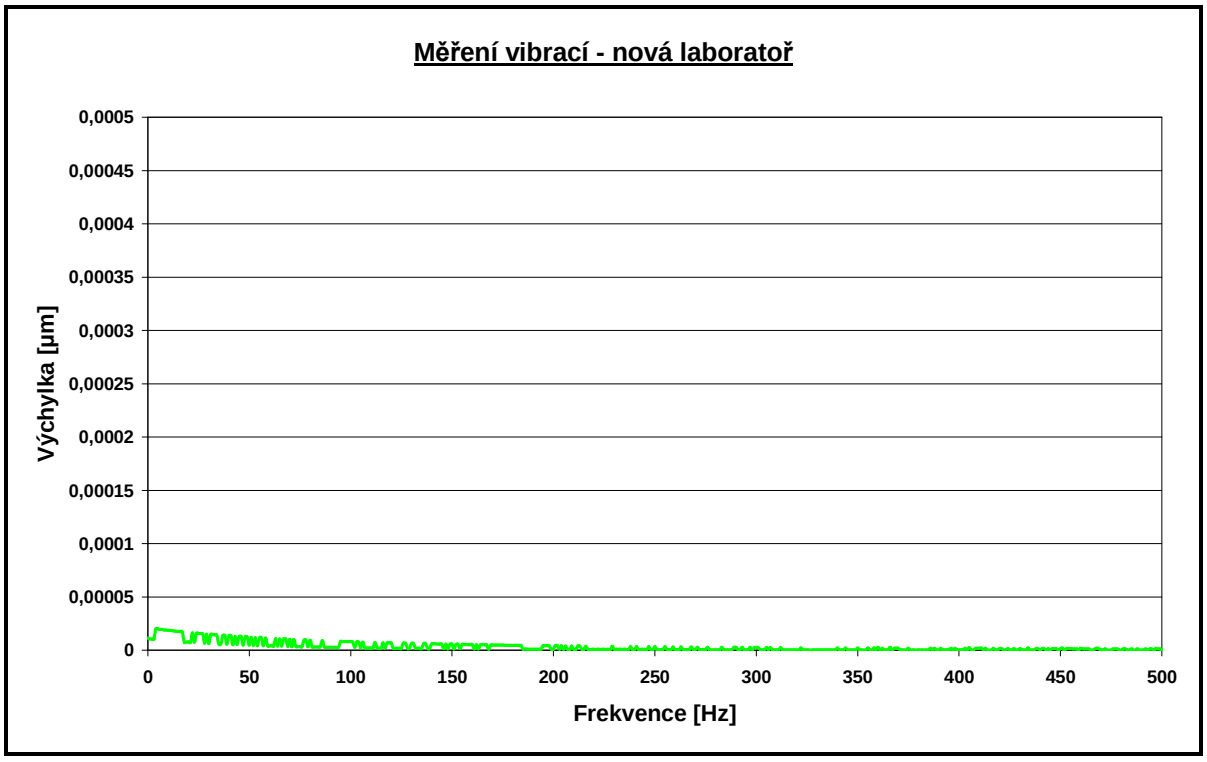
Tabulka 5 Měření teploty a proudění vzduchu při měření autokolimátorem.

10.2 Nová laboratoř

Měření vibrací dvoukanálovým frekvenčním analyzátorem bylo provedeno stejně jako v případě stávající laboratoře na podlaze. Senzor byl přitisknut k zemi a měření bylo provedeno při chůzi okolo tohoto snímače. Opět byla proměřena jedna série, která zaznamenala 500 hodnot. Z hodnot vygenerovaných dvoukanálovým frekvenčním analyzátorem a po jejich přepočtu na požadované veličiny byla

vytvořena tabulka. Z důvodu velkého množství naměřených hodnot je tabulka zobrazena v Příloze 5. Z přepočtených hodnot byl poté vytvořen graf 2.

Na grafu 2 je možné vidět, že hodnoty vibrací jsou zde velice malé a téměř zanedbatelné. V porovnání s grafem 1, který byl vytvořen z hodnot naměřených a přepočtených u stávající laboratoře, je na grafu 2 vidět, že vibrace v nových prostorách jsou o dva řády výchylky menší. Z tohoto lze vyvodit, že jeden z hlavních nedostatků stávající laboratoře, a to vibrace, v nových prostorách chybí, což je pozitivní výsledek. Nicméně, zda skutečně tyto nízké hodnoty nemají vliv na měření, kalibraci či ověřování v oboru rovinného úhlu, můžeme říci až po provedení vlastního měření.



Graf 2 Měření vibrací v nové laboratoři.

V nových prostorách se nenachází topení, tudíž stálou teplotu 20 ± 0,5°C v místnosti zajišťuje pouze klimatizace. Toto rozmezí vyhovuje i obecným zásadám pro stavební provedení metrologické laboratoře. Jelikož je klimatizace rozestavěna v celé ploše stropu, byly obavy, že bude výrazněji ovlivňovat prostředí v místnosti, než tomu je ve stávající laboratoři.

V tabulce 6 jsou přehledně vyobrazeny hodnoty teploty a rychlosti proudění vzduchu, které byly zaznamenány při měření vibrací v nových prostorách. Z výsledků je patrné, že hodnoty rychlosti proudění vzduchu při měření jsou výrazně nižší za klidu, než tomu bylo při pohybu okolo měřícího senzoru. Při spuštěné klimatizace rychlost proudění vzduchu vykazovala velmi malé hodnoty. Hodnoty naměřené při pohybu okolo měření jsou srovnatelné se stávající laboratoří. V případě měření za klidu a se spuštěnou klimatizací se hodnoty liší. Za klidu bylo naměřeno ve stávající laboratoři 0,06 $m.s^{-1}$, zde se proudění neprojevilo. U spuštěné klimatizace se hodnoty liší o řád. U stávají laboratoře byla naměřena rychlost proudění vzduchu 0,14 $m.s^{-1}$, kdežto v nových prostorách pouze 0,01 $m.s^{-1}$. Z těchto hodnot je patrné, že klimatizace nemá výrazný vliv na prostředí v místnosti.

Měření	Popis	Teplota [°C]	Rychlost proudění vzduchu [$m.s^{-1}$]
1	Měření za klidu	20±0,5	±0,00
2	Měření při puštěné klimatizaci		±0,01
3	Měření při pohybu		±0,36

Tabulka 6 Proměření teploty a proudění vzduchu.

Autokolimátorem zaměřeným na rovinné zrcátko ve vzdálenosti 30 cm byly provedeny 3 případy měření. Každý případ byl proměřen 10x. Při každém měření bylo zaznamenáno 100 hodnot. Jelikož v nové laboratoři ještě není potřebné vybavení, všechna tři měření byla prováděna pouze na podlaze. Naměřené hodnoty byly zpřehledněny do tabulek. Z důvodu velkého množství naměřených hodnoty se kompletní tabulky nacházejí v Příloze 4.

3 případy měření:

1. Měření prováděné za klidu s tubusem

Toto měření bylo prováděno za úplného klidu v místnosti a byla zde vypnutá světla. Na autokolimátoru, který byl ustaven na podlaze místnosti, byl nasazen papírový tubus vedoucí až k zrcátku, který sloužil k tomu, aby zabránil jakémukoliv proudění vzduchu, jak je zobrazeno na obrázku 25. Při měření byla zaznamenána okamžitá teplota 20,1°C a rychlost proudění vzduchu nevykazovala žádné hodnoty.

Hodnoty vygenerované autokolimátorem z tohoto měření byly po přepočtu zpracovány do tabulky. Prvních deset a posledních deset naměřených hodnot jsou zobrazeny v tabulce 13.

2. Měření prováděné při pohybu s tubusem

Druhé měření bylo realizováno při pohybu okolo měřicího autokolimátoru. Při měření byla v místnosti vypnutá světla a i v tomto případě byla na autokolimátoru nasazen papírový tubus (viz obrázek 25). Hodnota zaznamenané teploty při tomto měření měla stálou hodnotu 20,1°C. Rychlost proudění vzduchu se vlivem pohybu okolo měřicí soustavy zvýšila na hodnotu 0,05 $m.s^{-1}$. Zredukované naměřené a přepočtené hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 14.



Obrázek 25 Měření za klidu s tubusem.

3. Měření prováděné v klidu bez tubusu

Třetí měření bylo opět prováděno za úplného klidu v místnosti a s vypnutými světly. Ovšem v tomto případě na autokolimátoru nebyl nasazen tubus, jak je znázorněno na obrázku 26. při tomto měření byla opět zaznamenána teplota 20,1 °C a rychlost proudění vzduchu nevykazovala žádné hodnoty. Hodnoty vygenerované autokolimátorem z tohoto měření byly po přepočtu zpracovány do tabulky, která se z důvodu velkého počtu hodnot nachází v Příloze 4. Prvních deset a posledních deset naměřených hodnot jsou zobrazeny v tabulce 15.



Obrázek 26 Měření za klidu bez tubusu.

V tabulce 7 jsou přehledně uvedeny hodnoty teploty a rychlosti proudění vzduchu, které byly zaznamenány u jednotlivých případů měření v nových prostorách.

Měření	Popis	Teplota [°C]	Rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]
1	Měření prováděné v klidu (tubus)	20,1	±0,00
2	Měření prováděné při pohybu okolo měřicího autokolimátoru (tubus)	20,1	±0,05
3	Měření prováděné v klidu	20,1	±0,00

Tabulka 7 Měření teploty a proudění vzduchu při měření autokolimátorem.

Při těchto měřeních byla dodržena zásada stálé teploty, jelikož se měřilo při neměnné teplotě 20,1°C. Tato hodnota vyhovuje podmínkám i pro nejpřesnější měření. Takže i tento nedostatek stávající laboratoře se v nových prostorách neprojevil.

Posledním důležitým parametrem, na který bylo poukázáno, je rychlost proudění vzduchu. Jak je patrné z tabulky 7, i tento nedostatek v nových prostorách nedosahuje nepříznivých hodnot. Při měření za klidu (s tubusem i bez tubusu) v místnosti neproudil žádný vzduch. Pouze při pohybu okolo měřicího autokolimátoru se zrcátkem se mírně rychlost proudění vzduchu projevila. Tomuto jevu ovšem nelze nijak zabránit.

10.3 Zhodnocení a porovnání měření v laboratořích

Na následujících několika stránkách jsou uvedeny nejen tabulky z jednotlivých měření, ale jsou zde také posouzeny hodnoty naměřené autokolimátorem, který byl zaměřen na zrcátko, od kterého se odrážel paprsek autokolimátoru, ve vzdálenosti 30 cm.

Měření	[´]																					
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	-0,385	-0,875	-0,39	-0,905	-0,41	-0,91	-0,405	-0,925	-0,4	-0,925	-0,39	-0,92	-0,39	-0,945	-0,41	-0,965	-0,37	-0,98	-0,405	-0,995		
2	-0,41	-0,855	-0,385	-0,875	-0,43	-0,88	-0,4	-0,935	-0,425	-0,955	-0,4	-0,955	-0,405	-0,91	-0,35	-0,94	-0,335	-0,975	-0,38	-0,955		
3	-0,41	-0,89	-0,415	-0,89	-0,375	-0,875	-0,395	-0,89	-0,385	-0,915	-0,395	-0,955	-0,395	-0,925	-0,38	-0,965	-0,37	-0,97	-0,375	-0,985		
4	-0,425	-0,88	-0,41	-0,855	-0,41	-0,895	-0,405	-0,92	-0,395	-0,92	-0,385	-0,945	-0,395	-0,95	-0,4	-0,98	-0,355	-0,97	-0,395	-0,97		
5	-0,395	-0,87	-0,395	-0,87	-0,41	-0,85	-0,38	-0,925	-0,405	-0,925	-0,38	-0,905	-0,375	-0,915	-0,405	-0,95	-0,425	-0,965	-0,405	-0,975		
6	-0,395	-0,865	-0,4	-0,885	-0,41	-0,9	-0,405	-0,93	-0,395	-0,955	-0,4	-0,98	-0,375	-0,95	-0,375	-0,975	-0,4	-0,95	-0,365	-0,975		
7	-0,395	-0,86	-0,405	-0,895	-0,385	-0,865	-0,45	-0,94	-0,375	-0,935	-0,39	-0,89	-0,375	-0,925	-0,415	-0,96	-0,385	-0,985	-0,36	-0,945		
8	-0,445	-0,89	-0,41	-0,885	-0,425	-0,875	-0,41	-0,91	-0,37	-0,93	-0,365	-0,925	-0,385	-0,915	-0,405	-0,96	-0,38	-0,92	-0,375	-0,985		
9	-0,395	-0,845	-0,385	-0,88	-0,375	-0,885	-0,42	-0,945	-0,375	-0,94	-0,42	-0,93	-0,355	-0,95	-0,37	-0,97	-0,4	-1,01	-0,4	-0,975		
10	-0,42	-0,845	-0,415	-0,875	-0,395	-0,875	-0,385	-0,905	-0,39	-0,91	-0,395	-0,925	-0,42	-0,94	-0,4	-0,94	-0,39	-0,95	-0,39	-0,985		
90	-0,375	-0,87	-0,425	-0,88	-0,37	-0,905	-0,39	-0,935	-0,365	-0,96	-0,4	-0,93	-0,375	-0,99	-0,425	-0,97	-0,38	-0,965	-0,38	-0,97		
91	-0,415	-0,9	-0,39	-0,865	-0,425	-0,95	-0,41	-0,935	-0,405	-0,965	-0,415	-0,92	-0,4	-0,96	-0,39	-0,96	-0,38	-0,96	-0,365	-0,955		
92	-0,38	-0,89	-0,41	-0,875	-0,355	-0,9	-0,39	-0,925	-0,4	-0,94	-0,36	-0,95	-0,365	-0,98	-0,4	-0,95	-0,39	-1	-0,4	-0,985		
93	-0,425	-0,875	-0,445	-0,895	-0,39	-0,905	-0,415	-0,895	-0,375	-0,95	-0,37	-0,965	-0,345	-0,945	-0,4	-0,94	-0,38	-0,965	-0,37	-0,965		
94	-0,41	-0,875	-0,4	-0,885	-0,4	-0,905	-0,415	-0,895	-0,375	-0,96	-0,4	-0,955	-0,365	-0,97	-0,415	-0,97	-0,4	-0,955	-0,44	-0,95		
95	-0,43	-0,885	-0,42	-0,89	-0,4	-0,9	-0,405	-0,94	-0,375	-0,965	-0,36	-0,94	-0,4	-0,965	-0,405	-0,965	-0,41	-0,955	-0,395	-0,97		
96	-0,435	-0,86	-0,405	-0,87	-0,425	-0,91	-0,395	-0,955	-0,365	-0,925	-0,41	-0,945	-0,4	-0,98	-0,4	-0,98	-0,385	-0,945	-0,39	-0,96		
97	-0,4	-0,88	-0,41	-0,895	-0,4	-0,875	-0,38	-0,915	-0,39	-0,935	-0,41	-0,95	-0,44	-0,955	-0,365	-0,965	-0,42	-0,985	-0,425	-0,955		
98	-0,355	-0,895	-0,365	-0,875	-0,385	-0,915	-0,41	-0,96	-0,385	-0,945	-0,425	-0,965	-0,415	-0,95	-0,415	-0,94	-0,42	-0,965	-0,38	-0,95		
99	-0,42	-0,91	-0,425	-0,86	-0,4	-0,905	-0,39	-0,93	-0,4	-0,95	-0,39	-0,93	-0,405	-0,965	-0,39	-0,97	-0,385	-0,975	-0,375	-0,98		
100	-0,405	-0,86	-0,425	-0,895	-0,38	-0,925	-0,4	-0,93	-0,43	-0,95	-0,395	-0,925	-0,39	-0,955	-0,41	-0,945	-0,38	-0,955	-0,39	-0,975		
s	0,01886	0,01923	0,01887	0,02019	0,02077	0,02042	0,01950	0,01906	0,01861	0,01878	0,01823	0,01945	0,02227	0,02185	0,01970	0,01871	0,02022	0,01781	0,01970	0,01613		

Tabulka 8 Měření stávající laboratoře autokolimátorem (tubus).

Měření	[´´]																							
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	-0,74	0,03	-0,835	0,005	-0,78	0,005	-0,79	-0,04	-0,75	-0,075	-0,805	-0,055	-0,75	-0,005	-0,75	0,015	-0,665	0,035	-0,705	-0,045
2	-0,74	0,05	-0,82	0,03	-0,815	-0,03	-0,82	-0,06	-0,755	-0,055	-0,78	-0,06	-0,75	0,01	-0,805	0,035	-0,665	-0,005	-0,705	-0,015
3	-0,735	0,035	-0,785	0,01	-0,805	-0,01	-0,805	0	-0,755	-0,02	-0,775	-0,105	-0,745	-0,035	-0,78	0,03	-0,7	0,02	-0,67	0,005
4	-0,75	0,02	-0,8	0,02	-0,77	0,01	-0,75	0,04	-0,785	-0,02	-0,79	-0,04	-0,725	-0,025	-0,745	0,025	-0,675	0,035	-0,705	-0,015
5	-0,755	0	-0,82	0,04	-0,805	-0,03	-0,75	0,11	-0,765	-0,075	-0,74	0,01	-0,745	0,025	-0,7	0,045	-0,68	0,015	-0,68	-0,015
6	-0,735	-0,045	-0,775	-0,005	-0,76	-0,06	-0,72	0,13	-0,725	0	-0,77	0,01	-0,72	0,02	-0,73	0,03	-0,705	0,04	-0,705	0,015
7	-0,8	-0,03	-0,79	-0,02	-0,775	-0,045	-0,78	0,14	-0,72	0,01	-0,75	-0,005	-0,74	-0,01	-0,73	0,07	-0,69	0,005	-0,665	0,005
8	-0,8	-0,03	-0,81	0,015	-0,81	-0,01	-0,83	0,19	-0,7	0,01	-0,73	0,02	-0,73	-0,015	-0,715	0,07	-0,7	0,04	-0,69	0,025
9	-0,85	0,01	-0,81	0,02	-0,82	-0,04	-0,865	0,105	-0,69	-0,02	-0,705	0,025	-0,755	0,05	-0,74	0,07	-0,705	0,01	-0,675	0,01
10	-0,85	0,03	-0,84	0,045	-0,825	-0,065	-0,855	0,105	-0,72	0,035	-0,705	-0,01	-0,755	0,005	-0,74	0,03	-0,665	0,025	-0,675	0,055
90	-0,775	0,07	-0,78	0,03	-0,735	0,065	-0,715	0,07	-0,775	-0,01	-0,765	-0,11	-0,81	-0,02	-0,775	0,025	-0,805	0,05	-0,715	0,045
91	-0,8	0,07	-0,765	0,04	-0,775	0,075	-0,685	0,05	-0,75	-0,085	-0,77	-0,095	-0,775	-0,025	-0,77	0,015	-0,775	-0,01	-0,725	0,07
92	-0,87	0,13	-0,74	0,04	-0,825	0	-0,715	0,03	-0,795	-0,055	-0,79	-0,04	-0,795	0,05	-0,745	0,04	-0,835	-0,05	-0,735	0,025
93	-0,915	0,135	-0,775	0,035	-0,86	0,03	-0,71	0,075	-0,74	-0,05	-0,79	-0,03	-0,8	0,005	-0,75	0,045	-0,825	-0,03	-0,695	0,12
94	-0,865	0,15	-0,795	0	-0,88	-0,005	-0,695	0,015	-0,745	-0,02	-0,805	0	-0,765	0	-0,745	0,045	-0,775	-0,03	-0,725	0,115
95	-0,845	0,13	-0,75	0,035	-0,86	0	-0,68	-0,02	-0,725	-0,06	-0,78	0	-0,775	-0,005	-0,715	0,05	-0,82	-0,075	-0,7	0,045
96	-0,785	0,09	-0,755	0	-0,83	-0,02	-0,705	-0,055	-0,695	-0,035	-0,81	-0,01	-0,79	0,03	-0,65	0,05	-0,75	-0,03	-0,71	0,055
97	-0,825	0,04	-0,785	-0,01	-0,81	0,025	-0,71	-0,005	-0,77	-0,07	-0,8	-0,005	-0,75	0	-0,66	0,065	-0,745	-0,03	-0,715	0,07
98	-0,83	0,06	-0,77	0,01	-0,81	-0,005	-0,74	-0,03	-0,77	-0,04	-0,745	0,005	-0,75	0	-0,68	0,08	-0,735	-0,03	-0,715	0,065
99	-0,85	0,035	-0,74	0	-0,815	-0,05	-0,76	-0,01	-0,78	-0,055	-0,75	-0,02	-0,73	0,06	-0,645	0,06	-0,735	-0,06	-0,68	0,055
100	-0,855	0,055	-0,77	0,01	-0,835	-0,1	-0,755	-0,03	-0,77	-0,04	-0,775	-0,02	-0,705	0,035	-0,66	0,045	-0,715	0	-0,715	0,065
s	0,05243	0,06143	0,04582	0,05194	0,03659	0,04391	0,04551	0,05761	0,03738	0,03661	0,04967	0,07910	0,03275	0,03196	0,03579	0,04413	0,04433	0,04253	0,02964	0,03691

Tabulka 9 Měření stávající laboratoře za klidu.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[°]																					
1	-0,71	0,205	-0,705	0,07	-0,7	0,2	-0,685	0,025	-0,695	0,08	-0,775	-0,03	-0,685	0,12	-0,8	0,095	-0,67	0,065	-0,665	0,065
2	-0,695	0,22	-0,71	0,115	-0,745	0,18	-0,71	0,005	-0,735	0,115	-0,7	-0,02	-0,705	0,11	-0,765	0,18	-0,68	0,07	-0,635	0,085
3	-0,65	0,23	-0,72	0,125	-0,755	0,175	-0,705	-0,06	-0,805	0,115	-0,755	0,015	-0,66	0,175	-0,71	0,21	-0,66	0,03	-0,7	0,095
4	-0,585	0,245	-0,75	0,16	-0,73	0,13	-0,7	-0,02	-0,85	0,025	-0,795	0,01	-0,705	0,17	-0,66	0,265	-0,665	0	-0,68	0,04
5	-0,595	0,255	-0,765	0,155	-0,71	0,165	-0,7	-0,005	-0,93	0,01	-0,815	0,06	-0,72	0,19	-0,615	0,255	-0,67	0,035	-0,645	0
6	-0,595	0,185	-0,765	0,185	-0,76	0,11	-0,725	-0,005	-0,84	0,035	-0,755	0,08	-0,69	0,2	-0,74	0,145	-0,645	0,03	-0,645	-0,025
7	-0,59	0,205	-0,765	0,205	-0,725	0,115	-0,735	0,01	-0,75	0,095	-0,76	0,065	-0,72	0,145	-0,675	0,15	-0,67	0,01	-0,605	0,1
8	-0,53	0,165	-0,775	0,14	-0,74	0,145	-0,755	0,04	-0,615	0,2	-0,765	-0,025	-0,75	0,075	-0,615	0,115	-0,635	0,015	-0,58	0,115
9	-0,585	0,165	-0,795	0,12	-0,76	0,115	-0,78	-0,04	-0,6	0,16	-0,705	0,02	-0,81	0,025	-0,665	0,075	-0,64	0,04	-0,555	0,125
10	-0,585	0,145	-0,775	0,18	-0,765	0,13	-0,8	-0,05	-0,655	0,045	-0,665	0,08	-0,8	0,085	-0,79	0,07	-0,69	0,005	-0,49	0,16
90	-0,665	-0,065	-0,76	-0,09	-0,715	0,07	-0,7	0,09	-0,765	-0,115	-0,705	0,065	-0,57	0,07	-0,715	0,1	-0,665	0,055	-0,865	0,205
91	-0,665	-0,045	-0,74	0,01	-0,725	0,035	-0,73	0,11	-0,7	-0,12	-0,72	0,085	-0,605	0,115	-0,765	0,085	-0,625	0,085	-0,865	0,17
92	-0,705	0	-0,705	-0,035	-0,74	0,035	-0,75	0,055	-0,635	-0,105	-0,72	0,14	-0,605	0,12	-0,76	0,09	-0,7	0,105	-0,84	0,12
93	-0,705	-0,04	-0,71	0,015	-0,755	0,015	-0,645	0,035	-0,64	-0,065	-0,665	0,215	-0,745	0,1	-0,785	0,18	-0,675	0,095	-0,835	0,06
94	-0,75	-0,01	-0,69	0,04	-0,725	0,025	-0,56	0,06	-0,615	-0,035	-0,7	0,26	-0,665	0,125	-0,81	0,15	-0,655	0,09	-0,76	0,045
95	-0,805	-0,01	-0,67	0,07	-0,67	0,06	-0,71	0,005	-0,655	-0,075	-0,695	0,255	-0,715	0,105	-0,83	0,175	-0,63	0,005	-0,74	0,05
96	-0,785	-0,03	-0,66	0,105	-0,665	0,035	-0,735	0,01	-0,65	0,005	-0,69	0,23	-0,665	0,21	-0,77	0,16	-0,575	0,035	-0,735	0,005
97	-0,775	-0,04	-0,66	0,145	-0,69	0,05	-0,77	0,05	-0,675	0,01	-0,7	0,145	-0,685	0,17	-0,77	0,115	-0,695	0,105	-0,695	0,015
98	-0,76	0,02	-0,65	0,165	-0,715	0,025	-0,77	0,105	-0,61	0,05	-0,77	0,19	-0,675	0,205	-0,725	0,115	-0,615	0,1	-0,73	0,01
99	-0,77	0,1	-0,64	0,195	-0,695	0,02	-0,755	0,11	-0,62	0,035	-0,73	0,145	-0,75	0,215	-0,705	0,095	-0,7	0,085	-0,695	-0,005
100	-0,715	0,065	-0,705	0,19	-0,69	0,015	-0,755	0,075	-0,74	-0,005	-0,73	0,135	-0,75	0,21	-0,685	0,08	-0,675	0,095	-0,73	0,03
s	0,09237	0,10309	0,04728	0,06831	0,04188	0,06588	0,07126	0,08720	0,08424	0,09228	0,06799	0,07184	0,06301	0,07821	0,05418	0,04860	0,07372	0,06403	0,10181	0,07321

Tabulka 10 Měření stávající laboratoře v klidu autokolimátorem s puštěnou klimatizací.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-0,87	0,185	-0,795	0,13	-0,7	0,095	-0,745	0,22	-0,845	0,18	-0,815	0,09	-0,74	0,125	-0,895	0,125	-0,82	0,225	-0,81	0,15
2	-0,85	0,23	-0,785	0,11	-0,715	0,14	-0,725	0,21	-0,84	0,16	-0,795	0,09	-0,795	0,13	-0,88	0,105	-0,78	0,295	-0,82	0,12
3	-0,8	0,27	-0,825	0,135	-0,715	0,09	-0,715	0,135	-0,84	0,165	-0,835	0,11	-0,8	0,15	-0,845	0,14	-0,805	0,205	-0,85	0,045
4	-0,775	0,22	-0,785	0,13	-0,705	0,13	-0,72	0,2	-0,84	0,165	-0,84	0,1	-0,78	0,125	-0,84	0,125	-0,83	0,225	-0,795	0,045
5	-0,73	0,165	-0,76	0,155	-0,705	0,095	-0,68	0,23	-0,85	0,15	-0,85	0,075	-0,785	0,16	-0,825	0,05	-0,8	0,18	-0,805	0,005
6	-0,74	0,11	-0,79	0,195	-0,71	0,07	-0,68	0,215	-0,835	0,16	-0,865	0,135	-0,795	0,11	-0,8	0,125	-0,785	0,195	-0,805	0,06
7	-0,69	0,055	-0,805	0,21	-0,735	0,115	-0,705	0,27	-0,8	0,145	-0,845	0,1	-0,8	0,18	-0,775	0,08	-0,82	0,21	-0,81	0,065
8	-0,765	0,135	-0,815	0,2	-0,755	0,135	-0,67	0,23	-0,79	0,12	-0,84	0,155	-0,825	0,21	-0,795	0,105	-0,78	0,255	-0,785	0,03
9	-0,745	0,08	-0,85	0,18	-0,785	0,07	-0,715	0,165	-0,805	0,11	-0,86	0,125	-0,825	0,15	-0,805	0,065	-0,79	0,195	-0,805	0,065
10	-0,765	0,16	-0,845	0,18	-0,755	0,085	-0,705	0,16	-0,75	0,095	-0,87	0,115	-0,875	0,145	-0,775	0,13	-0,8	0,165	-0,785	0,08
90	-0,765	0,06	-0,74	0,1	-0,855	0,225	-0,8	0,14	-0,83	0,08	-0,805	0,11	-0,785	0,255	-0,765	0,085	-0,765	0,145	-0,825	0,08
91	-0,75	0,09	-0,715	0,04	-0,82	0,17	-0,775	0,165	-0,835	0,065	-0,8	0,045	-0,775	0,235	-0,74	0,18	-0,785	0,1	-0,78	0,095
92	-0,695	0,135	-0,73	0,095	-0,785	0,205	-0,765	0,105	-0,83	0,105	-0,84	0,13	-0,81	0,325	-0,785	0,07	-0,775	0,115	-0,775	0,115
93	-0,725	0,1	-0,74	0,04	-0,79	0,165	-0,825	0,095	-0,795	0,07	-0,825	0,145	-0,81	0,255	-0,77	0,065	-0,825	0,11	-0,745	0,095
94	-0,725	0,085	-0,73	0,055	-0,805	0,145	-0,765	0,145	-0,785	0,035	-0,84	0,13	-0,82	0,305	-0,78	0,1	-0,795	0,12	-0,715	0,155
95	-0,725	0,11	-0,74	0,035	-0,785	0,175	-0,82	0,11	-0,8	0,085	-0,85	0,13	-0,79	0,255	-0,82	0,085	-0,795	0,08	-0,73	0,11
96	-0,735	0,085	-0,72	0,045	-0,78	0,18	-0,835	0,07	-0,795	0,075	-0,8	0,145	-0,835	0,28	-0,795	0,115	-0,785	0,075	-0,735	0,175
97	-0,745	0,08	-0,715	0,035	-0,8	0,19	-0,85	0,08	-0,815	0,075	-0,835	0,14	-0,85	0,265	-0,825	0,12	-0,795	0,065	-0,74	0,14
98	-0,76	0,165	-0,705	0,045	-0,745	0,19	-0,845	0,06	-0,825	0,07	-0,815	0,115	-0,88	0,175	-0,785	0,205	-0,8	0,055	-0,73	0,13
99	-0,79	0,135	-0,74	-0,01	-0,74	0,215	-0,86	0,105	-0,76	0,015	-0,785	0,16	-0,875	0,115	-0,8	0,195	-0,825	0,08	-0,775	0,175
100	-0,765	0,17	-0,73	0,02	-0,74	0,18	-0,855	0,095	-0,83	0,06	-0,79	0,155	-0,855	0,095	-0,825	0,225	-0,81	0,09	-0,75	0,14
s	0,05377	0,07497	0,04129	0,06889	0,04003	0,06583	0,04774	0,04198	0,02901	0,05032	0,05974	0,05298	0,04630	0,07095	0,03242	0,04323	0,04856	0,06404	0,05227	0,10451

Tabulka 11 Měření stávající laboratoře při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-0,355	5,475	-0,3	6,195	-0,195	5,57	-0,005	4,03	-0,175	6,465	-0,085	6,36	-0,025	5,5	-0,025	6,05	0,06	5,99	0,04	6,54
2	-0,315	4,385	-0,31	5,99	-0,085	4,395	-0,09	5,015	0	4,385	-0,075	6,295	0,09	4,135	0,09	4,83	-0,04	6,845	0,195	4,815
3	-0,235	3,015	-0,195	5,03	-0,075	4,005	-0,15	6,19	0,05	4,14	0,005	5,01	0,13	4,075	0,165	4	0,015	6,175	0,21	4,775
4	-0,215	3,02	-0,18	3,92	-0,08	4,11	-0,19	6,335	0,01	4,61	0,075	4,05	0,08	4,53	0,16	4,095	0,175	4,775	0,225	4,86
5	-0,3	3,78	-0,1	3,715	-0,115	5,245	-0,19	5,865	-0,11	6,18	0,135	4,02	0	5,625	0,125	5,175	0,155	4,69	0,065	6,1
6	-0,355	5,015	-0,185	4,525	-0,255	6,26	-0,05	4,765	-0,125	6,375	-0,005	5	-0,045	6,31	-0,02	6,37	0,105	5,81	0,025	7,02
7	-0,355	5,555	-0,25	5,485	-0,235	6,305	0,01	4,01	-0,05	5,625	-0,04	6,255	-0,055	6,02	-0,025	6,325	-0,04	7,165	-0,025	7,125
8	-0,32	5,145	-0,28	6,31	-0,23	5,715	-0,01	4,075	-0,08	4,665	-0,065	6,47	0,055	4,975	0,045	5,205	-0,01	6,67	0,04	6,47
9	-0,245	3,945	-0,29	5,94	-0,065	4,23	-0,07	4,785	0,035	4,105	-0,055	5,41	0,135	4,16	0,175	4,135	0,145	4,955	0,185	4,78
10	-0,185	3,205	-0,23	4,975	-0,07	4,03	-0,15	6,105	0,04	4,42	0,095	4,205	0,13	4,095	0,145	3,98	0,2	4,625	0,17	4,635
90	-0,155	4,225	-0,085	4,495	-0,225	6,47	-0,125	6,19	-0,09	6,12	0,115	4,065	0,105	4,215	0,17	4,355	0,2	4,68	0,18	5,045
91	-0,135	3,66	-0,21	5,54	-0,19	6,175	-0,035	4,935	0,025	4,845	0,105	4,45	0,14	4,075	0,05	6,185	0,2	4,795	0,255	4,84
92	-0,155	3,97	-0,28	6,34	-0,08	4,95	0,04	4,005	0,06	4,03	0,045	5,325	0,165	4,315	0,01	7,125	0,035	6,395	0,205	5,565
93	-0,265	5,07	-0,245	6,08	-0,015	4,02	0,03	4,03	0,085	4,125	-0,06	6,23	0,01	6,075	0,04	6,165	-0,015	7,12	0,035	7
94	-0,325	6,215	-0,185	5,08	-0,025	4,035	-0,04	4,935	-0,03	5,335	-0,02	6,06	-0,05	6,415	0,17	4,5	0,005	7,21	0	7,045
95	-0,32	6,085	-0,085	4,03	-0,035	4,54	-0,16	6,19	-0,145	6,35	0,065	4,92	0,02	5,72	0,17	4,305	0,045	6,215	0,095	6,245
96	-0,275	5,08	-0,065	4,01	-0,18	5,9	-0,06	5,255	-0,045	6,255	0,115	4,13	0,145	4,29	0,235	4,24	0,225	4,66	0,255	4,82
97	-0,155	3,775	-0,105	4,185	-0,19	6,355	-0,01	4,625	-0,015	5,09	0,09	4,265	0,18	4,085	0,195	4,165	0,22	4,675	0,235	4,82
98	-0,1	3,72	-0,19	5,405	-0,175	6,105	0,01	4,79	0,065	4,06	0,06	5,2	0,15	4,295	0,185	4,205	0,17	5,33	0,175	5,75
99	-0,195	4,35	-0,265	6,37	-0,055	4,815	-0,15	6,435	0,065	4,08	-0,04	6,21	0,01	5,82	0,13	5,145	0,025	6,805	0,055	7,085
100	-0,28	5,48	-0,265	6,285	-0,03	4,1	-0,15	6,555	-0,005	5,125	-0,045	6,275	-0,03	6,355	0,015	6,58	0,01	7	0,005	7,085
s	0,07211	0,97339	0,07515	0,91469	0,08078	0,90996	0,07882	0,89516	0,07127	0,90097	0,07195	0,87607	0,07606	0,84358	0,07813	0,98998	0,08464	0,96256	0,08695	0,94181

Tabulka 12 Měření stávající laboratoře na podlaze autokolimátorem (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																							
1	-1,865	4,19	-1,875	4,28	-1,85	4,345	-1,835	4,335	-1,875	4,425	-1,85	4,445	-1,885	4,485	-1,865	4,525	-1,88	4,565	-1,93	4,61
2	-1,885	4,25	-1,87	4,275	-1,82	4,335	-1,84	4,345	-1,835	4,42	-1,885	4,46	-1,86	4,49	-1,915	4,52	-1,905	4,61	-1,925	4,57
3	-1,85	4,22	-1,855	4,24	-1,855	4,345	-1,885	4,365	-1,87	4,365	-1,9	4,42	-1,865	4,495	-1,91	4,555	-1,865	4,535	-1,88	4,6
4	-1,82	4,185	-1,845	4,27	-1,8	4,34	-1,85	4,355	-1,87	4,36	-1,87	4,47	-1,895	4,46	-1,905	4,505	-1,915	4,555	-1,92	4,645
5	-1,85	4,205	-1,875	4,26	-1,835	4,32	-1,855	4,35	-1,84	4,4	-1,94	4,415	-1,875	4,48	-1,88	4,53	-1,855	4,56	-1,87	4,56
6	-1,81	4,16	-1,83	4,28	-1,84	4,335	-1,865	4,345	-1,86	4,39	-1,865	4,46	-1,83	4,46	-1,88	4,54	-1,915	4,6	-1,895	4,55
7	-1,835	4,25	-1,85	4,255	-1,88	4,325	-1,87	4,33	-1,845	4,455	-1,87	4,44	-1,885	4,46	-1,845	4,515	-1,915	4,565	-1,91	4,605
8	-1,825	4,265	-1,835	4,245	-1,87	4,35	-1,845	4,38	-1,9	4,435	-1,845	4,445	-1,905	4,49	-1,875	4,56	-1,87	4,58	-1,9	4,6
9	-1,84	4,2	-1,84	4,235	-1,835	4,37	-1,875	4,375	-1,92	4,39	-1,865	4,46	-1,845	4,525	-1,89	4,48	-1,87	4,57	-1,88	4,575
10	-1,835	4,175	-1,84	4,295	-1,82	4,31	-1,875	4,36	-1,885	4,405	-1,85	4,455	-1,89	4,49	-1,89	4,525	-1,905	4,54	-1,905	4,61
90	-1,84	4,28	-1,885	4,33	-1,87	4,34	-1,835	4,405	-1,855	4,455	-1,865	4,5	-1,865	4,54	-1,895	4,54	-1,875	4,605	-1,925	4,64
91	-1,84	4,22	-1,805	4,275	-1,825	4,315	-1,86	4,365	-1,88	4,46	-1,865	4,495	-1,885	4,55	-1,885	4,54	-1,885	4,585	-1,915	4,66
92	-1,845	4,305	-1,835	4,325	-1,885	4,3	-1,885	4,42	-1,87	4,415	-1,89	4,46	-1,86	4,51	-1,885	4,53	-1,94	4,58	-1,91	4,635
93	-1,8	4,25	-1,865	4,345	-1,855	4,345	-1,845	4,41	-1,84	4,445	-1,865	4,505	-1,86	4,535	-1,895	4,535	-1,93	4,58	-1,88	4,58
94	-1,86	4,255	-1,815	4,31	-1,85	4,345	-1,85	4,355	-1,895	4,435	-1,84	4,515	-1,85	4,51	-1,845	4,54	-1,91	4,61	-1,91	4,635
95	-1,825	4,275	-1,81	4,315	-1,82	4,35	-1,885	4,415	-1,875	4,43	-1,89	4,465	-1,845	4,535	-1,875	4,53	-1,905	4,595	-1,935	4,63
96	-1,84	4,225	-1,86	4,34	-1,87	4,32	-1,87	4,42	-1,905	4,42	-1,885	4,46	-1,85	4,5	-1,935	4,53	-1,9	4,585	-1,94	4,6
97	-1,8	4,26	-1,835	4,37	-1,835	4,35	-1,88	4,42	-1,855	4,43	-1,88	4,5	-1,87	4,525	-1,895	4,595	-1,925	4,59	-1,925	4,615
98	-1,835	4,28	-1,84	4,315	-1,845	4,37	-1,825	4,37	-1,885	4,435	-1,9	4,49	-1,9	4,52	-1,915	4,575	-1,89	4,585	-1,895	4,66
99	-1,845	4,22	-1,84	4,32	-1,89	4,38	-1,875	4,425	-1,85	4,45	-1,865	4,475	-1,87	4,53	-1,91	4,56	-1,87	4,62	-1,905	4,585
100	-1,83	4,215	-1,83	4,3	-1,875	4,335	-1,86	4,38	-1,855	4,45	-1,88	4,465	-1,815	4,555	-1,87	4,52	-1,905	4,57	-1,89	4,665
s	0,02274	0,04012	0,02044	0,03380	0,02179	0,02190	0,02005	0,02505	0,02281	0,02497	0,01985	0,02641	0,02040	0,02373	0,02201	0,02550	0,02545	0,02257	0,01898	0,02603

Tabulka 13 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-2,995	132,19	-3,01	132,335	-2,895	132,39	-3,005	132,525	-3,08	132,61	-3,08	132,695	-3,07	132,805	-3,065	132,93	-3,045	133,08	-3,04	133,155
2	-2,975	132,185	-3,045	132,32	-2,945	132,42	-2,97	132,495	-3,015	132,58	-3,05	132,73	-3,035	132,825	-3	132,935	-3,04	133,005	-2,99	133,155
3	-2,995	132,22	-3	132,335	-2,93	132,37	-2,99	132,525	-3,065	132,63	-3,075	132,7	-3,05	132,83	-2,99	132,97	-3,025	133,005	-3,025	133,155
4	-2,96	132,18	-2,95	132,325	-2,945	132,395	-2,98	132,53	-3,06	132,625	-3,08	132,69	-3,075	132,86	-3,09	132,945	-3,05	133,035	-3,04	133,115
5	-3,025	132,205	-3,02	132,35	-2,98	132,38	-3,025	132,495	-3,03	132,58	-3,06	132,71	-3,06	132,79	-3	132,935	-3,05	133,05	-3,025	133,135
6	-3,075	132,245	-2,985	132,35	-2,945	132,37	-3,005	132,515	-3,045	132,6	-3,035	132,695	-3,06	132,825	-3,035	132,965	-3,075	133,04	-3,02	133,155
7	-3,055	132,19	-2,99	132,36	-2,935	132,365	-2,985	132,515	-3,055	132,61	-3,06	132,755	-3,075	132,795	-3,035	132,905	-3,065	133,04	-2,995	133,12
8	-3,025	132,2	-3	132,385	-2,93	132,42	-3	132,545	-3,065	132,61	-3,04	132,725	-3,05	132,82	-3,06	132,945	-3,055	132,995	-3,01	133,13
9	-3,035	132,145	-2,94	132,355	-2,91	132,36	-3,01	132,525	-3,03	132,585	-3,035	132,735	-3,055	132,845	-3,075	132,935	-3,1	133,02	-3,045	133,125
10	-3,04	132,18	-2,945	132,375	-2,92	132,39	-3	132,57	-3,08	132,64	-3,07	132,71	-3	132,82	-3,04	132,905	-3,04	133	-3,015	133,115
90	-2,99	132,23	-2,82	132,355	-3	132,505	-3,055	132,605	-3,035	132,72	-3,06	132,79	-3,02	132,935	-2,98	133,09	-2,97	133,16	-3,01	133,275
91	-2,96	132,245	-2,86	132,385	-2,965	132,55	-3,035	132,605	-3,06	132,68	-3,035	132,835	-3,04	132,945	-3,035	133,115	-2,995	133,19	-3,015	133,3
92	-2,985	132,25	-2,835	132,39	-2,955	132,52	-3,03	132,595	-3,075	132,735	-3,07	132,79	-3	132,93	-3,025	133,09	-3	133,145	-3,045	133,315
93	-2,97	132,25	-2,85	132,355	-2,985	132,545	-3,02	132,6	-3,04	132,74	-3,075	132,81	-3,03	132,945	-3,035	133,06	-3	133,145	-2,985	133,295
94	-2,965	132,275	-2,815	132,38	-2,975	132,565	-3,045	132,585	-3,07	132,73	-3,09	132,81	-3,06	132,915	-3,065	133,06	-3,015	133,15	-3	133,265
95	-2,985	132,235	-2,805	132,365	-2,955	132,56	-3,055	132,6	-3,045	132,7	-3,045	132,81	-3,06	132,965	-3,02	133,1	-2,99	133,135	-3,05	133,25
96	-3,025	132,26	-2,825	132,42	-2,97	132,555	-3,065	132,635	-3,07	132,73	-3,045	132,79	-3,065	132,905	-3,025	133,075	-3,015	133,135	-3,04	133,28
97	-2,97	132,27	-2,82	132,38	-2,94	132,515	-3,04	132,595	-3,07	132,73	-3,035	132,805	-3,05	132,905	-3,06	133,04	-3	133,16	-3,055	133,265
98	-3	132,305	-2,835	132,36	-2,955	132,53	-3,025	132,605	-3,05	132,71	-3,045	132,805	-3,02	132,935	-3,035	133,085	-3	133,15	-3,035	133,245
99	-2,975	132,325	-2,86	132,39	-3,01	132,55	-3,03	132,56	-3,03	132,735	-3,055	132,815	-3,025	132,975	-3,045	133,045	-3,035	133,16	-3,075	133,255
100	-2,98	132,275	-2,85	132,37	-2,975	132,52	-3,05	132,57	-3,045	132,71	-3,075	132,82	-3,045	132,93	-3,075	133,07	-2,985	133,12	-3,025	133,265
s	0,04143	0,04382	0,09554	0,03381	0,03424	0,04649	0,03310	0,03768	0,01899	0,03729	0,02082	0,04549	0,02212	0,057147	0,02160	0,05772	0,03616	0,05042	0,02872	0,05559

Tabulka 14 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-1,51	2,715	-1,505	2,775	-1,53	2,835	-1,56	2,84	-1,57	2,885	-1,575	3,015	-1,615	2,955	-1,575	3,24	-1,6	3,155	-1,615	3,335
2	-1,5	2,62	-1,5	2,825	-1,54	2,785	-1,525	2,855	-1,56	2,91	-1,57	3,03	-1,585	3,02	-1,595	3,1	-1,67	3,14	-1,6	3,29
3	-1,505	2,705	-1,505	2,8	-1,54	2,78	-1,545	2,885	-1,55	2,95	-1,62	2,955	-1,59	3,04	-1,58	3,055	-1,62	3,1	-1,615	3,28
4	-1,485	2,75	-1,56	2,705	-1,555	2,85	-1,52	2,96	-1,56	2,975	-1,58	2,92	-1,58	3,02	-1,625	2,96	-1,61	3,145	-1,62	3,315
5	-1,44	2,845	-1,51	2,67	-1,505	2,89	-1,585	2,92	-1,55	2,975	-1,595	2,915	-1,575	3,06	-1,62	2,925	-1,615	3,215	-1,605	3,25
6	-1,47	2,815	-1,505	2,69	-1,495	2,935	-1,515	2,9	-1,57	2,95	-1,56	2,945	-1,595	3,135	-1,61	3,045	-1,63	3,215	-1,62	3,3
7	-1,465	2,725	-1,55	2,705	-1,555	2,815	-1,615	2,76	-1,565	2,885	-1,585	2,96	-1,56	3,01	-1,635	3,135	-1,6	3,18	-1,595	3,245
8	-1,455	2,57	-1,495	2,79	-1,595	2,63	-1,535	2,775	-1,57	2,91	-1,58	2,94	-1,6	3,075	-1,625	3,07	-1,635	3,2	-1,61	3,29
9	-1,515	2,575	-1,495	2,77	-1,545	2,61	-1,51	2,8	-1,54	2,92	-1,59	2,975	-1,615	3,105	-1,63	3,065	-1,575	3,285	-1,63	3,235
10	-1,53	2,565	-1,49	2,785	-1,54	2,665	-1,585	2,725	-1,505	2,925	-1,6	3,07	-1,6	3,1	-1,64	3,105	-1,65	3,185	-1,595	3,27
90	-1,525	2,8	-1,535	2,74	-1,55	2,785	-1,545	2,97	-1,585	3,085	-1,58	3,035	-1,575	3,215	-1,57	3,175	-1,615	3,24	-1,615	3,205
91	-1,49	2,775	-1,575	2,78	-1,55	2,86	-1,56	2,925	-1,565	3,055	-1,59	2,995	-1,58	3,14	-1,6	3,2	-1,65	3,215	-1,635	3,18
92	-1,515	2,725	-1,56	2,795	-1,54	2,89	-1,545	2,935	-1,555	3,09	-1,575	3,095	-1,605	3,18	-1,595	3,195	-1,64	3,25	-1,64	3,25
93	-1,52	2,72	-1,515	2,875	-1,54	2,93	-1,595	2,985	-1,55	3,08	-1,585	3,1	-1,63	3,11	-1,605	3,195	-1,615	3,185	-1,62	3,3
94	-1,53	2,62	-1,505	2,75	-1,54	2,865	-1,57	2,975	-1,58	3,03	-1,575	3,085	-1,61	3,11	-1,62	3,185	-1,62	3,125	-1,64	3,29
95	-1,495	2,69	-1,565	2,655	-1,55	2,855	-1,535	2,945	-1,575	3,035	-1,6	3,11	-1,57	3,14	-1,63	3,18	-1,635	3,16	-1,595	3,235
96	-1,52	2,745	-1,535	2,67	-1,57	2,83	-1,56	2,895	-1,58	2,94	-1,58	3,17	-1,64	3,185	-1,585	3,175	-1,63	3,185	-1,67	3,185
97	-1,48	2,74	-1,52	2,77	-1,53	2,83	-1,59	2,87	-1,585	2,98	-1,58	3,09	-1,61	3,19	-1,575	3,215	-1,585	3,235	-1,625	3,255
98	-1,535	2,75	-1,505	2,775	-1,565	2,855	-1,57	2,92	-1,55	2,995	-1,595	3,07	-1,59	3,165	-1,605	3,25	-1,6	3,18	-1,68	3,275
99	-1,495	2,785	-1,54	2,775	-1,58	2,905	-1,55	2,91	-1,58	3,02	-1,6	2,94	-1,555	3,145	-1,615	3,21	-1,635	3,215	-1,65	3,315
100	-1,55	2,83	-1,515	2,84	-1,54	2,885	-1,575	2,935	-1,57	3,04	-1,615	2,925	-1,585	3,215	-1,605	3,185	-1,645	3,255	-1,625	3,27
s	0,02435	0,08050	0,02438	0,05454	0,02107	0,06732	0,02617	0,07529	0,02166	0,05240	0,02160	0,05411	0,02195	0,05693	0,02200	0,05703	0,02165	0,05007	0,02053	0,04542

Tabulka 15 Měření nové laboratoře na podlaze při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).

Tabulka 8 udává hodnoty z měření ve stávající laboratoři, kdy na měřicím autokolimátoru byl nasazen tubus a měření probíhalo za úplného klidu v místnosti. Jak je vidět z tabulky, při sedmé sérii měření se hodnoty směrodatných odchylek v obou osách o něco zvýšily (x = 0,02227´´, y = 0,02185 ´´). Ačkoli měření probíhalo v místnosti za naprostého klidu, nebylo možné ovlivnit hluk v dalších místnostech. Právě při sedmé sérii měření se z místnosti nad laboratoří ozvala rána a autokolimátor tyto vibrace zaznamenal. Z toho je patrné, že autokolimátor je velice citlivý přístroj.

V tabulce 9 jsou zaznamenány hodnoty z měření stávající laboratoře prováděné za úplného klidu v místnosti, kdy na autokolimátoru tentokrát nebyl nasazen tubus. Je patrné, jak samotné proudění vzduchu v místnosti způsobuje vyšší hodnoty při měření bez tubusu oproti měření s tubusem. Tentokrát, při šesté sérii měření, se ozvala rána z vedlejší laboratoře a hodnoty směrodatných odchylek se vychýlily výrazně nahoru (x = 0,049671´´, y = 0,079997´´).

Je patrné že, byť v obou případech měření v klidu přerušily rány, pohyb ve stejném patře ovlivňuje měření výrazněji než v jiném poschodí. Ale i tak to provedené měření znehodnocuje. Tomuto se ovšem lze jen těžko vyhnout.

Měření prováděné ve stávající laboratoři za úplného klidu v místnosti pouze se spuštěnou klimatizací je vyobrazeno v tabulce 10. Při tomto měření byl na autokolimátoru nasazen tubus vedoucí až k rovinnému zrcátku. Jsou zde patrné vyšší hodnoty způsobené větším prouděním vzduchu, které byly vyvolané spuštěnou klimatizací. Při tomto měření byl v místnosti (i v okolních) naprostý klid, tudíž zvýšené hodnoty byly pouze důsledkem proudění vzduchu. Hodnoty nejsou stálé, což mohlo být zapříčiněno nárazovým proudění vzduchu v místnosti.

Tabulka 11 nám udává hodnoty naměřené ve stávající laboratoři při pohybu okolo měřicího autokolimátoru s nasazeným tubusem vedoucím k rovinnému zrcátku. Opět jsou zde očividné výkyvy hodnot, a to v obou měřených osách (x – osa, y – osa). To mohlo být způsobeno vibracemi z podlahy způsobené chůzí nebo nárazovým prouděním vzduchu vyvolaným pohybem okolo měřicího autokolimátoru.

Poslední měření ve stávající laboratoři bylo prováděno na podlaze místnosti a při pohybu okolo měřicí soustavy. Na autokolimátoru byl i tentokrát nasazen tubus.

Hodnoty z tohoto měření jsou zpřehledněny v tabulce 12. V tabulce jsou vidět obrovské výkyvy, a to především ve vertikální y – ose. Při tomto měření se u autokolimátoru pochodovalo na místě, aby se ukázalo, jak velký vliv má na dané měření chůze. Vzhledem v tomu, že stávající laboratoř se nachází v patře, je patrné, že podlaha není dostatečně stabilní pro metrologickou laboratoř.

V tabulce 16 jsou udány průměrné hodnoty směrodatných odchylek, v měřených osách, u každého případu měření prováděných ve stávající laboratoři.

Č. tabulky	Popis měření	s [´´]	
		x	y
8	Měření prováděné za klidu autokolimátorem (tubus)	0,019673	0,019163
9	Měření prováděné za klidu autokolimátorem	0,040993	0,048703
10	Měření prováděné při chůzi okolo autokolimátoru s klimatizací	0,069773	0,075264
11	Měření prováděné při chůzi okolo autokolimátoru (tubus)	0,045112	0,063769
12	Měření prováděné na podlaze při chůzi okolo autokolimátoru (tubus)	0,077585	0,920817

Tabulka 16 Průměrné hodnoty z jednotlivých variant měření ve stávající laboratoři.

Vzhledem k tomu, že prostory pro novou laboratoř nemají zatím potřebné vybavení, prováděly se všechny případy měření na podlaze místnosti.

První měření v nových prostorách bylo realizováno za úplného klidu v místnosti. Na autokolimátoru byl nasazen tubus, jako ochrana před prouděním vzduchu. Hodnoty z toho měření jsou zpracovány v tabulce 13. Při tomto měření se neobjevily žádné rušivé elementy jak v místnosti, tak v okolí. Tomu také odpovídají nízké hodnoty směrodatných odchylek.

Další měření bylo prováděno za stejných podmínek jako předchozí měření. Jen v tomto případě nebyl na autokolimátoru nasazen tubus. Hodnoty z tohoto měření jsou uvedeny v tabulce 14. Při tomto měření byly naměřeny hodnoty o něco vyšší než tomu bylo v předchozím případě. Jelikož bylo měření realizováno na podlaze místnosti, mohly být zvýšené hodnoty způsobené prouděním vzduchu, které šlo skrz mezerou u dveří. Ačkoli TESTO 425 termický anemometr nezaznamenal žádné proudění, autokolimátor tyto změny zaregistroval.

Poslední případ měření byl prováděn při pohybu okolo měřicího autokolimátoru. Stejně jako tomu bylo ve stávající laboratoři, objevily se větší výkyvy hodnot hlavně ve vertikální y – ose, jak je vidět z tabulky 15. Jak již bylo zmíněno,

nové prostory se nachází v suterénu budovy ČMI OI Liberec, tedy na pevných základech budovy. Kvůli tomuto faktu se předpokládalo, že výsledné hodnoty směrodatných odchylek budou nižší než tomu bylo u stejného měření ve stávající laboratoři. Tento předpoklad byl potvrzen.

V následující tabulce 17 jsou zobrazeny průměrné hodnoty směrodatných odchylek z každého měření prováděného v prostorách pro novou laboratoř.

Č. tabulky	Popis měření	s [´´]	
		x	y
13	Měření prováděné na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus)	0,021452	0,027008
14	Měření prováděné na podlaze za klidu autokolimátorem	0,035272	0,046546
15	Měření prováděné na podlaze při chůzi okolo autokolimátoru (tubus)	0,022536	0,059361

Tabulka 17 Průměrné hodnoty z jednotlivých variant měření v nové laboratoři.

V tabulce 18 jsou porovnány některé typy měření prováděné v obou laboratořích. V případě měření na podlaze obou laboratoří je patrný značný rozdíl. Hodnoty naměřené v nové laboratoři jsou více jak o řád nižší než ve stávající laboratoři. Měření prováděné na upevněné ocelové rovinné desce ve stávající laboratoři vykázalo přibližně stejné hodnoty jako u měření na podlaze v nové laboratoři. A to jak u měření s tubusem, tak bez tubusu. Nová laboratoř tedy více vyhovuje podmínkám pro přesná měření, kalibraci či ověřování v oboru rovinného úhlu.

Popis měření	Stávající laboratoř		Nová laboratoř	
	s [´´]		s [´´]	
	x	y	x	y
Měření na podlaze při chůzi okolo autokolimátoru (tubus)	0,077585	0,920817	0,022536	0,059361
Měření na rovinné desce za klidu autokolimátorem (tubus)	0,019673	0,019163	- - -	- - -
Měření na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus)	- - -	- - -	0,021452	0,027008
Měření na rovinné desce za klidu autokolimátorem	0,040993	0,048703	- - -	- - -
Měření na podlaze za klidu autokolimátorem	- - -	- - -	0,035272	0,046546

Tabulka 18 Porovnání vybraných měření v obou laboratořích.

11. Ekonomické zhodnocení

Z hlediska stavebních podmínek bylo po proměření prokázáno, že nové prostory jsou příznivější pro měření, kalibraci či ověřování v tomto oboru. Aby však mohlo být ještě přesnější, je důležité také pořídit nové a přesnější vybavení laboratoře.

V první řadě je nejdůležitější pořídit přesnější autokolimátor, jelikož je částí státního etalonu v oboru rovinného úhlu. Ve stávající laboratoři je používám autokolimátor ELCOMAT 3000 od firmy MÖLLER-WEDEL. V současné době je na trhu od stejné firmy autokolimátor ELCOMAT HR. Oba přístroje jsou graficky znázorněny na obrázku 27.



Obrázek 27 Autokolimátor Elcomat HR (vlevo) a Elcomat 3000 od firmy MÖLLER – WEDEL.

V následující tabulce 19 je porovnání obou autokolimátorů. Co se nejistoty měření týče, je ELCOMAT HR výrazně přesnější než ELCOMAT 3000. Naopak ELCOMAT HR má výrazně menší rozsah měření, toto ovšem není výraznou nevýhodou, jelikož se běžně měří autokolimátor v rozsahu 0 -10´´.

Produkt	Rozsah měření [´´]	Doporučené rozlišení [´´]	Nejistota měření
Elcomat HR	300	0,005	± 0,01´´ v kterémkoli rozsahu 10 úhlových vteřin ± 0,02´´ v kterémkoli rozsahu 40 úhlových vteřin ± 0,03´´ na celkového rozsahu
Elcomat 300	2000	0,05	± 0,1´´ v kterémkoli rozsahu 20 úhlových vteřin ± 0,25´´ na celkového rozsahu

Tabulka 19 Porovnání autokolimátorů.

V následujících tabulkách 20 a 21 je porovnání nákladů na pořízení jednotlivých autokolimátorů a jejich příslušenství.

Autokolimátor ELCOMAT 3000 a jeho příslušenství		
Produkt	**Firma**	**Cena [€]**
Autokolimátor ELCOMAT 3000	MÖLLER-WEDEL	33 000
Zrcátko		2 500
Držák		2 500
Software pro měření dělících hlav		3 200
Celkové náklady		**41 200 €**

Tabulka 20 Náklady na autokolimátor Elcomat 3000.

Autokolimátor ELCOMAT HR a jeho příslušenství		
Produkt	**Firma**	**Cena [€]**
Autokolimátor ELCOMAT HR	MÖLLER-WEDEL	80 000
Zrcátko		2 500
Trojnožka		1 900
12-boký skleněný polygon		8 300
Software pro rovinnost		3 300
Software pro měření dělících hlav		3 200
Celkové náklady		**99 200 €**

Tabulka 21 Náklady na autokolimátor Elcomat HR.

Při kurzu České národní banky *1 € = 24,740 Kč* ze dne *22.3.2012* se náklady v Kč na ELCOMAT HR vyšplhají na částku *2 454 208 Kč bez DPH*. V případě autokolimátoru ELCOMAT 3000 se jedná o částku *1 019 288 Kč bez DPH*.

Cena autokolimátoru ELCOMAT HR je více jak dvakrát vyšší než ELCOMAT 3000, což je ovšem cena za výrazně menší nejistotu měření.

Aby se měření provádělo na stabilní ploše, je také důležité pořídit stojan společně s granitovou deskou. Po porovnávání všech možných firem na trhu, byly vybrány prvky od firmy MYTRI B.V. Precision Granite (Nizozemsko). Zprostředkovatelem této firmy v České republice je firma DILL s.r.o.

Po pečlivém porovnávání kvalit a potřeb byly vybrány prvky zpřehledněné v následujících tabulkách:

Support stand (Safety Construction)			
Firma	**Popis**	**Rozměry [mm]**	**Cena [Kč] bez DPH**
MYTRI B.V. Precision Granite	Stojany jsou vyrobeny ze stabilní svařované krabice s 3-bodovými podporami a plochých desek, aby se zabránilo naklápění. Čtyři nastavitelné šrouby M16 namontované v nohách mají zajistit nastavitelné nohy o průměru 80 mm. Stojan je také vybaven konstrukcí pro ochranu žulové desky a především proti jejímu pohybu.	1200 x 800	20 285

Tabulka 22 Popis a náklady na stojan od firmy MYTRI B.V.

MYTRI Precision Surface Plate Fine Black Granite			
Firma	**Popis**	**Přesnost**	**Rozměry [mm]**
MYTRI B.V. Precision Granite	Mytri Fine Black Granite má broušený horní povrch DIN - standard, strany jsou leštěné a spodní strana je řezaná. Mytri Fine Black Granite je zdaleka nejlepší, nejvhodnější a stabilní žula pro použití jako je přesné měření. Deska má velmi jemnozrnnou strukturu.	DIN 876/00	1200x800x150
MµCAL Precision Black Granite Surface Plate			
Firma	**Popis**	**Přesnost**	**Rozměry [mm]**
MYTRI B.V. Precision Granite	Tato granitová deska má podobné vlastnosti jako Mytri Fine Black Granite, ale je méně kvalitní – rychlejší opotřebení.	DIN 876/00	1200x800x150

Tabulka 23 Porovnán granitových desek od firmy MYTRI B.V.



Obrázek 28 Stojan s granitovou deskou od firmy MYTRI B.V.

Produkt	Firma	Cena [Kč] bez DPH
MYTRI Precision Surface Plate Fine Black Granite	MYTRI B.V. Precision Granite	54 350
MµCAL Precision Black Granite Surface Plate		34 480

Tabulka 24 Porovnání cen granitových desek od firmy MYTRI B.V.

Pořízení MYTRI granitové desky je finančně výrazně nákladnější než v případě MµCAL granitové desky, jak je patrné z tabulky 24. Ovšem, jak bylo uvedeno výše v tabulce 23, je to dáno nižší kvalitou MµCAL granitové desky, což má za následek rychlejší opotřebení povrchu dané desky.

Nakonec je také důležité pořídit do laboratoře nábytek pro zaměstnance. Pro tento účel byly vybrány produkty od české firmy OFFICE DEPOT (viz obrázek 29). Jelikož místnost pro novou laboratoř neposkytuje příliš velký prostor, bylo vybráno pouze nejnutnější vybavení. Základní informace o jednotlivých produktech jsou vypsány v následné tabulce 25.

Kancelářské vybavení				
Produkt	**Značka**	**Rozměry [cm]**	**Materiál - Barva**	**Cena [Kč] bez DPH**
ZN Stůl jednací Hobis Drive	HOBIS	160,0 x 75,5 x 80,0	Dřevo - třešeň Kovové nohy	3 586,50
ZN Skříň policová vysoká Hobis Drive dvoudveřová	HOBIS	80,0 x 185,0 x 42,0	Dřevo - třešeň	3 577,50
Židle kancelářská RS Soho Tiby	RS Soho	- - -	Textil/síťovina černá	2 529,00
Celkové náklady				**9 653 Kč**

Tabulka 25 Celkové náklady na kancelářské vybavení.



Obrázek 29 Kancelářské vybavení firmy OFFICE DEPOT.

Do budoucna by se do laboratoře mohl pořídit také Úhlový komparátor WMT 220 firmy PTB. Jedná se o velmi přesný otočný stůl s rozlišení 0,0012´´ a nejistotou U = 0,005´´. Slouží pro kalibraci autokolimátorů. Úhlový komparátor WMT 220 je velice finančně nákladný, proto byla nalezena levnější alternativa, a to Otočný stůl RT – 560 UP od firmy KUGLER Precision in New Dimension. Oba produkty jsou graficky znázorněny na obrázku 30.

V následující tabulce 26 je přibližná cena obou otočných stolů. Ceny jsou pouze orientační, jelikož se nepodařilo od příslušných firem získat přesné údaje.

Úhlový komparátor WMT 220		
Firma	**Popis**	**Cena [Kč]**
PTB	Tento produkt je podrobně popsán v kapitole 5.3	15 – 24 mil.
RT – 560 UP (Levnější alternativa)		
Firma	**Popis**	**Cena [Kč]**
KUGLER Precision in New Dimension	RT – 560 UP je vysoce přesný otočný stůl s aerostatic. ložisky, speciálním designem a strukturou nároků pro vysoce přesné měření. Jeho výkon, zejména s ohledem na přesnost polohování 0,1´´, stanoví vysoké standardy. Jeho velmi kompaktní stavba snižuje „stack-up-related“ chyby na minimum. Může být začleněn do nastavovaných měření a také jako samostatné zařízení. Je vybaven vysokým rozlišením systému měření úhlů v kombinaci s velmi efektivním točivým momentem motoru, a tak může být použit jako tzv. systém absolutní měření, stejně jako pro neustálé otáčení v nejrůznějších měření a polohovacích úkolů. Použití speciální nerez oceli zajišťuje vynikající dlouhodobou tepelnou stabilitu.	6 – 11 mil.

Tabulka 26 Porovnání a cena WMT 200 Úhlového komparátoru firmy PTB a Otočného stolu RT – 560 UP firmy KUGLER.



Obrázek 30 Úhlový komparátor WMT 220 firmy PTB (vlevo) a Otočný stůl RT – 560 UP firmy KUGLER Precision in New Dimension.

Celkové náklady

V tabulkách 27 a 28 jsou uvedeny celkové náklady na možné varianty. Do ceníků nejsou zahrnuty otočné stoly. V první řadě proto, že nejsou známy přesné náklady a za druhé, protože se jedná pouze o možnost budoucího nákupu.

1. Nákladnější varianta

Produkt	Firma	Cena [Kč]
Autokolimátor ELCOMAT HR + příslušenství	MÖLLER-WEDEL	2 454 208
Support stand (Safety Construction)	MYTRI B.V. Precision Granite	20 285
MYTRI Precision Surface Plate Fine Black Granite	MYTRI B.V. Precision Granite	54 350
Kancelářské vybavení	OFFICE DEPOT	9 653
Celkové náklady		**2 538 496 Kč**

Tabulka 27 Celkové náklady dražší varianty.

2. Levnější varianta

Produkt	Firma	Cena [Kč]
Autokolimátor ELCOMAT HR + příslušenství	MÖLLER-WEDEL	2 454 208
Support stand (Safety Construction)	MYTRI B.V. Precision Granite	20 285
MμCAL Precision Black Granite Surface Plate	MYTRI B.V. Precision Granite	34 480
Kancelářské vybavení	OFFICE DEPOT	9 653
Celkové náklady		**2 518 626 Kč**

Tabulka 28 Celkové náklady levnější varianty.

Je patrné, že ceny se výrazně neliší, jelikož jednotlivé varianty jsou rozdílné pouze u nákladů na granitové desky. Nejdražší položkou tedy stále zůstává autkolimátor ELCOMAT HR firmy MÖLLER – WEDEL.

12. Diskuse

Obsahem předložené diplomové práce je návrh laboratoře pro měření rovinného úhlu na základě aktuálních potřeb ČMI OI Liberec.

Vzhledem k potřebě udržet krok s ostatními vyspělými státy, co se týče přesnosti kalibrací a dosahovaných CMC, je nejen nutné provést důkladnou analýzu kalibrací prováděných v oboru rovinných úhlů, ale také zajistit pro měření co nejlepší podmínky. Z toho poté učinit závěry a případně také navrhnout laboratoř, kde jsou dodržovány všechny náročné požadavky (pracovní prostory, akreditační kritéria, …).

Nezbytné základní pojmy, vztahy a definice jsou uvedeny v teoretické části předkládané diplomové práce.

Do kapitoly označené č. 2 jsou zahrnuty přehledně základní poznatky o rovinném úhlu, jednotlivé definice úhlu a jeho zákonné jednotky. Jsou zde uvedeny, mimo jiné, také převodní vztahy mezi zákonnými jednotkami rovinného úhlu. Kapitola 2.1 pak popisuje klasifikaci jednotlivých metod jeho měření a jejich použití v praxi.

Kapitola 3 se zabývá stručným popisem pojmu kalibrace. Kapitola o kalibraci je zde zahrnuta, jelikož jednou z nejdůležitějších úloh metrologie v národním a mezinárodním měřítku je zajistit jednotnost měření. Jednotnosti měření se dociluje jednak systémem návaznosti etalonů příslušných řádů, jednak navazováním samotných měřidel na patřičné etalony. Tato návaznost měřidel na etalony je garantovaná procesy kalibrace, ověřování, popř. zkoušení.

Následující kapitola 4 je věnována části národního etalonu – autokolimátoru. Jsou zde uvedeny charakteristiky a konstrukce jednotlivých druhů autokolimátorů a také principy jejich měření.

Vzhledem ke stoupajícím nárokům na přesnost měření dochází po celém světě k inovacím v oboru rovinného úhlu. Proto je kapitola 5 zaměřena na vývoj u měření malých úhlů v České republice a sousedních státech - Německu a Slovensku. Německo je v oblasti rovinného úhlu na špičkové úrovni, naopak Slovensko patří spíše do nižší úrovně. To je také důvod, proč byly vybrány pro srovnání právě tyto dva státy. U každé země je stručně popsán princip inovované metody a způsob jeho měření.

Kapitola 6 uvádí současný přehled hlavních přístupů k vyhodnocování nejistot. Jsou zde předloženy vybrané definice nejistot. Jednotlivé způsoby vyhodnocování nejistot měření jsou zahrnuty v kapitole 6.1. V dalších kapitolách jsou pak podrobně popsány jednotlivé druhy nejistot a způsoby jejich zjišťování.

Teoretickou část zakončuje kapitola 7 věnovaná metrologickým laboratořím. Jsou zde stručně uvedeny požadavky na pracovní prostory, přístrojové vybavení, technická způsobilost a požadavky na stavební provedení metrologických laboratoří.

Hlavním záměrem a cílem práce bylo navržení nové laboratoře s ohledem na dodržení základních požadavků pro výstavbu metrologické laboratoře a vzhledem ke stoupajícím nároků na přesnost měření.

V rámci experimentální části diplomové práce byla nejprve provedena analýza stavu stávající laboratoře. Laboratoř, popsána v kapitole 8.1, se nachází v přízemí budovy ČMI OI Liberec. Její plocha činní 23 m^2 s okny orientovanými na sever. V laboratoři se nachází státní etalon rovinného úhlu, tj. dva elektronické autokolimátory firmy MÖLLER-WEDEL ELCOMAT 2000 a ELCOMAT 3000, které jsou usazeny na základní ocelové rovinné desce. Dále se zde nachází generátor malých úhlů a další pomocná zařízení.

Na základě tohoto zhodnocení byla dále pozornost věnována slabým místům laboratoře, na které poukázali pracovníci ČMI OI Liberec. Mezi nejdůležitější nedostatky patří vibrace, teplota a proudění vzduchu.

Pro měření vibrací byl použit Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER. Pro měření teploty a rychlosti proudění vzduchu byl použit kompaktní anemometr TESTO 425 s pevně připojenou termickou sondou. Principy měření těchto přístrojů a jejich použití v praxi jsou rozepsány v kapitole 8.1.1.

Vlastnímu měření je věnována celá kapitola 10. Metodiky měření jednotlivých nedostatků laboratoře jsou popsány v kapitole 10.1. V první řadě bylo provedeno měření vibrací samotných laboratoří výše uvedeným přístrojem (Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER). Výsledky měření byly zpracovány do tabulek (Příloha 5) a dále byly tyto hodnoty zpřehledněny do grafu 1. Na základě tohoto měření bylo zjištěno, že v místnosti jsou vibrace. Pro běžnou praxi

jsou takové hodnoty nevýznamné, avšak pro přesná měření jsou i takto malé hodnoty zásadní.

Po celou dobu měření vibrací byla měřena teplota a rychlost proudění vzduchu. Přístroj (TESTO 425 Termický anemometr) ukazoval okamžité hodnoty daných veličin. Výsledky z tohoto měření byly zaznamenány do přehledné tabulky.

Dále bylo uskutečněno vlastní přesné měření. Toto měření bylo nutné provést, aby se dokázalo, jak velký vliv mají jednotlivé parametry na přesná měření. Měření bylo vykonáno elektronickým autokolimátorem MÖLLER-WEDEL ELCOMAT 3000 zaměřeným na rovinné zrcátko ve vzdálenosti 30 cm. Toto vlastní měření bylo prováděno při různých situacích, aby bylo možné co nejlépe zhodnotit stav laboratoře. Jednotlivé případy měření jsou popsány v kapitole 10.1. Celkové výsledky měření byly zpracovány do přehledných tabulek (Příloha 4).

I v tomto případě měření byla po celou dobu měřena teplota a rychlost proudění vzduchu a výsledky měření byly zaznamenány do přehledné tabulky.

Na základě těchto měření a vzhledem k požadavkům pro návrh metrologické laboratoře byl vybrán a prověřen prostor pro novou laboratoř v budově ČMI OI Liberec. Navrhovaný prostor se nachází v suterénu budovy. Její plocha činní 14 m^2 a místnost je bez oken. Seznámení s novými prostorami je uvedeno v kapitole 8.1.2.

Aby se mohla realizovat metrologická laboratoř v nových prostorách ČMI OI Liberec, bylo důležité, aby problémy, které vykazuje stávají laboratoř, zde byly eliminovány. Tedy aby všechna měření provedená ve stávající laboratoři, byla provedena i v nových prostorách.

Měření vibrací bylo prováděno stejným přístrojem a za stejných podmínek. Vše je popsáno v kapitole 10.2. Výsledky měření byly zpracovány do tabulek (Příloha 5) a dále byly tyto hodnoty zpřehledněny do grafu 2.

I v tomto případě bylo uskutečněno vlastní přesné měření elektronickým autokolimátorem MÖLLER-WEDEL ELCOMAT 3000 zaměřeným na rovinné zrcátko ve vzdálenosti 30cm. Měření bylo znovu prováděno různých situacích, aby bylo možné co nejlépe zhodnotit stav laboratoře. Jednotlivé případy měření jsou popsány v kapitole 9.2. Celkové výsledky měření byly zpracovány do přehledných tabulek (Příloha 4).

Opět byla po celou dobu měření měřena teplota a rychlost proudění vzduchu. Výsledky z tohoto měření byly zaznamenány do přehledné tabulky.

Výsledky z jednotlivých případů měření jsou zpřehledněny v tabulkách 16 a 17 v kapitole 9.3. Některá měření z obou laboratoří jsou zde porovnána a vyhodnocena. Z výsledků je patrné, že nová laboratoř více vyhovuje stavebním zásadám pro výstavbu metrologické laboratoře.

Experimentální část je zakončena kapitolou 11, která se zabývá ekonomickým zhodnocením návrhu nové laboratoře. Z ekonomického hlediska bude zavedení nové laboratoře velice náročné. Laboratoř je nutné vybavit nejen nábytkem, ale také novými přístroji. Aby nová laboratoř byla na co nejlepší úrovni, byly primární přístroje voleny podle přesnosti bez ohledu na cenu. Pro srovnání byly vybrány i levnější varianty, ovšem na úkor kvality. V obou případech se cena vyšplhala na cca 2 500 000 Kč bez DPH. Celkové ekonomické zhodnocení je podrobně popsáno v kapitole 11.

Do celkových nákladů není započten jeden produkt. Jedná se o Úhlový komparátor WMT 220 firmy 220. Jedná se, v dnešní době, o nejpřesnější otočný stůl, který slouží ke kalibraci autokolimátorů. Pořízením toho přístroje by se ČMI dostal mezi špičku v oboru rovinného úhlu. Avšak náklady na pořízení Úhlového komparátoru WMT 220 jsou tak obrovské, že je tato investice zařazena pouze jako možnost budoucího nákupu. K tomu byl pro porovnání vybrán Otočný stůl RT – 560 UP, který je v porovnání s úhlovým komparátorem levnější, ale i tak je cena dost vysoká. Nižší cena je také na úkor nižší kvality.

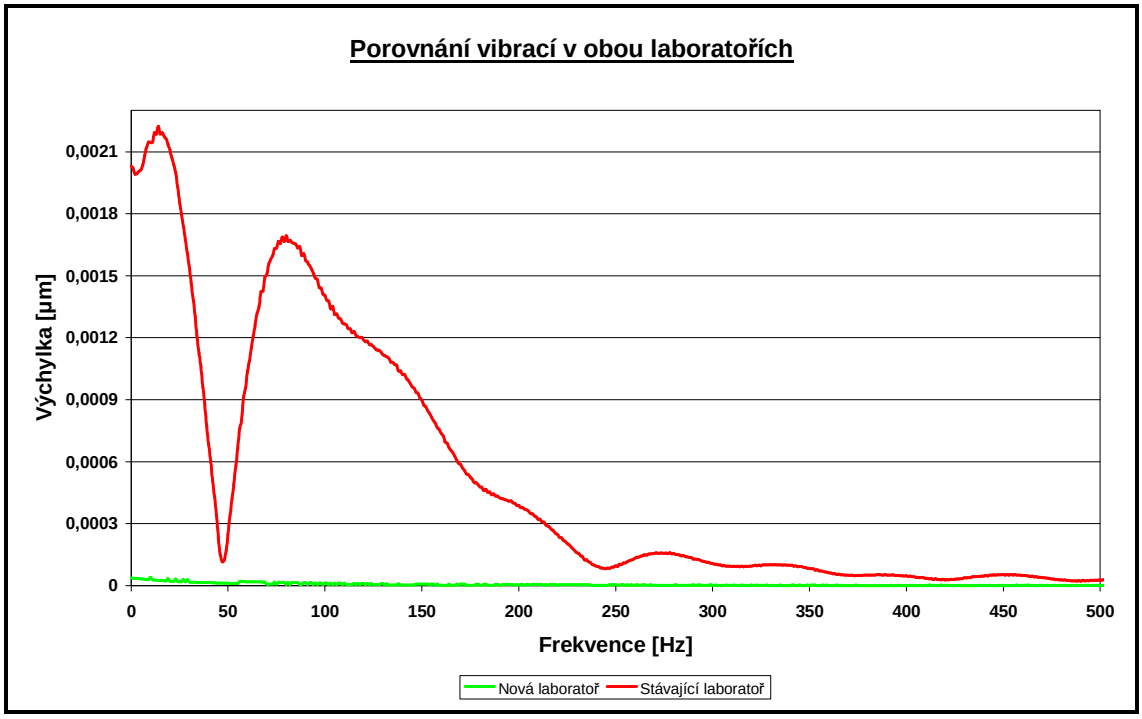
13. Závěr

Jak již bylo uvedeno, cílem předkládané diplomové práce bylo navržení laboratoře pro měření rovinného úhlu v ČMI OI Liberec.

Nejprve byla provedena analýza stávajícího stavu laboratoře, ze které vyplynuly určité stavební nedostatky. Ty způsobují v laboratoři nežádoucí vlivy: vibrace, teplotu a proudění vzduchu. Byla představena metodika měření, kterou byly proměřovány jednotlivé nedostatky, na které poukázali zaměstnanci ČMI OI Liberec.

Na základě toho byly nalezeny nové prostory pro možnou budoucí laboratoř. Tyto prostory více vyhovují, po stavební stránce, podmínkám pro metrologickou laboratoř. V nových prostorách byly, stejně jako v případě stávající laboratoře, proměřovány možné nedostatky (vibrace, teplota a proudění vzduchu).

V rámci jednotlivých případů měření bylo provedeno porovnání výsledků z obou laboratoří. Při proměření vibrací, teploty i rychlosti proudění vzduchu bylo prokázáno, že nové prostory více vyhovují stavebním zásadám pro metrologické laboratoře, jak je patrné z následujícího grafu 3 a tabulky 29.



Graf 3 Porovnání naměřených vibrací v obou laboratořích.

Měření	Popis	Teplota [°C]	Rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]
Stávající laboratoř			
1	Měření za klidu	20±0,7	±0,06
2	Měření při puštěné klimatizaci		±0,14
3	Měření při pohybu		±0,36
Nová laboratoř			
1	Měření za klidu	20±0,5	±0,00
2	Měření při puštěné klimatizaci		±0,01
3	Měření při pohybu		±0,36

Tabulka 29 Porovnání naměřených teplot a rychlostí proudění vzduchu.

Lépe vycházela nová laboratoř také v případě provedení vlastního měření, kdy hodnoty směrodatných odchylek u některých případů měření se lišily až o řád úhlové vteřiny. V tabulce 30 jsou porovnány některé typy měření prováděné v obou laboratořích. V případě měření na podlaze obou laboratoří je patrný značný rozdíl. Hodnoty naměřené v nové laboratoři jsou více jak o řád nižší než ve stávající laboratoři. Měření prováděné na upevněné rovinné desce ve stávající laboratoři vykázalo přibližně stejné hodnoty jako u měření na podlaze v nové laboratoři. A to jak u měření s tubusem, tak bez tubusu. Z toho je patrné, že nová laboratoř více vyhovuje požadavkům pro přesná měření.

Popis měření	Stávající laboratoř		Nová laboratoř	
	s [´´]		s [´´]	
	x	y	x	y
Měření na podlaze při chůzi okolo autokolimátoru (tubus)	0,077585	0,920817	0,022536	0,059361
Měření na rovinné desce za klidu autokolimátorem (tubus)	0,019673	0,019163	- - -	- - -
Měření na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus)	- - -	- - -	0,021452	0,027008
Měření na rovinné desce za klidu autokolimátorem	0,040993	0,048703	- - -	- - -
Měření na podlaze za klidu autokolimátorem	- - -	- - -	0,035272	0,046546

Tabulka 30 Porovnání vybraných měření v obou laboratořích.

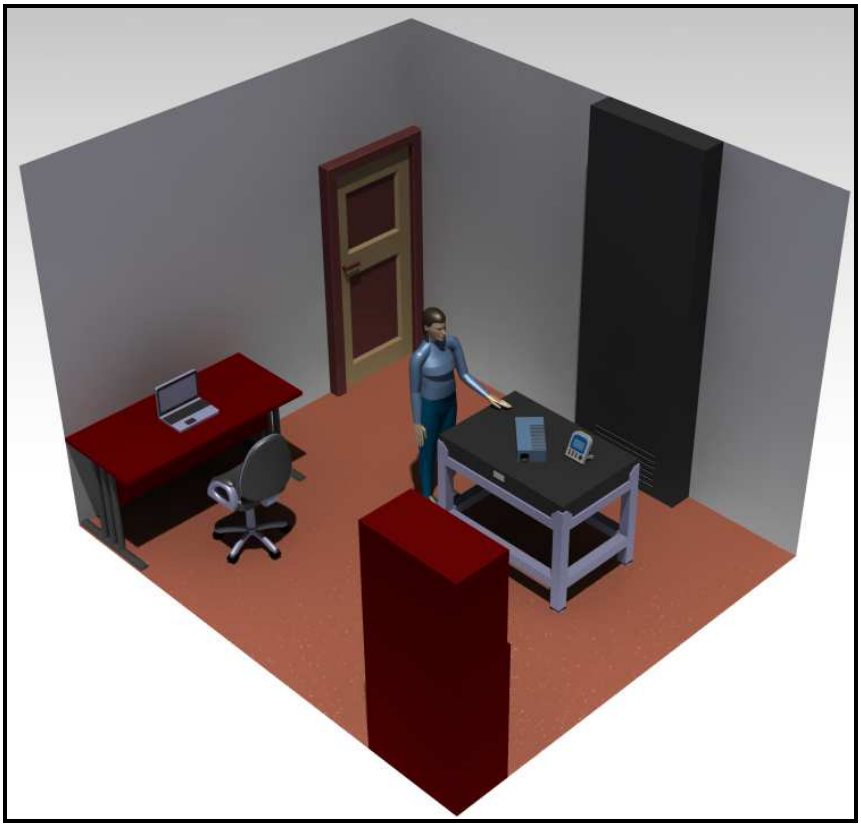
Nakonec bylo provedeno ekonomické zhodnocení návrhu. Aby bylo možné novou laboratoř pro měření rovinného úhlu zrealizovat, bylo důležité poptat různé firmy specializované na tento obor. Následně byly vytvořeny cenové varianty a také možnosti budoucího nákupu některých přístrojů. Z ekonomického hlediska bude zavedení nové laboratoře velice náročné. Aby nová laboratoř byla na co nejlepší

úrovni, byly primární přístroje voleny podle přesnosti bez ohledu na cenu. Cenové varianty jsou zpřehledněny v následující tabulce 31.

Produkt	Firma	Cena [Kč]
Autokolimátor ELCOMAT HR + příslušenství	MÖLLER-WEDEL	2 454 208
Support stand (Safety Construction)	MYTRI B.V.	20 285
Precision Surface Plate Fine Black Granite	MYTRI B.V.	34 480 - 54 350
Kancelářské vybavení	OFFICE DEPOT	9 653
Celkové náklady		**2 518 626 - 2 538 496 Kč**

Tabulka 31 Celkové náklady dražší varianty.

Na závěr je zde předložen 3D model vytvořený v programu Catia V5R19. Předběžný návrh modelu, zobrazený na obrázku 30, poslouží k představě o budoucí laboratoři.



Obrázek 31 3D model nové laboratoře pro měření rovinného úhlu.

Navržení nové laboratoře z hlediska stavebního provedení, všech vybraných přístrojů a vybavení slouží k tomu, aby napomohly snížení nejistoty měření, a tím i zlepšení pozice ČMI v žebříčku světových velmocí v oboru rovinného úhlu.

Použitá literatura

Literatura

[1] TYRALÍKOVÁ, E. *Zvýšení přesnosti kalibrace elektronických libel a autokolimátorů v ČMI OI Liberec*. *[Bakalářská práce].* Liberec, TU Liberec, 2009. 52 s.

[2] PALENČÁR, R, VDOLEČEK, F., HALAJ, M. Nejistoty v měření I: vyjadřování nejistot. *Automa*. 2001. č. 7-8, s. 50-54.

[3] PALENČÁR, R, VDOLEČEK, F., HALAJ, M. Nejistoty v měření II: nejistoty přímých měření. *Automa*. 2001. č. 10, s. 52-56.

[4] PALENČÁR, R, VDOLEČEK, F., HALAJ, M. Nejistoty v měření IV: nejistoty při kalibraci a ověřování. *Automa*. 2002. č. 4, s. 41-47.

[5] BREZINA, I. *Základy metrológie uhlov*. 1. vyd. Bratislava: ALFA Bratislava, 1982. 216 s.

[6] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie část 1*. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 2004. 109 s.

[7] DVOŘÁČEK, F. Kalibrace libel a autokolimátorů. *Metrologie*. Rec. P. Balling. 2009. č. 4, s. 15–17. ISSN 1210-3543.

[8] MOKROŠ, J. Vlastnosti inovovaného generátora malých uhlov – účasti národného etalónu rovinného uhla SR. *Metrológia a skúšobníctvo*. 2011. č. 4, s. 16-19.

[9] JUST, A., KRAUSE, M., PROBST, R., WITTEKOPF, R. Calibration of high-resolution electronic autocollimators against an angle comparator. *Metrologia*. 2003. vol. 40, number 5, p. 288 – 294.

Internetové odkazy

[10] http://www.fsid.cvut.cz/tem/nejistoty/nejistoty1.pdf

[11] http://www.cmi.cz/ oficiální stránky ČMI;

[12] http://www.ptb.de/en/org/5/52/523/wmt_mess.htm

[13] http://www.diamond.ac.uk/dms/actop/ACTOP11-Geckeler.pdf

Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh

Seznam obrázků

Obrázek 1 Geometrická definice rovinného úhlu.
Obrázek 2 Analytická definice rovinného úhlu.
Obrázek 3 Rozdělení úhlů.
Obrázek 4 Princip autokolimátoru.
Obrázek 5 Schéma vizuálního autokolimátoru.
Obrázek 6 Schéma fotoelektrického autokolimátoru.
Obrázek 7 Generátor malých úhlů.
Obrázek 8 Kalibrace autokolimátorů pomocí generátoru malých úhlů.
Obrázek 9 Kalibrace autokolimátorů autokolimátorem státního etalonu.
Obrázek 10 Upravený SAG.
Obrázek 11 Detail snímače a původního šroubu.
Obrázek 12 Schéma úhlového komparátoru WMT 220.
Obrázek 13 Uspořádání 16 snímacích hlav v úhlovém komparátoru: osm měřících snímacích hlav (●) a osm kalibračních snímacích hlav (▲)
Obrázek 14 Měřicí zařízení pro kalibraci elektronického autokolimátoru s vysokým rozlišením na úhlovém komparátoru.
Obrázek 15 Budova ČMI OI Liberec.
Obrázek 16 Uspořádání stávající laboratoře.
Obrázek 17 Stávající laboratoř.
Obrázek 18 Dvoukanálový frekvenční analyzátor, typ 2144 od firmy BRÜEL & KJAER.
Obrázek 19 TESTO 425 Termický anemometr.
Obrázek 20 Nové prostory.
Obrázek 21 Uspořádání nové laboratoře.
Obrázek 22 Měření ve stávající laboratoři za klidu s tubusem.
Obrázek 23 Měření za klidu bez tubusu.
Obrázek 24 Měření prováděné na podlaze laboratoře.
Obrázek 25 Měření za klidu s tubusem.

Obrázek 26 Měření za klidu bez tubusu.
Obrázek 27 Autokolimátor Elcomat HR (vlevo) a Elcomat 3000 od firmy MÖLLER – WEDEL.
Obrázek 28 Stojan s granitovou deskou od firmy MYTRI B.V.
Obrázek 29 Kancelářské vybavení firmy OFFICE DEPOT.
Obrázek 30 Úhlový komparátor WMT 220 firmy PTB (vlevo) a Otočný stůl RT – 560 UP firmy KUGLER Precision in New Dimension.
Obrázek 31 3D model nové laboratoře pro měření rovinného úhlu.

Seznam tabulek

Tabulka 1 Převodní vztahy mezi zákonnými jednotkami rovinného úhlu.
Tabulka 2 Používané metody měření rovinného úhlu v ČMI.
Tabulka 3 Obecná podoba bilanční tabulky.
Tabulka 4 Proměření teploty a proudění vzduchu.
Tabulka 5 Měření teploty a proudění vzduchu při měření autokolimátorem.
Tabulka 6 Proměření teploty a proudění vzduchu.
Tabulka 7 Měření teploty a proudění vzduchu při měření autokolimátorem.
Tabulka 8 Měření stávající laboratoře autokolimátorem (tubus).
Tabulka 9 Měření stávající laboratoře za klidu.
Tabulka 10 Měření stávající laboratoře v klidu autokolimátorem s puštěnou klimatizací.
Tabulka 11 Měření stávající laboratoře při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).
Tabulka 12 Měření stávající laboratoře na podlaze autokolimátorem (tubus).
Tabulka 13 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus).
Tabulka 14 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem.
Tabulka 15 Měření nové laboratoře na podlaze při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).
Tabulka 16 Průměrné hodnoty z jednotlivých variant měření ve stávající laboratoři.
Tabulka 17 Průměrné hodnoty z jednotlivých variant měření v nové laboratoři.
Tabulka 18 Porovnání vybraných měření v obou laboratořích.
Tabulka 19 Porovnání autokolimátorů.

Tabulka 20 Náklady na autokolimátor Elcomat 3000.
Tabulka 21 Náklady na autokolimátor Elcomat HR.
Tabulka 22 Popis a náklady na stojan od firmy MYTRI B.V.
Tabulka 23 Porovnán granitových desek od firmy MYTRI B.V.
Tabulka 24 Porovnání cen granitových desek od firmy MYTRI B.V.
Tabulka 25 Celkové náklady na kancelářské vybavení.
Tabulka 26 Porovnání a cena WMT 200 Úhlového komparátoru firmy PTB a Otočného stolu RT – 560 UP firmy KUGLER.
Tabulka 27 Celkové náklady dražší varianty.
Tabulka 28 Celkové náklady levnější varianty.
Tabulka 29 Porovnání naměřených teplot a rychlostí proudění vzduchu.
Tabulka 30 Porovnání vybraných měření v obou laboratořích.
Tabulka 31 Celkové náklady dražší varianty.

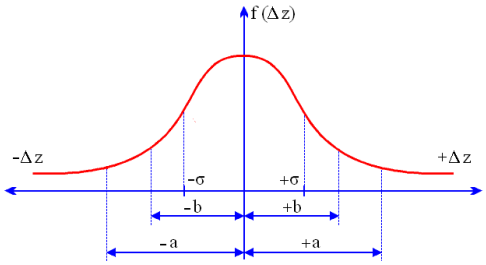
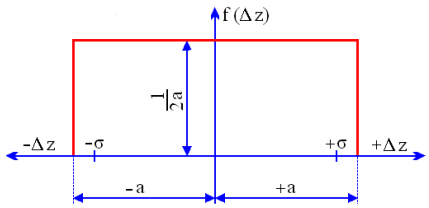
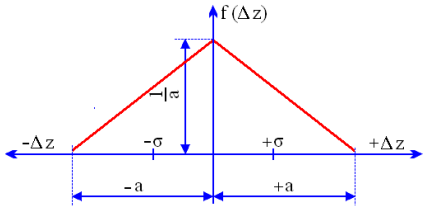
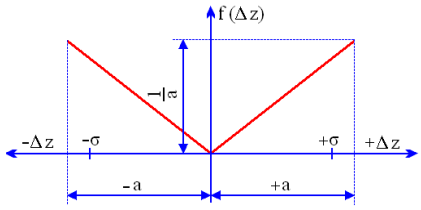
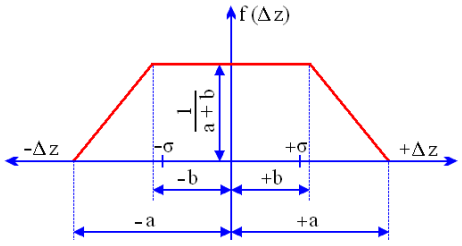
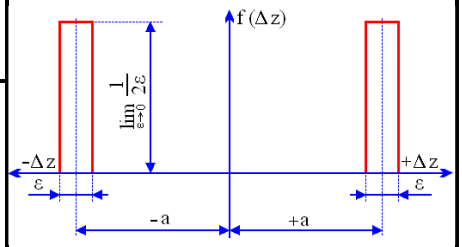
Seznam grafů

Graf 1 Měření vibrací ve stávající laboratoři
Graf 2 Měření vibrací v nové laboratoři
Graf 3 Porovnání naměřených vibrací v obou laboratořích

Seznam příloh

Příloha 1 Druhy rozdělení počet stran: 1
Příloha 2 Nejlepší měřicí schopnost počet stran: 4
Příloha 3 Nejistoty při kalibraci počet stran: 3
Příloha 4 Kompletní tabulky měření počet stran: 16
Příloha 5 Kompletní tabulky měření vibrací počet stran: 4

Příloha 1

Rozdělení	z_{max}	k	Rozdělení	z_{max}	k
Normální (Gaussovo) 	a	3	**Rovnoměrné pravoúhlé** 	a	$\sqrt{3}$ ≈ 1,73
	b	2			
Trojúhelníkové (Simpsonovo) 	a	$\sqrt{6}$ ≈ 2,45	**Bimodální (trojúhelníkové)** 	a	$\sqrt{2}$ ≈ 1,41
Lichoběžníkové 	a	2,32 při $b = \frac{a}{3}$	**Bimodální (Diracovo)** 	a	1
	a	2,19 při $b = \frac{a}{2}$			
	a	2,04 při $b = \frac{2a}{3}$			

Tabulka 1 Druhy rozdělení

Příloha 2

2. Nejlepší měřící schopnost

Existují dva zajímavé pojmy, které jsou používány k pojmenování jistého druhu nejistoty měření skládajícího se ze specifických složek nejistot měření. Jedná se o „nejlepší měřicí schopnost“ (přeloženo z angličtiny „best measurement capability“ – dále jen BMC) a o „kalibrační měřicí schopnost“ (přeloženo z angličtiny „calibration and measurement capability“ – dále jen CMC). Zde jsou uvedené definice BMC a CMC a jejich porovnání [1]:

BMC – nejlepší měřicí schopnost

BMC je nejmenší nejistota měření, které může v rámci akreditace laboratoř dosahovat při provádění více či méně rutinních kalibrací téměř ideálních měřicích etalonů s cílem definovat, realizovat, uchovat či reprodukovat jednu či více jednotek dané veličiny nebo které může dosahovat při více či méně rutinně prováděných kalibracích téměř ideálních měřicích zařízení určených pro měření dané veličiny [1].

CMC – kalibrační a měřicí schopnost

CMC je nejvyšší úroveň kalibrace nebo měření běžně nabízených zákazníkům odpovídající pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 % [1].

CMC musí být :

- Dosahováno podle dokumentovaného postupu a stanoveného rozpočtu nejistot, to vše v rámci systému managementu kvality národního metrologického institutu NMI (lépe řečeno signatáře CIPM MRA, kterým může být i přidružená laboratoř).
- Realizováno pravidelně, standardně.
- Musí být k dispozici všem zákazníkům (uživatelům) služby.

Pokud jde o stanovení nejistoty, zahrnují se příspěvky, odpovídající nejlepším měřidlům, která jsou k dispozici a jsou kalibrována v NMI. Neuvažují se příspěvky, vzniklé mimo okamžik kalibrace v NMI (například vliv dopravy) [1].

Normálními podmínkami, vzpomenutými výše, se rozumí běžná služba, vyjmuty jsou situace, kdy se pracuje s nadstandardními, špičkovými měřidly nebo kdy má měření charakter vědeckého experimentu [1].

Tento zvláštní druh specificky vymezené nejistoty se týká kalibrací a úkonů, které kalibraci zahrnují (např. následné ověřování měřidel spadající do oblasti legální metrologie). Netýká se tedy obecně měření a zkoušení, byť i zde byly v minulosti zaznamenány pokusy něco podobného zavést. Jedná se o konvenčně dohodnuté stanovení nejistoty měření laboratoře tak, aby tyto hodnoty byly vzájemně mezi laboratořemi poskytujícími stejné služby porovnatelné a aby bylo na první pohled jednoznačně patrné, jaká je úroveň příslušného metrologického pracoviště. Je zřejmé, že metrologické pracoviště vybavené lépe bude vykazovat u srovnatelných výkonů lepší (tedy v daném případě nižší) hodnoty CMC než metrologické pracoviště vybavené hůře. To znamená, že CMC je také informací, která má být jednoznačně přístupná zákazníkům příslušných metrologických pracovišť. Tato zásada je dodržována NMI a v případě akreditovaných kalibračních laboratoří, kde je BMC (BMC – používána pro účely akreditace) v přílohách osvědčení o akreditaci, které specifikují rozsah akreditovaných služeb poskytovaných kalibračními laboratořemi [1].

Nejlepší měřící schopnost BMC je jeden z parametrů, které jsou používány pro definování rozsahu akreditace akreditované kalibrační laboratoře. Dalšími faktory jsou fyzikální veličina, kalibrační metoda nebo typ kalibrovaných přístrojů a rozsah měření. Nejlepší měřící schopnost je běžně vyjadřována v záznamech o akreditaci nebo v další dokumentaci, která doprovází buď rozhodnutí o akreditaci nebo osvědčení o akreditaci, které je často vydáváno jako průkaz akreditace, nebo v obou typech dokumentů. Nejlepší měřící schopnost je jednou z podstatných informací, která může být nalezena v přehledech akreditovaných laboratoří, které jsou pravidelně vydávány akreditačními orgány a používány potenciálními zákazníky akreditovaných laboratoří pro posouzení jejich vhodnosti pro provedení určité kalibrace v laboratoři nebo mimo její prostory [1].

Vyjadřování nejlepší měřící schopnosti vyžaduje harmonizaci z toho důvodu, aby mohly být porovnávány schopnosti různých kalibračních laboratoří a především laboratoří akreditovaných různými akreditačními orgány. Jako podpora této harmonizace, ve vazbě na definici v hlavním textu, jsou dále uvedena některá vysvětlení týkající se termínu nejlepší měřící schopnost [1].

Definice nejlepší měřící schopnosti v sobě zahrnuje i to, že v rámci své akreditace laboratoř není oprávněná deklarovat nižší nejistotu, než je její nejlepší měřící schopnost. To znamená, že po laboratoři je požadováno uvádět větší nejistotu než je nejistota vztahující se k nejlepší měřící schopnosti v těch případech, kdy je zjištěno, že skutečný proces kalibrace významně přispívá k nejistotě měření. Typicky tento příspěvek může pocházet od kalibrovaného přístroje. Je zřejmé, že skutečná nejistota měření nikdy nemůže být nižší než je nejlepší měřící schopnost laboratoře [1].

Je nutné zdůraznit, že vzhledem k definici nejlepší měřící schopnosti, je toto pojetí použitelné pouze na výsledky, u kterých se laboratoř odvolává na svůj statut akreditované laboratoře. Termín nejlepší měřící schopnost tak má při striktním výkladu administrativní charakter a nemusí nutně odpovídat skutečné technické schopnosti laboratoře. Jestliže má laboratoř proto své vnitřní důvody, musí mít možnost požádat o akreditaci s vyšší nejistotou měření než jsou její technické možnosti. Mezi tyto vnitřní důvody obvykle patří ty případy, kdy reálná schopnost musí být udržována v tajnosti vůči externím zákazníkům, tj. např. v těch případech, kdy laboratoř provádí výzkumné a vývojové práce nebo poskytuje služby speciálním zákazníkům. Politika akreditačního orgánu musí umožňovat udělení akreditace na jakékoliv požadované úrovni, pokud je laboratoř schopná této úrovně dosahovat [1].

Posouzení nejlepší měřící schopnosti je úkolem akreditačního orgánu. Odhad nejistoty měření, která definuje nejlepší měřící schopnost, musí být proveden v souladu s postupem formulovaným v ČSN EN ISO/IEC 17020:2005 s výjimkou případů řešených předchozím odstavcem. Nejlepší měřící schopnost musí být uváděna stejným způsobem, jako je to vyžadováno v kalibračních listech, tj. v podobě rozšířené nejistoty, v běžných případech s použitím koeficientu rozšíření $k=2$. (Pouze v těch výjimečných případech, kdy nemůže být předpokládáno normální rozdělení

nebo je posouzení založeno na omezených údajích, musí být nejlepší měřící schopnost uváděna tak, aby byla zajištěna pravděpodobnost pokrytí asi 95%.) [1].

Pro stanovení nejlepší měřící schopnosti musí být vzaty do úvahy všechny faktory významně přispívající k nejistotě měření. Pokud je známo, že některé příspěvky se mění buď s časem nebo se změnou jiné fyzikální veličiny, může být jejich stanovení založeno na předpokladu limitů možných změn, které se mohou za běžných pracovních podmínek projevit. Např. pokud je o pracovním etalonu známo, že podléhá změnám, je nutné při odhadu jeho příspěvku k nejistotě vzít do úvahy příspěvek vyplývající ze změn mezi následujícími kalibracemi [1].

V některých oborech může nejistota měření záviset na dalších parametrech, např. na frekvenci napětí použitého při kalibraci etalonu odporu. Tyto další parametry musí být uváděny spolu s příslušnou fyzikální veličinou a nejlepší měřící schopností určenou pro tyto další parametry. Často to může být provedeno vyjádřením nejlepší měřící schopnosti jako funkce těchto parametrů [1].

Nejlepší měřící schopnost musí být za normálních okolností vyjadřována číselně. V těch případech, kdy nejlepší měřící schopnost je funkcí příslušné veličiny (nebo libovolného jiného parametru), musí být vyjádřena v analytické podobě. Ovšem v tomto případě může být vyjádření pro ilustraci doplněno grafem. Vždy musí být naprosto zřejmé, zda je nejlepší měřící schopnost vyjadřována v absolutním či relativním tvaru [1].

Příloha 3

3. Nejistoty při kalibraci

Postupy a metodika kalibrace mají svá specifika projevující se v oblasti používaných metod i omezeným počtem typů řešených úloh. Rovněž tak z pohledu nejistot jde o zcela specifické úlohy, protože navazovaní měřidla na etalon s sebou zpravidla nese také určité typické kombinace zdrojů nejistot, popř. i jejich vzájemné korelace, posléze se projevující v kovariancích. Analýzy nejistot při kalibraci jsou úlohami podstatně složitějšími než ty, které byly naznačeny v předchozích částech cyklu [4].

Při kalibraci se lze nejčastěji setkat s těmito typy úloh [4]:

- kalibrace měřidla s jednou nominální hodnotou,
- kalibrace několika měřidel se stejnou nominální hodnotou,
- kalibrace sady zhmotněných měr,
- kalibrace měřidla se spojitou stupnicí.

Při posuzování nejistot při kalibraci je třeba uvažovat především ty složky, které mají rozhodující vliv na výslednou nejistotu. Jsou to [4]:

- nejistota hodnoty poskytnuté etalonem,
- nejistota způsobená nedostatky při přenosu hodnot z etalonu na měřidlo (zahrnuje vlastní nedokonalosti metody, vlivy prostředí apod.),
- nejistota kalibrovaného měřidla způsobující problémy se stálostí a reprodukovatelností měření.

Při kalibracích je zpravidla také třeba, a to mnohem pozorněji než u provozních měření, dbát na to, aby nebyly opomenuty žádné možné korelace, které mohou ovlivnit výsledek [4].

Současným problémem je zpravidla skutečnost, že zatímco nejistoty již bývají v kalibračních listech uvedeny, údaje o kovariancích zde ještě často chybí, ačkoliv přitom mohou tvořit stejně významnou složku celkové výsledné nejistoty [4].

Jak již bylo uvedeno, je situace při kalibraci podstatně složitější a nelze v ní vystačit s jednoduchým modelem přímého (uvedeno v oddíle o nejistotách měření) nebo nepřímého měření [4].

3.1 Kalibrace měřidla reprodukujícího jedinou nominální hodnotu měřené veličiny

Následujících odstavce jsou zaměřeny na jednu z typových úloh kalibrace, a to jak napovídá nadpis – kalibrace měřidla s jednou nominální hodnotou.

Jde o případ relativně jednoduchý a téměř shodný s vyhodnocením opakovaného přímého měření jediné veličiny. Základem je n-krát opakované porovnání kalibrovaného měřidla s etalonem za stejných podmínek, čímž se získají hodnoty x_1, x_2, …x_n.[4].

Model kalibrace a odhad hodnoty kalibrovaného měřidla

Modelem kalibrace je soustava rovnic [4]:

$$\begin{aligned} X_1 + X_E - X_p - X_M &= Y \\ X_2 + X_E - X_p - X_M &= Y \\ \vdots \qquad\qquad & \\ X_n + X_E - X_p - X_M &= Y \end{aligned},$$

kde X_1, X_2, …X_n jsou rozdíly mezi hodnotou etalonu a hodnotou kalibrového měřidla při jednotlivých porovnáváních, X_E je hodnota etalonu, X_p je korekce způsobená nedostatky přenosu hodnot z etalonu na měřidlo a nakonec X_M jsou korekce způsobené nedostatky při udržování a reprodukování hodnoty kalibrovaným měřidlem [4].

Model kalibrace je modelem přímého stejně přesného měření, takže za předpokladu, že odhady x_p, x_M korekčních vlivů X_p, X_M jsou nulové a odhad hodnoty etalonu X_E je x_E, nabude tvaru [4]:

$$y = x_E + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = x_E + \bar{x}\,.$$

Nejistota odhadu

Nejistota odhadu y za předpokladu, že se připustí korelace mezi odhady x_E a x_M, nabude tvaru [4]:

$$u(y) = \sqrt{u_A^2(y) + u_E^2 + u_p^2 + u_M^2 + 2u_{E,M}} ,$$

kde složka $u_A(y)$ je nejistota stanovená metodou A (výpočet uveden výše). Složka u_E je nejistota hodnoty etalonu zjištěná při kalibraci. Skládá se z nejistoty uvedené v kalibračním listu etalonu a vlastních podmínek při vykonané kalibraci. Složka u_p je nejistota zapříčiněná nedostatky při přenosu hodnot z etalonu na měřidlo. Zahrnuje vlivy metody i použitých prostředků a podmínek při kalibraci. Nejistota u_M je složkou vnášenou do procesu kalibrace udržováním a reprodukcí hodnoty kalibrovaným měřidlem. Kovariance $u_{E,M}$ je zapříčiněna korelacemi mezi odhady hodnoty etalonu a kalibrovaného měřidla. Nejčastěji je její příčinou použití stejně sestavy přístrojů pro odečítání hodnoty udávané etalonem i kalibrovým měřidlem [4].

Pro větší přehlednost lze použít zápis do bilanční tabulky (viz tabulka 4)

Kalibrační list obsahuje tyto výsledky kalibrace [4]:

- měřené údaje,
- hodnotu kalibrovaného měřidla y,
- údaj nejistoty kalibrace (nejistoty odhadu) u(y).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-0,355	5,475	-0,3	6,195	-0,195	5,57	-0,005	4,03	-0,175	6,465	-0,085	6,36	-0,025	5,5	-0,025	6,05	0,06	5,99	0,04	6,54
2	-0,315	4,385	-0,31	5,99	-0,085	4,395	-0,09	5,015	0	4,385	-0,075	6,295	0,09	4,135	0,09	4,83	-0,04	6,845	0,195	4,815
3	-0,235	3,015	-0,195	5,03	-0,075	4,005	-0,15	6,19	0,05	4,14	0,005	5,01	0,13	4,075	0,165	4	0,015	6,175	0,21	4,775
4	-0,215	3,02	-0,18	3,92	-0,08	4,11	-0,19	6,335	0,01	4,61	0,075	4,05	0,08	4,53	0,16	4,095	0,175	4,775	0,225	4,86
5	-0,3	3,78	-0,1	3,715	-0,115	5,245	-0,19	5,865	-0,11	6,18	0,135	4,02	0	5,625	0,125	5,175	0,155	4,69	0,065	6,1
6	-0,355	5,015	-0,185	4,525	-0,255	6,26	-0,05	4,765	-0,125	6,375	-0,005	5	-0,045	6,31	-0,02	6,37	0,105	5,81	0,025	7,02
7	-0,355	5,555	-0,25	5,485	-0,235	6,305	0,01	4,01	-0,05	5,625	-0,04	6,255	-0,055	6,02	-0,025	6,325	-0,04	7,165	-0,025	7,125
8	-0,32	5,145	-0,28	6,31	-0,23	5,715	-0,01	4,075	-0,08	4,665	-0,065	6,47	0,055	4,975	0,045	5,205	-0,01	6,67	0,04	6,47
9	-0,245	3,945	-0,29	5,94	-0,065	4,23	-0,07	4,785	0,035	4,105	-0,055	5,41	0,135	4,16	0,175	4,135	0,145	4,955	0,185	4,78
10	-0,185	3,205	-0,23	4,975	-0,07	4,03	-0,15	6,105	0,04	4,42	0,095	4,205	0,13	4,095	0,145	3,98	0,2	4,625	0,17	4,635
11	-0,23	3,085	-0,15	4,085	-0,105	4,44	-0,19	6,3	-0,08	5,615	0,08	4,03	0,095	4,75	0,115	4,845	0,11	5,425	0,24	4,785
12	-0,3	4,6	-0,11	3,795	-0,185	5,63	-0,22	6,035	-0,125	6,555	0,035	4,99	-0,035	5,95	0,005	6,265	0,005	6,94	0,1	6,155
13	-0,425	6,035	-0,17	4,61	-0,24	6,26	-0,09	5,01	-0,12	6,135	-0,085	6,265	-0,065	6,28	-0,02	6,335	-0,03	6,99	0,05	7,285
14	-0,38	5,85	-0,23	5,6	-0,22	6,015	-0,035	4,12	0,045	4,63	-0,095	6,435	-0,06	6,035	0,02	5,625	0,08	5,76	-0,005	7,28
15	-0,28	4,765	-0,285	6,21	-0,115	4,99	-0,01	4,06	0,07	4,025	-0,02	5,675	0,025	4,955	0,135	4,42	0,185	4,72	0,07	6,095
16	-0,25	3,575	-0,295	5,945	-0,09	3,945	-0,07	4,975	0,04	4,2	0,065	4,34	0,135	4,175	0,145	4,095	0,22	4,635	0,185	4,81
17	-0,235	3,36	-0,215	4,865	-0,04	3,985	-0,14	6,08	-0,095	5,615	0,1	4,025	0,15	4,18	0,11	4,625	0,065	6,145	0,2	4,715
18	-0,285	4,25	-0,145	3,955	-0,125	4,935	-0,155	6,35	-0,115	6,255	0,055	4,775	0,04	4,69	0,02	5,85	-0,005	7,07	0,18	5,475
19	-0,32	5,375	-0,12	3,875	-0,215	6,075	-0,18	6,06	-0,115	6,135	-0,03	6,005	-0,01	5,775	0	6,35	-0,02	7	0,025	6,785
20	-0,415	6,095	-0,17	4,545	-0,265	6,2	-0,055	4,865	-0,045	5,03	-0,1	6,35	-0,06	6,185	0,015	6,095	0,1	5,595	0	7,13
21	-0,385	5,765	-0,26	5,615	-0,22	5,505	-0,01	4,075	0,05	4,105	-0,045	5,955	-0,085	5,84	0,115	4,675	0,16	4,615	0,04	6,455
22	-0,27	4,4	-0,27	6,275	-0,09	4,26	-0,01	4,095	0,06	4,235	0,06	4,505	0,05	4,795	0,125	4,035	0,155	5,1	0,17	5,08
23	-0,205	3,625	-0,275	5,71	-0,04	3,98	-0,065	4,67	-0,04	5,305	0,105	4,02	0,125	4,125	0,21	4,265	0,005	6,755	0,245	4,7
24	-0,235	3,545	-0,175	4,815	-0,065	4,37	-0,12	6,065	-0,14	6,31	0,105	4,42	0,17	4,095	0,025	5,74	-0,02	7,21	0,185	4,885
25	-0,235	4,535	-0,125	3,88	-0,21	5,69	-0,155	6,225	-0,14	6,265	-0,02	5,5	0,085	5,015	-0,025	6,37	0,045	6,58	0,09	6,225
26	-0,285	5,665	-0,115	3,86	-0,245	6,295	-0,19	6,065	-0,01	5,145	-0,095	6,305	-0,01	6,075	-0,01	5,85	0,15	4,95	0	7,09
27	-0,335	6,09	-0,19	4,585	-0,205	5,85	-0,09	5	0,03	4,1	-0,06	6,065	-0,04	6,275	0,105	4,52	0,235	4,59	0,06	6,885
28	-0,32	5,365	-0,23	5,65	-0,08	4,34	-0,02	4,13	0,07	4,185	0,015	4,91	0	5,52	0,165	4,055	0,13	5,575	0,09	5,82
29	-0,26	4,175	-0,285	6,345	-0,03	3,98	0,02	4,095	-0,015	4,935	0,08	3,97	0,1	4,3	0,13	4,48	0,025	6,8	0,24	4,735
30	-0,22	3,525	-0,27	5,78	-0,04	4,11	-0,04	4,47	-0,08	6,175	0,09	4,09	0,115	4,03	0,06	5,795	-0,035	7,12	0,175	4,775
31	-0,165	3,575	-0,16	4,735	-0,14	5,355	-0,105	5,47	-0,095	6,3	0,025	5,145	0,09	4,57	0,03	6,29	0,045	6,375	0,175	5,495
32	-0,285	4,475	-0,155	3,84	-0,26	6,275	-0,19	6,21	-0,04	5,135	-0,05	6,195	0,015	5,6	0,075	5,495	0,15	5,085	0,01	6,99
33	-0,305	5,86	-0,105	3,925	-0,21	6,18	-0,18	6,24	0,005	4,165	-0,075	6,205	-0,03	6,26	0,145	4,33	0,2	4,595	0	7,12
34	-0,35	6,03	-0,185	4,93	-0,15	5,18	-0,155	5,83	0,055	3,91	0,015	5,305	0	5,52	0,165	3,985	0,175	5,005	0,05	6,225
35	-0,335	5,485	-0,28	6,01	-0,06	4,055	-0,065	4,65	0,01	4,945	0,085	4,17	0,07	4,59	0,1	4,76	0,045	6,065	0,17	4,855
36	-0,23	4,27	-0,28	6,315	-0,075	3,99	-0,015	4,19	-0,125	6,33	0,065	4,115	0,17	4,095	0,06	5,955	-0,04	7,165	0,185	4,695
37	-0,16	3,685	-0,265	5,535	-0,015	3,965	-0,02	4,255	-0,12	6,44	0,055	4,825	0,1	4,285	-0,01	6,275	0,01	7	0,225	5,275
38	-0,19	3,585	-0,155	4,12	-0,095	4,72	-0,06	5,06	-0,08	5,225	-0,055	6,08	0,035	5,26	0,04	5,605	0,1	5,96	0,075	6,835
39	-0,22	4,16	-0,105	3,835	-0,235	6,125	-0,11	6,055	0,04	4,03	-0,07	6,23	-0,065	6,205	0,155	4,365	0,185	4,83	0,025	7,02
40	-0,27	5,63	-0,12	3,93	-0,27	6,425	-0,155	6,355	0,075	3,975	-0,045	5,81	-0,03	5,95	0,2	4,01	0,17	4,64	0,015	6,465
41	-0,37	6,1	-0,205	5,18	-0,24	6,03	-0,12	5,705	-0,01	5,025	0,055	4,39	0,07	4,985	0,175	4,58	0,11	5,525	0,195	5,03
42	-0,305	5,49	-0,28	6,18	-0,09	4,44	0	4,415	-0,11	6,235	0,115	4	0,13	4,135	0,06	5,82	0,025	6,755	0,235	4,72
43	-0,24	4,065	-0,285	6,08	-0,02	3,985	0,03	4,025	-0,11	6,27	0,11	4,45	0,155	4,16	0	6,305	-0,01	7,03	0,195	5,19
44	-0,175	3,685	-0,19	5,055	-0,05	4,02	0	4,565	-0,015	5,195	-0,03	5,705	0,095	5,025	0,03	5,92	0,035	6,535	0,045	6,68
45	-0,21	4,03	-0,09	4,03	-0,13	4,88	-0,235	6,67	0,045	4,05	-0,1	6,33	-0,01	6,145	0,08	4,57	0,18	5,175	-0,005	7,165
46	-0,28	5,065	-0,09	3,89	-0,235	6,335	-0,25	6,455	0,06	3,995	-0,07	5,99	-0,035	6,08	0,17	4	0,21	4,645	0,04	6,505
47	-0,335	5,99	-0,12	4,185	-0,24	6,395	-0,245	6,59	-0,035	5	0,03	4,8	0,07	5,28	0,195	4,13	0,14	5,2	0,21	5,15
48	-0,345	5,905	-0,21	5,46	-0,25	6,055	-0,21	6,58	-0,105	6,415	0,115	4,135	0,135	4,22	0,09	5,38	0,04	6,375	0,22	4,77
49	-0,29	4,91	-0,29	6,3	-0,12	4,65	-0,255	6,705	-0,09	6,405	0,1	4,185	0,165	4,075	0,02	6,275	-0,01	7,04	0,23	5,13
50	-0,2	3,91	-0,285	6,045	-0,06	3,965	-0,24	6,485	-0,04	5,365	0,025	5,2	0,07	4,695	0,015	6,115	0,005	6,84	0,04	6,615
51	-0,185	3,65	-0,175	4,96	-0,05	4,055	0	4,17	0,05	4,08	-0,045	6,205	0,01	5,735	0,12	4,825	0,095	5,51	-0,01	6,985

52	-0,21	4,06	-0,12	3,96	-0,085	4,79	-0,01	3,98	0,03	4,07	-0,045	6,215	-0,02	6,25	0,19	4,01	0,19	4,665	0,055	6,635
53	-0,295	5,375	-0,085	3,94	-0,225	6,14	-0,065	5,125	-0,015	5,21	0,055	5,32	0,015	5,51	0,165	4,205	0,205	4,72	0,17	5,105
54	-0,34	6,06	-0,135	4,29	-0,195	6,325	-0,12	6,27	-0,09	6,405	0,08	4,275	0,135	4,425	0,075	5,39	0,1	5,945	0,225	4,77
55	-0,29	5,825	-0,26	5,495	-0,175	6,055	-0,145	6,26	-0,105	6,225	0,12	3,995	0,155	4,05	-0,01	6,275	0,005	7,3	0,18	4,92
56	-0,245	4,775	-0,27	6,405	-0,135	4,985	-0,1	5,265	0	4,815	0,09	4,345	0,095	4,53	-0,01	6,18	-0,035	6,975	0,065	6,325
57	-0,165	3,82	-0,245	6,14	-0,08	4,115	0,01	4	0,07	4,115	0	5,44	0,01	5,59	0,115	4,9	0,125	5,5	0,04	7,24
58	-0,14	3,48	-0,18	4,905	-0,03	4,025	0,035	3,855	0,075	4,4	-0,085	6,275	-0,04	6,145	0,2	3,99	0,2	4,63	0,085	6,765
59	-0,2	4,485	-0,08	3,99	-0,08	4,62	0,005	4,485	-0,045	5,745	-0,04	6,25	0,005	5,48	0,185	3,895	0,215	4,765	0,155	5,425
60	-0,32	5,825	-0,075	3,915	-0,175	5,81	-0,125	5,66	-0,13	6,475	0,02	5,395	0,11	4,255	0,075	5,03	0,07	6,1	0,23	4,815
61	-0,345	6,235	-0,155	4,415	-0,235	6,315	-0,145	6,285	-0,095	5,995	0,065	4,42	0,16	4,075	-0,045	6,795	-0,03	7,2	0,235	4,9
62	-0,265	5,32	-0,235	5,545	-0,215	6,09	-0,125	5,74	0,005	4,625	0,115	3,98	0,105	4,86	-0,035	6,785	-0,03	7,105	0,09	6,075
63	-0,18	3,885	-0,26	6,23	-0,155	5,265	-0,035	4,28	0,065	3,965	0,07	4,155	-0,03	6,03	0,06	5,775	0,1	5,825	-0,015	7,085
64	-0,155	3,66	-0,275	5,965	-0,02	4,265	0,015	3,895	0,055	4,435	0	5,145	-0,025	6,255	0,2	4,02	0,185	4,78	0,02	6,735
65	-0,195	4,17	-0,175	5,11	-0,03	4,05	0,01	4,12	-0,065	5,855	-0,06	6,14	0	5,53	0,145	3,92	0,21	4,605	0,145	5,53
66	-0,305	5,575	-0,15	4,04	-0,04	4,215	-0,085	5,21	-0,1	6,415	-0,055	6,105	0,16	4,27	0,19	4,11	0,1	5,485	0,215	4,76
67	-0,33	6,245	-0,07	3,9	-0,145	5,2	-0,14	6,02	-0,065	5,66	-0,04	5,675	0,11	4,07	0	6,525	0,02	6,975	0,23	4,845
68	-0,3	5,665	-0,07	4,025	-0,24	6,255	-0,17	6,04	0,025	4,41	0,03	4,605	0,1	4,72	-0,015	6,725	0	7,27	0,11	6,025
69	-0,22	4,25	-0,195	5,225	-0,28	6,28	-0,03	4,945	0,09	3,98	0,17	4,055	-0,015	6,04	0,01	6,365	0,05	6,355	0,035	7,175
70	-0,125	3,685	-0,225	6,23	-0,16	5,825	0,015	3,945	0	4,98	0,105	4,1	-0,035	6,155	0,125	4,895	0,17	4,855	0,02	7,095
71	-0,18	3,855	-0,245	6,165	-0,13	4,75	0,02	3,93	-0,09	6,065	0,055	4,605	0,03	5,555	0,18	4,095	0,2	4,67	0,14	5,78
72	-0,205	5,03	-0,205	5,46	-0,025	4,145	-0,04	5,145	-0,13	6,34	-0,035	5,705	0,105	4,375	0,21	4,19	0,17	5,14	0,235	4,81
73	-0,335	6,145	-0,12	4,235	-0,045	4,095	-0,13	6,125	-0,085	5,74	-0,025	6,155	0,18	4,085	0,14	5,845	0,06	6,305	0,195	4,815
74	-0,325	6,135	-0,045	3,935	-0,12	4,89	-0,185	6,275	0,055	4,485	-0,05	5,95	0,075	5,085	0	6,74	-0,01	7,05	0,17	5,755
75	-0,275	5,35	-0,08	3,97	-0,195	6,105	-0,065	4,64	0,065	4,055	0,035	4,995	0	6,325	0,055	6,14	0,035	6,8	0,025	7,24
76	-0,165	3,985	-0,155	4,955	-0,25	6,37	0,025	4,075	0,005	5,09	0,115	4,045	-0,04	6,325	0,15	4,495	0,12	5,49	0,055	7,115
77	-0,145	3,675	-0,235	6,1	-0,24	6,01	0,025	4,44	-0,105	6,2	0,125	4,02	0,075	4,995	0,2	3,985	0,175	4,68	0,105	6
78	-0,19	3,94	-0,27	6,18	-0,145	5,105	-0,085	5,42	-0,085	6,265	0,085	4,93	0,125	4,055	0,22	4,015	0,2	4,815	0,24	4,89
79	-0,21	5,08	-0,195	5,855	-0,02	4,245	-0,075	5,9	-0,06	5,425	-0,035	6,065	0,14	4,145	0,06	5,91	0,05	6,155	0,205	4,87
80	-0,335	6,09	-0,135	4,635	-0,055	4,04	-0,08	5,315	0,025	4,335	-0,095	6,37	0,05	5,055	0,01	6,845	0,025	7,205	0,15	5,68
81	-0,3	6,095	-0,04	3,94	-0,09	4,41	0	4,545	0,07	4,11	-0,02	5,565	-0,04	6,215	0,01	6,505	-0,005	7,23	0,025	7,105
82	-0,295	5,18	-0,065	3,935	-0,16	5,805	-0,05	4,905	-0,01	5,15	0,085	4,425	-0,005	6,26	0,135	4,78	0,055	6,02	0,035	7,135
83	-0,225	4,085	-0,11	4,505	-0,185	6,25	-0,065	5,21	-0,025	6,255	0,115	4,005	0,015	5,32	0,18	4,005	0,16	4,81	0,095	6,235
84	-0,155	3,75	-0,225	5,655	-0,185	6,08	-0,09	5,21	-0,11	6,285	0,065	4,145	0,165	4,06	0,17	4,575	0,175	4,75	0,215	5,02
85	-0,145	3,88	-0,275	6,345	-0,125	5,005	-0,045	5,19	-0,01	5,195	-0,005	5,215	0,19	4,035	0,06	6,245	0,12	5,595	0,2	4,835
86	-0,225	5,065	-0,23	5,925	-0,01	4,045	0,02	4,365	0,055	4,14	-0,065	6,305	0,135	5,1	-0,02	6,855	0,01	6,835	0,135	5,52
87	-0,28	6,03	-0,14	4,855	-0,01	3,985	0,005	4,745	0,085	4,215	-0,07	6,28	-0,02	6,365	0,02	6,465	-0,02	7,105	0,035	6,865
88	-0,325	6,2	-0,085	4	-0,05	4,615	-0,08	5,35	0	5,495	0,01	5,39	-0,04	6,325	0,12	5,02	0	6,735	0,03	6,99
89	-0,225	5,26	-0,06	3,975	-0,19	6,035	-0,135	6,27	-0,075	6,295	0,125	4,415	0,06	5,44	0,2	4,16	0,12	5,265	0	6,435
90	-0,155	4,225	-0,085	4,495	-0,225	6,47	-0,125	6,19	-0,09	6,12	0,115	4,065	0,105	4,215	0,17	4,355	0,2	4,68	0,18	5,045
91	-0,135	3,66	-0,21	5,54	-0,19	6,175	-0,035	4,935	0,025	4,845	0,105	4,45	0,14	4,075	0,05	6,185	0,2	4,795	0,255	4,84
92	-0,155	3,97	-0,28	6,34	-0,08	4,95	0,04	4,005	0,06	4,03	0,045	5,325	0,165	4,315	0,01	7,125	0,035	6,395	0,205	5,565
93	-0,265	5,07	-0,245	6,08	-0,015	4,02	0,03	4,03	0,085	4,125	-0,06	6,23	0,01	6,075	0,04	6,165	-0,015	7,12	0,035	7
94	-0,325	6,215	-0,185	5,08	-0,025	4,035	-0,04	4,935	-0,03	5,335	-0,02	6,06	-0,05	6,415	0,17	4,5	0,005	7,21	0	7,045
95	-0,32	6,085	-0,085	4,03	-0,035	4,54	-0,16	6,19	-0,145	6,35	0,065	4,92	0,02	5,72	0,17	4,305	0,045	6,215	0,095	6,245
96	-0,275	5,08	-0,065	4,01	-0,18	5,9	-0,06	5,255	-0,045	6,255	0,115	4,13	0,145	4,29	0,235	4,24	0,225	4,66	0,255	4,82
97	-0,155	3,775	-0,105	4,185	-0,19	6,355	-0,01	4,625	-0,015	5,09	0,09	4,265	0,18	4,085	0,195	4,165	0,22	4,675	0,235	4,82
98	-0,1	3,72	-0,19	5,405	-0,175	6,105	0,01	4,79	0,065	4,06	0,06	5,2	0,15	4,295	0,185	4,205	0,17	5,33	0,175	5,75
99	-0,195	4,35	-0,265	6,37	-0,055	4,815	-0,15	6,435	0,065	4,08	-0,04	6,21	0,01	5,82	0,13	5,145	0,025	6,805	0,055	7,085
100	-0,28	5,48	-0,265	6,285	-0,03	4,1	-0,15	6,555	-0,005	5,125	-0,045	6,275	-0,03	6,355	0,015	6,58	0,01	7	0,005	7,085
s	**0,07211**	**0,97339**	**0,07515**	**0,91469**	**0,08078**	**0,90996**	**0,07882**	**0,89516**	**0,07127**	**0,90097**	**0,07195**	**0,87607**	**0,07606**	**0,84358**	**0,07813**	**0,98998**	**0,08464**	**0,96256**	**0,08695**	**0,94181**

Tabulka 1 Měření stávající laboratoře na podlaze autokolimátorem (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-0,74	0,03	-0,835	0,005	-0,78	0,005	-0,79	-0,04	-0,75	-0,075	-0,805	-0,055	-0,75	-0,005	-0,75	0,015	-0,665	0,035	-0,705	-0,045
2	-0,74	0,05	-0,82	0,03	-0,815	-0,03	-0,82	-0,06	-0,755	-0,055	-0,78	-0,06	-0,75	0,01	-0,805	0,035	-0,665	-0,005	-0,705	-0,015
3	-0,735	0,035	-0,785	0,01	-0,805	-0,01	-0,805	0	-0,755	-0,02	-0,775	-0,105	-0,745	-0,035	-0,78	0,03	-0,7	0,02	-0,67	0,005
4	-0,75	0,02	-0,8	0,02	-0,77	0,01	-0,75	0,04	-0,785	-0,02	-0,79	-0,04	-0,725	-0,025	-0,745	0,025	-0,675	0,035	-0,705	-0,015
5	-0,755	0	-0,82	0,04	-0,805	-0,03	-0,75	0,11	-0,765	-0,075	-0,74	0,01	-0,745	0,025	-0,7	0,045	-0,68	0,015	-0,68	-0,015
6	-0,735	-0,045	-0,775	-0,005	-0,76	-0,06	-0,72	0,13	-0,725	0	-0,77	0,01	-0,72	0,02	-0,73	0,03	-0,705	0,04	-0,705	0,015
7	-0,8	-0,03	-0,79	-0,02	-0,775	-0,045	-0,78	0,14	-0,72	0,01	-0,75	-0,005	-0,74	-0,01	-0,73	0,07	-0,69	0,005	-0,665	0,005
8	-0,8	-0,03	-0,81	0,015	-0,81	-0,01	-0,83	0,19	-0,7	0,01	-0,73	0,02	-0,73	-0,015	-0,715	0,07	-0,7	0,04	-0,69	0,025
9	-0,85	0,01	-0,81	0,02	-0,82	-0,04	-0,865	0,105	-0,69	-0,02	-0,705	0,025	-0,755	0,05	-0,74	0,07	-0,705	0,01	-0,675	0,01
10	-0,85	0,03	-0,84	0,045	-0,825	-0,065	-0,855	0,105	-0,72	0,035	-0,705	-0,01	-0,755	0,005	-0,74	0,03	-0,665	0,025	-0,675	0,055
11	-0,9	-0,025	-0,81	0,035	-0,87	-0,045	-0,825	0,1	-0,675	0,02	-0,67	0	-0,815	0,04	-0,74	0,095	-0,69	0,015	-0,67	0,11
12	-0,875	0,03	-0,795	0,035	-0,825	-0,065	-0,855	0,1	-0,66	0,04	-0,69	0	-0,77	-0,03	-0,735	0,02	-0,685	-0,035	-0,695	0,045
13	-0,875	0,03	-0,795	0	-0,855	-0,04	-0,855	0,105	-0,65	0,06	-0,71	-0,035	-0,81	-0,015	-0,72	0,05	-0,735	-0,035	-0,71	0,055
14	-0,835	0,025	-0,805	-0,01	-0,855	-0,05	-0,83	0,135	-0,69	0,04	-0,72	-0,055	-0,81	-0,015	-0,775	0,095	-0,775	-0,03	-0,72	0,075
15	-0,91	0	-0,815	-0,005	-0,865	-0,035	-0,8	0,12	-0,69	0,055	-0,825	-0,06	-0,825	-0,02	-0,75	0,095	-0,8	-0,05	-0,715	0,055
16	-0,87	-0,015	-0,835	-0,01	-0,86	-0,03	-0,815	0,115	-0,675	0,05	-0,775	-0,025	-0,81	-0,035	-0,78	0,1	-0,85	-0,04	-0,74	0,08
17	-0,87	-0,02	-0,845	-0,01	-0,845	-0,025	-0,78	0,17	-0,695	0,065	-0,81	-0,015	-0,815	-0,03	-0,755	0,075	-0,865	0,01	-0,69	0,065
18	-0,85	-0,055	-0,85	-0,035	-0,795	-0,01	-0,785	0,185	-0,705	0,085	-0,795	0	-0,84	0	-0,755	0,12	-0,84	0	-0,7	0,07
19	-0,835	-0,05	-0,85	-0,04	-0,83	-0,02	-0,805	0,18	-0,745	0,055	-0,74	0,035	-0,815	-0,035	-0,76	0,085	-0,815	0,03	-0,71	0,085
20	-0,845	-0,025	-0,85	-0,035	-0,845	-0,01	-0,775	0,175	-0,735	0,01	-0,78	0,085	-0,795	-0,035	-0,775	0,1	-0,785	0,035	-0,68	0,09
21	-0,82	-0,055	-0,85	-0,025	-0,825	0,04	-0,775	0,14	-0,785	-0,02	-0,76	0,04	-0,81	-0,045	-0,77	0,13	-0,76	0,095	-0,68	0,085
22	-0,805	-0,035	-0,815	0,015	-0,83	0,015	-0,805	0,12	-0,805	0,015	-0,72	0,09	-0,77	-0,005	-0,775	0,155	-0,745	0,055	-0,685	0,085
23	-0,76	-0,015	-0,815	0,01	-0,815	0,025	-0,84	0,045	-0,74	0,02	-0,79	0	-0,765	-0,03	-0,78	0,14	-0,745	0,075	-0,69	0,075
24	-0,795	-0,015	-0,845	0,055	-0,85	-0,005	-0,81	0,095	-0,775	0,02	-0,795	0,04	-0,745	-0,08	-0,775	0,165	-0,74	0,05	-0,67	0,065
25	-0,73	-0,03	-0,855	0,05	-0,85	0	-0,79	0,075	-0,77	0	-0,775	0,005	-0,76	-0,04	-0,81	0,155	-0,78	0,04	-0,675	0,02
26	-0,755	-0,035	-0,87	0,08	-0,815	0	-0,775	0,06	-0,78	-0,02	-0,795	0,02	-0,75	-0,06	-0,8	0,16	-0,76	0,045	-0,715	0,115
27	-0,76	-0,025	-0,88	0,07	-0,82	-0,02	-0,785	0,05	-0,74	-0,005	-0,77	0,03	-0,69	-0,075	-0,775	0,135	-0,775	0,035	-0,705	0,07
28	-0,765	0,03	-0,88	0,11	-0,85	0,025	-0,81	0,07	-0,755	0,015	-0,79	0	-0,77	-0,025	-0,78	0,135	-0,81	0,015	-0,685	0,09
29	-0,77	0,005	-0,85	0,175	-0,815	0,02	-0,81	0,04	-0,745	0,01	-0,795	0,035	-0,745	-0,04	-0,785	0,12	-0,8	0,01	-0,655	0,125
30	-0,76	0,01	-0,815	0,14	-0,855	0,015	-0,795	0,06	-0,73	-0,005	-0,81	0,01	-0,725	-0,075	-0,775	0,14	-0,825	0,015	-0,715	0,13
31	-0,81	0,07	-0,835	0,17	-0,84	0,025	-0,805	0,07	-0,745	0,005	-0,78	0,03	-0,775	-0,02	-0,81	0,115	-0,79	0,01	-0,7	0,15
32	-0,885	0,09	-0,805	0,175	-0,825	0,02	-0,785	0,095	-0,7	0,025	-0,765	-0,025	-0,755	-0,085	-0,775	0,11	-0,785	0,04	-0,715	0,13
33	-0,93	0,15	-0,82	0,17	-0,81	0,05	-0,79	0,11	-0,7	0,035	-0,77	0	-0,77	-0,075	-0,76	0,105	-0,8	-0,01	-0,735	0,125
34	-0,885	0,07	-0,795	0,155	-0,825	0,035	-0,785	0,08	-0,65	0,035	-0,785	-0,005	-0,77	-0,05	-0,785	0,095	-0,755	0,025	-0,735	0,105
35	-0,86	0,015	-0,78	0,14	-0,82	0,035	-0,755	0,085	-0,74	0,025	-0,78	0,005	-0,745	0,005	-0,745	0,115	-0,755	0,005	-0,79	0,14
36	-0,81	0,005	-0,805	0,11	-0,8	0,025	-0,79	0,105	-0,75	0,025	-0,78	-0,005	-0,715	-0,035	-0,77	0,14	-0,78	0,045	-0,73	0,095
37	-0,805	0,005	-0,765	0,1	-0,775	0,01	-0,805	0,075	-0,775	0	-0,82	-0,015	-0,725	-0,015	-0,765	0,145	-0,76	0,035	-0,735	0,075
38	-0,78	0,01	-0,765	0,065	-0,765	0,01	-0,775	0,1	-0,79	0,02	-0,78	-0,025	-0,72	-0,015	-0,785	0,105	-0,74	0,01	-0,795	0,095
39	-0,805	0	-0,775	0,1	-0,795	0,025	-0,775	0,14	-0,785	-0,04	-0,815	0	-0,72	-0,03	-0,8	0,12	-0,705	0,03	-0,765	0,045
40	-0,775	0,02	-0,755	0,075	-0,76	0,045	-0,765	0,12	-0,76	-0,035	-0,835	-0,01	-0,73	-0,045	-0,8	0,105	-0,7	0,065	-0,775	0,09
41	-0,785	0	-0,795	0,11	-0,775	0,015	-0,81	0,09	-0,8	-0,015	-0,825	0	-0,71	0	-0,795	0,095	-0,69	0,06	-0,755	0,11
42	-0,755	0	-0,805	0,035	-0,755	0,02	-0,81	0,105	-0,795	-0,035	-0,795	0,01	-0,745	0,05	-0,8	0,085	-0,715	0,02	-0,755	0,07
43	-0,785	-0,02	-0,81	0,04	-0,75	-0,015	-0,79	0,105	-0,77	0	-0,785	0,02	-0,77	0,025	-0,82	0,055	-0,68	-0,025	-0,74	0,04
44	-0,755	0,015	-0,805	0,07	-0,765	0,015	-0,825	0,1	-0,76	-0,005	-0,75	-0,01	-0,725	0,015	-0,795	0,045	-0,685	0,035	-0,745	0,035
45	-0,735	-0,005	-0,825	0,105	-0,79	0	-0,835	0,085	-0,79	0,005	-0,76	-0,045	-0,745	0,025	-0,765	0,09	-0,7	0,09	-0,77	0,035
46	-0,805	0,03	-0,835	0,065	-0,815	0,01	-0,765	0,08	-0,785	0	-0,74	-0,01	-0,735	0	-0,755	0,095	-0,71	0,08	-0,75	0,025
47	-0,805	-0,005	-0,85	0,085	-0,79	0,01	-0,775	0,095	-0,775	0,045	-0,76	0	-0,775	0,02	-0,775	0,095	-0,74	0,07	-0,735	0,01
48	-0,82	0,005	-0,865	0,07	-0,78	0,03	-0,75	0,07	-0,765	0,035	-0,77	-0,02	-0,715	0,02	-0,73	0,04	-0,725	0,03	-0,745	0,05
49	-0,875	0,06	-0,87	0,045	-0,77	0,015	-0,79	0,095	-0,745	0,045	-0,775	0,005	-0,79	-0,01	-0,75	0,07	-0,765	0,105	-0,76	0,025
50	-0,875	0,065	-0,87	0,075	-0,79	0,01	-0,765	0,115	-0,79	0,005	-0,795	-0,005	-0,765	-0,035	-0,72	0,04	-0,745	0,06	-0,74	0,03
51	-0,87	0,135	-0,875	0,06	-0,785	0,035	-0,775	0,1	-0,78	0,03	-0,775	-0,005	-0,81	-0,06	-0,745	0,055	-0,795	0,07	-0,735	0,025

52	-0,87	0,14	-0,85	0,03	-0,835	0,02	-0,765	0,16	-0,75	-0,015	-0,795	0,02	-0,8	-0,025	-0,74	0,015	-0,775	0,055	-0,745	0,025
53	-0,845	0,105	-0,89	0,025	-0,79	0,04	-0,76	0,08	-0,75	-0,005	-0,745	0,03	-0,785	-0,03	-0,71	0,01	-0,775	0,07	-0,74	0,055
54	-0,815	0,11	-0,86	-0,005	-0,825	0,035	-0,775	0,08	-0,73	0,025	-0,76	0,095	-0,795	-0,015	-0,69	0,025	-0,76	0,05	-0,725	0,035
55	-0,805	0,06	-0,845	0,035	-0,8	0,03	-0,775	0,09	-0,735	0,015	-0,78	0,095	-0,795	-0,025	-0,73	-0,005	-0,78	0,07	-0,75	0,025
56	-0,785	0,075	-0,88	0,01	-0,85	0,08	-0,74	0,105	-0,705	0,01	-0,745	0,13	-0,79	-0,045	-0,685	0,06	-0,775	0,08	-0,775	0,01
57	-0,775	0,07	-0,89	0,07	-0,825	0,065	-0,735	0,08	-0,715	-0,02	-0,815	0,14	-0,75	-0,015	-0,735	0	-0,755	-0,02	-0,715	0,03
58	-0,77	0,035	-0,855	0,03	-0,805	0,085	-0,78	0,115	-0,725	0	-0,815	0,15	-0,745	-0,06	-0,76	-0,03	-0,75	0,015	-0,7	0,05
59	-0,77	0,06	-0,885	0,05	-0,775	0,105	-0,775	0,11	-0,68	-0,005	-0,81	0,155	-0,765	-0,035	-0,775	-0,015	-0,8	-0,025	-0,71	0,025
60	-0,745	0,08	-0,88	-0,005	-0,825	0,065	-0,79	0,105	-0,75	0,015	-0,84	0,19	-0,815	-0,045	-0,755	0,055	-0,76	-0,01	-0,745	0,035
61	-0,79	0,045	-0,89	-0,045	-0,775	0,09	-0,815	0,075	-0,705	0,025	-0,84	0,18	-0,81	-0,065	-0,785	0,04	-0,77	-0,04	-0,7	0,04
62	-0,765	0,03	-0,88	0	-0,795	0,065	-0,81	0,05	-0,7	0,02	-0,85	0,15	-0,785	-0,07	-0,775	0,035	-0,79	-0,05	-0,71	0,055
63	-0,755	-0,01	-0,89	-0,05	-0,81	0,105	-0,81	0,05	-0,725	0,045	-0,86	0,155	-0,725	-0,005	-0,795	0,09	-0,785	-0,075	-0,71	0,035
64	-0,72	-0,035	-0,89	-0,05	-0,815	0,07	-0,805	0,01	-0,74	0,025	-0,87	0,145	-0,7	0,02	-0,765	0,095	-0,77	-0,08	-0,705	0,04
65	-0,74	-0,04	-0,87	-0,03	-0,805	0,06	-0,79	0	-0,71	-0,005	-0,865	0,12	-0,72	0,045	-0,775	0,075	-0,77	-0,065	-0,705	0,04
66	-0,72	-0,055	-0,865	-0,035	-0,795	0,005	-0,795	0,015	-0,725	0,06	-0,895	0,2	-0,755	0,015	-0,76	0,125	-0,745	-0,045	-0,745	0,075
67	-0,715	-0,02	-0,91	-0,04	-0,82	0,055	-0,74	0,04	-0,76	0,075	-0,885	0,175	-0,735	0	-0,765	0,13	-0,755	-0,035	-0,715	0,085
68	-0,72	-0,08	-0,9	-0,045	-0,855	0,035	-0,765	0,005	-0,685	0,075	-0,915	0,155	-0,735	-0,055	-0,74	0,12	-0,7	-0,04	-0,725	0,085
69	-0,735	-0,05	-0,88	0,01	-0,83	0,025	-0,755	0,045	-0,725	0,07	-0,875	0,185	-0,78	-0,08	-0,735	0,08	-0,715	0	-0,77	0,105
70	-0,7	-0,055	-0,875	-0,025	-0,775	0,025	-0,75	0,075	-0,685	0,01	-0,895	0,145	-0,75	-0,04	-0,745	0,13	-0,71	-0,03	-0,73	0,09
71	-0,725	-0,105	-0,905	0,03	-0,805	0,03	-0,73	0,065	-0,745	-0,005	-0,89	0,12	-0,735	-0,035	-0,75	0,125	-0,71	-0,075	-0,78	0,095
72	-0,745	-0,06	-0,89	-0,035	-0,785	0,035	-0,73	0,06	-0,725	0,01	-0,89	0,075	-0,73	-0,02	-0,685	0,135	-0,715	0,01	-0,725	0,08
73	-0,785	-0,075	-0,885	0,02	-0,75	0,04	-0,72	0,085	-0,74	-0,03	-0,88	0,035	-0,715	-0,03	-0,705	0,11	-0,73	-0,015	-0,74	0,085
74	-0,765	-0,09	-0,83	0,015	-0,8	0,065	-0,71	0,09	-0,795	-0,03	-0,88	0,055	-0,74	-0,01	-0,72	0,125	-0,725	-0,005	-0,75	0,04
75	-0,785	-0,1	-0,88	0,055	-0,8	0,03	-0,725	0,075	-0,76	-0,025	-0,86	0,055	-0,765	-0,02	-0,72	0,1	-0,725	-0,015	-0,71	0,045
76	-0,81	-0,095	-0,8	0,06	-0,78	0,025	-0,72	0,095	-0,75	-0,01	-0,865	0,02	-0,75	-0,02	-0,725	0,125	-0,72	-0,015	-0,685	0,06
77	-0,795	-0,055	-0,805	0,065	-0,83	-0,02	-0,705	0,135	-0,77	-0,04	-0,905	-0,015	-0,7	-0,035	-0,7	0,12	-0,725	-0,015	-0,73	0,025
78	-0,825	-0,075	-0,8	0,06	-0,8	0,04	-0,69	0,155	-0,755	-0,015	-0,85	-0,02	-0,75	-0,04	-0,73	0,11	-0,72	0,005	-0,695	0,04
79	-0,81	-0,095	-0,78	0,08	-0,83	0,065	-0,7	0,175	-0,675	-0,04	-0,855	-0,075	-0,735	0	-0,725	0,135	-0,725	0,025	-0,68	0,03
80	-0,82	-0,045	-0,77	0,04	-0,79	0,035	-0,7	0,145	-0,69	-0,045	-0,845	-0,045	-0,74	-0,015	-0,72	0,085	-0,725	0	-0,69	0,05
81	-0,825	-0,075	-0,77	0,035	-0,81	0,035	-0,7	0,175	-0,755	-0,02	-0,8	-0,105	-0,75	-0,015	-0,735	0,125	-0,7	-0,035	-0,725	0,04
82	-0,82	-0,09	-0,8	0,035	-0,83	0,045	-0,7	0,215	-0,735	-0,04	-0,82	-0,105	-0,765	-0,035	-0,725	0,075	-0,7	-0,005	-0,695	0,055
83	-0,78	-0,045	-0,77	0,08	-0,795	0,075	-0,695	0,165	-0,76	0	-0,795	-0,105	-0,74	0,005	-0,715	0,08	-0,705	0,005	-0,685	0,055
84	-0,785	-0,065	-0,76	0,07	-0,78	0,07	-0,71	0,175	-0,735	-0,035	-0,785	-0,095	-0,795	-0,015	-0,73	0,105	-0,705	0,03	-0,685	0,03
85	-0,75	-0,045	-0,8	0,05	-0,745	0,1	-0,715	0,175	-0,79	-0,05	-0,78	-0,12	-0,8	0,035	-0,75	0,06	-0,73	0,045	-0,685	0,09
86	-0,715	-0,05	-0,76	0,05	-0,72	0,125	-0,72	0,14	-0,79	-0,035	-0,81	-0,13	-0,775	0,005	-0,76	0,03	-0,755	0,03	-0,715	0,035
87	-0,75	0,005	-0,74	0,015	-0,685	0,115	-0,705	0,18	-0,81	-0,035	-0,77	-0,12	-0,78	0,02	-0,75	0,065	-0,76	0,06	-0,7	0,045
88	-0,78	0,015	-0,775	0,055	-0,71	0,12	-0,73	0,135	-0,78	0,01	-0,795	-0,145	-0,785	0,015	-0,74	0,025	-0,75	0,06	-0,705	0,02
89	-0,75	0,02	-0,745	0,04	-0,72	0,095	-0,675	0,135	-0,775	-0,005	-0,805	-0,145	-0,78	-0,01	-0,76	0,025	-0,775	0,065	-0,72	0,055
90	-0,775	0,07	-0,78	0,03	-0,735	0,065	-0,715	0,07	-0,775	-0,01	-0,765	-0,11	-0,81	-0,02	-0,775	0,025	-0,805	0,05	-0,715	0,045
91	-0,8	0,07	-0,765	0,04	-0,775	0,075	-0,685	0,05	-0,75	-0,085	-0,77	-0,095	-0,775	-0,025	-0,77	0,015	-0,775	-0,01	-0,725	0,07
92	-0,87	0,13	-0,74	0,04	-0,825	0	-0,715	0,03	-0,795	-0,055	-0,79	-0,04	-0,795	0,05	-0,745	0,04	-0,835	-0,05	-0,735	0,025
93	-0,915	0,135	-0,775	0,035	-0,86	0,03	-0,71	0,075	-0,74	-0,05	-0,79	-0,03	-0,8	0,005	-0,75	0,045	-0,825	-0,03	-0,695	0,12
94	-0,865	0,15	-0,795	0	-0,88	-0,005	-0,695	0,015	-0,745	-0,02	-0,805	0	-0,765	0	-0,745	0,045	-0,775	-0,03	-0,725	0,115
95	-0,845	0,13	-0,75	0,035	-0,86	0	-0,68	-0,02	-0,725	-0,06	-0,78	0	-0,775	-0,005	-0,715	0,05	-0,82	-0,075	-0,7	0,045
96	-0,785	0,09	-0,755	0	-0,83	-0,02	-0,705	-0,055	-0,695	-0,035	-0,81	-0,01	-0,79	0,03	-0,65	0,05	-0,75	-0,03	-0,71	0,055
97	-0,825	0,04	-0,785	-0,01	-0,81	0,025	-0,71	-0,005	-0,77	-0,07	-0,8	-0,005	-0,75	0	-0,66	0,065	-0,745	-0,03	-0,715	0,07
98	-0,83	0,06	-0,77	0,01	-0,81	-0,005	-0,74	-0,03	-0,77	-0,04	-0,745	0,005	-0,75	0	-0,68	0,08	-0,735	-0,03	-0,715	0,065
99	-0,85	0,035	-0,74	0	-0,815	-0,05	-0,76	-0,01	-0,78	-0,055	-0,75	-0,02	-0,73	0,06	-0,645	0,06	-0,735	-0,06	-0,68	0,055
100	-0,855	0,055	-0,77	0,01	-0,835	-0,1	-0,755	-0,03	-0,77	-0,04	-0,775	-0,02	-0,705	0,035	-0,66	0,045	-0,715	0	-0,715	0,065
s	**0,05243**	**0,06143**	**0,04582**	**0,05194**	**0,03659**	**0,04391**	**0,04551**	**0,05761**	**0,03738**	**0,03661**	**0,04967**	**0,07910**	**0,03275**	**0,03196**	**0,03579**	**0,04413**	**0,04433**	**0,04253**	**0,02964**	**0,03691**

Tabulka 2 Měření stávající laboratoře za klidu.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´]																			
1	-0,71	0,205	-0,705	0,07	-0,7	0,2	-0,685	0,025	-0,695	0,08	-0,775	-0,03	-0,685	0,12	-0,8	0,095	-0,67	0,065	-0,665	0,065
2	-0,695	0,22	-0,71	0,115	-0,745	0,18	-0,71	0,005	-0,735	0,115	-0,7	-0,02	-0,705	0,11	-0,765	0,18	-0,68	0,07	-0,635	0,085
3	-0,65	0,23	-0,72	0,125	-0,755	0,175	-0,705	-0,06	-0,805	0,115	-0,755	0,015	-0,66	0,175	-0,71	0,21	-0,66	0,03	-0,7	0,095
4	-0,585	0,245	-0,75	0,16	-0,73	0,13	-0,7	-0,02	-0,85	0,025	-0,795	0,01	-0,705	0,17	-0,66	0,265	-0,665	0	-0,68	0,04
5	-0,595	0,255	-0,765	0,155	-0,71	0,165	-0,7	-0,005	-0,93	0,01	-0,815	0,06	-0,72	0,19	-0,615	0,255	-0,67	0,035	-0,645	0
6	-0,595	0,185	-0,765	0,185	-0,76	0,11	-0,725	-0,005	-0,84	0,035	-0,755	0,08	-0,69	0,2	-0,74	0,145	-0,645	0,03	-0,645	-0,025
7	-0,59	0,205	-0,765	0,205	-0,725	0,115	-0,735	0,01	-0,75	0,095	-0,76	0,065	-0,72	0,145	-0,675	0,15	-0,67	0,01	-0,605	0,1
8	-0,53	0,165	-0,775	0,14	-0,74	0,145	-0,755	0,04	-0,615	0,2	-0,765	-0,025	-0,75	0,075	-0,615	0,115	-0,635	0,015	-0,58	0,115
9	-0,585	0,165	-0,795	0,12	-0,76	0,115	-0,78	-0,04	-0,6	0,16	-0,705	0,02	-0,81	0,025	-0,665	0,075	-0,64	0,04	-0,555	0,125
10	-0,585	0,145	-0,775	0,18	-0,765	0,13	-0,8	-0,05	-0,655	0,045	-0,665	0,08	-0,8	0,085	-0,79	0,07	-0,69	0,005	-0,49	0,16
11	-0,54	0,11	-0,745	0,18	-0,74	0,13	-0,81	-0,09	-0,65	0,125	-0,69	0,07	-0,745	0,015	-0,67	0,15	-0,67	0,055	-0,73	0,215
12	-0,52	0,025	-0,78	0,225	-0,755	0,145	-0,82	-0,085	-0,625	0,185	-0,745	0,11	-0,615	-0,005	-0,725	0,115	-0,68	0,105	-0,605	0,16
13	-0,62	0,07	-0,805	0,14	-0,805	0,12	-0,81	-0,065	-0,665	0,11	-0,71	0,135	-0,64	-0,025	-0,68	0,19	-0,71	0,08	-0,61	0,185
14	-0,625	0,065	-0,84	0,07	-0,775	0,135	-0,76	-0,09	-0,695	0,075	-0,72	0,1	-0,67	-0,035	-0,655	0,065	-0,705	0,13	-0,555	0,085
15	-0,56	0,105	-0,795	0,02	-0,77	0,15	-0,745	-0,075	-0,655	0,12	-0,775	0,1	-0,74	0,01	-0,755	0,1	-0,7	0,16	-0,75	0,13
16	-0,61	0,125	-0,775	0,035	-0,78	0,15	-0,695	-0,03	-0,61	0,135	-0,755	0,14	-0,73	0,01	-0,765	0,16	-0,75	0,145	-0,72	0,03
17	-0,605	0,13	-0,705	0,07	-0,77	0,16	-0,73	-0,035	-0,65	0,16	-0,69	0,145	-0,7	-0,015	-0,73	0,21	-0,71	0,17	-0,67	0,04
18	-0,65	0,065	-0,7	0,07	-0,765	0,15	-0,68	0,02	-0,595	0,19	-0,775	0,105	-0,68	-0,015	-0,72	0,16	-0,77	0,135	-0,74	0,025
19	-0,645	0,035	-0,685	0,095	-0,75	0,175	-0,705	0	-0,625	0,16	-0,825	0,155	-0,7	0,01	-0,65	0,11	-0,765	0,125	-0,6	0,005
20	-0,655	0,04	-0,675	0,1	-0,72	0,165	-0,7	0,05	-0,615	0,19	-0,835	0,175	-0,7	0	-0,63	0,055	-0,785	0,13	-0,74	-0,01
21	-0,595	-0,01	-0,69	0,065	-0,68	0,16	-0,71	0,03	-0,6	0,125	-0,83	0,145	-0,76	0,06	-0,71	0,095	-0,7	0,125	-0,71	-0,01
22	-0,63	0	-0,695	0,115	-0,69	0,175	-0,715	0,035	-0,56	0,095	-0,75	0,145	-0,79	0,02	-0,825	0,19	-0,715	0,135	-0,635	0,11
23	-0,495	0,125	-0,68	0,11	-0,68	0,185	-0,72	0,01	-0,555	0,075	-0,695	0,115	-0,795	0,03	-0,73	0,095	-0,66	0,08	-0,695	0,18
24	-0,38	0,145	-0,645	0,1	-0,655	0,2	-0,73	0,02	-0,545	0,13	-0,595	0,055	-0,795	-0,04	-0,77	0,11	-0,675	0,065	-0,675	0,125
25	-0,455	0,035	-0,63	0,075	-0,69	0,215	-0,735	0,055	-0,58	0,07	-0,63	0,02	-0,76	-0,015	-0,81	0,075	-0,705	0,055	-0,655	0,075
26	-0,54	-0,035	-0,66	0,04	-0,63	0,225	-0,72	0,03	-0,61	0,01	-0,72	0	-0,71	0	-0,85	0,08	-0,7	0,04	-0,59	0,075
27	-0,54	0,06	-0,645	0,04	-0,675	0,16	-0,725	0,035	-0,655	0	-0,63	0,025	-0,695	-0,035	-0,85	0,085	-0,765	0,09	-0,69	0,035
28	-0,555	0,16	-0,63	0,04	-0,7	0,19	-0,73	0,015	-0,7	-0,005	-0,655	0,18	-0,72	-0,03	-0,845	0,045	-0,75	0,09	-0,73	-0,04
29	-0,63	0,09	-0,64	0,06	-0,735	0,16	-0,725	0,08	-0,69	-0,005	-0,64	0,215	-0,71	-0,045	-0,8	0,07	-0,77	0,105	-0,605	0,025
30	-0,69	0,1	-0,72	0,02	-0,715	0,185	-0,735	0,11	-0,685	-0,035	-0,585	0,265	-0,775	-0,04	-0,77	0,105	-0,74	0,06	-0,605	0,075
31	-0,78	-0,045	-0,78	0,015	-0,705	0,145	-0,75	0,155	-0,69	0,015	-0,575	0,245	-0,78	-0,04	-0,675	0,125	-0,73	0,065	-0,675	0,105
32	-0,92	-0,06	-0,76	0,03	-0,735	0,145	-0,755	0,205	-0,695	0,005	-0,665	0,245	-0,745	0	-0,665	0,175	-0,665	0,015	-0,67	0,025
33	-0,865	0,135	-0,745	0	-0,74	0,12	-0,775	0,16	-0,7	0,015	-0,66	0,17	-0,745	0,04	-0,655	0,1	-0,69	0,065	-0,635	0,13
34	-0,665	0,315	-0,725	-0,005	-0,77	0,11	-0,775	0,205	-0,73	-0,01	-0,735	0,19	-0,71	0,04	-0,68	0,09	-0,645	0,08	-0,55	0,075
35	-0,685	0,29	-0,755	-0,02	-0,805	0,135	-0,78	0,215	-0,735	-0,035	-0,795	0,145	-0,715	0,05	-0,685	0,1	-0,66	0,035	-0,55	-0,05
36	-0,73	0,145	-0,74	0	-0,75	0,1	-0,79	0,185	-0,71	-0,035	-0,755	0,18	-0,685	0,03	-0,665	0,095	-0,715	0,045	-0,59	0,16
37	-0,52	0,15	-0,725	-0,005	-0,78	0,155	-0,84	0,205	-0,755	-0,01	-0,725	0,02	-0,69	0,065	-0,74	0,105	-0,71	0,035	-0,62	0,25
38	-0,62	0,115	-0,71	0,025	-0,76	0,145	-0,885	0,185	-0,74	-0,03	-0,62	-0,03	-0,735	0	-0,72	0,125	-0,785	0,035	-0,675	0,135
39	-0,67	0,11	-0,7	0,01	-0,785	0,165	-0,885	0,17	-0,715	-0,045	-0,605	-0,055	-0,76	-0,03	-0,74	0,17	-0,735	0,03	-0,71	0,14
40	-0,68	0,125	-0,715	0	-0,82	0,145	-0,875	0,115	-0,72	-0,075	-0,645	-0,03	-0,735	0,025	-0,72	0,185	-0,73	0,03	-0,655	0,16
41	-0,72	0,09	-0,715	0,035	-0,77	0,205	-0,81	0,075	-0,675	-0,045	-0,7	0,055	-0,7	0,05	-0,68	0,18	-0,72	0,035	-0,72	0,205
42	-0,765	0,095	-0,665	0,005	-0,78	0,24	-0,76	0,015	-0,72	-0,005	-0,665	0,115	-0,655	0,04	-0,685	0,235	-0,715	0,015	-0,81	0,21
43	-0,785	0,11	-0,635	0,02	-0,77	0,23	-0,76	0,04	-0,725	0,02	-0,68	0,085	-0,705	0,01	-0,7	0,22	-0,705	-0,005	-0,89	0,15
44	-0,81	0,095	-0,675	0,03	-0,75	0,19	-0,76	0,08	-0,72	0,035	-0,7	0,03	-0,74	0,045	-0,7	0,225	-0,675	-0,01	-0,97	0,13
45	-0,755	0,09	-0,625	0,005	-0,71	0,2	-0,835	0,03	-0,69	0,03	-0,675	0,12	-0,78	0	-0,69	0,18	-0,665	-0,005	-0,975	0,07
46	-0,78	0,11	-0,615	0,1	-0,74	0,19	-0,915	0,04	-0,72	0,04	-0,755	0,19	-0,75	-0,055	-0,7	0,185	-0,725	0,03	-0,965	0,095
47	-0,76	0,095	-0,645	0,1	-0,67	0,145	-0,79	0,035	-0,715	0,06	-0,8	0,195	-0,685	-0,095	-0,74	0,24	-0,74	0,025	-0,94	0,155
48	-0,775	0,125	-0,65	0,115	-0,69	0,12	-0,755	0,04	-0,725	0,07	-0,705	0,195	-0,745	-0,115	-0,75	0,17	-0,695	0,03	-0,875	0,105
49	-0,71	0,15	-0,64	0,065	-0,685	0,105	-0,82	-0,03	-0,735	0,035	-0,65	0,175	-0,735	-0,055	-0,74	0,17	-0,675	0,035	-0,85	0,08
50	-0,695	0,215	-0,68	0,085	-0,705	0,115	-0,86	-0,02	-0,735	0,02	-0,655	0,18	-0,71	0,035	-0,735	0,16	-0,68	0,07	-0,805	0,06
51	-0,69	0,335	-0,68	0,07	-0,71	0,145	-0,91	0,01	-0,73	-0,005	-0,635	0,13	-0,69	0,065	-0,71	0,15	-0,7	0,07	-0,78	0,055
52	-0,74	0,4	-0,695	0,065	-0,695	0,115	-0,94	0,035	-0,725	0	-0,67	0,135	-0,78	0,12	-0,7	0,105	-0,75	-0,025	-0,78	0,065

53	-0,775	0,3	-0,74	0,015	-0,725	0,105	-0,915	0,06	-0,69	0,015	-0,71	0,13	-0,85	0,11	-0,71	0,115	-0,725	-0,005	-0,83	0,085
54	-0,73	0,23	-0,695	-0,005	-0,715	0,145	-0,85	0,055	-0,655	0,035	-0,705	0,145	-0,825	0,05	-0,73	0,09	-0,69	0,015	-0,8	0,095
55	-0,68	0,135	-0,72	-0,04	-0,705	0,165	-0,83	-0,015	-0,705	0,055	-0,665	0,145	-0,675	0,045	-0,755	0,1	-0,725	0,06	-0,8	0,065
56	-0,655	0,06	-0,735	-0,07	-0,72	0,11	-0,785	0,025	-0,71	0,055	-0,62	0,125	-0,62	0,045	-0,73	0,03	-0,74	0,03	-0,795	0,045
57	-0,7	0,075	-0,72	-0,035	-0,695	0,095	-0,695	0,09	-0,715	0,04	-0,6	0,115	-0,665	0,035	-0,74	0,095	-0,78	0,025	-0,79	0,005
58	-0,765	0,105	-0,725	-0,04	-0,7	0,03	-0,7	0,125	-0,695	0,025	-0,6	0,115	-0,57	0,06	-0,74	0,015	-0,775	0,04	-0,76	0,015
59	-0,81	0,18	-0,715	-0,04	-0,63	0,015	-0,72	0,17	-0,64	0,025	-0,645	0,12	-0,63	0,045	-0,72	0,06	-0,74	0,045	-0,73	0
60	-0,825	0,115	-0,715	-0,05	-0,65	0,045	-0,745	0,125	-0,68	0,02	-0,66	0,135	-0,57	0,005	-0,75	0,09	-0,75	0,09	-0,74	-0,015
61	-0,865	0,12	-0,69	-0,01	-0,67	0,025	-0,715	0,135	-0,74	0,04	-0,68	0,16	-0,63	0,045	-0,785	0,1	-0,825	0,1	-0,765	-0,025
62	-0,88	0,135	-0,695	-0,04	-0,665	0,02	-0,66	0,12	-0,78	0,015	-0,73	0,15	-0,715	0,03	-0,71	0,12	-0,89	0,135	-0,75	-0,055
63	-0,78	0,09	-0,705	-0,02	-0,68	0,005	-0,61	0,055	-0,785	-0,005	-0,85	0,17	-0,63	0,09	-0,73	0,125	-0,865	0,125	-0,72	-0,075
64	-0,73	0,07	-0,7	-0,04	-0,65	0	-0,655	0,075	-0,75	0,005	-0,875	0,215	-0,645	0,05	-0,74	0,11	-0,895	0,065	-0,76	-0,03
65	-0,68	0	-0,725	0,02	-0,67	0,02	-0,74	0,035	-0,805	-0,025	-0,755	0,165	-0,64	-0,015	-0,74	0,155	-0,825	0,03	-0,78	-0,045
66	-0,64	0	-0,7	-0,015	-0,63	0,06	-0,735	-0,035	-0,81	-0,03	-0,745	0,14	-0,66	-0,025	-0,76	0,12	-0,82	0,06	-0,855	-0,005
67	-0,6	0	-0,665	0	-0,67	0,095	-0,7	-0,09	-0,835	0,035	-0,695	0,08	-0,725	0	-0,81	0,12	-0,745	0,12	-0,935	0,03
68	-0,615	-0,005	-0,655	-0,005	-0,715	0,1	-0,71	-0,05	-0,785	0,06	-0,65	0,11	-0,7	-0,105	-0,825	0,14	-0,765	0,18	-0,94	0,015
69	-0,71	-0,005	-0,69	-0,005	-0,76	0,095	-0,76	0	-0,78	0,085	-0,64	0,15	-0,675	-0,005	-0,845	0,17	-0,785	0,27	-0,875	0,01
70	-0,7	-0,015	-0,66	-0,005	-0,78	0,085	-0,785	0,045	-0,815	0,035	-0,59	0,17	-0,645	0,045	-0,84	0,13	-0,775	0,205	-0,78	0,04
71	-0,735	-0,07	-0,67	0	-0,775	-0,01	-0,81	-0,005	-0,8	-0,015	-0,55	0,18	-0,63	0,035	-0,845	0,14	-0,735	0,08	-0,815	0,06
72	-0,705	-0,045	-0,665	0,055	-0,73	-0,01	-0,805	-0,025	-0,85	-0,07	-0,575	0,165	-0,695	0,04	-0,75	0,145	-0,745	0,025	-0,82	0,04
73	-0,705	0,005	-0,69	0,03	-0,73	0,01	-0,785	-0,095	-0,885	-0,045	-0,595	0,115	-0,775	0,04	-0,775	0,09	-0,69	0,025	-0,775	0,035
74	-0,665	0,04	-0,65	0,11	-0,74	0,015	-0,735	-0,06	-0,875	0,005	-0,6	0,08	-0,76	0,04	-0,705	0,075	-0,79	0,025	-0,725	0,01
75	-0,68	0,02	-0,67	0,115	-0,79	0,035	-0,73	-0,045	-0,85	-0,075	-0,575	0,085	-0,7	0,055	-0,71	0,095	-0,745	0,08	-0,735	0,015
76	-0,69	-0,02	-0,655	0,115	-0,775	0,1	-0,7	-0,07	-0,84	-0,075	-0,575	0,045	-0,605	0,045	-0,725	0,105	-0,81	0,085	-0,765	0,08
77	-0,74	-0,005	-0,66	0,165	-0,785	0,065	-0,695	-0,11	-0,8	-0,04	-0,615	0,065	-0,68	0,085	-0,775	0,135	-0,925	0,025	-0,755	0,07
78	-0,77	0,005	-0,65	0,11	-0,78	0,065	-0,735	-0,145	-0,775	-0,025	-0,645	0,06	-0,725	0,145	-0,825	0,095	-0,865	0,07	-0,755	0,065
79	-0,735	0	-0,63	0,055	-0,74	0,03	-0,755	-0,14	-0,85	-0,04	-0,655	0,08	-0,785	0,255	-0,82	0,09	-0,74	0,085	-0,72	0,075
80	-0,735	-0,035	-0,665	0,035	-0,715	0,045	-0,795	-0,11	-0,86	-0,065	-0,65	0,09	-0,59	0,255	-0,785	0,14	-0,685	0,09	-0,755	0,065
81	-0,72	-0,035	-0,645	0,035	-0,72	0,005	-0,795	-0,135	-0,82	-0,09	-0,645	0,08	-0,77	0,105	-0,76	0,12	-0,67	0,135	-0,69	0,065
82	-0,695	-0,07	-0,69	0,035	-0,705	0,035	-0,785	-0,1	-0,745	-0,135	-0,655	0,075	-0,875	0,02	-0,75	0,13	-0,68	0,145	-0,66	0,115
83	-0,725	-0,085	-0,69	0,095	-0,71	0,045	-0,7	-0,07	-0,77	-0,145	-0,705	0,025	-0,84	-0,085	-0,745	0,1	-0,655	0,185	-0,705	0,145
84	-0,7	-0,03	-0,74	0,04	-0,695	0,06	-0,67	-0,11	-0,77	-0,185	-0,72	0,05	-0,76	-0,085	-0,74	0,11	-0,865	0,295	-0,745	0,205
85	-0,715	0,01	-0,75	0,04	-0,705	0,025	-0,825	-0,095	-0,865	-0,195	-0,67	0,05	-0,69	0,035	-0,68	0,145	-0,99	0,265	-0,745	0,23
86	-0,68	-0,05	-0,77	0,07	-0,69	0,07	-1,005	-0,045	-0,83	-0,32	-0,675	0,04	-0,7	0,125	-0,73	0,125	-0,9	0,23	-0,82	0,22
87	-0,71	-0,08	-0,725	0,005	-0,74	0,02	-0,915	-0,15	-0,815	-0,255	-0,705	0,015	-0,575	0,105	-0,725	0,105	-0,765	0,21	-0,895	0,16
88	-0,67	-0,065	-0,735	0,02	-0,72	0,025	-0,69	-0,075	-0,86	-0,165	-0,74	0,07	-0,675	0,085	-0,73	0,075	-0,54	0,21	-0,84	0,15
89	-0,675	-0,05	-0,765	-0,04	-0,745	0,07	-0,725	-0,065	-0,83	-0,11	-0,72	0,04	-0,655	0,1	-0,765	0,085	-0,655	0,07	-0,8	0,2
90	-0,665	-0,065	-0,76	-0,09	-0,715	0,07	-0,7	0,09	-0,765	-0,115	-0,705	0,065	-0,57	0,07	-0,715	0,1	-0,665	0,055	-0,865	0,205
91	-0,665	-0,045	-0,74	0,01	-0,725	0,035	-0,73	0,11	-0,7	-0,12	-0,72	0,085	-0,605	0,115	-0,765	0,085	-0,625	0,085	-0,865	0,17
92	-0,705	0	-0,705	-0,035	-0,74	0,035	-0,75	0,055	-0,635	-0,105	-0,72	0,14	-0,605	0,12	-0,76	0,09	-0,7	0,105	-0,84	0,12
93	-0,705	-0,04	-0,71	0,015	-0,755	0,015	-0,645	0,035	-0,64	-0,065	-0,665	0,215	-0,745	0,1	-0,785	0,18	-0,675	0,095	-0,835	0,06
94	-0,75	-0,01	-0,69	0,04	-0,725	0,025	-0,56	0,06	-0,615	-0,035	-0,7	0,26	-0,665	0,125	-0,81	0,15	-0,655	0,09	-0,76	0,045
95	-0,805	-0,01	-0,67	0,07	-0,67	0,06	-0,71	0,005	-0,655	-0,075	-0,695	0,255	-0,715	0,105	-0,83	0,175	-0,63	0,005	-0,74	0,05
96	-0,785	-0,03	-0,66	0,105	-0,665	0,035	-0,735	0,01	-0,65	0,005	-0,69	0,23	-0,665	0,21	-0,77	0,16	-0,575	0,035	-0,735	0,005
97	-0,775	-0,04	-0,66	0,145	-0,69	0,05	-0,77	0,05	-0,675	0,01	-0,7	0,145	-0,685	0,17	-0,77	0,115	-0,695	0,105	-0,695	0,015
98	-0,76	0,02	-0,65	0,165	-0,715	0,025	-0,77	0,105	-0,61	0,05	-0,77	0,19	-0,675	0,205	-0,725	0,115	-0,615	0,1	-0,73	0,01
99	-0,77	0,1	-0,64	0,195	-0,695	0,02	-0,755	0,11	-0,62	0,035	-0,73	0,145	-0,75	0,215	-0,705	0,095	-0,7	0,085	-0,695	-0,005
100	-0,715	0,065	-0,705	0,19	-0,69	0,015	-0,755	0,075	-0,74	-0,005	-0,73	0,135	-0,75	0,21	-0,685	0,08	-0,675	0,095	-0,73	0,03
s	**0,09237**	**0,10309**	**0,04728**	**0,06831**	**0,04188**	**0,06588**	**0,07126**	**0,08720**	**0,08424**	**0,09228**	**0,06799**	**0,07184**	**0,06301**	**0,07821**	**0,05418**	**0,04860**	**0,07372**	**0,06403**	**0,10181**	**0,07321**

Tabulka 3 Měření stávající laboratoře v klidu autokolimátorem s puštěnou klimatizací.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´]																			
1	-0,385	-0,875	-0,39	-0,905	-0,41	-0,91	-0,405	-0,925	-0,4	-0,925	-0,39	-0,92	-0,39	-0,945	-0,41	-0,965	-0,37	-0,98	-0,405	-0,995
2	-0,41	-0,855	-0,385	-0,875	-0,43	-0,88	-0,4	-0,935	-0,425	-0,955	-0,4	-0,955	-0,405	-0,91	-0,35	-0,94	-0,335	-0,975	-0,38	-0,955
3	-0,41	-0,89	-0,415	-0,89	-0,375	-0,875	-0,395	-0,89	-0,385	-0,915	-0,395	-0,955	-0,395	-0,925	-0,38	-0,965	-0,37	-0,97	-0,375	-0,985
4	-0,425	-0,88	-0,41	-0,855	-0,41	-0,895	-0,405	-0,92	-0,395	-0,92	-0,385	-0,945	-0,395	-0,95	-0,4	-0,98	-0,355	-0,97	-0,395	-0,97
5	-0,395	-0,87	-0,395	-0,87	-0,41	-0,85	-0,38	-0,925	-0,405	-0,925	-0,38	-0,905	-0,375	-0,915	-0,405	-0,95	-0,425	-0,965	-0,405	-0,975
6	-0,395	-0,865	-0,4	-0,885	-0,41	-0,9	-0,405	-0,93	-0,395	-0,955	-0,4	-0,98	-0,375	-0,95	-0,375	-0,975	-0,4	-0,95	-0,365	-0,975
7	-0,395	-0,86	-0,405	-0,895	-0,385	-0,865	-0,45	-0,94	-0,375	-0,935	-0,39	-0,89	-0,375	-0,925	-0,415	-0,96	-0,385	-0,985	-0,36	-0,945
8	-0,445	-0,89	-0,41	-0,885	-0,425	-0,875	-0,41	-0,91	-0,37	-0,93	-0,365	-0,925	-0,385	-0,915	-0,405	-0,96	-0,38	-0,92	-0,375	-0,985
9	-0,395	-0,845	-0,385	-0,88	-0,375	-0,885	-0,42	-0,945	-0,375	-0,94	-0,42	-0,93	-0,355	-0,95	-0,37	-0,97	-0,4	-1,01	-0,4	-0,975
10	-0,42	-0,845	-0,415	-0,875	-0,395	-0,875	-0,385	-0,905	-0,39	-0,91	-0,395	-0,925	-0,42	-0,94	-0,4	-0,94	-0,39	-0,95	-0,39	-0,985
11	-0,4	-0,85	-0,44	-0,835	-0,4	-0,855	-0,355	-0,89	-0,38	-0,915	-0,38	-0,935	-0,39	-0,93	-0,39	-0,965	-0,39	-0,975	-0,365	-0,985
12	-0,375	-0,905	-0,415	-0,87	-0,44	-0,89	-0,405	-0,91	-0,425	-0,92	-0,37	-0,96	-0,41	-0,94	-0,385	-0,96	-0,4	-0,975	-0,4	-0,965
13	-0,425	-0,9	-0,39	-0,875	-0,375	-0,865	-0,4	-0,925	-0,425	-0,935	-0,385	-0,98	-0,41	-0,95	-0,4	-0,965	-0,39	-0,985	-0,38	-0,96
14	-0,42	-0,91	-0,425	-0,89	-0,385	-0,835	-0,37	-0,915	-0,41	-0,9	-0,37	-0,945	-0,37	-0,985	-0,365	-0,97	-0,39	-0,97	-0,43	-0,99
15	-0,39	-0,86	-0,465	-0,85	-0,39	-0,89	-0,385	-0,915	-0,395	-0,93	-0,4	-0,915	-0,39	-0,945	-0,41	-0,985	-0,36	-0,975	-0,36	-0,975
16	-0,41	-0,855	-0,42	-0,865	-0,42	-0,85	-0,41	-0,915	-0,425	-0,915	-0,385	-0,93	-0,385	-0,925	-0,37	-0,945	-0,405	-0,995	-0,37	-0,98
17	-0,425	-0,835	-0,425	-0,88	-0,375	-0,885	-0,405	-0,93	-0,395	-0,955	-0,375	-0,925	-0,445	-0,95	-0,405	-0,96	-0,41	-0,955	-0,385	-0,965
18	-0,375	-0,87	-0,385	-0,895	-0,37	-0,885	-0,39	-0,905	-0,375	-0,91	-0,41	-0,91	-0,43	-0,935	-0,4	-0,97	-0,4	-0,955	-0,39	-0,99
19	-0,405	-0,845	-0,38	-0,87	-0,385	-0,915	-0,39	-0,91	-0,4	-0,96	-0,38	-0,93	-0,355	-0,935	-0,395	-0,935	-0,38	-0,95	-0,395	-0,95
20	-0,43	-0,865	-0,395	-0,855	-0,39	-0,875	-0,375	-0,935	-0,385	-0,93	-0,385	-0,91	-0,385	-0,92	-0,41	-0,98	-0,38	-0,95	-0,365	-0,98
21	-0,44	-0,855	-0,39	-0,89	-0,375	-0,9	-0,38	-0,925	-0,38	-0,93	-0,42	-0,925	-0,405	-0,95	-0,39	-0,95	-0,37	-0,965	-0,405	-0,95
22	-0,43	-0,86	-0,43	-0,915	-0,405	-0,915	-0,42	-0,915	-0,38	-0,905	-0,415	-0,92	-0,36	-0,945	-0,37	-0,955	-0,39	-0,975	-0,385	-0,975
23	-0,395	-0,87	-0,405	-0,87	-0,4	-0,88	-0,385	-0,92	-0,37	-0,925	-0,4	-0,955	-0,425	-0,93	-0,405	-0,95	-0,36	-0,955	-0,36	-0,95
24	-0,415	-0,895	-0,4	-0,885	-0,43	-0,865	-0,41	-0,96	-0,375	-0,95	-0,395	-0,965	-0,4	-0,935	-0,45	-0,96	-0,4	-0,95	-0,38	-0,955
25	-0,395	-0,885	-0,385	-0,865	-0,375	-0,915	-0,405	-0,9	-0,41	-0,96	-0,35	-0,95	-0,395	-0,96	-0,44	-0,95	-0,365	-0,93	-0,375	-0,985
26	-0,39	-0,85	-0,43	-0,89	-0,415	-0,915	-0,39	-0,93	-0,395	-0,93	-0,405	-0,935	-0,375	-0,925	-0,39	-0,92	-0,38	-0,965	-0,41	-0,945
27	-0,415	-0,865	-0,44	-0,885	-0,425	-0,885	-0,375	-0,895	-0,4	-0,915	-0,39	-0,905	-0,365	-0,975	-0,41	-0,985	-0,385	-0,97	-0,4	-0,96
28	-0,39	-0,86	-0,405	-0,89	-0,39	-0,88	-0,38	-0,89	-0,405	-0,95	-0,375	-0,945	-0,36	-0,97	-0,41	-0,95	-0,395	-0,97	-0,38	-0,96
29	-0,43	-0,865	-0,385	-0,895	-0,4	-0,9	-0,405	-0,86	-0,365	-0,92	-0,355	-0,945	-0,41	-0,945	-0,4	-0,97	-0,41	-0,95	-0,405	-0,98
30	-0,425	-0,855	-0,405	-0,875	-0,42	-0,88	-0,425	-0,91	-0,375	-0,915	-0,38	-0,93	-0,385	-0,945	-0,395	-0,925	-0,375	-0,98	-0,38	-0,965
31	-0,44	-0,865	-0,365	-0,87	-0,405	-0,865	-0,42	-0,95	-0,4	-0,945	-0,375	-0,915	-0,445	-0,945	-0,375	-0,98	-0,37	-1,01	-0,39	-1,015
32	-0,445	-0,855	-0,395	-0,82	-0,375	-0,875	-0,445	-0,89	-0,42	-0,935	-0,375	-0,915	-0,38	-0,94	-0,385	-0,96	-0,36	-0,985	-0,37	-0,94
33	-0,415	-0,89	-0,4	-0,88	-0,41	-0,885	-0,41	-0,9	-0,43	-0,895	-0,37	-0,905	-0,395	-0,94	-0,39	-0,95	-0,415	-0,955	-0,42	-0,975
34	-0,425	-0,87	-0,42	-0,875	-0,405	-0,875	-0,39	-0,915	-0,41	-0,91	-0,38	-0,955	-0,39	-0,97	-0,365	-0,98	-0,375	-0,925	-0,35	-1
35	-0,42	-0,905	-0,405	-0,875	-0,37	-0,855	-0,39	-0,89	-0,405	-0,945	-0,395	-0,955	-0,39	-0,96	-0,39	-0,985	-0,385	-0,95	-0,39	-0,95
36	-0,455	-0,88	-0,41	-0,855	-0,38	-0,89	-0,4	-0,905	-0,38	-0,94	-0,4	-0,935	-0,375	-0,98	-0,39	-0,975	-0,36	-0,985	-0,375	-0,955
37	-0,41	-0,875	-0,455	-0,86	-0,425	-0,885	-0,4	-0,88	-0,44	-0,915	-0,385	-0,95	-0,345	-0,96	-0,395	-0,95	-0,365	-0,97	-0,395	-0,975
38	-0,415	-0,875	-0,445	-0,85	-0,415	-0,885	-0,37	-0,9	-0,395	-0,915	-0,4	-0,935	-0,395	-0,95	-0,415	-0,92	-0,365	-0,95	-0,37	-0,97
39	-0,385	-0,85	-0,415	-0,9	-0,375	-0,87	-0,42	-0,895	-0,415	-0,955	-0,41	-0,94	-0,375	-0,98	-0,425	-0,995	-0,41	-0,97	-0,395	-0,97
40	-0,4	-0,88	-0,4	-0,885	-0,37	-0,84	-0,47	-0,885	-0,415	-0,94	-0,39	-0,93	-0,385	-0,95	-0,38	-0,925	-0,38	-1,01	-0,435	-0,95
41	-0,4	-0,885	-0,395	-0,905	-0,4	-0,885	-0,37	-0,925	-0,385	-0,93	-0,4	-0,95	-0,375	-0,96	-0,375	-0,945	-0,405	-0,995	-0,385	-0,975
42	-0,405	-0,875	-0,39	-0,885	-0,435	-0,91	-0,41	-0,915	-0,405	-0,925	-0,37	-0,93	-0,385	-0,965	-0,37	-0,94	-0,405	-0,975	-0,37	-0,97
43	-0,405	-0,875	-0,445	-0,875	-0,385	-0,865	-0,39	-0,905	-0,385	-0,93	-0,415	-0,93	-0,42	-0,98	-0,395	-0,95	-0,375	-0,955	-0,36	-0,98
44	-0,395	-0,86	-0,415	-0,845	-0,425	-0,9	-0,445	-0,91	-0,395	-0,925	-0,41	-0,955	-0,4	-0,935	-0,4	-0,98	-0,4	-0,985	-0,405	-0,985
45	-0,41	-0,86	-0,39	-0,885	-0,405	-0,875	-0,405	-0,91	-0,4	-0,905	-0,4	-0,96	-0,355	-0,945	-0,43	-0,94	-0,395	-0,97	-0,39	-0,995
46	-0,435	-0,87	-0,425	-0,87	-0,42	-0,905	-0,385	-0,875	-0,385	-0,94	-0,38	-0,915	-0,445	-0,945	-0,4	-0,95	-0,395	-0,95	-0,365	-1,01
47	-0,395	-0,85	-0,42	-0,85	-0,42	-0,915	-0,4	-0,895	-0,42	-0,895	-0,385	-0,92	-0,38	-0,95	-0,375	-0,99	-0,375	-0,96	-0,39	-0,985
48	-0,4	-0,86	-0,39	-0,85	-0,41	-0,87	-0,4	-0,92	-0,405	-0,94	-0,39	-0,96	-0,425	-0,935	-0,4	-0,97	-0,405	-0,955	-0,385	-0,97
49	-0,42	-0,85	-0,38	-0,875	-0,4	-0,865	-0,395	-0,91	-0,4	-0,94	-0,385	-0,955	-0,375	-0,89	-0,385	-0,945	-0,365	-0,97	-0,395	-0,975
50	-0,405	-0,855	-0,395	-0,91	-0,41	-0,88	-0,375	-0,875	-0,38	-0,93	-0,395	-0,925	-0,415	-0,985	-0,39	-0,95	-0,41	-0,955	-0,375	-0,995
51	-0,395	-0,86	-0,415	-0,885	-0,4	-0,875	-0,4	-0,92	-0,385	-0,945	-0,355	-0,94	-0,37	-0,97	-0,435	-0,985	-0,36	-0,95	-0,36	-0,965
52	-0,415	-0,885	-0,39	-0,895	-0,38	-0,855	-0,395	-0,91	-0,4	-0,93	-0,435	-0,945	-0,405	-0,96	-0,36	-0,935	-0,41	-0,955	-0,375	-0,985

53	-0,39	-0,885	-0,415	-0,915	-0,405	-0,885	-0,39	-0,915	-0,44	-0,935	-0,38	-0,94	-0,38	-0,97	-0,395	-0,99	-0,41	-0,975	-0,36	-0,975
54	-0,415	-0,875	-0,395	-0,875	-0,39	-0,9	-0,39	-0,94	-0,375	-0,9	-0,365	-0,945	-0,355	-0,98	-0,41	-0,95	-0,365	-0,96	-0,375	-0,965
55	-0,405	-0,85	-0,43	-0,87	-0,4	-0,89	-0,39	-0,915	-0,405	-0,915	-0,395	-0,95	-0,37	-0,955	-0,38	-0,975	-0,415	-0,985	-0,385	-0,985
56	-0,4	-0,875	-0,405	-0,875	-0,42	-0,87	-0,41	-0,895	-0,4	-0,925	-0,38	-0,94	-0,385	-0,895	-0,38	-0,98	-0,415	-0,95	-0,375	-0,985
57	-0,4	-0,895	-0,39	-0,92	-0,4	-0,875	-0,44	-0,915	-0,395	-0,92	-0,38	-0,955	-0,43	-0,935	-0,405	-0,96	-0,385	-1	-0,39	-0,975
58	-0,42	-0,86	-0,44	-0,91	-0,39	-0,87	-0,385	-0,9	-0,38	-0,915	-0,385	-0,96	-0,425	-0,975	-0,41	-0,945	-0,39	-0,95	-0,375	-0,995
59	-0,43	-0,87	-0,395	-0,89	-0,37	-0,9	-0,385	-0,92	-0,375	-0,945	-0,385	-0,96	-0,365	-0,94	-0,38	-0,93	-0,37	-0,99	-0,415	-1,01
60	-0,405	-0,88	-0,425	-0,87	-0,365	-0,875	-0,365	-0,91	-0,445	-0,95	-0,395	-0,95	-0,38	-0,95	-0,39	-0,965	-0,38	-0,99	-0,375	-1
61	-0,395	-0,875	-0,41	-0,85	-0,47	-0,925	-0,38	-0,9	-0,38	-0,95	-0,42	-0,93	-0,405	-0,955	-0,355	-0,95	-0,39	-0,97	-0,375	-0,985
62	-0,375	-0,865	-0,405	-0,93	-0,41	-0,875	-0,395	-0,915	-0,39	-0,925	-0,4	-0,94	-0,415	-0,925	-0,395	-0,975	-0,375	-0,985	-0,415	-0,995
63	-0,385	-0,885	-0,435	-0,85	-0,38	-0,925	-0,435	-0,895	-0,41	-0,955	-0,41	-0,95	-0,385	-0,98	-0,39	-0,94	-0,36	-0,99	-0,425	-1
64	-0,41	-0,86	-0,405	-0,88	-0,415	-0,905	-0,385	-0,93	-0,4	-0,92	-0,375	-0,93	-0,38	-0,945	-0,37	-0,995	-0,405	-0,955	-0,36	-0,955
65	-0,38	-0,865	-0,415	-0,885	-0,38	-0,88	-0,41	-0,92	-0,39	-0,915	-0,375	-0,965	-0,395	-0,95	-0,41	-0,97	-0,44	-0,965	-0,405	-0,985
66	-0,42	-0,87	-0,42	-0,85	-0,41	-0,905	-0,39	-0,895	-0,375	-0,915	-0,34	-0,92	-0,4	-0,97	-0,45	-0,985	-0,38	-0,995	-0,39	-1
67	-0,385	-0,895	-0,4	-0,875	-0,39	-0,91	-0,355	-0,935	-0,375	-0,945	-0,405	-0,96	-0,41	-0,94	-0,405	-0,96	-0,39	-0,955	-0,355	-0,98
68	-0,39	-0,82	-0,41	-0,88	-0,375	-0,875	-0,375	-0,905	-0,38	-0,895	-0,37	-0,98	-0,375	-0,955	-0,37	-0,98	-0,38	-0,975	-0,42	-0,98
69	-0,4	-0,855	-0,43	-0,86	-0,39	-0,885	-0,365	-0,905	-0,365	-0,95	-0,37	-0,965	-0,375	-1,01	-0,405	-0,94	-0,415	-0,965	-0,39	-0,965
70	-0,4	-0,84	-0,385	-0,865	-0,395	-0,89	-0,38	-0,95	-0,39	-0,935	-0,385	-0,93	-0,385	-0,985	-0,395	-0,96	-0,39	-0,98	-0,395	-0,96
71	-0,41	-0,835	-0,4	-0,865	-0,43	-0,91	-0,41	-0,915	-0,38	-0,91	-0,405	-0,925	-0,39	-0,945	-0,35	-0,985	-0,37	-0,98	-0,4	-0,985
72	-0,415	-0,91	-0,41	-0,885	-0,39	-0,89	-0,39	-0,905	-0,395	-0,955	-0,385	-0,925	-0,395	-0,99	-0,395	-0,96	-0,39	-1,005	-0,355	-0,985
73	-0,385	-0,91	-0,395	-0,91	-0,35	-0,885	-0,39	-0,915	-0,38	-0,945	-0,4	-0,94	-0,385	-0,945	-0,385	-0,98	-0,375	-0,96	-0,41	-0,95
74	-0,445	-0,87	-0,415	-0,855	-0,405	-0,885	-0,4	-0,92	-0,385	-1	-0,38	-0,93	-0,395	-0,955	-0,38	-0,95	-0,41	-0,985	-0,43	-0,98
75	-0,405	-0,875	-0,395	-0,89	-0,41	-0,9	-0,4	-0,915	-0,39	-0,91	-0,39	-0,95	-0,39	-0,98	-0,38	-0,95	-0,4	-0,97	-0,405	-0,965
76	-0,41	-0,905	-0,39	-0,895	-0,395	-0,87	-0,41	-0,9	-0,38	-0,94	-0,345	-0,995	-0,405	-0,97	-0,41	-0,975	-0,385	-0,955	-0,385	-0,955
77	-0,39	-0,86	-0,415	-0,905	-0,4	-0,925	-0,41	-0,92	-0,43	-0,905	-0,385	-0,96	-0,38	-0,93	-0,395	-0,975	-0,41	-0,955	-0,405	-1,01
78	-0,365	-0,885	-0,395	-0,89	-0,365	-0,905	-0,41	-0,91	-0,375	-0,925	-0,35	-0,965	-0,41	-0,955	-0,41	-0,955	-0,43	-0,95	-0,37	-0,96
79	-0,395	-0,905	-0,42	-0,85	-0,365	-0,895	-0,385	-0,905	-0,365	-0,945	-0,415	-0,97	-0,395	-0,975	-0,385	-0,97	-0,4	-0,97	-0,375	-0,98
80	-0,395	-0,855	-0,38	-0,925	-0,41	-0,915	-0,4	-0,905	-0,39	-0,955	-0,395	-0,95	-0,38	-0,98	-0,39	-0,92	-0,37	-0,975	-0,415	-0,985
81	-0,405	-0,875	-0,405	-0,87	-0,4	-0,89	-0,415	-0,915	-0,41	-0,95	-0,395	-0,945	-0,345	-0,985	-0,365	-0,97	-0,35	-0,96	-0,38	-0,975
82	-0,385	-0,91	-0,39	-0,905	-0,36	-0,875	-0,405	-0,92	-0,375	-0,915	-0,405	-0,95	-0,37	-1	-0,38	-0,925	-0,39	-0,98	-0,42	-0,975
83	-0,39	-0,87	-0,415	-0,87	-0,38	-0,88	-0,405	-0,94	-0,42	-0,93	-0,365	-0,935	-0,37	-0,935	-0,37	-0,96	-0,415	-0,97	-0,4	-0,98
84	-0,405	-0,86	-0,39	-0,905	-0,37	-0,9	-0,38	-0,895	-0,4	-0,955	-0,38	-0,93	-0,395	-0,97	-0,395	-1	-0,39	-0,955	-0,375	-0,98
85	-0,38	-0,895	-0,405	-0,88	-0,395	-0,895	-0,38	-0,95	-0,385	-0,935	-0,39	-0,95	-0,365	-0,95	-0,375	-0,945	-0,44	-0,94	-0,39	-0,985
86	-0,41	-0,85	-0,4	-0,915	-0,4	-0,885	-0,395	-0,92	-0,39	-0,93	-0,4	-0,96	-0,405	-0,98	-0,38	-0,93	-0,43	-0,995	-0,39	-0,975
87	-0,41	-0,89	-0,4	-0,85	-0,395	-0,925	-0,425	-0,93	-0,38	-0,955	-0,375	-0,915	-0,39	-0,97	-0,39	-0,97	-0,39	-0,955	-0,36	-0,985
88	-0,42	-0,9	-0,375	-0,885	-0,405	-0,9	-0,4	-0,95	-0,41	-0,935	-0,375	-0,95	-0,415	-0,95	-0,365	-0,945	-0,37	-0,96	-0,39	-0,99
89	-0,385	-0,88	-0,41	-0,865	-0,395	-0,895	-0,385	-0,915	-0,375	-0,93	-0,38	-0,985	-0,415	-0,945	-0,41	-0,93	-0,375	-0,965	-0,395	-0,965
90	-0,375	-0,87	-0,425	-0,88	-0,37	-0,905	-0,39	-0,935	-0,365	-0,96	-0,4	-0,93	-0,375	-0,99	-0,425	-0,97	-0,38	-0,965	-0,38	-0,97
91	-0,415	-0,9	-0,39	-0,865	-0,425	-0,95	-0,41	-0,935	-0,405	-0,965	-0,415	-0,92	-0,4	-0,96	-0,39	-0,96	-0,38	-0,96	-0,365	-0,955
92	-0,38	-0,89	-0,41	-0,875	-0,355	-0,9	-0,39	-0,925	-0,4	-0,94	-0,36	-0,95	-0,365	-0,98	-0,4	-0,95	-0,39	-1	-0,4	-0,985
93	-0,425	-0,875	-0,445	-0,895	-0,39	-0,905	-0,415	-0,895	-0,375	-0,95	-0,37	-0,965	-0,345	-0,945	-0,4	-0,94	-0,38	-0,965	-0,37	-0,965
94	-0,41	-0,875	-0,4	-0,885	-0,4	-0,905	-0,415	-0,895	-0,375	-0,96	-0,4	-0,955	-0,365	-0,97	-0,415	-0,97	-0,4	-0,955	-0,44	-0,95
95	-0,43	-0,885	-0,42	-0,89	-0,4	-0,9	-0,405	-0,94	-0,375	-0,965	-0,36	-0,94	-0,4	-0,965	-0,405	-0,965	-0,41	-0,955	-0,395	-0,97
96	-0,435	-0,86	-0,405	-0,87	-0,425	-0,91	-0,395	-0,955	-0,365	-0,925	-0,41	-0,945	-0,4	-0,98	-0,4	-0,98	-0,385	-0,945	-0,39	-0,96
97	-0,4	-0,88	-0,41	-0,895	-0,4	-0,875	-0,38	-0,915	-0,39	-0,935	-0,41	-0,95	-0,44	-0,955	-0,365	-0,965	-0,42	-0,985	-0,425	-0,955
98	-0,355	-0,895	-0,365	-0,875	-0,385	-0,915	-0,41	-0,96	-0,385	-0,945	-0,425	-0,965	-0,415	-0,95	-0,415	-0,94	-0,42	-0,965	-0,38	-0,95
99	-0,42	-0,91	-0,425	-0,86	-0,4	-0,905	-0,39	-0,93	-0,4	-0,95	-0,39	-0,93	-0,405	-0,965	-0,39	-0,97	-0,385	-0,975	-0,375	-0,98
100	-0,405	-0,86	-0,425	-0,895	-0,38	-0,925	-0,4	-0,93	-0,43	-0,95	-0,395	-0,925	-0,39	-0,955	-0,41	-0,945	-0,38	-0,955	-0,39	-0,975
s	**0,01886**	**0,01923**	**0,01887**	**0,02019**	**0,02077**	**0,02042**	**0,01950**	**0,01906**	**0,01861**	**0,01878**	**0,01823**	**0,01945**	**0,02227**	**0,02185**	**0,01970**	**0,01871**	**0,02022**	**0,01781**	**0,01970**	**0,01613**

Tabulka 4 Měření stávající laboratoře autokolimátorem (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´´]																			
1	-0,87	0,185	-0,795	0,13	-0,7	0,095	-0,745	0,22	-0,845	0,18	-0,815	0,09	-0,74	0,125	-0,895	0,125	-0,82	0,225	-0,81	0,15
2	-0,85	0,23	-0,785	0,11	-0,715	0,14	-0,725	0,21	-0,84	0,16	-0,795	0,09	-0,795	0,13	-0,88	0,105	-0,78	0,295	-0,82	0,12
3	-0,8	0,27	-0,825	0,135	-0,715	0,09	-0,715	0,135	-0,84	0,165	-0,835	0,11	-0,8	0,15	-0,845	0,14	-0,805	0,205	-0,85	0,045
4	-0,775	0,22	-0,785	0,13	-0,705	0,13	-0,72	0,2	-0,84	0,165	-0,84	0,1	-0,78	0,125	-0,84	0,125	-0,83	0,225	-0,795	0,045
5	-0,73	0,165	-0,76	0,155	-0,705	0,095	-0,68	0,23	-0,85	0,15	-0,85	0,075	-0,785	0,16	-0,825	0,05	-0,8	0,18	-0,805	0,005
6	-0,74	0,11	-0,79	0,195	-0,71	0,07	-0,68	0,215	-0,835	0,16	-0,865	0,135	-0,795	0,11	-0,8	0,125	-0,785	0,195	-0,805	0,06
7	-0,69	0,055	-0,805	0,21	-0,735	0,115	-0,705	0,27	-0,8	0,145	-0,845	0,1	-0,8	0,18	-0,775	0,08	-0,82	0,21	-0,81	0,065
8	-0,765	0,135	-0,815	0,2	-0,755	0,135	-0,67	0,23	-0,79	0,12	-0,84	0,155	-0,825	0,21	-0,795	0,105	-0,78	0,255	-0,785	0,03
9	-0,745	0,08	-0,85	0,18	-0,785	0,07	-0,715	0,165	-0,805	0,11	-0,86	0,125	-0,825	0,15	-0,805	0,065	-0,79	0,195	-0,805	0,065
10	-0,765	0,16	-0,845	0,18	-0,755	0,085	-0,705	0,16	-0,75	0,095	-0,87	0,115	-0,875	0,145	-0,775	0,13	-0,8	0,165	-0,785	0,08
11	-0,69	0,21	-0,845	0,18	-0,81	0,12	-0,7	0,18	-0,83	0,09	-0,82	0,09	-0,865	0,13	-0,74	0,09	-0,78	0,17	-0,775	0,045
12	-0,67	0,305	-0,845	0,14	-0,8	0,165	-0,7	0,15	-0,78	0,12	-0,85	0,055	-0,835	0,095	-0,74	0,08	-0,765	0,185	-0,805	0
13	-0,67	0,325	-0,835	0,16	-0,82	0,12	-0,72	0,14	-0,81	0,135	-0,875	0,055	-0,83	0,145	-0,75	0,14	-0,74	0,14	-0,795	0,075
14	-0,685	0,29	-0,855	0,15	-0,81	0,09	-0,715	0,11	-0,805	0,135	-0,825	0,035	-0,85	0,085	-0,75	0,115	-0,75	0,17	-0,83	0,065
15	-0,625	0,07	-0,83	0,16	-0,785	0,06	-0,76	0,105	-0,84	0,085	-0,795	0,07	-0,83	0,095	-0,75	0,13	-0,76	0,15	-0,795	0,065
16	-0,64	0,055	-0,8	0,16	-0,81	0	-0,725	0,13	-0,83	0,09	-0,775	0,115	-0,83	0,06	-0,75	0,145	-0,755	0,155	-0,825	0,09
17	-0,725	0,06	-0,815	0,175	-0,83	-0,02	-0,685	0,13	-0,81	0,065	-0,78	0,13	-0,84	0,02	-0,77	0,115	-0,775	0,165	-0,79	0,13
18	-0,755	0,1	-0,79	0,14	-0,825	0,01	-0,695	0,195	-0,82	0,085	-0,78	0,165	-0,865	0	-0,79	0,12	-0,75	0,145	-0,82	0,12
19	-0,765	0,02	-0,81	0,11	-0,85	0,03	-0,775	0,225	-0,84	0,095	-0,74	0,14	-0,815	0,025	-0,815	0,075	-0,775	0,215	-0,795	0,145
20	-0,775	0,025	-0,845	0,125	-0,785	0,045	-0,775	0,215	-0,815	0,11	-0,71	0,155	-0,805	0	-0,82	0,13	-0,74	0,15	-0,785	0,2
21	-0,81	0,035	-0,82	0,15	-0,83	0	-0,735	0,25	-0,805	0,1	-0,74	0,155	-0,775	0,035	-0,85	0,11	-0,765	0,19	-0,84	0,2
22	-0,86	-0,035	-0,8	0,095	-0,78	0,065	-0,775	0,205	-0,83	0,085	-0,69	0,15	-0,72	0,06	-0,83	0,11	-0,755	0,175	-0,81	0,2
23	-0,81	0,015	-0,775	0,18	-0,83	-0,03	-0,775	0,195	-0,825	0,09	-0,71	0,145	-0,715	0,11	-0,85	0,1	-0,745	0,18	-0,785	0,2
24	-0,765	0,165	-0,83	0,14	-0,815	-0,08	-0,775	0,145	-0,865	0,19	-0,675	0,175	-0,72	0,15	-0,82	0,08	-0,745	0,18	-0,75	0,19
25	-0,76	0,205	-0,805	0,11	-0,805	-0,05	-0,76	0,145	-0,855	0,115	-0,705	0,17	-0,67	0,14	-0,83	0,09	-0,76	0,125	-0,755	0,155
26	-0,735	0,21	-0,735	0,075	-0,82	-0,05	-0,765	0,09	-0,845	0,16	-0,715	0,155	-0,695	0,125	-0,81	0,105	-0,755	0,13	-0,74	0,125
27	-0,775	0,225	-0,785	0,045	-0,78	-0,025	-0,785	0,14	-0,88	0,115	-0,69	0,19	-0,65	0,12	-0,79	0,04	-0,745	0,125	-0,775	0,14
28	-0,785	0,195	-0,795	0,01	-0,79	0,045	-0,81	0,15	-0,885	0,12	-0,68	0,21	-0,66	0,14	-0,825	0,055	-0,74	0,125	-0,81	0,065
29	-0,765	0,105	-0,815	0,085	-0,75	0,11	-0,8	0,185	-0,87	0,145	-0,67	0,21	-0,715	0,125	-0,805	0,07	-0,735	0,105	-0,815	0,105
30	-0,745	0,07	-0,86	0,12	-0,775	0,11	-0,78	0,155	-0,825	0,085	-0,725	0,205	-0,72	0,15	-0,82	0,11	-0,735	0,08	-0,835	0,12
31	-0,745	0,055	-0,845	0,14	-0,765	0,165	-0,765	0,185	-0,825	0,04	-0,72	0,165	-0,755	0,15	-0,825	0,085	-0,74	0,065	-0,825	0,045
32	-0,77	0,075	-0,835	0,135	-0,76	0,1	-0,775	0,21	-0,805	0,055	-0,695	0,215	-0,73	0,12	-0,825	0,11	-0,75	0,09	-0,825	-0,015
33	-0,745	0,01	-0,855	0,095	-0,745	0,16	-0,75	0,205	-0,835	0,05	-0,72	0,21	-0,75	0,13	-0,82	0,115	-0,765	0,11	-0,805	0,025
34	-0,785	0,105	-0,795	0,075	-0,74	0,055	-0,785	0,205	-0,87	0,06	-0,71	0,225	-0,735	0,105	-0,82	0,135	-0,77	0,165	-0,83	0
35	-0,76	0,115	-0,79	0,11	-0,745	0,05	-0,78	0,135	-0,84	0,07	-0,74	0,24	-0,735	0,105	-0,85	0,145	-0,74	0,175	-0,845	-0,055
36	-0,78	0,11	-0,79	0,045	-0,795	0,055	-0,81	0,19	-0,845	0,03	-0,705	0,205	-0,73	0,115	-0,82	0,165	-0,765	0,13	-0,84	-0,02
37	-0,74	0,13	-0,79	0,045	-0,795	0,005	-0,77	0,2	-0,815	0,02	-0,74	0,115	-0,745	0,16	-0,85	0,18	-0,775	0,105	-0,8	-0,02
38	-0,725	0,105	-0,805	0,045	-0,775	0,015	-0,795	0,165	-0,805	-0,04	-0,765	0,095	-0,77	0,12	-0,83	0,145	-0,74	0,04	-0,84	-0,055
39	-0,725	0,075	-0,795	0,02	-0,785	0,005	-0,77	0,195	-0,805	0,015	-0,775	0,07	-0,745	0,12	-0,84	0,175	-0,765	0,04	-0,82	-0,065
40	-0,685	0,08	-0,79	0,05	-0,78	0,03	-0,78	0,165	-0,78	0,045	-0,8	0,005	-0,74	0,16	-0,82	0,165	-0,79	0,045	-0,825	-0,11
41	-0,675	0,1	-0,815	-0,005	-0,81	0,08	-0,8	0,15	-0,795	0,06	-0,765	0,045	-0,74	0,18	-0,78	0,16	-0,76	0,005	-0,88	-0,105
42	-0,66	0,13	-0,82	-0,005	-0,79	0,045	-0,79	0,17	-0,825	0,105	-0,765	0,08	-0,74	0,13	-0,83	0,165	-0,745	0,025	-0,82	-0,105
43	-0,705	0,22	-0,825	0,035	-0,805	0,005	-0,78	0,19	-0,81	0,055	-0,75	0,135	-0,765	0,14	-0,795	0,105	-0,77	0,085	-0,8	-0,065
44	-0,755	0,125	-0,84	0,065	-0,785	0,03	-0,75	0,175	-0,76	0,07	-0,795	0,15	-0,735	0,115	-0,82	0,085	-0,76	0,01	-0,79	-0,05
45	-0,765	0,145	-0,86	0,185	-0,845	0,025	-0,745	0,165	-0,795	0,15	-0,75	0,18	-0,735	0,115	-0,87	0,095	-0,775	0,035	-0,785	-0,015
46	-0,745	0,135	-0,86	0,175	-0,795	0,025	-0,78	0,17	-0,755	0,215	-0,77	0,085	-0,78	0,09	-0,84	0,055	-0,755	0,035	-0,83	0,03
47	-0,77	0,12	-0,81	0,135	-0,805	0,085	-0,77	0,155	-0,805	0,18	-0,77	0,17	-0,75	0,175	-0,845	0,085	-0,79	0,03	-0,79	0,055
48	-0,755	0,175	-0,795	0,06	-0,81	0,08	-0,77	0,145	-0,75	0,215	-0,75	0,15	-0,74	0,18	-0,81	0,14	-0,755	0,08	-0,77	0,12
49	-0,755	0,145	-0,795	0,13	-0,84	0,08	-0,785	0,17	-0,79	0,205	-0,81	0,04	-0,72	0,195	-0,8	0,145	-0,815	0,04	-0,74	0,255
50	-0,74	0,15	-0,815	0,025	-0,825	0,05	-0,76	0,135	-0,775	0,185	-0,805	-0,01	-0,755	0,205	-0,81	0,135	-0,775	0,07	-0,745	0,195
51	-0,76	0,085	-0,825	-0,015	-0,87	0,03	-0,775	0,13	-0,74	0,235	-0,82	0,03	-0,735	0,175	-0,805	0,155	-0,81	0,11	-0,76	0,25
52	-0,695	0,055	-0,8	-0,085	-0,87	0,07	-0,735	0,165	-0,765	0,145	-0,83	0,065	-0,75	0,125	-0,775	0,15	-0,82	0,085	-0,735	0,245

53	-0,73	0,09	-0,77	-0,02	-0,845	0,025	-0,765	0,145	-0,795	0,12	-0,885	0,04	-0,75	0,1	-0,78	0,11	-0,845	0,115	-0,8	0,19
54	-0,705	0,09	-0,715	-0,06	-0,835	0,02	-0,735	0,165	-0,81	0,15	-0,895	0,095	-0,74	0,095	-0,815	0,15	-0,82	0,08	-0,815	0,205
55	-0,675	0,055	-0,77	-0,03	-0,85	0,025	-0,755	0,155	-0,805	0,13	-0,93	0,085	-0,77	0,075	-0,82	0,17	-0,84	0,155	-0,85	0,105
56	-0,725	0,13	-0,755	-0,025	-0,87	-0,01	-0,735	0,1	-0,78	0,18	-0,925	0,09	-0,78	0,06	-0,795	0,17	-0,86	0,13	-0,875	0,135
57	-0,72	0,205	-0,725	-0,04	-0,845	0	-0,755	0,1	-0,805	0,18	-0,91	0,085	-0,775	0,12	-0,785	0,095	-0,88	0,135	-0,86	0,09
58	-0,685	0,22	-0,73	0	-0,85	0,055	-0,745	0,12	-0,81	0,19	-0,875	0,135	-0,76	0,065	-0,81	0,1	-0,85	0,145	-0,87	0,045
59	-0,685	0,175	-0,74	-0,015	-0,82	0,035	-0,785	0,165	-0,785	0,16	-0,88	0,06	-0,775	0,035	-0,84	0,105	-0,84	0,14	-0,825	-0,02
60	-0,73	0,11	-0,77	-0,045	-0,825	0,055	-0,81	0,15	-0,77	0,18	-0,875	0,035	-0,77	0,09	-0,815	0,075	-0,855	0,115	-0,75	-0,035
61	-0,685	0,045	-0,77	-0,005	-0,85	0,065	-0,85	0,18	-0,775	0,14	-0,815	0,105	-0,78	0,025	-0,825	0,065	-0,88	0,07	-0,685	-0,11
62	-0,745	0,07	-0,76	0,025	-0,805	0,02	-0,87	0,205	-0,805	0,1	-0,795	0,135	-0,74	0,055	-0,775	0,065	-0,855	0,03	-0,74	-0,04
63	-0,735	0,12	-0,76	0	-0,83	0,085	-0,885	0,16	-0,79	0,135	-0,755	0,14	-0,775	0,08	-0,79	0,055	-0,845	0,065	-0,745	-0,11
64	-0,73	0,14	-0,795	0,105	-0,8	0,1	-0,89	0,11	-0,79	0,165	-0,775	0,16	-0,775	0,12	-0,805	0,055	-0,885	0,075	-0,725	-0,135
65	-0,72	0,12	-0,78	0,105	-0,785	0,13	-0,875	0,115	-0,785	0,17	-0,735	0,175	-0,77	0,125	-0,79	0,035	-0,815	0,05	-0,685	-0,075
66	-0,695	0,125	-0,805	0,09	-0,82	0,115	-0,88	0,18	-0,8	0,17	-0,715	0,2	-0,79	0,135	-0,805	0,055	-0,76	0,06	-0,665	-0,055
67	-0,675	0,125	-0,835	0,07	-0,81	0,13	-0,87	0,175	-0,84	0,16	-0,725	0,165	-0,785	0,135	-0,795	0,04	-0,81	0,015	-0,66	-0,09
68	-0,7	0,11	-0,825	0,15	-0,795	0,125	-0,845	0,165	-0,79	0,13	-0,735	0,21	-0,79	0,145	-0,8	0,1	-0,815	0	-0,695	-0,095
69	-0,68	0,11	-0,81	0,14	-0,81	0,1	-0,805	0,125	-0,795	0,1	-0,715	0,135	-0,765	0,165	-0,81	0,09	-0,83	-0,035	-0,705	-0,13
70	-0,665	0,125	-0,875	0,155	-0,81	0,135	-0,835	0,14	-0,83	0,095	-0,74	0,11	-0,775	0,215	-0,775	0,035	-0,795	-0,04	-0,72	-0,14
71	-0,71	0,105	-0,87	0,14	-0,805	0,09	-0,8	0,16	-0,81	0,125	-0,735	0,11	-0,795	0,16	-0,825	0,13	-0,795	0,1	-0,69	-0,155
72	-0,745	0,07	-0,85	0,18	-0,775	0,125	-0,775	0,13	-0,81	0,095	-0,74	0,085	-0,775	0,1	-0,81	0,11	-0,8	0,18	-0,725	-0,22
73	-0,785	0,095	-0,845	0,145	-0,8	0,08	-0,78	0,085	-0,805	0,08	-0,77	0,05	-0,79	-0,035	-0,82	0,12	-0,775	0,165	-0,705	-0,115
74	-0,82	0,07	-0,825	0,145	-0,775	0,125	-0,775	0,11	-0,81	0,08	-0,755	0,07	-0,82	-0,025	-0,835	0,175	-0,8	0,16	-0,67	-0,085
75	-0,845	0,075	-0,84	0,13	-0,78	0,115	-0,765	0,135	-0,81	0,11	-0,73	0,035	-0,85	-0,02	-0,86	0,18	-0,76	0,205	-0,705	-0,06
76	-0,835	0,1	-0,835	0,155	-0,78	0,035	-0,735	0,135	-0,83	0,14	-0,765	0,085	-0,785	-0,035	-0,835	0,14	-0,76	0,215	-0,74	-0,02
77	-0,845	0,11	-0,83	0,145	-0,785	0,125	-0,78	0,125	-0,87	0,095	-0,77	0,055	-0,815	0,055	-0,815	0,12	-0,755	0,195	-0,725	-0,035
78	-0,885	0,07	-0,815	0,155	-0,845	0,17	-0,765	0,17	-0,84	0,08	-0,775	0,14	-0,805	0,16	-0,85	0,115	-0,72	0,13	-0,76	-0,035
79	-0,87	0,02	-0,815	0,185	-0,815	0,135	-0,785	0,125	-0,845	0,1	-0,735	0,155	-0,81	0,15	-0,865	0,15	-0,715	0,065	-0,795	0,06
80	-0,85	-0,01	-0,825	0,155	-0,835	0,135	-0,765	0,125	-0,815	0,095	-0,725	0,16	-0,84	0,165	-0,86	0,11	-0,695	0,13	-0,76	0,05
81	-0,85	-0,02	-0,83	0,135	-0,83	0,1	-0,825	0,1	-0,81	0,13	-0,735	0,19	-0,825	0,12	-0,885	0,12	-0,665	0,095	-0,795	0,085
82	-0,835	-0,05	-0,82	0,06	-0,84	0,085	-0,77	0,12	-0,84	0,105	-0,715	0,19	-0,775	-0,03	-0,855	0,15	-0,665	0,17	-0,775	0,085
83	-0,79	-0,06	-0,795	0,095	-0,815	0,17	-0,755	0,165	-0,85	0,095	-0,71	0,165	-0,775	0,13	-0,785	0,19	-0,67	0,17	-0,825	0,075
84	-0,79	0	-0,765	0,1	-0,83	0,16	-0,755	0,165	-0,815	0,115	-0,735	0,125	-0,775	0,21	-0,825	0,185	-0,645	0,17	-0,86	0,075
85	-0,775	-0,005	-0,775	0,09	-0,885	0,145	-0,76	0,23	-0,83	0,095	-0,75	0,11	-0,765	0,195	-0,815	0,205	-0,65	0,175	-0,885	0,075
86	-0,77	-0,02	-0,745	0,18	-0,855	0,125	-0,75	0,245	-0,81	0,195	-0,76	0,145	-0,765	0,165	-0,8	0,17	-0,695	0,135	-0,865	0,14
87	-0,76	0,005	-0,79	0,125	-0,85	0,145	-0,755	0,175	-0,83	0,145	-0,77	0,125	-0,805	0,14	-0,82	0,175	-0,7	0,13	-0,835	0,15
88	-0,785	0,02	-0,775	0,105	-0,835	0,175	-0,745	0,145	-0,815	0,14	-0,765	0,145	-0,81	0,18	-0,76	0,18	-0,71	0,15	-0,86	0,075
89	-0,785	0,03	-0,74	0,075	-0,83	0,19	-0,79	0,14	-0,825	0,105	-0,81	0,155	-0,8	0,205	-0,78	0,18	-0,72	0,145	-0,85	0,12
90	-0,765	0,06	-0,74	0,1	-0,855	0,225	-0,8	0,14	-0,83	0,08	-0,805	0,11	-0,785	0,255	-0,765	0,085	-0,765	0,145	-0,825	0,08
91	-0,75	0,09	-0,715	0,04	-0,82	0,17	-0,775	0,165	-0,835	0,065	-0,8	0,045	-0,775	0,235	-0,74	0,18	-0,785	0,1	-0,78	0,095
92	-0,695	0,135	-0,73	0,095	-0,785	0,205	-0,765	0,105	-0,83	0,105	-0,84	0,13	-0,81	0,325	-0,785	0,07	-0,775	0,115	-0,775	0,115
93	-0,725	0,1	-0,74	0,04	-0,79	0,165	-0,825	0,095	-0,795	0,07	-0,825	0,145	-0,81	0,255	-0,77	0,065	-0,825	0,11	-0,745	0,095
94	-0,725	0,085	-0,73	0,055	-0,805	0,145	-0,765	0,145	-0,785	0,035	-0,84	0,13	-0,82	0,305	-0,78	0,1	-0,795	0,12	-0,715	0,155
95	-0,725	0,11	-0,74	0,035	-0,785	0,175	-0,82	0,11	-0,8	0,085	-0,85	0,13	-0,79	0,255	-0,82	0,085	-0,795	0,08	-0,73	0,11
96	-0,735	0,085	-0,72	0,045	-0,78	0,18	-0,835	0,07	-0,795	0,075	-0,8	0,145	-0,835	0,28	-0,795	0,115	-0,785	0,075	-0,735	0,175
97	-0,745	0,08	-0,715	0,035	-0,8	0,19	-0,85	0,08	-0,815	0,075	-0,835	0,14	-0,85	0,265	-0,825	0,12	-0,795	0,065	-0,74	0,14
98	-0,76	0,165	-0,705	0,045	-0,745	0,19	-0,845	0,06	-0,825	0,07	-0,815	0,115	-0,88	0,175	-0,785	0,205	-0,8	0,055	-0,73	0,13
99	-0,79	0,135	-0,74	-0,01	-0,74	0,215	-0,86	0,105	-0,76	0,015	-0,785	0,16	-0,875	0,115	-0,8	0,195	-0,825	0,08	-0,775	0,175
100	-0,765	0,17	-0,73	0,02	-0,74	0,18	-0,855	0,095	-0,83	0,06	-0,79	0,155	-0,855	0,095	-0,825	0,225	-0,81	0,09	-0,75	0,14
s	**0,05377**	**0,07497**	**0,04129**	**0,06889**	**0,04003**	**0,06583**	**0,04774**	**0,04198**	**0,02901**	**0,05032**	**0,05974**	**0,05298**	**0,04630**	**0,07095**	**0,03242**	**0,04323**	**0,04856**	**0,06404**	**0,05227**	**0,10451**

Tabulka 5 Měření stávající laboratoře při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´]																			
1	-1,51	2,715	-1,505	2,775	-1,53	2,835	-1,56	2,84	-1,57	2,885	-1,575	3,015	-1,615	2,955	-1,575	3,24	-1,6	3,155	-1,615	3,335
2	-1,5	2,62	-1,5	2,825	-1,54	2,785	-1,525	2,855	-1,56	2,91	-1,57	3,03	-1,585	3,02	-1,595	3,1	-1,67	3,14	-1,6	3,29
3	-1,505	2,705	-1,505	2,8	-1,54	2,78	-1,545	2,885	-1,55	2,95	-1,62	2,955	-1,59	3,04	-1,58	3,055	-1,62	3,1	-1,615	3,28
4	-1,485	2,75	-1,56	2,705	-1,555	2,85	-1,52	2,96	-1,56	2,975	-1,58	2,92	-1,58	3,02	-1,625	2,96	-1,61	3,145	-1,62	3,315
5	-1,44	2,845	-1,51	2,67	-1,505	2,89	-1,585	2,92	-1,55	2,975	-1,595	2,915	-1,575	3,06	-1,62	2,925	-1,615	3,215	-1,605	3,25
6	-1,47	2,815	-1,505	2,69	-1,495	2,935	-1,515	2,9	-1,57	2,95	-1,56	2,945	-1,595	3,135	-1,61	3,045	-1,63	3,215	-1,62	3,3
7	-1,465	2,725	-1,55	2,705	-1,555	2,815	-1,615	2,76	-1,565	2,885	-1,585	2,96	-1,56	3,01	-1,635	3,135	-1,6	3,18	-1,595	3,245
8	-1,455	2,57	-1,495	2,79	-1,595	2,63	-1,535	2,775	-1,57	2,91	-1,58	2,94	-1,6	3,075	-1,625	3,07	-1,635	3,2	-1,61	3,29
9	-1,515	2,575	-1,495	2,77	-1,545	2,61	-1,51	2,8	-1,54	2,92	-1,59	2,975	-1,615	3,105	-1,63	3,065	-1,575	3,285	-1,63	3,235
10	-1,53	2,565	-1,49	2,785	-1,54	2,665	-1,585	2,725	-1,505	2,925	-1,6	3,07	-1,6	3,1	-1,64	3,105	-1,65	3,185	-1,595	3,27
11	-1,495	2,675	-1,515	2,725	-1,53	2,705	-1,59	2,805	-1,565	2,96	-1,545	3,08	-1,59	3,08	-1,605	3,22	-1,61	3,215	-1,61	3,275
12	-1,465	2,73	-1,51	2,75	-1,54	2,805	-1,545	2,89	-1,555	2,945	-1,55	2,99	-1,615	3,055	-1,61	3,16	-1,64	3,2	-1,625	3,3
13	-1,495	2,765	-1,5	2,8	-1,505	2,77	-1,57	2,885	-1,555	2,93	-1,575	2,955	-1,57	3,065	-1,61	3,21	-1,655	3,205	-1,645	3,255
14	-1,495	2,74	-1,505	2,805	-1,545	2,8	-1,54	2,89	-1,58	2,97	-1,63	2,95	-1,595	3,055	-1,58	3,14	-1,6	3,215	-1,645	3,28
15	-1,505	2,65	-1,51	2,795	-1,535	2,935	-1,505	2,895	-1,555	2,985	-1,58	2,995	-1,59	3,015	-1,6	3,155	-1,595	3,215	-1,655	3,24
16	-1,515	2,61	-1,48	2,755	-1,535	2,795	-1,55	2,825	-1,57	2,955	-1,56	3,085	-1,59	3,09	-1,59	3,13	-1,575	3,185	-1,61	3,24
17	-1,515	2,56	-1,55	2,665	-1,54	2,755	-1,54	2,835	-1,59	2,91	-1,605	3,025	-1,605	3,15	-1,635	3,115	-1,605	3,205	-1,615	3,165
18	-1,49	2,635	-1,555	2,62	-1,565	2,69	-1,555	2,845	-1,585	2,86	-1,57	2,955	-1,595	3,08	-1,64	3,135	-1,63	3,17	-1,63	3,235
19	-1,51	2,705	-1,525	2,64	-1,54	2,77	-1,565	2,855	-1,54	2,84	-1,54	2,99	-1,58	3,085	-1,61	3,18	-1,585	3,19	-1,64	3,235
20	-1,49	2,73	-1,525	2,74	-1,55	2,785	-1,55	2,855	-1,55	2,845	-1,55	2,955	-1,59	3,15	-1,58	3,155	-1,62	3,255	-1,605	3,24
21	-1,475	2,77	-1,5	2,735	-1,545	2,845	-1,555	2,865	-1,555	2,94	-1,565	2,99	-1,58	3,095	-1,58	3,125	-1,615	3,335	-1,635	3,25
22	-1,485	2,745	-1,525	2,73	-1,55	2,85	-1,505	2,92	-1,58	2,93	-1,54	3,015	-1,555	3,045	-1,625	3,115	-1,64	3,255	-1,635	3,225
23	-1,465	2,78	-1,53	2,775	-1,505	2,8	-1,515	2,93	-1,57	2,935	-1,58	2,965	-1,585	2,995	-1,6	3,135	-1,65	3,15	-1,64	3,34
24	-1,5	2,8	-1,53	2,79	-1,54	2,805	-1,605	2,885	-1,595	2,92	-1,575	3,03	-1,56	3,07	-1,59	3,145	-1,615	3,13	-1,615	3,27
25	-1,45	2,835	-1,51	2,855	-1,535	2,855	-1,555	2,87	-1,57	2,915	-1,615	3,01	-1,595	3,065	-1,58	3,115	-1,605	3,16	-1,58	3,315
26	-1,505	2,755	-1,525	2,8	-1,54	2,845	-1,55	2,855	-1,53	3,045	-1,575	3,01	-1,565	3,135	-1,575	3,135	-1,61	3,17	-1,66	3,3
27	-1,51	2,79	-1,5	2,805	-1,515	2,85	-1,555	2,87	-1,605	2,92	-1,57	3,015	-1,585	3,15	-1,6	3,14	-1,61	3,165	-1,635	3,29
28	-1,5	2,76	-1,52	2,825	-1,485	2,835	-1,55	2,85	-1,585	2,94	-1,62	3,05	-1,615	3,15	-1,61	3,125	-1,615	3,215	-1,66	3,26
29	-1,47	2,69	-1,53	2,73	-1,525	2,78	-1,565	2,8	-1,57	2,89	-1,56	3,07	-1,59	3,125	-1,605	3,16	-1,61	3,21	-1,64	3,23
30	-1,46	2,665	-1,565	2,755	-1,555	2,775	-1,595	2,89	-1,58	2,885	-1,57	3,065	-1,6	3,085	-1,595	3,16	-1,645	3,27	-1,58	3,28
31	-1,5	2,64	-1,52	2,74	-1,53	2,765	-1,595	2,985	-1,58	2,985	-1,545	3,015	-1,595	3,035	-1,575	3,17	-1,605	3,205	-1,625	3,325
32	-1,485	2,575	-1,525	2,72	-1,54	2,81	-1,605	2,93	-1,575	2,995	-1,545	2,96	-1,59	2,995	-1,64	3,17	-1,635	3,165	-1,625	3,265
33	-1,505	2,6	-1,505	2,795	-1,53	2,87	-1,585	2,84	-1,555	2,985	-1,615	2,99	-1,605	2,97	-1,59	3,225	-1,595	3,14	-1,62	3,26
34	-1,56	2,61	-1,51	2,83	-1,525	2,855	-1,53	2,77	-1,59	2,975	-1,59	3,03	-1,575	3	-1,63	3,165	-1,645	3,185	-1,615	3,26
35	-1,51	2,595	-1,535	2,85	-1,545	2,84	-1,565	2,84	-1,565	2,945	-1,54	3,05	-1,61	3,105	-1,6	3,125	-1,58	3,145	-1,62	3,125
36	-1,515	2,415	-1,49	2,83	-1,525	2,825	-1,53	2,84	-1,575	2,96	-1,605	3,035	-1,59	3,145	-1,63	3,15	-1,61	3,225	-1,635	3,155
37	-1,505	2,45	-1,505	2,745	-1,555	2,825	-1,535	2,895	-1,505	2,98	-1,57	3,025	-1,61	3,11	-1,58	3,115	-1,62	3,17	-1,62	3,27
38	-1,485	2,58	-1,56	2,735	-1,57	2,815	-1,545	2,9	-1,53	3,005	-1,57	2,98	-1,58	3,15	-1,585	3,155	-1,63	3,18	-1,625	3,315
39	-1,505	2,61	-1,535	2,755	-1,525	2,8	-1,535	2,84	-1,57	2,985	-1,555	3,035	-1,61	3,11	-1,615	3,175	-1,67	3,185	-1,595	3,26
40	-1,505	2,69	-1,515	2,825	-1,575	2,83	-1,62	2,815	-1,57	3,045	-1,575	3,04	-1,57	3,065	-1,59	3,14	-1,595	3,205	-1,605	3,255
41	-1,54	2,615	-1,55	2,82	-1,555	2,805	-1,57	2,71	-1,585	2,905	-1,56	3,075	-1,595	3,02	-1,635	3,165	-1,585	3,275	-1,66	3,26
42	-1,525	2,605	-1,535	2,775	-1,54	2,79	-1,565	2,67	-1,525	2,965	-1,58	3,04	-1,595	3,035	-1,635	3,1	-1,625	3,27	-1,615	3,305
43	-1,53	2,755	-1,525	2,69	-1,56	2,86	-1,565	2,735	-1,575	2,96	-1,58	3,02	-1,57	3,075	-1,62	3,07	-1,595	3,22	-1,61	3,315
44	-1,505	2,79	-1,53	2,665	-1,525	2,945	-1,555	2,86	-1,6	2,96	-1,58	3,015	-1,58	3,15	-1,61	3,02	-1,615	3,275	-1,625	3,24
45	-1,49	2,755	-1,56	2,7	-1,545	2,865	-1,55	2,865	-1,595	2,97	-1,555	3,015	-1,545	3,1	-1,57	3,09	-1,62	3,26	-1,605	3,325
46	-1,43	2,71	-1,555	2,715	-1,54	2,835	-1,54	2,84	-1,56	2,985	-1,565	3,025	-1,585	3,065	-1,625	3,115	-1,645	3,225	-1,63	3,36
47	-1,47	2,725	-1,555	2,71	-1,555	2,74	-1,57	2,725	-1,555	2,96	-1,605	2,96	-1,555	3,115	-1,625	3,075	-1,625	3,155	-1,615	3,285
48	-1,485	2,665	-1,54	2,73	-1,54	2,78	-1,59	2,745	-1,53	3,005	-1,54	3,025	-1,59	3,1	-1,615	3,14	-1,595	3,24	-1,595	3,29
49	-1,505	2,605	-1,5	2,82	-1,54	2,815	-1,57	2,9	-1,585	3,07	-1,6	3,04	-1,595	3,1	-1,62	3,18	-1,605	3,21	-1,62	3,26
50	-1,525	2,605	-1,495	2,775	-1,54	2,845	-1,575	2,815	-1,54	3,02	-1,575	3,055	-1,595	3,03	-1,595	3,22	-1,59	3,22	-1,645	3,285
51	-1,505	2,665	-1,53	2,76	-1,555	2,83	-1,545	2,74	-1,59	2,995	-1,575	3,015	-1,635	3,005	-1,615	3,185	-1,62	3,255	-1,59	3,325
52	-1,51	2,675	-1,515	2,74	-1,53	2,9	-1,595	2,75	-1,545	2,995	-1,6	3,01	-1,605	3,085	-1,63	3,235	-1,6	3,275	-1,615	3,34

53	-1,47	2,765	-1,545	2,685	-1,56	2,885	-1,565	2,86	-1,55	2,995	-1,575	3,06	-1,585	3,145	-1,575	3,15	-1,615	3,195	-1,63	3,235
54	-1,485	2,735	-1,52	2,74	-1,53	2,775	-1,545	2,965	-1,55	2,995	-1,575	3,055	-1,605	3,125	-1,6	3,15	-1,625	3,165	-1,66	3,265
55	-1,485	2,71	-1,515	2,74	-1,515	2,815	-1,515	2,91	-1,565	2,98	-1,58	3,115	-1,61	3,14	-1,575	3,13	-1,63	3,13	-1,61	3,23
56	-1,5	2,62	-1,49	2,8	-1,525	2,815	-1,555	2,84	-1,555	3,025	-1,605	3,1	-1,615	3,14	-1,56	3,155	-1,585	3,17	-1,645	3,265
57	-1,515	2,625	-1,515	2,8	-1,55	2,835	-1,58	2,775	-1,58	3,03	-1,575	3,105	-1,62	3,085	-1,595	3,155	-1,65	3,195	-1,665	3,275
58	-1,5	2,64	-1,535	2,73	-1,54	2,845	-1,585	2,84	-1,57	2,97	-1,555	3,11	-1,61	3,105	-1,55	3,215	-1,635	3,205	-1,64	3,235
59	-1,54	2,7	-1,535	2,74	-1,535	2,87	-1,535	2,91	-1,58	3,015	-1,55	3,035	-1,59	3,115	-1,59	3,17	-1,605	3,24	-1,62	3,27
60	-1,525	2,68	-1,48	2,795	-1,55	2,91	-1,545	2,955	-1,56	3,015	-1,59	3,02	-1,6	3,105	-1,62	3,1	-1,58	3,32	-1,58	3,21
61	-1,5	2,645	-1,495	2,835	-1,52	2,785	-1,605	2,845	-1,575	3,035	-1,58	3,015	-1,6	3,125	-1,62	3,095	-1,62	3,285	-1,615	3,26
62	-1,52	2,6	-1,525	2,805	-1,54	2,885	-1,56	2,845	-1,555	2,985	-1,565	3,075	-1,57	3,195	-1,62	3,175	-1,62	3,32	-1,58	3,295
63	-1,49	2,67	-1,51	2,75	-1,565	2,92	-1,59	2,69	-1,54	2,995	-1,545	3,07	-1,62	3,125	-1,615	3,135	-1,615	3,315	-1,625	3,245
64	-1,505	2,73	-1,54	2,7	-1,535	2,97	-1,605	2,695	-1,585	3,005	-1,54	3,1	-1,585	3,13	-1,64	3,18	-1,58	3,205	-1,625	3,275
65	-1,515	2,725	-1,51	2,685	-1,525	2,85	-1,62	2,77	-1,51	2,965	-1,58	3,035	-1,615	3,165	-1,645	3,13	-1,635	3,22	-1,625	3,3
66	-1,52	2,69	-1,57	2,685	-1,545	2,845	-1,54	2,825	-1,53	2,93	-1,595	3,045	-1,59	3,155	-1,645	3,075	-1,61	3,2	-1,585	3,385
67	-1,53	2,66	-1,53	2,655	-1,54	2,775	-1,565	2,885	-1,55	3,005	-1,585	3,045	-1,56	3,105	-1,625	3,185	-1,61	3,21	-1,64	3,325
68	-1,515	2,635	-1,53	2,675	-1,58	2,78	-1,55	2,8	-1,58	3	-1,58	3,035	-1,64	3,065	-1,585	3,21	-1,66	3,29	-1,615	3,35
69	-1,525	2,625	-1,565	2,72	-1,54	2,735	-1,52	2,87	-1,565	2,975	-1,63	2,875	-1,585	3,065	-1,585	3,185	-1,615	3,325	-1,62	3,335
70	-1,525	2,625	-1,51	2,875	-1,595	2,745	-1,555	2,96	-1,56	3,035	-1,58	2,96	-1,625	3,155	-1,6	3,19	-1,59	3,25	-1,635	3,28
71	-1,49	2,715	-1,515	2,8	-1,555	2,825	-1,555	2,955	-1,535	3,065	-1,585	3,05	-1,54	3,185	-1,55	3,22	-1,605	3,25	-1,615	3,29
72	-1,535	2,79	-1,56	2,78	-1,505	2,905	-1,54	2,935	-1,595	3,015	-1,56	3,12	-1,605	3,14	-1,585	3,145	-1,65	3,19	-1,625	3,3
73	-1,49	2,765	-1,53	2,765	-1,525	2,895	-1,54	2,89	-1,585	3,03	-1,56	3,085	-1,605	3,21	-1,61	3,095	-1,64	3,155	-1,61	3,3
74	-1,53	2,74	-1,575	2,705	-1,56	2,845	-1,565	2,875	-1,545	2,945	-1,545	3,05	-1,555	3,135	-1,63	3,135	-1,635	3,21	-1,615	3,36
75	-1,475	2,755	-1,565	2,73	-1,585	2,815	-1,52	2,9	-1,575	2,96	-1,535	3,09	-1,58	3,055	-1,58	3,16	-1,605	3,18	-1,655	3,3
76	-1,505	2,78	-1,57	2,68	-1,575	2,685	-1,53	2,935	-1,555	3,005	-1,605	3,075	-1,64	3,015	-1,615	3,215	-1,605	3,225	-1,635	3,29
77	-1,465	2,73	-1,525	2,765	-1,595	2,66	-1,545	2,965	-1,57	3,03	-1,565	3,06	-1,605	3,09	-1,6	3,2	-1,595	3,245	-1,66	3,215
78	-1,54	2,68	-1,58	2,765	-1,58	2,735	-1,59	2,955	-1,57	3,05	-1,59	3,045	-1,64	3,075	-1,615	3,19	-1,635	3,215	-1,635	3,215
79	-1,515	2,735	-1,585	2,775	-1,55	2,755	-1,58	2,99	-1,58	3,07	-1,55	3,05	-1,595	3,1	-1,615	3,145	-1,645	3,245	-1,61	3,28
80	-1,52	2,735	-1,49	2,79	-1,545	2,74	-1,53	2,92	-1,575	3,055	-1,595	3,05	-1,58	3,17	-1,615	3,15	-1,64	3,285	-1,615	3,25
81	-1,51	2,805	-1,505	2,82	-1,53	2,82	-1,565	2,86	-1,57	2,97	-1,58	3,045	-1,585	3,23	-1,64	3,105	-1,62	3,275	-1,615	3,25
82	-1,51	2,765	-1,54	2,78	-1,58	2,83	-1,59	2,84	-1,54	2,95	-1,58	3,14	-1,59	3,15	-1,585	3,145	-1,6	3,215	-1,635	3,3
83	-1,515	2,76	-1,535	2,735	-1,56	2,9	-1,54	2,925	-1,565	2,955	-1,595	3,065	-1,58	3,155	-1,625	3,2	-1,595	3,32	-1,62	3,265
84	-1,53	2,775	-1,515	2,765	-1,54	2,94	-1,55	2,945	-1,625	2,97	-1,575	3,09	-1,635	3,05	-1,62	3,145	-1,63	3,305	-1,615	3,3
85	-1,53	2,66	-1,52	2,81	-1,505	2,845	-1,545	2,925	-1,595	2,935	-1,54	3,075	-1,62	3,11	-1,6	3,175	-1,61	3,26	-1,62	3,365
86	-1,54	2,635	-1,495	2,84	-1,565	2,845	-1,575	2,855	-1,615	2,98	-1,575	3,03	-1,605	3,085	-1,6	3,18	-1,645	3,25	-1,64	3,3
87	-1,52	2,575	-1,505	2,77	-1,545	2,735	-1,565	2,925	-1,58	3	-1,6	2,975	-1,615	3,075	-1,61	3,26	-1,605	3,21	-1,605	3,345
88	-1,54	2,63	-1,54	2,75	-1,575	2,795	-1,575	3,055	-1,54	2,995	-1,59	2,985	-1,64	3,11	-1,625	3,255	-1,645	3,245	-1,625	3,335
89	-1,525	2,71	-1,54	2,69	-1,54	2,83	-1,53	2,975	-1,57	3,005	-1,56	3,02	-1,625	3,14	-1,63	3,26	-1,61	3,26	-1,595	3,28
90	-1,525	2,8	-1,535	2,74	-1,55	2,785	-1,545	2,97	-1,585	3,085	-1,58	3,035	-1,575	3,215	-1,57	3,175	-1,615	3,24	-1,615	3,205
91	-1,49	2,775	-1,575	2,78	-1,55	2,86	-1,56	2,925	-1,565	3,055	-1,59	2,995	-1,58	3,14	-1,6	3,2	-1,65	3,215	-1,635	3,18
92	-1,515	2,725	-1,56	2,795	-1,54	2,89	-1,545	2,935	-1,555	3,09	-1,575	3,095	-1,605	3,18	-1,595	3,195	-1,64	3,25	-1,64	3,25
93	-1,52	2,72	-1,515	2,875	-1,54	2,93	-1,595	2,985	-1,55	3,08	-1,585	3,1	-1,63	3,11	-1,605	3,195	-1,615	3,185	-1,62	3,3
94	-1,53	2,62	-1,505	2,75	-1,54	2,865	-1,57	2,975	-1,58	3,03	-1,575	3,085	-1,61	3,11	-1,62	3,185	-1,62	3,125	-1,64	3,29
95	-1,495	2,69	-1,565	2,655	-1,55	2,855	-1,535	2,945	-1,575	3,035	-1,6	3,11	-1,57	3,14	-1,63	3,18	-1,635	3,16	-1,595	3,235
96	-1,52	2,745	-1,535	2,67	-1,57	2,83	-1,56	2,895	-1,58	2,94	-1,58	3,17	-1,64	3,185	-1,585	3,175	-1,63	3,185	-1,67	3,185
97	-1,48	2,74	-1,52	2,77	-1,53	2,83	-1,59	2,87	-1,585	2,98	-1,58	3,09	-1,61	3,19	-1,575	3,215	-1,585	3,235	-1,625	3,255
98	-1,535	2,75	-1,505	2,775	-1,565	2,855	-1,57	2,92	-1,55	2,995	-1,595	3,07	-1,59	3,165	-1,605	3,25	-1,6	3,18	-1,68	3,275
99	-1,495	2,785	-1,54	2,775	-1,58	2,905	-1,55	2,91	-1,58	3,02	-1,6	2,94	-1,555	3,145	-1,615	3,21	-1,635	3,215	-1,65	3,315
100	-1,55	2,83	-1,515	2,84	-1,54	2,885	-1,575	2,935	-1,57	3,04	-1,615	2,925	-1,585	3,215	-1,605	3,185	-1,645	3,255	-1,625	3,27
s	**0,02435**	**0,08050**	**0,02438**	**0,05454**	**0,02107**	**0,06732**	**0,02617**	**0,07529**	**0,02166**	**0,05240**	**0,02160**	**0,05411**	**0,02195**	**0,05693**	**0,02200**	**0,05703**	**0,02165**	**0,05007**	**0,02053**	**0,04542**

Tabulka 6 Měření nové laboratoře na podlaze při pohybu okolo autokolimátoru (tubus).

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´]																			
1	-2,995	132,19	-3,01	132,335	-2,895	132,39	-3,005	132,525	-3,08	132,61	-3,08	132,695	-3,07	132,805	-3,065	132,93	-3,045	133,08	-3,04	133,155
2	-2,975	132,185	-3,045	132,32	-2,945	132,42	-2,97	132,495	-3,015	132,58	-3,05	132,73	-3,035	132,825	-3	132,935	-3,04	133,005	-2,99	133,155
3	-2,995	132,22	-3	132,335	-2,93	132,37	-2,99	132,525	-3,065	132,63	-3,075	132,7	-3,05	132,83	-2,99	132,97	-3,025	133,005	-3,025	133,155
4	-2,96	132,18	-2,95	132,325	-2,945	132,395	-2,98	132,53	-3,06	132,625	-3,08	132,69	-3,075	132,86	-3,09	132,945	-3,05	133,035	-3,04	133,115
5	-3,025	132,205	-3,02	132,35	-2,98	132,38	-3,025	132,495	-3,03	132,58	-3,06	132,71	-3,06	132,79	-3	132,935	-3,05	133,05	-3,025	133,135
6	-3,075	132,245	-2,985	132,35	-2,945	132,37	-3,005	132,515	-3,045	132,6	-3,035	132,695	-3,06	132,825	-3,035	132,965	-3,075	133,04	-3,02	133,155
7	-3,055	132,19	-2,99	132,36	-2,935	132,365	-2,985	132,515	-3,055	132,61	-3,06	132,755	-3,075	132,795	-3,035	132,905	-3,065	133,04	-2,995	133,12
8	-3,025	132,2	-3	132,385	-2,93	132,42	-3	132,545	-3,065	132,61	-3,04	132,725	-3,05	132,82	-3,06	132,945	-3,055	132,995	-3,01	133,13
9	-3,035	132,145	-2,94	132,355	-2,91	132,36	-3,01	132,525	-3,03	132,585	-3,035	132,735	-3,055	132,845	-3,075	132,935	-3,1	133,02	-3,045	133,125
10	-3,04	132,18	-2,945	132,375	-2,92	132,39	-3	132,57	-3,08	132,64	-3,07	132,71	-3	132,82	-3,04	132,905	-3,04	133	-3,015	133,115
11	-3	132,185	-2,98	132,37	-2,905	132,38	-3	132,565	-3,07	132,665	-3,06	132,715	-3,06	132,88	-3,04	132,96	-3,09	132,99	-3	133,11
12	-3,075	132,165	-2,975	132,38	-2,9	132,405	-3,01	132,58	-3,045	132,615	-3,08	132,715	-3	132,85	-3,045	132,93	-3,065	133,035	-3,005	133,2
13	-3,025	132,165	-2,98	132,39	-2,915	132,41	-2,98	132,555	-3,065	132,63	-3,075	132,705	-3,06	132,8	-3,03	132,93	-3,1	132,995	-3,02	133,13
14	-3,04	132,15	-2,935	132,37	-2,96	132,405	-2,99	132,585	-3,03	132,665	-3,09	132,715	-3,045	132,81	-3,04	132,945	-3,08	133,02	-3,055	133,135
15	-3,015	132,14	-2,97	132,375	-2,96	132,38	-2,98	132,575	-3,055	132,625	-3,09	132,73	-3,025	132,81	-3,06	132,93	-3,035	133	-3,045	133,155
16	-3,02	132,18	-2,955	132,36	-2,98	132,42	-2,98	132,575	-3,07	132,605	-3,09	132,72	-3,075	132,835	-3,06	132,935	-3,065	133,03	-3,035	133,165
17	-3	132,165	-2,985	132,375	-2,955	132,425	-3	132,595	-3,045	132,635	-3,07	132,72	-3,08	132,85	-3,055	132,955	-3,055	132,985	-3,03	133,11
18	-2,985	132,165	-2,93	132,345	-2,96	132,39	-2,98	132,63	-3,075	132,67	-3,055	132,68	-3,055	132,81	-3,04	132,91	-3,105	133,025	-3,025	133,14
19	-2,975	132,185	-2,955	132,35	-2,975	132,41	-2,98	132,59	-3,06	132,625	-3,085	132,69	-3,035	132,8	-3,025	132,93	-3,12	133,005	-3,015	133,125
20	-2,95	132,175	-2,935	132,365	-2,99	132,395	-2,955	132,575	-3,04	132,66	-3,045	132,725	-3,03	132,825	-3,04	132,92	-3,085	133,045	-3,055	133,135
21	-2,95	132,15	-2,97	132,385	-2,97	132,4	-2,965	132,59	-3,065	132,66	-3,075	132,685	-3,05	132,855	-3,03	132,92	-3,07	133,015	-3,035	133,145
22	-2,93	132,155	-2,935	132,35	-2,99	132,415	-3	132,6	-3,07	132,675	-3,07	132,705	-3,015	132,84	-3,045	132,955	-3,065	133,025	-3,08	133,12
23	-2,92	132,185	-2,97	132,38	-2,975	132,425	-3,02	132,6	-3,03	132,66	-3,045	132,73	-3,07	132,835	-3,055	132,97	-3,11	133,03	-3,025	133,125
24	-2,92	132,205	-2,93	132,37	-3,005	132,455	-3,01	132,59	-3,07	132,64	-3,065	132,695	-3,02	132,845	-3,03	132,97	-3,095	133,04	-3,035	133,15
25	-2,905	132,18	-2,96	132,35	-3	132,43	-3,035	132,585	-3,08	132,64	-3,055	132,69	-3,045	132,845	-3,03	132,955	-3,085	133,035	-3,04	133,16
26	-2,88	132,18	-2,955	132,37	-3	132,46	-3	132,575	-3,045	132,665	-3,075	132,675	-3,045	132,855	-3,025	132,965	-3,055	133,03	-3,055	133,17
27	-2,9	132,24	-2,945	132,3	-3,025	132,455	-2,99	132,595	-3,05	132,665	-3,105	132,705	-3,015	132,85	-3,045	132,95	-3,1	133,025	-3,07	133,145
28	-2,875	132,205	-2,965	132,35	-3,015	132,46	-3,015	132,57	-3,035	132,64	-3,045	132,685	-3,075	132,825	-3,045	132,96	-3,1	133,005	-3,035	133,175
29	-2,9	132,19	-2,92	132,33	-3	132,485	-3,015	132,57	-3,06	132,68	-3,07	132,72	-3,045	132,85	-3,025	132,935	-3,075	133,055	-3,035	133,17
30	-2,92	132,23	-2,975	132,35	-3,045	132,475	-2,99	132,56	-3,055	132,67	-3,07	132,68	-3,035	132,85	-3,035	132,96	-3,075	133,025	-3,07	133,145
31	-2,915	132,195	-2,995	132,34	-3	132,46	-2,995	132,59	-3,05	132,675	-3,08	132,705	-3,055	132,84	-3,035	132,935	-3,12	133,04	-3,07	133,16
32	-2,875	132,24	-2,96	132,255	-3	132,48	-3,005	132,605	-3,075	132,655	-3,11	132,655	-3,045	132,84	-3,095	132,95	-3,095	133,01	-3,06	133,17
33	-2,89	132,21	-2,965	132,27	-3,025	132,465	-3	132,58	-3,07	132,655	-3,075	132,71	-3,015	132,865	-3,05	132,95	-3,09	132,995	-3,055	133,205
34	-2,88	132,195	-2,985	132,29	-3,01	132,47	-2,99	132,63	-3,05	132,72	-3,11	132,735	-3,045	132,86	-3,035	132,98	-3,09	133,01	-3,055	133,17
35	-2,9	132,195	-2,99	132,295	-2,995	132,46	-3,03	132,6	-3,075	132,69	-3,07	132,68	-3,045	132,875	-3,02	132,96	-3,1	133,05	-3,065	133,17
36	-2,9	132,275	-2,99	132,325	-3,005	132,47	-2,975	132,6	-3,04	132,665	-3,11	132,68	-3,045	132,86	-3,015	132,995	-3,1	133,015	-3,075	133,195
37	-2,93	132,26	-2,965	132,29	-3	132,49	-3,01	132,6	-3,08	132,685	-3,07	132,75	-3,05	132,845	-3,04	132,955	-3,085	133,025	-3,03	133,19
38	-2,915	132,24	-3	132,3	-3,045	132,515	-2,98	132,615	-3,045	132,68	-3,1	132,745	-3,035	132,875	-3,04	132,965	-3,105	133,04	-3,09	133,145
39	-2,95	132,265	-2,99	132,32	-3,02	132,44	-3,04	132,61	-3,085	132,705	-3,065	132,745	-3,075	132,865	-3,03	132,95	-3,09	133,035	-3,07	133,155
40	-2,955	132,23	-3,035	132,33	-2,995	132,465	-2,965	132,62	-3,065	132,675	-3,075	132,735	-3,07	132,9	-3,05	132,985	-3,095	133,005	-3,05	133,175
41	-2,935	132,25	-3,015	132,285	-3,05	132,445	-2,945	132,615	-3,035	132,69	-3,095	132,76	-3,04	132,89	-3,02	132,955	-3,075	133,055	-3,065	133,18
42	-2,97	132,255	-3,015	132,315	-2,96	132,45	-2,955	132,625	-3,045	132,71	-3,105	132,75	-3,045	132,905	-3	132,98	-3,1	133,055	-3,08	133,135
43	-2,99	132,22	-3,045	132,305	-2,995	132,455	-2,96	132,57	-3,09	132,71	-3,11	132,785	-3,01	132,9	-3,05	132,97	-3,075	133,055	-3,09	133,125
44	-3,005	132,27	-3,03	132,325	-3,035	132,435	-3	132,595	-3,07	132,745	-3,095	132,775	-3,025	132,93	-3,05	132,945	-3,07	133,02	-3,045	133,135
45	-2,965	132,255	-3,035	132,335	-3	132,445	-2,98	132,615	-3,07	132,695	-3,08	132,755	-3,045	132,9	-3,03	132,985	-3,08	133,06	-3,075	133,175
46	-3,01	132,205	-3,075	132,335	-3,01	132,485	-2,96	132,57	-3,07	132,69	-3,08	132,79	-3,015	132,925	-3,03	132,995	-3,09	133,025	-3,075	133,18
47	-2,94	132,27	-3,075	132,335	-3,005	132,42	-2,975	132,575	-3,095	132,72	-3,05	132,75	-3,03	132,96	-3,04	133,025	-3,04	133,015	-3,085	133,115
48	-2,97	132,29	-3,035	132,31	-3,005	132,445	-3	132,54	-3,05	132,695	-3,105	132,78	-3,03	132,945	-3,005	132,98	-3,075	133,03	-3,04	133,16
49	-2,96	132,26	-3,06	132,315	-2,985	132,42	-3,035	132,56	-3,06	132,68	-3,085	132,755	-3	132,945	-3,04	132,995	-3,08	133,075	-3,075	133,14
50	-2,98	132,28	-3,02	132,29	-3,015	132,445	-3,015	132,58	-3,055	132,705	-3,08	132,775	-3,04	132,965	-3,035	133,02	-3,065	133,08	-3,075	133,17
51	-2,975	132,265	-3,055	132,33	-3,02	132,435	-3,01	132,565	-3,085	132,68	-3,11	132,765	-3,035	132,94	-3,015	133,015	-3,035	133,035	-3,08	133,17
52	-2,985	132,275	-3,04	132,385	-2,955	132,44	-3,035	132,53	-3,05	132,705	-3,03	132,79	-3	132,915	-3,05	133,06	-3,065	133,08	-3,09	133,21

53	-2,94	132,28	-3,06	132,34	-2,945	132,47	-3,05	132,54	-3,05	132,675	-3,065	132,795	-3,015	132,935	-3,025	133,015	-3,075	133,07	-3,04	133,155
54	-2,92	132,235	-3,05	132,355	-2,99	132,46	-3,035	132,53	-3,055	132,66	-3,065	132,79	-3,03	132,94	-3,02	133,045	-3,075	133,07	-3,075	133,205
55	-2,945	132,23	-3,06	132,365	-2,965	132,45	-3,035	132,53	-3,025	132,665	-3,065	132,8	-3,055	132,975	-3,06	133,045	-3,115	133,065	-3,05	133,21
56	-2,965	132,225	-3,025	132,36	-2,965	132,425	-3,02	132,53	-3,04	132,7	-3,075	132,765	-3,015	132,97	-3,01	133,05	-3,08	133,09	-3,06	133,215
57	-2,93	132,24	-3,075	132,38	-2,97	132,425	-3,035	132,535	-3,055	132,695	-3,095	132,795	-3,03	132,95	-3,005	133	-3,065	133,08	-3,06	133,205
58	-2,95	132,21	-3,075	132,355	-3	132,48	-3,035	132,535	-3,11	132,68	-3,075	132,8	-3,01	132,95	-3,02	133,05	-3,08	133,085	-3,07	133,2
59	-2,97	132,215	-3,055	132,375	-2,94	132,455	-3,035	132,56	-3,065	132,655	-3,07	132,815	-3,005	132,97	-3	133,045	-3,055	133,065	-3,03	133,245
60	-2,96	132,2	-3,045	132,365	-2,965	132,46	-3,035	132,525	-3,08	132,685	-3,08	132,81	-3,02	132,965	-3,01	133,05	-3,055	133,09	-3,05	133,2
61	-2,93	132,23	-3,105	132,33	-2,93	132,47	-3,04	132,53	-3,055	132,71	-3,075	132,805	-2,975	132,935	-3,015	133,06	-3,045	133,105	-3,01	133,215
62	-2,945	132,24	-3,085	132,395	-2,945	132,465	-3,06	132,54	-3,06	132,675	-3,03	132,785	-3,03	132,96	-3,01	133,045	-3,045	133,11	-3,04	133,215
63	-3	132,225	-3,11	132,335	-2,94	132,465	-3,03	132,515	-3,05	132,675	-3,055	132,805	-2,985	132,91	-3	133,02	-3,055	133,075	-3,035	133,215
64	-2,955	132,21	-3,12	132,345	-2,955	132,5	-3,075	132,495	-3,045	132,665	-3,09	132,785	-3,015	132,975	-3,06	133,02	-3,05	133,045	-3	133,22
65	-2,965	132,215	-3,08	132,345	-2,965	132,495	-3,08	132,495	-3,07	132,71	-3,045	132,795	-3,02	132,97	-3,035	133,075	-3,03	133,055	-3,03	133,27
66	-3,015	132,225	-3,095	132,385	-2,945	132,485	-3,04	132,515	-3,04	132,685	-3,05	132,795	-2,995	132,985	-3,02	133,05	-3,06	133,12	-3	133,225
67	-2,975	132,23	-3,14	132,33	-2,96	132,495	-3,055	132,51	-3,05	132,695	-3,065	132,785	-3,025	132,96	-3,035	133,065	-3,02	133,07	-3,03	133,26
68	-2,98	132,205	-3,07	132,34	-2,965	132,495	-3,075	132,5	-3,1	132,67	-3,06	132,77	-3,04	132,935	-3	133,055	-3,04	133,105	-3,03	133,255
69	-2,965	132,23	-3,16	132,345	-2,975	132,46	-3,005	132,51	-3,085	132,695	-3,055	132,815	-3,03	132,965	-3,025	133,065	-3,07	133,085	-2,99	133,235
70	-2,99	132,235	-3,19	132,36	-2,95	132,48	-3,065	132,49	-3,05	132,725	-3,045	132,77	-3,05	132,97	-3,035	133,035	-3,04	133,065	-3,02	133,225
71	-2,98	132,265	-3,185	132,35	-2,975	132,485	-3,06	132,495	-3,055	132,68	-3,06	132,805	-3,01	132,965	-2,975	133,055	-3,02	133,095	-3,025	133,2
72	-2,975	132,245	-3,145	132,34	-2,95	132,485	-3,095	132,54	-3,065	132,715	-3,08	132,795	-3,035	132,965	-3,035	133,07	-3,04	133,095	-3,015	133,235
73	-3,005	132,285	-3,165	132,31	-2,99	132,46	-3,09	132,53	-3,08	132,715	-3,04	132,74	-3,065	132,98	-3,065	133,045	-3	133,09	-3,015	133,225
74	-2,95	132,25	-3,135	132,31	-2,965	132,52	-3,065	132,57	-3,08	132,705	-3,065	132,77	-3,065	132,96	-3,03	133,04	-3,01	133,095	-2,975	133,28
75	-2,965	132,285	-3,19	132,3	-3,01	132,47	-3,04	132,535	-3,055	132,69	-3,055	132,775	-3,04	132,955	-3,025	133,055	-3,025	133,075	-2,99	133,22
76	-2,93	132,31	-3,175	132,355	-2,97	132,475	-3,07	132,535	-3,06	132,685	-3,085	132,8	-3,025	132,98	-3,02	133,005	-3	133,11	-3,015	133,24
77	-2,99	132,3	-3,175	132,285	-3,015	132,455	-3,05	132,505	-3,05	132,675	-3,06	132,805	-3,03	132,955	-3,025	133,025	-3,02	133,085	-3,015	133,255
78	-2,97	132,295	-3,145	132,33	-2,985	132,49	-3,035	132,555	-3,055	132,69	-3,06	132,78	-3,035	132,92	-3,025	133,045	-3,035	133,08	-3	133,285
79	-2,98	132,305	-3,13	132,345	-3	132,5	-3,07	132,55	-3,075	132,71	-3,075	132,84	-3,005	132,935	-3,015	133,065	-3,015	133,125	-2,98	133,28
80	-2,97	132,315	-3,145	132,365	-2,955	132,465	-3,045	132,5	-3,075	132,72	-3,075	132,77	-3,01	132,935	-3,075	133,03	-3	133,1	-3,025	133,22
81	-2,985	132,295	-3,175	132,36	-3,045	132,465	-3,05	132,6	-3,055	132,695	-3,035	132,785	-3,035	132,92	-3,04	133,06	-3,03	133,125	-3,015	133,245
82	-2,985	132,31	-3,1	132,4	-2,97	132,46	-3,055	132,56	-3,105	132,695	-3,105	132,795	-3,025	132,94	-3,035	133,095	-2,985	133,145	-3,005	133,3
83	-2,965	132,265	-3,04	132,41	-3,045	132,495	-3,015	132,56	-3,085	132,73	-3,07	132,79	-3,015	132,94	-3,04	133,075	-3,035	133,13	-2,99	133,275
84	-2,975	132,27	-3,025	132,365	-3,02	132,5	-3,015	132,54	-3,075	132,68	-3,08	132,805	-3,025	132,955	-3,06	133,085	-3,015	133,15	-3,01	133,25
85	-2,98	132,26	-3	132,385	-2,995	132,485	-3,04	132,575	-3,055	132,7	-3,07	132,805	-3,055	132,935	-3,025	133,08	-3,02	133,155	-3,025	133,295
86	-2,97	132,285	-2,945	132,395	-2,97	132,48	-3,04	132,585	-3,02	132,665	-3,035	132,775	-3,03	132,965	-3,045	133,105	-3,02	133,14	-3,02	133,265
87	-2,96	132,275	-2,945	132,43	-3,035	132,525	-3,035	132,605	-3,035	132,715	-3,06	132,82	-3,055	132,965	-3,045	133,085	-3,005	133,135	-2,975	133,27
88	-2,975	132,255	-2,885	132,405	-2,98	132,495	-3,035	132,615	-3,015	132,72	-3,085	132,785	-3,04	132,945	-3,025	133,075	-3	133,13	-3,03	133,255
89	-2,975	132,23	-2,855	132,405	-3	132,505	-3,02	132,565	-3,065	132,69	-3,115	132,8	-3,035	132,92	-3,06	133,07	-3,02	133,145	-3	133,23
90	-2,99	132,23	-2,82	132,355	-3	132,505	-3,055	132,605	-3,035	132,72	-3,06	132,79	-3,02	132,935	-2,98	133,09	-2,97	133,16	-3,01	133,275
91	-2,96	132,245	-2,86	132,385	-2,965	132,55	-3,035	132,605	-3,06	132,68	-3,035	132,835	-3,04	132,945	-3,035	133,115	-2,995	133,19	-3,015	133,3
92	-2,985	132,25	-2,835	132,39	-2,955	132,52	-3,03	132,595	-3,075	132,735	-3,07	132,79	-3	132,93	-3,025	133,09	-3	133,145	-3,045	133,315
93	-2,97	132,25	-2,85	132,355	-2,985	132,545	-3,02	132,6	-3,04	132,74	-3,075	132,81	-3,03	132,945	-3,035	133,06	-3	133,145	-2,985	133,295
94	-2,965	132,275	-2,815	132,38	-2,975	132,565	-3,045	132,585	-3,07	132,73	-3,09	132,81	-3,06	132,915	-3,065	133,06	-3,015	133,15	-3	133,265
95	-2,985	132,235	-2,805	132,365	-2,955	132,56	-3,055	132,6	-3,045	132,7	-3,045	132,81	-3,06	132,965	-3,02	133,1	-2,99	133,135	-3,05	133,25
96	-3,025	132,26	-2,825	132,42	-2,97	132,555	-3,065	132,635	-3,07	132,73	-3,045	132,79	-3,065	132,905	-3,025	133,075	-3,015	133,135	-3,04	133,28
97	-2,97	132,27	-2,82	132,38	-2,94	132,515	-3,04	132,595	-3,07	132,73	-3,035	132,805	-3,05	132,905	-3,06	133,04	-3	133,16	-3,055	133,265
98	-3	132,305	-2,835	132,36	-2,955	132,53	-3,025	132,605	-3,05	132,71	-3,045	132,805	-3,02	132,935	-3,035	133,085	-3	133,15	-3,035	133,245
99	-2,975	132,325	-2,86	132,39	-3,01	132,55	-3,03	132,56	-3,03	132,735	-3,055	132,815	-3,025	132,975	-3,045	133,045	-3,035	133,16	-3,075	133,255
100	-2,98	132,275	-2,85	132,37	-2,975	132,52	-3,05	132,57	-3,045	132,71	-3,075	132,82	-3,045	132,93	-3,075	133,07	-2,985	133,12	-3,025	133,265
s	**0,04143**	**0,04382**	**0,09554**	**0,03381**	**0,03424**	**0,04649**	**0,03310**	**0,03768**	**0,01899**	**0,03729**	**0,02082**	**0,04549**	**0,02212**	**0,057147**	**0,02160**	**0,05772**	**0,03616**	**0,05042**	**0,02872**	**0,05559**

Tabulka 7 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem.

Měření	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	[´]																			
1	-1,865	4,19	-1,875	4,28	-1,85	4,345	-1,835	4,335	-1,875	4,425	-1,85	4,445	-1,885	4,485	-1,865	4,525	-1,88	4,565	-1,93	4,61
2	-1,885	4,25	-1,87	4,275	-1,82	4,335	-1,84	4,345	-1,835	4,42	-1,885	4,46	-1,86	4,49	-1,915	4,52	-1,905	4,61	-1,925	4,57
3	-1,85	4,22	-1,855	4,24	-1,855	4,345	-1,885	4,365	-1,87	4,365	-1,9	4,42	-1,865	4,495	-1,91	4,555	-1,865	4,535	-1,88	4,6
4	-1,82	4,185	-1,845	4,27	-1,8	4,34	-1,85	4,355	-1,87	4,36	-1,87	4,47	-1,895	4,46	-1,905	4,505	-1,915	4,555	-1,92	4,645
5	-1,85	4,205	-1,875	4,26	-1,835	4,32	-1,855	4,35	-1,84	4,4	-1,94	4,415	-1,875	4,48	-1,88	4,53	-1,855	4,56	-1,87	4,56
6	-1,81	4,16	-1,83	4,28	-1,84	4,335	-1,865	4,345	-1,86	4,39	-1,865	4,46	-1,83	4,46	-1,88	4,54	-1,915	4,6	-1,895	4,55
7	-1,835	4,25	-1,85	4,255	-1,88	4,325	-1,87	4,33	-1,845	4,455	-1,87	4,44	-1,885	4,46	-1,845	4,515	-1,915	4,565	-1,91	4,605
8	-1,825	4,265	-1,835	4,245	-1,87	4,35	-1,845	4,38	-1,9	4,435	-1,845	4,445	-1,905	4,49	-1,875	4,56	-1,87	4,58	-1,9	4,6
9	-1,84	4,2	-1,84	4,235	-1,835	4,37	-1,875	4,375	-1,92	4,39	-1,865	4,46	-1,845	4,525	-1,89	4,48	-1,87	4,57	-1,88	4,575
10	-1,835	4,175	-1,84	4,295	-1,82	4,31	-1,875	4,36	-1,885	4,405	-1,85	4,455	-1,89	4,49	-1,89	4,525	-1,905	4,54	-1,905	4,61
11	-1,875	4,23	-1,815	4,275	-1,845	4,34	-1,855	4,325	-1,905	4,405	-1,885	4,455	-1,875	4,505	-1,86	4,52	-1,905	4,565	-1,91	4,59
12	-1,82	4,185	-1,825	4,295	-1,84	4,325	-1,815	4,385	-1,875	4,405	-1,875	4,42	-1,87	4,485	-1,91	4,51	-1,855	4,54	-1,885	4,595
13	-1,855	4,15	-1,805	4,255	-1,805	4,34	-1,81	4,375	-1,855	4,42	-1,895	4,43	-1,905	4,52	-1,87	4,515	-1,85	4,585	-1,9	4,605
14	-1,785	4,23	-1,86	4,24	-1,845	4,36	-1,84	4,355	-1,83	4,38	-1,9	4,43	-1,875	4,47	-1,86	4,54	-1,895	4,57	-1,91	4,59
15	-1,86	4,2	-1,81	4,24	-1,865	4,355	-1,875	4,36	-1,82	4,405	-1,905	4,4	-1,88	4,485	-1,88	4,53	-1,92	4,565	-1,905	4,58
16	-1,885	4,19	-1,8	4,24	-1,84	4,365	-1,835	4,355	-1,9	4,425	-1,86	4,425	-1,9	4,505	-1,875	4,54	-1,89	4,575	-1,88	4,615
17	-1,775	4,18	-1,84	4,265	-1,835	4,33	-1,85	4,355	-1,855	4,415	-1,865	4,465	-1,87	4,495	-1,88	4,53	-1,91	4,59	-1,905	4,57
18	-1,875	4,18	-1,83	4,275	-1,85	4,35	-1,86	4,365	-1,87	4,41	-1,89	4,44	-1,855	4,47	-1,89	4,57	-1,88	4,54	-1,895	4,58
19	-1,87	4,275	-1,86	4,245	-1,895	4,36	-1,835	4,365	-1,825	4,405	-1,89	4,435	-1,91	4,5	-1,85	4,54	-1,925	4,575	-1,875	4,605
20	-1,83	4,215	-1,845	4,22	-1,885	4,35	-1,85	4,375	-1,895	4,42	-1,895	4,445	-1,845	4,445	-1,9	4,545	-1,875	4,565	-1,91	4,59
21	-1,855	4,295	-1,83	4,24	-1,81	4,34	-1,84	4,385	-1,865	4,4	-1,855	4,445	-1,885	4,495	-1,865	4,57	-1,89	4,605	-1,92	4,605
22	-1,815	4,235	-1,83	4,35	-1,88	4,32	-1,845	4,355	-1,9	4,465	-1,875	4,485	-1,9	4,49	-1,89	4,535	-1,91	4,565	-1,89	4,605
23	-1,84	4,22	-1,865	4,24	-1,865	4,32	-1,865	4,385	-1,865	4,42	-1,87	4,445	-1,845	4,455	-1,895	4,545	-1,92	4,555	-1,93	4,615
24	-1,875	4,175	-1,835	4,25	-1,845	4,32	-1,865	4,38	-1,855	4,4	-1,84	4,43	-1,865	4,52	-1,9	4,525	-1,86	4,55	-1,875	4,595
25	-1,82	4,225	-1,845	4,26	-1,85	4,31	-1,875	4,38	-1,87	4,445	-1,895	4,41	-1,875	4,52	-1,885	4,52	-1,875	4,58	-1,86	4,585
26	-1,835	4,25	-1,805	4,24	-1,855	4,295	-1,83	4,35	-1,885	4,405	-1,905	4,41	-1,87	4,475	-1,86	4,51	-1,905	4,545	-1,875	4,615
27	-1,88	4,195	-1,845	4,275	-1,825	4,335	-1,815	4,39	-1,86	4,425	-1,905	4,435	-1,84	4,47	-1,895	4,555	-1,925	4,595	-1,9	4,63
28	-1,845	4,255	-1,835	4,24	-1,825	4,355	-1,86	4,38	-1,855	4,39	-1,885	4,455	-1,86	4,5	-1,94	4,525	-1,895	4,595	-1,925	4,58
29	-1,82	4,235	-1,855	4,24	-1,835	4,33	-1,84	4,39	-1,87	4,43	-1,865	4,425	-1,865	4,495	-1,865	4,535	-1,9	4,56	-1,92	4,59
30	-1,835	4,165	-1,845	4,24	-1,82	4,32	-1,865	4,36	-1,895	4,455	-1,885	4,43	-1,88	4,515	-1,855	4,505	-1,925	4,55	-1,89	4,61
31	-1,835	4,235	-1,85	4,23	-1,815	4,345	-1,86	4,36	-1,87	4,405	-1,86	4,44	-1,84	4,5	-1,89	4,52	-1,93	4,565	-1,895	4,585
32	-1,785	4,22	-1,875	4,24	-1,83	4,32	-1,86	4,37	-1,83	4,42	-1,86	4,41	-1,87	4,54	-1,875	4,525	-1,945	4,545	-1,905	4,565
33	-1,855	4,185	-1,83	4,22	-1,83	4,34	-1,855	4,395	-1,855	4,435	-1,86	4,41	-1,86	4,475	-1,87	4,495	-1,805	4,57	-1,905	4,61
34	-1,825	4,175	-1,865	4,27	-1,875	4,295	-1,845	4,385	-1,87	4,43	-1,855	4,425	-1,87	4,52	-1,89	4,49	-1,92	4,565	-1,91	4,58
35	-1,815	4,21	-1,86	4,255	-1,785	4,325	-1,84	4,41	-1,87	4,39	-1,905	4,45	-1,925	4,48	-1,85	4,5	-1,89	4,57	-1,915	4,6
36	-1,85	4,185	-1,83	4,25	-1,865	4,33	-1,84	4,38	-1,87	4,41	-1,84	4,46	-1,88	4,495	-1,885	4,545	-1,895	4,555	-1,945	4,605
37	-1,83	4,19	-1,84	4,26	-1,85	4,34	-1,845	4,39	-1,865	4,375	-1,85	4,43	-1,895	4,49	-1,885	4,555	-1,89	4,545	-1,935	4,6
38	-1,87	4,235	-1,82	4,28	-1,85	4,305	-1,87	4,375	-1,835	4,425	-1,87	4,475	-1,86	4,51	-1,91	4,5	-1,875	4,595	-1,88	4,615
39	-1,84	4,23	-1,835	4,27	-1,85	4,335	-1,87	4,385	-1,86	4,46	-1,86	4,435	-1,885	4,45	-1,885	4,53	-1,88	4,55	-1,92	4,625
40	-1,835	4,22	-1,825	4,265	-1,855	4,32	-1,865	4,345	-1,88	4,425	-1,87	4,45	-1,845	4,48	-1,89	4,54	-1,875	4,53	-1,9	4,67
41	-1,83	4,235	-1,84	4,255	-1,88	4,32	-1,825	4,385	-1,885	4,46	-1,89	4,45	-1,86	4,485	-1,88	4,505	-1,905	4,57	-1,865	4,625
42	-1,85	4,245	-1,86	4,225	-1,85	4,34	-1,865	4,415	-1,88	4,415	-1,88	4,415	-1,87	4,475	-1,875	4,53	-1,925	4,53	-1,905	4,6
43	-1,865	4,295	-1,845	4,275	-1,84	4,34	-1,855	4,41	-1,825	4,42	-1,855	4,425	-1,86	4,495	-1,89	4,555	-1,945	4,55	-1,895	4,58
44	-1,875	4,235	-1,845	4,255	-1,875	4,33	-1,85	4,37	-1,85	4,425	-1,87	4,46	-1,84	4,46	-1,915	4,54	-1,905	4,575	-1,895	4,64
45	-1,85	4,26	-1,9	4,275	-1,81	4,355	-1,825	4,375	-1,92	4,435	-1,875	4,44	-1,875	4,51	-1,87	4,535	-1,905	4,58	-1,88	4,595
46	-1,83	4,215	-1,865	4,24	-1,835	4,325	-1,85	4,36	-1,86	4,455	-1,875	4,48	-1,86	4,485	-1,865	4,505	-1,885	4,55	-1,9	4,59
47	-1,855	4,31	-1,83	4,22	-1,83	4,35	-1,855	4,405	-1,875	4,475	-1,865	4,475	-1,88	4,5	-1,9	4,6	-1,87	4,59	-1,91	4,615
48	-1,825	4,255	-1,855	4,28	-1,87	4,35	-1,845	4,415	-1,845	4,39	-1,84	4,465	-1,88	4,495	-1,885	4,5	-1,895	4,6	-1,96	4,61
49	-1,825	4,245	-1,85	4,265	-1,87	4,315	-1,85	4,395	-1,88	4,41	-1,87	4,445	-1,87	4,515	-1,88	4,54	-1,875	4,57	-1,875	4,575
50	-1,81	4,22	-1,8	4,295	-1,875	4,32	-1,865	4,365	-1,835	4,405	-1,86	4,49	-1,865	4,475	-1,895	4,505	-1,875	4,54	-1,88	4,585
51	-1,855	4,26	-1,86	4,285	-1,83	4,385	-1,84	4,37	-1,825	4,39	-1,85	4,455	-1,89	4,465	-1,905	4,54	-1,935	4,55	-1,91	4,6
52	-1,84	4,225	-1,85	4,29	-1,87	4,365	-1,84	4,41	-1,87	4,455	-1,87	4,415	-1,875	4,51	-1,895	4,5	-1,905	4,56	-1,875	4,62

53	-1,845	4,25	-1,86	4,26	-1,835	4,365	-1,86	4,4	-1,885	4,415	-1,835	4,42	-1,895	4,505	-1,895	4,54	-1,895	4,58	-1,92	4,57
54	-1,835	4,24	-1,8	4,285	-1,845	4,39	-1,83	4,375	-1,86	4,425	-1,86	4,46	-1,905	4,495	-1,89	4,58	-1,91	4,605	-1,905	4,585
55	-1,79	4,33	-1,875	4,34	-1,85	4,305	-1,825	4,385	-1,815	4,4	-1,89	4,49	-1,87	4,535	-1,9	4,495	-1,895	4,565	-1,895	4,575
56	-1,845	4,24	-1,85	4,275	-1,86	4,325	-1,86	4,43	-1,86	4,39	-1,85	4,46	-1,875	4,5	-1,87	4,52	-1,925	4,54	-1,89	4,63
57	-1,795	4,29	-1,835	4,265	-1,845	4,35	-1,87	4,415	-1,865	4,42	-1,87	4,45	-1,89	4,525	-1,875	4,595	-1,915	4,59	-1,905	4,61
58	-1,82	4,26	-1,835	4,285	-1,87	4,325	-1,84	4,41	-1,86	4,42	-1,84	4,505	-1,895	4,495	-1,88	4,56	-1,895	4,56	-1,94	4,645
59	-1,85	4,215	-1,84	4,28	-1,84	4,33	-1,805	4,375	-1,85	4,44	-1,885	4,455	-1,88	4,49	-1,885	4,54	-1,905	4,575	-1,895	4,59
60	-1,835	4,32	-1,835	4,29	-1,85	4,335	-1,875	4,4	-1,83	4,415	-1,885	4,485	-1,89	4,52	-1,87	4,53	-1,895	4,555	-1,9	4,605
61	-1,83	4,22	-1,835	4,27	-1,8	4,325	-1,855	4,43	-1,86	4,445	-1,895	4,49	-1,885	4,495	-1,905	4,53	-1,85	4,555	-1,91	4,605
62	-1,815	4,245	-1,83	4,305	-1,84	4,365	-1,85	4,42	-1,845	4,45	-1,88	4,46	-1,87	4,52	-1,895	4,525	-1,9	4,58	-1,92	4,62
63	-1,855	4,275	-1,86	4,275	-1,865	4,36	-1,835	4,385	-1,885	4,46	-1,855	4,49	-1,875	4,535	-1,9	4,565	-1,94	4,54	-1,895	4,585
64	-1,835	4,195	-1,835	4,285	-1,835	4,325	-1,85	4,42	-1,865	4,435	-1,875	4,465	-1,845	4,525	-1,855	4,575	-1,94	4,565	-1,89	4,64
65	-1,84	4,3	-1,845	4,295	-1,855	4,34	-1,84	4,355	-1,88	4,425	-1,89	4,465	-1,88	4,515	-1,92	4,505	-1,905	4,615	-1,905	4,61
66	-1,8	4,27	-1,87	4,31	-1,86	4,32	-1,865	4,41	-1,865	4,385	-1,88	4,46	-1,915	4,525	-1,91	4,53	-1,87	4,56	-1,915	4,62
67	-1,83	4,25	-1,85	4,31	-1,795	4,31	-1,875	4,405	-1,86	4,435	-1,89	4,46	-1,845	4,52	-1,935	4,55	-1,885	4,575	-1,915	4,59
68	-1,83	4,275	-1,845	4,29	-1,865	4,315	-1,875	4,385	-1,84	4,445	-1,885	4,44	-1,87	4,495	-1,85	4,535	-1,87	4,57	-1,885	4,64
69	-1,825	4,255	-1,86	4,295	-1,84	4,36	-1,865	4,39	-1,87	4,445	-1,855	4,5	-1,9	4,495	-1,905	4,63	-1,885	4,595	-1,9	4,55
70	-1,84	4,275	-1,845	4,295	-1,845	4,33	-1,9	4,415	-1,9	4,435	-1,885	4,45	-1,865	4,535	-1,915	4,54	-1,925	4,57	-1,88	4,56
71	-1,885	4,26	-1,805	4,28	-1,845	4,33	-1,835	4,4	-1,84	4,41	-1,86	4,46	-1,9	4,5	-1,9	4,545	-1,825	4,57	-1,9	4,63
72	-1,865	4,255	-1,795	4,31	-1,845	4,36	-1,865	4,39	-1,885	4,415	-1,825	4,46	-1,895	4,51	-1,86	4,565	-1,9	4,57	-1,91	4,605
73	-1,81	4,285	-1,83	4,295	-1,84	4,3	-1,83	4,425	-1,875	4,445	-1,87	4,46	-1,895	4,48	-1,915	4,565	-1,91	4,585	-1,885	4,61
74	-1,825	4,245	-1,86	4,275	-1,865	4,34	-1,875	4,36	-1,875	4,415	-1,875	4,44	-1,885	4,505	-1,87	4,56	-1,905	4,61	-1,915	4,575
75	-1,815	4,25	-1,845	4,285	-1,85	4,365	-1,88	4,375	-1,875	4,405	-1,87	4,475	-1,89	4,5	-1,9	4,53	-1,895	4,57	-1,895	4,605
76	-1,82	4,265	-1,87	4,27	-1,875	4,34	-1,855	4,425	-1,82	4,425	-1,885	4,48	-1,88	4,54	-1,905	4,535	-1,855	4,605	-1,895	4,585
77	-1,825	4,3	-1,84	4,29	-1,855	4,295	-1,87	4,405	-1,845	4,485	-1,875	4,475	-1,865	4,51	-1,935	4,53	-1,895	4,545	-1,93	4,625
78	-1,825	4,27	-1,855	4,31	-1,85	4,35	-1,835	4,39	-1,9	4,445	-1,845	4,465	-1,875	4,515	-1,87	4,56	-1,88	4,53	-1,91	4,59
79	-1,815	4,3	-1,85	4,35	-1,86	4,38	-1,85	4,405	-1,85	4,445	-1,86	4,485	-1,865	4,515	-1,885	4,555	-1,925	4,59	-1,925	4,61
80	-1,855	4,26	-1,865	4,32	-1,85	4,38	-1,875	4,435	-1,885	4,44	-1,84	4,475	-1,87	4,44	-1,93	4,545	-1,9	4,61	-1,89	4,645
81	-1,825	4,24	-1,85	4,34	-1,87	4,34	-1,825	4,385	-1,88	4,445	-1,865	4,455	-1,905	4,485	-1,905	4,52	-1,86	4,585	-1,915	4,555
82	-1,84	4,245	-1,87	4,32	-1,855	4,365	-1,85	4,405	-1,86	4,445	-1,865	4,465	-1,865	4,52	-1,9	4,56	-1,885	4,56	-1,875	4,595
83	-1,85	4,27	-1,88	4,295	-1,825	4,31	-1,92	4,375	-1,905	4,425	-1,87	4,49	-1,87	4,535	-1,825	4,535	-1,885	4,605	-1,87	4,66
84	-1,82	4,26	-1,85	4,3	-1,84	4,37	-1,825	4,4	-1,9	4,43	-1,85	4,45	-1,9	4,505	-1,875	4,555	-1,885	4,605	-1,925	4,64
85	-1,865	4,31	-1,835	4,305	-1,875	4,345	-1,85	4,42	-1,845	4,445	-1,84	4,45	-1,895	4,495	-1,905	4,55	-1,89	4,62	-1,9	4,575
86	-1,82	4,265	-1,835	4,345	-1,85	4,29	-1,88	4,38	-1,86	4,46	-1,875	4,455	-1,87	4,48	-1,925	4,54	-1,87	4,605	-1,885	4,605
87	-1,85	4,35	-1,855	4,325	-1,825	4,34	-1,87	4,405	-1,88	4,495	-1,84	4,495	-1,9	4,51	-1,91	4,565	-1,905	4,61	-1,895	4,63
88	-1,825	4,265	-1,86	4,32	-1,845	4,36	-1,82	4,41	-1,87	4,43	-1,91	4,505	-1,925	4,51	-1,865	4,57	-1,935	4,57	-1,9	4,62
89	-1,84	4,29	-1,84	4,34	-1,86	4,375	-1,87	4,375	-1,84	4,445	-1,875	4,52	-1,88	4,51	-1,89	4,575	-1,9	4,595	-1,9	4,595
90	-1,84	4,28	-1,885	4,33	-1,87	4,34	-1,835	4,405	-1,855	4,455	-1,865	4,5	-1,865	4,54	-1,895	4,54	-1,875	4,605	-1,925	4,64
91	-1,84	4,22	-1,805	4,275	-1,825	4,315	-1,86	4,365	-1,88	4,46	-1,865	4,495	-1,885	4,55	-1,885	4,54	-1,885	4,585	-1,915	4,66
92	-1,845	4,305	-1,835	4,325	-1,885	4,3	-1,885	4,42	-1,87	4,415	-1,89	4,46	-1,86	4,51	-1,885	4,53	-1,94	4,58	-1,91	4,635
93	-1,8	4,25	-1,865	4,345	-1,855	4,345	-1,845	4,41	-1,84	4,445	-1,865	4,505	-1,86	4,535	-1,895	4,535	-1,93	4,58	-1,88	4,58
94	-1,86	4,255	-1,815	4,31	-1,85	4,345	-1,85	4,355	-1,895	4,435	-1,84	4,515	-1,85	4,51	-1,845	4,54	-1,91	4,61	-1,91	4,635
95	-1,825	4,275	-1,81	4,315	-1,82	4,35	-1,885	4,415	-1,875	4,43	-1,89	4,465	-1,845	4,535	-1,875	4,53	-1,905	4,595	-1,935	4,63
96	-1,84	4,225	-1,86	4,34	-1,87	4,32	-1,87	4,42	-1,905	4,42	-1,885	4,46	-1,85	4,5	-1,935	4,53	-1,9	4,585	-1,94	4,6
97	-1,8	4,26	-1,835	4,37	-1,835	4,35	-1,88	4,42	-1,855	4,43	-1,88	4,5	-1,87	4,525	-1,895	4,595	-1,925	4,59	-1,925	4,615
98	-1,835	4,28	-1,84	4,315	-1,845	4,37	-1,825	4,37	-1,885	4,435	-1,9	4,49	-1,9	4,52	-1,915	4,575	-1,89	4,585	-1,895	4,66
99	-1,845	4,22	-1,84	4,32	-1,89	4,38	-1,875	4,425	-1,85	4,45	-1,865	4,475	-1,87	4,53	-1,91	4,56	-1,87	4,62	-1,905	4,585
100	-1,83	4,215	-1,83	4,3	-1,875	4,335	-1,86	4,38	-1,855	4,45	-1,88	4,465	-1,815	4,555	-1,87	4,52	-1,905	4,57	-1,89	4,665
s	**0,02274**	**0,04012**	**0,02044**	**0,03380**	**0,02179**	**0,02190**	**0,02005**	**0,02505**	**0,02281**	**0,02497**	**0,01985**	**0,02641**	**0,02040**	**0,02373**	**0,02201**	**0,02550**	**0,02545**	**0,02257**	**0,01898**	**0,02603**

Tabulka 8 Měření nové laboratoře na podlaze za klidu autokolimátorem (tubus).

Příloha 5

Měření	f	h	f	h	f	h	f	h	f	h
	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]
1	0	$1{,}12419\cdot10^{-05}$	100	$7{,}8845\cdot10^{-06}$	200	$9{,}50176\cdot10^{-07}$	300	$2{,}49349\cdot10^{-06}$	400	$1{,}95178\cdot10^{-07}$
2	1	$1{,}05761\cdot10^{-05}$	101	$7{,}8235\cdot10^{-06}$	201	$4{,}06326\cdot10^{-06}$	301	$2{,}48261\cdot10^{-06}$	401	$1{,}94479\cdot10^{-07}$
3	2	$1{,}04435\cdot10^{-05}$	102	$2{,}55294\cdot10^{-06}$	202	$4{,}04065\cdot10^{-06}$	302	$2{,}87419\cdot10^{-07}$	402	$1{,}93783\cdot10^{-07}$
4	3	$1{,}05657\cdot10^{-05}$	103	$7{,}7036\cdot10^{-06}$	203	$8{,}09162\cdot10^{-07}$	303	$4{,}04692\cdot10^{-07}$	403	$1{,}6606\cdot10^{-06}$
5	4	$2{,}00904\cdot10^{-05}$	104	$7{,}64468\cdot10^{-06}$	204	$3{,}996\cdot10^{-06}$	304	$4{,}02938\cdot10^{-07}$	404	$1{,}92404\cdot10^{-07}$
6	5	$1{,}98431\cdot10^{-05}$	105	$2{,}16042\cdot10^{-06}$	205	$8{,}00245\cdot10^{-07}$	305	$2{,}43981\cdot10^{-06}$	405	$2{,}33167\cdot10^{-06}$
7	6	$1{,}96004\cdot10^{-05}$	106	$7{,}52885\cdot10^{-06}$	206	$3{,}95209\cdot10^{-06}$	306	$2{,}82474\cdot10^{-07}$	406	$1{,}9104\cdot10^{-07}$
8	7	$1{,}93621\cdot10^{-05}$	107	$2{,}12781\cdot10^{-06}$	207	$7{,}91476\cdot10^{-07}$	307	$2{,}41882\cdot10^{-06}$	407	$4{,}31601\cdot10^{-30}$
9	8	$1{,}91281\cdot10^{-05}$	108	$2{,}11178\cdot10^{-06}$	208	$6{,}42768\cdot10^{-07}$	308	$3{,}96036\cdot10^{-07}$	408	$1{,}63134\cdot10^{-06}$
10	9	$1{,}88984\cdot10^{-05}$	109	$2{,}09593\cdot10^{-06}$	209	$3{,}88757\cdot10^{-06}$	309	$3{,}94338\cdot10^{-07}$	409	$1{,}62558\cdot10^{-06}$
11	10	$1{,}86727\cdot10^{-05}$	110	$2{,}08026\cdot10^{-06}$	210	$7{,}78589\cdot10^{-07}$	310	$2{,}77656\cdot10^{-07}$	410	$1{,}61985\cdot10^{-06}$
12	11	$1{,}84511\cdot10^{-05}$	111	$2{,}06477\cdot10^{-06}$	211	$7{,}74363\cdot10^{-07}$	311	$2{,}7647\cdot10^{-07}$	411	$2{,}28267\cdot10^{-06}$
13	12	$1{,}82334\cdot10^{-05}$	112	$7{,}19674\cdot10^{-06}$	212	$3{,}82461\cdot10^{-06}$	312	$2{,}36753\cdot10^{-06}$	412	$1{,}87032\cdot10^{-07}$
14	13	$1{,}80195\cdot10^{-05}$	113	$2{,}19489\cdot10^{-06}$	213	$3{,}80397\cdot10^{-06}$	313	$3{,}87654\cdot10^{-07}$	413	$1{,}60284\cdot10^{-06}$
15	14	$1{,}78093\cdot10^{-05}$	114	$1{,}84163\cdot10^{-06}$	214	$7{,}6189\cdot10^{-07}$	314	$2{,}75168\cdot10^{-07}$	414	$1{,}85724\cdot10^{-07}$
16	15	$1{,}76029\cdot10^{-05}$	115	$2{,}00448\cdot10^{-06}$	215	$7{,}578\cdot10^{-07}$	315	$2{,}71804\cdot10^{-07}$	415	$4{,}19612\cdot10^{-30}$
17	16	$1{,}74\cdot10^{-05}$	116	$6{,}98739\cdot10^{-06}$	216	$3{,}74302\cdot10^{-06}$	316	$2{,}70656\cdot10^{-07}$	416	$1{,}8443\cdot10^{-07}$
18	17	$1{,}72005\cdot10^{-05}$	117	$1{,}97533\cdot10^{-06}$	217	$7{,}49716\cdot10^{-07}$	317	$2{,}69515\cdot10^{-07}$	417	$1{,}58058\cdot10^{-06}$
19	18	$7{,}6571\cdot10^{-06}$	118	$6{,}88612\cdot10^{-06}$	218	$6{,}08945\cdot10^{-07}$	318	$3{,}79536\cdot10^{-07}$	418	$1{,}83149\cdot10^{-07}$
20	19	$7{,}57033\cdot10^{-06}$	119	$6{,}83632\cdot10^{-06}$	219	$7{,}41762\cdot10^{-07}$	319	$3{,}77943\cdot10^{-07}$	419	$1{,}82514\cdot10^{-07}$
21	20	$7{,}73025\cdot10^{-06}$	120	$6{,}78704\cdot10^{-06}$	220	$7{,}37832\cdot10^{-07}$	320	$2{,}66136\cdot10^{-07}$	420	$1{,}56419\cdot10^{-06}$
22	21	$7{,}40117\cdot10^{-06}$	121	$1{,}91889\cdot10^{-06}$	221	$5{,}99317\cdot10^{-07}$	321	$2{,}65024\cdot10^{-07}$	421	$1{,}55878\cdot10^{-06}$
23	22	$1{,}6253\cdot10^{-05}$	122	$1{,}73753\cdot10^{-06}$	222	$7{,}30066\cdot10^{-07}$	322	$2{,}2697\cdot10^{-06}$	422	$4{,}09528\cdot10^{-30}$
24	23	$7{,}47473\cdot10^{-06}$	123	$1{,}89158\cdot10^{-06}$	223	$5{,}93025\cdot10^{-07}$	323	$3{,}7167\cdot10^{-07}$	423	$1{,}80005\cdot10^{-07}$
25	24	$1{,}58958\cdot10^{-05}$	124	$1{,}71288\cdot10^{-06}$	224	$7{,}22421\cdot10^{-07}$	324	$2{,}61728\cdot10^{-07}$	424	$1{,}54272\cdot10^{-06}$
26	25	$1{,}57216\cdot10^{-05}$	125	$1{,}70076\cdot10^{-06}$	225	$7{,}18644\cdot10^{-07}$	325	$2{,}60643\cdot10^{-07}$	425	$2{,}5281\cdot10^{-07}$
27	26	$1{,}55503\cdot10^{-05}$	126	$6{,}50231\cdot10^{-06}$	226	$5{,}83771\cdot10^{-07}$	326	$2{,}59565\cdot10^{-07}$	426	$4{,}03927\cdot10^{-30}$
28	27	$1{,}53817\cdot10^{-05}$	127	$6{,}4566\cdot10^{-06}$	227	$7{,}11177\cdot10^{-07}$	327	$5{,}8607\cdot10^{-30}$	427	$1{,}52691\cdot10^{-06}$
29	28	$6{,}61145\cdot10^{-06}$	128	$1{,}66514\cdot10^{-06}$	228	$5{,}77722\cdot10^{-07}$	328	$3{,}64046\cdot10^{-07}$	428	$4{,}0117\cdot10^{-30}$
30	29	$1{,}50527\cdot10^{-05}$	129	$1{,}65352\cdot10^{-06}$	229	$3{,}49515\cdot10^{-06}$	329	$3{,}6255\cdot10^{-07}$	429	$1{,}76338\cdot10^{-07}$
31	30	$6{,}22956\cdot10^{-06}$	130	$6{,}32232\cdot10^{-06}$	230	$7{,}00194\cdot10^{-07}$	330	$2{,}55319\cdot10^{-07}$	430	$1{,}51135\cdot10^{-06}$
32	31	$1{,}47341\cdot10^{-05}$	131	$6{,}27849\cdot10^{-06}$	231	$6{,}96589\cdot10^{-07}$	331	$2{,}54273\cdot10^{-07}$	431	$1{,}7514\cdot10^{-07}$
33	32	$1{,}45786\cdot10^{-05}$	132	$1{,}7756\cdot10^{-06}$	232	$6{,}93012\cdot10^{-07}$	332	$3{,}58115\cdot10^{-07}$	432	$1{,}74546\cdot10^{-07}$
34	33	$1{,}44256\cdot10^{-05}$	133	$1{,}76337\cdot10^{-06}$	233	$6{,}89463\cdot10^{-07}$	333	$3{,}56655\cdot10^{-07}$	433	$1{,}73955\cdot10^{-07}$
35	34	$1{,}42749\cdot10^{-05}$	134	$1{,}59718\cdot10^{-06}$	234	$5{,}60127\cdot10^{-07}$	334	$2{,}51176\cdot10^{-07}$	434	$2{,}10846\cdot10^{-06}$
36	35	$5{,}68902\cdot10^{-06}$	135	$1{,}42028\cdot10^{-06}$	235	$6{,}82446\cdot10^{-07}$	335	$2{,}50156\cdot10^{-07}$	435	$3{,}91739\cdot10^{-30}$
37	36	$5{,}84825\cdot10^{-06}$	136	$6{,}06604\cdot10^{-06}$	236	$5{,}54441\cdot10^{-07}$	336	$2{,}49142\cdot10^{-07}$	436	$1{,}72199\cdot10^{-07}$
38	37	$1{,}38368\cdot10^{-05}$	137	$6{,}02484\cdot10^{-06}$	237	$5{,}5163\cdot10^{-07}$	337	$2{,}48134\cdot10^{-07}$	437	$3{,}89106\cdot10^{-30}$
39	38	$1{,}36953\cdot10^{-05}$	138	$1{,}55416\cdot10^{-06}$	238	$3{,}33769\cdot10^{-06}$	338	$3{,}49486\cdot10^{-07}$	438	$1{,}47098\cdot10^{-06}$
40	39	$5{,}67059\cdot10^{-06}$	139	$1{,}54368\cdot10^{-06}$	239	$5{,}46072\cdot10^{-07}$	339	$2{,}46137\cdot10^{-07}$	439	$1{,}46605\cdot10^{-06}$
41	40	$1{,}34186\cdot10^{-05}$	140	$5{,}90374\cdot10^{-06}$	240	$6{,}65364\cdot10^{-07}$	340	$2{,}10828\cdot10^{-06}$	440	$1{,}69899\cdot10^{-07}$
42	41	$1{,}32834\cdot10^{-05}$	141	$5{,}86419\cdot10^{-06}$	241	$3{,}28756\cdot10^{-06}$	341	$2{,}44164\cdot10^{-07}$	441	$1{,}45626\cdot10^{-06}$
43	42	$5{,}05748\cdot10^{-06}$	142	$5{,}82503\cdot10^{-06}$	242	$5{,}37891\cdot10^{-07}$	342	$2{,}45154\cdot10^{-07}$	442	$1{,}4514\cdot10^{-06}$
44	43	$1{,}30191\cdot10^{-05}$	143	$5{,}78626\cdot10^{-06}$	243	$5{,}35205\cdot10^{-07}$	343	$3{,}42531\cdot10^{-07}$	443	$3{,}81362\cdot10^{-30}$
45	44	$5{,}39198\cdot10^{-06}$	144	$5{,}74787\cdot10^{-06}$	244	$6{,}52156\cdot10^{-07}$	344	$2{,}07475\cdot10^{-06}$	444	$1{,}44175\cdot10^{-06}$
46	45	$1{,}27626\cdot10^{-05}$	145	$5{,}70987\cdot10^{-06}$	245	$6{,}48916\cdot10^{-07}$	345	$2{,}40288\cdot10^{-07}$	445	$1{,}67089\cdot10^{-07}$
47	46	$1{,}26371\cdot10^{-05}$	146	$1{,}47318\cdot10^{-06}$	246	$6{,}45699\cdot10^{-07}$	346	$2{,}39334\cdot10^{-07}$	446	$1{,}43221\cdot10^{-06}$
48	47	$4{,}8126\cdot10^{-06}$	147	$5{,}63499\cdot10^{-06}$	247	$3{,}19064\cdot10^{-06}$	347	$2{,}38385\cdot10^{-07}$	447	$1{,}42747\cdot10^{-06}$
49	48	$1{,}23917\cdot10^{-05}$	148	$1{,}30179\cdot10^{-06}$	248	$6{,}39338\cdot10^{-07}$	348	$2{,}37442\cdot10^{-07}$	448	$1{,}42275\cdot10^{-06}$
50	49	$1{,}22717\cdot10^{-05}$	149	$5{,}56157\cdot10^{-06}$	249	$5{,}19503\cdot10^{-07}$	349	$2{,}36504\cdot10^{-07}$	449	$1{,}6489\cdot10^{-07}$
51	50	$4{,}8944\cdot10^{-06}$	150	$5{,}5254\cdot10^{-06}$	250	$3{,}14377\cdot10^{-06}$	350	$2{,}02593\cdot10^{-06}$	450	$1{,}41339\cdot10^{-06}$
52	51	$1{,}20369\cdot10^{-05}$	151	$1{,}27655\cdot10^{-06}$	251	$5{,}14422\cdot10^{-07}$	351	$2{,}34646\cdot10^{-07}$	451	$1{,}9922\cdot10^{-06}$

53	52	$4{,}58509 \cdot 10^{-06}$	152	$5{,}4541 \cdot 10^{-06}$	252	$3{,}61988 \cdot 10^{-07}$	352	$3{,}30525 \cdot 10^{-07}$	452	$3{,}70174 \cdot 10^{-30}$
54	53	$1{,}18087 \cdot 10^{-05}$	153	$5{,}41897 \cdot 10^{-06}$	253	$5{,}09416 \cdot 10^{-07}$	353	$5{,}27837 \cdot 10^{-30}$	453	$1{,}39952 \cdot 10^{-06}$
55	54	$4{,}29611 \cdot 10^{-06}$	154	$1{,}39836 \cdot 10^{-06}$	254	$5{,}0694 \cdot 10^{-07}$	354	$2{,}31899 \cdot 10^{-07}$	454	$1{,}39495 \cdot 10^{-06}$
56	55	$1{,}15869 \cdot 10^{-05}$	155	$5{,}34972 \cdot 10^{-06}$	255	$3{,}06793 \cdot 10^{-06}$	355	$1{,}98655 \cdot 10^{-06}$	455	$1{,}39039 \cdot 10^{-06}$
57	56	$1{,}14784 \cdot 10^{-05}$	156	$5{,}31559 \cdot 10^{-06}$	256	$5{,}02042 \cdot 10^{-07}$	356	$2{,}30094 \cdot 10^{-07}$	456	$1{,}38586 \cdot 10^{-06}$
58	57	$4{,}1765 \cdot 10^{-06}$	157	$5{,}28179 \cdot 10^{-06}$	257	$4{,}9962 \cdot 10^{-07}$	357	$5{,}19654 \cdot 10^{-30}$	457	$1{,}38135 \cdot 10^{-06}$
59	58	$1{,}12658 \cdot 10^{-05}$	158	$5{,}24831 \cdot 10^{-06}$	258	$6{,}08897 \cdot 10^{-07}$	358	$1{,}96348 \cdot 10^{-06}$	458	$1{,}37686 \cdot 10^{-06}$
60	59	$4{,}09952 \cdot 10^{-06}$	159	$5{,}21514 \cdot 10^{-06}$	259	$3{,}00922 \cdot 10^{-06}$	359	$2{,}27426 \cdot 10^{-07}$	459	$1{,}5958 \cdot 10^{-07}$
61	60	$3{,}84787 \cdot 10^{-06}$	160	$5{,}18229 \cdot 10^{-06}$	260	$4{,}92457 \cdot 10^{-07}$	360	$2{,}75524 \cdot 10^{-06}$	460	$1{,}93451 \cdot 10^{-06}$
62	61	$4{,}21432 \cdot 10^{-06}$	161	$1{,}03702 \cdot 10^{-06}$	261	$6{,}00189 \cdot 10^{-07}$	361	$2{,}25674 \cdot 10^{-07}$	461	$1{,}36353 \cdot 10^{-06}$
63	62	$3{,}77791 \cdot 10^{-06}$	162	$5{,}11751 \cdot 10^{-06}$	262	$3{,}44915 \cdot 10^{-07}$	362	$1{,}93333 \cdot 10^{-06}$	462	$1{,}35912 \cdot 10^{-06}$
64	63	$1{,}07596 \cdot 10^{-05}$	163	$1{,}0241 \cdot 10^{-06}$	263	$2{,}95217 \cdot 10^{-06}$	363	$2{,}23941 \cdot 10^{-07}$	463	$1{,}35474 \cdot 10^{-06}$
65	64	$3{,}91612 \cdot 10^{-06}$	164	$5{,}05394 \cdot 10^{-06}$	264	$4{,}83143 \cdot 10^{-07}$	364	$2{,}23082 \cdot 10^{-07}$	464	$1{,}35038 \cdot 10^{-06}$
66	65	$1{,}05666 \cdot 10^{-05}$	165	$5{,}0226 \cdot 10^{-06}$	265	$4{,}80856 \cdot 10^{-07}$	365	$2{,}22228 \cdot 10^{-07}$	465	$3{,}54862 \cdot 10^{-30}$
67	66	$3{,}84619 \cdot 10^{-06}$	166	$4{,}99155 \cdot 10^{-06}$	266	$4{,}78585 \cdot 10^{-07}$	366	$2{,}69238 \cdot 10^{-06}$	466	$1{,}56014 \cdot 10^{-07}$
68	67	$1{,}03787 \cdot 10^{-05}$	167	$4{,}96078 \cdot 10^{-06}$	267	$3{,}36828 \cdot 10^{-07}$	367	$2{,}20535 \cdot 10^{-07}$	467	$1{,}33743 \cdot 10^{-06}$
69	68	$1{,}02867 \cdot 10^{-05}$	168	$9{,}92827 \cdot 10^{-07}$	268	$2{,}88312 \cdot 10^{-06}$	368	$1{,}88939 \cdot 10^{-06}$	468	$1{,}8853 \cdot 10^{-06}$
70	69	$3{,}74475 \cdot 10^{-06}$	169	$4{,}9001 \cdot 10^{-06}$	269	$4{,}71869 \cdot 10^{-07}$	369	$1{,}88221 \cdot 10^{-06}$	469	$1{,}3289 \cdot 10^{-06}$
71	70	$1{,}01062 \cdot 10^{-05}$	170	$4{,}87018 \cdot 10^{-06}$	270	$4{,}69661 \cdot 10^{-07}$	370	$1{,}87508 \cdot 10^{-06}$	470	$1{,}5403 \cdot 10^{-07}$
72	71	$3{,}29436 \cdot 10^{-06}$	171	$4{,}84053 \cdot 10^{-06}$	271	$2{,}84284 \cdot 10^{-06}$	371	$2{,}17206 \cdot 10^{-07}$	471	$1{,}5354 \cdot 10^{-07}$
73	72	$9{,}93046 \cdot 10^{-06}$	172	$4{,}81115 \cdot 10^{-06}$	272	$3{,}29023 \cdot 10^{-07}$	372	$3{,}06005 \cdot 10^{-07}$	472	$1{,}31625 \cdot 10^{-06}$
74	73	$3{,}42519 \cdot 10^{-06}$	173	$4{,}78203 \cdot 10^{-06}$	273	$4{,}6313 \cdot 10^{-07}$	373	$2{,}1557 \cdot 10^{-07}$	473	$3{,}45907 \cdot 10^{-30}$
75	74	$3{,}20934 \cdot 10^{-06}$	174	$4{,}75318 \cdot 10^{-06}$	274	$5{,}64528 \cdot 10^{-07}$	374	$4{,}86913 \cdot 10^{-30}$	474	$3{,}44811 \cdot 10^{-30}$
76	75	$3{,}36639 \cdot 10^{-06}$	175	$4{,}72459 \cdot 10^{-06}$	275	$4{,}58852 \cdot 10^{-07}$	375	$1{,}84 \cdot 10^{-06}$	475	$1{,}51602 \cdot 10^{-07}$
77	76	$3{,}15448 \cdot 10^{-06}$	176	$4{,}69626 \cdot 10^{-06}$	276	$2{,}77757 \cdot 10^{-06}$	376	$2{,}1315 \cdot 10^{-07}$	476	$1{,}29967 \cdot 10^{-06}$
78	77	$9{,}51061 \cdot 10^{-06}$	177	$4{,}66818 \cdot 10^{-06}$	277	$3{,}21485 \cdot 10^{-07}$	377	$2{,}12353 \cdot 10^{-07}$	477	$1{,}29557 \cdot 10^{-06}$
79	78	$9{,}42984 \cdot 10^{-06}$	178	$4{,}64035 \cdot 10^{-06}$	278	$4{,}52545 \cdot 10^{-07}$	378	$2{,}1156 \cdot 10^{-07}$	478	$1{,}2915 \cdot 10^{-06}$
80	79	$3{,}0748 \cdot 10^{-06}$	179	$4{,}61277 \cdot 10^{-06}$	279	$4{,}50471 \cdot 10^{-07}$	379	$4{,}77871 \cdot 10^{-30}$	479	$1{,}49701 \cdot 10^{-07}$
81	80	$9{,}27136 \cdot 10^{-06}$	180	$4{,}58543 \cdot 10^{-06}$	280	$4{,}48412 \cdot 10^{-07}$	380	$2{,}09987 \cdot 10^{-07}$	480	$3{,}38346 \cdot 10^{-30}$
82	81	$3{,}02334 \cdot 10^{-06}$	181	$4{,}55834 \cdot 10^{-06}$	281	$3{,}1564 \cdot 10^{-07}$	381	$4{,}74325 \cdot 10^{-30}$	481	$1{,}27938 \cdot 10^{-06}$
83	82	$2{,}99809 \cdot 10^{-06}$	182	$4{,}53149 \cdot 10^{-06}$	282	$3{,}14204 \cdot 10^{-07}$	382	$2{,}08431 \cdot 10^{-07}$	482	$1{,}27538 \cdot 10^{-06}$
84	83	$2{,}97316 \cdot 10^{-06}$	183	$4{,}50487 \cdot 10^{-06}$	283	$2{,}68989 \cdot 10^{-06}$	383	$4{,}70818 \cdot 10^{-30}$	483	$1{,}47836 \cdot 10^{-07}$
85	84	$2{,}94853 \cdot 10^{-06}$	184	$4{,}47849 \cdot 10^{-06}$	284	$4{,}40315 \cdot 10^{-07}$	384	$2{,}06893 \cdot 10^{-07}$	484	$3{,}34137 \cdot 10^{-30}$
86	85	$2{,}92422 \cdot 10^{-06}$	185	$8{,}96578 \cdot 10^{-07}$	285	$4{,}38324 \cdot 10^{-07}$	385	$4{,}67349 \cdot 10^{-30}$	485	$1{,}26349 \cdot 10^{-06}$
87	86	$8{,}81917 \cdot 10^{-06}$	186	$1{,}02932 \cdot 10^{-06}$	286	$3{,}08555 \cdot 10^{-07}$	386	$1{,}7662 \cdot 10^{-06}$	486	$3{,}32061 \cdot 10^{-30}$
88	87	$2{,}87648 \cdot 10^{-06}$	187	$8{,}86183 \cdot 10^{-07}$	287	$3{,}07167 \cdot 10^{-07}$	387	$2{,}04617 \cdot 10^{-07}$	487	$3{,}31031 \cdot 10^{-30}$
89	88	$2{,}85304 \cdot 10^{-06}$	188	$8{,}81053 \cdot 10^{-07}$	288	$4{,}32434 \cdot 10^{-07}$	388	$1{,}75326 \cdot 10^{-06}$	488	$1{,}25176 \cdot 10^{-06}$
90	89	$2{,}82989 \cdot 10^{-06}$	189	$8{,}75968 \cdot 10^{-07}$	289	$2{,}61801 \cdot 10^{-06}$	389	$2{,}03121 \cdot 10^{-07}$	489	$3{,}28984 \cdot 10^{-30}$
91	90	$2{,}62269 \cdot 10^{-06}$	190	$1{,}00573 \cdot 10^{-06}$	290	$2{,}6063 \cdot 10^{-06}$	390	$2{,}02379 \cdot 10^{-07}$	490	$1{,}44654 \cdot 10^{-07}$
92	91	$2{,}78443 \cdot 10^{-06}$	191	$8{,}65928 \cdot 10^{-07}$	291	$3{,}01706 \cdot 10^{-07}$	391	$1{,}73412 \cdot 10^{-06}$	491	$3{,}26957 \cdot 10^{-30}$
93	92	$2{,}58072 \cdot 10^{-06}$	192	$8{,}60973 \cdot 10^{-07}$	292	$3{,}00364 \cdot 10^{-07}$	392	$2{,}00907 \cdot 10^{-07}$	492	$1{,}23638 \cdot 10^{-06}$
94	93	$2{,}74006 \cdot 10^{-06}$	193	$8{,}5606 \cdot 10^{-07}$	293	$2{,}57167 \cdot 10^{-06}$	393	$2{,}00177 \cdot 10^{-07}$	493	$3{,}24948 \cdot 10^{-30}$
95	94	$2{,}53976 \cdot 10^{-06}$	194	$8{,}51189 \cdot 10^{-07}$	294	$4{,}21005 \cdot 10^{-07}$	394	$1{,}99451 \cdot 10^{-07}$	494	$1{,}22879 \cdot 10^{-06}$
96	95	$8{,}20048 \cdot 10^{-06}$	195	$4{,}20296 \cdot 10^{-06}$	295	$4{,}19144 \cdot 10^{-07}$	395	$1{,}98729 \cdot 10^{-07}$	495	$1{,}22503 \cdot 10^{-06}$
97	96	$8{,}13578 \cdot 10^{-06}$	196	$4{,}17918 \cdot 10^{-06}$	296	$2{,}95083 \cdot 10^{-07}$	396	$1{,}7029 \cdot 10^{-06}$	496	$1{,}42008 \cdot 10^{-07}$
98	97	$8{,}07185 \cdot 10^{-06}$	197	$4{,}1556 \cdot 10^{-06}$	297	$2{,}52655 \cdot 10^{-06}$	397	$1{,}97297 \cdot 10^{-07}$	497	$1{,}72181 \cdot 10^{-06}$
99	98	$8{,}00866 \cdot 10^{-06}$	198	$4{,}13222 \cdot 10^{-06}$	298	$4{,}13635 \cdot 10^{-07}$	398	$1{,}69065 \cdot 10^{-06}$	498	$1{,}21383 \cdot 10^{-06}$
100	99	$7{,}94622 \cdot 10^{-06}$	199	$8{,}27447 \cdot 10^{-07}$	299	$2{,}50444 \cdot 10^{-06}$	399	$1{,}9588 \cdot 10^{-07}$	499	$1{,}21013 \cdot 10^{-06}$

Tabulka 1 Měření vibrací v nové laboratoři

Měření	f	h	f	h	f	h	f	h	f	h
	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]	[Hz]	[μm]
1	0	0,002031242	100	0,001404858	200	0,000388634	300	0,00010758	400	$4{,}77593 \cdot 10^{-05}$
2	1	0,002020824	101	0,001380085	201	0,000377744	301	0,000102468	401	$4{,}44467 \cdot 10^{-05}$
3	2	0,001992382	102	0,001377842	202	0,000377454	302	0,000103741	402	$4{,}56168 \cdot 10^{-05}$
4	3	0,00199431	103	0,001339719	203	0,000369861	303	$9{,}98435 \cdot 10^{-05}$	403	$4{,}26985 \cdot 10^{-05}$
5	4	0,002005798	104	0,001351598	204	0,000367471	304	0,00010097	404	$4{,}19474 \cdot 10^{-05}$
6	5	0,002013052	105	0,001314322	205	0,00036051	305	$9{,}51859 \cdot 10^{-05}$	405	$4{,}07849 \cdot 10^{-05}$
7	6	0,002037015	106	0,001315453	206	0,000349639	306	$9{,}73771 \cdot 10^{-05}$	406	$3{,}97465 \cdot 10^{-05}$
8	7	0,002083072	107	0,001295593	207	0,000347401	307	$9{,}40472 \cdot 10^{-05}$	407	$3{,}78094 \cdot 10^{-05}$
9	8	0,00212072	108	0,001290866	208	0,000337716	308	$9{,}41326 \cdot 10^{-05}$	408	$3{,}94372 \cdot 10^{-05}$
10	9	0,002146993	109	0,001271489	209	0,000332875	309	$9{,}33554 \cdot 10^{-05}$	409	$3{,}75158 \cdot 10^{-05}$
11	10	0,002144098	110	0,001266961	210	0,00032101	310	$9{,}19484 \cdot 10^{-05}$	410	$3{,}51986 \cdot 10^{-05}$
12	11	0,002146467	111	0,001262504	211	0,000321563	311	$9{,}40705 \cdot 10^{-05}$	411	$3{,}55501 \cdot 10^{-05}$
13	12	0,002191637	112	0,001243715	212	0,000309401	312	$9{,}15942 \cdot 10^{-05}$	412	$3{,}22225 \cdot 10^{-05}$
14	13	0,002184622	113	0,001242302	213	0,000307458	313	$9{,}41429 \cdot 10^{-05}$	413	$3{,}34951 \cdot 10^{-05}$
15	14	0,002223547	114	0,001223917	214	0,000294143	314	$9{,}07219 \cdot 10^{-05}$	414	$2{,}92284 \cdot 10^{-05}$
16	15	0,002186642	115	0,001229688	215	0,000288297	315	$9{,}47636 \cdot 10^{-05}$	415	$3{,}28953 \cdot 10^{-05}$
17	16	0,002193156	116	0,00121159	216	0,000281923	316	$9{,}10073 \cdot 10^{-05}$	416	$2{,}95777 \cdot 10^{-05}$
18	17	0,002174806	117	0,001204854	217	0,000270351	317	$9{,}36516 \cdot 10^{-05}$	417	$2{,}93629 \cdot 10^{-05}$
19	18	0,002161872	118	0,001199584	218	0,000264993	318	$9{,}1719 \cdot 10^{-05}$	418	$2{,}76463 \cdot 10^{-05}$
20	19	0,002134504	119	0,001202664	219	0,000252377	319	$9{,}44949 \cdot 10^{-05}$	419	$3{,}03723 \cdot 10^{-05}$
21	20	0,002110184	120	0,001187887	220	0,000247955	320	$9{,}43762 \cdot 10^{-05}$	420	$2{,}69043 \cdot 10^{-05}$
22	21	0,002072045	121	0,001181472	221	0,000232919	321	$9{,}568 \cdot 10^{-05}$	421	$2{,}95576 \cdot 10^{-05}$
23	22	0,002034852	122	0,001183283	222	0,00023203	322	$9{,}81261 \cdot 10^{-05}$	422	$2{,}75118 \cdot 10^{-05}$
24	23	0,001996275	123	0,001166193	223	0,000219226	323	$9{,}65501 \cdot 10^{-05}$	423	$3{,}02254 \cdot 10^{-05}$
25	24	0,001929571	124	0,001166727	224	0,000213181	324	$9{,}90206 \cdot 10^{-05}$	424	$2{,}92233 \cdot 10^{-05}$
26	25	0,001854614	125	0,001156604	225	0,000203992	325	$9{,}6428 \cdot 10^{-05}$	425	$3{,}06612 \cdot 10^{-05}$
27	26	0,001797205	126	0,001146612	226	0,000197918	326	0,000100852	426	$3{,}18751 \cdot 10^{-05}$
28	27	0,001739772	127	0,001139369	227	0,000186795	327	0,000100386	427	$3{,}16095 \cdot 10^{-05}$
29	28	0,001672773	128	0,00113875	228	0,000177726	328	0,000100964	428	$3{,}31273 \cdot 10^{-05}$
30	29	0,001612244	129	0,001129038	229	0,000167358	329	0,000100268	429	$3{,}38499 \cdot 10^{-05}$
31	30	0,001538058	130	0,001116875	230	0,000158873	330	0,000101429	430	$3{,}75779 \cdot 10^{-05}$
32	31	0,001467447	131	0,001112542	231	0,000155942	331	0,000100385	431	$3{,}67122 \cdot 10^{-05}$
33	32	0,001381017	132	0,00110699	232	0,000143675	332	0,000101549	432	$3{,}84319 \cdot 10^{-05}$
34	33	0,001302813	133	0,001100237	233	0,000139414	333	0,000100044	433	$3{,}77638 \cdot 10^{-05}$
35	34	0,001210907	134	0,001082292	234	0,000124664	334	0,000100164	434	$4{,}1924 \cdot 10^{-05}$
36	35	0,001124305	135	0,001081976	235	0,000125656	335	0,000100748	435	$4{,}21068 \cdot 10^{-05}$
37	36	0,001058527	136	0,001070548	236	0,000116448	336	$9{,}86877 \cdot 10^{-05}$	436	$4{,}34756 \cdot 10^{-05}$
38	37	0,000959541	137	0,00106662	237	0,000111068	337	$9{,}9838 \cdot 10^{-05}$	437	$4{,}40192 \cdot 10^{-05}$
39	38	0,00087492	138	0,001038551	238	0,000102106	338	$9{,}88173 \cdot 10^{-05}$	438	$4{,}39583 \cdot 10^{-05}$
40	39	0,000769866	139	0,00103839	239	$9{,}85198 \cdot 10^{-05}$	339	$9{,}95117 \cdot 10^{-05}$	439	$4{,}58609 \cdot 10^{-05}$
41	40	0,000681403	140	0,001021664	240	$9{,}3541 \cdot 10^{-05}$	340	$9{,}7931 \cdot 10^{-05}$	440	$4{,}63284 \cdot 10^{-05}$
42	41	0,000608043	141	0,001021575	241	$9{,}18307 \cdot 10^{-05}$	341	$9{,}80552 \cdot 10^{-05}$	441	$4{,}95171 \cdot 10^{-05}$
43	42	0,000508751	142	0,001002874	242	$8{,}66925 \cdot 10^{-05}$	342	$9{,}45203 \cdot 10^{-05}$	442	$4{,}70073 \cdot 10^{-05}$
44	43	0,000433628	143	0,000994803	243	$8{,}52083 \cdot 10^{-05}$	343	$9{,}50789 \cdot 10^{-05}$	443	$5{,}12955 \cdot 10^{-05}$
45	44	0,000341403	144	0,000977781	244	$8{,}25067 \cdot 10^{-05}$	344	$9{,}07084 \cdot 10^{-05}$	444	$5{,}00605 \cdot 10^{-05}$
46	45	0,0002344	145	0,000962189	245	$8{,}13775 \cdot 10^{-05}$	345	$9{,}25157 \cdot 10^{-05}$	445	$5{,}24705 \cdot 10^{-05}$
47	46	0,000150379	146	0,000954537	246	$8{,}56103 \cdot 10^{-05}$	346	$9{,}15772 \cdot 10^{-05}$	446	$5{,}03312 \cdot 10^{-05}$
48	47	0,000115068	147	0,000935059	247	$8{,}35709 \cdot 10^{-05}$	347	$8{,}84837 \cdot 10^{-05}$	447	$5{,}23917 \cdot 10^{-05}$
49	48	0,000121831	148	0,000931964	248	$8{,}89387 \cdot 10^{-05}$	348	$8{,}71854 \cdot 10^{-05}$	448	$5{,}20823 \cdot 10^{-05}$
50	49	0,000172424	149	0,000907764	249	$8{,}88452 \cdot 10^{-05}$	349	$8{,}33736 \cdot 10^{-05}$	449	$5{,}2134 \cdot 10^{-05}$
51	50	0,000246591	150	0,000898587	250	$9{,}66459 \cdot 10^{-05}$	350	$8{,}38721 \cdot 10^{-05}$	450	$5{,}34016 \cdot 10^{-05}$
52	51	0,000343472	151	0,0008743	251	$9{,}30551 \cdot 10^{-05}$	351	$8{,}10421 \cdot 10^{-05}$	451	$5{,}13441 \cdot 10^{-05}$

53	52	0,000420089	152	0,000865514	252	0,000103945	352	$8{,}16221 \cdot 10^{-05}$	452	$5{,}3141 \cdot 10^{-05}$
54	53	0,000487895	153	0,000847034	253	0,000101947	353	$7{,}50601 \cdot 10^{-05}$	453	$5{,}04512 \cdot 10^{-05}$
55	54	0,000580559	154	0,000833759	254	0,000109636	354	$7{,}70043 \cdot 10^{-05}$	454	$5{,}40526 \cdot 10^{-05}$
56	55	0,000665887	155	0,000816006	255	0,00011029	355	$7{,}14701 \cdot 10^{-05}$	455	$5{,}14356 \cdot 10^{-05}$
57	56	0,000760306	156	0,000798655	256	0,000116045	356	$7{,}11604 \cdot 10^{-05}$	456	$5{,}28098 \cdot 10^{-05}$
58	57	0,000800037	157	0,000786208	257	0,000121122	357	$6{,}80544 \cdot 10^{-05}$	457	$5{,}01381 \cdot 10^{-05}$
59	58	0,00090733	158	0,000764238	258	0,000124545	358	$6{,}6831 \cdot 10^{-05}$	458	$5{,}03644 \cdot 10^{-05}$
60	59	0,000955988	159	0,000755844	259	0,000126893	359	$6{,}51035 \cdot 10^{-05}$	459	$5{,}00705 \cdot 10^{-05}$
61	60	0,001033171	160	0,000736459	260	0,000133523	360	$6{,}14093 \cdot 10^{-05}$	460	$4{,}90957 \cdot 10^{-05}$
62	61	0,001086236	161	0,000725065	261	0,000138254	361	$6{,}16408 \cdot 10^{-05}$	461	$4{,}82511 \cdot 10^{-05}$
63	62	0,00114738	162	0,000696014	262	0,000137977	362	$5{,}78105 \cdot 10^{-05}$	462	$4{,}74214 \cdot 10^{-05}$
64	63	0,001207874	163	0,00068924	263	0,000142051	363	$5{,}83645 \cdot 10^{-05}$	463	$4{,}67674 \cdot 10^{-05}$
65	64	0,001259989	164	0,000667784	264	0,00014474	364	$5{,}34312 \cdot 10^{-05}$	464	$4{,}35427 \cdot 10^{-05}$
66	65	0,001317475	165	0,000656013	265	0,000149189	365	$5{,}55833 \cdot 10^{-05}$	465	$4{,}60671 \cdot 10^{-05}$
67	66	0,001349423	166	0,000642246	266	0,000147195	366	$5{,}21313 \cdot 10^{-05}$	466	$4{,}18666 \cdot 10^{-05}$
68	67	0,001422602	167	0,000625176	267	0,000153304	367	$5{,}20902 \cdot 10^{-05}$	467	$4{,}28399 \cdot 10^{-05}$
69	68	0,001425765	168	0,000607177	268	0,000152835	368	$5{,}16914 \cdot 10^{-05}$	468	$4{,}03488 \cdot 10^{-05}$
70	69	0,00149122	169	0,000591751	269	0,000155381	369	$5{,}14735 \cdot 10^{-05}$	469	$4{,}06272 \cdot 10^{-05}$
71	70	0,00150683	170	0,000586104	270	0,000156703	370	$5{,}01479 \cdot 10^{-05}$	470	$3{,}74373 \cdot 10^{-05}$
72	71	0,001556377	171	0,000569275	271	0,000158403	371	$4{,}98226 \cdot 10^{-05}$	471	$3{,}81325 \cdot 10^{-05}$
73	72	0,001576499	172	0,000557418	272	0,000156299	372	$5{,}01307 \cdot 10^{-05}$	472	$3{,}72639 \cdot 10^{-05}$
74	73	0,001596983	173	0,000540195	273	0,000157636	373	$4{,}78393 \cdot 10^{-05}$	473	$3{,}57507 \cdot 10^{-05}$
75	74	0,001630926	174	0,000537566	274	0,000158075	374	$4{,}90873 \cdot 10^{-05}$	474	$3{,}35957 \cdot 10^{-05}$
76	75	0,001635292	175	0,000523991	275	0,000155981	375	$4{,}84906 \cdot 10^{-05}$	475	$3{,}17895 \cdot 10^{-05}$
77	76	0,001666415	176	0,000516093	276	0,000158048	376	$4{,}93004 \cdot 10^{-05}$	476	$3{,}12455 \cdot 10^{-05}$
78	77	0,00165576	177	0,000498473	277	0,000154708	377	$4{,}85899 \cdot 10^{-05}$	477	$2{,}90265 \cdot 10^{-05}$
79	78	0,001687478	178	0,000497814	278	0,000158213	378	$5{,}07862 \cdot 10^{-05}$	478	$3{,}00471 \cdot 10^{-05}$
80	79	0,001665347	179	0,000487533	279	0,000152749	379	$5{,}01706 \cdot 10^{-05}$	479	$2{,}65959 \cdot 10^{-05}$
81	80	0,001693545	180	0,000477475	280	0,000156034	380	$5{,}13638 \cdot 10^{-05}$	480	$2{,}82052 \cdot 10^{-05}$
82	81	0,001665767	181	0,000476879	281	0,000150302	381	$5{,}0742 \cdot 10^{-05}$	481	$2{,}5754 \cdot 10^{-05}$
83	82	0,001670925	182	0,000459596	282	0,000149871	382	$5{,}12368 \cdot 10^{-05}$	482	$2{,}67525 \cdot 10^{-05}$
84	83	0,001660828	183	0,000466504	283	0,000147903	383	$5{,}01534 \cdot 10^{-05}$	483	$2{,}45124 \cdot 10^{-05}$
85	84	0,001656596	184	0,000451175	284	0,000144126	384	$5{,}09357 \cdot 10^{-05}$	484	$2{,}4345 \cdot 10^{-05}$
86	85	0,001652468	185	0,000452735	285	0,000145717	385	$5{,}29966 \cdot 10^{-05}$	485	$2{,}30641 \cdot 10^{-05}$
87	86	0,00163521	186	0,0004399	286	0,000140213	386	$5{,}21768 \cdot 10^{-05}$	486	$2{,}28016 \cdot 10^{-05}$
88	87	0,001640733	187	0,000443991	287	0,000139498	387	$5{,}19649 \cdot 10^{-05}$	487	$2{,}3659 \cdot 10^{-05}$
89	88	0,001597812	188	0,000432917	288	0,000136256	388	$5{,}08097 \cdot 10^{-05}$	488	$2{,}1854 \cdot 10^{-05}$
90	89	0,001607077	189	0,000433457	289	0,000135878	389	$5{,}34178 \cdot 10^{-05}$	489	$2{,}38818 \cdot 10^{-05}$
91	90	0,00157424	190	0,000425595	290	0,000128809	390	$5{,}16333 \cdot 10^{-05}$	490	$2{,}15827 \cdot 10^{-05}$
92	91	0,00156541	191	0,000420782	291	0,000128899	391	$5{,}11301 \cdot 10^{-05}$	491	$2{,}50985 \cdot 10^{-05}$
93	92	0,001549558	192	0,000419882	292	0,000126782	392	$5{,}01104 \cdot 10^{-05}$	492	$2{,}20898 \cdot 10^{-05}$
94	93	0,001533945	193	0,000415153	293	0,000125134	393	$5{,}19615 \cdot 10^{-05}$	493	$2{,}40845 \cdot 10^{-05}$
95	94	0,00151159	194	0,00041238	294	0,000120835	394	$4{,}97095 \cdot 10^{-05}$	494	$2{,}30561 \cdot 10^{-05}$
96	95	0,001487922	195	0,000408223	295	0,00011831	395	$4{,}91134 \cdot 10^{-05}$	495	$2{,}51964 \cdot 10^{-05}$
97	96	0,001481659	196	0,000411157	296	0,000115838	396	$4{,}85249 \cdot 10^{-05}$	496	$2{,}45692 \cdot 10^{-05}$
98	97	0,001443569	197	0,000400983	297	0,000113681	397	$4{,}77785 \cdot 10^{-05}$	497	$2{,}59088 \cdot 10^{-05}$
99	98	0,001440948	198	0,000396968	298	0,000112857	398	$4{,}80291 \cdot 10^{-05}$	498	$2{,}62425 \cdot 10^{-05}$
100	99	0,001410522	199	0,000386272	299	0,000107864	399	$4{,}69115 \cdot 10^{-05}$	499	$2{,}64586 \cdot 10^{-05}$

Tabulka 2 Měření vibrací ve stávající laboratoři