

# Implementace vyhodnocení barevné shody do vstupní kontroly granulovaných polymerů

## Diplomová práce

<i>Studijní program:</i>	N3957 Průmyslové inženýrství
<i>Studijní obor:</i>	Řízení jakosti
<i>Autor práce:</i>	<b>Bc. Tomáš Láska</b>
<i>Vedoucí práce:</i>	prof. Ing. Michal Vik, Ph.D. Katedra materiálového inženýrství
<i>Konzultant práce:</i>	doc. Ing. Martina Viková, Ph.D. Katedra materiálového inženýrství





## Zadání diplomové práce

# Implementace vyhodnocení barevné shody do vstupní kontroly granulovaných polymerů

*Jméno a příjmení:* **Bc. Tomáš Láska**  
*Osobní číslo:* T17000079  
*Studijní program:* N3957 Průmyslové inženýrství  
*Studijní obor:* Řízení jakosti  
*Zadávací katedra:* Katedra hodnocení textilií  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### Zásady pro vypracování:

1. Zhodnoťte současný přístup k vyhodnocování barevné shody granulovaných polymerů v průmyslové praxi a identifikujte jeho slabé stránky a rizika s ohledem na související normativy, technické postupy a specifické požadavky zákazníků.
2. Zpracujte rozvahovou studii ohledně možností implementace vyhodnocení barevné shody při vstupní kontrole materiálu s ohledem na minimalizaci finančních, technologických a časových požadavků.
3. Na základě studie vyhotovte případná nutná zařízení a pomůcky.
4. Vyhodnoťte výsledky měření na vzorcích a vhodně prokažte, zda jsou zvažované přístupy způsobilé pro aplikaci v praxi.
5. Vypracujte studii dalšího postupu a souhrn doporučení.



Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování práce:  
Jazyk práce:

50 – 60 normostran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

1. ČSN EN ISO/CIE 11664-1, *Kolorimetrie – Část 1: Normální kolorimetrický pozorovatel CIE*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
2. ČSN EN ISO/CIE 11664-2, *Kolorimetrie – Část 2: Normální druhy světla CIE*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
3. ČSN EN ISO/CIE 11664-3, *Kolorimetrie – Část 3: CIE trichromatické složky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
4. ČSN EN ISO/CIE 11664-3, *Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976 L\*a\*b\**. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
5. VW 50190, *Vehicle Interior Equipment Components, Measurement-Based Evaluation of Color and Gloss Level*. Volkswagen, 2017.
6. VIK, Michal. *Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi*. 1. vyd., VÚTS, a.s., Liberec, 2015. ISBN 978-80-87184-64-6

*Vedoucí práce:* prof. Ing. Michal Vik, Ph.D.  
Katedra materiálového inženýrství

*Konzultant práce:* doc. Ing. Martina Viková, Ph.D.  
Katedra materiálového inženýrství

*Datum zadání práce:* 22. března 2020

*Předpokládaný termín odevzdání:* 30. srpna 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

18. srpna 2021

Bc. Tomáš Láska

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Michalovi Vikovi, Ph.D za jeho vstřícné vedení mé diplomové práce, odbornou pomoc a umožnění zpracování její praktické části během tou dobou probíhající pandemické situace. Dále pak paní doc. Ing. Martině Vikové, Ph.D za přínosné průběžné konzultace, komisi za cenné podněty k dalšímu pokračování práce a společnosti Grupo Antolin za poskytnuté odborné materiály. V neposlední řadě patří poděkování také mé rodině, zejména mé ženě, bez jejichž podpory bych tuto práci nemohl dokončit.

## **Anotace a klíčová slova**

Diplomová práce se zaměřuje na možnosti praktické implementace vyhodnocování barevnosti granulovaných plastů pro vstupní kontrolu materiálu v automobilovém průmyslu. V současné době se totiž nikterak objektivně nevyhodnocuje a veškeré související neshody barevnosti jsou řešeny pouze korektivními opatřeními, nikoli preventivními. Vyhodnocení je na základě měření za pomoci spektrofotometru, a to nejprve na samotném granulátu, poté na speciálně připravených plochých vzorcích. Veškeré postupy a metodiky jsou založeny na specifických požadavcích zákazníka, konkrétně pak koncernu VW, aby bylo umožněno budoucí převedení definovaného postupu do praxe. Nedílnou součástí práce je i příprava specializovaných pomůcek a zařízení, které nám umožňují jak samotné měření, tak přípravu zmíněných vzorků.

### **Klíčová slova:**

CIE, CIELab, barva, granulát, spektrofotometr, vstřikování, automotive

## **Annotation and key words**

**Title:** Analysis of possibility of color measurement implementation into incoming control of granulated polymers.

The diploma thesis focuses on the possibilities of practical implementation of color evaluation of granular plastics for incoming material control in the automotive industry. At present, it is not evaluated objectively and all related color discrepancies are resolved only by corrective measures, not preventive ones. The evaluation is based on measurements with the help of a spectrophotometer, first on the granulate itself, then on specially prepared flat samples. All procedures and methodologies are based on the specific customer requirements, specifically of the VW Group, in order to enable the future implementation of the defined procedure into practice. An integral part of the work is the preparation of specialized aids and equipment that allow us both the measurement itself and the preparation of these samples.

### **Key words:**

CIE, CIELab, color, granulate, spectrophotometer, injection, automotive

# Obsah

1	Úvod do problematiky .....	14
2	Shrnutí okolností .....	15
2.1	Základní normativní struktura .....	17
3	Hlavní hypotézy .....	19
4	Výroba vstříkovaním .....	20
4.1	Granulát .....	21
4.2	Nejčastěji používané typy plastů .....	22
4.3	Pigmenty .....	22
4.4	Vstupní kontrola .....	24
4.5	Skladování .....	25
4.6	Definice očekávané neshody .....	26
5	CIE kolorimetrie .....	27
5.1	CIE standartní pozorovatel .....	27
5.2	CIE standartní osvětlení .....	28
5.3	CIE trichromatické složky .....	30
5.4	Kolorimetrický prostor CIE 1976 L*a*b .....	33
6	Přístrojové měření barev .....	37
7	Specifické požadavky zákazníka .....	41
7.1	Standard .....	43
7.1.1	Toleranční útvary .....	44
8	Vlastní analýza .....	45
8.1	Zvolené materiály .....	45
8.2	Použitý spektrofotometr .....	45
8.3	Zpracování naměřených dat .....	46
8.4	Vztah průměru a plochy kruhu .....	48
8.5	Kritéria hypotéz .....	49
8.6	Měření nezpracovaného granulátu .....	50
8.6.1	Kyveta .....	50
8.6.2	Plán experimentů .....	52
8.6.3	Naměřené výsledky a analýza vlivů .....	54
8.6.4	Vyhodnocení vlivu skla kyvety .....	55

8.6.5	Vyhodnocení měření granulátu .....	58
8.6.6	Vyhodnocení hypotéz u měření nezpracovaného granulátu .....	63
8.7	Měření na laboratorně připravených vzorcích .....	64
8.7.1	Náměry urmustrů .....	64
8.7.2	Příprava vzorků – iterace č. 0 .....	68
8.7.3	Příprava vzorků – iterace č. 1 .....	71
8.7.4	Příprava vzorků – iterace č. 2 .....	73
8.7.5	Příprava vzorků – iterace č. 3 .....	79
8.7.6	Příprava vzorků – iterace č. 4 .....	81
8.7.7	Příprava vzorků – iterace č. 5 .....	83
8.7.8	Vyhodnocení hypotéz u měření na laboratorně připravených vzorcích .....	91
8.7.9	Postup prototypové přípravy vzorku .....	92
9	Diskuze a doporučení .....	95
10	Závěr .....	96
11	Seznam použité literatury .....	97

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma procesu vstřikování plastů .....	20
Obrázek 2: Ukázkový granulát černého polypropylenu .....	21
Obrázek 3: Sila s granulátem v GAT .....	25
Obrázek 4: Standartní a doplňkový pozorovatelé 2 <sup>o</sup> a 10 <sup>o</sup> .....	27
Obrázek 5: Graf spektrálního průběhu vybraných osvětlení .....	29
Obrázek 6: Pravoúhlé souřadnice v CIELABu .....	33
Obrázek 7: Schéma souvislosti čistoty a úhlu odstínu v CIELABu .....	35
Obrázek 8: Zrcadlový a difuzní odraz .....	37
Obrázek 9: Jednosměrný osvětlovací systém .....	38
Obrázek 10: Rozložení zdrojů osvětlení v jednosměrném systému .....	39
Obrázek 11: Systém rozptýleného osvětlení integrační koule .....	40
Obrázek 12: Ukázkové barevné standardy .....	43
Obrázek 13: Netradiční pozicování spektrofotometru při měření s kyvetou .....	46
Obrázek 14: Graf poměrů průměrů a ploch kruhů .....	48
Obrázek 15: Fotografie prototypové kyvety .....	51
Obrázek 16: Histogram naměřených hodnot L* na granulátu .....	54
Obrázek 17: Rozpětí L* dle velikosti měřicího otvoru .....	58
Obrázek 18: Základní struktura procesu tepelného tváření .....	64
Obrázek 19: Krabicový graf hodnot L* na urmusteru černá Satin .....	66
Obrázek 20: První pokusy o plastifikaci a tváření materiálu .....	68
Obrázek 21: Degradace materiálu působením přílišného tepla .....	68
Obrázek 22: Bublinky a skvrny na měřené ploše prvních vzorků .....	69
Obrázek 23: Viditelné okraje jednotlivých granulí .....	69
Obrázek 24: Různé odstíny jednotlivých granulí v béžovém materiálu .....	70
Obrázek 25: Původní design nástroje pro výrobu vzorků .....	71
Obrázek 26: První vzorek z prototypového nástroje .....	72
Obrázek 27: Průběžný design nástroje pro výrobu vzorků .....	73
Obrázek 28: Neopracovaný přetok na zmetkovém vzorku .....	74
Obrázek 29: Propadlé bublinky na A ploše a v řezu na hraně vzorků .....	74
Obrázek 30: Vzorky z iterace č. 3 .....	79
Obrázek 31: Vzorek z iterace č. 4 .....	81
Obrázek 32: Krabicový graf hodnot L* u vzorků iterace č. 4 .....	82
Obrázek 33: Vzorek z iterace č. 5 .....	83
Obrázek 34: Konečná podoba prototypového nástroje pro přípravu vzorků .....	92
Obrázek 35: Základní diagram postupu přípravy vzorků .....	94



## Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní pigmenty pro plasty .....	23
Tabulka 2: Tolerance barevných odstínů dle standardu VW 50190 .....	41
Tabulka 3: Rozdíly v poměrech průměrů a ploch kruhů.....	48
Tabulka 4: Souhrn prvních měření vzorků granulátu .....	52
Tabulka 5: Souhrn prvních měření skla prototypové kyvety.....	53
Tabulka 6: Porovnání měření černého standardu na sklíčku a v kyvetě, 30 mm apertura .....	55
Tabulka 7: Porovnání vlivu sklíčka na měření standardů v $L^*$ .....	56
Tabulka 8: Vyhodnocení přesnosti měření kyvetou .....	57
Tabulka 9: Poměry rozpětí $L^*$ dle velikosti měřicího otvoru .....	59
Tabulka 10: $\Delta L^*$ mezi měřeními po protřepání .....	60
Tabulka 11: $\Delta a^*$ mezi měřeními po protřepání.....	60
Tabulka 12: $\Delta b^*$ mezi měřeními po protřepání.....	61
Tabulka 13: Opakovaná přesnost a rozpětí pro $L^*$ při protřepávání .....	61
Tabulka 14: Opakovaná přesnost a rozpětí pro $a^*$ při protřepávání.....	62
Tabulka 15: Opakovaná přesnost a rozpětí pro $b^*$ při protřepávání .....	62
Tabulka 16: Souhrn měřených fyzických urmustrů.....	65
Tabulka 17: Rozpětí hodnot $L^*$ na urmusterech .....	66
Tabulka 18: Výběrový průměr hodnot $L^*$ na urmusterech .....	67
Tabulka 19: Souhrn měřených vzorků iterace č. 2.....	75
Tabulka 20: Rozpětí hodnot $L^*$ měřených vzorků iterace č. 2.....	76
Tabulka 21: Rozpětí výběrových průměrů $L^*$ měřených vzorků iterace č. 2.....	77
Tabulka 22: Rozpětí hodnot měřených vzorků při různých velikostech apertury iterace č. 2.....	78
Tabulka 23: Souhrn měřených vzorků iterace č. 3 .....	80
Tabulka 24: Souhrn měřených vzorků iterace č. 4.....	82
Tabulka 25: Souhrn měřených vzorků iterace č. 5 .....	84
Tabulka 26: Rozpětí hodnot $L^*$ měřených vzorků iterace č. 5.....	85
Tabulka 27: Rozpětí hodnot $a^*$ měřených vzorků iterace č. 5.....	86
Tabulka 28: Rozpětí hodnot $b^*$ měřených vzorků iterace č. 5.....	87
Tabulka 29: Rozpětí výběrových průměrů $L^*$ měřených vzorků iterace č. 5.....	88
Tabulka 30: Rozpětí výběrových průměrů $a^*$ měřených vzorků iterace č. 5.....	89
Tabulka 31: Rozpětí výběrových průměrů $b^*$ měřených vzorků iterace č. 5 .....	90

## Seznam zkratk a symbolů

<b>atd.</b>	A tak dále
<b>A plocha</b>	Viditelná / pohledová plocha / strana dílu
<b>BCRA</b>	British Ceramic Research Association - Britská asociace pro výzkum keramiky
<b>CIE</b>	Commission internationale de l'éclairage - Mezinárodní komise pro osvětlování
<b>CIELAB</b>	Kolorimetrická soustava CIE L*a*b*
<b>CSR</b>	Customer specific requirements - Specifické požadavky zákazníka
<b>D65</b>	CIE standardní osvětlení, denní světlo
<b>DFMEA</b>	Design Failure Mode and Effect Analysis - Analýza možného výskytu a vlivu vad designu
<b>F11</b>	CIE standardní osvětlení, umělé světlo
<b>FMEA</b>	Failure Mode and Effect Analysis - Analýza možného výskytu a vlivu vad
<b>FTA</b>	Failure / fault tree analysis - Analýza stromu poruch
<b>GAT</b>	Grupo Antolin Turnov s.r.o.
<b>GU</b>	Gloss unit - Jednotka lesku
<b>IATF</b>	International Automotive Task Force - Mezinárodní automobilová pracovní skupina
<b>ISO</b>	Mezinárodní standardizační organizace
<b>kupř.</b>	Kupříkladu
<b>MFR</b>	Melf mass-flow rate (zpravidla se nepřekládá)
<b>MVR</b>	Melt mass-volume rate (zpravidla se nepřekládá)
<b>např.</b>	Například
<b>SCE</b>	Spectral component excluded - Metoda vyloučení zrcadlové složky odrazu
<b>SCI</b>	Spectral component included - Metoda zahrnutí zrcadlové složky odrazu
<b>PFMEA</b>	Process Failure Mode and Effect Analysis - Analýza možného výskytu a vlivu vad procesu
<b>QMS</b>	Quality management system – Systém řízení jakosti

<b>resp.</b>	Respektive
<b>ŠA</b>	ŠKODA AUTO a.s.
<b>VBA</b>	Visual Basic for Applications, programovací jazyk balíčku MS Office
<b>VW</b>	Volkswagen

# 1 Úvod do problematiky

*„Chytrý člověk vyřeší problém. Moudrý člověk se mu vyhne.“*

Albert Einstein

Klíčovým zaměřením této práce je vyhodnocování barevnosti vstupních materiálů interiérových komponent osobních a užitkových vozidel, konkrétně pak vstříkovaných syntetických či organických polymerních výrobků. Většina technologické a procesní praxe, která bude dále zmiňována, je založena na přístupu a postupech společnosti Grupo Antolin a specifických požadavcích jejího konkrétního zákazníka, koncernu VW, potažmo pak společnosti ŠKODA AUTO a.s.. Přesto se však po technické stránce jedná o obecně stažitelnou praxi aplikovatelnou napříč tímto průmyslovým odvětvím minimálně v evropském měřítku.

Hlavním cílem je experimentální analýza možností objektivního měření barevnosti samotného granulátu, a to jak v nezpracované formě, či jako vhodně laboratorně zhotoveného vzorku.

První rešeršní kapitoly této práce seznamují čtenáře s obecnými informacemi ohledně zkoumané problematiky ve vybraném průmyslovém odvětví. Je přiblížen výrobní proces vstříkování a zhodnocen současný přístup QMS s postupným odvozením možného projevu neshod určených k předejití. Dále je objasněn obecný konceptem kolorimetrických hodnocení včetně jejich výpočtů s praktickým přístupem v průmyslové praxi, včetně zásadních a relevantních konstrukčních prvků používaných zařízení.

Dále se práce v praktické části zaměřuje na možnosti a analýzu dvou značně rozdílných postupů měření. Hlavní ohledy rozvahy jsou brány na minimalizaci finančních, technologických a časových požadavků posuzovaných řešení. Přesto je cílem definovat metodiku vyhodnocování s minimálními, respektive při daných podmínkách přijatelnými, odchylkami měření a na základě přijmutí či zamítnutí předem stanovených hypotéz na jejich vyhodnocení, diskuzi a závěrečné doporučení pro využití v praxi či další výzkum. Nedílnou součástí této analýzy je i samotná příprava vzorků, potažmo souvisejících pomůcek a zařízení.

## 2 Shrnutí okolností

Stěžejní pojem a obecná nadřazená myšlenka, na kterém je tato práce založena, je obecně známý a zcela všední: kvalita. S tímto pojmem je možno se setkat od spisů starých řeckých filozofů, po první průmyslovou revoluci, až k současnosti při nástupu takzvaného průmyslu 4.0. Vždy prostupuje, ač občas nevědomky, životem každého jedince na tomto světě a je jedním ze základních pilířů jakéhokoli tržního hospodářství.

Existuje nespočet definicí, které byly za lidskou historii v rámci tomto tématu vysloveny, každá více či méně vhodná pro určitý obor či problematiku. Obecně se může jednat zároveň o stav, proces, systém či obecnou filozofii. Je-li však jedno tvrzení nezpochybnitelné, tak jak již řekl Aristoteles: „Kvalita není čin, je to zvyk“.

Jak již napovídá úvod, jeden z notoricky známých průmyslových oborů přísně dbajících na kvalitativní stránku svých produktů je průmysl automobilový. S ohledem na bakalářskou práci autora je elementární důvod pro tento fakt velice prostý [1]: „Na rozdíl od většiny ostatních druhů výrobků, závada na vozidle může být velice jednoduše právě ta, která bude vaší úplně poslední.“

V dnešní době je tedy konkrétní aplikace tohoto pojmu velice pevně svázána řadou standardů, norem a ověřených postupů. Ty zajišťují nejen zmíněnou bezpečnost, ale také plnění všech uživatelských potřeb a očekávání ve smyslu komfortu, estetiky a životnosti vozů.

Ačkoliv se v tomto případě nejedná o prvek bezpečnosti, výše zmíněná estetika je právě tím směrem, kterým se bude tato práce dále zabírat. Tím nejdůležitějším z lidských pěti základních smyslů, který nám umožňuje přijímat až 80% všech informací z našeho okolí, je právě zrak. Definicí dle Vika je, že [2]: „Zrakové vnímání je proces poznávání okolního prostředí, kdy zraková informace udává rozdíly ve vnímaných jasech (kontrastu), barvách a tvarech.“

Vizuální vjem se tedy skládá z těchto tří základních prvků, které se vzájemně do jisté míry ovlivňují a tvoří komplexní emoční zpětnou vazbu, která však má jednu konkrétní vlastnost, které je nutno se dále co nejvíce vyvarovat, subjektivitu.

Jak je tedy možno objektivně popsat alespoň část zrakové informace tak, aby byla zároveň srozumitelná běžnému uživateli a přitom stále věcná a jednotně interpretovatelná? Touto a nespočetem dalších otázek se zabývá vědní obor kolorimetrie.

Pro běžného člověka je stále automobil značnou finanční investicí a jeho výběr zpravidla velkým rozhodnutím, z čehož samozřejmě plynou i jistá očekávání. V současné době již technologie není tím primárním rozdílem mezi cenově srovnatelnými značkami a hlavní slovo již přebírá vzhledový design. Křivky, materiály, barvy, povrchy atd., aneb jak se říká, fantazii se meze nekladou. Přesto je oblíbenou frází průmyslových vývojových oddělení, že designérův sen je inženýrovou noční můrou.

„Každý zákazník si může vybrat jakoukoliv barvu auta, jestliže to bude černá.“

Henry Ford

Od dob Henryho Forda, průkopníka automobilového průmyslu, se však již mnohé změnilo. Možnosti konfigurací a personalizací vozů dnes značně navyšují komplexitu dodavatelských řetězců a nároků na ně. Preferujete-li kupříkladu interiér béžových odstínů oproti šedé škále, můžete mít v béžové barvě vše od sedaček a středového sloupku, přes přístrojovou desku s volantem a řadící pákou, po dveřní výplně a sloupky. Každý člověk se zdravým zrakem béžovou barvu bez větších problémů identifikuje, ale dokáže ji přesně rozlišit?

K hlavnímu slovu se tedy dostává pojem kontrast. Lidské oko je totiž mnohem vnímavější k rozdílu barvy než ke vnímání izolovaného odstínu a každý díl jednoho konkrétního vozu je zpravidla zajišťován od jiného dodavatele. Je tedy nutno dodržovat moderní přístupy k pokročilému plánování kvality a zaručit jak stabilní, tak přesnou výrobu v průběhu nejen celé sériové produkce, ale i náhradních dílů o mnoho let později. Jako příklad určitě není záhodno, aby Vám byl do pět let starého vozu po menší havárii a opravě instalován prvek v jiném odstínu, než jaký mají původní okolní díly.

Každý díl vnitřní výplně automobilu je tedy striktně definován ohledně vlastností svého povrchu. Pomineme-li složení a chemicko-fyzikální vlastnosti, jako jsou emisní parametry či odolnost vůči poškození a degradaci, tak hlavní tři prvky, které je nutno zmínit, jsou:

- Dezén<sup>1</sup>
- Lesk
- Barevný odstín

Z pohledu produktu a výrobního procesu je tím elementárním prvkem právě dezén. Struktura povrchu je totiž nejobtížněji modifikovatelná. Jakmile je vstřikovací nástroj pro pohledový díl takzvaně odezénován, je velice časově, finančně a technologicky náročné provést jakékoli další úpravy, ne-li kompletní změnu. Kompletní strhnutí<sup>2</sup> dezénu a s tím související navýšení tloušťky stěny sebou může zároveň nést i další komplikace z pohledu vyrobiteľnosti, stability a rozměrových parametrů komponenty. Nejčastěji se dnes dezény připravují procesy erodováním (jiskřením), chemicky (leptáním) a laserem. Časté je také snižování výšky dezénu na některých částech dílu s ohledem na umožnění odformování, tj. nemusí být na celé A ploše dílu jednotný.

Lesk je dále ovlivňován nejen tímto konkrétním dezénem a jeho stupněm vyleštění<sup>3</sup> [3], ale také vstupním materiálem a jeho sušením, materiálem formy a procesními parametry, tj. nastavením vstřikovacího lisu. Hlavní procesní parametry s vlivem na lesk jsou teplota taveniny, rychlost vstřiku, teplota stěny formy a síla a čas dotlaku. Lokální nedostatky lesku jsou pak častěji způsobeny konstrukcí samotného dílu a nástroje. Procesní parametry výroby

---

<sup>1</sup> Povrchová úprava tvořící vzor, kresbu, texturu, imitaci či motiv na povrchu

<sup>2</sup> Plošné mechanické odstranění

<sup>3</sup> Včetně samotné techniky leštění, kupř. brusný papír, netkaná textilie, ultrazvuk, brousící kameny, pískování, diamantové pasty atd.

jsou v technologicky zvládnuté sériové výrobě stabilizované a v případě negativního vlivu vstupního materiálu jsme jimi schopni toto částečně regulovat.

Konečná barva samotná je primárně nejvíce ovlivněna vstupujícím materiálem. Ten je možno nechat si dodávat jak v probarvené, tak čiré formě a samotné probarvení si již firmy provádí interně. Vzhledem k vysokým objemům spotřeby je však zaměření pouze na již předem probarvený materiál, kde je tato varianta obecně i finančně výhodnější.

V rámci zaručení barevné shody výrobků se tedy ve výrobě u subjektu GAT pravidelně provádí kontrola barvy a lesku pomocí tomu určených měřících zařízení. Ta je předepsaná pro každý start výroby, změnu směny či šarže materiálu a po zásahu údržby, i když v praxi se často u dlouhodobě bezproblémových výrob snižuje až k pouhé kontrole při změně šarže materiálu. U té je však v případě materiálu ze sila přesně v tu chvíli prakticky neproveditelná. Přesnost odhadu pracovníka granulární ohledně změny šarže může být přibližně až  $\pm$  den. Zároveň se provádí až na temperovaných vzorcích, a to min. dvě hodiny po vystříknutí.

Zaměříte-li se na vstupní materiál jakožto na prvek vnášející nejvíce odchylek do těchto výsledků, zjistíte, že právě toto je momentálně systémově nejméně ošetřeno. Měření barevnosti totiž během vstupní kontroly není zpracovatelskými společnostmi v současné době prováděno, což bude detailněji rozvedeno v následujících kapitolách.

## 2.1 Základní normativní struktura

Kompletní normativní struktura týkající se této problematiky je značně obsáhlá, přesto je vhodné definovat základní pojmy a souvislosti účelné pro pochopení cílů této práce. Pro připomenutí, zaměření je pouze na požadavky koncernu VW a metodik VDA a nemusí tedy plně souhlasit v rámci celého automotive sektoru.

Pokud je na výrobek hleděno od jeho zrodu, tak obecná část Lastenheftů<sup>4</sup> konstrukčních dílů definuje vzhled jako jeden ze stanovených cílů odpovídajícího projektu, resp. odpovídajících komponentů. Hlavní cíle se po domluvě se zákazníkem či interně zpravidla přejímají jakožto zvláštní charakteristiky produktu [4]. To je podmíněno jejich vyhodnocením ve zvolené analýze rizik (např. DFMEA či FTA) a přesnou definicí a rozpadem na jednotlivé prvky v listu zvláštních charakteristik (popř. může být uvedeno i přímo na odpovídajícím výkresu). Toto pak musí být průřezovým přístupem zavedeno také do kontrolních plánů a směrnic, PFMEA atd.. V tomto případě se potýkáme se zvláštní charakteristikou kategorie F, požadavky a funkce [5], jelikož, jak již bylo zmíněno, vzhled interiérových komponent vozidla není zpravidla vztahován k bezpečnostní či právním a úředním ustanovením.

---

<sup>4</sup> Průvodní technická specifikace projektu v koncernu VW, název se zpravidla nepřekládá

Ve zjednodušené podobě je pak možno konstatovat, že pro identifikovaná rizika jsou vytvářena robustní procesní opatření, která zabráňují či omezují jejich vznik či umožní včasnou identifikaci a dopovídající reakci. A pokud dojde k přijetí následujících hypotéz, mělo by se i toto do budoucna stát dalším ustáleným procesním prvkem navazujících výrobních procesů zkoumané společnosti.



### 3 Hlavní hypotézy

Hlavními hypotézami<sup>5</sup> této práce určených k prověření jsou, že na základě koloristické analýzy pomocí měřících zařízení určených pro hotové výrobky jsme schopni způsobit vyhodnotit nezpracovaný granulát či laboratorně zhotovené vzorky tak, abychom u měřeních dosáhli požadované:

#### **H1) Preciznosti**

#### **H2) Pravdivosti**

Toto jsou dvě složky přesnosti měření, které je nutno nezávisle vyhodnotit a prokázat tak způsobilost definovaného způsobu vyhodnocení pro použití v praxi. Prozatím jim nejsou určeny konkrétní kritéria pro přijetí. Ta jsou osvětlena, odvozena či definována až v praktické části této práce po přiblížení odpovídající teorie a požadavků.

---

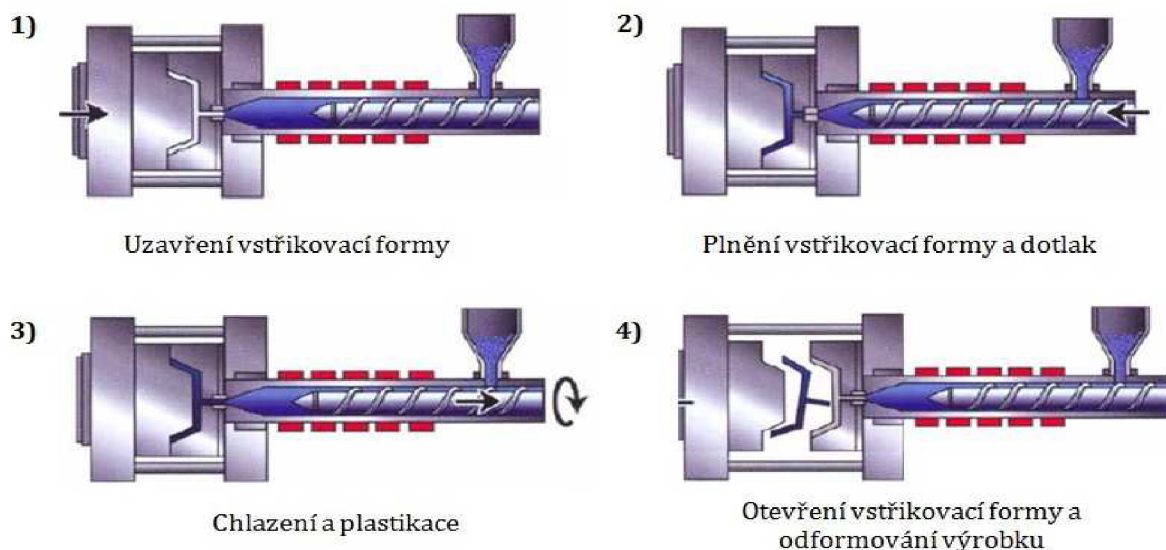
<sup>5</sup> Nejedná se o testování statistických hypotéz, a s to s ohledem na později definovaná kritéria

## 4 Výroba vstřikováním

Technologie vstřikování je jedním z nejrozšířenějších způsobů tváření plastů. Přesně definované množství plastifikovaného<sup>6</sup> materiálu je za vysokého tlaku a rychlosti vstříknuto do dutiny formy, kterou vyplní a za krátkou dobu v ní za stálého udržování tlaku ztuhne do požadovaného tvaru. Výrobek je potom extrahován a celý proces začíná od znovu, jelikož se mezitím již připravila další dávka materiálu. Jeden cyklus zpravidla netrvá více než pár desítek vteřin, v závislosti především na velikosti a komplexnosti výrobků. Jako další technologie výroby plastových dílů můžeme uvést např. odlévání, máčení plastů či tváření za tepla. Mimo samotného vstupního materiálu jsou tedy pro výrobu vstřikováním nutné dva hlavní prvky, a to je zmíněný vstřikovací nástroj (forma) a vstřikovací stroj [3].

Vstřikovací forma je ve zjednodušeném podání povětšinou kovový<sup>7</sup> blok rozdělený na dvě hlavní poloviny pro umožnění extrakce výrobku. Liší se dle zvoleného konstrukčního řešení odformování<sup>8</sup>, směru vstřiku, násobnosti dutin, účelu použití atd.. Hlavními částmi jsou zpravidla tvarová dutina formy, vtoková soustava, temperační systém, vyhazovací mechanismus, středící a spojovací součásti a upínací část na rám stroje [3].

Vstřikovací stroje je možno dělit primárně dle pohonu vstřikovací a uzavírací jednotky na hydraulické, elektrické a kombinované. Dále na pístové a šnekové, se vstřikem na a do dělicí roviny formy a samozřejmě dle technických parametrů jako je uzavírací síla, rozměry upínacích desek, světlosti sloupků, vstřikovací a plastifikační kapacity atd.. Primárními funkcemi je však upnutí formy, její pohyb a ovládání, temperace, vyvíjení tlaku na nástroj, plastifikace materiálu a samotný vstřik [3].



**Obrázek 1:** Schéma procesu vstřikování plastů

Zdroj: [3]

<sup>6</sup> Teplem a tlakem roztaveného

<sup>7</sup> Zpravidla kalená a nitridovaná ocel, ale u prototypových či nízkoobjemových nástrojů se používá hlavně hliník

<sup>8</sup> Forma se musí otevřít bez poškození sama sebe či výrobku

## 4.1 Granulát

Dále aby byl nastíněn tento již zmíněný pojem, jedním ze základních forem vstupních materiálů, tedy polotovarem, pro výrobu plastových výrobků nejen v automobilovém průmyslu, je granulát<sup>9</sup>. Jedná se v praxi o drobná zrna různého tvaru vzniklá granulací extrudovaných vláken (strun) o rozměrech v řádu několika milimetrů<sup>10</sup>.

Tento tvar a velikost jsou vhodné jak k manipulaci a skladování, tak k předpřípravě a sušení<sup>11</sup> a hlavně k samotné výrobě na vstřikovacích zařízeních, na které se tato práce zaměřuje.



**Obrázek 2:** Ukázkový granulát černého polypropylenu

Zdroj: Foto autor

Bohužel, je to právě tato geometrie a nehomogenita jednotlivých granulí co velice komplikuje snahu o získání přesné informace o jeho barvě. Předpokladem je, že při každém přímém měření bude tvar, velikost, lesk a orientace zrn odlišná.

<sup>9</sup> Je možno setkat se také s pojmem peletky

<sup>10</sup> Obvykle mezi 3 až 5 mm

<sup>11</sup> Jak navlhavých, tak nenavlhavých plastů

## 4.2 Nejčastěji používané typy plastů

U vnitřního obložení automobilů je možno se setkat s velkým množstvím rozdílných typů plastů. Každý je vhodnější k určitému užití v závislosti na mnoha parametrech, od houževnatosti, zpracovatelnosti, váze, vzhledu, hořlavosti atd. až po svoji cenu, která je však častěji i měřítkem kvality suroviny. V praxi u vstřikování se však nejčastěji setkáváme s následujícími:

- **Polypropylen (PP)** – obecné pohledové díly, nepoužívanější typ materiálu.
- **Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)** – pevné konstrukční díly, odolnější proti nárazu a teplu než PP, vhodné kupř. pro lakování, pokovování, kaširování<sup>12</sup> a hot stamping<sup>13</sup>.
- **Polyamid (PA)** – pevné, teplotně a chemicky odolnější konstrukční díly než i z ABS, vhodné pro namáhané díly (např. háčky), a to i pochromované<sup>14</sup> (např. klika).

Časté je i používání jejich směsí za účelem zlepšení či negace některých jejich vlastností nebo snížení nákladů, pro ukázkou je možno uvést kupř. polykarbonát s akrylonitrilbutadienstyren (PC/ABS) či polypropylen se dřevěnými pilinami (PP-WD).

Dále je možno zmínit kupř. polyvinylchlorid (PVC), polyuretan (PUR), polyester (PES) a jeho nejčastější typ polyethyltereftalát (PET) či polyakrylnitril (PAN). Ty jsou ale využívány především v dalších procesech typu kaširování, tvarování za tepla, vypěňování či pro specifické varianty vstřikování zvané zadní vstřikování<sup>15</sup> či vícekomponentní vstřikování, a v této fázi a druhu výrobních procesů nejsou zpravidla dodávány ve formě granulátu, ale kupř. formátů či rolí.

Kromě samotného polymeru však v těchto materiálech lze najít i značné množství aditiv. Mezi ně patří kromě barviv a částicových pigmentů také plniva, stabilizátory<sup>16</sup>, antistatická činidla, retardéry hoření<sup>17</sup>, plastifikátory, výztuže<sup>18</sup> a katalyzátory<sup>19</sup>.

## 4.3 Pigmenty

Barva plastů se ovlivňuje přidáváním zpravidla anorganických pigmentů<sup>20</sup>. Bohužel, jako každá přísada, ovlivňují tyto i další vlastnosti materiálu, což je v praxi nejlépe pozorovatelné na smrštivosti. Opomíjením tohoto faktu se především u velkých vstřikovaných dílů často

---

<sup>12</sup> Laminace dekorativním povrchovým materiálem, kupř. PVC či PES

<sup>13</sup> Nanášení povlaku / potisku za tepla a tlaku

<sup>14</sup> Chromování nyní v koncernu VW schváleno pouze na PA-66 (ne PA-6) a s třímocným chromem (ne šestimocným)

<sup>15</sup> Zastříknutí jiného materiálu ve formě, kupř. textilu (tvoří povrch z vizuální strany) plastem (drží tvar)

<sup>16</sup> Proti degradaci vnějšími vlivy, kupř. saze proti UV záření

<sup>17</sup> Na bázi Cl, Br nebo Mg(OH)<sub>2</sub>

<sup>18</sup> Pro zvýšení pevnosti a tuhosti, kupř. skelná vlákna

<sup>19</sup> Kupř. ZnO, které urychluje vulkanizaci kaučuku

<sup>20</sup> Obecně barviv

dostáváme do problémů při výrobě různých barevných variací ze stejného základního polymeru a na jednom nástroji.

Pro názorný příklad<sup>21</sup> lze uvést ukázkový rozdíl smrštivosti o pouhých 0,3% mezi nejmenovaným béžovým a hnědým PP jinak stejného základního složení. Pokud s tímto lisujete podlouhlý díl cca 1m v délce s rozměrovou tolerancí  $\pm 0,5$  mm a hlavním RPS<sup>22</sup> bodem na jednom konci, může se stát, že takový díl je ve správném rozměru ale v jiné barvě zkrátka nevyrobitelný. Vhodným řešením je úprava složení, tj. aditiv, v nevyhovujícím materiálu ve spolupráci s dodavatelem, ale častým procesním řešením je pouze úprava, respektive snížení výrobních teplot. To sice zlepši hodnoty výrobního smrštění a díl je tedy ihned po výrobě vyhovující a projde výstupní kontrolou, ale po uplynutí circa 24 hodin se vlivem dodatečného povýrobního smrštění stejně dále zkrátí.

Jako hlavní vlastnosti jednotlivých pigmentů se pak považují barevný odstín, barvivost, transparentnost<sup>23</sup>, tepelnou a světelnou stabilitu, odolnost proti povětrnostním podmínkám, migraci, otěruvzdornost a odolnost proti chemikáliím [3].

Nejčastěji používané pigmenty jsou pak následující:

#### Tabulka 1: Základní pigmenty pro plasty

Zdroj: [3]

Barevný odstín:	Chemická povaha:
Bílá	Oxid titaničitý, sulfid zinečnatý
Černá	Saze, černý oxid železa, $\text{Cu}(\text{Cr},\text{Fe})_2\text{O}_4$ , směsné oxidy
Žlutá	Chromová žluť, kadmiová žluť, žlutý oxid železa, nikl.titanová žluť, chrom.titanová žluť, zinek-železitá žluť, vanadičnan bismutu
Oranžová	Kadmiová oranž
Hnědá	Hnědý oxid železa, chrom-železitá hnědá, zinek-železitá hnědá, mangan-titanová hnědá
Červená	Červený oxid železa, molybdenanová červeň, kadmiová červeň
Fialová	Ultramarinová fialová
Modrá	Kobaltová modř, ultramarinová modř
Zelená	Zelený oxid chromu, kobaltová zeleň
Kovový vzhled	Al, Cu, slitiny s Cu/Zn

<sup>21</sup> Informace o konkrétním materiálu a produktu jsou záměrně vynechány

<sup>22</sup> Reference Point System koncernu VW dle standardu VW 01055 pro geometrické pozicování komponent v osovém souřadném systému

<sup>23</sup> Opakem je opacita

## 4.4 Vstupní kontrola

Každý vstupní materiál, polotovar či díl dodaný buď od externí společnosti či interně z jiného závodu společnosti musí projít takzvanou vstupní kontrolou. Ta je definována pohledem shora nejprve odpovídajícím kontrolním plánem<sup>24</sup>, z něho vycházející kontrolní směrnici a dále kontrolní kartou pro každý specifický vstup.

Obvyklá kontrola granulátu na vstupu se skládá z těchto bodů [6]:

- Porovnání hodnoty atestu<sup>25</sup> s materiálovým listem<sup>26</sup>
- Změření a výpočet indexu toku taveniny<sup>27</sup>
- Vizuální porovnání vzhledu granulátu (čistota, barva) s uvolněným vzorkem
- Uchování označeného vzorek granulátu, z každé šarže 50 g

Vše vždy se zápisem do kontrolní karty pro každou dodanou šarží pro zpětnou dohledatelnost.

Vzhledem k tématu je již nyní evidentní, který z těchto bodů je problematický. Dodaný materiál se stále hodnotí pouze subjektivním porovnáním, které v praxi neumožňuje více než identifikaci zcela jiného materiálu (dle značného rozdílu odstínu či vzhledu jednotlivých granulí). Tomuto totiž není ani předepsána nutnost využití světlostní komory s konkrétním osvětlením či jakékoli jiné podmínky.

Jakožto příklad je možno uvést, že pracovník laboratoře sice rozpozná, že dodaný materiál není černý PP nýbrž neprobarvené ABS, ale zda je to tabulkový odstín černé Satin či Titanium nebo dokonce zda je tato výrobní šarže mimo stanovená toleranční pole, to je již nad možnosti i školeného lidského zraku.

Vstupní kontrola však nemusí vždy barvu vstupního materiálu vyhodnocovat identicky s finálním výrobkem, jelikož proces zpracování může mít na toto vliv, a musí být k tomu tedy pouze dostatečně způsobilá<sup>28</sup>. Praktickým příkladem je vyhodnocování barvy koženek či textilu, kde je změna často způsobena především namáháním materiálu do požadovaného tvaru, popř. i za působení tepla. To již pak není zákazníkem přesně definováno, a je možno si toto hodnocení přizpůsobit našim vlastním potřebám, čehož bude dále využito.

---

<sup>24</sup> Ten však vychází z výkresové dokumentace, technické specifikace, procesní dokumentace, DFMEA, PFMEA, listu specifických charakteristik, specifických požadavků zákazníka atd.

<sup>25</sup> Písemné osvědčení určitých vlastností výrobku (slovníková definice)

<sup>26</sup> Písemná definice určitých vlastností výrobku

<sup>27</sup> Měří se v jednotkách  $\text{cm}^3/10\text{min}$  (MFR), přepočítává se na  $\text{g}/10\text{min}$  (MVR)

<sup>28</sup> Procesní výkonnosti Ppk a procesní způsobilosti Cpk se u měření barvy a lesku nevyhodnocují (VDA metodika, ne AIAG)



## 4.5 Skladování

Granulát je ve výrobním závodě obecně skladován čtyřmi způsoby v závislosti na potřebném objemu, z čehož se odvíjí i způsob dodávek, tj. zda v nákladních vozech či cisternách, a v ukázkovém případě subjektu GAT pak:

**Silo** – hlavní závod GAT disponuje 18ti hlavními sily, která mají každá kapacitu pro circa 32 tun materiálu. Jedno silo může obsahovat několik šarží stejného materiálu, stejně jako pro materiál s nejvyšší spotřebou může být popřípadě vyhrazeno sil několik. Obvyklá týdenní spotřeba jednoho z vysokoobrátkových materiálů se pohybuje v rozmezí několika desítek tun týdně, i když přesná čísla není umožněno zveřejňovat.



**Obrázek 3:** Sila s granulátem v GAT

Zdroj: Foto autor

**Oktabín** – velkoobjemové osmihranné kartonové boxy na paletách. Dle konkrétního dodavatele GAT aktuálně odebírá tato balení o váhách 900, 1000, 1100 a 2400 kg.

**Big bag** – umělohmotné vaky na paletách o přibližných obsazích jako oktabíny. V případě GAT nejsou obvykle využívány, preferují se zmíněné oktabíny.

**Pytel** – vzhledově a rozměrově přirovnatelné k jakýmkoli pytlům ve stavebnictví. Využitelné spíše k nízkoobjemovým produkcím či k dodávkám pigmentů k vlastnímu probarvování.

## 4.6 Definice očekávané neshody

*„Největší chyba je, že si nejsme vědomi žádné chyby.“*

Thomas Carlyle

Zřejmě nejkomplicovanějším z možných, avšak v praxi reálným a zažitým, projevem neshody, kterému je vynaložena snaha o předejití, je smíchání neshodných granulátů. Při představě již zmíněného sila s obsahem 32 tun, ve kterém je již z poloviny granulát jednoho odstínu, ke kterému je přisypána nová cisterna sice od pohledu podobného, ale přesto jiného materiálu, je zřejmě čtenáři jasné, že je již zcela nemožné tyto dva od sebe znovu oddělit a tedy ani jeden dále použít.

Jedno silo zásobuje ve výrobním závodě materiálem najednou vstřikovací stroje několika různých projektů<sup>29</sup>, viz již v předchozí zmíněné týdenní spotřebě, a tedy mnoha různých současně produkujících nástrojů. Jelikož není možno ze sila přesně definovat konec a začátek šarže materiálu, může být i výroba celé jedné směny neshodná bez jakékoli možnosti nápravy.

Samozřejmě je značně časově a personálně náročné identifikovat hraniční výrobky a tedy část výroby k likvidaci, o finančních nákladech nemluvě. Toto pochybení a dále i reklamace také nemusí vždy způsobovat problémy jen na straně samotného dodavatele. V dnešním konceptu JIT a JIS<sup>30</sup> dodávek pro automobilový průmysl je takovýto výpadek v produkci i v dostupném materiálu vždy závažný incident. I krátké zastavení výrobního a dodavatelského řetězce může být pro podnik finančně likvidační.

Stejně tak i dodávka správného materiálu mimo vymezená toleranční pole barevného odstínu je problematická. To především s ohledem na to, že dodavatelé těchto polymerů se často hájí tím způsobem, že jimi deklarovaná tolerance každé šarže materiálu je vyšší, než je tolerance pro tento odstín daná koncovým zákazníkem. Na to se k velké nelibě QMS zejména z komerčních důvodů stále přistupuje. Pro dodavatele také většinou není závazné nominální hodnoty či vzorky zákazníkem požadovaného odstínu, ale referenční nominální šarže granulátu, která už je zpravidla sama lehce vychýlena.

Jakékoli identifikované nahodilé a dočasné neshody odstínů ve výrobě se musí komplikovaně objasňovat a dojednávat se zákazníkem v podobě odchylek výrobku. To však neznamená, že nemusí dojít k zamítnutí a nahrazování dílů či finančním kompenzacím.

Jak bylo již definováno v hypotézách, touto prací se vynakládá snaha o odpověď na otázku, zda jsme tedy schopni současnou vstupní kontrolu rozšířit o vhodnější preventivní kolorimetrické vyhodnocení vstupního materiálu, které je dostatečně praktické pro běžného uživatele, a to bez značných finančních nákladů a investic do nových zařízení. Tímto shrnutím je však ve zkratce osvětleno, proč je tato otázka v první řadě vůbec položena.

<sup>29</sup> Zpravidla je pro jednoho zákazníka preferován stejný materiál pro díly různých modelů vozů, projekt je pak konkrétní jeden finální výrobek (kompletní A sloupek, dveřní panel atd.) jednoho modelu

<sup>30</sup> Logistické procesy Just in time (dodávky v přesném čase a množství) a Just in sequence (vyšší forma JIT, díly jsou dodávány i ve stanoveném pořadí)



## 5 CIE kolorimetrie

Veškeré názvosloví následujících kapitol dle jednotlivých doporučení CIE je přeloženo v souladu s normativem ČSN 01 1718 [7], který je i přes své vydání (1990) a tudíž částečnou technologickou archaičnost stále platný. Normativy CIE totiž nejsou ani v českém vydání překládány, mají pouze přidané dodatečné krycí listy v českém jazyce.

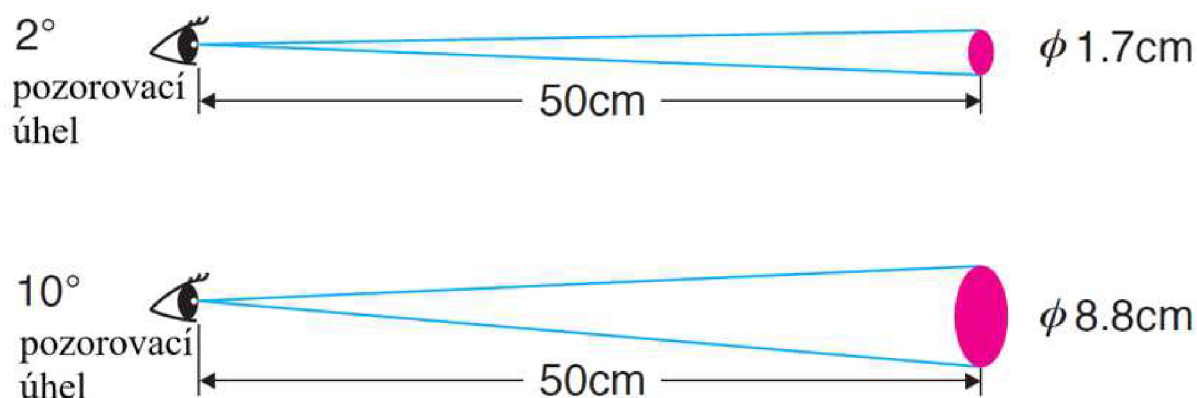
### 5.1 CIE standartní pozorovatel

Pro potřeby vyhodnocení barevné shody na základě doporučení CIE jsou specifikované dvě sady funkcí vyrovnání barev [8]:

**A) CIE 1931 standartní kolorimetrický pozorovatel.** Pro pozorovatele s normálním barevným viděním a velikostí zorného pole pod zorným úhlem mezi přibližně  $1^\circ$  až  $4^\circ$ , pro vidění na fotopických úrovních adaptace.

**B) CIE 1964 doplňkový kolorimetrický pozorovatel.** Pro pozorovatele s normálním barevným viděním a velikostí zorného pole pod zorným úhlem více než  $4^\circ$ , pro vidění na dostatečně vysokých fotopických úrovních a se spektrálním rozložením energie takovým, že nelze očekávat účast tyčinkových receptorů sítnice.

Jinak řečeno, lidský zrak jinak interpretuje vnímanou barvu v závislosti na pozorovacím úhlu, resp. na velikosti pozorovaného objektu. Nejčastější je pak standartní pozorovatel  $2^\circ$  a doplňkový  $10^\circ$ , kteří jsou přiblíženi níže:



**Obrázek 4:** Standartní a doplňkový pozorovatelé  $2^\circ$  a  $10^\circ$

Zdroj: [9]

Poznámka: popisky přeloženy

Jelikož se práce v dalších kapitolách zaměřuje pouze na 10<sup>o</sup> pozorovatele, jsou dále osvětleny postupy pouze jemu odpovídající. Zmíněné funkce vyrovnání barev jsou:

$$\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$$

Z těchto jsou odvozeny následující spektrální chromatické souřadnice:

$$x_{10}(\lambda), y_{10}(\lambda), z_{10}(\lambda)$$

$$x_{10} = \frac{\bar{x}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)}$$

$$y_{10} = \frac{\bar{y}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)}$$

$$z_{10} = \frac{\bar{z}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)}$$

Tyto funkce jsou v podstatě tabulky experimentálně odvozených hodnot pro vlnové délky v rozmezí 360 nm až 830 nm, s rozlišením 1 nm. Jedná se o tristimulační hodnoty a chromatické souřadnice všech monochromatických podnětů<sup>31</sup>. Pro záření o různých vlnových délkách se tristimulační hodnoty počítají integrací napříč celým tímto spektrem.

$$X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$$

$$X_{10} = k_{10} \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda$$

$$Y_{10} = k_{10} \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda$$

$$Z_{10} = k_{10} \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda$$

Kde  $\varphi_{\lambda}(\lambda)$ <sup>32</sup> je funkce barevného podnětu uvažovaného podnětu.  $k_{10}$  je zvolená konstanta, pro kterou je hodnota  $Y_{10}$  rovna 100 jak pro perfektní odrazný difuzor, tak pro perfektní zářič. Z použité integrace lze pak odvodit aditivitu tristimulačních hodnot dvou podnětů.

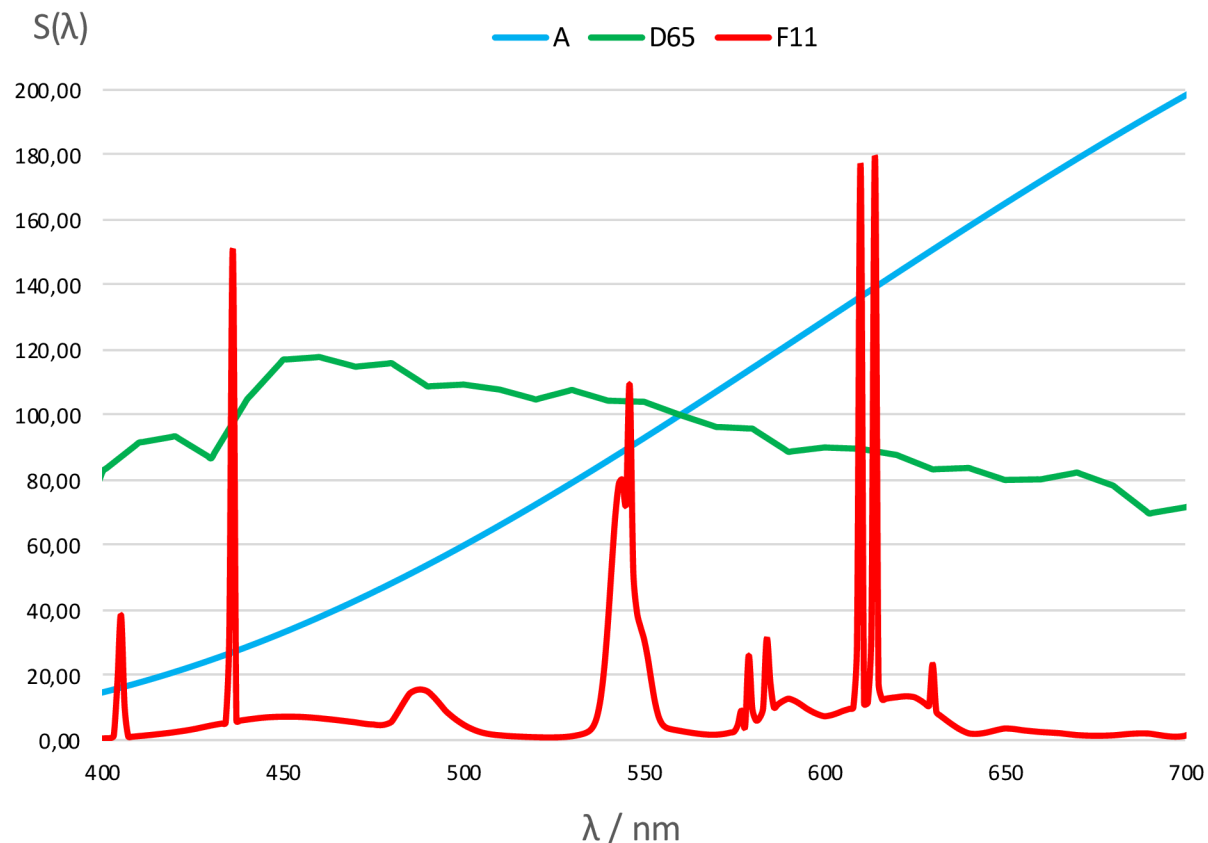
## 5.2 CIE standartní osvětlení

Pro normalizaci spektrálního složení světla používaného pro měření rozlišujeme dle CIE různá standartní osvětlení. Ta jsou zpravidla definována jak svým teoretickým zdrojem, tak odpovídající teplotou barvy Planckova zářiče a kompletním spektrálním průběhem. To nám umožňuje vzájemnou porovnatelnost výsledků, přičemž jako nejčastěji používané příklady uvádíme [10]:

<sup>31</sup> Určených napřímo či pomocí interpolace

<sup>32</sup> Ve standardu je různě uváděna velká ( $\Phi$ ) i malá ( $\phi$ ) podoba znaku

- A) **CIE standartní osvětlení A**. Representuje typickou wolframovou žárovku a odpovídá teplotě barvy přibližně 2856° K.
- B) **CIE standartní osvětlení D65**. Representuje průměrné denní světlo a odpovídá teplotě barvy přibližně 6500° K.
- C) **CIE standartní osvětlení F11**. Representuje fluorescenční trubici (zářivku) a odpovídá teplotě barvy přibližně 4000° K<sup>33</sup>.



**Obrázek 5:** Graf spektrálního průběhu vybraných osvětlení

Zdroj: Data [10], graficky zpracováno autorem

<sup>33</sup> V praxi, především u starších světlostních kabin, se můžeme setkat i s téměř identickým osvětlením TL84. Zpravidla se mezi nimi nerozlišuje, pouze není definován dle CIE ale dle konkrétní zářivky Philips.

### 5.3 CIE trichromatické složky

Základní vzorce pro evaluaci tristimulačních hodnot  $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$  byly již nastíněny v souvislosti se standardními CIE pozorovateli, ale pouze v podobě integrálu. Jelikož prakticky pracujeme s konkrétními hodnotami s určitým intervalem vlnové délky, je potřeba je převést na následující sumace [11]:

$$X_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda$$

$$Y_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda$$

$$Z_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda$$

Určení normalizační konstanty  $k_{10}$  se liší pro zdroje osvětlení a odrážející nebo přenášející objekty. Pro objekty pak barevnou funkci podnětu  $\varphi_{\lambda}(\lambda)$  nahrazujeme za relativní barevnou funkci podnětu  $\varphi(\lambda)$  jedním z následujících:

$$\varphi(\lambda) = R(\lambda) S(\lambda)$$

$$\varphi(\lambda) = \beta(\lambda) S(\lambda)$$

$$\varphi(\lambda) = \rho(\lambda) S(\lambda)$$

$$\varphi(\lambda) = \tau(\lambda) S(\lambda)$$

Příčemž:

$R(\lambda)$  = spektrální faktor odrazu

$\beta(\lambda)$  = spektrální faktor záření

$\rho(\lambda)$  = spektrální odraz

$\tau(\lambda)$  = spektrální propustnost

$S(\lambda)$  = relativní spektrální rozdělení osvětlení

Ve všech těchto případech je konstanta  $k_{10}$  zvolena tak, aby  $Y = 100$  pro objekty, pro které se  $R(\lambda)$  (či  $\beta(\lambda), \rho(\lambda), \tau(\lambda)$ ) rovná 1 pro všechny vlnové délky dle vzorce:

$$k_{10} = 100 / \sum_{\lambda} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

Jelikož ne všechny spektrofotometry jsou schopné měřit s požadovaným rozsahem 360 nm až 830 nm a rozlišením 1 nm, byly definovány tzv. zjednodušené metody. Ty jsou rozdělené na dvě kategorie, a to s rozlišením 5 nm a méně a 10 nm nebo 20 nm. Pro první kategorii je možno po prokázání nepodstatnosti chyb měření pro konkrétní účel počítat tristimulační hodnoty

stejným sumačním vzorcem. Pouze pokud rozlišení není násobkem jedné, je nutno výsledky nejprve vhodně interpolovat.

Druhá kategorie nám již definuje rozdílné vzorce pro výpočet tristimulačních hodnot:

$$X_{10} = \sum_{\lambda} R(\lambda)W_X(\lambda)$$

$$Y_{10} = \sum_{\lambda} R(\lambda)W_Y(\lambda)$$

$$Z_{10} = \sum_{\lambda} R(\lambda)W_Z(\lambda)$$

Příčemž:

$R(\lambda)$  = spektrální faktor odrazu měřený pomocí symetrického trojúhelníkového nebo lichoběžníkového pásmového propustu s poloviční šířkou rovnou vlnovému intervalu (10 nm nebo 20 nm).

$W_X(\lambda), W_Y(\lambda), W_Z(\lambda)$  = předem vypočítané váhové funkce, které berou v úvahu funkce vyrovnání barev, relativní spektrální rozdělení osvětlení, interval vlnových délek, šířku pásma a normalizační konstantu. To vše za účelem nejlepšího přiblížení ke standardní metodě.

Faktor spektrálního odrazu  $R(\lambda)$  může být nahrazen stejným způsobem.

Extrapolace naměřených dat pro pokrytí celého pásma není zpravidla doporučována a měla by být prováděna opět pouze, pokud je prokázána nepodstatnost chyb takového měření.

Interpolaci je vhodné či nutno použít, pokud se nám vlnové délky naměřených data neshodují s těmi u funkcí vyrovnání barev, přičemž je možno interpolovat oboje. Pro měřená data je možno použít teoretický vzorec či přizpůsobení matematickou křivkou. Pro funkce vyrovnání barev pak lineární interpolaci. Výjimkou jsou světelné zdroje s úzkopásmovými vrcholy, kde je nutno interpolovat pouze funkce vyrovnání barev.

Šířka pásma je zpravidla dána konstrukcí měřicího přístroje. Chyby měření vzniklé jejím omezením jsou mnohdy až řádově větší než kalkulační chyby spojené s datovými intervaly.

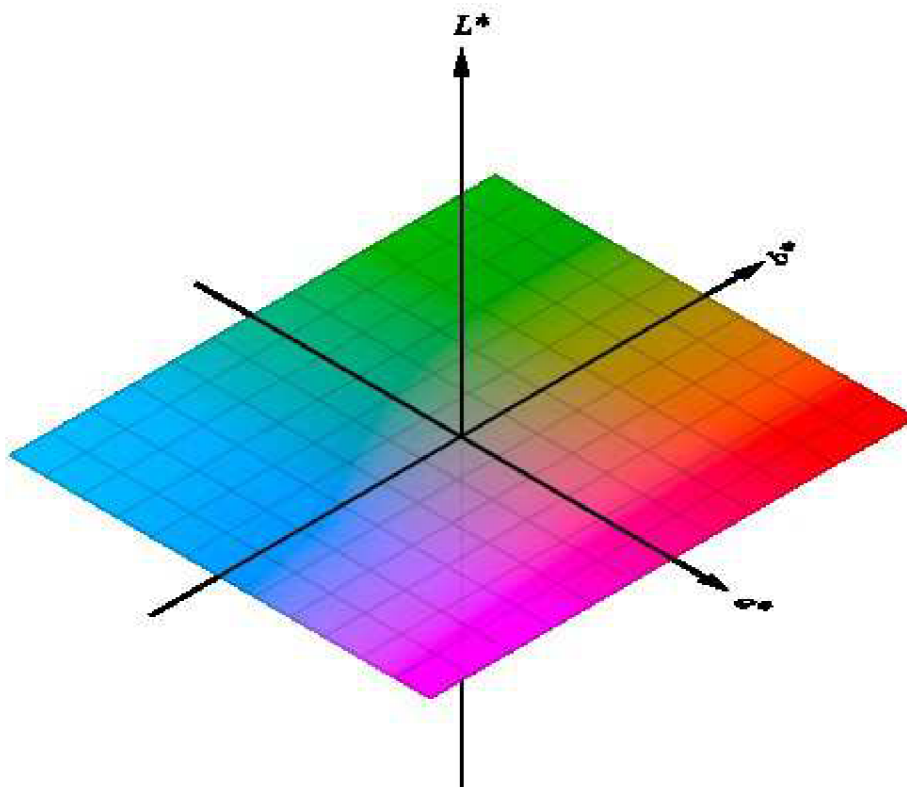
Dále je možno z tristimulačních hodnot odvodit následující chromatické koordináty:

$$x_{10}, y_{10}, z_{10}$$
$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}$$
$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}$$
$$z_{10} = \frac{Z_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}$$

Jak vyplývá z výpočtu, jelikož součet těchto koordinátů je roven jedné ( $x_{10} + y_{10} + z_{10} = 1$ ), bývají zpravidla uváděny pouze první dva spolu s  $Y_{10}$ . Vynesením  $x_{10}$  jako úsečky a  $y_{10}$  jako souřadnice vytvoříme diagram chromatičnosti CIE 1964, jinak také CIE ( $x_{10}, y_{10}$ ) diagram.

## 5.4 Kolorimetrický prostor CIE 1976 L\*a\*b

Jiným názvem také CIELAB, je trojrozměrný barevný prostor vytvořený za účelem přibližně rovnoměrného odstupňování vnímaných barevných odchylek za předem definovaného osvětlení, v tomto případě D65. Jiná osvětlení již způsobují částečné zkreslení či nepřesnosti. V současné době se jedná o primární barevný prostor obecně využívaný v automobilovém průmyslu. Vznikl nelineární transformací tristimulačních hodnot do obdélníkových koordinátů následující podoby:



**Obrázek 6:** Pravoúhlé souřadnice v CIELABu

Zdroj: [https://fr.wikipedia.org/wiki/L\\*a\\*b\\*\\_CIE\\_1976](https://fr.wikipedia.org/wiki/L*a*b*_CIE_1976) (viděno 20.01.2021)

Každá specifická barva je pak definována svojí přesnou souřadnicí v tomto barevném prostoru. Jednotlivé osy a jejich výpočty jsou pak následující [12]:

**L\*** – světlost, od černé (0) do bílé (100)

**a\*** – osa od červené (+) do zelené (-)

**b\*** – osa od žluté (+) do modré (-)

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

Příčemž:

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \text{ pokud } (X/X_n) > (6/29)^3$$

$$f(X/X_n) = (541/108)(X/X_n) + 4/29 \text{ pokud } (X/X_n) \leq (6/29)^3$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \text{ pokud } (Y/Y_n) > (6/29)^3$$

$$f(Y/Y_n) = (541/108)(Y/Y_n) + 4/29 \text{ pokud } (Y/Y_n) \leq (6/29)^3$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \text{ pokud } (Z/Z_n) > (6/29)^3$$

$$f(Z/Z_n) = (541/108)(Z/Z_n) + 4/29 \text{ pokud } (Z/Z_n) \leq (6/29)^3$$

Kde:

X, Y, Z = tristimulační hodnoty naměřené

X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> = tristimulační hodnoty referenčního bílého světla

Tristimulační hodnoty dle CIE 1931 a CIE 1964 jsou v tomto případě zcela vzájemně nahraditelné. V této práci jsou použity dle CIE 1931 v souladu s normativem. Rozdílem mezi těmito hodnotami dvou porovnávaných vzorků jsou pak hledané odchylky v jednotlivých osách, označených jako ΔL\*, Δa\*, Δb\*, tedy:

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*; \Delta a^* = a_1^* - a_2^*; \Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

Z těchto je dále určena euklidovská vzdálenost ΔE\*<sub>a,b</sub><sup>34</sup>, tedy skutečná vzdálenost dvou souřadnic v prostoru, která reprezentuje již zmíněnou přibližnou velikost vnímané barevné odchylky. Pro malé odchylky CIE doporučuje použití váhových konstant u jednotlivých vstupních hodnot při výpočtu, ale nijak je nedefinuje, tudíž základní podoba je:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

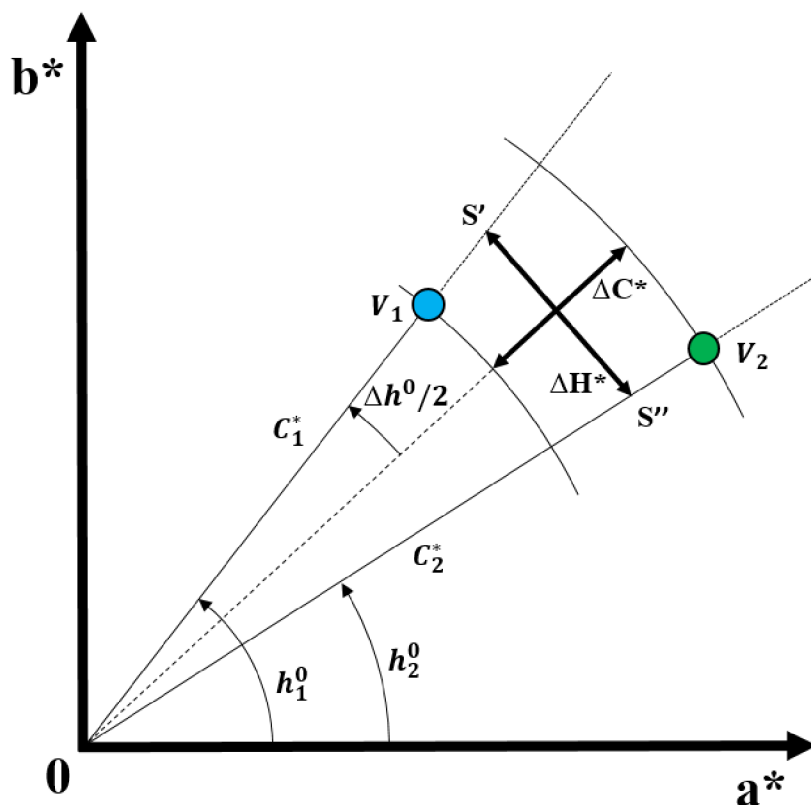
<sup>34</sup> Zpravidla se však používá pouze zjednodušené označení ΔE\*, které bude dále používáno



V tomto prostoru je také možno určit čistotu  $C^*_{a,b}$  a úhel odstínu  $h_{a,b}$ <sup>35</sup>:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h = \arctan(b^*/a^*)$$



**Obrázek 7:** Schéma souvislostí čistoty a úhlu odstínu v CIELABu

Zdroj: [6], překresleno autorem z tištěné podoby

Na schématu výše je kolmo ke čtenáři osa  $L^*$ , která není součástí výpočtu a vyhodnocuje se separátně. Body  $V_1$  a  $V_2$  představují naměřené koordináty na osách  $a^*$  a  $b^*$  dvou porovnávaných vzorků.  $\Delta C^*$  je rozdíl v čistotě, prakticky řečeno tedy rozdíl vzdáleností koordinát barev od osy světlosti dle následující rovnice:

$$\Delta C^* = C_1^* - C_2^* = \sqrt{(a_1^*)^2 + (b_1^*)^2} - \sqrt{(a_2^*)^2 + (b_2^*)^2}$$

<sup>35</sup> Zpravidla se však používá pouze zjednodušené označení  $C^*$  a  $h$ , které bude dále používáno

Hodnoty  $h^0$  jsou úhly dvou odstínů, přičemž  $\Delta h^0$  je rozdíl úhlu odstínu a  $\Delta H^*$  je metrický rozdíl odstínů. Existuje několik rozdílných vzorců, ale dle doporučení CIE se v praxi nejčastěji setkáme s následujícími:

$$\Delta H^* = 2\sqrt{C_1^* \times C_2^*} \times \Delta h$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$$

Z tohoto druhého vzorce je patrné, že jeho úpravou můžeme postupovat i následovně:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2}$$

## 6 Přístrojové měření barev

„Pokud to nemůžete změřit, nemůžete to ovládat“

William Thomson – lord Kelvin z Largsu

K měření barvy a světla slouží široká škála různých zařízení, jako příklad je možno uvést kupř. luxmetry, jasoměry, kolorimetry, displejmetry, spektrofotometry a spektroradiometry atd.. Tato práce se zaměřuje pouze na kategorii spektrofotometrů, tedy na přístroje určené k aktivní<sup>36</sup> fyzikální analýze barvy předmětu. To je zajištěno vlastním a hlavně nastavitelným zdrojem osvětlení. Mezi všemi dodavateli těchto zařízení na trhu je v koncernu VW a u jeho dodavatelů preference přístrojů značky Konica Minolta, a to především kvůli zajištění co největší mezipřístrojové shody [13]. Často je však možné se setkat i se schválenými přístroji od společností BYK-Gardner a X-Rite.

Kromě již definovaných standardizovaných osvětlení je podstatná i optická geometrie měření, tedy úhel, pod kterým je světelný paprsek emitován, a pod kterým pak dopadá na detektor. To je dále značně ovlivněno vlastnostmi měřeného povrchu, jako je velikost, tvar, struktura či lesk. Z toho vyplývá, že je nutné najít každému objektu ten nejvhodnější dle naší konkrétní potřeby.

Odražené světlo od předmětu je zpravidla alespoň částečně rozptýleno v různé intenzitě pod různými úhly. Viz ilustrace níže se tedy dělí na zrcadlovou a difuzní<sup>37</sup> složku odrazu<sup>38</sup> [12]:



**Obrázek 8:** Zrcadlový a difuzní odraz

Zdroj: Kresba autor

V případě rovných lesklých vzorků převažuje zrcadlový odraz, zatímco na drsných površích s nízkým leskem je to naopak, přičemž v praxi se však vždy jedná o jejich kombinaci. Lidské oko rozpoznává barvu primárně dle difuzní složky obrazu, takže pokud je porovnán jeden díl lesklý a druhý původně identický, který byl mechanicky zmatněn, zdá se v nich na základě rozdílného poměru odrazů rozdíl ve vnímaném odstínu. Přístrojově však dle teorie jejich kombinací můžeme naměřit odstín totožný, čehož tato práce dále využívá.

<sup>36</sup> Oproti pasivním, kupř. u kolorimetru, který nemá vlastní zdroj světla

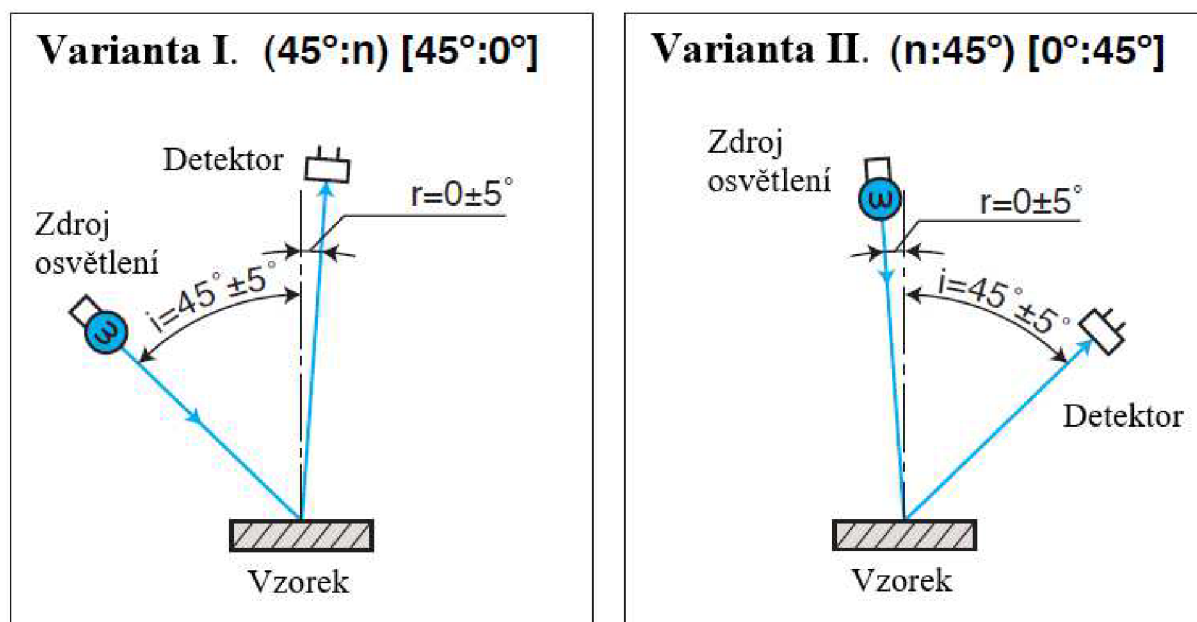
<sup>37</sup> Rozptylnou

<sup>38</sup> Uvažovány pouze netransparentní materiály

Použitím konstrukčního řešení tzv. světelné pasti je však možno zrcadlovou složku odrazu eliminovat. To je vhodné pro aplikace, kde je důležité vyhodnotit barevnost v korelaci s lidským zrakem. Zahrnutím zrcadlové složky odrazu je pak barva měřena nezávisle na podmínkách povrchu.

Co se týče optických systémů obecně, rozlišovány jsou zde dva základní systémy [12]:

**A) Jednosměrný osvětlovací systém** – osvětlení pouze z jednoho směru<sup>39</sup>. Nejčastější jsou varianty znázorněné níže, kdy buď zdroj světla či detektor je vůči měřenému vzorku natočen o  $45^\circ$ , přičemž ten druhý je pak pod úhlem  $0 \pm 5^\circ$ . Tato konstrukční varianta je tedy vždy bez zrcadlové složky odrazu<sup>40</sup>.



**Obrázek 9:** Jednosměrný osvětlovací systém

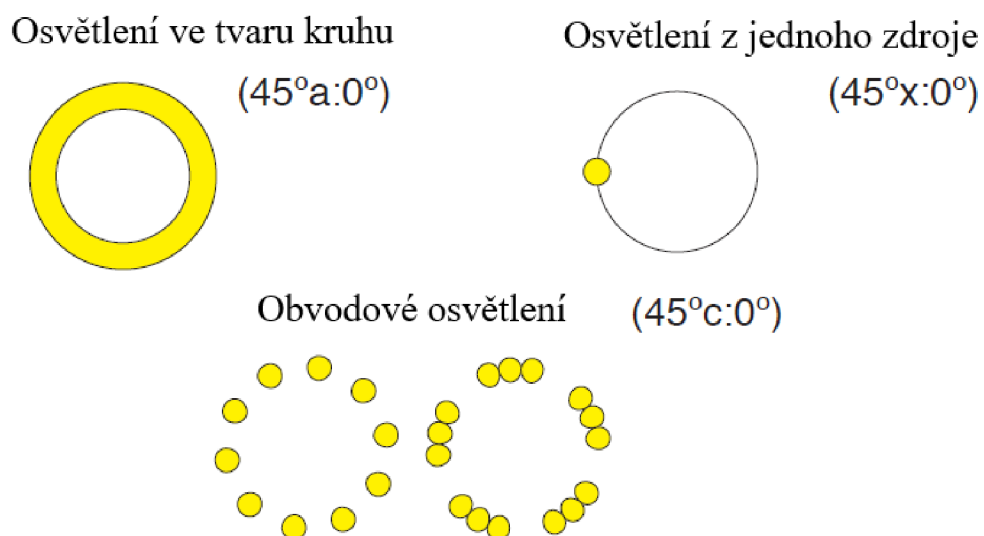
Zdroj: [12]

Poznámka: popisky přeloženy

<sup>39</sup> Respektive úhlu

<sup>40</sup> Bez nutnosti použití světelné pasti

Jednosměrný zdroj světla však nemusí nutně znamenat jednobodový, jak je ilustrováno na nejčastějších řešení níže:

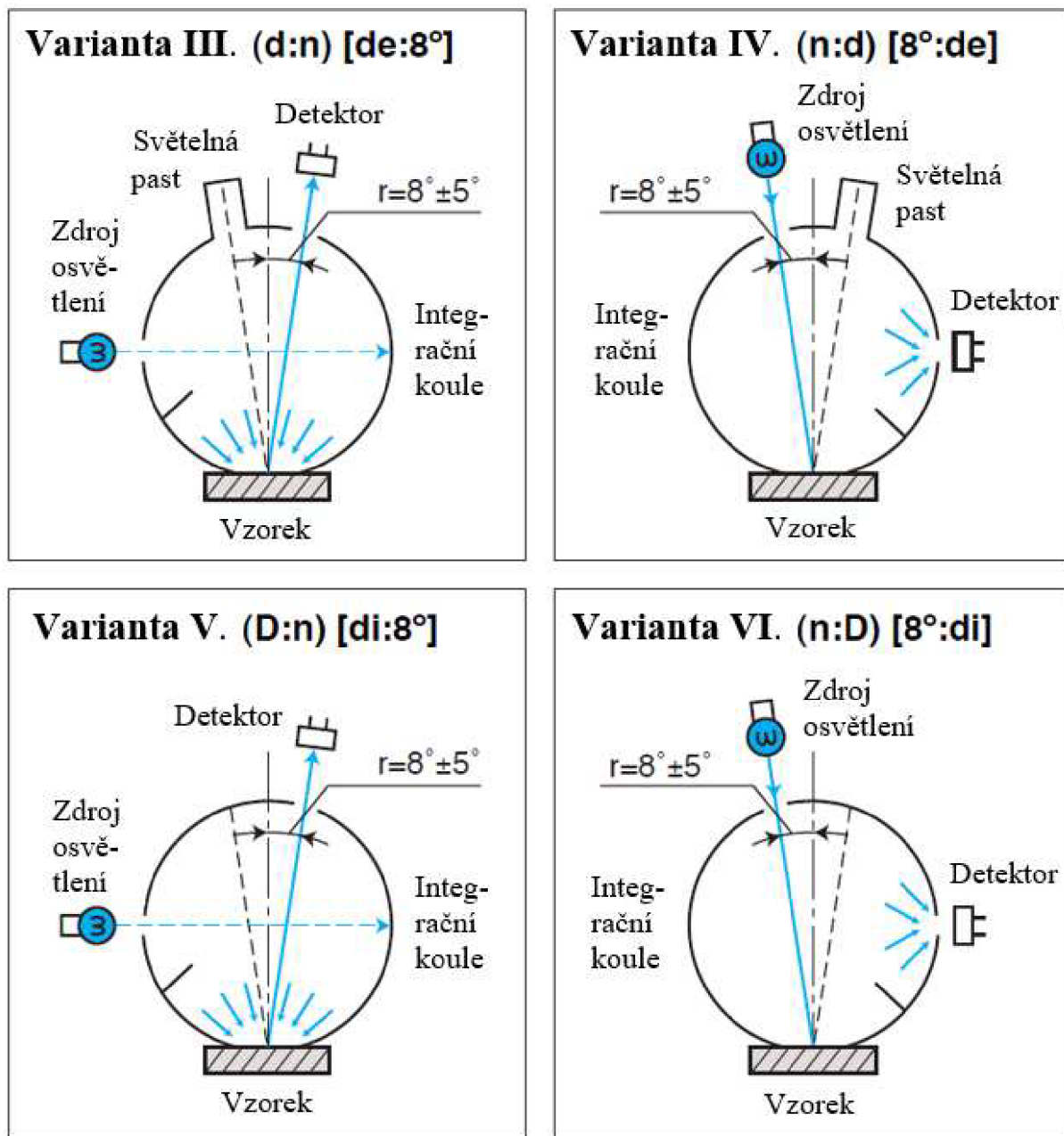


**Obrázek 10:** Rozložení zdrojů osvětlení v jednosměrném systému

Zdroj: [12]

Poznámka: popisky přeloženy

**B) Systém rozptýleného osvětlení integrační koule** – princip integrační koule dán a založen na jednotném rozptýlení osvětlení na vzorku ze všech stran. Její vnitřní plocha je tedy bílá, k čemuž se často využívá kupř. síranu barnatého. Nejčastější varianty jsou opět znázorněny dále. Zdroj osvětlení či detektor jsou pak buď kolmo na integrační kouli, nebo v rovině se vzorkem, přičemž ten druhý je pak pod úhlem  $8 \pm 5^\circ$ . Mohou a nemusí pak obsahovat zmíněnou světelnou past pro eliminaci zrcadlové složky obrazu. Tyto měřicí metody ji tedy buď zahrnují (SCI), nebo vylučují (SCE).



**Obrázek 11:** Systém rozptýleného osvětlení integrační koule

Zdroj: [12]

Poznámka: popisky přeloženy

## 7 Specifické požadavky zákazníka

Než dojde k tematickému přesunu na vlastní analýzu a konkrétní výsledky měření, bude v této kapitole nastíněno, které konkrétní požadavky je vlastně směrem od zákazníka nutno dodržovat, či z jejich požadavků alespoň vycházet.

Základním předpisem celého koncernu k této problematice je skupinový standard VW 50190 [14]. V něm je pak možno, pro v této práci rozebírané dezénované vstřikované díly a jejich vstupní materiál, identifikovat následující konkrétní požadavky v pořadí takovém, jak jsou uvedena:

- 1) Veškerá měření i vizuální hodnocení musí být provedena pod standartními osvětleními D65 (denní světlo) i F11 (umělé světlo) pro 10° standartního pozorovatele.
- 2) Rozsah fluktuace hodnot 10ti individuálních měření nesmí přesáhnout  $\pm 0.15$  CIELAB jednotek (výjimka:  $\Delta L^*$ ).
- 3) Standartní tolerance specifikované tímto předpisem jsou závazné, pokud v technické specifikaci, výkrese či na platném vzorku není stanoveno jinak, či pokud tak není domluveno s odpovídajícím oddělením. Konkrétní tolerance jsou přepsány v tabulce níže:

**Tabulka 2:** Tolerance barevných odstínů dle standardu VW 50190

Zdroj: [14]

Barevné odstíny:	„OK“ rozsah:	„COK“ rozsah:	„NOK“ rozsah:
<b>Černé odstíny</b> (např. Satin Black, Titanium Black, Anthracite) a <b>Hnědé odstíny</b> (např. Natural Brown, Walnut, Tobacco, Sevilla, Buffalo)	$ \Delta L^*  < 0.35$ $ \Delta a^*  < 0.25$ $ \Delta b^*  < 0.25$	$0.35 \leq  \Delta L^*  \leq 0.45$ $0.25 \leq  \Delta a^*  \leq 0.35$ $0.25 \leq  \Delta b^*  \leq 0.35$	$ \Delta L^*  > 0.45$ $ \Delta a^*  > 0.35$ $ \Delta b^*  > 0.35$
<b>Šedé odstíny</b> (např. Art Gray, Pearl Gray, Classic Gray, Moon Rock, Seashell, St. Tropez)	$ \Delta L^*  < 0.45$ $ \Delta a^*  < 0.25$ $ \Delta b^*  < 0.25$	$0.45 \leq  \Delta L^*  \leq 0.55$ $0.25 \leq  \Delta a^*  \leq 0.35$ $0.25 \leq  \Delta b^*  \leq 0.35$	$ \Delta L^*  > 0.55$ $ \Delta a^*  > 0.35$ $ \Delta b^*  > 0.35$
<b>Béžové odstíny</b> (např. Pure Beige, Sun Beige, Corn Silk, Latte Macchiato, Nougat, Nutria Beige) a <b>modré odstíny</b> (např. Navy Blue, Petrol)	$ \Delta L^*  < 0.45$ $ \Delta a^*  < 0.25$ $ \Delta b^*  < 0.35$	$0.45 \leq  \Delta L^*  \leq 0.55$ $0.25 \leq  \Delta a^*  \leq 0.35$ $0.35 \leq  \Delta b^*  \leq 0.45$	$ \Delta L^*  > 0.55$ $ \Delta a^*  > 0.35$ $ \Delta b^*  > 0.45$
<b>Zelené odstíny</b> (např. Reed Green, Steppe Green)	$ \Delta L^*  < 0.45$ $ \Delta a^*  < 0.35$ $ \Delta b^*  < 0.25$	$0.45 \leq  \Delta L^*  \leq 0.55$ $0.35 \leq  \Delta a^*  \leq 0.45$ $0.25 \leq  \Delta b^*  \leq 0.35$	$ \Delta L^*  > 0.55$ $ \Delta a^*  > 0.45$ $ \Delta b^*  > 0.35$
<b>Červené odstíny</b> (např. Grenadine, Teak, Sioux, Deep Red, Truffle, Furioso, Terra Brown)	$ \Delta L^*  < 0.35$ $ \Delta C^*  < 0.40$ $ \Delta H^*  < 0.25$	$0.35 \leq  \Delta L^*  \leq 0.50$ $0.40 \leq  \Delta C^*  \leq 0.55$ $0.25 \leq  \Delta H^*  \leq 0.35$	$ \Delta L^*  > 0.50$ $ \Delta C^*  > 0.55$ $ \Delta H^*  > 0.35$

- 4) Kolorimetrická měření musí být provedena pomocí spektrofotometru (DIN EN ISO 11664-3).
- 5) Pro barvené a dezénované plastové povrchy a barvené kovové díly,  $45^\circ/0$  a inverzní je vhodná geometrie. Měření pro Audi jsou obecně prováděny pod geometrií  $d/8^\circ$ .
- 6) Spektrální rozlišení kolorimetru musí být ne méně než 5 nm a ne více než 10 nm.
- 7) Opakovaná přesnost měření zařízení musí být maximálně  $0.07 \Delta E^*$  CIELAB.
- 8) Rozsah spektrální měření musí obsahovat rozsah minimálně mezi 400 až 700 nm.
- 9) Pro plastové vzorky (malované nebo nemalované), musí být provedeno preferovatelně pět (ale minimálně tři) individuální měření, distribuované napříč celou plochou měřeného povrchu.
- 10) Barva je vyhodnocena měřením (dle DIN EN ISO 11664-4), porovnáním výsledků oproti datům naměřených na originálním standardu.

V návaznosti na požadavky lastenheftů kvalitu [13] však v současné době u koncernu VW a jeho zákazníků dochází k postupnému přechodu ze starších a dnes již nedostupných spektrofotometrů firmy Konica Minolta CM-2500c s geometrií  $45^\circ a:0^\circ$  a rozměrem měřicího otvoru 7 mm na novější generaci CM-25cG s geometrií  $45^\circ c:0^\circ$ , nastavitelnými otvory 8 mm (MAV) a 3 mm (SAV) a integrovaným  $60^\circ$  leskoměrem.

Rozdílná konstrukce přístrojů a nová generace BCRA sad barevných dlaždic pro kalibrace a diagnostiku však způsobuje značné rozdíly a nepřesnosti mezi měřeními na obou zařízeních, jelikož dodavatel nikterak negarantuje mezipřístrojovou shodu mezi těmito navazujícími generacemi.

V období vypracovávání této práce toto stále není s koncernem zcela vyjasněno. Ačkoli není u plastových dílů požadováno měření pod různými směry, tak orientace nového přístroje často způsobuje rozdíly v jednotlivých hodnotách větší, než je celá šířka tolerančních polí, stejně tak i mezi náměry na starším přístroji. Toto zcela odporuje výše uvedeným požadavkům na maximální fluktuaci hodnot.

Vše je dále komplikováno stále častějším využíváním laserovaných dezénů, které jsou na rozdíl od leptaných či jiskřených často směrově orientované. Z těchto důvodů prozatím není doporučitelné provádět hlubší analýzy měření barevnosti na granulátu pod geometriemi  $45^\circ$ . Rozřešení této komplikace by mělo být až s novou verzí standardu VW 50190. Částečně i z tohoto důvodu se tato práce dále zabývá pro tento účel předpokládaně vhodnější geometrií  $8^\circ$ .



## 7.1 Standard

Standard je v tomto významu slova chápán především jako normalizovaný či nominální fyzický vzorek, který je přesně definován a ověřen jakožto způsobilá definice požadovaného stavu. Může se jednat jak o speciálně pro tento účel laboratorně vytvořené vzorové destičky, či vzájemně schválený konkrétní výrobek.

V rámci koncernu VW je pro plastové díly nejobvyklejší varianta destičky formátu A5 se čtyřmi až šesti různými a dříve nejběžnějšími dezény, a to od velmi jemných zmatnění po hrubé imitace kůže. V praxi je povětšinou známý pod původním a zažitým německým označením jako *urmuster*.



**Obrázek 12:** Ukázkové barevné standardy

Zdroj: Foto autor

Trendem poslední doby je však digitalizace. Přibližně od konce roku 2019 začali jednotlivé subjekty koncernu zavádět a svým zákazníkům zpřístupňovat vlastní katalogy jednotlivých elektronických standardů jako soubory ve formátech přímo určených pro software měřicích zařízení, či elektronicky sdílet pouhé nominální hodnoty CIELAB jednotek bez spektrálních průběhů. To je teoreticky umožněno v rámci deklarované mezipřístrojové shody u shodných měřicích zařízení.

V návaznosti na předchozí poznámky ohledně problematiky přechodu na novou generaci konkrétního spektrofotometru je však tvrzením autora, že stále nejvhodnější variantou je vždy standard fyzický.

### 7.1.1 Toleranční útvary

V průmyslové praxi je základním vyhodnocením colormatchingu souhrnný posudek OK/NOK, popřípadě COK<sup>41</sup> a jeho variace. Porovnáním nominálních hodnot a hodnot naměřeného vzorku u daných parametrů se získávají jednotlivé odchylky, které se separátně porovnávají s přesně danými tolerancemi. Bohužel, v tomto případě se jedná o značné zjednodušení, které nepředstavuje ideální či doporučený přístup.

Pokud se zaměříme na barevný prostor CIELAB, je pro většinu odstínů v prostoru vytyčen třemi osami CIELAB jednotek toleranční útvar obdélníkového tvaru, pouze s výjimkou červených odstínů, kde je tvaru výseče mezi válci. Bylo by teoreticky sice vhodnější využít kupř. tolerančních elipsoid, ale bohužel se s nimi v tomto případě v praxi nikterak npracuje za účelem zjednodušení všech odpovídajících metod a vyhodnocení. Stejně hodnoty  $\Delta E$  tedy mohou být považovány za OK i NOK v závislosti na odchylkách jednotlivých vstupních parametrů a toto hodnotící kritérium pak v praxi povětšinou zcela ztrácí na významu. Tato práce vztažená primárně k praxi jej tedy nebude dále využívat.

---

<sup>41</sup> Conditionally (podmínečně) OK

## 8 Vlastní analýza

„Základní výzkum je jako vystřelit šíp do vzduchu a kam dopadne, tam namalovat terč.“

Homer Burton Adkins

Praktická část této práce je rozdělena do dvou hlavních dílčích celků. Jedná se o separátní, avšak na sebe navazující analýzy, kdy nejprve je zpracována varianta přímého měření nezpracovaného granulátu, a druhá zaměřující se na možnosti praktické laboratorní přípravy vhodnějších vzorků. Nejprve je vždy odzkoušen prvotně definovaný postup měření a přípravy vzorků a na základě statisticky zpracovaných dat rozhodnuto o jeho případných úpravách, podmínkách přijmutí či kompletním zavrnutí.

### 8.1 Zvolené materiály

Ke zhodnocení byly náhodně zvoleny čtyři polypropylenové granuláty typu Hostacom od dodavatele LyondellBasell Industries N.V., které jsou ve sledovaném subjektu zpracovávány ve značných objemech:

- Hostacom TKC 2007N E1 C11306 - SatinsSchwarz (černá Satin)
- Hostacom TKC 2007N C12897 - TitanSchwarz (černá Titan)
- Hostacom EKC 330N G72366 - Perlgrau (šedá)
- Hostacom TKC 2007N D92898 - St. Tropez (běžová)

Pro zjednodušení textu práce budou tyto dále uváděny pouze pod názvem barvy v závorce.

### 8.2 Použitý spektrofotometr

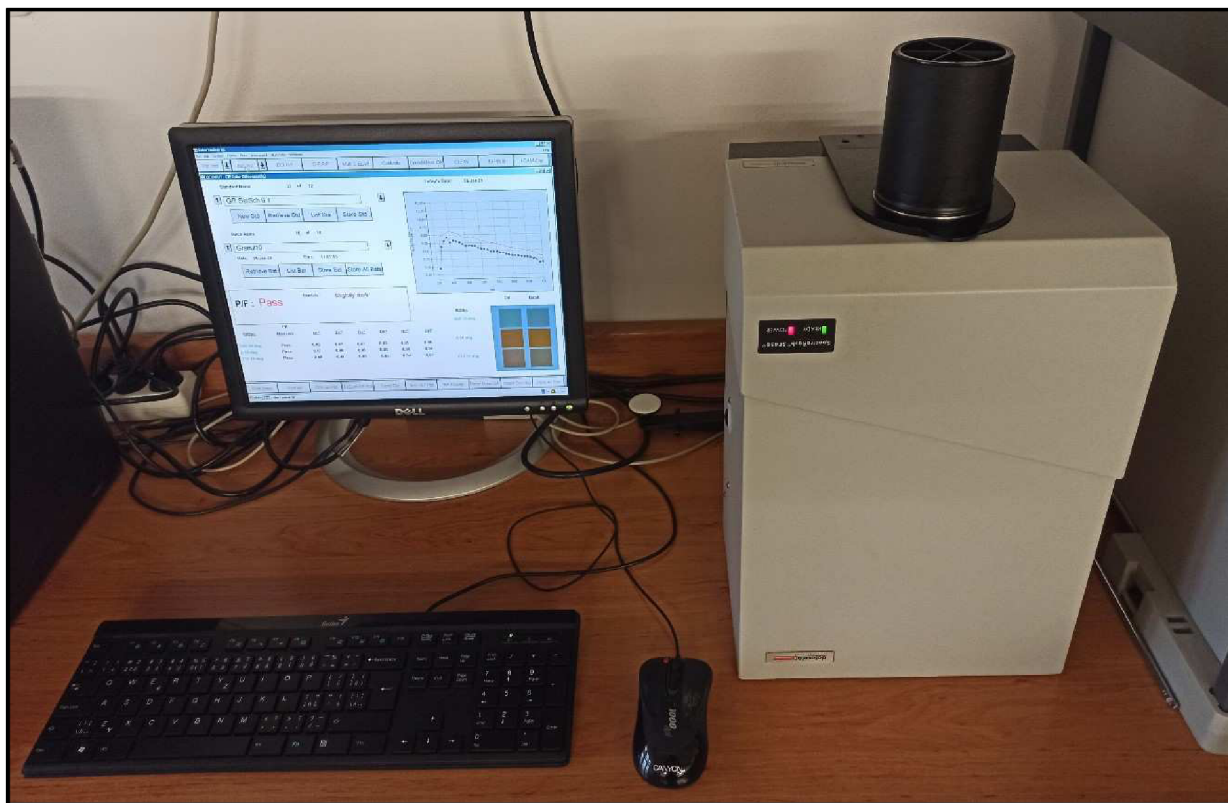
Tuto kapitolu si autor dovoří komentovat poznámkou, že praktická část této práce probíhala během pandemické krize koronaviru COVID-19 na přelomu let 2020 a 2021, tudíž přístup do laboratoří a k vhodným či rozličným zařízením byl značně omezený.

Ke všem dále zmíněným měřením byl použit přístroj Spectraflash SF450 od Datacolor International<sup>42</sup> ve vlastnictví Technické univerzity v Liberci. Jedná se o spektrofotometr s nastavitelnou velikostí měřicího otvoru, a to 30, 9 a 6 mm a 8° geometrií měření s možností výběru SCI i SCE metody. Jeho spektrální rozsah je 360 až 700 nm s rozlišením 10 nm. Deklarovaná opakovatelnost měření je 0,03  $\Delta L^*$  na bílém standardu. Pro účel měření

---

<sup>42</sup> Dnes již Datacolor AG

samotného granulátu, který bude hlouběji objasněn v následujících kapitolách, musel být navíc situován netradičně na výšku, aby bylo možno květu<sup>43</sup> se vzorkem materiálu posadit na měřicí otvor, viz. obrázek níže:



**Obrázek 13:** Netradiční pozicování spektrofotometru při měření s květu

Zdroj: Foto autor

Naměřené výsledky je možno hromadně exportovat ve formátu .xls programu Excel kancelářského balíku MS Office pro další zpracování a vyhodnocení.

### 8.3 Zpracování naměřených dat

Tento exportovaný soubor s výsledky obsahuje jak samotné naměřené spektrální hodnoty v rozlišení  $\Delta\lambda$  10 nm v rozsahu 360 až 700 nm, tak již předem vypočtené trichromatické činitele  $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$  a hodnoty  $L_{10}^*, a_{10}^*, b_{10}^*$ . Ty však nemůžeme či neměli bychom dále napřímo zpracovávat vzhledem k možným rozdíům v aktuálních normalizovaných postupech, kupř. upravených spektrálních průbězích vybraných osvětlení. Vše je tedy v souladu s definovanými postupy vždy následovně přepočítáno:

<sup>43</sup> Laboratorní nádoba na měření optických vlastností

- 1) Jelikož jsou všechna spektrální data pro jednu sadu měření za sebou ve sloupci, je nevhodnější je nejprve seskupit do jednotlivých sloupců<sup>44</sup>.
- 2) Pro výpočet trichromatických činitelů  $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$  je potřeba spektrální rozsah 380 nm až 780 nm. Hodnoty pro vlnové délky 360 nm a 370 nm jsou tedy odstraněny a pro hodnoty 710 nm až 780 nm pouze zkopírována hodnota ze 700 nm.
- 3) Dále je zapotřebí spektrální rozlišení min. 5 nm. Toho je docíleno lineární interpolací, tedy dosazováním průměrů z obou krajních hodnot.
- 4) Použitím tabulkových hodnot relativního spektrálního rozdělení vybraného osvětlení  $S(\lambda)$ , odpovídajících tabulkových funkcí vyrovnání barev  $\bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}, \bar{z}_{10}$  a nového spektrálního rozlišení je spočtena normalizační konstanta  $k_{10}$ .
- 5) Pro každé měření je určen faktor spektrálního záření  $R(\lambda)$  podělením jednotlivých spektrálních hodnot stem. Jeho vynásobením hodnotami relativního spektrálního rozdělení vybraného osvětlení  $S(\lambda)$  je získána funkce relativního barevného podnětu  $\phi(\lambda)$ .
- 6) Sumací hodnot odpovídající funkce vyrovnání barev  $\bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}$  nebo  $\bar{z}_{10}$  funkcí relativního barevného podnětu  $\phi(\lambda)$  a vlnového rozlišení  $\Delta\lambda$  vynásobenou normalizační konstantou  $k_{10}$  se již získávají hodnoty trichromatických činitelů  $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$ .
- 7) Z těchto jsou pak dle podmíněných vzorců spočteny konečné hodnoty  $L_{10}^*, a_{10}^*, b_{10}^*$ .

Jelikož je většina měřených odstínů v automotive na přibližně šedé škále, tedy s téměř isoenergickým spektrálním průběhem, je možno si toto vyhodnocení prakticky zjednodušit<sup>45</sup>. Veškerá přepočtená data jsou pouze za jednoho standardizovaného osvětlení, a to konkrétně D65, jelikož na něm je CIELAB primárně založen. Přesto je možno výsledky<sup>46</sup> a související závěry z druhého požadovaného osvětlení F11 v tomto případě považovat za dostatečně shodné, aby nebylo nutné je vyhodnocovat separátně.

Pro další statistické vyhodnocení dat jednotlivých souborů měření jsou zvoleny následující faktory, které jsou navíc k nalezení jakožto přílohy A až H. Samotná vstupní data vzhledem ke svému značenému obsahu přiložena nejsou. Uvedeny jsou hodnoty jak trichromatických činitelů, tak hodnot CIELAB jednotek, pro umožnění případných specifitějších navazujících analýz. Vše je vždy zaokrouhleno na tři desetinná místa.

V těchto souhrnech je vždy pro každý soubor měření udána maximální hodnota, minimální hodnota, rozpětí hodnot, výběrový průměr<sup>47</sup>, medián, výběrová směrodatná odchylka, 75% a 25% kvantil (1. a 3. kvartil) a mezikvartilové rozpětí. Vzhledem k povaze dat je nevhodné používat modus<sup>48</sup> či variační koeficient<sup>49</sup>.

<sup>44</sup> Doporučením autora je použití jednoduchých třídících VBA maker v programu Excel

<sup>45</sup> Včetně ohledu na celkový rozsah práce

<sup>46</sup> Závěry z analýzy, není myšleno samotné naměřené hodnoty

<sup>47</sup> Jelikož pracujeme s empiricky zjištěnými daty

<sup>48</sup> Rozlišení přepočítaných dat není omezeno na počet desetinných míst

<sup>49</sup> Zkreslení výsledků pokud uvažujeme hodnoty jako pozici na ose

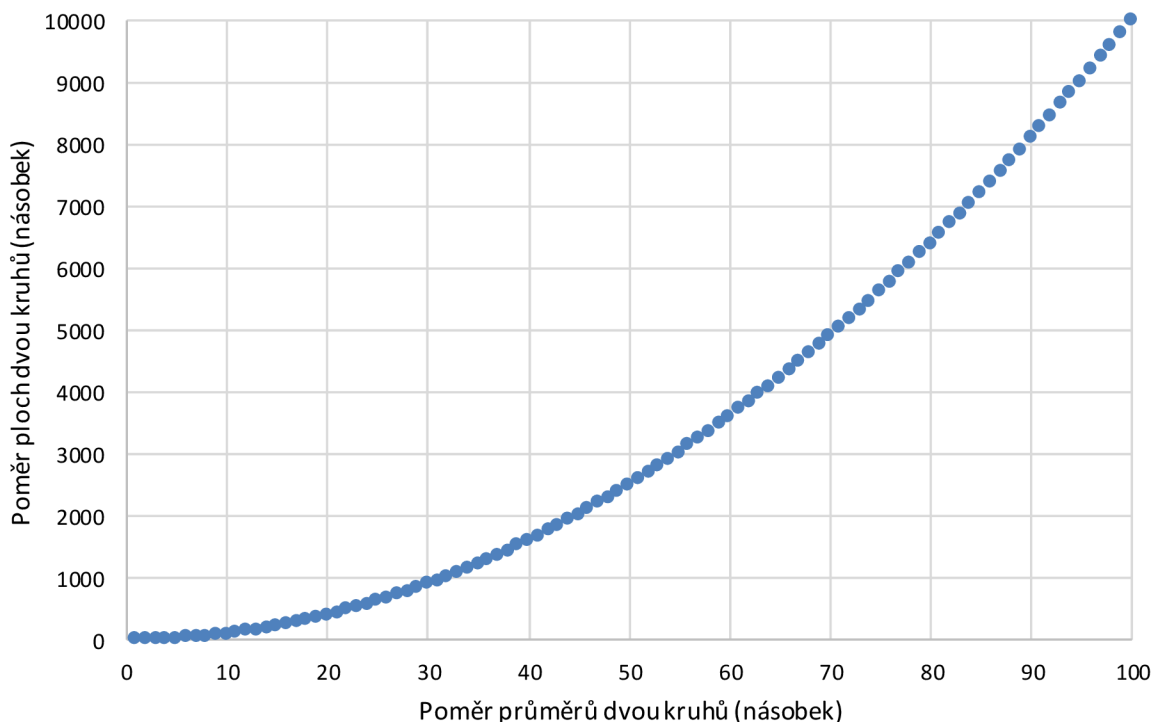
## 8.4 Vztah průměru a plochy kruhu

Další důležitý bod je, že ačkoli jsou primárně určeny dostupné průměry měřících otvorů, tak není vhodné porovnávat tyto hodnoty s naměřenými daty a zpracovanými výsledky napřímo. Předpokladem je, že rozptyl měření je přímo ovlivněn plochou měřícího otvoru, a viz tabulka níže, rozdíl v poměrech mezi průměrem a plochou kruhu dostupných měřících otvorů je vždy dán druhou mocninou původní hodnoty:

**Tabulka 3:** Rozdíly v poměrech průměrů a ploch kruhů

Průměr (mm):	Poměr (vůči 6mm):	Plocha (mm <sup>2</sup> )	Poměr (vůči 28,27mm <sup>2</sup> ):
6	1	28,27	1
9	1,5	63,62	2,25
30	5	706,86	25

Toto pravidlo platí obecně, nejen pro tyto hodnoty, jedná se tedy o jednoduchou kvadratickou funkci, resp. závislost, kde poměr ploch dvou kruhů je vždy roven poměru průměrů těchto kruhů na druhou, viz graf níže.



**Obrázek 14:** Graf poměrů průměrů a ploch kruhů

## 8.5 Kritéria hypotéz

Námi definovaným hypotézám je nyní možno po osvětlení všech okolností přiřadit konkrétní kritéria, dle kterými je buď přijmeme či zamítneme:

**H1) Preciznost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  na jednom vzorku  $\leq 0,15$  CIELAB jednotek

Hodnoty pro jednotky  $a^*$  a  $b^*$  jsou přebrány z SCR, pro  $L^*$  je pak v rámci zachování jednotného hodnocení převzata též. Vyhodnocení dle jiných mír statistické variability či testováním statistických hypotéz není pro tento případ zvažováno, jelikož tyto přístupy nejsou v běžné praxi užívány, resp. zákazníkem požadovány. Zároveň je tímto sice nutno počítat se začleněním odlehlých pozorování do výsledků, ale právě ty nám vhodně ilustrují možnou variabilitu našich vzorků.

**H2) Pravdivost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  mezi rozdílnými vzorky  $\leq 0,25$  CIELAB jednotek

Tato hodnota je stanovena obecným pravidlem jakožto 50% nejužšího tolerančního pole deklarovaného pro tyto jednotky v CSR, včetně ohledu na výše uvedený požadavek preciznosti.

## 8.6 Měření nezpracovaného granulátu

První část této vlastní analýzy má povahu rozvahy. Je prvně nutné si definovat, jak se bude moci vybráný materiál vůbec měřit. Předpokladem je, že není vhodné na dostupných zařízeních měřit jednotlivá zrnka. Je nutno tedy mít k dispozici určitou minimální plochu hromadného vzorku z velkého množství těchto jednotlivých zrn. Pokud by se však jednalo pouze o jednu vrstvu, budou mezi nimi značné mezery, takže granulát musí také být naakumulován do určité výše či tloušťky, dokud nebude měření způsobovat prosvit paprsků skrz. Ideální by také bylo, aby byl materiál z měřené strany zarovnaný do relativně rovny plochy. Bude tedy nutno definovat a zajistit či připravit specifickou laboratorní pomůcku, která umožní vzorky takto měřit.

Zároveň, je-li brána v úvahu zmíněná nehomogenita vzorku, lze předpokládat předpokládat, že velikost měřené plochy bude nepřímo úměrná variabilitě výsledků, a to jak přesnosti, tak preciznosti. Pro účel analýzy je tedy vhodné využít již definovaného spektrofotometru s nastavitelnou velikostí měřicího otvoru, konkrétně tedy s co největším, který je prakticky k dispozici a používán. Tímto je vliv velikosti měřené plochy možno zhodnotit.

Další bod, který je nutno zvažovat, je vliv konkrétního uspořádání zrn, které lze jen stěží dostatečně ovlivnit. Je tedy vhodné vyhodnotit, jaký vliv má na tento materiál, pokud není mezi jednotlivými měřeními vůbec ovlivňován, pokud je pouze pootočen a pokud je celý obsah důkladně protřepán a jednotlivá zrna tímto promíchána.

Nebudou využívány žádné předem stanovené standardy či očekávané hodnoty a za předpokladu použití stejné metody, zařízení a pomůcek slouží k orientaci pouze vlastní předchozí měření.

### 8.6.1 Kyveta

Kyveta je nádoba pro laboratorní použití primárně pro různé vzorky ve stavu kapalném či prášku, v tomto případě tedy však drobných zrn. Standardně dostupné a používané kyvety pro spektrální analýzu nebývají v dostatečných rozměrech a pro potřeby našich měření byla tedy vyhotovena sada dvou identických prototypů, viz obrázek dále:





**Obrázek 15:** Fotografie prototypové kyvety

Zdroj: Foto autor

S ohledem na předejití či co největšímu zamezení ovlivnění výsledků je předpokládáno, že je nutné dodržet minimálně následující čtyři principy:

- 1) Kyveta musí být z neprůsvitného materiálu a uzavíratelná, aby nedocházelo k průniku vnějšího světla skrz materiál.
- 2) Vnitřní část musí být matně černá, aby nedocházelo k odrazu měřeného světla od stěn.
- 3) Použité sklo musí být maximálně spektrálně čisté a tenké.
- 4) Boční okraje skla nesmí být obnažené.

Válec je tedy ze začerněného kartonu, víko plastové s černým vliesem po okrajích pro lepší utěsnění. Jako sklo bylo použito Planibel Clearvision o tloušťce 3 mm. To by mělo být v rámci komerčně dostupného skla mimořádně čiré, přesto jeho vliv na měření bude dále upřesněný v následujících kapitolách. Maximální gramáž materiálu<sup>50</sup> při uzavření je přibližně 200 g, avšak veškerá měření byla prováděna na vzorcích o váze 100 g, při které již nedocházelo k viditelnému průsvitu světla.

Během prvních měření se však u těchto prototypů projevili dvě obdobné komplikace. Jelikož je sklo pevně přiděláno, je značně obtížné jej čistit. Zároveň, čištění skla nanovlákněným textilním materiálem zřejmě vyvolává tzv. triboelektrický jev<sup>51</sup>, a po několika výměnách vzorků začínají jednotlivá zrnka ulpívat v jeho okrajích, což by v případě pokračování s touto variantou bylo záhodno konstrukčně vyřešit.

<sup>50</sup> Materiál odsypáván dle váhy, ne objemu

<sup>51</sup> Způsob vzniku statické elektřiny třením

## 8.6.2 Plán experimentů

Plán experimentů této části práce je rozdělen na dva samostatné segmenty, přičemž každý se zabývá jinou problematikou. V prvním jsou k dispozici náměry samotných vzorků, které probíhaly dle následující souhrnné tabulky:

**Tabulka 4:** Souhrn prvních měření vzorků granulátu

Skupina měření:	Odstín:	Apertura (mm):	Počet měření + komentář:
A1.	Černá Satin	30	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A2.	Černá Titan	30	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A3.	Šedá	30	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A4.	Běžová	30	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A5.	Černá Satin	9	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A6.	Černá Titan	9	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A7.	Šedá	9	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A8.	Běžová	9	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A9.	Černá Satin	6	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A10.	Černá Titan	6	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A11.	Šedá	6	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
A12.	Běžová	6	20 celkem, vždy pootáčeno, po 10ti protřepáno
B1.	Černá Satin	30	20 celkem, vždy protřepáno
B2.	Černá Satin	30	20 celkem, vždy protřepáno
B3.	Černá Satin	30	20 celkem, vždy protřepáno
B4.	Černá Satin	30	20 celkem, opakováno bez zásahu
B5.	Černá Titan	30	20 celkem, vždy protřepáno

Celkem bylo tedy pro tuto dílčí část provedeno 340 jednotlivých měření.

Ve druhém zmíněném segmentu pak zároveň došlo k naměření kalibračních standardů použitého spektrofotometru, a to jak samotných, tak se sklem či v použité kyvetě, pokud to její rozměry dovozovaly<sup>52</sup>.

**Tabulka 5:** Souhrn prvních měření skla prototypové kyvety

<b>Skupina měření:</b>	<b>Měřený vzorek:</b>	<b>Apertura (mm):</b>	<b>Počet měření + komentář:</b>
C1.	Standard černý	30	10 celkem, vždy nadzvednut <sup>53</sup>
C2.	Standard černý + sklo	30	10 celkem, sklo vždy pootáčeno, standard nadzvednut
C3.	Standard černý + kyveta	30	10 celkem, kyveta vždy pootáčena, standard nadzvednut
C4.	Standard bílý	30	10 celkem, vždy pootáčen
C5.	Standard bílý + sklo	30	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny
C6.	Standard zelený	30	10 celkem, vždy pootáčen
C7.	Standard zelený + sklo	30	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny
C8.	Standard černý	9	10 celkem, vždy nadzvednut
C9.	Standard černý + sklo	9	10 celkem, sklo vždy pootáčeno, standard nadzvednut
C10.	Standard černý + kyveta	9	10 celkem, kyveta vždy pootáčena, standard nadzvednut
C11.	Standard bílý	9	10 celkem, vždy pootáčen
C12.	Standard bílý + sklo	9	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny
C13.	Standard zelený	9	10 celkem, vždy pootáčen
C14.	Standard zelený + sklo	9	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny
C15.	Standard černý	6	10 celkem, vždy nadzvednut
C16.	Standard černý + sklo	6	10 celkem, sklo vždy pootáčeno, standard nadzvednut
C17.	Standard černý + kyveta	6	10 celkem, kyveta vždy pootáčena, standard nadzvednut
C18.	Standard bílý	6	10 celkem, vždy pootáčen
C19.	Standard bílý + sklo	6	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny
C20.	Standard zelený	6	10 celkem, vždy pootáčen
C21.	Standard zelený + sklo	6	10 celkem, sklo i standard vždy nezávisle pootáčeny

Celkem bylo tedy pro tuto dílčí část provedeno 210 jednotlivých měření.

<sup>52</sup> Pouze černý standard (válcového tvaru) bylo možno vložit do kyvety, zbylé dva mají přibližný tvar nízkého kvádrů s přílišnou stěnovou úhlopříčkou

<sup>53</sup> Černý standard nebylo možno otáčet, musí vždy směřovat konkrétním směrem

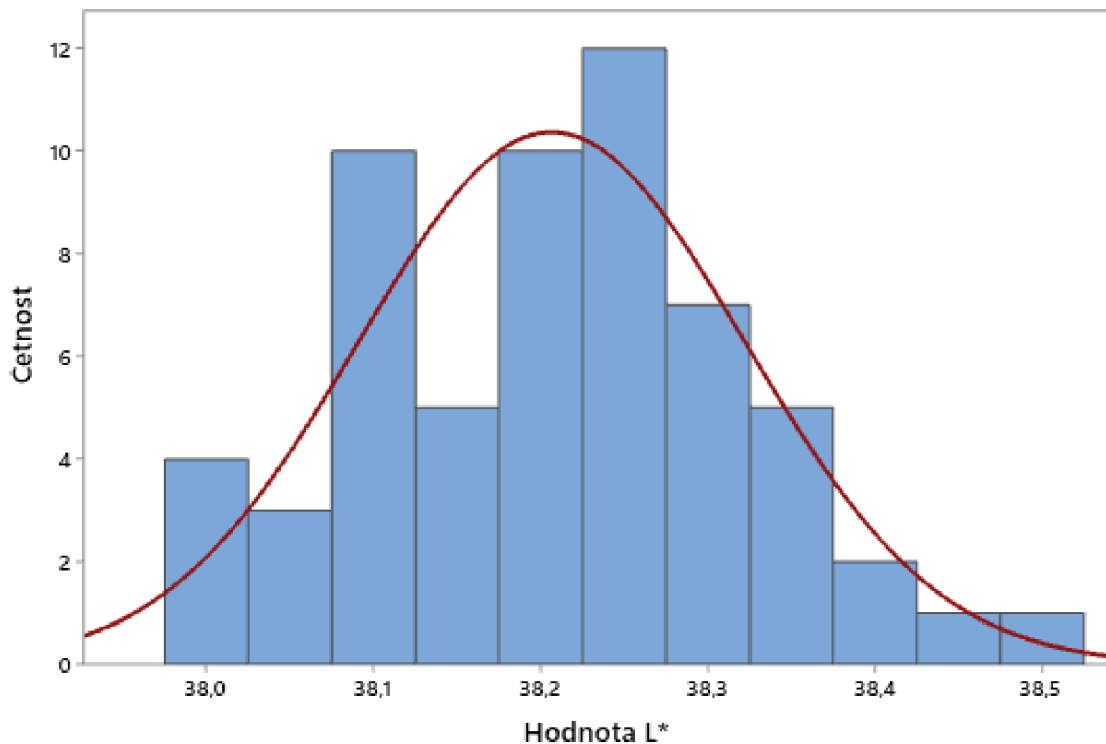
### 8.6.3 Naměřené výsledky a analýza vlivů

„Definice šilenství je dělat stejnou věc znovu a znovu a očekávat jiné výsledky.“

Albert Einstein

Souhrnné výsledky ze statistického zpracování těchto dat jsou dostupné jako přílohy A až C. Níže jsou pak pouze vybraná základní pozorování a souvislosti na nejdůležitějších z uvedených charakteristik variability, jelikož nelze z praktických důvodů rozsahu práce uvést zcela vše, stejně jako část tabulek je přesunuta do příloh.

Základním předpokladem je, že naměřená data pocházejí z přibližně normálního rozdělení, tedy zda jejich histogram zhruba zaujímá tvar Gaussovy křivky. Níže je pak souhrnné grafické zpracování hodnot  $L^{*54}$  pro měření B1 až B3:



**Obrázek 16:** Histogram naměřených hodnot  $L^*$  na granulátu

Souhrnný histogram výše přibližně odpovídá hustotě normálního rozdělení pravděpodobnosti, přesto že je zatížen chybami, odlehlými měřeními a relativně menším množstvím jednotlivých prvků (60 výsledků). Zvolený Andersonův-Darlingův test normality nám udává p-hodnotu 0,672, normalitu tedy nezamítáme.

<sup>54</sup> S ohledem na největší rozpětí z hodnot  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$

## 8.6.4 Vyhodnocení vlivu skla kyvety

Je možno očekávat, že sklíčko kyvety bude výsledky zčásti ovlivňovat, avšak je nutné si určit, zda a jak moc dojde k posunutí naměřených hodnot či rozšíření nejistoty měření. Zároveň, pak zvážit, zda je to na požadované úrovni přesnosti podstatné či to můžeme zanedbat. Jak již bylo zmíněno, jako nejvhodnější vzorky k vyhodnocení byly použity kalibrační a diagnostické standardy spektrofotometru, a to černý, bílý a zelený. Bohužel, pouze černý standard, koncipovaný jako kruhová světelná past, je možno vložit do kyvety, zbytek je nutno měřit na odděleném sklíčku.

Primární je zde srovnání jejich rozpětí jednotlivých hodnot, tedy zda jsou oba případy pro nás přijatelné. Rozdíly mezi průměry jsou nám pak pouze indikací, zda nedošlo k zanedbání nějakého nezohledněného faktoru, ale není jim dána konkrétní podmínka. Porovnání pro apertury 9 a 6 mm jsou pod přílohou I, označené jako tabulky I1 a I2.

**Tabulka 6:** Porovnání měření černého standardu na sklíčku a v kyvetě, 30 mm apertura

Hodnota:	Měření:	Výběrový průměr:	Rozpětí:
L*:	Standard + sklo:	34,632	<b>0,051</b>
	Standard + kyveta:	34,531	<b>0,024</b>
	Rozdíl:	0,101	0,027
a*:	Standard + sklo:	-0,182	<b>0,033</b>
	Standard + kyveta:	-0,185	<b>0,051</b>
	Rozdíl:	0,002	0,018
b*:	Standard + sklo:	-0,641	<b>0,052</b>
	Standard + kyveta:	-0,630	<b>0,115</b>
	Rozdíl:	0,011	0,063

S přihlédnutím k těmto tabulkám a požadavkům první hypotézy je možno tedy měření na sklíčku pro rozměry měřicího otvoru 30 a 9 mm považovat za přijatelnou alternativu kyvety. U měření na otvoru 6 mm se sice v jednom případě již projeví větší odchylky, než je žádáno, ale vzhledem k zahrnutí pouze jedné odlehle hodnoty v tomto souboru je prozatím v další analýze ponechán.

Dále je potřeba stanovit si rozdíl v naměřených hodnotách a jejich rozpětí při měření bez a se sklíčkem. Rozdíly v hodnotách výběrových průměrů však stále nejsou argumentem pro vyhodnocení druhé hypotézy, i když je přejato její hodnotící kritérium, ale pouze k určení, zda je nutno definovat si vlastní měření jakožto standard pro další hodnocení. Porovnání pro hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  můžeme nalézt pod přílohou I, označené jako tabulky I3 a I4.

**Tabulka 7:** Porovnání vlivu sklíčka na měření standardů v  $L^*$

Apertura (mm):	Hodnota:	Měření:	Barevný standard:		
			Černý	Bílý	Zelený
30	Výběrový průměr $L^*$ :	Standard:	0,060	95,750	86,581
		Standard + sklo:	34,632	95,156	86,217
		Rozdíl:	<b>34,571</b>	<b>0,594</b>	<b>0,364</b>
	Rozpětí $L^*$ :	Standard:	<b>0,159</b>	<b>0,016</b>	<b>0,031</b>
		Standard + sklo:	<b>0,051</b>	<b>0,027</b>	<b>0,016</b>
		Rozdíl:	0,108	0,010	0,015
9	Výběrový průměr $L^*$ :	Standard:	0,041	95,694	86,629
		Standard + sklo:	34,530	94,066	85,242
		Rozdíl:	<b>34,489</b>	<b>1,628</b>	<b>1,387</b>
	Rozpětí $L^*$ :	Standard:	<b>0,094</b>	<b>0,105</b>	<b>0,117</b>
		Standard + sklo:	<b>0,030</b>	<b>0,078</b>	<b>0,098</b>
		Rozdíl:	0,065	0,027	0,019
6	Výběrový průměr $L^*$ :	Standard:	0,027	95,691	86,595
		Standard + sklo:	34,560	92,810	84,037
		Rozdíl:	<b>34,533</b>	<b>2,880</b>	<b>2,558</b>
	Rozpětí $L^*$ :	Standard:	<b>0,055</b>	<b>0,113</b>	<b>0,214</b>
		Standard + sklo:	<b>0,047</b>	<b>0,363</b>	<b>0,206</b>
		Rozdíl:	0,008	0,250	0,008

Měření na standardech je tedy možno sesumarovat následovně:

**Tabulka 8:** Vyhodnocení přesnosti měření kyvetou

Apertura (mm):	Měření kyvetou:		Měření standardu:
	Pravdivost:	Preciznost:	Preciznost:
30	NE	ANO	NE
9	NE	NE	NE
6	NE	NE	NE

Z těchto hodnot je patrné, že především:

1) **Preciznost** měření byla přijatelná pro všechny tři atributy pouze při použití měřicího otvoru 30 mm a kyvety.

Vzhledem k tomu, že problematický je především samotný černý standard bez skla, je však vlna přikládána především jeho konstrukčnímu řešení než preciznosti měření samotného přístroje. Výsledky se v tomto případě totiž pohybují v téměř nulových hodnotách, kterých na skutečných fyzických vzorcích nelze prakticky dosáhnout.

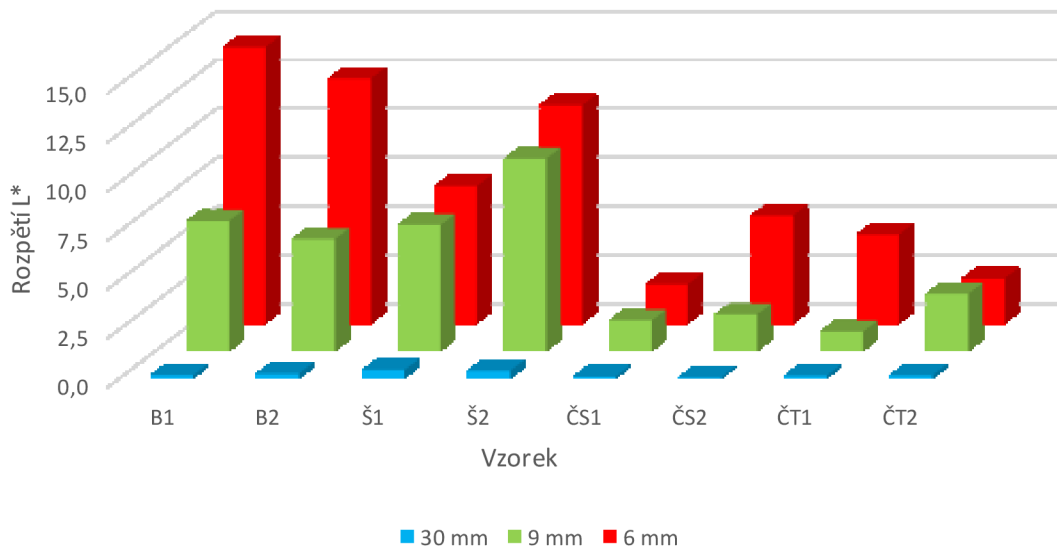
2) **Pravdivost** měření je v tomto případě nedostatečná, především dochází ke značnému zkreslení hodnot  $L^*$  u tmavých odstínů<sup>55</sup>, přičemž však tento posun ke světlejšímu odstínu má kladný vliv na preciznost těchto měření.

Pro potvrzení pravdivosti měření vzorků je tedy nutno vždy buď jeden určit jako vlastní standard, popř. porovnávat je pouze mezi sebou.

<sup>55</sup> Nízké hodnoty světlosti,  $L^*$

## 8.6.5 Vyhodnocení měření granulátu

V návaznosti na předchozí kapitolu je jakožto první opět vyhodnocen vliv velikosti měřicího otvoru. Na grafech níže a v příloze J pod čísly J1 a J2 jsou na grafech vyneseny hodnoty rozpětí na měřeních A1 až A12, rozdělené navíc po 10ti měření<sup>56</sup>:



**Obrázek 17:** Rozpětí  $L^*$  dle velikosti měřicího otvoru

Ačkoli je zvláštností, že rozptyly hodnot  $u^*$  a  $b^*$  jsou u 9mm průměru měřicího otvoru často větší než u 6mm, jedná se stále o čísla o řád vyšší než u 30mm. Je tedy opět prokazatelné, že pro tyto účely je největší měřená plocha nejvhodnější. V následující ukázkové tabulce jsou pak v návaznosti na již definované poměry měřených ploch srovnání poměrů rozpětí pro  $L^*$ .

<sup>56</sup> Tedy na skupiny 1 a 2 před a po protřepání



**Tabulka 9:** Poměry rozpětí L\* dle velikosti měřicího otvoru

<b>Rozměr:</b>	<b>B1:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>B2:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>Š1:</b>	<b>Poměr:</b>
6 mm	14,122	1,000	12,528	1,000	7,018	1,000
9 mm	6,655	2,122	5,727	2,187	6,449	1,088
30 mm	0,176	80,437	0,249	50,265	0,431	16,277
<b>Rozměr:</b>	<b>Š2:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>ČS1:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>ČS2:</b>	<b>Poměr:</b>
6 mm	11,159	1,000	2,004	1,000	5,531	1,000
9 mm	9,823	1,136	1,568	1,278	1,875	2,950
30 mm	0,403	27,671	0,101	19,758	0,060	92,372
<b>Rozměr:</b>	<b>ČT1:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>ČT2:</b>	<b>Poměr:</b>	<b>Průměr:</b>	<b>Poměr:</b>
6 mm	4,563	1,000	2,311	1,000	7,405	1,000
9 mm	0,997	4,575	2,930	0,789	4,503	1,644
30 mm	0,147	31,118	0,165	13,984	0,217	34,192

Ačkoli jsou experimentálně získaná data zatížena nepřesnostmi, tak v průměru 25ti násobek měřené plochy snížil rozpětí hodnot 34krát. Bohužel námi definovaný požadavek první hypotézy na maximální rozpětí hodnot 0.15 není v naprosté většině případů dodržen.

Stále jsou však porovnávány pouze varianty, kdy nedošlo k promíchání granulátu. Pro prověření, zda je alespoň 30 mm průměr měřicího otvoru dostatečný k tomu, aby došlo k vyvarování se vlivu nehomogennímu rozložení a tvaru materiálu, je nutno porovnat výsledky před a po promíchání.

Tabulka 10:  $\Delta L^*$  mezi měřeními po protřepání

Barva:	Měření:	Maximu:	Minimum:	Výběrový průměr:
Běžová	1.	72,665	72,489	72,544
	2.	71,651	71,402	71,515
	Rozdíl:	<b>1,014</b>	<b>1,087</b>	<b>1,029</b>
Šedá	1.	63,545	63,114	63,303
	2.	64,112	63,709	63,874
	Rozdíl:	<b>0,567</b>	<b>0,594</b>	<b>0,571</b>
Černá Satin	1.	38,369	38,267	38,309
	2.	38,144	38,085	38,116
	Rozdíl:	<b>0,224</b>	<b>0,183</b>	<b>0,193</b>
Černá Titan	1.	38,397	38,250	38,311
	2.	37,852	37,687	37,760
	Rozdíl:	<b>0,545</b>	<b>0,564</b>	<b>0,551</b>

Tabulka 11:  $\Delta a^*$  mezi měřeními po protřepání

Barva:	Měření:	Maximu:	Minimum:	Výběrový průměr:
Běžová	1.	0,168	0,134	0,147
	2.	0,132	0,102	0,118
	Rozdíl:	<b>0,036</b>	<b>0,031</b>	<b>0,028</b>
Šedá	1.	-0,948	-0,966	-0,958
	2.	-0,958	-0,988	-0,972
	Rozdíl:	<b>0,010</b>	<b>0,023</b>	<b>0,014</b>
Černá Satin	1.	-0,304	-0,346	-0,323
	2.	-0,290	-0,335	-0,315
	Rozdíl:	<b>0,014</b>	<b>0,011</b>	<b>0,008</b>
Černá Titan	1.	-0,230	-0,286	-0,256
	2.	-0,228	-0,272	-0,253
	Rozdíl:	<b>0,002</b>	<b>0,014</b>	<b>0,003</b>

**Tabulka 12:**  $\Delta b^*$  mezi měřeními po protřepání

Barva:	Měření:	Maximu:	Minimum:	Výběrový průměr:
Běžová	1.	7,279	7,246	7,260
	2.	7,196	7,108	7,161
	Rozdíl:	<b>0,083</b>	<b>0,137</b>	<b>0,099</b>
Šedá	1.	1,708	1,654	1,689
	2.	1,758	1,676	1,709
	Rozdíl:	<b>0,050</b>	<b>0,022</b>	<b>0,020</b>
Černá Satin	1.	-0,617	-0,691	-0,668
	2.	-0,609	-0,712	-0,659
	Rozdíl:	<b>0,007</b>	<b>0,020</b>	<b>0,008</b>
Černá Titan	1.	-0,582	-0,688	-0,634
	2.	-0,575	-0,649	-0,617
	Rozdíl:	<b>0,007</b>	<b>0,040</b>	<b>0,018</b>

Tyto výsledky jsou však v  $L^*$  taktéž značně nevyhovující. Je zřejmé, že se často ani rozpětí hodnot nesetkávají. Dále bude tedy nutné na této velikosti měřicího otvoru materiál v průběhu měření vždy promíchat. Z dat B1 až B3 je tedy porovnána opakovaná přesnost měření včetně rozpětí:

**Tabulka 13:** Opakovaná přesnost a rozpětí pro  $L^*$  při protřepávání

Hodnota:	Vzorek:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:
$L^*$ :	B1.:	38,495	38,005	<b>0,490</b>	38,217
	B2.:	38,460	38,074	<b>0,387</b>	38,245
	B3.:	38,372	38,005	<b>0,368</b>	38,158
	Rozpětí:	0,123	0,069	0,122	<b>0,087</b>

**Tabulka 14:** Opakovaná přesnost a rozpětí pro  $a^*$  při protřepávání

Hodnota:	Vzorek:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:
$a^*$ :	B1.:	-0,236	-0,288	<b>0,052</b>	-0,261
	B2.:	-0,228	-0,286	<b>0,058</b>	-0,263
	B3.:	-0,220	-0,279	<b>0,059</b>	-0,254
	Rozpětí:	0,016	0,009	0,007	<b>0,009</b>

**Tabulka 15:** Opakovaná přesnost a rozpětí pro  $b^*$  při protřepávání

Hodnota:	Vzorek:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:
$b^*$ :	B1.:	-0,753	-0,835	<b>0,082</b>	-0,793
	B2.:	-0,730	-0,846	<b>0,116</b>	-0,780
	B3.:	-0,723	-0,826	<b>0,103</b>	-0,773
	Rozpětí:	0,030	0,020	0,034	<b>0,021</b>

Postupným měřením při průběžném protřepání materiálu jsme se sice dokázali dostat na úroveň pravdivosti požadovanou druhou hypotézou, avšak preciznost požadovaná hypotézou první je v  $L^*$  stále nedostatečná, což bude detailněji rozvedeno dále.

## 8.6.6 Vyhodnocení hypotéz u měření nezpracovaného granulátu

„Má-li problém řešení, nemá smysl dělat si starosti. Když řešení nemá, starosti nepomohou.“

Dalajláma, 14. dalajláma

Pro výsledné zhodnocení je nejvhodnější varianta měření s průběžným protřepání vzorku, navíc pouze s velikostí měřicího otvoru 30mm. Měřicí otvory 9 a 6 mm nebyly s ohledem na předchozí dosažená rozpětí bez promíchávání vůbec zvažovány. Z té nám vyplývají následující závěry o našich hypotézách o:

**H1) Preciznost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  na jednom vzorku  $\leq 0,15$  CIELAB jednotek

Tuto hypotézu **zamítáme**, preciznost měření v  $L^*$  je značně nevyhovující. Nehomogenita materiálu navyšuje celkové rozpětí v jedné sadě měření černých odstínů přibližně 5ti násobně oproti měření bez promíchávání.

**H2) Pravdivost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  mezi různými vzorky  $\leq 0,25$  CIELAB jednotek

Tuto hypotézu **přijímáme**, ale pouze za předpokladu nutnosti velkého počtu jednotlivých měření. To je však v podobných případech zcela běžné a časová náročnost je zde minimální.

S ohledem na výsledky poměrů rozpětí a ploch měřících otvorů lze odvozovat, že navýšením měřené plochy nad námi dostupné zařízení lze tento přístup aplikovat, ale nedostupnost takového spektrofotometru neumožňuje jak další analýzu, tak uplatnění v praxi.

Jakožto související poznámku je možno uvést, že společnost ColorLite GmbH nyní nově nabízí takovéto specializované adaptéry pro měření barvy granulovaných materiálů s měřícím otvorem až 80 mm v průměru, které by údajně již měli být pro tyto účely dostatečné. Technologické detaily ke konstrukci zařízení a přesnosti měření však nejsou veřejně přístupné.

## 8.7 Měření na laboratorně připravených vzorcích

Primární možností přípravy vhodnějších vzorků je přiblížení se samotnému procesu vstřikování, který však není prakticky možno zcela technologicky napodobit v laboratoři. Pro eliminaci finančních nákladů je vhodné zvážit obdobné, avšak technologicky prostší procesy výroby plastových výrobků. Jakožto základní premisa je zde zvolen proces tepelného tváření<sup>57</sup>, kde je výrobek ve formě pouze vylisován do určitého tvaru za působení tepla a tlaku. Pro účely další rozvahy je možno jej rozdělit na čtyři základní procesní kroky:



**Obrázek 18:** Základní struktura procesu tepelného tváření

Pro zajištění co nejvyšší přesnosti při opakování výroby jednotlivých vzorků, je nutno mít zaručení stabilních výrobních parametrů a podmínek. Ohřev je možno nejjednodušeji zajistit využitím laboratorní pece či dokonce kuchyňské trouby, které jsou schopny operovat v potřebném tepelném rozpětí. Obecně můžeme konstatovat, že vždy je nutno se řídit materiálovým listem či doporučením dodavatele materiálu, ale pro PP se při zpracování vstřikováním pohybujeme zpravidla v rozmezí 220-280°C.

Design formy musí respektovat minimální požadavky na velikost vzorku, působit stabilním tlakem při formování, umožňovat odvod vzduchu a zároveň být dostatečně kompaktní k běžné manipulaci a údržbě. Toto bude detailněji řešeno a přizpůsobováno heuristickým přístupem v několika iteracích na fyzickém prototypové nástroji.

Jelikož u prototypu nástroje není zvažováno zavádění separátního chlazení formy a vzorků, bude tohoto dosaženo pouze samovolně za pokojové teploty, což je značně časově náročnější. Jakákoli manipulace s nástrojem a extrakce vzorků pak bude probíhat zcela manuálně.

### 8.7.1 Náměry urmustrů

Před samotným výčtem jednotlivých iterací výrobního postupu je vhodné zvážit přesnost samotného měření přístroje. To je zhodnoceno na oficiálních fyzických urmustrech odpovídajících barevných odstínů. Z předchozího přístupu upřednostňujeme měření největším dostupným otvorem, tedy 30mm, který dále slouží jako předloha ke zhodnocení přesnosti následných měření našich vzorků. Předpokladem opět je, že právě větší naměřená plocha případné drobné lokální odchylky na vzorcích co nejvíce eliminuje.

<sup>57</sup> Anglicky thermoforming

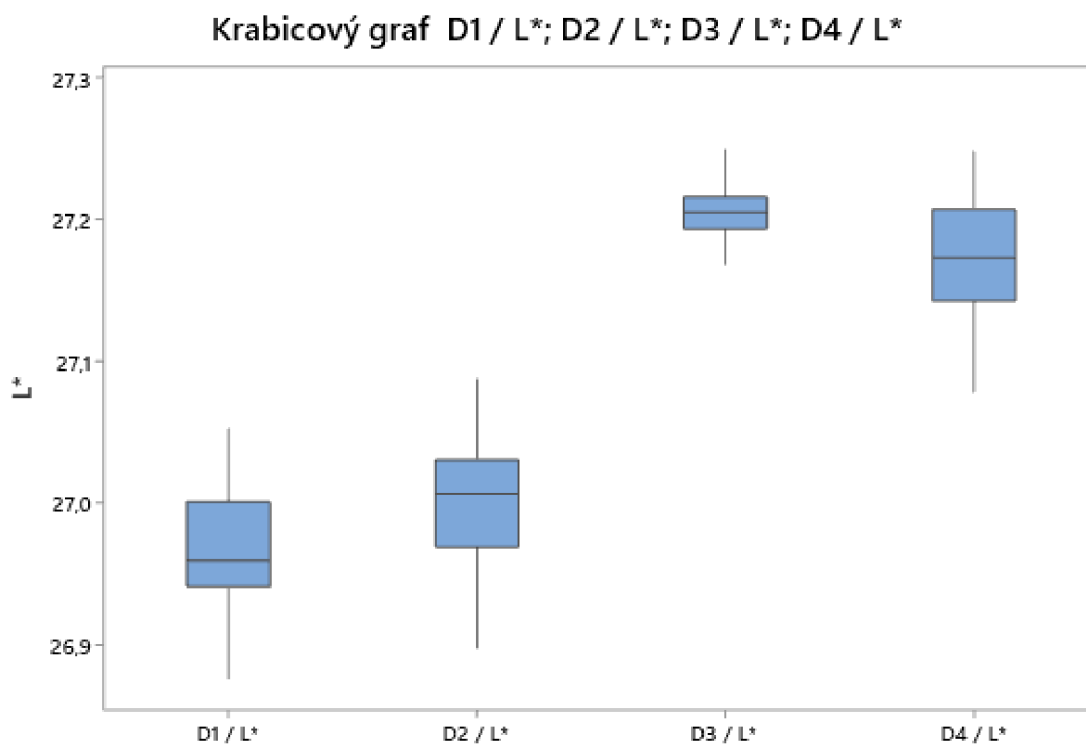
Jelikož se však většina fyzických urmustrů od sebe v provedení částečně liší a neobsahují vždy totožné dezény, je kompletní výčet těch které byly prakticky dostupné shrnut v následující tabulce<sup>58</sup>:

**Tabulka 16:** Souhrn měřených fyzických urmustrů

<b>Skupina měření:</b>	<b>Měřený urmuster:</b>	<b>Dezén:</b>	<b>Počet měření:</b>
D1.	Černá Satin	K3B	20
D2.	Černá Satin	K3N	20
D3.	Černá Satin	K29	20
D4.	Černá Satin	K31	20
D5.	Šedá	K48	20
D6.	Šedá	K49	20
D7.	Šedá	K21	20
D8.	Šedá	K31	20
D9.	Běžová	K2T	20
D10.	Běžová	K2U	20
D11.	Běžová	K4R	20
D12.	Běžová	K29	20
D13.	Běžová	K31	20

Celkem bylo tedy pro tuto dílčí část provedeno 260 jednotlivých měření. Jejich statistická vyhodnocení jsou dostupná jakožto příloha D. Výsledky na ukázce měření urmusteru černé Satin v hodnotě L\* jsou dále znázorněné pomocí krabicového grafu, stejně jako souhrnné výsledky rozpětí všech hodnot L\* v tabulce následující. Pro hodnoty a\* a b\* je toto k nalezení v příloze K.

<sup>58</sup> Urmustr pro odstín TitanSchwarz je nyní již pouze v elektronické verzi



**Obrázek 19:** Krabicový graf hodnot L\* na urmusteru černá Satin

**Tabulka 17:** Rozpětí hodnot L\* na urmusterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Průměrné rozpětí všech urmustrů:
Černá Satin	D1.	K3B	0,176	0,154	0,168
	D2.	K3N	0,189		
	D3.	K29	0,080		
	D4.	K31	0,169		
Šedá	D5.	K48	0,185	0,158	
	D6.	K49	0,181		
	D7.	K29	0,134		
	D8.	K31	0,134		
Běžová	D9.	K2T	0,084	0,187	
	D10.	K2U	0,135		
	D11.	K4R	0,224		
	D12.	K29	0,236		
	D13.	K31	0,257		



Rozpětí měření v  $L^*$  a v některých případech i  $b^*$  není dostatečné s ohledem na požadavky první hypotézy. Jelikož se jedná o oficiální urmustrы vydané zákazníkem a hodnoty jsou překročeny pouze mírně, můžeme tyto náměry případně dále považovat za podmíněně přijatelnou hranici pro rozšíření požadavků této hypotézy.

Dále je z teorie usuzováno, že použitá geometrie měření  $8^\circ$  SCI umožňuje získat výsledky bez ohledu na tvar či lesk povrchu vzorku. Jak již ale krabicové grafy výše naznačují, tak průměrné hodnoty se nám často poněkud liší. Jelikož je každý urmustr se všemi dezény jeden kus z jednoho vstřikovacího cyklu, měli bychom teoreticky vždy získat stejné výsledky. Tabulka níže nám tyto výsledky v  $L^*$  porovnává, pro hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  jsou pak opět k dohledání v příloze K.

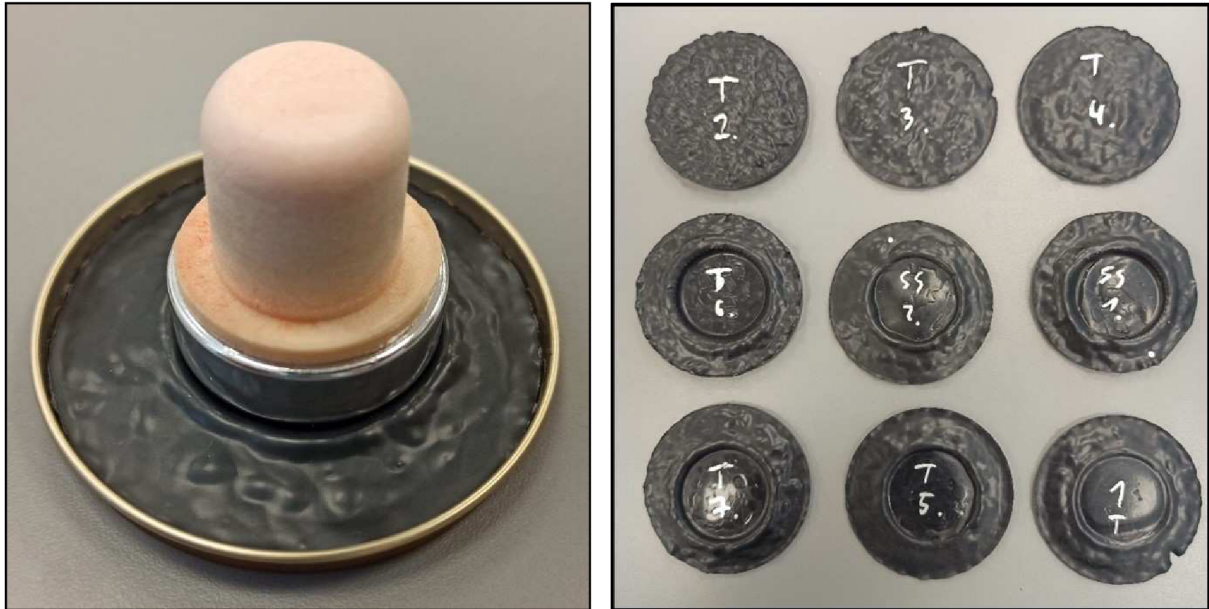
**Tabulka 18:** Výběrový průměr hodnot  $L^*$  na urmusterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	D1.	K3B	26,964	0,240
	D2.	K3N	27,001	
	D3.	K29	27,204	
	D4.	K31	27,174	
Šedá	D5.	K48	69,537	0,177
	D6.	K49	69,714	
	D7.	K29	69,592	
	D8.	K31	69,644	
Běžová	D9.	K2T	69,702	0,216
	D10.	K2U	69,845	
	D11.	K4R	69,629	
	D12.	K29	69,781	
	D13.	K31	69,758	

Jak je zřejmé, ačkoli se rozdíly nezdají markantní a jsou těsně pod hranicí naší hypotézy o pravdivosti, tak naše obecná teorie bohužel není zcela objektivní. Na úrovni přesnosti měření, kterou požadujeme, je tedy nutné co nejvíce sjednotit měřený povrch plánovaných vzorků.

## 8.7.2 Příprava vzorků – iterace č. 0

Úplně prvními pokusy před konstrukcí prototypového nástroje na vzorky byla jednoduchá plastifikace a tváření granulátu v mělké kovové nádobce o průměru 5 cm, viz fotografie níže:



**Obrázek 20:** První pokusy o plastifikaci a tváření materiálu

Zdroj: Foto autor

Celkem bylo zhotoveno kolem 25 jednotlivých vzorků v různých odstínech, na kterých bylo ověřeno / zjištěno následující:

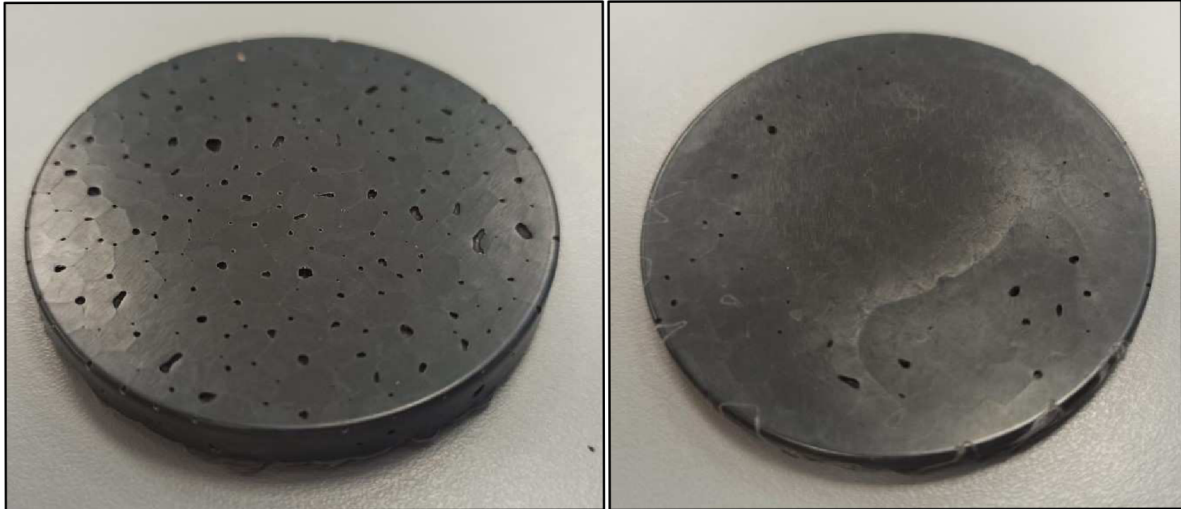
1) Optimální teplota výroby vzorků z těchto materiálů je 250°C. Při nižších teplotách se prodlužuje potřebná doba na zhotovení, zatímco při teplotách již kolem 270°C dochází k postupné viditelné tepelné degradaci především světlejších materiálů, viz fotografie níže:



**Obrázek 21:** Degradace materiálu působením přílišného tepla

Zdroj: Foto autor

- 2) Doba potřebná na maximální možnou plastifikaci materiálu při množství kolem 5 g za této teploty bez působení dodatečného tlaku je min. 45 minut.
- 3) Ve vzorcích bez vyvinutí externího tlaku zůstávají bublinky.
- 4) Nedokonalé vytlačení vzduchu po vyvinutí tlaku způsobuje matné / lesklé skvrny.



**Obrázek 22:** Bublinky a skvrny na měřené ploše prvních vzorků

Zdroj: Foto autor

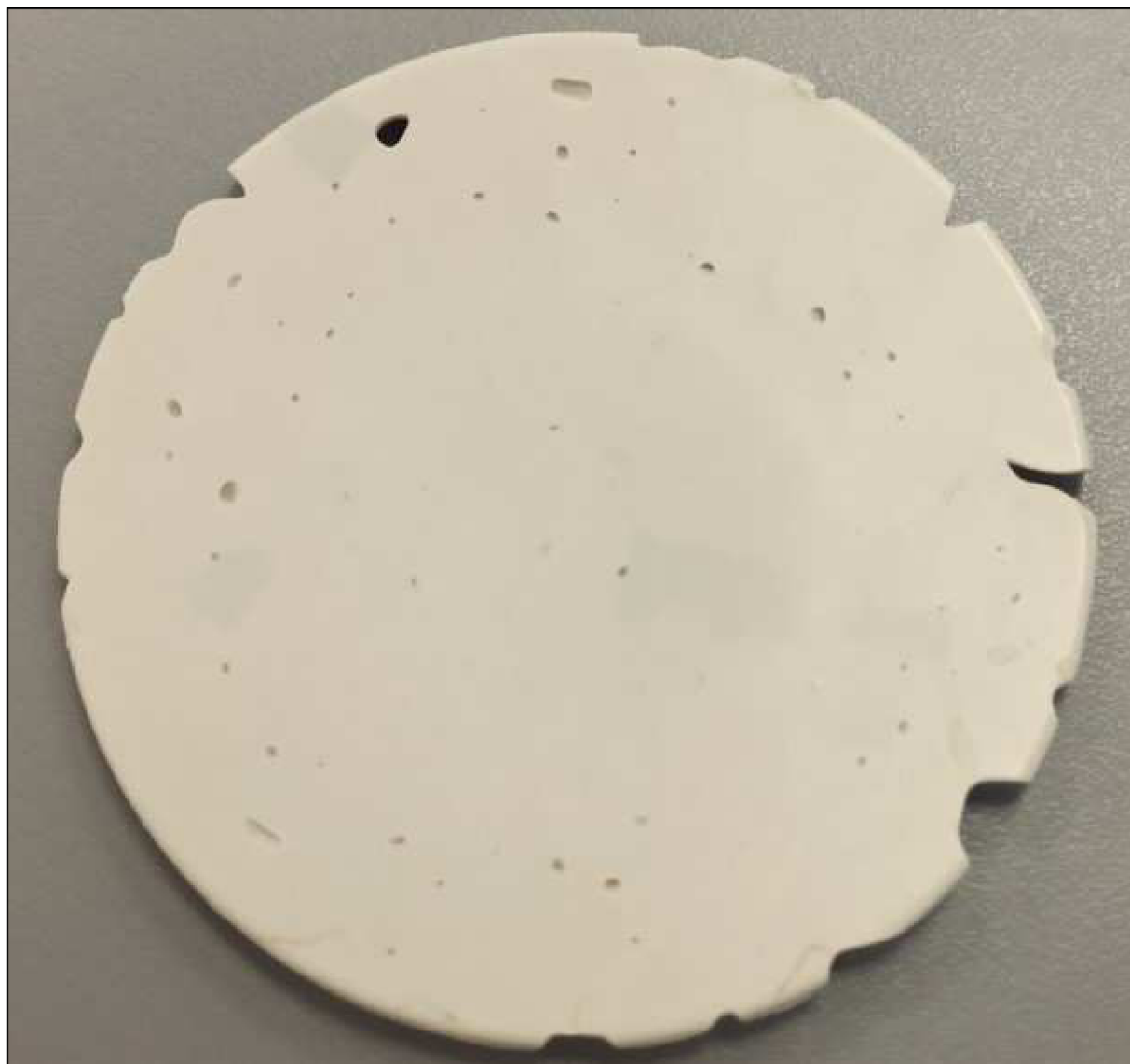
- 5) Viditelné okraje jednotlivých granulí nelze ručním vymáčknutím zcela eliminovat.



**Obrázek 23:** Viditelné okraje jednotlivých granulí

Zdroj: Foto autor

Zároveň, byl identifikován značný problém s jedním z vybraných materiálů. Jednotlivé granule béžového vzorku jsou od oka rozdílné a bez důkladného promíchání, které probíhá ve šneku vstřikovacího stroje, se na vzorku vyskytují znatelné barevné skvrny. Je očekávatelné, že nebude možno tento materiál dále používat, resp. vhodně vyhodnocovat. Přesto byl tento defekt prověřen i na další sadě vzorků ze samotného nástroje.



**Obrázek 24:** Různé odstíny jednotlivých granulí v béžovém materiálu

Zdroj: Foto autor

Tyto vzorky nebyly měřeny, sloužili pouze pro identifikaci možných komplikací a vytyčení základních požadavků na prototypový nástroj.

### 8.7.3 Příprava vzorků – iterace č. 1

První prototypová verze nástroje k přípravě vzorků byla zhotovena primárně z masivních ocelových profilů kruhového tvaru a silnostěnných trubek, viz obrázek níže:



**Obrázek 25:** Původní design nástroje pro výrobu vzorků

Zdroj: Foto autor



Spodní díl slouží nejen jako základna pro montáž a upevnění dosedajících částí, ale také jako vyvýšená A plocha pomyslné formy. Toto vyvýšení a minimální spára s vnějším vydutým válcem společně s podložkami pod ním nám umožňují odvádění vzduchu z měřené A plochy vzorku během lisování. Vše je pevně spojeno třemi šrouby.

Tlak je během lisování vyvíjen vlastní vahou prostředního válce. Jeho váha je 4,75 kg, což při jeho průměru 7 cm a odpovídající ploše 38,5 cm<sup>2</sup> je přibližně 12,3 kPa.

Vzhledem k téměř dvounásobné ploše vzorku (5 cm → 7 cm průměr) bylo použito 10 g materiálu. Ten je po extrakci prostředního válce rovnoměrně nasypán dovnitř, zatížen a umístěn do laboratorní pece předem zahřáté na požadovanou teplotu.

Bohužel, již při prvním pokusu o výrobu vzorků se narazilo na dva značné problémy:

- 1) Čas potřebný na zahřátí studeného nástroje značně prodlužuje výrobu vzorku.
- 2) Roztažení vnitřního válce jeho zahřátím znemožňuje jeho vyjmutí.

Bez aktivního zahřívání a chlazení jako součást samotného nástroje je tedy tato varianta nevyhovující. Přesto, značně hrubý vzorek s viditelnými stopami po frézování se podařilo vyrobit, viz fotografie:



**Obrázek 26:** První vzorek z prototypového nástroje

Zdroj: Foto autor

## 8.7.4 Příprava vzorků – iterace č. 2

Oproti předchozí verzi došlo k následujícím úpravám na nástroji:

- 1) Vnější válec byl nahrazen za nižší a širší, ve kterém již nejsou závity ale pouze hladké otvory na poziční šrouby, viz fotografie níže.
- 2) A plocha nástroje byla zarovnána (slabé náznaky frézování však přervávají).



**Obrázek 27:** Průběžný design nástroje pro výrobu vzorků

Zdroj: Foto autor

Vzhledem k rozšíření spáry mezi A plochou a vnějším válcem navíc dochází k tvorbě přetoků, které je nutno dodatečně opracovat. Neopracovaný zmetek z neúspěšného pokusu o ponížení času výroby je k vidění níže.



**Obrázek 28:** Neopracovaný přetok na zmetkovém vzorku

Zdroj: Foto autor

Na vzorcích se však stále projevují bublinky, které jsou viditelné nejen na A ploše, ale také v řezu. Aby se jim dalo dále vyvarovat, je třeba si identifikovat, co je způsobuje. Může se teoreticky jednat o lunkry, tedy staženiny materiálu vzniklé během chladnutí, což by znamenalo, že jsou to vakuové dutinky. Druhá varianta je kombinací neuniklého vzduchu z prostoru mezi granulemi a páry z navlhělého materiálu. Toto lze velmi jednoduše prokázat zahřátím vzorku horkým vzduchem či na okraji plamene. Vzduchem plněné dutinky budou mít tendenci se nafukovat, zatímco vakuové se nemění či se ještě lehce stáhnou dovnitř. V tomto případě se však bezesporu jedná o bublinky naplněné vzduchem.



**Obrázek 29:** Propadlé bublinky na A ploše a v řezu na hraně vzorků

Zdroj: Foto autor



**Tabulka 19:** Souhrn měřených vzorků iterace č. 2

Skupina měření:	Odstín:	Apertura:	Počet měření:
E1.	Černá Satin	30mm	20
E2.		30mm	20
E3.		30mm	20
E4.		30mm	20
E5.		30mm	20
E6.	Černá Titan	30mm	20
E7.		30mm	20
E8.		30mm	20
E9.		30mm	20
E10.		30mm	20
E11.		9mm	20
E12.		6mm	20
E13.	Šedá	30mm	20
E14.		30mm	20
E15.		30mm	20
E16.		30mm	20
E17.		30mm	20
E18.	Běžová	30mm	20
E19.		30mm	20
E20.		30mm	20
E21.		30mm	20
E22.		30mm	20

Pozn.: Měření E6, E11 a E12 jsou z identického fyzického vzorku.

Statistická vyhodnocení skupin měření takto připravených vzorků jsou dostupná pod přílohou E. Většina měření byla pod aperturou 30 mm, pouze jeden vzorek je proměřen i při 9 a 6 mm. Celkem bylo pro tuto část provedeno 440 jednotlivých měření.

Dále jsou pak souhrnné tabulky rozpětí hodnot  $L^*$  u jednotlivých sad měření a srovnání jejich výběrových průměrů. Dodatečné tabulky pro hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  jsou pak pod přílohou L.

**Tabulka 20:** Rozpětí hodnot L\* měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	E1.	0,199	0,184
	E2.	0,150	
	E3.	0,190	
	E4.	0,203	
	E5.	0,178	
Černá Titan	E6.	0,180	0,192
	E7.	0,181	
	E8.	0,232	
	E9.	0,189	
	E10.	0,180	
Šedá	E13.	0,106	0,111
	E14.	0,062	
	E15.	0,190	
	E16.	0,062	
	E17.	0,134	
Běžová	E18.	0,129	0,142
	E19.	0,063	
	E20.	0,076	
	E21.	0,294	
	E22.	0,149	

Rozpětí měření na jednotlivých vzorcích jsou v L\* přibližně v polovině případů a v několika u b\* vyšší, než je požadováno. Přesto, že jsou srovnatelná s výsledky z urmustrů, tak se jedná o zcela ploché vzorky, na kterých by měla být vynaložena další snaha o vyhovění kritériu o preciznosti.

**Tabulka 21:** Rozpětí výběrových průměrů L\* měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	E1.	28,255	<b>0,346</b>
	E2.	28,171	
	E3.	28,168	
	E4.	28,132	
	E5.	28,478	
Černá Titan	E6.	27,406	<b>0,219</b>
	E7.	27,245	
	E8.	27,464	
	E9.	27,374	
	E10.	27,437	
Šedá	E13.	70,894	<b>1,693</b>
	E14.	72,107	
	E15.	70,485	
	E16.	71,229	
	E17.	72,178	
Běžová	E18.	81,040	<b>1,024</b>
	E19.	81,323	
	E20.	80,926	
	E21.	81,622	
	E22.	80,599	

Rozpětí výběrových průměrů mezi vzorky je především v L\* značně nevyhovující.

**Tabulka 22:** Rozpětí hodnot měřených vzorků při různých velikostí apertury iterace č. 2

Odstín:	Hodnota:	Skupina:	Apertura:	Rozpětí:
Černá Titan	L*	E6.	30mm	<b>0,180</b>
		E11.	9mm	<b>0,479</b>
		E12.	6mm	<b>0,522</b>
	a*	E6.	30mm	<b>0,078</b>
		E11.	9mm	<b>0,069</b>
		E12.	6mm	<b>0,083</b>
	b*	E6.	30mm	<b>0,126</b>
		E11.	9mm	<b>0,182</b>
		E12.	6mm	<b>0,184</b>

Největšího zpřesnění výsledků dochází s navyšováním velikosti měřicího otvoru především na hodnotě L\*. Není však již zachován předchozí vztah k poměru měřené plochy. Měřená plocha je tedy k těmto účelům stále značně nejednotvárná.

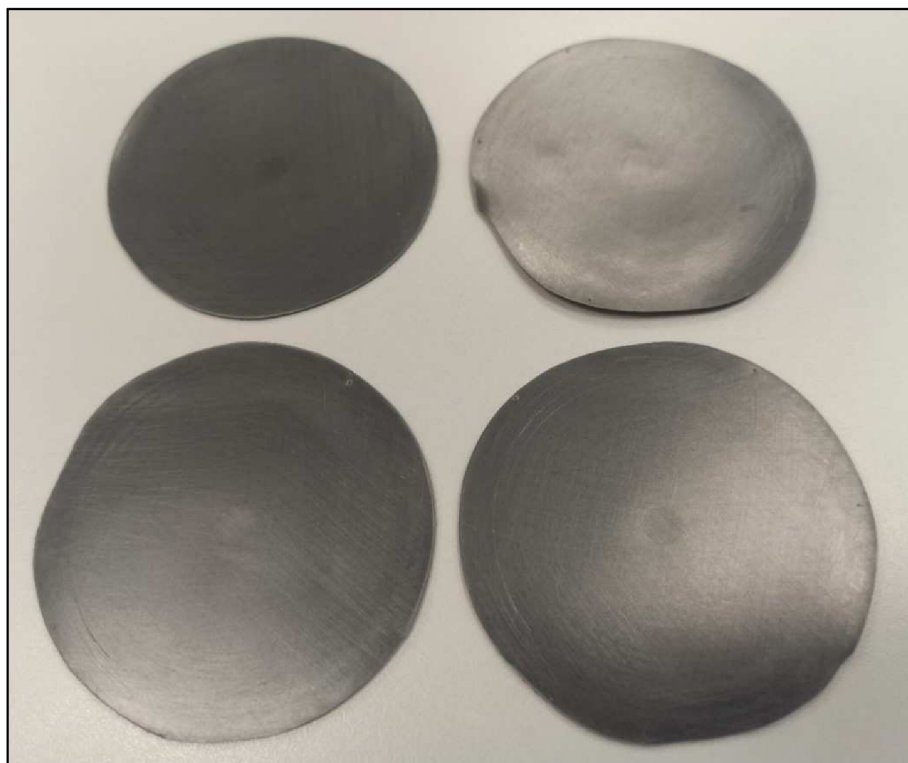
Přesto že se tak z náměrů výše nemusí zdát, tak béžové vzorky připravené tímto nástrojem opět obsahují okem rozpoznatelné skvrny z jednotlivých granulí, a dále tak s nimi již v této analýze nemůžeme pracovat.

### 8.7.5 Příprava vzorků – iterace č. 3

Oproti předchozí verzi došlo k následujícím změnám:

- 1) Došlo k dodatečnému sleštění povrchu A plochy nástroje. Naměřená hodnota lesku při 60°<sup>59</sup> se pohybuje mezi 50-70 GU.
- 2) Tloušťka vzorků byla značně zmenšena snížením množství materiálu z 10 g na 5 g. To za účelem zlepšení problému s bublinkami.
- 3) Materiál byl předem vysušen, opět za účelem vyřešení problému s bublinkami. Sušení probíhalo při 70 °C, což bylo maximum dostupného nelaboratorního sušícího zařízení, a to po dobu 2 hodin. Ideální teplota by byla 80°C, která je používána pro sušení ve výrobě, avšak laboratoř GAT je v současné době vybavena specializovanou sušičkou vzorků, která toto provádí při 100°C za pouhých 5 minut.
- 4) Nástroj byl předem předehřát, aby toto nezpůsobovalo rozdíly u prvních vzorků v sadě, než dojde k zahřátí především vnitřní části tlakového válce. Předehřátí probíhalo 30 minut.
- 5) Podložky pod bočním válcem byly odebrány. Přetok se nyní tvoří kolem tlakového válce.

Ukázky výsledných vzorků jsou pak k vidění níže:



**Obrázek 30:** Vzorky z iterace č. 3

Zdroj: Foto autor

<sup>59</sup> Měřeno pomocí dvou-úhlového leskoměru ZGM 1120 od společnosti Zehntner GmbH Testing Instruments

Statistická vyhodnocení skupin měření těchto připravených vzorků jsou dostupná jakožto příloha F, viz tabulka níže. Celkem bylo pro tuto část provedeno 200 jednotlivých měření.

**Tabulka 23:** Souhrn měřených vzorků iterace č. 3

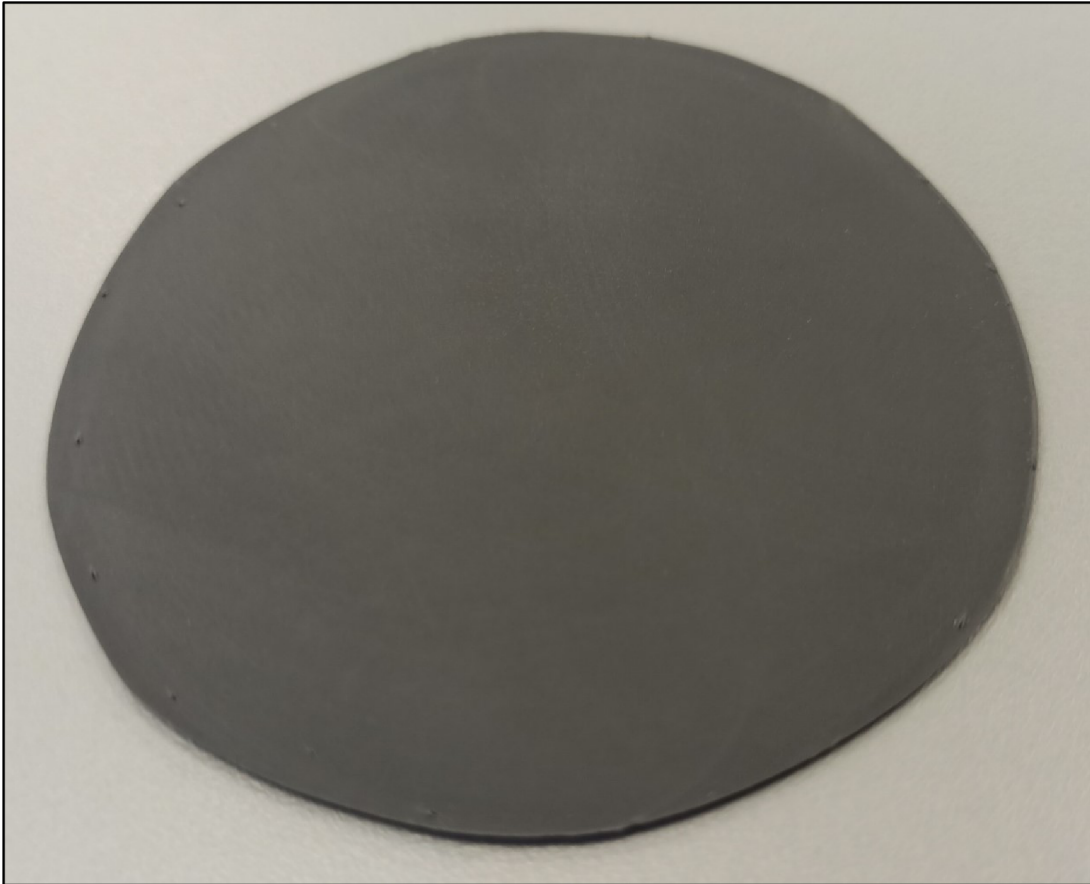
Skupina měření:	Odstín:	Apertura:	Počet měření:
F1.	Černá Satin	30mm	20
F2.		30mm	20
F3.		30mm	20
F4.		30mm	20
F5.		30mm	20
F6.	Černá Titan	30mm	20
F7.		30mm	20
F8.		30mm	20
F9.		30mm	20
F10.		30mm	20

Bohužel, i přes vizuální zlepšení vzorků nejsou výsledky znatelně odlišné od předchozí iterace, a nebudou tedy dále detailně tabulkově ani graficky rozebrány.

### 8.7.6 Příprava vzorků – iterace č. 4

Oproti předchozí verzi došlo pouze k jemnému ručnímu opískování povrchu A plochy nástroje a tedy jejímu zmatnění, naměřená hodnota lesku hned po opískování při 60° je mezi 2,6-2,9 GU.

Zhotovené vzorky pak vypadaly následovně:



**Obrázek 31:** Vzorek z iterace č. 4

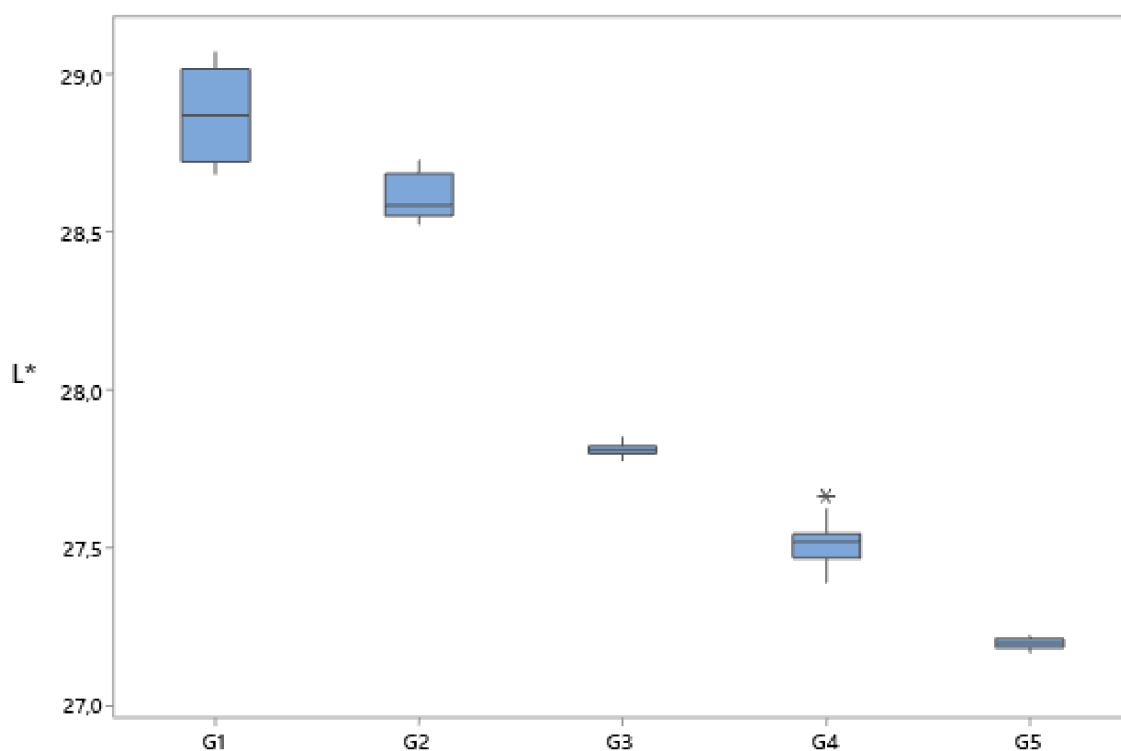
Zdroj: Foto autor

Takto byla připravena pouze jedna sada vzorků, jelikož od pohledu docházelo ke značnému zašpinění a degradaci této plochy na nástroji. Drobné částičky materiálu zůstávají ulpěné v nerovnostech na povrchu a ten tak opticky nabývá na lesku a mění barvu. Statistická vyhodnocení skupin měření těchto připravených vzorků jsou dostupná jakožto příloha G, viz tabulka dále. Celkem bylo pro tuto část provedeno 100 jednotlivých měření.

**Tabulka 24:** Souhrn měřených vzorků iterace č. 4

Skupina měření:	Odstín:	Apertura:	Počet měření:
G1.	Černá Satin	30mm	20
G2.		30mm	20
G3.		30mm	20
G4.		30mm	20
G5.		30mm	20

Ze zpracovaných dat pak jasně vyplývá, že dochází k postupné změně především ve světlosti jednotlivých vzorků, a tento typ úpravy povrchu A plochy nástroje je tedy pro řešené účely značně nevyhovující.



**Obrázek 32:** Krabicový graf hodnot  $L^*$  u vzorků iterace č. 4



### 8.7.7 Příprava vzorků – iterace č. 5

Oproti předchozí verzi došlo naopak k ručnímu vyleštění A plochy nástroje do vysokého lesku. Použity byly brusné papíry postupně zvyšující se jemnosti a nakonec brusné a leštící pasty. Naměřená hodnota lesku při 60° je mezi 255-265 GU, což bylo dále ověřeno i na dvou dalších přístrojích jiných výrobců<sup>60</sup>. To je možné u materiálů s vysokým indexem lomu, a vysoce reflexní kovy mohou mít hodnoty lesku blížící se až 2000 GU, jelikož škálování 0-100 GU je primárně určeno pro materiály nekovové.

Zhotovené vzorky pak vypadaly následovně:



**Obrázek 33:** Vzorek z iterace č. 5

Zdroj: Foto autor

Statistická vyhodnocení skupin měření konečných připravených vzorků jsou dostupná jakožto příloha H, viz tabulka níže. Celkem bylo pro tuto část provedeno 900 jednotlivých měření.

---

<sup>60</sup> Spektrofotometr Konica Minolta CM-25cGs integrovaným 60° leskoměrem a Micro-gloss 60° BYK-Gardner leskoměr.

**Tabulka 25:** Souhrn měřených vzorků iterace č. 5

Skupina měření:	Odstín:	Apertura (mm):	Počet měření:
H1.	Černá Satin	30	20
H2.		30	20
H3.		30	20
H4.		30	20
H5.		30	20
H6.	Černá Titan	30	20
H7.		30	20
H8.		30	20
H9.		30	20
H10.		30	20
H11.	Šedá	30	20
H12.		30	20
H13.		30	20
H14.		30	20
H15.		30	20
H16.	Černá Satin	9	20
H17.		9	20
H18.		9	20
H19.		9	20
H20.		9	20
H21.	Černá Titan	9	20
H22.		9	20
H23.		9	20
H24.		9	20
H25.		9	20
H26.	Šedá	9	20
H27.		9	20
H28.		9	20
H29.		9	20
H30.		9	20
H31.	Černá Satin	6	20
H32.		6	20
H33.		6	20
H34.		6	20
H35.		6	20
H36.	Černá Titan	6	20
H37.		6	20
H38.		6	20
H39.		6	20
H40.		6	20
H41.	Šedá	6	20
H42.		6	20
H43.		6	20
H44.		6	20
H45.		6	20

Pozn.: Vzorky jsou vždy měřeny ve stejném pořadí, tj. kupř. vzorek H1. odpovídá H16..

**Tabulka 26:** Rozpětí hodnot L\* měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	H1.	0,073	0,075	H16.	0,138	0,161	H31.	0,205	0,365
	H2.	0,121		H17.	0,087		H32.	0,126	
	H3.	0,055		H18.	0,249		H33.	0,386	
	H4.	0,060		H19.	0,185		H34.	0,210	
	H5.	0,066		H20.	0,149		H35.	0,897	
Černá Titan	H6.	0,087	0,096	H21.	0,456	0,214	H36.	0,437	0,299
	H7.	0,141		H22.	0,115		H37.	0,264	
	H8.	0,052		H23.	0,130		H38.	0,182	
	H9.	0,093		H24.	0,106		H39.	0,300	
	H10.	0,109		H25.	0,264		H40.	0,310	
Šedá	H11.	0,107	0,101	H26.	0,413	0,654	H41.	0,657	0,866
	H12.	0,067		H27.	1,266		H42.	1,179	
	H13.	0,145		H28.	0,331		H43.	1,092	
	H14.	0,044		H29.	0,850		H44.	0,994	
	H15.	0,141		H30.	0,432		H45.	0,407	

**Tabulka 27:** Rozpětí hodnot a\* měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	H1.	0,110	0,083	H16.	0,105	0,093	H31.	0,099	0,099
	H2.	0,076		H17.	0,090		H32.	0,096	
	H3.	0,075		H18.	0,112		H33.	0,067	
	H4.	0,075		H19.	0,054		H34.	0,086	
	H5.	0,080		H20.	0,103		H35.	0,082	
Černá Titan	H6.	0,076	0,083	H21.	0,110	0,087	H36.	0,088	0,086
	H7.	0,077		H22.	0,074		H37.	0,122	
	H8.	0,089		H23.	0,087		H38.	0,078	
	H9.	0,087		H24.	0,072		H39.	0,091	
	H10.	0,076		H25.	0,093		H40.	0,115	
Šedá	H11.	0,025	0,030	H26.	0,053	0,064	H41.	0,076	0,070
	H12.	0,039		H27.	0,071		H42.	0,069	
	H13.	0,024		H28.	0,063		H43.	0,077	
	H14.	0,029		H29.	0,052		H44.	0,055	
	H15.	0,030		H30.	0,079		H45.	0,070	

**Tabulka 28:** Rozpětí hodnot  $b^*$  měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	H1.	0,143	0,131	H16.	0,172	0,189	H31.	0,204	0,220
	H2.	0,116		H17.	0,161		H32.	0,268	
	H3.	0,149		H18.	0,240		H33.	0,222	
	H4.	0,103		H19.	0,136		H34.	0,185	
	H5.	0,143		H20.	0,236		H35.	0,220	
Černá Titan	H6.	0,124	0,133	H21.	0,199	0,167	H36.	0,136	0,172
	H7.	0,125		H22.	0,133		H37.	0,190	
	H8.	0,142		H23.	0,191		H38.	0,141	
	H9.	0,127		H24.	0,161		H39.	0,189	
	H10.	0,148		H25.	0,150		H40.	0,202	
Šedá	H11.	0,046	0,052	H26.	0,085	0,157	H41.	0,203	0,233
	H12.	0,056		H27.	0,278		H42.	0,275	
	H13.	0,042		H28.	0,083		H43.	0,191	
	H14.	0,058		H29.	0,189		H44.	0,307	
	H15.	0,055		H30.	0,152		H45.	0,189	

**Tabulka 29:** Rozpětí výběrových průměrů  $L^*$  měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	H1.	28,572	0,080	H16.	28,608	0,132	H31.	28,570	0,174
	H2.	28,522		H17.	28,525		H32.	28,551	
	H3.	28,492		H18.	28,476		H33.	28,537	
	H4.	28,547		H19.	28,569		H34.	28,606	
	H5.	28,515		H20.	28,533		H35.	28,711	
Černá Titan	H6.	27,578	0,097	H21.	27,484	0,212	H36.	27,619	0,326
	H7.	27,593		H22.	27,430		H37.	27,588	
	H8.	27,608		H23.	27,642		H38.	27,488	
	H9.	27,510		H24.	27,477		H39.	27,293	
	H10.	27,547		H25.	27,509		H40.	27,476	
Šedá	H11.	70,725	0,320 (0,077 bez H12.)	H26.	71,154	0,359 (0,147 bez H27.)	H41.	71,201	0,115 (0,074 bez H42.)
	H12.	70,485		H27.	71,366		H42.	71,242	
	H13.	70,793		H28.	71,029		H43.	71,155	
	H14.	70,797		H29.	71,022		H44.	71,143	
	H15.	70,802		H30.	71,007		H45.	71,127	

Hodnoty měření druhého šedého vzorku, tedy skupin H12., H27. a H42. jsou vždy značně odlišné / odlehlé od ostatních. V tomto případě se nejedná o chybu měření, ale neidentifikovanou odchylku samotného vzorku a toto měření tedy pro naše závěry vyloučíme jako extrémní hodnotu. Tento závěr je založen na Grubbsově testu odlehlých hodnot výsledků měření skupin H11. až H15. při úrovni  $\alpha = 0,05$ . U jiných souborů skupin výše již tento test odlehlá měření neidentifikuje.

**Tabulka 30:** Rozpětí výběrových průměrů a\* měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	H1.	-0,256	0,055	H16.	-0,171	0,069	H31.	-0,267	0,079
	H2.	-0,255		H17.	-0,221		H32.	-0,323	
	H3.	-0,201		H18.	-0,152		H33.	-0,244	
	H4.	-0,256		H19.	-0,175		H34.	-0,264	
	H5.	-0,249		H20.	-0,218		H35.	-0,263	
Černá Titan	H6.	-0,131	0,010	H21.	-0,108	0,024	H36.	-0,154	0,035
	H7.	-0,131		H22.	-0,117		H37.	-0,161	
	H8.	-0,129		H23.	-0,131		H38.	-0,175	
	H9.	-0,135		H24.	-0,118		H39.	-0,140	
	H10.	-0,125		H25.	-0,108		H40.	-0,153	
Šedá	H11.	-0,469	0,006	H26.	-0,478	0,035	H41.	-0,550	0,024
	H12.	-0,470		H27.	-0,513		H42.	-0,570	
	H13.	-0,471		H28.	-0,510		H43.	-0,569	
	H14.	-0,469		H29.	-0,511		H44.	-0,573	
	H15.	-0,466		H30.	-0,509		H45.	-0,574	

**Tabulka 31:** Rozpětí výběrových průměrů b\* měřených vzorků iterace č. 5

Odstín:	Apertura 30 mm			Apertura 9 mm			Apertura 6 mm		
	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	H1.	-0,582	0,089	H16.	-0,634	0,178	H31.	-0,567	0,139
	H2.	-0,584		H17.	-0,729		H32.	-0,663	
	H3.	-0,526		H18.	-0,580		H33.	-0,524	
	H4.	-0,585		H19.	-0,629		H34.	-0,564	
	H5.	-0,616		H20.	-0,758		H35.	-0,572	
Černá Titan	H6.	-1,410	0,089	H21.	-1,302	0,244	H36.	-1,281	0,142
	H7.	-1,413		H22.	-1,310		H37.	-1,285	
	H8.	-1,413		H23.	-1,546		H38.	-1,424	
	H9.	-1,504		H24.	-1,494		H39.	-1,397	
	H10.	-1,470		H25.	-1,421		H40.	-1,401	
Šedá	H11.	3,556	0,084	H26.	3,333	0,093	H41.	3,359	0,107
	H12.	3,527		H27.	3,248		H42.	3,252	
	H13.	3,475		H28.	3,338		H43.	3,322	
	H14.	3,474		H29.	3,341		H44.	3,324	
	H15.	3,473		H30.	3,341		H45.	3,326	



### 8.7.8 Vyhodnocení hypotéz u měření na laboratorně připravených vzorcích

Pro výsledné zhodnocení zvažujeme pouze výsledky poslední iterace přípravy vzorků. Z té nám vyplývají následující závěry o našich hypotézách o:

**H1) Preciznost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  na jednom vzorku  $\leq 0,15$  CIELAB jednotek

Tuto hypotézu **přijímáme**, avšak pouze pro průměr měřicího otvoru 30mm, a i v tomto případě se mnohdy pohybujeme těsně pod hranicí našich kritérií. Pro jakékoli menší apertury je plocha takového vzorku stále nedostatečně homogenní. Pro průměry měřicích otvorů 9 a 6 mm ji s ohledem na rozpětí v  $L^*$  zamítáme. Jakékoli rozvolňování kritéria dle výsledků na urmusterech by tuto variabilitu nedokázalo odůvodnit.

**H2) Pravdivost**, pokud  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  mezi různými vzorky  $\leq 0,25$  CIELAB jednotek

Tuto hypotézu **přijímáme**, avšak pouze pro průměry měřicího otvoru 30 a 9 mm, navíc se zmíněným vyloučením jednoho nevhodného šedého vzorku. Pro průměr 6 mm je překročen výsledek jednoho odstínu v  $L^*$  a pro ten ji tedy zamítáme.

Přesnost měření takto připravených vzorků je tedy přijatelná pouze pro velikost měřicího otvoru 30 mm. Přesto je značně problematictější preciznost než pravdivost. Úsudkem tedy je, že jednotlivé vzorky jsou více variabilní na své samotné ploše než mezi sebou.

### 8.7.9 Postup prototypové přípravy vzorku



**Obrázek 34:** Konečná podoba prototypového nástroje pro přípravu vzorků

Zdroj: Foto autor

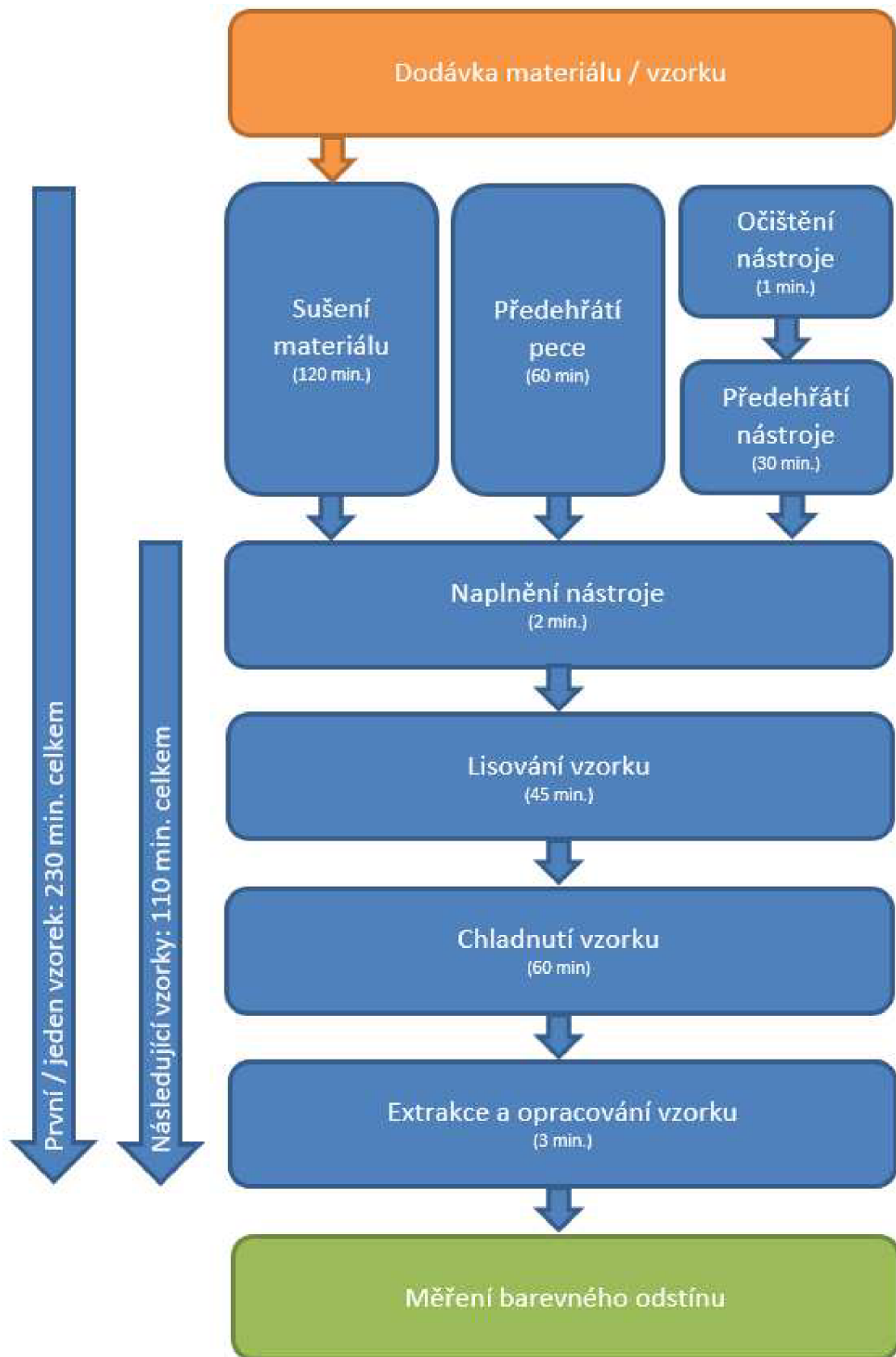
Souhrnný postup přípravy vzorku níže odpovídá tomu, který byl v rámci analýzy použit. Veškeré potřebné pomůcky a spotřební materiál jsou následující:

- A) Prototypový nástroj, konstrukční detaily viz příloha M.
- B) Laboratorní pec, popř. kuchyňská trouba s rozsahem do min. 250°C.
- C) Laboratorní sušička granulátu, popř. domácí sušička na potraviny.
- D) Tepluodolné rukavice, popř. kuchyňské chňapky a jejich alternativy.
- E) Laboratorní váha, popř. kuchyňská váha.
- F) Granulát, 5 gramů na jeden vzorek.
- H) Papírové (nevlhčené) či textilní utěrky.
- G) Skalpel, lámací nůž či jejich obdoba.
- I) Pogumované kladívko.
- I) Tepluodolná odstavná deska, popř. dřevěné prkénko.

Pozn.: doporučena je i kontrola času pomocí odpočtu na hodinkách či kuchyňské minutky.

Samotný postup přípravy těchto vzorků je poté následující:

- 1) Odeberte požadované množství granulátu a dejte jej předem sušit na 70°C po dobu 2 hodin. Je možno sušit více materiálu najednou, případná delší doba jej nedegraduje.
- 2) Předehřejte laboratorní pec na 250°C.
- 3) Očistěte A i B plochy nástroje suchou utěrkou. Zkontrolujte, že A plocha je nepoškozená, vizuálně jednotná a nikde neulpívají zbytky předchozího materiálu.
- 4) Půl hodiny před dosušením materiálu dejte obě půlky nástroje předehřát do pece.
- 5) Do vyhřáté spodní poloviny nástroje rovnoměrně nasypejte vysušený granulát a rovnou zatíže tlakovým válcem.
- 6) Po 45 minutách vyjměte celý nástroj a na hodinu jej odložte na odstavnou desku, aby vzorek dostatečně zchladnul a ztuhl.
- 7) Vyjměte tlakový válec vzhůru. Pokud to nejde, lehce do něj z boku klepněte kladívkem, aby došlo k oddělení vzorku od A plochy nástroje.
- 8) Vzorek je vždy vlastním smrštěním při chladnutí přichycen na tlakovém válci. Opatrně jej sejměte, aby nedošlo k jeho poškození. Pokud se vlivem podtlaku prohýbá, tak skalpelem udělejte na jeho okraji malý otvor pro vzduch.
- 9) Opracujte skalpelem přetoky. Jelikož je vzorek ohraničen mohutnější hranou, než je jeho tloušťka, dá se toto jednoduše provést jedním řezem po celém jeho obvodu.



**Obrázek 35:** Základní diagram postupu přípravy vzorků

## 9 Diskuze a doporučení

„Nalézt problém je důležitější, než nalézt řešení: otázka obsahuje víc než odpověď.“

Walther Rathenau

Základní komplikací, na který celá praktická část práce naráží, je očekávaná nehomogenita zkoumaného materiálu, popř. vzorků. To sebou přináší nutnost statistického vyhodnocování velkého množství vstupních dat a hledání jejich středních hodnot. Opakovaná měření a rozdílné velikosti měřících otvorů jsou v tomto případě a určitém ohledu dvě strany jedné mince. Větší měřená plocha nám prakticky sama o sobě zprostředkovává průměrnou odezvu mnoha pomyslných rozličných povrchů během jednoho měření. Teoreticky by pak pro získání stejně přesného výsledku bylo možno nepřímo úměrně nahrazovat měřenou plochu opakováním měření na různorodých oblastech našeho vzorku. Zvyšující se rozpětí hodnot je pouze z důvodu, že se nejedná o již předem spočtené střední hodnoty.

Tvar, lesk, vnitřní homogenitu a uspořádání jednotlivých granulí však nejsme schopni dostatečně ovlivnit či vhodně vyhodnotit. Toto navíc není pro dodavatele tohoto materiálu nikterak přesně definováno a šarže od šarže se v tomto může lišit. Výroba jednotlivých vzorků při zachování potřebné technologické kázně se tedy zdá být vhodnou alternativou. Samotný prototypový nástroj však stále nedosahuje požadavků na kvalitu finálního vzorku pro menší velikosti apertur a časovou náročnost celé přípravy. Přesto je postupná evoluce výsledků dle jednotlivých iterací, navíc s porovnáním s výsledky na samotném granulátu, pozitivní indikací pro další výzkum a vývoj tohoto řešení.

Doporučením a plánem autora je tedy zhotovení komplexnější varianty tohoto nástroje, a to za účelem další eliminace nedostatků na měřené ploše. Primární zaměřením by pak mělo být na následující body:

- 1) Použití vhodnějšího typu oceli na A plochu nástroje, shodné s kvalitou pro vstříkovací nástroje, popř. alternativních materiálů jako je keramika. Je nutné předcházet jak přímým poškozením jako je kupř. poškrábání, tak dodatečnému zakalování a změně lesku postupným opotřebením. Další konstrukční možností je mít tuto plochu vyměnitelnou.
- 2) Umožnění vyvinutí vyššího tlaku, kupř. segmentovaným závažím či ovládním pákovým mechanismem až hydraulikou pro ulehčení běžné manipulace, tedy i související ergonomikou.
- 3) Implementace přímého interního zahřívání a chlazení pro eliminaci nutnosti využívat laboratorní pec a zkrácení potřebného času na přípravu vzorků.
- 4) Použití specializované laboratorní sušičky granulátu, která čas sušení zkrátí na 5 minut.

Finanční a technologické náklady na takovéto stále poměrně jednoduché zařízení jsou ve srovnání s laboratorním mikro vstříkovacím strojem zcela minimální. To samé platí i pro obtížnost běžné údržby, jelikož odpadá pracné čištění uzavřené plastifikační komory pro každý rozdílný vzorek.

## 10 Závěr

Tématem diplomové práce je analýza a vyhodnocení možných přístupů k vyhodnocování barevnosti a tím tedy barevné shody granulovaných polymerů v laboratorních podmínkách pro jejich následnou implementaci do praxe v automobilovém průmyslu.

V praktické části byla však částečně vyvrácena teorie o definovaném způsobu měření. Jako nejvhodnější byl zvolen systém rozptýleného osvětlení integrační koulí, neboli 8° geometrie měření, navíc s metodou SCI. Tímto by měla být získána informace o barvě měřených vzorků bez závislosti na jejich povrchu. Na získaných výsledcích je však zjevné, že lesk a struktura povrchu i tato měření částečně ovlivňují.

Jelikož bylo měření samotného granulátu tímto zjištěním a analýzou výsledků vyhodnoceno jako nezpůsobitelné, následovalo několik navazujících iterací zkoušek výroby vhodnějších vzorků. Byl vytvořen a postupně upravován prototypový nástroj, určený pro tváření granulovaných polymerů za tepla a tlaku. Náměry získané na takto připravených vzorcích jsou však dle kritérií námi definovaných hypotéz přijatelné pouze pro nadstandartní rozměry měřicího otvoru. To je indikací, že jejich plocha je stále příliš nejednotná pro tento účel.

Dále došlo ke zjištění, že jeden ze čtyř náhodně vybraných materiálů v běžovém odstínu není k takovémuto zhodnocení vhodný. Jednotlivé granule totiž nejsou identického odstínu a bez důkladného promíchání v plastifikovaném stavu jsou na vzorcích znatelné barevné mapy. Toto by muselo být experimentálně prověřeno u každého zvažovaného materiálu zvlášť, ale vzhledem k téměř absolutnímu převládání achromatických odstínů pro tyto průmyslové účely by se mělo jednat o pouze malý zlomek variant.

Realizace samotné analýzy byla značně časově náročná s ohledem především na postupnou přípravu jednotlivých vzorků. Zároveň zde byla limitace technologickým vybavením pro přípravu prototypového zařízení, a nebylo tedy vyhodnoceno více pokročilejších konstrukčních variant. Poslední částí práce je tedy doporučení autora o pokračování tohoto výzkumu, navazující na již zjištěné souvislosti a nutnosti spojené s přípravou těchto vzorků.

Na základě těchto výsledků a tedy nad rozsah této práce bude dále v rámci nejmenovaného nového projektu<sup>61</sup> pro sledovaný subjekt GAT dále zhotoven nástroj zcela nový. Ten bude již zadán externímu dodavateli zařízení v rámci přípravy standartních rozměrových kontrolních přípravků. Finanční prostředky jsou tomuto již vyčleněny a samotné výběrové řízení a poptávka je plánována na začátek roku 2022 s ohledem na termínový plán projektu. V případě úspěšného konstrukčního řešení a pozitivní dlouhodobé studie by poté došlo k implementaci do výrobního procesu v před-sérii tohoto pilotního projektu předpokládaně kolem konce roku 2023.

---

<sup>61</sup> Projekt je zatím ve své vývojové fázi a jakékoli specifika o něm podléhají utajení

## 11 Seznam použité literatury

- [1] LÁSKA, Tomáš. *Audit lakované karoserie a její optimalizace ve ŠKODA AUTO a.s.*. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta ekonomická.
- [2] VIK, Michal. *Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi*. 1. vyd., VÚTS, a.s., Liberec, 2015. ISBN 978-80-87184-64-6
- [3] BRDLÍK, Pavel, TECHNIK, Jiří. *Technologie vstřikování plastů pro netechnology*. Školící materiál, Libeos, Liberec, 2017.
- [4] IATF 16949:2016, *Norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu*. 1. vyd., Česká společnost pro jakost, z.s., 2016. ISBN 978-80-02-02699-0
- [5] Společný management kvality v dodavatelském řetězci, *Vznik produktu, Popis procesu stanovení zvláštních charakteristik*. 1. vyd., Česká společnost pro jakost, z.s., 2016. ISBN 978-80-02-02368-5
- [6] Interní dokumentace, standardy a specifikace ve vlastnictví společnosti Antolin Czech republic s.r.o., Liberec
- [7] ČSN 01 1718, *Měření barev*. Vydavatelství norem, Praha 10-Hostivař, 1990.
- [8] ČSN EN ISO/CIE 11664-1, *Kolorimetrie – Část 1: Normální kolorimetrický pozorovatel CIE*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [9] Konica Minolta Sensing, Inc.. *Precise color communication* [online]. [vid. 14. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/>
- [10] ČSN EN ISO/CIE 11664-2, *Kolorimetrie – Část 2: Normální druhy světla CIE*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [11] ČSN EN ISO/CIE 11664-3, *Kolorimetrie – Část 3: CIE trichromatické složky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [12] ČSN EN ISO/CIE 11664-3, *Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976 L\*a\*b\**. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [13] *Lastenheft ŠKODA AUTO a.s. pro kvalitu*. Verze 4.2, ŠKODA AUTO a.s., 2020.
- [14] VW 50190, *Vehicle Interior Equipment Components, Measurement-Based Evaluation of Color and Gloss Level*. Volkswagen, 2017.

## Seznam příloh

**Příloha A:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny A

**Příloha B:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny B

**Příloha C:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny C

**Příloha D:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny D

**Příloha E:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny E

**Příloha F:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny F

**Příloha G:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny G

**Příloha H:** Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny H

**Příloha I:** Dodatečné tabulky kapitoly 8.6.4

**Příloha J:** Dodatečné grafy kapitoly 8.6.5

**Příloha K:** Dodatečné tabulky a grafy kapitoly 8.7.1

**Příloha L:** Dodatečné tabulky kapitoly 8.7.4

**Příloha M:** Nákresy nástroje na tváření vzorků



## Příloha A: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny A

Odstín:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Podskupina měření:	Hodnota:	Maximum:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Běžová	6	A12.1.	X	43,901	26,335	17,565	34,212	34,302	6,206	38,669	28,328	10,341
			Y	46,335	27,726	18,609	36,069	36,143	6,574	40,779	29,843	10,936
			Z	44,174	25,963	18,211	34,090	34,082	6,388	38,484	28,083	10,401
			L*	73,762	59,640	14,122	66,293	66,609	5,068	70,021	61,468	8,553
			a*	0,201	-0,106	0,307	0,063	0,047	0,119	0,180	-0,023	0,203
			b*	6,316	5,647	0,669	5,904	5,923	0,197	5,982	5,749	0,233
		A12.2.	X	43,432	27,682	15,750	32,949	31,134	4,691	35,141	29,817	5,324
			Y	45,881	29,180	16,701	34,768	32,850	4,971	37,071	31,448	5,623
			Z	44,105	27,795	16,310	33,075	31,151	4,815	35,106	29,885	5,221
			L*	73,468	60,940	12,528	65,411	64,038	3,738	67,330	62,884	4,446
			a*	0,066	-0,201	0,267	-0,047	-0,038	0,075	-0,010	-0,064	0,053
			b*	5,975	5,110	0,865	5,530	5,521	0,286	5,738	5,331	0,406
	9	A8.1.	X	38,580	30,449	8,131	33,726	33,260	3,092	36,352	30,948	5,404
			Y	40,729	31,985	8,744	35,518	35,029	3,328	38,309	32,527	5,783
			Z	37,743	30,840	6,903	33,551	33,046	2,615	35,931	31,217	4,714
			L*	69,986	63,331	6,655	66,078	65,764	2,550	68,246	63,776	4,471
			a*	0,501	-0,158	0,658	0,194	0,211	0,243	0,406	0,004	0,403
			b*	7,159	4,774	2,385	5,850	5,904	0,928	6,490	4,984	1,506
		A8.2.	X	39,392	32,267	7,125	36,969	37,215	2,265	38,389	36,538	1,851
			Y	41,632	33,907	7,725	38,958	39,196	2,439	40,475	38,508	1,967
			Z	38,554	32,385	6,169	36,537	36,866	1,910	37,736	36,122	1,614
			L*	70,616	64,889	5,727	68,686	68,893	1,805	69,807	68,393	1,413
			a*	0,431	-0,251	0,682	0,114	0,105	0,190	0,187	0,019	0,167
			b*	7,387	5,310	2,077	6,391	6,410	0,675	6,896	6,199	0,697
30	A4.1.	X	42,394	42,134	0,260	42,214	42,196	0,080	42,229	42,156	0,073	
		Y	44,656	44,391	0,265	44,473	44,454	0,081	44,490	44,413	0,076	
		Z	41,399	41,162	0,237	41,231	41,221	0,074	41,248	41,177	0,071	
		L*	72,665	72,489	0,176	72,544	72,531	0,054	72,555	72,504	0,051	
		a*	0,168	0,134	0,034	0,147	0,146	0,009	0,150	0,141	0,008	
		b*	7,279	7,246	0,033	7,260	7,259	0,012	7,270	7,250	0,020	
	A4.2.	X	40,936	40,597	0,339	40,751	40,767	0,090	40,778	40,697	0,081	
		Y	43,142	42,775	0,367	42,941	42,958	0,098	42,970	42,882	0,089	
		Z	40,063	39,672	0,390	39,823	39,831	0,107	39,849	39,750	0,099	
		L*	71,651	71,402	0,249	71,515	71,526	0,066	71,535	71,475	0,060	
		a*	0,132	0,102	0,029	0,118	0,122	0,010	0,125	0,110	0,015	
		b*	7,196	7,108	0,088	7,161	7,165	0,026	7,180	7,146	0,035	

Šedá	6	A11.1.	X	33,509	25,637	7,872	31,443	31,800	2,279	32,950	31,188	1,762
			Y	35,610	27,247	8,362	33,415	33,793	2,422	35,019	33,145	1,874
			Z	37,201	28,490	8,711	34,894	35,307	2,502	36,524	34,552	1,973
			L*	66,221	59,203	7,018	64,450	64,798	2,034	65,763	64,278	1,485
			a*	-0,823	-0,902	0,079	-0,870	-0,871	0,027	-0,857	-0,888	0,030
			b*	1,410	1,002	0,408	1,250	1,295	0,141	1,348	1,151	0,197
		A11.2.	X	31,871	20,423	11,447	26,968	27,654	4,050	29,812	23,866	5,946
			Y	33,869	21,693	12,176	28,652	29,383	4,309	31,678	25,357	6,321
			Z	35,406	22,849	12,557	29,998	30,765	4,455	33,130	26,506	6,625
			L*	64,859	53,700	11,159	60,293	61,096	3,928	63,074	57,397	5,678
			a*	-0,681	-0,873	0,192	-0,797	-0,814	0,066	-0,770	-0,845	0,075
			b*	1,301	0,742	0,559	1,066	1,127	0,182	1,198	0,948	0,250
	9	A7.1.	X	33,551	26,408	7,143	29,880	30,119	2,283	31,180	28,113	3,067
			Y	35,768	28,005	7,763	31,785	32,060	2,479	33,202	29,863	3,339
			Z	36,401	29,657	6,744	32,903	33,218	2,174	34,147	31,133	3,014
			L*	66,342	59,893	6,449	63,116	63,390	2,067	64,324	61,530	2,794
			a*	-0,591	-1,262	0,671	-0,961	-1,023	0,224	-0,762	-1,113	0,350
			b*	2,484	0,574	1,910	1,600	1,708	0,640	2,056	1,097	0,959
		A7.2.	X	32,234	22,009	10,225	26,296	26,264	3,333	28,375	23,399	4,976
			Y	34,345	23,332	11,014	27,945	27,910	3,594	30,189	24,811	5,378
			Z	35,141	24,820	10,322	29,178	29,166	3,346	31,320	26,338	4,982
			L*	65,236	55,412	9,823	59,714	59,807	3,249	61,813	56,860	4,953
			a*	-0,502	-1,185	0,683	-0,804	-0,815	0,243	-0,564	-0,973	0,409
			b*	2,204	0,281	1,922	1,139	1,148	0,670	1,600	0,502	1,098
	30	A3.1.	X	30,318	29,824	0,494	30,040	30,028	0,169	30,148	29,895	0,252
			Y	32,245	31,724	0,522	31,952	31,940	0,180	32,067	31,797	0,270
			Z	33,345	32,781	0,564	33,031	33,013	0,185	33,141	32,880	0,261
			L*	63,545	63,114	0,431	63,303	63,293	0,149	63,398	63,174	0,224
			a*	-0,948	-0,966	0,017	-0,958	-0,958	0,005	-0,957	-0,962	0,005
			b*	1,708	1,654	0,054	1,689	1,694	0,018	1,704	1,681	0,022
A3.2.		X	30,968	30,502	0,467	30,692	30,662	0,132	30,712	30,647	0,066	
		Y	32,939	32,444	0,495	32,647	32,617	0,139	32,669	32,601	0,068	
		Z	34,074	33,547	0,528	33,743	33,707	0,150	33,778	33,674	0,104	
		L*	64,112	63,709	0,403	63,874	63,849	0,114	63,892	63,837	0,055	
		a*	-0,958	-0,988	0,030	-0,972	-0,972	0,009	-0,967	-0,978	0,011	
		b*	1,758	1,676	0,083	1,709	1,706	0,025	1,723	1,692	0,032	

Černá Satin	6	A9.1.	X	9,220	8,223	0,996	8,844	9,051	0,362	9,068	8,523	0,546
			Y	9,760	8,702	1,058	9,360	9,582	0,385	9,598	9,017	0,580
			Z	10,722	9,557	1,164	10,283	10,535	0,431	10,559	9,888	0,671
			L*	37,408	35,404	2,004	36,660	37,081	0,728	37,111	36,017	1,094
			a*	-0,226	-0,293	0,067	-0,264	-0,264	0,021	-0,253	-0,279	0,026
			b*	-0,628	-0,791	0,163	-0,713	-0,713	0,050	-0,693	-0,742	0,049
		A9.2.	X	11,321	8,345	2,976	9,553	9,320	1,014	9,791	9,100	0,691
			Y	11,983	8,831	3,151	10,111	9,867	1,074	10,364	9,632	0,732
			Z	13,208	9,676	3,532	11,095	10,817	1,194	11,351	10,586	0,765
			L*	41,189	35,658	5,531	37,983	37,602	1,875	38,486	37,173	1,313
			a*	-0,241	-0,315	0,073	-0,274	-0,269	0,022	-0,263	-0,289	0,026
			b*	-0,604	-0,887	0,284	-0,692	-0,670	0,088	-0,627	-0,740	0,113
	9	A5.1.	X	10,531	9,686	0,845	10,213	10,258	0,299	10,422	10,127	0,295
			Y	11,173	10,258	0,914	10,825	10,869	0,325	11,056	10,734	0,321
			Z	12,131	11,275	0,855	11,812	11,872	0,299	12,014	11,714	0,300
			L*	39,870	38,302	1,568	39,279	39,359	0,558	39,675	39,130	0,545
			a*	-0,264	-0,472	0,208	-0,389	-0,399	0,070	-0,339	-0,449	0,110
			b*	-0,330	-0,797	0,467	-0,538	-0,506	0,157	-0,414	-0,625	0,211
		A5.2.	X	10,223	9,238	0,985	9,614	9,491	0,336	9,693	9,413	0,280
			Y	10,831	9,766	1,065	10,173	10,042	0,364	10,257	9,955	0,302
			Z	11,820	10,793	1,026	11,188	11,066	0,348	11,298	10,976	0,322
			L*	39,294	37,420	1,875	38,145	37,917	0,639	38,301	37,762	0,539
			a*	-0,174	-0,405	0,231	-0,256	-0,241	0,072	-0,223	-0,259	0,035
			b*	-0,474	-0,910	0,436	-0,771	-0,822	0,147	-0,767	-0,839	0,072
	30	A1.1.	X	9,723	9,666	0,057	9,690	9,680	0,019	9,707	9,677	0,030
			Y	10,296	10,239	0,058	10,262	10,254	0,020	10,280	10,248	0,032
			Z	11,289	11,220	0,069	11,249	11,241	0,025	11,270	11,230	0,040
			L*	38,369	38,267	0,101	38,309	38,294	0,035	38,340	38,283	0,057
			a*	-0,304	-0,346	0,042	-0,323	-0,320	0,014	-0,312	-0,334	0,022
			b*	-0,617	-0,691	0,075	-0,668	-0,674	0,024	-0,665	-0,685	0,020
A1.2.		X	9,600	9,573	0,028	9,587	9,589	0,009	9,594	9,583	0,011	
		Y	10,169	10,136	0,034	10,153	10,155	0,010	10,158	10,151	0,007	
		Z	11,153	11,096	0,056	11,128	11,130	0,017	11,140	11,118	0,022	
		L*	38,144	38,085	0,060	38,116	38,119	0,017	38,125	38,112	0,013	
		a*	-0,290	-0,335	0,045	-0,315	-0,322	0,018	-0,300	-0,332	0,032	
		b*	-0,609	-0,712	0,102	-0,659	-0,666	0,034	-0,639	-0,682	0,043	

Černá Titan	6	A10.1.	X	11,044	8,584	2,460	9,497	9,177	0,888	9,921	8,847	1,073
			Y	11,683	9,084	2,599	10,046	9,707	0,939	10,494	9,360	1,134
			Z	12,812	9,937	2,874	10,994	10,610	1,040	11,479	10,237	1,242
			L*	40,708	36,145	4,563	37,879	37,310	1,649	38,714	36,667	2,046
			a*	-0,205	-0,251	0,046	-0,224	-0,220	0,015	-0,214	-0,228	0,014
			b*	-0,539	-0,711	0,172	-0,609	-0,584	0,060	-0,577	-0,648	0,070
		A10.2.	X	9,072	7,932	1,140	8,396	8,292	0,377	8,397	8,205	0,192
			Y	9,591	8,392	1,199	8,882	8,773	0,398	8,882	8,679	0,203
			Z	10,520	9,156	1,364	9,710	9,588	0,449	9,710	9,488	0,222
			L*	37,098	34,786	2,311	35,746	35,544	0,762	35,756	35,359	0,397
			a*	-0,175	-0,243	0,067	-0,222	-0,229	0,021	-0,214	-0,232	0,018
			b*	-0,483	-0,673	0,190	-0,555	-0,551	0,055	-0,539	-0,563	0,024
	9	A6.1.	X	9,859	9,351	0,508	9,660	9,735	0,193	9,774	9,495	0,278
			Y	10,444	9,882	0,562	10,221	10,300	0,212	10,343	10,044	0,299
			Z	11,357	10,889	0,467	11,186	11,256	0,188	11,327	11,015	0,312
			L*	38,628	37,631	0,997	38,233	38,376	0,376	38,450	37,920	0,530
			a*	-0,152	-0,352	0,201	-0,243	-0,239	0,065	-0,209	-0,285	0,076
			b*	-0,353	-0,821	0,469	-0,620	-0,635	0,155	-0,537	-0,737	0,200
		A6.2.	X	10,021	8,524	1,497	9,433	9,448	0,373	9,565	9,391	0,173
			Y	10,612	9,002	1,609	9,975	9,986	0,402	10,118	9,928	0,190
			Z	11,555	9,982	1,573	10,957	10,994	0,390	11,081	10,935	0,146
			L*	38,919	35,989	2,930	37,788	37,817	0,734	38,054	37,713	0,341
			a*	-0,096	-0,313	0,216	-0,196	-0,177	0,073	-0,159	-0,233	0,074
			b*	-0,464	-0,986	0,522	-0,729	-0,756	0,175	-0,623	-0,840	0,218
	30	A2.1.	X	9,748	9,667	0,082	9,699	9,695	0,025	9,712	9,686	0,026
			Y	10,312	10,229	0,083	10,264	10,257	0,025	10,278	10,252	0,027
			Z	11,302	11,190	0,112	11,239	11,241	0,034	11,253	11,217	0,036
			L*	38,397	38,250	0,147	38,311	38,300	0,044	38,337	38,290	0,047
			a*	-0,230	-0,286	0,056	-0,256	-0,259	0,018	-0,242	-0,270	0,028
			b*	-0,582	-0,688	0,106	-0,634	-0,636	0,030	-0,614	-0,647	0,033
A2.2.		X	9,453	9,368	0,085	9,407	9,408	0,027	9,418	9,387	0,032	
		Y	10,005	9,913	0,092	9,954	9,952	0,029	9,966	9,935	0,031	
		Z	10,941	10,852	0,089	10,896	10,896	0,030	10,913	10,874	0,039	
		L*	37,852	37,687	0,165	37,760	37,757	0,052	37,782	37,725	0,056	
		a*	-0,228	-0,272	0,044	-0,253	-0,254	0,014	-0,250	-0,261	0,011	
		b*	-0,575	-0,649	0,074	-0,617	-0,621	0,024	-0,600	-0,635	0,035	

**Příloha B: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny B**

Odstín:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Skupina měření:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	30	B1.	X	9,801	9,536	0,265	9,648	9,647	0,063	9,675	9,624	0,052
			Y	10,368	10,091	0,277	10,210	10,212	0,066	10,240	10,184	0,056
			Z	11,425	11,100	0,325	11,237	11,235	0,076	11,278	11,206	0,072
			L*	38,495	38,005	0,490	38,217	38,220	0,117	38,269	38,170	0,099
			a*	-0,236	-0,288	0,052	-0,261	-0,261	0,012	-0,256	-0,269	0,013
			b*	-0,753	-0,835	0,082	-0,793	-0,795	0,019	-0,779	-0,802	0,023
		B2.	X	9,779	9,573	0,206	9,663	9,673	0,060	9,694	9,616	0,078
			Y	10,348	10,129	0,219	10,226	10,237	0,064	10,260	10,175	0,085
			Z	11,381	11,140	0,242	11,249	11,256	0,067	11,282	11,197	0,085
			L*	38,460	38,074	0,387	38,245	38,264	0,112	38,306	38,155	0,150
			a*	-0,228	-0,286	0,058	-0,263	-0,261	0,015	-0,255	-0,276	0,021
			b*	-0,730	-0,846	0,116	-0,780	-0,774	0,032	-0,759	-0,794	0,035
		B3.	X	9,730	9,534	0,196	9,617	9,611	0,055	9,656	9,578	0,078
			Y	10,298	10,091	0,207	10,177	10,170	0,059	10,220	10,135	0,085
			Z	11,314	11,085	0,229	11,188	11,183	0,065	11,229	11,143	0,086
			L*	38,372	38,005	0,368	38,158	38,146	0,104	38,234	38,083	0,151
			a*	-0,220	-0,279	0,059	-0,254	-0,253	0,016	-0,242	-0,269	0,028
			b*	-0,724	-0,805	0,081	-0,757	-0,759	0,022	-0,740	-0,770	0,030
		B4.	X	9,621	9,599	0,022	9,610	9,610	0,007	9,616	9,605	0,011
			Y	10,178	10,158	0,019	10,169	10,169	0,006	10,174	10,164	0,010
			Z	11,212	11,156	0,056	11,185	11,184	0,015	11,194	11,175	0,019
			L*	38,159	38,125	0,034	38,143	38,144	0,011	38,153	38,136	0,017
			a*	-0,217	-0,275	0,058	-0,248	-0,247	0,013	-0,243	-0,255	0,012
			b*	-0,723	-0,826	0,103	-0,773	-0,769	0,026	-0,754	-0,787	0,033
Černá Titan		B5.	X	9,730	9,385	0,346	9,511	9,494	0,081	9,560	9,465	0,095
			Y	10,288	9,921	0,367	10,056	10,038	0,085	10,108	10,008	0,100
			Z	11,289	10,880	0,409	11,034	11,020	0,096	11,094	10,975	0,118
			L*	38,354	37,701	0,654	37,942	37,911	0,152	38,036	37,857	0,179
			a*	-0,171	-0,215	0,043	-0,188	-0,187	0,012	-0,180	-0,196	0,016
			b*	-0,639	-0,744	0,105	-0,694	-0,699	0,025	-0,683	-0,709	0,026

**Příloha C: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny C**

Standard:	Velikost měřícího otvoru (mm):	skupina:	Měřeno:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černý	30	C1.	Standard	X	0,019	0,003	0,016	0,009	0,007	0,005	0,010	0,005	0,004
				Y	0,018	0,000	0,018	0,007	0,005	0,006	0,009	0,003	0,006
				Z	0,044	0,014	0,030	0,028	0,026	0,010	0,032	0,024	0,008
				L*	0,163	0,004	0,159	0,060	0,042	0,053	0,083	0,025	0,058
				a*	0,146	-0,028	0,173	0,106	0,124	0,050	0,132	0,098	0,034
				b*	-0,186	-0,430	0,244	-0,315	-0,322	0,075	-0,277	-0,362	0,085
		C2.	Standard + sklo	X	7,876	7,851	0,025	7,864	7,866	0,008	7,869	7,858	0,011
				Y	8,327	8,302	0,025	8,316	8,315	0,008	8,322	8,310	0,012
				Z	9,139	9,102	0,037	9,121	9,120	0,010	9,128	9,115	0,012
				L*	34,655	34,604	0,051	34,632	34,631	0,016	34,645	34,620	0,025
				a*	-0,165	-0,198	0,033	-0,182	-0,185	0,010	-0,175	-0,186	0,012
				b*	-0,611	-0,662	0,052	-0,641	-0,644	0,019	-0,630	-0,657	0,026
		C3.	Standard + kyveta	X	7,826	7,812	0,014	7,817	7,816	0,005	7,819	7,815	0,004
				Y	8,273	8,262	0,012	8,266	8,265	0,004	8,267	8,263	0,004
				Z	9,084	9,042	0,041	9,064	9,064	0,013	9,072	9,056	0,016
				L*	34,546	34,522	0,024	34,531	34,528	0,007	34,533	34,526	0,008
				a*	-0,167	-0,218	0,051	-0,185	-0,181	0,017	-0,171	-0,192	0,022
				b*	-0,569	-0,684	0,115	-0,630	-0,629	0,035	-0,617	-0,652	0,035
Bílý	30	C4.	Standard	X	84,626	84,592	0,034	84,604	84,600	0,012	84,612	84,595	0,017
				Y	89,431	89,391	0,039	89,407	89,404	0,014	89,418	89,396	0,022
				Z	91,482	91,435	0,048	91,459	91,456	0,015	91,466	91,450	0,016
				L*	95,760	95,744	0,016	95,750	95,749	0,006	95,755	95,746	0,009
				a*	-0,303	-0,317	0,014	-0,310	-0,310	0,005	-0,308	-0,310	0,003
				b*	3,058	3,031	0,027	3,046	3,046	0,008	3,050	3,041	0,009
		C5.	Standard + sklo	X	83,152	83,092	0,059	83,114	83,110	0,017	83,123	83,102	0,021
				Y	88,034	87,971	0,063	87,988	87,982	0,018	87,994	87,977	0,017
				Z	90,022	89,937	0,084	89,996	89,998	0,024	90,013	89,988	0,025
				L*	95,175	95,149	0,027	95,156	95,154	0,008	95,158	95,151	0,007
				a*	-0,574	-0,612	0,038	-0,592	-0,592	0,010	-0,586	-0,594	0,008
				b*	3,071	3,024	0,047	3,038	3,034	0,015	3,040	3,028	0,012

Zelený	30	C6.	Standard	X	60,197	60,125	0,071	60,170	60,170	0,023	60,189	60,163	0,026
				Y	69,178	69,114	0,064	69,156	69,162	0,022	69,174	69,143	0,030
				Z	57,541	57,426	0,114	57,498	57,506	0,038	57,521	57,480	0,041
				L*	86,592	86,561	0,031	86,581	86,584	0,011	86,590	86,575	0,015
				a*	-12,454	-12,504	0,050	-12,480	-12,483	0,017	-12,466	-12,493	0,027
				b*	14,450	14,395	0,055	14,418	14,415	0,017	14,425	14,410	0,015
	C7.	Standard + sklo	X	59,746	59,721	0,025	59,734	59,735	0,008	59,740	59,730	0,010	
			Y	68,442	68,410	0,032	68,422	68,418	0,011	68,425	68,414	0,011	
			Z	58,055	57,995	0,060	58,024	58,014	0,024	58,049	58,007	0,042	
			L*	86,227	86,211	0,016	86,217	86,215	0,006	86,219	86,213	0,006	
			a*	-11,928	-11,973	0,046	-11,952	-11,947	0,015	-11,945	-11,965	0,020	
			b*	13,317	13,271	0,046	13,296	13,302	0,016	13,304	13,289	0,015	
Černý	9	C8.	Standard	X	0,009	0,000	0,009	0,004	0,004	0,003	0,005	0,001	0,004
				Y	0,010	0,000	0,010	0,005	0,004	0,003	0,006	0,003	0,004
				Z	0,027	0,000	0,027	0,008	0,007	0,009	0,009	0,002	0,007
				L*	0,094	0,000	0,094	0,041	0,040	0,030	0,057	0,025	0,032
				a*	0,034	-0,077	0,111	-0,030	-0,038	0,033	-0,007	-0,047	0,040
				b*	0,040	-0,244	0,284	-0,053	-0,020	0,100	-0,001	-0,037	0,036
		C9.	Standard + sklo	X	7,818	7,804	0,014	7,813	7,814	0,005	7,818	7,810	0,008
				Y	8,271	8,257	0,015	8,266	8,267	0,004	8,268	8,263	0,005
				Z	9,064	9,026	0,038	9,047	9,051	0,014	9,058	9,034	0,024
	L*			34,542	34,512	0,030	34,530	34,532	0,009	34,535	34,525	0,010	
	a*			-0,189	-0,268	0,080	-0,218	-0,217	0,023	-0,201	-0,227	0,026	
	b*			-0,508	-0,624	0,117	-0,578	-0,594	0,037	-0,553	-0,603	0,050	
	C10.	Standard + kyveta	X	7,805	7,772	0,032	7,784	7,784	0,009	7,788	7,779	0,009	
			Y	8,255	8,222	0,033	8,234	8,233	0,010	8,238	8,227	0,010	
			Z	9,046	8,988	0,059	9,012	9,010	0,015	9,017	9,008	0,009	
			L*	34,509	34,441	0,068	34,465	34,464	0,020	34,473	34,452	0,021	
			a*	-0,179	-0,232	0,053	-0,206	-0,208	0,016	-0,195	-0,216	0,021	
			b*	-0,537	-0,616	0,079	-0,577	-0,572	0,029	-0,554	-0,604	0,050	
Bílý	9	C11.	Standard	X	84,593	84,353	0,240	84,489	84,509	0,074	84,532	84,453	0,079
				Y	89,384	89,133	0,251	89,272	89,290	0,080	89,327	89,229	0,097
				Z	91,462	91,190	0,271	91,342	91,361	0,086	91,384	91,313	0,071
				L*	95,741	95,636	0,105	95,694	95,702	0,033	95,717	95,676	0,041
				a*	-0,273	-0,306	0,033	-0,285	-0,282	0,010	-0,279	-0,291	0,012
				b*	3,044	3,017	0,027	3,030	3,028	0,008	3,034	3,025	0,009
	C12.	Standard + sklo	X	80,753	80,586	0,167	80,689	80,704	0,046	80,714	80,667	0,048	
			Y	85,496	85,314	0,182	85,425	85,440	0,051	85,455	85,396	0,059	
			Z	87,413	87,167	0,245	87,340	87,370	0,071	87,380	87,314	0,066	
			L*	94,096	94,018	0,078	94,066	94,073	0,022	94,079	94,053	0,025	
			a*	-0,581	-0,611	0,029	-0,592	-0,590	0,010	-0,586	-0,596	0,011	
			b*	3,073	3,011	0,062	3,033	3,030	0,017	3,037	3,025	0,012	

Zelený	9	C13.	Standard	X	60,386	60,149	0,237	60,291	60,295	0,068	60,335	60,259	0,075
				Y	69,342	69,105	0,237	69,253	69,256	0,068	69,298	69,222	0,076
				Z	57,611	57,414	0,197	57,493	57,465	0,067	57,540	57,445	0,095
				L*	86,673	86,556	0,117	86,629	86,630	0,034	86,651	86,614	0,037
				a*	-12,353	-12,430	0,077	-12,399	-12,402	0,024	-12,395	-12,414	0,019
				b*	14,614	14,409	0,205	14,505	14,503	0,078	14,567	14,431	0,136
	C14.	Standard + sklo	X	58,239	58,045	0,194	58,128	58,119	0,053	58,142	58,103	0,039	
			Y	66,594	66,402	0,193	66,483	66,472	0,055	66,496	66,458	0,038	
			Z	56,552	56,406	0,146	56,476	56,474	0,050	56,519	56,440	0,079	
			L*	85,299	85,201	0,098	85,242	85,237	0,028	85,249	85,229	0,019	
			a*	-11,600	-11,651	0,051	-11,626	-11,625	0,015	-11,619	-11,634	0,014	
			b*	13,242	12,980	0,261	13,078	13,057	0,084	13,126	13,014	0,112	
Černý	6	C15.	Standard	X	0,005	0,000	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
				Y	0,006	0,000	0,006	0,003	0,003	0,002	0,004	0,001	0,003
				Z	0,007	0,000	0,007	0,002	0,001	0,002	0,002	0,000	0,002
				L*	0,055	0,000	0,055	0,027	0,029	0,017	0,039	0,012	0,027
				a*	0,007	-0,108	0,115	-0,041	-0,046	0,039	-0,008	-0,064	0,055
				b*	0,063	-0,031	0,094	0,024	0,025	0,033	0,056	0,000	0,056
	C16.	Standard + sklo	X	7,842	7,816	0,026	7,827	7,828	0,007	7,830	7,823	0,006	
			Y	8,294	8,271	0,023	8,280	8,281	0,006	8,283	8,278	0,005	
			Z	9,082	9,024	0,059	9,048	9,048	0,016	9,055	9,039	0,016	
			L*	34,588	34,540	0,047	34,560	34,561	0,013	34,565	34,555	0,010	
			a*	-0,199	-0,251	0,052	-0,218	-0,213	0,018	-0,204	-0,232	0,028	
			b*	-0,480	-0,593	0,113	-0,530	-0,531	0,034	-0,512	-0,549	0,038	
	C17.	Standard + kyveta	X	7,798	7,707	0,091	7,760	7,757	0,025	7,778	7,752	0,026	
			Y	8,245	8,149	0,096	8,207	8,202	0,027	8,227	8,198	0,028	
			Z	9,023	8,896	0,127	8,965	8,962	0,037	8,991	8,947	0,044	
			L*	34,489	34,292	0,197	34,410	34,401	0,055	34,450	34,392	0,058	
			a*	-0,164	-0,230	0,066	-0,196	-0,194	0,020	-0,183	-0,209	0,026	
			b*	-0,464	-0,574	0,110	-0,519	-0,507	0,038	-0,491	-0,547	0,056	
Bílý	6	C18.	Standard	X	84,573	84,316	0,258	84,498	84,534	0,085	84,554	84,464	0,090
				Y	89,347	89,075	0,271	89,264	89,303	0,090	89,325	89,231	0,093
				Z	91,451	91,038	0,414	91,342	91,389	0,124	91,418	91,320	0,098
				L*	95,725	95,612	0,113	95,691	95,707	0,037	95,716	95,677	0,039
				a*	-0,245	-0,262	0,017	-0,255	-0,256	0,006	-0,254	-0,260	0,006
				b*	3,099	2,994	0,104	3,024	3,017	0,028	3,028	3,011	0,017
	C19.	Standard + sklo	X	78,216	77,442	0,773	77,971	78,094	0,260	78,129	77,797	0,331	
			Y	82,797	81,972	0,825	82,535	82,667	0,278	82,703	82,347	0,355	
			Z	84,985	84,082	0,902	84,721	84,863	0,298	84,892	84,538	0,354	
			L*	92,925	92,562	0,363	92,810	92,869	0,122	92,884	92,728	0,156	
			a*	-0,552	-0,575	0,023	-0,562	-0,561	0,008	-0,554	-0,568	0,014	
			b*	2,791	2,728	0,063	2,753	2,755	0,017	2,760	2,742	0,018	



Zelený	6	C20.	Standard	X	60,459	60,015	0,444	60,216	60,180	0,151	60,343	60,118	0,224
				Y	69,431	68,997	0,434	69,183	69,148	0,146	69,295	69,089	0,205
				Z	57,766	57,262	0,504	57,509	57,468	0,161	57,616	57,425	0,190
				L*	86,717	86,503	0,214	86,595	86,577	0,072	86,650	86,548	0,101
				a*	-12,358	-12,512	0,155	-12,430	-12,453	0,055	-12,372	-12,462	0,090
				b*	14,628	14,196	0,432	14,431	14,437	0,112	14,475	14,406	0,070
	C21.	Standard + sklo	X	56,331	55,880	0,452	56,157	56,184	0,126	56,229	56,101	0,128	
			Y	64,291	63,894	0,397	64,136	64,163	0,118	64,209	64,066	0,143	
			Z	54,918	54,674	0,244	54,786	54,774	0,070	54,818	54,752	0,066	
			L*	84,117	83,911	0,206	84,037	84,050	0,061	84,074	84,000	0,074	
			a*	-11,199	-11,436	0,237	-11,286	-11,275	0,062	-11,255	-11,297	0,042	
			b*	12,738	12,439	0,299	12,626	12,624	0,094	12,709	12,590	0,119	

**Příloha D: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny D**

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	D1.	K3B	X	4,826	4,765	0,061	4,796	4,795	0,015	4,808	4,790	0,018
			Y	5,112	5,050	0,062	5,081	5,079	0,016	5,091	5,075	0,016
			Z	5,656	5,573	0,083	5,615	5,611	0,024	5,634	5,599	0,035
			L*	27,052	26,876	0,176	26,964	26,959	0,044	26,994	26,948	0,046
			a*	-0,239	-0,300	0,061	-0,267	-0,267	0,017	-0,252	-0,277	0,025
			b*	-0,656	-0,798	0,143	-0,731	-0,729	0,048	-0,694	-0,765	0,071
	D2.	K3N	X	4,838	4,778	0,061	4,809	4,811	0,015	4,819	4,799	0,020
			Y	5,125	5,057	0,067	5,094	5,096	0,017	5,104	5,085	0,020
			Z	5,659	5,580	0,079	5,623	5,627	0,021	5,636	5,610	0,026
			L*	27,087	26,898	0,189	27,001	27,006	0,047	27,030	26,975	0,055
			a*	-0,226	-0,298	0,073	-0,264	-0,262	0,022	-0,242	-0,276	0,034
			b*	-0,648	-0,751	0,103	-0,701	-0,706	0,031	-0,681	-0,727	0,047
	D3.	K29	X	4,896	4,866	0,030	4,879	4,878	0,007	4,884	4,875	0,009
			Y	5,183	5,154	0,029	5,167	5,167	0,007	5,171	5,163	0,008
			Z	5,735	5,673	0,062	5,693	5,691	0,015	5,699	5,683	0,017
			L*	27,249	27,168	0,080	27,204	27,205	0,019	27,216	27,193	0,022
			a*	-0,211	-0,304	0,093	-0,251	-0,253	0,023	-0,238	-0,266	0,029
			b*	-0,597	-0,768	0,172	-0,662	-0,655	0,047	-0,624	-0,686	0,062
	D4.	K31	X	4,893	4,840	0,053	4,869	4,868	0,016	4,879	4,859	0,020
			Y	5,182	5,122	0,061	5,156	5,155	0,017	5,167	5,146	0,022
			Z	5,709	5,649	0,060	5,681	5,681	0,018	5,696	5,674	0,022
			L*	27,247	27,078	0,169	27,174	27,173	0,047	27,206	27,146	0,061
			a*	-0,206	-0,276	0,071	-0,246	-0,248	0,018	-0,237	-0,258	0,021
			b*	-0,596	-0,711	0,115	-0,662	-0,656	0,031	-0,643	-0,683	0,040
Šedá	D5.	K48	X	37,876	37,633	0,243	37,733	37,746	0,065	37,767	37,688	0,079
			Y	40,242	39,981	0,261	40,094	40,110	0,068	40,129	40,049	0,080
			Z	41,164	40,829	0,336	40,956	40,964	0,087	40,993	40,889	0,104
			L*	69,642	69,456	0,185	69,537	69,548	0,048	69,561	69,504	0,057
			a*	-0,889	-0,926	0,037	-0,910	-0,911	0,010	-0,904	-0,916	0,012
			b*	2,437	2,336	0,102	2,401	2,407	0,030	2,424	2,377	0,048
	D6.	K49	X	38,056	37,813	0,243	37,964	37,981	0,062	38,003	37,941	0,062
			Y	40,443	40,188	0,255	40,344	40,360	0,063	40,385	40,322	0,062
			Z	41,427	41,072	0,355	41,305	41,326	0,083	41,351	41,279	0,073
			L*	69,784	69,604	0,181	69,714	69,725	0,045	69,743	69,699	0,044
			a*	-0,900	-0,964	0,064	-0,923	-0,926	0,017	-0,909	-0,934	0,025
			b*	2,379	2,265	0,114	2,295	2,292	0,024	2,302	2,282	0,019

Šedá	D7.	K29	X	37,853	37,677	0,176	37,796	37,800	0,039	37,824	37,780	0,044
			Y	40,237	40,049	0,188	40,172	40,174	0,043	40,197	40,153	0,044
			Z	41,201	40,939	0,262	41,131	41,143	0,055	41,160	41,108	0,052
			L*	69,638	69,504	0,134	69,592	69,593	0,030	69,609	69,578	0,031
			a*	-0,921	-0,966	0,045	-0,942	-0,938	0,012	-0,936	-0,952	0,016
			b*	2,365	2,247	0,117	2,289	2,288	0,026	2,297	2,279	0,017
	D8.	K31	X	37,941	37,768	0,173	37,858	37,878	0,055	37,892	37,816	0,075
			Y	40,338	40,149	0,189	40,246	40,270	0,058	40,283	40,199	0,084
			Z	41,303	41,089	0,214	41,200	41,218	0,064	41,244	41,157	0,087
			L*	69,709	69,576	0,134	69,644	69,661	0,041	69,671	69,611	0,060
			a*	-0,951	-0,986	0,035	-0,967	-0,966	0,010	-0,961	-0,974	0,013
			b*	2,321	2,277	0,043	2,298	2,297	0,014	2,310	2,289	0,022
Běžová	D9.	K2T	X	38,000	37,896	0,104	37,962	37,963	0,026	37,979	37,950	0,028
			Y	40,378	40,259	0,118	40,328	40,328	0,027	40,343	40,317	0,026
			Z	41,361	41,234	0,126	41,298	41,296	0,032	41,319	41,274	0,045
			L*	69,738	69,654	0,084	69,702	69,703	0,019	69,713	69,695	0,018
			a*	-0,857	-0,909	0,052	-0,882	-0,882	0,011	-0,877	-0,888	0,012
			b*	2,309	2,261	0,048	2,284	2,285	0,014	2,291	2,271	0,021
	D10.	K2U	X	38,254	38,083	0,170	38,149	38,143	0,049	38,176	38,112	0,064
			Y	40,641	40,450	0,191	40,530	40,526	0,052	40,559	40,489	0,070
			Z	41,676	41,414	0,262	41,528	41,521	0,068	41,568	41,477	0,091
			L*	69,924	69,789	0,135	69,845	69,842	0,037	69,866	69,817	0,049
			a*	-0,861	-0,903	0,042	-0,892	-0,893	0,010	-0,888	-0,900	0,013
			b*	2,312	2,222	0,090	2,261	2,260	0,020	2,272	2,247	0,025
	D11.	K4R	X	38,046	37,755	0,291	37,869	37,836	0,085	37,944	37,815	0,129
			Y	40,420	40,104	0,315	40,224	40,187	0,091	40,304	40,164	0,140
			Z	41,347	40,955	0,391	41,124	41,080	0,114	41,217	41,060	0,157
			L*	69,768	69,544	0,224	69,629	69,603	0,065	69,685	69,586	0,099
			a*	-0,844	-0,890	0,046	-0,868	-0,868	0,012	-0,861	-0,876	0,016
			b*	2,414	2,299	0,115	2,362	2,356	0,029	2,384	2,346	0,039
D12.	K29	X	38,276	37,960	0,316	38,073	38,065	0,081	38,114	38,014	0,100	
		Y	40,655	40,321	0,334	40,439	40,430	0,085	40,480	40,380	0,101	
		Z	41,687	41,228	0,459	41,377	41,357	0,118	41,446	41,281	0,165	
		L*	69,933	69,698	0,236	69,781	69,775	0,060	69,810	69,739	0,071	
		a*	-0,845	-0,876	0,032	-0,860	-0,860	0,008	-0,855	-0,867	0,012	
		b*	2,377	2,227	0,151	2,327	2,337	0,036	2,352	2,306	0,046	
D13.	K31	X	38,265	37,937	0,328	38,042	38,018	0,089	38,094	37,975	0,119	
		Y	40,659	40,295	0,364	40,407	40,381	0,097	40,461	40,331	0,131	
		Z	41,707	41,185	0,521	41,335	41,280	0,141	41,409	41,231	0,178	
		L*	69,936	69,679	0,257	69,758	69,740	0,068	69,797	69,704	0,093	
		a*	-0,843	-0,910	0,067	-0,864	-0,861	0,014	-0,858	-0,868	0,009	
		b*	2,396	2,208	0,188	2,336	2,358	0,049	2,369	2,316	0,053	

**Příloha E: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny E**

Odstin:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Skupina měření:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	30	E1.	X	5,323	5,254	0,069	5,285	5,286	0,022	5,303	5,266	0,036
			Y	5,628	5,553	0,075	5,586	5,588	0,023	5,605	5,567	0,038
			Z	6,186	6,075	0,111	6,129	6,130	0,032	6,156	6,100	0,056
			L*	28,454	28,255	0,199	28,344	28,348	0,062	28,392	28,292	0,100
			a*	-0,116	-0,170	0,055	-0,140	-0,140	0,017	-0,124	-0,151	0,026
			b*	-0,479	-0,633	0,154	-0,568	-0,575	0,041	-0,537	-0,593	0,057
		E2.	X	5,280	5,221	0,059	5,251	5,261	0,020	5,269	5,233	0,036
			Y	5,578	5,521	0,056	5,552	5,560	0,021	5,570	5,533	0,037
			Z	6,143	6,061	0,083	6,103	6,114	0,029	6,124	6,076	0,047
			L*	28,321	28,171	0,150	28,252	28,274	0,055	28,300	28,202	0,097
			a*	-0,098	-0,194	0,097	-0,152	-0,154	0,024	-0,140	-0,167	0,027
			b*	-0,562	-0,709	0,148	-0,618	-0,609	0,038	-0,586	-0,645	0,058
		E3.	X	5,286	5,221	0,065	5,255	5,251	0,024	5,279	5,235	0,044
			Y	5,592	5,520	0,071	5,557	5,553	0,025	5,581	5,534	0,047
			Z	6,161	6,070	0,092	6,115	6,111	0,031	6,143	6,088	0,055
			L*	28,358	28,168	0,190	28,265	28,255	0,067	28,329	28,204	0,125
			a*	-0,128	-0,187	0,058	-0,159	-0,157	0,019	-0,141	-0,175	0,035
			b*	-0,597	-0,695	0,098	-0,646	-0,644	0,026	-0,626	-0,662	0,035
		E4.	X	5,282	5,205	0,077	5,245	5,246	0,025	5,268	5,224	0,045
			Y	5,583	5,507	0,076	5,547	5,550	0,025	5,573	5,526	0,047
			Z	6,168	6,058	0,110	6,119	6,116	0,035	6,150	6,087	0,062
			L*	28,335	28,132	0,203	28,241	28,247	0,068	28,307	28,183	0,124
			a*	-0,136	-0,217	0,081	-0,181	-0,184	0,020	-0,172	-0,188	0,017
			b*	-0,633	-0,773	0,140	-0,702	-0,703	0,040	-0,667	-0,735	0,068
E5.	X	5,393	5,329	0,065	5,362	5,365	0,020	5,377	5,344	0,033		
	Y	5,705	5,637	0,068	5,672	5,674	0,021	5,688	5,654	0,034		
	Z	6,281	6,196	0,084	6,243	6,244	0,027	6,264	6,222	0,042		
	L*	28,656	28,478	0,178	28,568	28,576	0,056	28,612	28,522	0,090		
	a*	-0,149	-0,239	0,090	-0,186	-0,185	0,024	-0,174	-0,198	0,023		
	b*	-0,576	-0,726	0,150	-0,655	-0,654	0,040	-0,635	-0,676	0,040		
Černá Titan	30	E6.	X	5,026	4,964	0,062	4,998	4,995	0,022	5,017	4,977	0,040
			Y	5,305	5,239	0,065	5,277	5,276	0,023	5,296	5,253	0,043
			Z	5,977	5,884	0,093	5,933	5,932	0,030	5,961	5,906	0,055
			L*	27,586	27,406	0,180	27,509	27,507	0,063	27,561	27,444	0,118
			a*	-0,035	-0,112	0,078	-0,064	-0,061	0,025	-0,042	-0,078	0,036
			b*	-1,109	-1,234	0,126	-1,178	-1,185	0,036	-1,154	-1,211	0,057

Černá Titan	30	E7.	X	4,976	4,909	0,067	4,939	4,932	0,023	4,963	4,920	0,043
			Y	5,247	5,181	0,065	5,213	5,208	0,024	5,238	5,195	0,043
			Z	5,952	5,853	0,099	5,893	5,887	0,033	5,919	5,863	0,056
			L*	27,426	27,245	0,181	27,333	27,320	0,066	27,401	27,282	0,119
			a*	0,024	-0,094	0,117	-0,045	-0,049	0,027	-0,030	-0,057	0,027
			b*	-1,254	-1,419	0,165	-1,308	-1,300	0,042	-1,286	-1,321	0,035
		E8.	X	5,061	4,980	0,081	5,023	5,024	0,024	5,043	4,999	0,043
			Y	5,345	5,260	0,085	5,303	5,304	0,025	5,324	5,279	0,045
			Z	6,050	5,924	0,126	5,992	6,000	0,036	6,016	5,955	0,061
			L*	27,696	27,464	0,232	27,581	27,584	0,070	27,638	27,514	0,124
			a*	-0,023	-0,091	0,068	-0,056	-0,054	0,020	-0,040	-0,074	0,034
			b*	-1,216	-1,388	0,172	-1,304	-1,308	0,044	-1,274	-1,335	0,061
		E9.	X	5,018	4,954	0,064	4,982	4,977	0,021	4,996	4,963	0,033
			Y	5,296	5,228	0,068	5,258	5,255	0,022	5,273	5,239	0,034
			Z	6,006	5,910	0,096	5,954	5,948	0,028	5,974	5,932	0,042
			L*	27,563	27,374	0,189	27,458	27,448	0,062	27,499	27,404	0,095
			a*	-0,002	-0,082	0,081	-0,046	-0,039	0,023	-0,031	-0,066	0,036
			b*	-1,285	-1,417	0,133	-1,356	-1,348	0,035	-1,332	-1,384	0,052
	E10.	X	5,037	4,975	0,062	5,006	5,002	0,021	5,025	4,988	0,037	
		Y	5,316	5,250	0,065	5,282	5,279	0,022	5,302	5,262	0,040	
		Z	5,996	5,903	0,094	5,947	5,937	0,030	5,973	5,927	0,047	
		L*	27,616	27,437	0,180	27,523	27,514	0,060	27,577	27,467	0,110	
		a*	0,024	-0,051	0,074	-0,025	-0,033	0,022	-0,007	-0,041	0,035	
		b*	-1,161	-1,317	0,156	-1,215	-1,210	0,043	-1,176	-1,232	0,056	
	9	E11.	X	5,048	4,882	0,166	4,970	4,976	0,052	5,013	4,920	0,093
			Y	5,330	5,157	0,173	5,250	5,257	0,055	5,296	5,197	0,098
			Z	6,022	5,791	0,231	5,921	5,928	0,069	5,975	5,859	0,117
			L*	27,655	27,176	0,479	27,435	27,455	0,152	27,561	27,289	0,271
			a*	-0,068	-0,137	0,069	-0,096	-0,096	0,018	-0,083	-0,108	0,025
			b*	-1,140	-1,323	0,182	-1,254	-1,262	0,049	-1,225	-1,297	0,072
6	E12.	X	5,042	4,864	0,178	4,961	4,966	0,048	4,991	4,923	0,068	
		Y	5,325	5,136	0,189	5,242	5,248	0,051	5,272	5,202	0,071	
		Z	6,004	5,776	0,228	5,890	5,897	0,063	5,930	5,838	0,092	
		L*	27,642	27,119	0,522	27,412	27,429	0,141	27,496	27,301	0,195	
		a*	-0,078	-0,161	0,083	-0,113	-0,116	0,026	-0,089	-0,131	0,042	
		b*	-1,081	-1,264	0,184	-1,161	-1,156	0,055	-1,116	-1,202	0,086	

Šedá	30	E13.	X	39,809	39,662	0,148	39,715	39,719	0,039	39,744	39,677	0,067
			Y	42,189	42,034	0,155	42,093	42,100	0,041	42,122	42,053	0,069
			Z	42,406	42,204	0,203	42,263	42,255	0,050	42,290	42,221	0,069
			L*	71,001	70,894	0,106	70,935	70,940	0,028	70,955	70,908	0,047
			a*	-0,591	-0,623	0,032	-0,608	-0,608	0,010	-0,603	-0,612	0,009
			b*	3,316	3,232	0,084	3,285	3,287	0,017	3,291	3,280	0,011
		E14.	X	41,425	41,335	0,090	41,378	41,377	0,026	41,394	41,363	0,031
			Y	43,911	43,819	0,092	43,862	43,861	0,026	43,879	43,845	0,034
			Z	44,287	44,163	0,125	44,231	44,230	0,034	44,253	44,211	0,042
			L*	72,169	72,107	0,062	72,136	72,136	0,018	72,147	72,125	0,023
			a*	-0,625	-0,654	0,029	-0,635	-0,634	0,007	-0,631	-0,638	0,008
			b*	3,141	3,090	0,052	3,114	3,115	0,013	3,121	3,106	0,015
		E15.	X	39,370	39,117	0,252	39,245	39,232	0,061	39,278	39,208	0,070
			Y	41,716	41,443	0,273	41,584	41,572	0,067	41,623	41,541	0,082
			Z	41,469	41,125	0,344	41,291	41,266	0,082	41,334	41,241	0,093
			L*	70,675	70,485	0,190	70,583	70,575	0,047	70,610	70,554	0,057
			a*	-0,555	-0,596	0,041	-0,572	-0,570	0,012	-0,562	-0,581	0,019
			b*	3,848	3,760	0,088	3,810	3,811	0,023	3,821	3,803	0,018
		E16.	X	40,199	40,117	0,082	40,151	40,150	0,020	40,161	40,139	0,021
			Y	42,612	42,521	0,091	42,558	42,556	0,022	42,565	42,546	0,019
			Z	42,548	42,401	0,146	42,478	42,475	0,034	42,496	42,463	0,034
			L*	71,291	71,229	0,062	71,254	71,252	0,015	71,259	71,246	0,013
			a*	-0,602	-0,632	0,030	-0,617	-0,618	0,008	-0,612	-0,621	0,009
			b*	3,631	3,557	0,073	3,586	3,583	0,019	3,598	3,577	0,021
E17.	X	41,626	41,440	0,186	41,547	41,548	0,056	41,599	41,516	0,082		
	Y	44,125	43,924	0,201	44,038	44,037	0,060	44,090	44,005	0,084		
	Z	44,158	43,953	0,205	44,073	44,076	0,062	44,120	44,036	0,083		
	L*	72,312	72,178	0,134	72,254	72,253	0,040	72,288	72,232	0,056		
	a*	-0,615	-0,637	0,022	-0,626	-0,627	0,007	-0,622	-0,629	0,007		
	b*	3,520	3,472	0,048	3,494	3,492	0,012	3,501	3,486	0,015		

Šedá	30	E18.	X	55,811	55,590	0,222	55,743	55,756	0,058	55,790	55,702	0,088
			Y	58,778	58,544	0,234	58,707	58,720	0,061	58,760	58,662	0,098
			Z	53,946	53,734	0,212	53,871	53,879	0,054	53,906	53,845	0,060
			L*	81,169	81,040	0,129	81,131	81,138	0,034	81,160	81,106	0,054
			a*	0,219	0,196	0,022	0,206	0,206	0,006	0,210	0,201	0,008
			b*	8,536	8,485	0,051	8,511	8,511	0,016	8,522	8,501	0,021
		E19.	X	56,171	56,067	0,104	56,121	56,120	0,030	56,136	56,099	0,037
			Y	59,172	59,057	0,114	59,117	59,114	0,032	59,135	59,094	0,041
			Z	54,497	54,393	0,104	54,442	54,435	0,033	54,463	54,419	0,045
			L*	81,386	81,323	0,063	81,356	81,354	0,017	81,366	81,343	0,022
			a*	0,191	0,165	0,025	0,179	0,178	0,008	0,186	0,173	0,014
			b*	8,366	8,313	0,053	8,340	8,339	0,013	8,347	8,332	0,015
		E20.	X	55,523	55,390	0,133	55,465	55,463	0,035	55,491	55,436	0,055
			Y	58,475	58,338	0,137	58,415	58,410	0,038	58,449	58,385	0,065
			Z	53,661	53,481	0,180	53,575	53,571	0,046	53,613	53,550	0,063
			L*	81,002	80,926	0,076	80,969	80,966	0,021	80,988	80,952	0,036
			a*	0,221	0,183	0,038	0,204	0,207	0,010	0,210	0,199	0,011
			b*	8,545	8,495	0,050	8,523	8,524	0,013	8,533	8,513	0,020
		E21.	X	57,131	56,615	0,516	56,813	56,775	0,152	56,880	56,697	0,183
			Y	60,144	59,604	0,540	59,812	59,774	0,159	59,890	59,691	0,199
			Z	55,390	54,895	0,494	55,070	55,040	0,144	55,136	54,954	0,181
			L*	81,916	81,622	0,294	81,736	81,715	0,087	81,778	81,670	0,108
			a*	0,272	0,240	0,032	0,257	0,258	0,009	0,263	0,251	0,012
			b*	8,422	8,347	0,076	8,384	8,384	0,019	8,393	8,374	0,019
E22.	X	55,129	54,868	0,261	55,029	55,034	0,064	55,070	54,990	0,081		
	Y	58,016	57,748	0,267	57,914	57,917	0,067	57,958	57,872	0,086		
	Z	53,131	52,885	0,246	53,030	53,034	0,059	53,062	53,006	0,055		
	L*	80,748	80,599	0,149	80,691	80,693	0,037	80,715	80,667	0,048		
	a*	0,316	0,289	0,027	0,304	0,305	0,008	0,309	0,300	0,010		
	b*	8,607	8,543	0,063	8,584	8,583	0,016	8,596	8,577	0,018		

**Příloha F: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny F**

Odstín:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Skupina měření:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	30	F1.	X	5,224	5,152	0,072	5,189	5,188	0,025	5,210	5,167	0,043
			Y	5,535	5,461	0,074	5,499	5,498	0,026	5,522	5,477	0,045
			Z	6,107	6,003	0,104	6,059	6,060	0,032	6,085	6,036	0,050
			L*	28,207	28,010	0,197	28,111	28,108	0,069	28,173	28,052	0,121
			a*	-0,259	-0,341	0,082	-0,305	-0,308	0,022	-0,288	-0,321	0,033
			b*	-0,596	-0,746	0,150	-0,673	-0,672	0,040	-0,648	-0,703	0,055
		F2.	X	5,250	5,175	0,075	5,210	5,205	0,025	5,230	5,185	0,045
			Y	5,560	5,479	0,081	5,520	5,518	0,026	5,542	5,492	0,050
			Z	6,145	6,034	0,111	6,083	6,076	0,033	6,107	6,056	0,051
			L*	28,273	28,057	0,216	28,168	28,162	0,070	28,226	28,093	0,133
			a*	-0,229	-0,334	0,105	-0,286	-0,294	0,028	-0,266	-0,302	0,036
			b*	-0,603	-0,766	0,163	-0,677	-0,673	0,040	-0,658	-0,695	0,037
		F3.	X	5,227	5,166	0,061	5,201	5,202	0,018	5,216	5,185	0,031
			Y	5,541	5,473	0,068	5,510	5,511	0,019	5,525	5,495	0,030
			Z	6,082	6,011	0,071	6,052	6,051	0,021	6,069	6,040	0,028
			L*	28,223	28,043	0,181	28,141	28,145	0,051	28,182	28,101	0,081
			a*	-0,257	-0,323	0,066	-0,286	-0,290	0,017	-0,269	-0,297	0,028
			b*	-0,540	-0,646	0,106	-0,595	-0,602	0,029	-0,577	-0,614	0,038
		F4.	X	5,243	5,169	0,074	5,209	5,209	0,022	5,221	5,202	0,020
			Y	5,556	5,480	0,076	5,522	5,522	0,023	5,535	5,514	0,021
			Z	6,159	6,047	0,113	6,108	6,113	0,027	6,122	6,094	0,027
			L*	28,264	28,061	0,203	28,173	28,172	0,061	28,208	28,153	0,055
			a*	-0,287	-0,363	0,076	-0,321	-0,325	0,020	-0,309	-0,333	0,024
			b*	-0,710	-0,834	0,125	-0,776	-0,779	0,036	-0,749	-0,803	0,054
		F5.	X	5,240	5,175	0,064	5,208	5,205	0,021	5,229	5,191	0,038
			Y	5,543	5,473	0,070	5,509	5,506	0,022	5,531	5,492	0,039
			Z	6,048	5,971	0,077	6,006	6,003	0,027	6,033	5,983	0,050
			L*	28,229	28,043	0,186	28,138	28,131	0,059	28,197	28,093	0,104
			a*	-0,143	-0,212	0,069	-0,187	-0,190	0,017	-0,174	-0,199	0,026
			b*	-0,352	-0,477	0,125	-0,406	-0,400	0,031	-0,388	-0,424	0,036



Černá Titan	30	F6.	X	4,903	4,841	0,062	4,876	4,877	0,022	4,897	4,854	0,043
			Y	5,181	5,121	0,060	5,153	5,155	0,021	5,175	5,133	0,042
			Z	5,913	5,818	0,095	5,872	5,870	0,030	5,896	5,852	0,043
			L*	27,244	27,077	0,167	27,166	27,172	0,060	27,228	27,110	0,118
			a*	-0,077	-0,186	0,109	-0,126	-0,123	0,029	-0,110	-0,141	0,032
			b*	-1,428	-1,602	0,174	-1,508	-1,512	0,051	-1,466	-1,547	0,081
		F7.	X	4,895	4,839	0,056	4,870	4,873	0,017	4,882	4,855	0,027
			Y	5,173	5,114	0,060	5,145	5,148	0,018	5,157	5,129	0,027
			Z	5,847	5,775	0,072	5,818	5,824	0,023	5,837	5,801	0,036
			L*	27,223	27,056	0,167	27,143	27,152	0,050	27,177	27,100	0,076
			a*	-0,046	-0,127	0,081	-0,099	-0,101	0,025	-0,084	-0,121	0,038
			b*	-1,249	-1,380	0,132	-1,312	-1,318	0,040	-1,283	-1,340	0,057
		F8.	X	4,897	4,808	0,089	4,854	4,853	0,025	4,873	4,840	0,033
			Y	5,173	5,078	0,096	5,129	5,129	0,026	5,149	5,115	0,034
			Z	5,860	5,748	0,112	5,802	5,795	0,033	5,831	5,783	0,048
			L*	27,223	26,955	0,268	27,099	27,099	0,074	27,155	27,060	0,095
			a*	-0,073	-0,154	0,081	-0,118	-0,125	0,023	-0,100	-0,134	0,034
			b*	-1,250	-1,371	0,121	-1,316	-1,311	0,033	-1,298	-1,338	0,040
		F9.	X	4,945	4,864	0,081	4,904	4,902	0,024	4,922	4,886	0,036
			Y	5,231	5,146	0,085	5,187	5,184	0,025	5,206	5,169	0,037
			Z	5,927	5,827	0,100	5,876	5,879	0,031	5,899	5,852	0,047
			L*	27,382	27,146	0,236	27,262	27,252	0,069	27,314	27,211	0,102
			a*	-0,145	-0,201	0,056	-0,178	-0,178	0,016	-0,167	-0,188	0,021
			b*	-1,315	-1,403	0,088	-1,359	-1,365	0,029	-1,330	-1,373	0,043
		F10.	X	5,034	4,963	0,071	4,998	5,001	0,023	5,018	4,975	0,042
			Y	5,329	5,255	0,074	5,289	5,290	0,024	5,307	5,264	0,043
			Z	6,039	5,945	0,095	5,995	5,996	0,031	6,022	5,962	0,060
			L*	27,652	27,450	0,202	27,542	27,546	0,065	27,593	27,475	0,118
			a*	-0,145	-0,257	0,112	-0,205	-0,205	0,028	-0,193	-0,222	0,030
			b*	-1,329	-1,473	0,144	-1,383	-1,380	0,040	-1,350	-1,406	0,056

## Příloha G: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny G

Odstin:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Skupina měření:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	30	G1.	X	5,536	5,395	0,142	5,463	5,462	0,054	5,511	5,408	0,103
			Y	5,865	5,717	0,148	5,789	5,788	0,056	5,840	5,731	0,109
			Z	6,401	6,212	0,189	6,300	6,301	0,066	6,359	6,234	0,125
			L*	29,068	28,686	0,382	28,874	28,871	0,146	29,005	28,724	0,281
			a*	-0,268	-0,363	0,094	-0,302	-0,294	0,026	-0,285	-0,315	0,030
			b*	-0,286	-0,446	0,160	-0,364	-0,357	0,042	-0,337	-0,393	0,056
		G2.	X	5,408	5,337	0,071	5,366	5,359	0,024	5,388	5,348	0,040
			Y	5,732	5,655	0,077	5,687	5,678	0,026	5,710	5,667	0,043
			Z	6,218	6,117	0,101	6,161	6,155	0,029	6,179	6,144	0,035
			L*	28,727	28,526	0,201	28,609	28,586	0,067	28,668	28,555	0,113
			a*	-0,266	-0,346	0,081	-0,306	-0,307	0,022	-0,286	-0,327	0,040
			b*	-0,169	-0,324	0,155	-0,246	-0,252	0,049	-0,208	-0,285	0,077
		G3.	X	5,093	5,064	0,029	5,080	5,080	0,006	5,084	5,077	0,007
			Y	5,402	5,375	0,027	5,387	5,386	0,006	5,391	5,383	0,007
			Z	5,893	5,843	0,050	5,874	5,875	0,011	5,880	5,870	0,010
			L*	27,849	27,777	0,072	27,810	27,808	0,017	27,820	27,800	0,020
			a*	-0,305	-0,394	0,089	-0,342	-0,340	0,024	-0,331	-0,352	0,021
			b*	-0,297	-0,479	0,181	-0,405	-0,416	0,040	-0,382	-0,430	0,047
		G4.	X	5,027	4,934	0,093	4,979	4,981	0,022	4,988	4,967	0,021
			Y	5,332	5,234	0,098	5,280	5,280	0,023	5,288	5,267	0,022
			Z	5,786	5,675	0,111	5,737	5,741	0,030	5,754	5,723	0,031
			L*	27,661	27,391	0,270	27,518	27,518	0,063	27,541	27,481	0,060
			a*	-0,277	-0,381	0,104	-0,339	-0,347	0,031	-0,311	-0,366	0,055
			b*	-0,227	-0,441	0,214	-0,314	-0,311	0,062	-0,270	-0,357	0,087
		G5.	X	4,882	4,863	0,019	4,873	4,872	0,006	4,878	4,868	0,010
			Y	5,172	5,154	0,018	5,164	5,164	0,006	5,169	5,160	0,009
			Z	5,627	5,575	0,052	5,604	5,604	0,014	5,614	5,595	0,020
			L*	27,219	27,168	0,051	27,196	27,196	0,016	27,211	27,185	0,026
			a*	-0,256	-0,341	0,085	-0,287	-0,284	0,024	-0,273	-0,297	0,025
			b*	-0,169	-0,372	0,203	-0,279	-0,287	0,048	-0,255	-0,306	0,051

## Příloha H: Statistická data pro vyhodnocení měření skupiny H

Odstin:	Velikost měřícího otvoru (mm):	Skupina měření:	Hodnota:	Maximu:	Minimum:	Rozpětí:	Výběrový průměr:	Medián:	Výběrová směrodatná odchylka:	75% kvantil:	25% kvantil:	Mezikvartilové rozpětí:
Černá Satin	30	H1.	X	5,375	5,346	0,029	5,357	5,357	0,008	5,363	5,351	0,012
			Y	5,690	5,662	0,028	5,673	5,673	0,007	5,678	5,668	0,010
			Z	6,257	6,195	0,062	6,227	6,225	0,014	6,236	6,217	0,018
			L*	28,616	28,544	0,073	28,572	28,573	0,019	28,585	28,558	0,027
			a*	-0,207	-0,317	0,110	-0,256	-0,250	0,025	-0,239	-0,269	0,030
			b*	-0,497	-0,640	0,143	-0,582	-0,589	0,040	-0,567	-0,609	0,042
		H2.	X	5,370	5,328	0,042	5,339	5,336	0,010	5,347	5,332	0,015
			Y	5,687	5,640	0,046	5,654	5,650	0,011	5,660	5,648	0,012
			Z	6,247	6,186	0,060	6,206	6,202	0,017	6,219	6,192	0,027
			L*	28,608	28,487	0,121	28,522	28,511	0,028	28,537	28,506	0,030
			a*	-0,220	-0,296	0,076	-0,255	-0,250	0,019	-0,246	-0,270	0,024
			b*	-0,537	-0,653	0,116	-0,584	-0,578	0,036	-0,554	-0,608	0,055
		H3.	X	5,344	5,320	0,023	5,333	5,333	0,006	5,338	5,329	0,008
			Y	5,653	5,632	0,021	5,642	5,643	0,006	5,646	5,639	0,007
			Z	6,203	6,163	0,040	6,180	6,177	0,011	6,185	6,172	0,013
			L*	28,519	28,464	0,055	28,492	28,494	0,015	28,501	28,482	0,019
			a*	-0,157	-0,231	0,075	-0,201	-0,200	0,020	-0,190	-0,215	0,025
			b*	-0,465	-0,614	0,149	-0,526	-0,518	0,034	-0,504	-0,545	0,041
		H4.	X	5,356	5,338	0,018	5,348	5,348	0,005	5,351	5,345	0,006
			Y	5,672	5,649	0,023	5,663	5,664	0,006	5,668	5,661	0,007
			Z	6,239	6,197	0,042	6,217	6,216	0,011	6,223	6,210	0,013
			L*	28,570	28,510	0,060	28,547	28,548	0,015	28,558	28,540	0,018
			a*	-0,219	-0,294	0,075	-0,256	-0,254	0,018	-0,250	-0,264	0,014
			b*	-0,539	-0,642	0,103	-0,585	-0,591	0,030	-0,561	-0,603	0,042
		H5.	X	5,352	5,324	0,028	5,337	5,337	0,008	5,343	5,331	0,012
			Y	5,665	5,639	0,025	5,651	5,651	0,009	5,657	5,644	0,014
			Z	6,240	6,185	0,055	6,211	6,213	0,015	6,220	6,200	0,020
			L*	28,550	28,484	0,066	28,515	28,513	0,023	28,531	28,495	0,036
			a*	-0,217	-0,297	0,080	-0,249	-0,251	0,022	-0,233	-0,260	0,028
			b*	-0,544	-0,686	0,143	-0,616	-0,612	0,040	-0,598	-0,635	0,037

Černá Titan	30	H6.	X	5,034	5,002	0,032	5,016	5,018	0,009	5,023	5,008	0,015
			Y	5,319	5,287	0,032	5,302	5,304	0,009	5,308	5,295	0,013
			Z	6,043	5,992	0,051	6,015	6,016	0,014	6,022	6,004	0,018
			L*	27,625	27,538	0,087	27,578	27,583	0,025	27,596	27,560	0,036
			a*	-0,110	-0,186	0,076	-0,135	-0,132	0,020	-0,119	-0,148	0,029
			b*	-1,337	-1,461	0,124	-1,410	-1,409	0,033	-1,393	-1,439	0,046
		H7.	X	5,046	4,993	0,053	5,021	5,020	0,016	5,034	5,010	0,023
			Y	5,331	5,280	0,051	5,307	5,306	0,016	5,319	5,296	0,024
			Z	6,058	5,982	0,076	6,022	6,022	0,022	6,037	6,007	0,030
			L*	27,659	27,518	0,141	27,593	27,589	0,044	27,625	27,561	0,065
			a*	-0,097	-0,174	0,077	-0,131	-0,121	0,022	-0,116	-0,149	0,033
			b*	-1,347	-1,472	0,125	-1,413	-1,416	0,032	-1,391	-1,436	0,045
		H8.	X	5,037	5,018	0,018	5,027	5,027	0,005	5,029	5,025	0,004
			Y	5,324	5,305	0,019	5,313	5,312	0,004	5,314	5,311	0,003
			Z	6,054	6,010	0,045	6,028	6,028	0,011	6,033	6,021	0,012
			L*	27,639	27,587	0,052	27,608	27,607	0,012	27,612	27,603	0,009
			a*	-0,084	-0,181	0,098	-0,129	-0,130	0,026	-0,113	-0,147	0,033
			b*	-1,351	-1,493	0,142	-1,413	-1,419	0,031	-1,392	-1,427	0,035
		H9.	X	5,003	4,969	0,034	4,993	4,993	0,008	4,998	4,989	0,008
			Y	5,287	5,253	0,034	5,277	5,277	0,008	5,282	5,274	0,008
			Z	6,034	5,975	0,059	6,010	6,010	0,015	6,020	6,003	0,017
			L*	27,538	27,445	0,093	27,510	27,510	0,021	27,523	27,501	0,022
			a*	-0,092	-0,179	0,087	-0,135	-0,130	0,025	-0,122	-0,150	0,028
			b*	-1,442	-1,569	0,127	-1,504	-1,501	0,037	-1,475	-1,524	0,049
		H10.	X	5,027	4,986	0,041	5,006	5,006	0,010	5,011	5,001	0,011
			Y	5,310	5,270	0,040	5,290	5,292	0,010	5,296	5,285	0,011
			Z	6,054	5,985	0,068	6,017	6,015	0,017	6,023	6,010	0,013
			L*	27,600	27,490	0,109	27,547	27,551	0,028	27,562	27,533	0,029
			a*	-0,090	-0,166	0,076	-0,125	-0,126	0,020	-0,115	-0,136	0,022
			b*	-1,416	-1,564	0,148	-1,470	-1,459	0,039	-1,442	-1,491	0,050

Šedá	30	H11.	X	39,546	39,408	0,138	39,471	39,467	0,043	39,496	39,437	0,060
			Y	41,870	41,716	0,154	41,789	41,782	0,047	41,816	41,750	0,066
			Z	41,814	41,627	0,187	41,717	41,716	0,058	41,756	41,670	0,086
			L*	70,781	70,675	0,107	70,725	70,720	0,032	70,744	70,698	0,045
			a*	-0,452	-0,477	0,025	-0,469	-0,469	0,008	-0,464	-0,476	0,012
			b*	3,577	3,531	0,046	3,556	3,553	0,015	3,572	3,544	0,027
		H12.	X	39,184	39,094	0,091	39,139	39,143	0,024	39,153	39,121	0,032
			Y	41,484	41,388	0,096	41,438	41,440	0,026	41,455	41,416	0,039
			Z	41,430	41,334	0,096	41,383	41,385	0,027	41,403	41,361	0,042
			L*	70,514	70,447	0,067	70,482	70,483	0,018	70,494	70,466	0,027
			a*	-0,453	-0,492	0,039	-0,470	-0,468	0,010	-0,465	-0,477	0,012
			b*	3,551	3,495	0,056	3,527	3,528	0,013	3,533	3,523	0,010
		H13.	X	39,653	39,457	0,196	39,564	39,542	0,054	39,608	39,533	0,075
			Y	41,983	41,773	0,210	41,887	41,864	0,059	41,935	41,855	0,080
			Z	41,995	41,748	0,247	41,888	41,859	0,068	41,947	41,843	0,104
			L*	70,859	70,714	0,145	70,793	70,777	0,040	70,826	70,771	0,055
			a*	-0,462	-0,487	0,024	-0,471	-0,472	0,006	-0,467	-0,475	0,008
			b*	3,501	3,459	0,042	3,475	3,474	0,012	3,483	3,464	0,019
		H14.	X	39,594	39,533	0,060	39,570	39,570	0,014	39,580	39,560	0,019
			Y	41,918	41,855	0,063	41,893	41,892	0,015	41,902	41,883	0,019
			Z	41,943	41,841	0,102	41,894	41,895	0,025	41,912	41,876	0,035
			L*	70,814	70,771	0,044	70,797	70,797	0,010	70,803	70,790	0,013
			a*	-0,457	-0,486	0,029	-0,469	-0,470	0,007	-0,466	-0,472	0,006
			b*	3,504	3,446	0,058	3,474	3,470	0,016	3,485	3,462	0,024
		H15.	X	39,681	39,493	0,188	39,578	39,560	0,061	39,632	39,533	0,099
			Y	42,012	41,808	0,204	41,900	41,882	0,067	41,958	41,850	0,108
			Z	42,040	41,784	0,256	41,903	41,879	0,080	41,976	41,847	0,129
			L*	70,879	70,738	0,141	70,802	70,789	0,046	70,842	70,767	0,074
			a*	-0,450	-0,480	0,030	-0,466	-0,466	0,007	-0,463	-0,468	0,006
			b*	3,501	3,446	0,055	3,473	3,476	0,016	3,483	3,462	0,021

Černá Satin	9	H16.	X	5,405	5,349	0,056	5,377	5,378	0,017	5,392	5,365	0,027
			Y	5,711	5,658	0,053	5,687	5,688	0,017	5,703	5,674	0,029
			Z	6,297	6,212	0,085	6,254	6,251	0,022	6,268	6,242	0,026
			L*	28,672	28,533	0,138	28,608	28,611	0,045	28,651	28,575	0,076
			a*	-0,102	-0,206	0,105	-0,171	-0,175	0,024	-0,164	-0,185	0,021
			b*	-0,558	-0,730	0,172	-0,634	-0,627	0,050	-0,598	-0,675	0,076
		H17.	X	5,360	5,330	0,030	5,343	5,343	0,007	5,345	5,339	0,007
			Y	5,673	5,640	0,033	5,655	5,654	0,008	5,657	5,650	0,007
			Z	6,265	6,217	0,048	6,243	6,245	0,013	6,250	6,236	0,014
			L*	28,573	28,486	0,087	28,525	28,523	0,020	28,530	28,512	0,018
			a*	-0,166	-0,256	0,090	-0,221	-0,221	0,025	-0,203	-0,241	0,038
			b*	-0,652	-0,813	0,161	-0,729	-0,727	0,047	-0,696	-0,761	0,066
		H18.	X	5,369	5,281	0,088	5,331	5,333	0,031	5,360	5,310	0,050
			Y	5,676	5,581	0,094	5,637	5,641	0,033	5,666	5,614	0,052
			Z	6,229	6,131	0,098	6,187	6,192	0,034	6,217	6,165	0,052
			L*	28,579	28,331	0,249	28,476	28,488	0,086	28,554	28,416	0,138
			a*	-0,090	-0,202	0,112	-0,152	-0,148	0,027	-0,142	-0,163	0,022
			b*	-0,459	-0,699	0,240	-0,580	-0,597	0,053	-0,543	-0,611	0,069
		H19.	X	5,385	5,318	0,068	5,363	5,367	0,017	5,374	5,356	0,018
			Y	5,696	5,626	0,071	5,672	5,677	0,017	5,684	5,664	0,020
			Z	6,268	6,179	0,089	6,237	6,240	0,022	6,251	6,224	0,028
			L*	28,633	28,448	0,185	28,569	28,583	0,046	28,600	28,549	0,051
			a*	-0,146	-0,200	0,054	-0,175	-0,178	0,016	-0,161	-0,188	0,027
			b*	-0,564	-0,700	0,136	-0,629	-0,622	0,039	-0,603	-0,662	0,059
H20.	X	5,377	5,321	0,057	5,346	5,344	0,016	5,359	5,336	0,023		
	Y	5,690	5,633	0,057	5,658	5,656	0,016	5,669	5,647	0,022		
	Z	6,301	6,209	0,093	6,253	6,253	0,027	6,275	6,234	0,040		
	L*	28,616	28,467	0,149	28,533	28,528	0,042	28,562	28,503	0,059		
	a*	-0,166	-0,270	0,103	-0,218	-0,219	0,026	-0,206	-0,237	0,031		
	b*	-0,621	-0,858	0,236	-0,758	-0,759	0,058	-0,734	-0,788	0,053		

Černá Titan	9	H21.	X	5,035	4,879	0,156	4,986	5,006	0,046	5,016	4,959	0,057
			Y	5,321	5,156	0,165	5,268	5,286	0,049	5,302	5,236	0,066
			Z	6,028	5,828	0,200	5,952	5,963	0,059	5,997	5,918	0,079
			L*	27,629	27,173	0,456	27,484	27,534	0,135	27,577	27,397	0,180
			a*	-0,055	-0,166	0,110	-0,108	-0,106	0,031	-0,086	-0,133	0,047
			b*	-1,175	-1,374	0,199	-1,302	-1,330	0,062	-1,250	-1,351	0,101
		H22.	X	4,986	4,944	0,042	4,966	4,969	0,013	4,976	4,956	0,020
			Y	5,267	5,225	0,042	5,248	5,250	0,013	5,258	5,237	0,021
			Z	5,966	5,897	0,069	5,932	5,933	0,020	5,944	5,919	0,025
			L*	27,481	27,366	0,115	27,430	27,437	0,036	27,458	27,398	0,059
			a*	-0,083	-0,157	0,074	-0,117	-0,116	0,022	-0,101	-0,130	0,029
			b*	-1,249	-1,383	0,133	-1,310	-1,311	0,037	-1,281	-1,328	0,046
		H23.	X	5,070	5,018	0,052	5,038	5,038	0,011	5,043	5,031	0,012
			Y	5,355	5,307	0,048	5,325	5,326	0,011	5,329	5,317	0,012
			Z	6,132	6,033	0,098	6,073	6,074	0,021	6,085	6,061	0,025
			L*	27,723	27,593	0,130	27,642	27,643	0,030	27,652	27,620	0,033
			a*	-0,089	-0,176	0,087	-0,131	-0,127	0,024	-0,116	-0,154	0,038
			b*	-1,460	-1,650	0,191	-1,546	-1,546	0,045	-1,512	-1,576	0,065
		H24.	X	5,001	4,966	0,035	4,983	4,979	0,011	4,992	4,974	0,018
			Y	5,286	5,248	0,038	5,265	5,262	0,011	5,275	5,257	0,018
			Z	6,023	5,966	0,057	5,994	5,994	0,019	6,008	5,976	0,032
			L*	27,535	27,429	0,106	27,477	27,468	0,031	27,503	27,455	0,048
			a*	-0,081	-0,153	0,072	-0,118	-0,119	0,019	-0,110	-0,132	0,022
			b*	-1,424	-1,585	0,161	-1,494	-1,500	0,047	-1,447	-1,525	0,077
		H25.	X	5,017	4,929	0,088	4,994	5,003	0,023	5,008	4,991	0,017
			Y	5,302	5,206	0,096	5,277	5,285	0,025	5,292	5,274	0,018
			Z	6,027	5,908	0,119	5,990	6,003	0,033	6,011	5,985	0,025
			L*	27,577	27,314	0,264	27,509	27,531	0,069	27,552	27,501	0,050
			a*	-0,077	-0,169	0,093	-0,108	-0,106	0,023	-0,089	-0,123	0,034
			b*	-1,346	-1,496	0,150	-1,421	-1,414	0,042	-1,393	-1,453	0,060

Šedá	9	H26.	X	40,369	39,809	0,560	40,058	40,055	0,199	40,223	39,888	0,335
			Y	42,751	42,147	0,604	42,412	42,409	0,213	42,588	42,227	0,361
			Z	42,931	42,254	0,677	42,548	42,524	0,239	42,751	42,343	0,408
			L*	71,386	70,972	0,413	71,154	71,152	0,146	71,274	71,027	0,247
			a*	-0,455	-0,508	0,053	-0,478	-0,476	0,013	-0,468	-0,485	0,016
			b*	3,370	3,285	0,085	3,333	3,341	0,026	3,351	3,316	0,034
		H27.	X	41,553	39,796	1,757	40,342	40,225	0,485	40,299	40,100	0,199
			Y	44,011	42,144	1,867	42,725	42,601	0,517	42,677	42,458	0,219
			Z	44,421	42,296	2,125	42,944	42,814	0,594	42,891	42,642	0,249
			L*	72,236	70,970	1,266	71,366	71,283	0,350	71,335	71,186	0,150
			a*	-0,471	-0,542	0,071	-0,513	-0,516	0,017	-0,506	-0,522	0,016
			b*	3,351	3,074	0,278	3,248	3,265	0,075	3,293	3,234	0,058
		H28.	X	40,045	39,637	0,407	39,875	39,864	0,109	39,973	39,824	0,149
			Y	42,417	41,965	0,452	42,230	42,219	0,120	42,336	42,170	0,166
			Z	42,569	42,092	0,477	42,357	42,365	0,131	42,465	42,284	0,181
			L*	71,157	70,847	0,311	71,029	71,021	0,082	71,102	70,988	0,114
			a*	-0,470	-0,534	0,063	-0,510	-0,514	0,016	-0,497	-0,522	0,025
			b*	3,385	3,302	0,083	3,338	3,331	0,027	3,354	3,316	0,038
		H29.	X	40,465	39,312	1,153	39,866	39,813	0,334	40,074	39,640	0,435
			Y	42,864	41,627	1,237	42,220	42,161	0,357	42,440	41,983	0,456
			Z	43,035	41,639	1,396	42,345	42,279	0,400	42,573	42,096	0,476
			L*	71,463	70,613	0,850	71,022	70,982	0,245	71,173	70,859	0,314
			a*	-0,491	-0,543	0,052	-0,511	-0,510	0,015	-0,497	-0,524	0,027
			b*	3,455	3,266	0,189	3,341	3,340	0,044	3,361	3,321	0,040
H30.	X	40,151	39,569	0,581	39,845	39,841	0,140	39,945	39,741	0,204		
	Y	42,530	41,901	0,629	42,198	42,194	0,153	42,313	42,081	0,232		
	Z	42,677	41,952	0,725	42,321	42,336	0,186	42,469	42,173	0,296		
	L*	71,235	70,803	0,432	71,007	71,005	0,105	71,086	70,927	0,159		
	a*	-0,467	-0,546	0,079	-0,509	-0,512	0,022	-0,494	-0,529	0,035		
	b*	3,416	3,264	0,152	3,341	3,349	0,043	3,367	3,315	0,053		



Černá Satin	6	H31.	X	5,380	5,312	0,068	5,356	5,362	0,022	5,371	5,348	0,023
			Y	5,703	5,625	0,078	5,672	5,676	0,023	5,689	5,665	0,024
			Z	6,257	6,155	0,103	6,222	6,230	0,031	6,249	6,207	0,042
			L*	28,652	28,447	0,205	28,570	28,581	0,062	28,614	28,552	0,062
			a*	-0,231	-0,330	0,099	-0,267	-0,272	0,023	-0,256	-0,278	0,022
			b*	-0,463	-0,667	0,204	-0,567	-0,569	0,056	-0,528	-0,605	0,077
		H32.	X	5,373	5,329	0,043	5,344	5,341	0,012	5,348	5,338	0,010
			Y	5,696	5,648	0,048	5,665	5,662	0,013	5,670	5,657	0,014
			Z	6,287	6,212	0,075	6,238	6,228	0,022	6,258	6,223	0,035
			L*	28,632	28,506	0,126	28,551	28,544	0,033	28,565	28,529	0,036
			a*	-0,290	-0,386	0,096	-0,323	-0,317	0,023	-0,307	-0,332	0,025
			b*	-0,577	-0,844	0,268	-0,663	-0,639	0,069	-0,623	-0,701	0,078
		H33.	X	5,396	5,261	0,135	5,346	5,346	0,037	5,375	5,328	0,047
			Y	5,714	5,567	0,147	5,660	5,661	0,039	5,689	5,641	0,048
			Z	6,248	6,095	0,153	6,198	6,210	0,040	6,227	6,179	0,048
			L*	28,679	28,293	0,386	28,537	28,542	0,103	28,614	28,488	0,126
			a*	-0,211	-0,278	0,067	-0,244	-0,246	0,018	-0,231	-0,257	0,026
			b*	-0,383	-0,605	0,222	-0,524	-0,530	0,057	-0,492	-0,573	0,081
		H34.	X	5,404	5,328	0,077	5,369	5,375	0,022	5,380	5,362	0,018
			Y	5,722	5,642	0,080	5,686	5,693	0,022	5,698	5,679	0,020
			Z	6,290	6,192	0,098	6,236	6,238	0,025	6,252	6,224	0,028
			L*	28,701	28,491	0,210	28,606	28,624	0,058	28,639	28,588	0,051
			a*	-0,215	-0,301	0,086	-0,264	-0,264	0,023	-0,252	-0,280	0,027
			b*	-0,499	-0,684	0,185	-0,564	-0,542	0,056	-0,521	-0,601	0,080
H35.	X	5,631	5,306	0,325	5,407	5,380	0,087	5,423	5,364	0,059		
	Y	5,964	5,616	0,347	5,727	5,697	0,093	5,743	5,681	0,062		
	Z	6,534	6,164	0,370	6,283	6,260	0,096	6,302	6,232	0,071		
	L*	29,321	28,423	0,897	28,711	28,636	0,240	28,755	28,593	0,161		
	a*	-0,228	-0,310	0,082	-0,263	-0,266	0,023	-0,242	-0,274	0,032		
	b*	-0,444	-0,664	0,220	-0,572	-0,576	0,045	-0,552	-0,599	0,047		

Černá Titan	6	H36.	X	5,124	4,972	0,152	5,029	5,033	0,042	5,043	4,999	0,044
			Y	5,419	5,258	0,160	5,317	5,319	0,045	5,332	5,286	0,046
			Z	6,121	5,921	0,200	6,002	5,999	0,051	6,024	5,964	0,060
			L*	27,896	27,459	0,437	27,619	27,626	0,122	27,660	27,533	0,127
			a*	-0,103	-0,192	0,088	-0,154	-0,153	0,022	-0,141	-0,170	0,030
			b*	-1,214	-1,350	0,136	-1,281	-1,281	0,040	-1,251	-1,310	0,060
		H37.	X	5,053	4,965	0,088	5,017	5,022	0,022	5,030	5,005	0,026
			Y	5,343	5,246	0,096	5,305	5,312	0,025	5,319	5,291	0,028
			Z	6,057	5,937	0,120	5,990	5,991	0,032	6,009	5,971	0,038
			L*	27,689	27,425	0,264	27,588	27,604	0,068	27,625	27,549	0,076
			a*	-0,112	-0,234	0,122	-0,161	-0,152	0,027	-0,144	-0,175	0,031
			b*	-1,217	-1,406	0,190	-1,285	-1,266	0,051	-1,246	-1,321	0,075
		H38.	X	5,026	4,959	0,067	4,982	4,981	0,017	4,989	4,967	0,022
			Y	5,313	5,247	0,066	5,269	5,269	0,018	5,277	5,253	0,024
			Z	6,051	5,945	0,107	5,982	5,982	0,025	5,993	5,961	0,032
			L*	27,608	27,427	0,182	27,488	27,487	0,050	27,510	27,443	0,067
			a*	-0,136	-0,214	0,078	-0,175	-0,173	0,020	-0,162	-0,187	0,025
			b*	-1,369	-1,510	0,141	-1,424	-1,425	0,034	-1,401	-1,441	0,039
		H39.	X	4,952	4,853	0,099	4,918	4,924	0,028	4,937	4,907	0,029
			Y	5,234	5,126	0,108	5,199	5,206	0,030	5,219	5,190	0,029
			Z	5,949	5,806	0,143	5,897	5,906	0,039	5,926	5,876	0,050
			L*	27,392	27,092	0,300	27,293	27,313	0,083	27,350	27,269	0,081
			a*	-0,084	-0,175	0,091	-0,140	-0,148	0,026	-0,134	-0,155	0,021
			b*	-1,291	-1,480	0,189	-1,397	-1,396	0,049	-1,364	-1,433	0,070
H40.	X	5,019	4,913	0,106	4,979	4,988	0,030	5,000	4,963	0,036		
	Y	5,306	5,193	0,113	5,265	5,274	0,032	5,289	5,247	0,042		
	Z	6,039	5,882	0,157	5,972	5,977	0,040	5,990	5,956	0,034		
	L*	27,589	27,278	0,310	27,476	27,500	0,089	27,543	27,428	0,114		
	a*	-0,090	-0,206	0,115	-0,153	-0,146	0,029	-0,139	-0,170	0,030		
	b*	-1,312	-1,514	0,202	-1,401	-1,399	0,052	-1,364	-1,421	0,056		

Šedá	6	H41.	X	40,608	39,704	0,904	40,101	40,032	0,296	40,323	39,891	0,432
			Y	43,025	42,063	0,961	42,482	42,407	0,317	42,721	42,252	0,469
			Z	43,271	42,115	1,156	42,598	42,493	0,375	42,877	42,335	0,543
			L*	71,572	70,915	0,657	71,201	71,151	0,216	71,365	71,044	0,321
			a*	-0,508	-0,584	0,076	-0,550	-0,551	0,018	-0,543	-0,559	0,016
			b*	3,429	3,226	0,203	3,359	3,382	0,059	3,405	3,324	0,080
		H42.	X	40,478	38,859	1,619	40,151	40,322	0,389	40,373	40,022	0,351
			Y	42,890	41,179	1,711	42,542	42,721	0,412	42,786	42,404	0,382
			Z	43,187	41,464	1,724	42,753	42,943	0,436	43,017	42,589	0,428
			L*	71,480	70,301	1,179	71,242	71,365	0,283	71,410	71,149	0,261
			a*	-0,539	-0,608	0,069	-0,570	-0,570	0,015	-0,565	-0,579	0,014
			b*	3,397	3,122	0,275	3,252	3,251	0,078	3,287	3,203	0,084
		H43.	X	40,385	38,908	1,476	40,031	40,118	0,345	40,295	39,855	0,440
			Y	42,801	41,217	1,584	42,415	42,508	0,371	42,702	42,228	0,474
			Z	43,027	41,328	1,699	42,561	42,594	0,404	42,875	42,352	0,523
			L*	71,419	70,328	1,092	71,155	71,220	0,255	71,352	71,028	0,324
			a*	-0,532	-0,610	0,077	-0,569	-0,572	0,023	-0,550	-0,584	0,034
			b*	3,406	3,216	0,191	3,322	3,339	0,054	3,354	3,279	0,075
		H44.	X	40,664	39,300	1,364	40,013	40,066	0,417	40,311	39,661	0,650
			Y	43,082	41,632	1,450	42,397	42,458	0,443	42,716	42,030	0,686
			Z	43,369	41,683	1,686	42,541	42,643	0,516	42,914	42,170	0,744
			L*	71,610	70,616	0,994	71,143	71,186	0,304	71,362	70,892	0,470
			a*	-0,539	-0,594	0,055	-0,573	-0,576	0,016	-0,564	-0,584	0,020
			b*	3,489	3,181	0,307	3,324	3,296	0,085	3,410	3,268	0,142
H45.	X	40,288	39,735	0,553	39,990	39,984	0,162	40,060	39,898	0,162		
	Y	42,686	42,093	0,593	42,373	42,369	0,175	42,456	42,267	0,189		
	Z	42,903	42,159	0,744	42,514	42,534	0,208	42,638	42,345	0,293		
	L*	71,341	70,935	0,407	71,127	71,125	0,120	71,184	71,055	0,130		
	a*	-0,542	-0,612	0,070	-0,574	-0,575	0,023	-0,554	-0,592	0,038		
	b*	3,437	3,248	0,189	3,326	3,314	0,061	3,379	3,271	0,108		

**Příloha I:** Dodatečné tabulky kapitoly 8.6.4

**Tabulka I1:** Porovnání měření černého standardu na sklíčku a v kyvetě, 9 mm apertura

Hodnota:	Měření:	Výběrový průměr:	Rozpětí:
L*:	Standard + sklo:	34,530	<b>0,030</b>
	Standard + kyveta:	34,465	<b>0,068</b>
	Rozdíl:	0,066	0,038
a*:	Standard + sklo:	-0,218	<b>0,080</b>
	Standard + kyveta:	-0,206	<b>0,053</b>
	Rozdíl:	0,013	0,027
b*:	Standard + sklo:	-0,578	<b>0,117</b>
	Standard + kyveta:	-0,577	<b>0,079</b>
	Rozdíl:	0,001	0,038

**Tabulka I2:** Porovnání měření černého standardu na sklíčku a v kyvetě, 6 mm apertura

Hodnota:	Měření:	Výběrový průměr:	Rozpětí:
L*:	Standard + sklo:	34,560	<b>0,047</b>
	Standard + kyveta:	34,410	<b>0,197</b>
	Rozdíl:	0,150	0,150
a*:	Standard + sklo:	-0,218	<b>0,052</b>
	Standard + kyveta:	-0,196	<b>0,066</b>
	Rozdíl:	0,021	0,014
b*:	Standard + sklo:	-0,530	<b>0,113</b>
	Standard + kyveta:	-0,519	<b>0,110</b>
	Rozdíl:	0,011	0,004

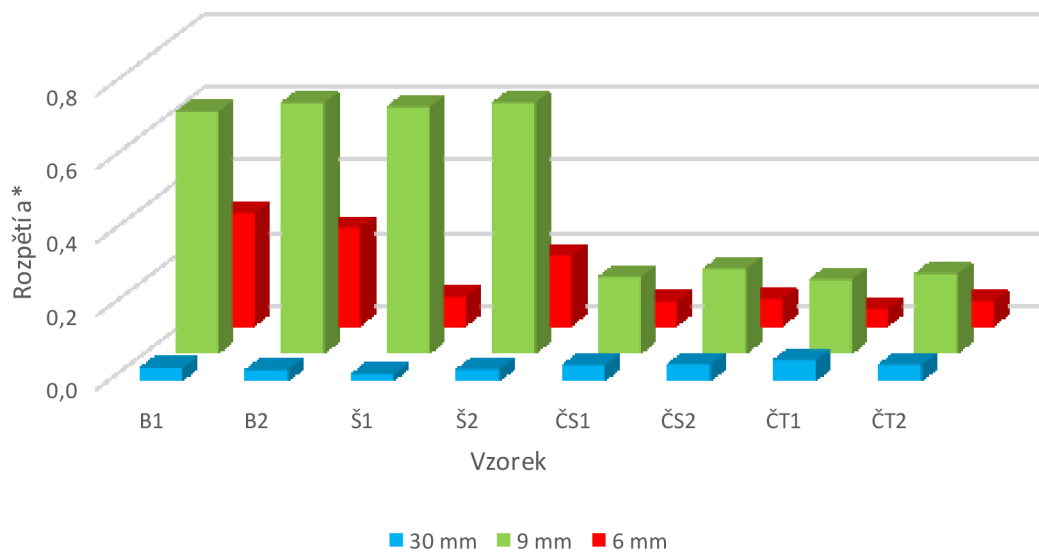
**Tabulka I3:** Porovnání vlivu sklíčka na měření standardů v a\*

Apertura (mm):	Hodnota:	Měření:	Barevný standard:		
			Černý	Bílý	Zelený
30	Výběrový průměr a*:	Standard:	0,106	-0,310	-12,480
		Standard + sklo:	-0,182	-0,592	-11,952
		Rozdíl:	<b>0,288</b>	<b>0,282</b>	<b>0,528</b>
	Rozpětí a*:	Standard:	<b>0,173</b>	<b>0,014</b>	<b>0,050</b>
		Standard + sklo:	<b>0,033</b>	<b>0,038</b>	<b>0,046</b>
		Rozdíl:	0,141	0,024	0,004
9	Výběrový průměr a*:	Standard:	-0,030	-0,285	-12,399
		Standard + sklo:	-0,218	-0,592	-11,626
		Rozdíl:	<b>0,188</b>	<b>0,307</b>	<b>0,773</b>
	Rozpětí a*	Standard:	<b>0,111</b>	<b>0,033</b>	<b>0,077</b>
		Standard + sklo:	<b>0,080</b>	<b>0,029</b>	<b>0,051</b>
		Rozdíl:	0,031	0,003	0,026
6	Výběrový průměr a*:	Standard:	-0,041	-0,255	-12,430
		Standard + sklo:	-0,218	-0,562	-11,286
		Rozdíl:	<b>0,177</b>	<b>0,307</b>	<b>1,144</b>
	Rozpětí a*:	Standard:	<b>0,115</b>	<b>0,017</b>	<b>0,155</b>
		Standard + sklo:	<b>0,052</b>	<b>0,023</b>	<b>0,237</b>
		Rozdíl:	0,063	0,006	0,082

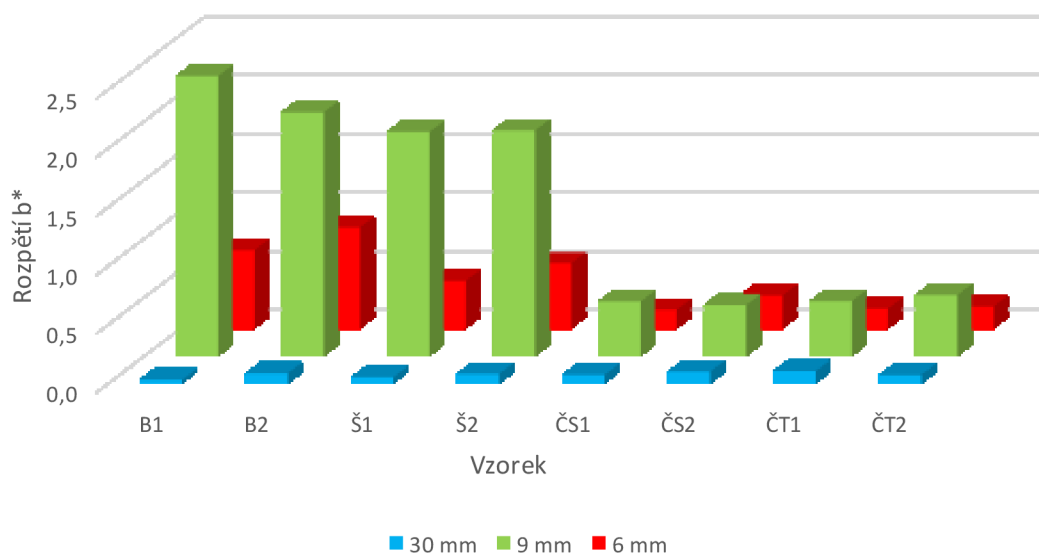
**Tabulka I4:** Porovnání vlivu sklíčka na měření standardů v b\*

Apertura (mm):	Hodnota:	Měření:	Barevný standard:		
			Černý	Bílý	Zelený
30mm	Výběrový průměr b*:	Standard:	-0,315	3,046	14,418
		Standard + sklo:	-0,641	3,038	13,296
		Rozdíl:	<b>0,326</b>	<b>0,008</b>	<b>1,121</b>
	Rozpětí b*:	Standard:	<b>0,244</b>	<b>0,027</b>	<b>0,055</b>
		Standard + sklo:	<b>0,052</b>	<b>0,047</b>	<b>0,046</b>
		Rozdíl:	0,192	0,020	0,008
9mm	Výběrový průměr b*:	Standard:	-0,053	3,030	14,505
		Standard + sklo:	-0,578	3,033	13,078
		Rozdíl:	<b>0,525</b>	<b>0,003</b>	<b>1,427</b>
	Rozpětí b*	Standard:	<b>0,284</b>	<b>0,027</b>	<b>0,205</b>
		Standard + sklo:	<b>0,117</b>	<b>0,062</b>	<b>0,261</b>
		Rozdíl:	0,167	0,035	0,056
6mm	Výběrový průměr b*:	Standard:	0,024	3,024	14,431
		Standard + sklo:	-0,530	2,753	12,626
		Rozdíl:	<b>0,554</b>	<b>0,271</b>	<b>1,805</b>
	Rozpětí b*:	Standard:	<b>0,094</b>	<b>0,104</b>	<b>0,432</b>
		Standard + sklo:	<b>0,113</b>	<b>0,063</b>	<b>0,299</b>
		Rozdíl:	0,019	0,041	0,133

**Příloha J: Dodatečné grafy kapitoly 8.6.5**

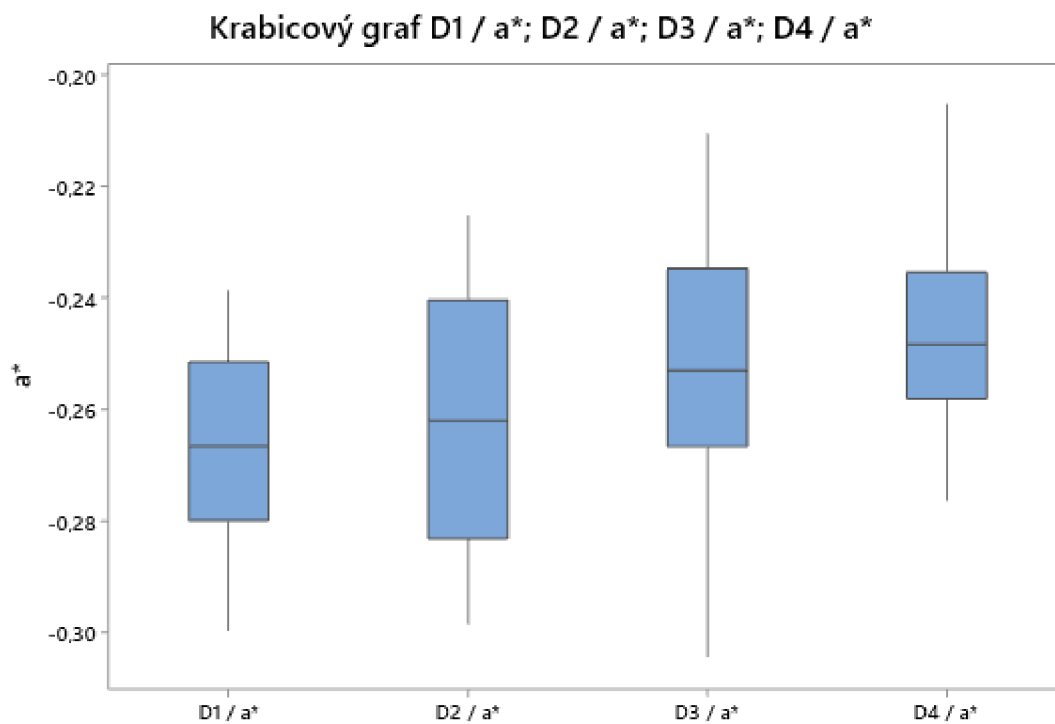


**Obrázek J1: Rozpětí a\* dle velikosti měřicího otvoru**

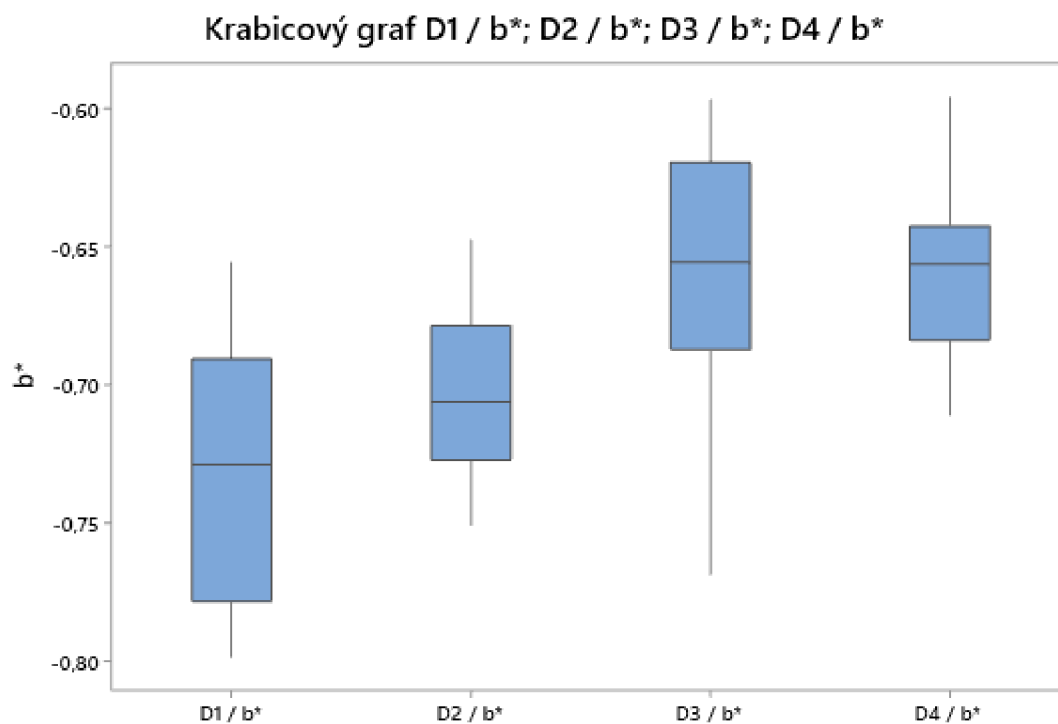


**Obrázek J2: Rozpětí b\* dle velikosti měřicího otvoru**

**Příloha K:** Dodatečné tabulky a grafy kapitoly 8.7.1



**Obrázek K1:** Krabicový graf hodnot  $a^*$  na urmusteru černá Satin



**Obrázek K2:** Krabicový graf hodnot  $b^*$  na urmusteru černá Satin



**Tabulka K1:** Rozpětí hodnot a\* na urmusterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Průměrné rozpětí všech urmustrů:
Černá Satin	D1.	K3B	0,061	0,074	0,055
	D2.	K3N	0,073		
	D3.	K29	0,093		
	D4.	K31	0,071		
Šedá	D5.	K48	0,037	0,045	
	D6.	K49	0,064		
	D7.	K29	0,045		
	D8.	K31	0,035		
Běžová	D9.	K2T	0,052	0,048	
	D10.	K2U	0,042		
	D11.	K4R	0,046		
	D12.	K29	0,032		
	D13.	K31	0,067		

**Tabulka K2:** Rozpětí hodnot b\* na urmusterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:	Průměrné rozpětí všech urmustrů:
Černá Satin	D1.	K3B	0,143	0,133	0,115
	D2.	K3N	0,103		
	D3.	K29	0,172		
	D4.	K31	0,115		
Šedá	D5.	K48	0,102	0,094	
	D6.	K49	0,114		
	D7.	K29	0,117		
	D8.	K31	0,043		
Běžová	D9.	K2T	0,048	0,118	
	D10.	K2U	0,090		
	D11.	K4R	0,115		
	D12.	K29	0,151		
	D13.	K31	0,188		

**Tabulka K3:** Výběrový průměr hodnot a\* na urmosterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Výběrový průměr:	Rozpětívýběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	D1.	K3B	-0,267	0,021
	D2.	K3N	-0,264	
	D3.	K29	-0,251	
	D4.	K31	-0,246	
Šedá	D5.	K48	-0,910	0,057
	D6.	K49	-0,923	
	D7.	K29	-0,942	
	D8.	K31	-0,967	
Běžová	D9.	K2T	-0,882	0,032
	D10.	K2U	-0,892	
	D11.	K4R	-0,868	
	D12.	K29	-0,860	
	D13.	K31	-0,864	

**Tabulka K4:** Výběrový průměr hodnot b\* na urmosterech

Odstín:	Skupina:	Dezén:	Výběrový průměr:	Rozpětívýběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	D1.	K3B	-0,731	0,069
	D2.	K3N	-0,701	
	D3.	K29	-0,662	
	D4.	K31	-0,662	
Šedá	D5.	K48	2,401	0,112
	D6.	K49	2,295	
	D7.	K29	2,289	
	D8.	K31	2,298	
Běžová	D9.	K2T	2,284	0,101
	D10.	K2U	2,261	
	D11.	K4R	2,362	
	D12.	K29	2,327	
	D13.	K31	2,336	

**Příloha L:** Dodatečné tabulky kapitoly 8.7.4

**Tabulka L1:** Rozpětí hodnot a\* měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	E1.	0,055	0,076
	E2.	0,097	
	E3.	0,058	
	E4.	0,081	
	E5.	0,090	
Černá Titan	E6.	0,078	0,084
	E7.	0,117	
	E8.	0,068	
	E9.	0,081	
	E10.	0,074	
Šedá	E13.	0,032	0,031
	E14.	0,029	
	E15.	0,041	
	E16.	0,030	
	E17.	0,022	
Běžová	E18.	0,022	0,029
	E19.	0,025	
	E20.	0,038	
	E21.	0,032	
	E22.	0,027	

**Tabulka L2:** Rozpětí hodnot  $b^*$  měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Rozpětí:	Průměrné rozpětí dle odstínu:
Černá Satin	E1.	0,154	0,138
	E2.	0,148	
	E3.	0,098	
	E4.	0,140	
	E5.	0,150	
Černá Titan	E6.	0,126	0,150
	E7.	0,165	
	E8.	0,172	
	E9.	0,133	
	E10.	0,156	
Šedá	E13.	0,084	0,069
	E14.	0,052	
	E15.	0,088	
	E16.	0,073	
	E17.	0,048	
Běžová	E18.	0,051	0,059
	E19.	0,053	
	E20.	0,050	
	E21.	0,076	
	E22.	0,063	

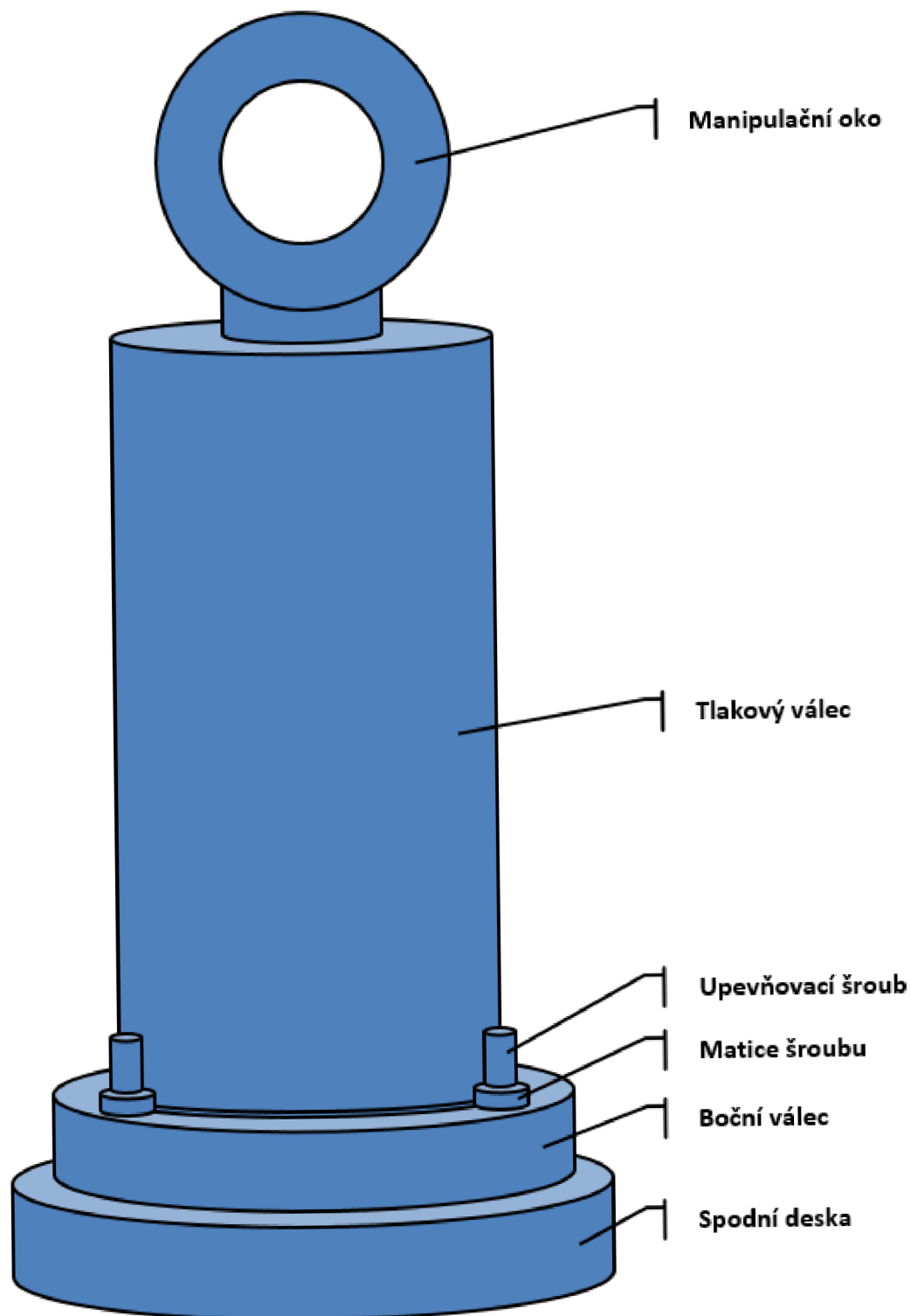
**Tabulka L3:** Rozpětí výběrových průměrů a\* měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	E1.	-0,170	0,068
	E2.	-0,194	
	E3.	-0,187	
	E4.	-0,217	
	E5.	-0,239	
Černá Titan	E6.	-0,112	0,062
	E7.	-0,094	
	E8.	-0,091	
	E9.	-0,082	
	E10.	-0,051	
Šedá	E13.	-0,623	0,058
	E14.	-0,654	
	E15.	-0,596	
	E16.	-0,632	
	E17.	-0,637	
Běžová	E18.	0,196	0,123
	E19.	0,165	
	E20.	0,183	
	E21.	0,240	
	E22.	0,289	

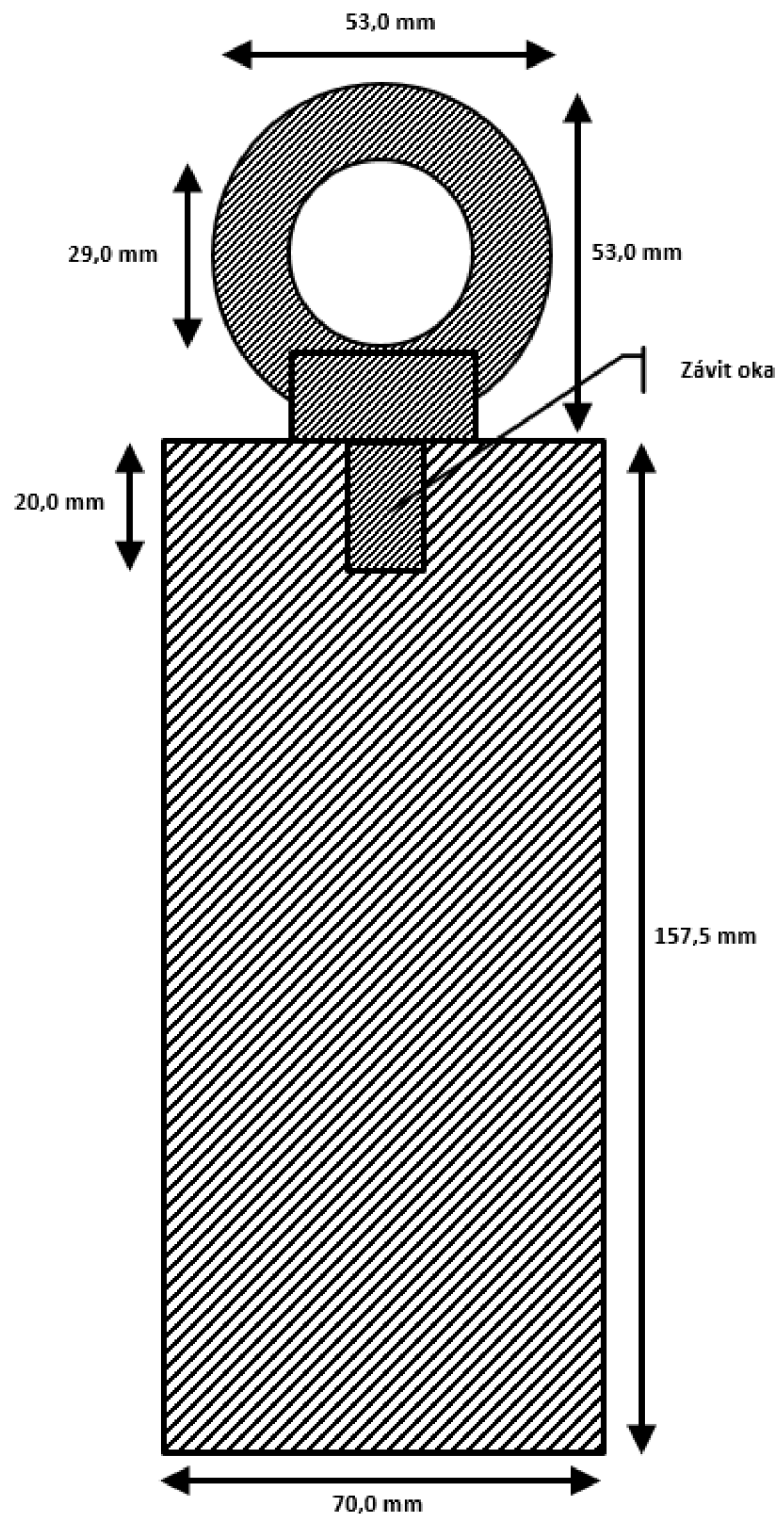
**Tabulka L4:** Rozpětí výběrových průměrů b\* měřených vzorků iterace č. 2

Odstín:	Skupina:	Výběrový průměr:	Rozpětí výběrových průměrů dle odstínu:
Černá Satin	E1.	-0,633	<b>0,140</b>
	E2.	-0,709	
	E3.	-0,695	
	E4.	-0,773	
	E5.	-0,726	
Černá Titan	E6.	-1,234	<b>0,184</b>
	E7.	-1,419	
	E8.	-1,388	
	E9.	-1,417	
	E10.	-1,317	
Šedá	E13.	3,232	<b>0,670</b>
	E14.	3,090	
	E15.	3,760	
	E16.	3,557	
	E17.	3,472	
Běžová	E18.	8,485	<b>0,230</b>
	E19.	8,313	
	E20.	8,495	
	E21.	8,347	
	E22.	8,543	

**Strana 1.: Kompletně složený nástroj**

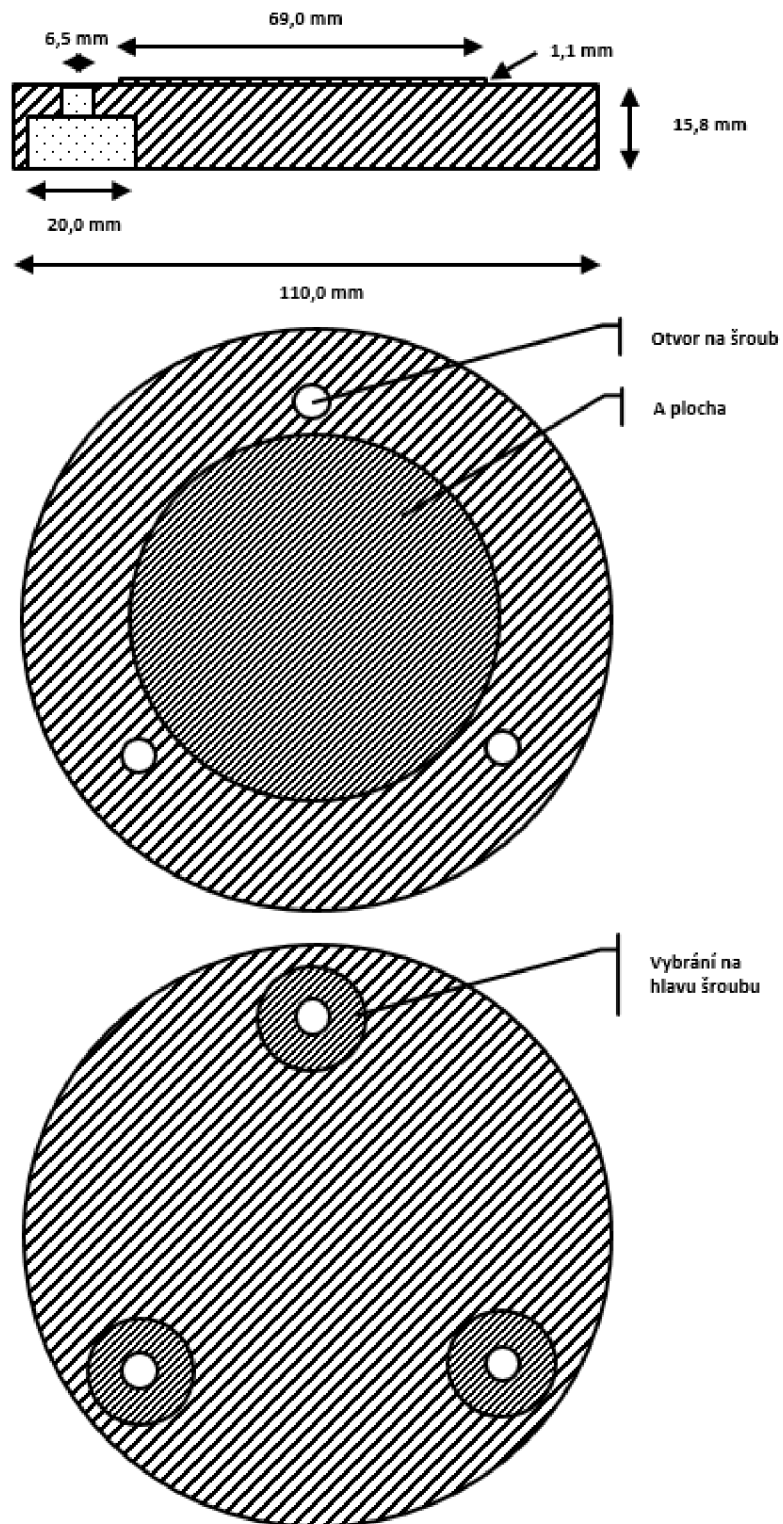


Strana 2.: Tlakový válec s manipulačním okem

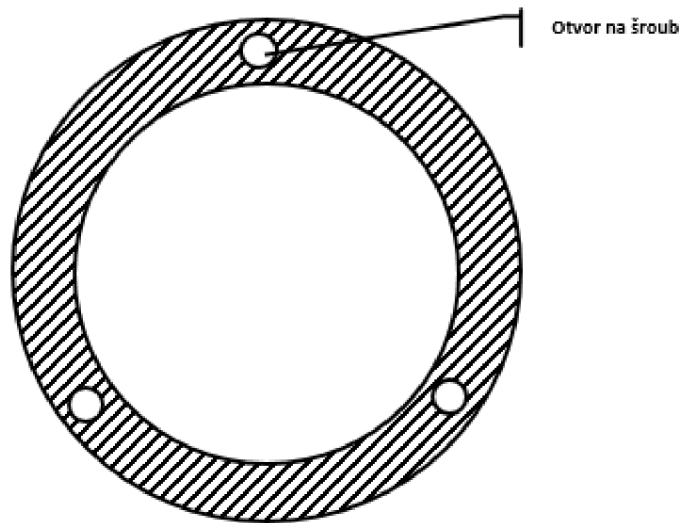
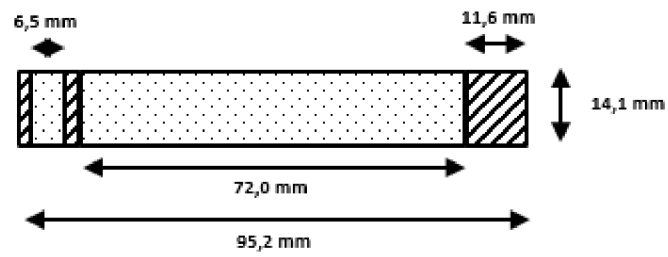




### Strana 3.: Spodní deska



## Strana 4.: Boční válec a dodatečné komponenty



### Dodatečné komponenty:

- Šroub s válcovou hlavou - inbus M6x45, 3ks
  - Šestihramá matice M6, 3ks