

Objektivní hodnocení lesku tkanin s použitím obrazové analýzy

Diplomová práce

Studijní program:

N3957 Průmyslové inženýrství

Studijní obor:

Řízení jakosti

Autor práce:

Bc. Alžbeta Hôrecká

Vedoucí práce:

doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání diplomové práce

Objektivní hodnocení lesku tkanin s použitím obrazové analýzy

Jméno a příjmení: **Bc. Alžbeta Hôrecká**
Osobní číslo: T18000081
Studijní program: N3957 Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Řízení jakosti
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma hodnocení lesku bavlněných tkanin v digitálním obraze s použitím nástrojů obrazové analýzy.
2. Vytvořte sadu vzorků bavlněných tkanin (brokátů) pro hodnocení lesku.
3. Navrhněte systém pro snímání digitálních obrazů tkanin a algoritmus pro objektivní hodnocení lesku s využitím obrazové analýzy.
4. Porovnejte výsledky hodnocení z navrženého systému s hodnocením lesku leskoměrem a hodnocením subjektivním.

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

50 – 60 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] HADJIANFAR, Mehdi, Dariush SEMNANI a Mohammad SHEIKHZADEH. A New Method for Measuring Luster Index Based on Image Processing. *Textile Research Journal* [online]. 2010, 80(8), 726–733 [vid. 2019-04-25]. ISSN 0040-5175, 1746-7748. Dostupné z: doi:10.1177/0040517509343814
- [2] GUNDOLA, M a N KISTAMAH. Development of a Fabric Lustre Scale. *UoM Research Journal (Special Issue)*, 2008, Volume 13A, 155–162.
- [3] GONZALEZ, Rafael C a Richard E WOODS. *Digital Image Processing 3rd edition*. New Delhi: Prentice Hall of India, 2008. ISBN 978-81-203-3640-7.

Vedoucí práce:

doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

29. října 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

10. ledna 2021

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

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

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

25. května 2021

Bc. Alžbeta Hôrecká

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, kterým je doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D. za čas, jenž mi věnoval a za všechny poskytnuté rady a poznatky, které mi dopomohly k realizaci mé práce. Také bych ráda poděkovala rodičům za umožnění studia na vysoké škole, sestřám a příteli za jejich podporu při studiu.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na objektivní hodnocení lesku bavlněných tkanin pomocí obrazové analýzy. Rešeršní část obsahuje popis stávajících metod pro hodnocení lesku různých povrchů a popis principu odrazu světla.

Experimentální část obsahuje hodnocení lesku pomocí dvou známých metod a nově navržené metody. V první fázi experimentální částí jsou vytvořeny stupnice lesku. Dále jsou připraveny sady vzorků, které jsou využity pro všechny použité metody. První metodou je změření lesku na všech vzorcích a etalonech pomocí leskoměru. Leskoměrem jsou měřeny tkaniny pod různými geometriemi ve směru osnovy a ve směru útku. Pro hodnocení lesku je používána průměrná hodnota z těchto dvou směrů. V další části jsou vzorky zhodnoceny subjektivně. Vzorkům je pověřenou osobou přiřazena hodnota lesku dle vytvořené stupnice.

V poslední části je použita nově navržená metoda pro hodnocení intenzity odraženého světla pomocí obrazové analýzy. Snímání probíhá pomocí fotoaparátu v černém boxu pro zachování konstantních podmínek. Pro získání intenzity odraženého světla je vybrána nejvhodnější geometrie a osvětlení. Získané fotografie jsou následně zpracovány pomocí navrženého algoritmu. Na základě získaných výsledků je v závěru práce provedeno porovnání všech metod pomocí programu MATLAB. Pro každou sadu je provedena korelace mezi jednotlivými metodami hodnocení.

Nově navržená metoda pro hodnocení intenzity odraženého světla je ověřena na stupnici lesku s hladkým povrchem.

Klíčová slova

Lesk, vzorky, etalony, objektivní metoda, leskoměr, subjektivní metoda, intenzita, obrazová analýza.

Abstract

This Diploma Thesis is focused on objective evaluation of cotton fabrics gloss through picture analysis. The research part contains a description of the current methods for evaluation of the gloss of various surfaces and a description of the principle of light reflection.

The experimental part contains the evaluation of gloss using two known methods and a newly designed method. In the first phase of the experimental part, gloss scales are created. As next, there are sets of samples prepared and used for all methods used. The first method is measuring the gloss on all samples and standards using a gloss meter. The gloss meter measures the fabrics under different geometries in the warp direction and in the weft direction. The average value from these two directions is used to evaluate the gloss. In the next part, the samples are evaluated subjectively. The samples are assigned a gloss value by an authorized person according to the created scale.

In the last part, a newly proposed method is used to evaluate the intensity of reflected light using image analysis. Scanning with a camera takes place in a black box to keep constant conditions. The most suitable geometry and lighting are selected to obtain the intensity of the reflected light. The obtained pictures are then processed with a use of the proposed algorithm. Based on the obtained results, a comparison of all methods using the MATLAB program is performed at the end of the Thesis. For each set, there is a correlation made between the individual evaluation methods.

The newly proposed method for evaluating the intensity of reflected light is verified on a gloss scale with a smooth surface.

Keywords

Gloss, samples, standards, objective method, gloss meter, subjective method, intensity, image analysis.

Obsah

Úvod.....	13
Metody hodnocení lesku.....	14
1.1 Objektivní metoda.....	15
1.1.1 Dostupné druhy leskoměru.....	16
1.2 Subjektivní metoda.....	18
1.3 Obrazová analýza.....	19
1.3.1 Digitální obraz.....	21
1.3.2 Vliv světla.....	22
1.4 Zhodnocení dostupných metod na hodnocení lesku.....	24
Experimentální část.....	25
2.1 Použité stupnice lesku.....	26
2.2 Sady vzorků.....	27
2.2.1 Sada 1 – vzorky s rozdílnou technologií výroby.....	28
2.2.2 Sada 2 – vzorky se stejnou technologií výroby.....	29
2.2.3 Sada 3 – vzorky ve stejné barvě a s různou konstrukcí.....	29
2.3 Měření leskoměrem.....	30
2.3.1 Stupnice lesku pro hodnocení leskoměrem.....	31
2.3.2 Správnost měření leskoměrem.....	33
2.3.3 Hodnocení leskoměrem sady 1.....	39
2.3.4 Hodnocení leskoměrem sady 2.....	42
2.3.5 Hodnocení leskoměrem sady 3.....	43
2.4 Subjektivní hodnocení lesku tkanin.....	46
2.4.1 Subjektivní hodnocení sady 1.....	47
2.4.2 Subjektivní hodnocení sady 2.....	48
2.4.3 Subjektivní hodnocení sady 3.....	49
2.5 Hodnocení pomocí obrazové analýzy.....	51
2.5.1 Způsob zpracování RAW formátu.....	52
2.5.2 Výběr geometrie.....	54
2.5.3 Použité osvětlení.....	60
2.5.4 Výsledky obrazové analýzy stupnice lesku.....	60
2.5.5 Výsledky obrazové analýzy sady 1.....	63
2.5.6 Výsledky obrazové analýzy sady 2.....	65
2.5.7 Výsledky obrazové analýzy sady 3.....	67
2.6 Porovnání metod hodnocení lesku.....	69
2.6.1 Porovnání výsledků použitých metod sady 1.....	71
2.6.2 Porovnání výsledků použitých metod sady 2.....	73
2.6.3 Porovnání výsledků použitých metod sady 3.....	75
2.6.4 Aplikace metody na kalibrovanou stupnici lesku.....	79
Závěr.....	82
Seznam použité literatury.....	84

Seznam obrázků

Obrázek 1: Leskoměry: a) Gamin – Elcometer 480, b) TQC, c) BYK Gardner.....	16
Obrázek 2: ZEHNTNER ZGM 1110 Glossmeter [15].....	17
Obrázek 3: Výběr geometrie [21].....	17
Obrázek 4: Zrcadlový odraz [35].....	22
Obrázek 5: Difúzní odraz [35].....	22
Obrázek 6: Elektromagnetické spektrum [34].....	23
Obrázek 7: Pětiškálová stupnice lesku.....	27
Obrázek 8: Tříškálová stupnice lesku.....	27
Obrázek 9: Sada 1 – vzorky s rozdílnou technologií výroby.....	28
Obrázek 10: Sada 2 – vzorky se stejnou technologií výroby.....	29
Obrázek 11: Sada 3 – vzorky ve stejné barvě a s různou konstrukcí.....	30
Obrázek 12: Hodnocení leskoměrem ZEHNTNER.....	30
Obrázek 13: Hodnoty lesku pro pětiškálovou stupnici.....	33
Obrázek 14: Měření lesku na devíti místech v ploše tkaniny pootočením o 30°.....	34
Obrázek 15: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 60°.....	35
Obrázek 16: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 20°.....	35
Obrázek 17: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 85°.....	35
Obrázek 18: Hodnoty lesku pro tříškálovou stupnici.....	37
Obrázek 19: Tříškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 60°.....	38
Obrázek 20: Tříškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 20°.....	38
Obrázek 21: Tříškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 85°.....	38
Obrázek 22: Hodnoty lesku pro sadu 1.....	41
Obrázek 23: Sada 1 + prahové hodnoty.....	41
Obrázek 24: Hodnoty lesku pro sadu vzorků 2.....	43
Obrázek 25: Sada 2 – prahové hodnoty.....	43
Obrázek 26: Hodnoty lesku pro sadu 3.....	45
Obrázek 27: Sada 3 + prahové hodnoty.....	45
Obrázek 28: Subjektivní hodnocení: a) v rovném stavu, b) v proložení.....	47
Obrázek 29: Vyhodnocení sady 1 – subjektivní hodnocení.....	48
Obrázek 30: Vyhodnocení sady 2 – subjektivní hodnocení.....	49
Obrázek 31: Vyhodnocení sady 3 – subjektivní hodnocení.....	50
Obrázek 32: Snímání vzorků.....	51
Obrázek 33: Snímky RAW: a) původní snímek b), výřez pořízeného snímku.....	52
Obrázek 34: Způsob zobrazení obrázku z formátu RAW [21].....	53
Obrázek 35: Postup zobrazení RAW souboru.....	53
Obrázek 36: Schéma snímání vzorků.....	54
Obrázek 37: Výběr geometrie pro etalony a) 20°, b) 60°, c) 85°.....	55
Obrázek 38: Výběr geometrie pro sadu 1 a) 20°, b) 60°, c) 85°.....	56
Obrázek 39: Výběr geometrie pro sadu 2 a) 20°, b) 60°, c) 85°.....	57

Obrázek 40: Výběr geometrie pro sadu 3 a) 20°, b) 60°, c) 85°	58
Obrázek 41: Korelace osvětlení u stupnice lesku.....	61
Obrázek 42: Porovnání osvětlení pro etalony: a) 5700K b) 6500K, c) 9900K.....	62
Obrázek 43: Korelace osvětlení u sady 1.....	63
Obrázek 44: Porovnání osvětlení pro sadu 1: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.....	64
Obrázek 45: Korelace osvětlení u sady 2.....	65
Obrázek 46: Porovnání osvětlení pro sadu 2: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.....	66
Obrázek 47: Korelace osvětlení u sady 3.....	67
Obrázek 48: Porovnání osvětlení pro sadu 3: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.....	68
Obrázek 49: Korelace metod u stupnice lesku.....	70
Obrázek 50: Porovnání metod u etalonů: a) leskoměr, b) OA.....	70
Obrázek 51: Korelace metod u sady 1.....	71
Obrázek 52: Porovnání metod u sady1: a) leskoměr, b) subjektivní, c) OA.....	72
Obrázek 53: Korelace metod u sady 2.....	73
Obrázek 54: Porovnání metod u sady 2: a) leskoměr, b) subjektivní, c) OA.....	74
Obrázek 55: Korelace metod u sady 3.....	75
Obrázek 56: Porovnání metod u sady3: a) leskoměr, b) subjektivní, c) OA.....	76
Obrázek 57: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici lesku.....	77
Obrázek 58: Prahové hodnoty pro sadu 1.....	78
Obrázek 59: Prahové hodnoty pro tříškálovou stupnici.....	78
Obrázek 60: Prahové hodnoty pro sadu 2.....	79
Obrázek 61: Prahové hodnoty pro sadu 3.....	79
Obrázek 62: Stupnice lesku X-Rite.....	80
Obrázek 63: Intenzita odraženého světla etalonů pro X-Rite při 6500K.....	81
Obrázek 64: Intenzita odraženého světla etalonů pro X-Rite při 9900K.....	81

Seznam tabulek

Tabulka 1: Konstrukční parametry pro pětiškálovou stupnici lesku.....	27
Tabulka 2: Konstrukční parametry pro tříškálovou stupnici lesku.....	27
Tabulka 3: Konstrukční parametry – sada 1 (vzorky s rozdílnou technologií výroby)...	28
Tabulka 4: Konstrukční parametry – sada vzorků se stejnou technologií výroby.....	29
Tabulka 5: Sada vzorků ve stejné barvě a s různou konstrukcí.....	29
Tabulka 6: Hodnocení pomocí leskoměru.....	31
Tabulka 7: Hodnoty GU pětiškálové stupnice + vybrané statistické charakteristiky.....	32
Tabulka 8: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici.....	36
Tabulka 9: Výsledky testu dvoufaktorová ANOVA.....	36
Tabulka 10: Hodnoty GU pro tříškálovou stupnici lesku.....	37
Tabulka 11: Prahové hodnoty pro tříškálovou stupnici.....	37
Tabulka 12: Hodnoty GU pro vzorky sady 1 + vybrané statistické charakteristiky.....	40
Tabulka 13: Hodnoty GU pro vzorky sady 2 + vybrané statistické charakteristiky.....	42
Tabulka 14: Hodnoty GU pro vzorky sady 3 + vybrané statistické charakteristiky.....	44
Tabulka 15: Souvislosti pro subjektivní hodnocení.....	47
Tabulka 16: Subjektivní hodnocení sady vzorků s rozdílnou technologií výroby.....	48
Tabulka 17: Subjektivní hodnocení sady vzorků se stejnou technologií výroby.....	49
Tabulka 18: Subjektivní hodnocení sady vzorků ve stejné barvě a s různou konstrukcí	50
Tabulka 19: Parametry fotoaparátu Canon EOS 400D.....	54
Tabulka 20: Korelace při různé geometrii – osnova/útek.....	59
Tabulka 21: Parametry fotoaparátu pro RGB LED.....	60
Tabulka 22: Korelace osvětlení – stupnice lesku.....	61
Tabulka 23: Korelace osvětlení – sada 1.....	63
Tabulka 24: Korelace osvětlení – sada 2.....	65
Tabulka 25: Korelace osvětlení – sada 3.....	67
Tabulka 26: Korelační matice – stupnice lesku.....	69
Tabulka 27: Korelační matice sady 1.....	71
Tabulka 28: Korelační matice sady 2.....	73
Tabulka 29: Korelační matice sady 3.....	75
Tabulka 30: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici.....	77
Tabulka 31: Prahové hodnoty pro tříškálovou stupnici.....	79
Tabulka 32: Korelace – hodnocení lesku GU/intenzita.....	80

Seznam zkratek

NIST	Národní institut pro normu a techniku
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ASTM	Americká společnost pro zkušebnictví a materiály
ČSN	Česká technická norma
O/o	osnova
Ú/ú	útek
OA	Obrazová analýza

Úvod

Tato práce je zaměřena na objektivní hodnocení lesku bavlněných tkanin pomocí obrazové analýzy. Pro diplomovou práci jsou vybrány bavlněné žakárské tkaniny, které se vyznačují vysokým leskem. Všechny vzorky, které jsou v práci hodnoceny, jsou vyrobeny ze stejného materiálu a liší se konstrukčními parametry jako jsou dostava, plošná hmotnost, pevnost a technologie výroby. Tyto tkaniny jsou primárně určeny zákazníkům, pro které je lesk jedna z klíčových vlastností finálního produktu. Pro hodnocení lesku plošných textilií se v současné době využívá subjektivního hodnocení vyškolenými pracovníky. Při hodnocení lesku touto metodou dochází často k chybovosti. Tato práce je časově náročná a vyžaduje neustálou pozornost kontrolora, který má v tomto směru dostatečné zkušenosti a vzorky porovnává vždy stejným způsobem. Hodnoceným vzorkům je přiřazena hodnota ze stupnice lesku, nebo je jejich lesk porovnán s etalonem. Pro objektivní měření lesku kompaktních povrchů (např. nátěry v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu) se používá přístroj leskoměr. Využití leskoměru není pro měření indexu lesku tkaniny vždy dostačující kvůli její nerovnoměrné textuře a různé vazbě v dezénu.

V této práci je navržen systém pro snímání obrazů tkanin a dále také algoritmus pro objektivní hodnocení lesku tkanin s využitím obrazové analýzy. Experimentální část je zaměřena na návrh systému pro snímání obrazu tkanin, které je prováděno v uzavřeném objektu (Blackboxu) pomocí digitálního fotoaparátu. Díky tomuto objektu jsou zajištěny konstantní podmínky při pořizování snímků. Tyto snímky jsou následně zpracovány prostřednictvím navrženého algoritmu pro objektivní hodnocení lesku s využitím obrazové analýzy a vyhodnoceny pomocí aplikace MATLAB. Pro potvrzení experimentu jsou výsledky porovnány se subjektivním hodnocením lesku a výsledky získanými pomocí leskoměru.

1 Metody hodnocení lesku

Tkaniny, jejichž lesk je v práci hodnocen, jsou určeny pro zákazníky náročné na výsledný vzhled, zejména lesk. Když světlo dopadne na povrch, část je absorbována a část se odráží. Úhel odrazu je mezi normálou (kolmo k rovině) a odraženým úhlem. Odražené a dopadající paprsky jsou na opačných stranách normály. Lesk je fyzikální vlastnost, schopnost tělesa odrážet dopadající světlo. V případě lesklých povrchů se dopadající světlo z daného předmětu odráží v jednom směru, což představuje zrcadlový odraz. Matný povrch odráží světelné paprsky v různých směrech, a v důsledku různých orientací na povrchu poskytuje difúzní odraz. [13] Lesk povrchu je subjektivně hodnocená vlastnost, která popisuje, jakým způsobem povrch odráží světlo, které na něj dopadá. Pro měření lesku se využívá přístroj leskoměr. Leskoměr používá paprsek, který pod určitým úhlem dopadá na měřený povrch a následně procentuálně vyjadřuje intenzitu odraženého světla. Úroveň lesku je ovlivněná povrchovou úpravou a strukturou povrchu. Hladký povrch má vyšší úroveň lesku jako texturovaný nebo drsný povrch. Typ materiálu také určuje, kolik dopadajícího světla se absorbuje do materiálu v porovnání s odrazem. [1]

Stupeň lesku lze definovat jako poměr mezi intenzitou dopadajícího záření a záření odraženého. Stupeň lesku bývá vyjadřován v jednotkách lesku – GU (Gloss Units) v rozsahu od 0 do 100 jednotek. Pro vysoce lesklé povrchy existuje stupnice do 2000 jednotek. [1]

V teoretické části diplomové práce jsou popsány dostupné metody hodnocení lesku pro textilní i netextilní povrchy. V současné době se pro hodnocení lesku převážně hladkých nestrukturovaných povrchů používá leskoměr. U strukturovaných povrchů je potřeba měřit lesk vícekrát a naměřené hodnoty zprůměrovat. Lesk tkaniny je závislý na typu vlákna, druhu příze, tkaninové konstrukci, tkané struktuře, finální úpravě, barvě a také na podmínkách při pozorování tkaniny. V textilním průmyslu může lesk výrazně ovlivnit výslednou kvalitu výrobků, nakořik ovlivňuje vzhled tkanin. V kapitole 1.1, 1.2, 1.3 jsou přesněji popsány dostupné metody hodnocení lesku na různých površích. [2]

1.1 Objektivní metoda

Pro měření lesku na povrchových vrstvách v rozsahu od matného po zrcadlový lesk se používá přístroj leskoměr. Leskoměr se skládá z pouzdra receptoru s čočkami, clonou zorného pole a fotometrickou clonou k získání požadovaného kužele odraženého světla. Lesk se měří namířením konstantního paprsku světla na testovaný povrch pod určitým úhlem a zachycením množství světla odraženého pod stejným úhlem. Různé povrchy vyžadují nastavení různých úhlů, pod kterými světlo dopadá na povrch. Stejná barva povrchu vykazuje různé stupně lesku v závislosti na tom, zda jde o rovný povrch, anebo jemnou strukturu. V tomto případě dochází k výraznému zkreslení stupně lesku z důvodu rozptylu a nerovnoměrného odrazu paprsku na nerovném povrchu. [3], [12]

Jelikož výsledná úroveň lesku vychází z poměru dopadajícího a odraženého záření, mají na konečnou hodnotu vliv například různé povrchové vady sledovaného místa. Dopadající paprsek je v místě defektu sice odražen ze svého směru, avšak vychýlením paprsku na defektu se vnáší do měření chyba, která dále ovlivňuje zaznamenané hodnoty. Mezi takovéto defekty lze zařadit prach, špínu, otisky prstů atd. Dalším faktorem, který má vliv na výslednou hodnotu lesku, je teplota měřeného povrchu. Proto je důležité měřit lesk na vychlazeném výrobku. Pokud je testovaný povrch členitý, poškozený, nebo jinak nerovnoměrný, je vhodné měřit odraz na několika místech. [12]

Kalibrace leskoměru je prováděna použitím kontrolní standardní destičky. Této destičce jsou přiřazeny hodnoty jednotek lesku, které jsou v souladu s národními normami (NIST – národní institut pro normy a technologie). Interval kalibrace je závislý na četnosti používání a provozních podmínkách leskoměru. Pokud dojde k poškození kalibrační destičky, může následně dojít k nesprávnému měření hodnot lesku. [16]

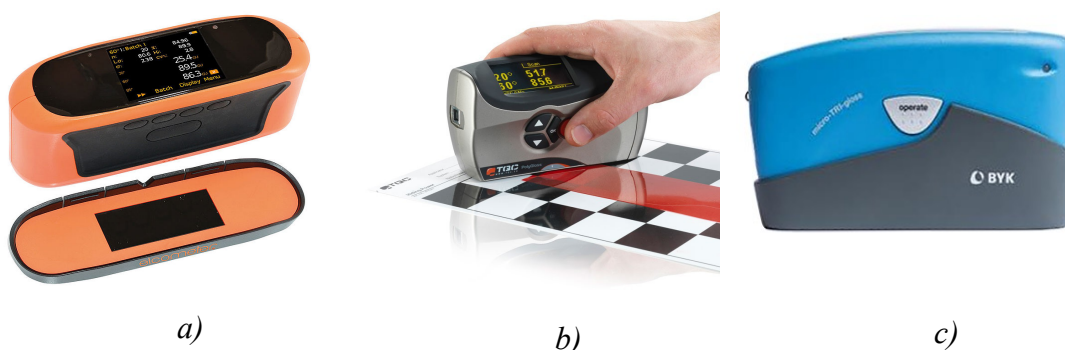
Leskoměr je užitečný na měření lesku hladkých povrchů. Není však citlivý na defekty, které snižující kvalitu vzhledu jako je zákal a pomerančová kůra. Oba případy ovlivňují výsledek měření. Zákal je způsobený mikroskopickou povrchovou strukturou, která mění směr odraženého světla. Povrch má méně reflexní kontrast. Pomerančová kůra je nerovnoměrný povrch způsoben velkými povrchovými strukturami, které deformují odražené světlo. [16]

1.1.1 Dostupné druhy leskoměru

V této části práce jsou popsány dostupné leskoměry pro měření lesku různých povrchů. Leskoměry Gamin – Elcometer 480 jsou snadno ovladatelné a nabízejí kombinaci vysoké přesnosti, opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a funkčnosti. Umožňují také měření lesku na plastu, keramice a kovu. Leskoměr Garmin je zobrazen na obrázku 1 a). [4]

Leskoměry TQC umožňují jednoduché používání a přesné stanovení lesku povrchu. Vhodné jsou pro automobilový průmysl, průmysl barev a nátěrů, papír, plasty, obalový průmysl, nábytek, bílou techniku, elektroniku, keramiku a potraviny. Leskoměr TQC je zobrazen na obrázku 1 b). [5]

Leskoměry BYK Gardner – Micro - gloss měří povrchy od úplně matných po zrcadlově lesklé. Zobrazují aktuální hodnoty, průměr, maximální a minimální hodnotu, statistiku a grafy. Leskoměr BYK Gardner je zobrazen na obrázku 1 c). [6]



Obrázek 1: Leskoměry: a) Gamin – Elcometer 480, b) TQC, c) BYK Gardner

ZEHNTNER ZGM 1110 Glossmeter je leskoměr pro rozlišení všech rozsahů lesku na různých typech povrchů. Světlo je v něm usměřňováno na povrch vzorku v definovaném úhlu a odražené světlo je následně změřeno. Leskoměr je vhodný pro měření matných a vysoce lesklých povrchů. Umožňuje měření pod uhlím 20°, 60°, 85° v rozsahu lesku do 2000 GU a vykonávání jednorázového, vícenásobného a kontinuálního měření lesku. [15]

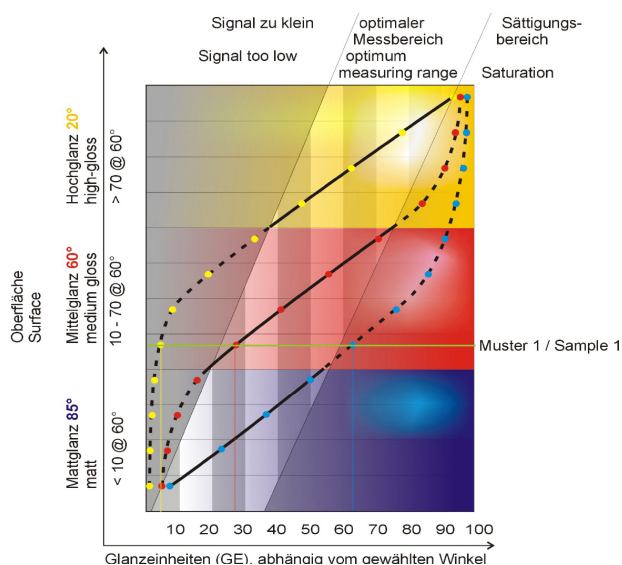
Leskoměr ZEHNTNER, který je zobrazen na obrázku 2, je v této práci využíván při měření lesku. Výsledné hodnoty jsou následně porovnány se subjektivním hodnocením a hodnocením pomocí obrazové analýzy.



Obrázek 2: ZEHNTNER ZGM 1110 Glossmeter [15]

Lesk tkanin je měřen pod úhlem 60°. Úhel pro hodnocení lesku je nastaven dle pravidel, která jsou sepsána v příručce leskoměru. Výběr geometrie je znázorněn na obrázku 3. Pro výběr správné geometrie je vzorek nejprve změřen pod úhlem 60°. Dle dosažené hodnoty lesku je pak nastavena správná geometrie:

- povrchy s leskem o hodnotě od 30 do 70 GU (v souvislosti s ISO 2813), se měří pomocí měřicí hlavy 60°,
- povrchy s leskem pod hodnotu 30 GU, se měří pomocí měřicí hlavy 85°,
- povrchy s hodnotou lesku nad 70 GU, se měří pomocí měřicí hlavy 20°. [21]



Obrázek 3: Výběr geometrie [21]

Vzorky hodnocené pomocí leskoměru musí být položeny na rovném povrchu. Leskoměr je kalibrován položením na podložku z černého skla. Naměřená hodnota pro tuto kalibraci je rovna 100 GU.

1.2 Subjektivní metoda

Klíčovou roli v subjektivním hodnocení hraje hodnotitel, který musí být seznámen s přesným pracovním postupem a který musí mít praxi v hodnocení lesku tkanin. Při subjektivním hodnocení musí být dodrženy stejné podmínky pro hodnocení (osvětlení, teplota, úhel). [3]

Při této metodě se vizuálně hodnotí lesk pozorovaných předmětů, který je srovnáván s leskem vzorků, kde každý z těchto vzorků reprezentuje škálu stupnice lesku. Lesk se hodnotí na základě stupnice lesku. Tyto stupnice mohou být stanoveny různě podle hodnocených materiálů. Podle normy ČSN 67 3063 musí pozorování probíhat vždy za konstantních podmínek pod úhlem $45^\circ \pm 5^\circ$ a lesk povrchu musí být hodnocen dle stupnice s hodnotami 1 až 5:

- stupeň 1 – povrch má vysoký zrcadlový lesk,
- stupeň 2 – povrch je lesklý,
- stupeň 3 – povrch je pololesklý,
- stupeň 4 – povrch je polomatný,
- stupeň 5 – povrch je matný. [3]

Dle normy ISO 2813 se využívá kolekce vzorků, která obsahuje sedm rovnoměrných úrovní lesku (od plně matného až po reflexně lesklý). Stupnice umožňuje definovat lesk na libovolném povrchu. Prodejcem škály lesku je NCS Gloss Scale. Stupnice zobrazuje lesk v odstínech šedivé barvy. Pro každou barevnou oblast je uvedených sedm úrovní lesku:

- stupeň 1 – plně matná,
- stupeň 2 – matná,
- stupeň 3 – polomatná,
- stupeň 4 – saténová,
- stupeň 5 – pololesklá,
- stupeň 6 – lesklá,
- stupeň 7 – reflexní lesk. [32]

V práci *A New Method for Measuring Luster Index Based on Image Processing* [31] jsou deseti vzorkům textilií přiřazeny hodnoty lesku 6 škálové stupnice:

- stupeň 1 – vysoký mat,

- stupeň 2 – matný,
- stupeň 3 – polomatný,
- stupeň 4 – pololesk,
- stupeň 5 – lesk,
- stupeň 6 – super lesk. [31]

V práci *Development of a Fabric Lustre Scale* [2] je hodnocení založeno na odhadu velikosti textilního lesku. Celkem 25 proškolených hodnotitelů obdrželo tři referenční vzorky a 35 vybraných vzorků tkanin. Vzorky tkanin jsou umístěny ve světelné skříni pod osvětlením splňujícím standard D65 ve stejné vzdálenosti a pod stejným úhlem pohledu. Následně jsou hodnotitelé požádáni, aby vzorkům tkanin přiřadili hodnoty lesku v intervalu (1, 10) v závislosti na hodnotách lesku třech referenčních vzorků. Hodnota 1 je přiřazena matným vzorům a hodnota 10 lesklým vzorkům. Třem referenčním vzorkům (A, B, C) byly přiřazeny hodnoty lesku:

- A = 1,0,
- B = 10,0,
- C = 5,5. [2]

Subjektivní hodnocení lesku je vhodné pro hodnocení textilních povrchů. Není však objektivní a výsledek je ovlivněn vnějšími vlivy – osvětlením, stabilními podmínkami a také náladou hodnotitele. Hodnotitel musí být zkušený a proškolený pracovník. Takové hodnocení není vždy dostatečné. Lidské oko může lesk na rozdílných barvách a strukturách vnímat rozdílně a rozhodnutí pracovníka o lesku nemusí být správné.

1.3 Obrazová analýza

Metody hodnocení lesku, které jsou založeny na zpracování obrazu, mají výsledky vnímání lidského oka. Všechny metody však poskytují numerické indexy lesku, které jsou daleko od skutečnosti lidského dojmu. [36]

Jednou z metod, které lze použít k transformaci numerických dat na kvalitativní data, je fuzzy logika pro klasifikaci dat pro index lesku. Tato metoda je popsána v práci od autorů Mehdi Hadjianfar a Dariush Semnani. Po označení indexu lesku použitím zpracování obrazu jsou různé vzorky tkanin zařazeny do šesti různých tříd. Ty jsou stanoveny na základě lesku stanoveného úsudkem deseti různých hodnotitelů. Index

lesku je nakonec klasifikován do šesti fuzzy tříd. Výsledky ukazují, že fuzzy klasifikace je potvrzena rozhodnutím hodnotitelů. Index lesku pomocí zpracování obrazu lze mapovat na fuzzy třídy. Pravidla, která jsou nabízena pro základní pravidla fuzzy logiky (umožňuje zachytit nepřesnost našich vědomostí a udává, nakolik je tvrzení pravdivé), jsou založená na lidském dojmu. Interval vstupu funkcí a jejich váhy jsou odvozeny na základě lidského vnímání. [7]

Studie vytvořená autory Hadijianfar, Semnami a Sheikhzadeh informuje o nové metodice na získání indexu lesku tkanin prostřednictvím analýzy obrazu. Výsledky metodiky jsou v souladu s hodnocením lesku lidským okem. Zařízení pro snímání textury se skládá z digitálního fotoaparátu a rovnoměrně rozptýleným nepolarizovaným systémem osvětlení. Osvětlovací systém je navržen tak, aby okolní světlo nevstupovalo do oblasti fotografie. Zdroj světla je v experimentu fixován 50 cm od vzorku. Fotografie tkanin jsou pořizovány za stejných podmínek v různých úhlech. Vzorky snímaných tkanin jsou o rozměru 20 cm x 20 cm. Barevné snímky pořízené v této studii jsou získány ve formátu RGB a následně převedeny do formátu YCbCr. Jelikož hodnota Y není závislá na barvě, definuje se lesk na základě jasů. Snímky látky jsou zachyceny v různých úhlech a osvětlení je téměř rovnoměrné. V této studii existuje výpočet indexu lesku. Různé vzorky lesklých, světlých, matných a podobných tkanin v různých barvách jsou zkoumány metodami analýzy obrazu z této studie a vizuální kontrolou člověka. Přesnost výpočtu indexu lesku je potvrzena lidským hodnocením.[8]

Další metoda zpracování obrazu je popsána v práci *High sensitivity optical measurement of skin gloss*. Práce se věnuje hodnocení lesku na kůži. Kůže je postupně osvětlena pomocí čtyř zdrojů bílého světla pod úhlem dopadu přibližně 22°. K získání fotografie je použit senzor barevné kamery s pevným zaostřením. Použité vzorky kůže se liší v textuře a barvě. Pro odhad hodnoty lesku je použita metoda, které je založena na zjištění úhlu (sklonu) profilu intenzity. Při výpočtu úhlu je původní obrázek RGB převeden na obraz v šedé škále pomocí aplikace MATLAB. K převodu barevného obrázku na šedou škálu je použit vzorec:

$$\text{šedá} = 0,2989 \cdot \text{červená} + 0,5870 \cdot \text{zelená} + 0,1140 \cdot \text{modrá} \quad (1)$$

Po výpočtu průměrných hodnot jsou tyto hodnoty zobrazeny jako funkce. Funkce je využita k odhadu sklonu křivky. Výsledná tečna křivky a vodorovná osa je

použita jako indikátor lesku povrchu. Druhá metoda hodnocení intenzity lesku je založena na počtu pixelů, které se nacházejí nad prahovou hodnotou. Obraz RGB je nejprve proveden na šedou stupnici pomocí aplikace MATLAB. Následně jsou sečteny intenzity všech pixelů, jejichž hodnota je nad prahem, a následně jsou přeloženy do jednotek lesku na základě referenční stupnice používané průmyslovým leskoměrem. Hodnota lesku je v práci následně porovnána s hodnotami naměřenými průmyslovým leskoměrem.[17]

Obrazová analýza představuje metody zpracování digitalizovaných obrazových dat, které slouží k získání základních parametrů obrazu. Proces začíná vstupem obrazu a končí výstupem číselných dat. Digitalizace obrazu může být provedena např. pomocí skenerů, digitálních fotoaparátů a digitálních kamer. Obrazová analýza je založena na lineární transformaci obrazu. Data jsou získávána z digitálních obrazů pomocí segmentace pixelů na základě barvy nebo hustoty. Segmentovaný obraz je pak použit ke kvantifikaci oblastí (definované pixely) specifických vlastností. Většina procesů potřebných k získání objektivních dat může být automatizována, pokud je integrována s celým digitálním zobrazením, což činí analýzu obrazu efektivním nástrojem. Zpracování obrazu je prostředek, kterým je vstupní obraz modifikován jedním nebo více matematickými algoritmy pro generování výstupního obrazu. Zpracování obrazu se často používá k přípravě obrázků před analýzou. [9], [10]

1.3.1 Digitální obraz

Digitální obraz je číselné 2D nebo 3D zobrazení skutečného fyzického objektu. Digitální obraz může být typu vektoru nebo rastru. Vektorový obrázek je založen na matematických výpočtech a zobrazuje se pomocí čar a křivek. Rastrový obrázek se skládá z jednotlivých obrazových bodů – pixelů. Pixel reprezentuje elementární část obrazu. Digitální obraz je matice bodů s konečným množstvím barev. Digitální obraz je získán pomocí skeneru, fotoaparátu, kamery, nebo pomocí vytvoření obrázku v grafickém editoru. Je získán pomocí vzorkování obrazu do matice $M \times N$ bodů a kvantováním do K úrovní. Digitalizace obrazu je konverze grafické informace do digitálního tvaru. Je to proces převodu spojité funkce na diskrétní funkci. [19], [36]

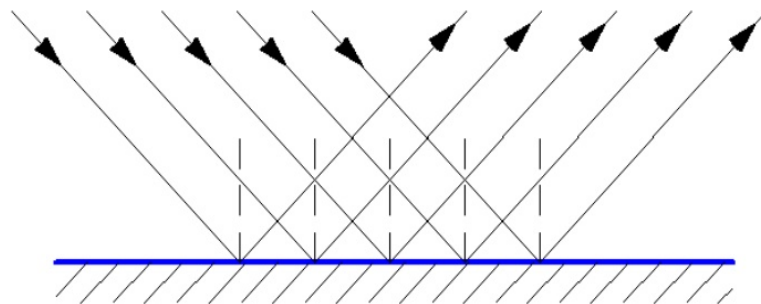
V diplomové práci je digitální obraz zpracován pomocí programu MATLAB. Jedná se o komerční produkt americké firmy MathWorks, původně konzolová aplikace,

skriptovací, programovací jazyk. Je to inženýrský nástroj a interaktivní prostředí pro vědecké a technické výpočty, analýzu dat, vizualizaci a vývoj algoritmů. Poskytuje řešení v oblasti zpracování signálu a obrazu, počítačového vidění a mnoha dalších. Aplikace se obvykle skládají z grafického uživatelského rozhraní a kódu, který provádí základní akce, související data a všechny další podpůrné soubory. [11]

1.3.2 Vliv světla

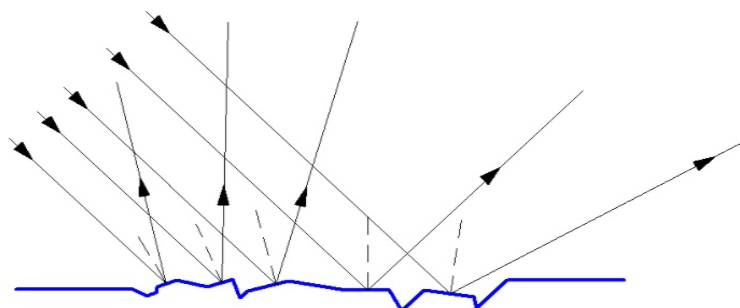
Při zpracování fotografií je v práci získána hodnota intenzity odraženého světla. Množství odraženého světla závisí na typu povrchu, úhlu dopadu světla a spektrálním složení světla. Rozlišují se tři typy odrazu světla:

- Zrcadlový – nastává v případě, kdy světlo dopadá na hladký povrch. Úhel dopadu se rovná úhlu odrazu. Zrcadlový odraz je znázorněn na obrázku 4. [24]



Obrázek 4: Zrcadlový odraz [35]

- Difúzní (rovnoměrné rozptýlení) – nastává v případě, kdy světlo dopadá na nerovnoměrný povrch. Paprsky světla se odrážejí do různých směrů. Zrcadlový odraz je znázorněn na obrázku 5. [24]



Obrázek 5: Difúzní odraz [35]

- Smíšený – jedná se současně o zrcadlový i rozptylový odraz. [24]

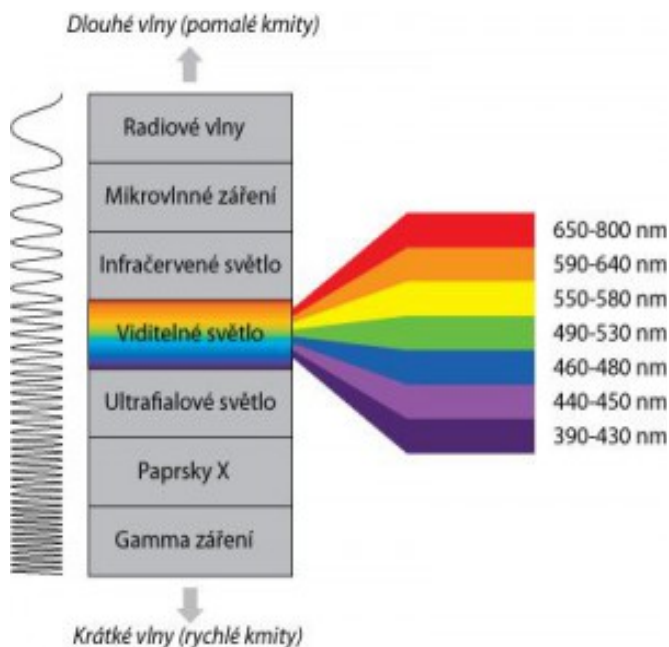
Při dopadu světla na rozhraní dvou prostředí se část dopadajícího světla odráží a část se láme. Pro odraz světla platí zákony vycházející z Huygensova principu:

- úhel dopadu a úhel odrazu leží v jedné rovině,
- úhel dopadu se rovná úhlu odrazu.

Úhel dopadu je úhel, který svírá dopadající světelný paprsek s kolmicí dopadu. Úhel odrazu je úhel, který svírá odražený paprsek s kolmicí dopadu. Kolmice dopadu je kolmice vztyčená v místě dopadu světelného paprsku k reflektující ploše. Příčinou lomu světla je různá rychlost světla v obou prostředích. Pro lom světla platí oba zákony, které platí pro odraz světla, a spolu s nimi navíc Snellův zákon. [29]

U zrcadlových ploch se odráží kolem 80 % dopadajících paprsků, při úplném odrazu 100 %. Intenzita je parametr světla, který přímo ovlivňuje světelné senzory jako je oko. Je definována jako tok energie procházející za jednotku času. [25], [29]

Jednou z fyzikálních vlastností světla je vlnová délka, kterou dokáže rozpoznat lidské oko, a díky tomu vnímáme světlo jako barvu. Elektromagnetické spektrum je zobrazeno na obrázku 6. [26]



Obrázek 6: Elektromagnetické spektrum [34]

Část elektromagnetického spektra, kterou je schopné vnímat lidské oko, je přibližně o vlnové délce 380–780 nm. Barva je z fyzikálního hlediska chápána jako

světelný paprsek určité vlnové délky. Jedná se o záření dopadající na sítnici oka. Po dopadnutí bílého světla na povrch tělesa jsou některé paprsky pohlceny a některé odraženy. Barva předmětu je kombinace odražených světelných paprsků, pohlcené paprsky oko nezaznamená. [25], [26], [27], [28]

1.4 Zhodnocení dostupných metod na hodnocení lesku

Cílem této části je provedení průzkumu dostupných způsobů pro hodnocení lesku různých povrchů. Zkoumány jsou tři metody. V první části je popsána subjektivní metoda hodnocení lesku. Tato metoda je závislá na znalosti hodnotitelů. Vzorky jsou zde porovnávány ke vzorům – etalonům. V experimentální části jsou subjektivně hodnoceny vzorky ke dvěma sadám etalonů.

V další části je popsána objektivní metoda hodnocení lesku pomocí leskoměru. Jsou zde popsány dostupné leskoměry. Z popsanych leskoměrů je v experimentální části používán leskoměr ZEHNTNER. Metoda je vhodná primárně pro hladké povrchy bez defektů. Tkaniny mají strukturovaný povrch, proto mohou být výsledky lesku zkreslené.

Třetí popisovaná metoda je hodnocení lesku pomocí obrazové analýzy. V této části je popsáno zpracování obrazu a program, který je využíván při hodnocení lesku v experimentální části. V závěru teoretické části je popsán způsob odrazu světla, který je rozhodující při hodnocení lesku povrchů, světelné spektrum a výběr vhodného osvětlení pro experimentální část.

2 Experimentální část

Experimentální část je zaměřená na hodnocení lesku žakárských tkanin ze 100% bavlny. Tkaniny prošly výrobním procesem zušlechťování a jsou určeny pro zákazníky náročné na výsledný vzhled a zejména lesk. Proto je na tyto vlastnosti při výrobě kladen velký důraz. Ve firmě, kde pracuji jako technik řízení jakosti, se pro hodnocení lesku tkanin využívá primárně subjektivní hodnocení. Toto hodnocení je ovlivněno precizností a zkušenostmi hodnotitele. Pro zamezení chybovosti v subjektivním posuzování lesku a pro dosažení objektivity je ve firmě nově zavedeno měření lesku pomocí leskoměru, který je vhodný pro hladké povrchy. U tkaniny, kde je povrch strukturovaný, lesk výrazně ovlivňuje vazba tkaniny.

Cílem experimentální části diplomové práce je navržení způsobu pro měření lesku pomocí obrazové analýzy. V první fázi experimentální části jsou připraveny etalony pro následné hodnocení lesku vzorků. Ve druhé fázi jsou připraveny sady vzorků (podrobně popsány v kapitole 2.2), které reprezentují široké spektrum výrobků ve firmě. Vzorky jednotlivých sad jsou následně hodnoceny vzhledem k navrženým etalonům. Hodnocení lesku probíhá třemi metodami:

- subjektivně (stávající metoda hodnocení) – 10 hodnotitelů z řad zaměstnanců firmy posuzuje lesk porovnáním vybraných vzorků k jednotlivým etalonům,
- leskoměrem (nově zavedená metoda hodnocení) – všechny vzorky sad a etalony jsou v této části proměřeny pomocí firemního leskoměru ZEHTNER (popsán v kapitole 1.1.1). Podle naměřených hodnot je vzorku přiřazen vhodný etalon,
- nově navrženým systémem – pomocí fotoaparátu Canon EOS jsou pořízeny fotografie vzorků za stejných podmínek snímání (osvětlení, úhel snímání). Vlastní hodnocení lesku probíhá v programu MATLAB (popsán v kapitole 1.3.1).

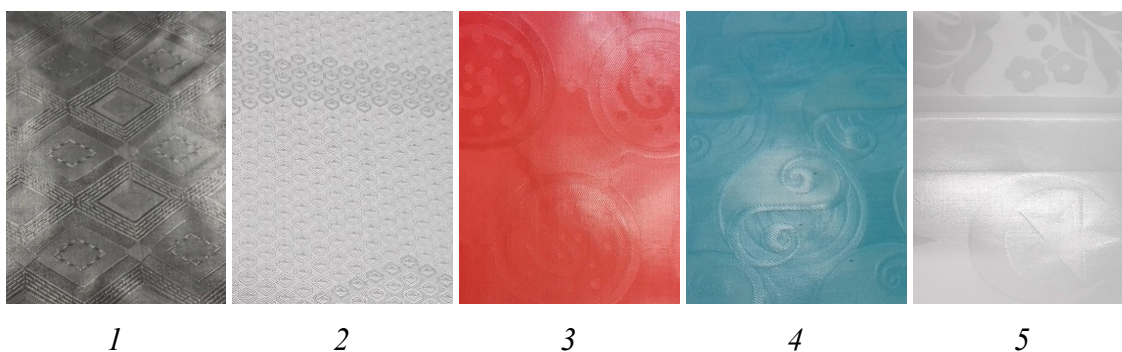
Závěrem experimentální části diplomové práce je porovnání jednotlivých metod hodnocení lesku.

2.1 Použité stupnice lesku

Pro hodnocení lesku se ve firmě využívají etalony – standardy, které jsou schválené zákazníkem. Výrobek se musí svými povrchovými vlastnostmi co nejvíce přiblížit etalonu. Lesk vzorků je oproti etalonu ve firmě hodnocen primárně subjektivně. Od roku 2020 má firma k dispozici pro hodnocení lesku leskoměr, který vyhodnocuje hodnotu lesku v jednotkách GU. V případě, že ve výrobě nejsou pracovníci výstupní kontroly schopné posoudit lesk tkaniny subjektivně k etalonu, je lesk tkaniny změřen leskoměrem a porovnán s hodnotou lesku naměřenou na etalonu.

Všeobecně se pro hodnocení lesku využívají stupnice dle norem (popsané v kapitole 1.2). V rámci této diplomové práce jsou ze schválených firemních etalonů navrženy a vytvořeny dvě stupnice pro hodnocení lesku všemi metodami (tříškálová a pětiškálová stupnice). Etalony se liší barvou, různými konstrukčními parametry a finálními úpravami. Jejich jediným společným parametrem je materiálové složení. Etalony pro stupnice jsou vybrány subjektivně od mírně lesklých po více lesklé. Stupnice lesku jsou zvoleny vzhledem k vyráběnému sortimentu firmy a vzhledem k posuzovaným sadám vzorků v rámci diplomové práce. Tyto dvě stupnice se liší množstvím stupňů lesku. Vícestupňová pětiškálová stupnice je vhodná pro vzorky, které mají větší variabilitu lesku. Méněstupňová tříškálová stupnice je naopak vhodná pro vzorky s menší variabilitou lesku.

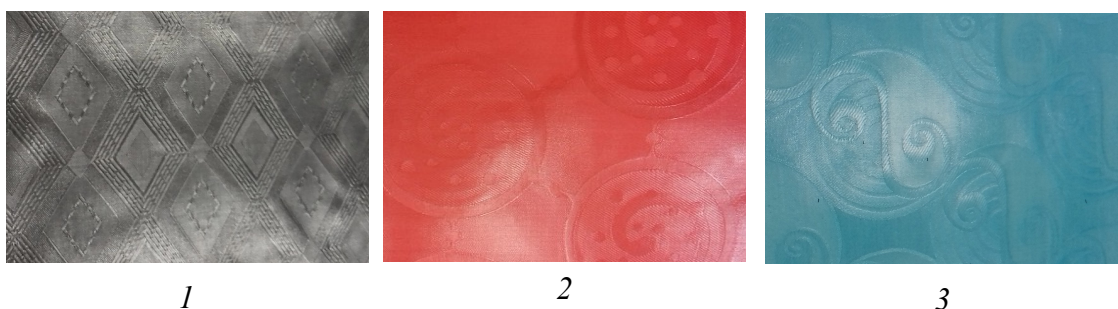
Fotografie na obrázku 7 zobrazují pětiškálovou stupnici lesku. Etalony této stupnice mají rozdílné konstrukční parametry, jsou vyrobeny rozdílnou technologií, mají rozdílnou barevnost a různé dezény. Stupnice je v rámci diplomové práce určena pro hodnocení sady 1. Na obrázku 8 je zobrazená tříškálová stupnice lesku, která je vytvořena ze stejných etalonů jako pětiškálová stupnice. Stupnice je v rámci diplomové práce určena pro hodnocení sady 2 a 3. Jednotlivým etalonům jsou přiřazeny číselné hodnoty a slovní popis. Označení etalonů a jejich konstrukční parametry jsou uvedeny v tabulce 1 a 2.



Obrázek 7: Pětiškálová stupnice lesku

Tabulka 1: Konstrukční parametry pro pětiškálovou stupnici lesku

Číselné hodnocení	1	2	3	4	5
Slovní hodnocení	více matný	matný	pololesklý	lesklý	více lesklý
Plošná hmotnost [g/m ²]	140	120	140	140	140
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	900/530	820/510	900/530	900/530	900/530



Obrázek 8: Tříškálová stupnice lesku

Tabulka 2: Konstrukční parametry pro tříškálovou stupnici lesku

Číselné hodnocení	1	2	3
Slovní hodnocení	méně lesklý	lesklý	více lesklý
Plošná hmotnost [g/m ²]	140	140	140
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	900/530	900/530	900/530

2.2 Sady vzorků

V rámci této práce jsou pro hodnocení lesku vytvořeny tři sady vzorků. Materiálové složení všech použitých vzorků je 100% bavlna. Konstrukční parametry první sady vzorků jako jsou dostava, plošná hmotnost, nebo například dezén se liší. Sada se liší také v barvě a technologii zpracování, druhá sada pouze v barvě a dezénu. Společným znakem vzorků sady 2 jsou konstrukční parametry a technologie výroby. Vzorky sady 3 jsou vyrobeny stejnou technologií ve stejné (červené) barvě a liší

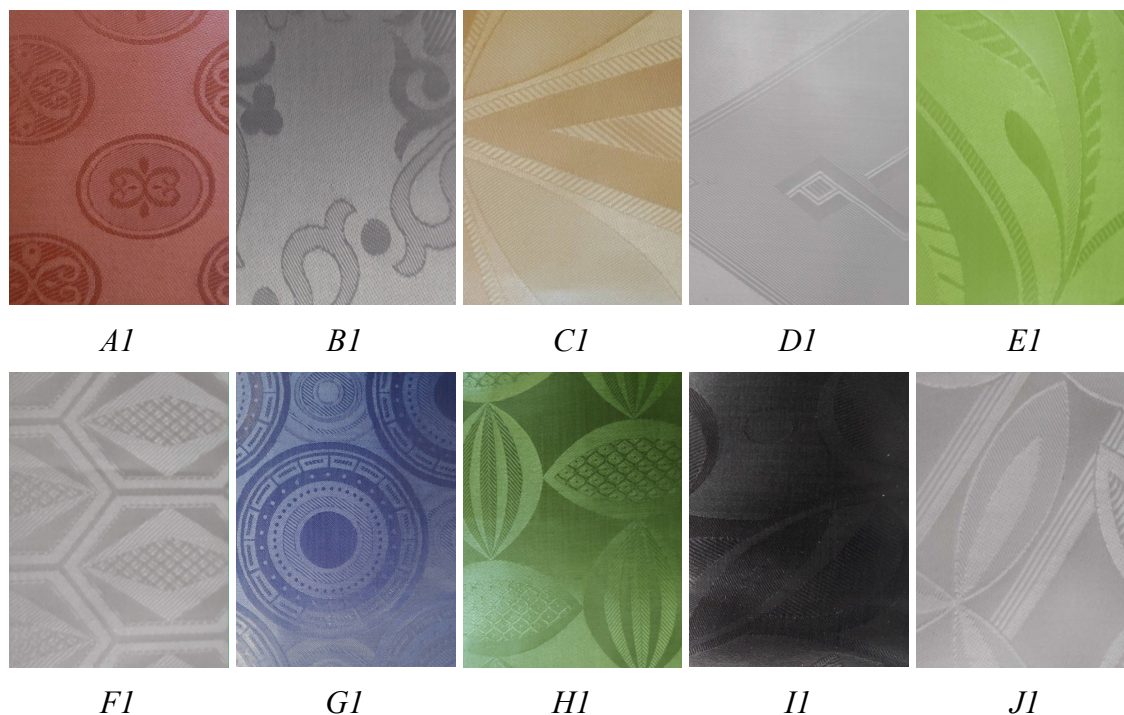
se konstrukčními parametry. Všechny sady jsou podrobně popsány v následující kapitole.

2.2.1 Sada 1 – vzorky s rozdílnou technologií výroby

Vzorky sady 1 jsou bavlněné žakárské tkaniny, které mají různé konstrukční parametry jako jsou dostava, plošná hmotnost a jemnost příze. Jsou upraveny různým technologickým postupem zušlechťování, mají různé barevné provedení a rozdílný dezén. Sada se skládá z 10 vzorků, které reprezentují majoritní část spektra výroby. Sada je značená pořadovým číslem 1, konstrukční parametry jsou uvedeny v tabulce 3 a vzorky jsou zobrazeny na obrázku 9.

Tabulka 3: Konstrukční parametry – sada 1 (vzorky s rozdílnou technologií výroby)

Označení vzorku	A1	B1	C1	D1	E1
Plošná hmotnost [g/m ²]	138	133	130	133	140
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	995/480	740/510	670/500	840/620	850/590
Označení vzorku	F1	G1	H1	I1	J1
Plošná hmotnost [g/m ²]	130	130	129	133	133
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	865/482	868/314	751/433	910/490	870/620



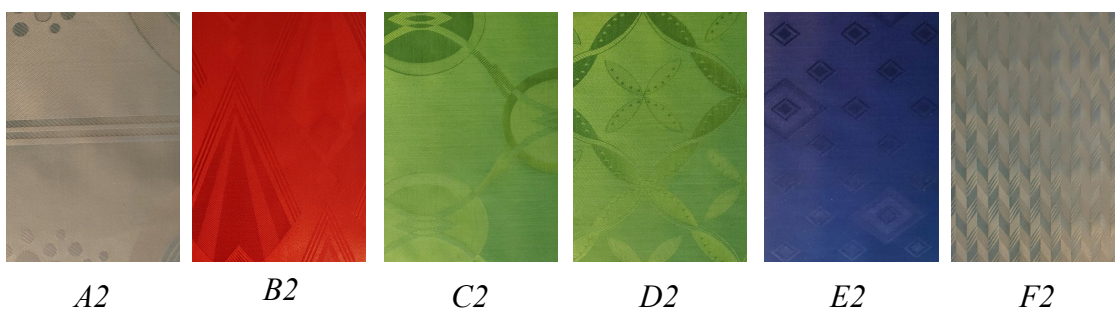
Obrázek 9: Sada 1 – vzorky s rozdílnou technologií výroby

2.2.2 Sada 2 – vzorky se stejnou technologií výroby

Vzorky sady 2 mají stejné konstrukční parametry jakými jsou dostava, hmotnost a materiálové složení. Všechny vzorky jsou vyrobeny stejným technologickým postupem výroby. Vzorky sady se liší v barvě a dezénu. Sada obsahuje celkem 6 vzorků, jejichž vlastnosti jsou zobrazeny v tabulce 4. Tato sada je v práci označena číslem 2. Sada byla zvolena z důvodu porovnání vlivu barvy a dezénu na hodnotu lesku. Na obrázku 10 jsou zobrazeny fotografie hodnocených vzorků sady 2.

Tabulka 4: Konstrukční parametry – sada vzorků se stejnou technologií výroby

Označení vzorku	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Plošná hmotnost [g/m ²]	130	133	131	131	133	130
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	759/593	760/590	759/591	759/590	756/590	756/589



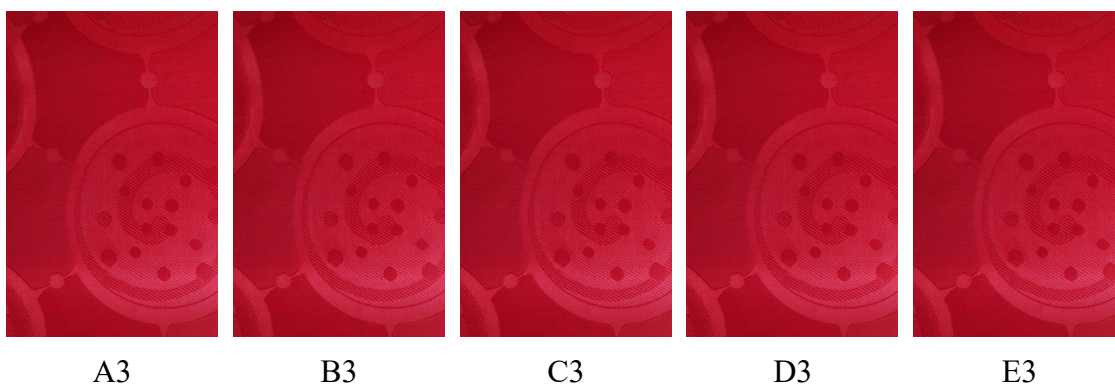
Obrázek 10: Sada 2 – vzorky se stejnou technologií výroby

2.2.3 Sada 3 – vzorky ve stejné barvě a s různou konstrukcí

Vzorky sady 3 mají různé konstrukční parametry jakými jsou dostava, plošná hmotnost a pevnost. Společným znakem sady vzorků je technologie úpravy, dezén a barva (červená). Sada obsahuje 5 vzorků, jejichž vlastnosti jsou znázorněny v tabulce 5. Tato sada je v práci označena číslem 3. Na obrázku 11 jsou zobrazeny fotografie hodnocených vzorků sady 3.

Tabulka 5: Sada vzorků ve stejné barvě a s různou konstrukcí

Označení vzorku	A3	B3	C3	D3	E3
Plošná hmotnost [g/m ²]	135	135	140	140	133
Dostava O/Ú [počet nití/10 cm]	900/580	---	830/590	900/530	830/610



Obrázek 11: Sada 3 – vzorky ve stejné barvě a s různou konstrukcí

2.3 Měření leskoměrem

Pro objektivní hodnocení lesku jsou použity stejné stupnice a sady jako pro subjektivní hodnocení (popsané v kapitole 2.1). Všechny etalony a vzorky jsou měřeny pomocí leskoměru. Pro prvotní hodnocení lesku je na leskoměru nastavená geometrie 60° , která je doporučena prodejcem pro sortiment hodnocených tkanin (postup je popsán v kapitole 1.1). Lesk na tkaninách se po doporučení prodejce hodnotí na vzorku o ploše velikosti odpovídající přibližně formátu A4. Měření je provedeno pětkrát ve směru útku a pětkrát ve směru osnovy, a to na náhodně vybraných místech v ploše tkaniny bez ohledu na vazbu. Pro vyhodnocení celkového lesku tkaniny se používá průměrná hodnota z naměřených deseti hodnot lesku. Výsledek není ovlivněn osvětlením, proto se měření může provádět v různých světelných podmínkách. Způsob měření je znázorněn na obrázku 12.



Obrázek 12: Hodnocení leskoměrem
ZEHTNER

Na displeji leskoměru se zobrazují hodnoty lesku a statistické hodnoty jakými jsou průměr a směrodatná odchylka všech měření. Hodnoty lesku získané ve směru osnova se mohou lišit od hodnot získaných ve směru útku, proto jsou v práci hodnoty ve směru osnova a ve směru útku vyhodnocovány samostatně. Následně je proveden dvouvýběrový t-test pro hodnocení shody a korelace mezi středními hodnotami naměřenými v obou směrech (osnova a útek). Hodnoty jsou statisticky vyhodnoceny v programu MATLAB. Pomocí leskoměru jsou hodnoceny tkaniny pod dostupnými geometriemi a v dvou směrech (viz tabulka 6).

Tabulka 6: Hodnocení pomocí leskoměru

Tkaniny	Etalony	Sada 1	Sada 2	Sada 3
Geometrie	20°, 60°, 85°	60°	60°	60°
Směr	Osnova/útek	Osnova/útek	Osnova/útek	Osnova/útek

2.3.1 Stupnice lesku pro hodnocení leskoměrem

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledky měření etalonů pětiškálové stupnice lesku a vybrané statistické charakteristiky. Hodnoty uvedeny v tabulce jsou v jednotkách lesku GU, kde $i = 1, 2, \dots, 5$ představuje opakování, počet měření. Pro hodnocení lesku ve směru osnova a ve směru útku jsou v tabulce uvedeny sumární charakteristiky polohy a variability. Pro měření ve směru osnova je používané označení o_i , pro měření ve směru útku je používané označení u_i a pro celkové hodnocení lesku tkaniny je použité značení s dolním indexem c . Použité zkratky v tabulce 7 jsou:

- $\bar{x}_u/\bar{x}_o/\bar{x}_c$ – průměr lesku ve směru útku/osnova/celkem na tkanině,
- $\tilde{x}_u/\tilde{x}_o/\tilde{x}_c$ – medián ve směru útku/osnova/celkem na tkanině,
- $s_u/s_o/s_c$ – směrodatná odchylka ve směru útku/osnova/celkem na tkanině.

Pro zhodnocení shody středních hodnot lesku měřených ve směru útku a ve směru osnova (μ_1 a μ_2) je provedena statistická hypotéza dvouvýběrovým t-testem. Je testována nulová hypotéza H_0 – střední hodnoty lesku ve směru osnova a ve směru útku se shodují proti alternativní hypotéze H_1 – střední hodnoty lesku se neshodují. Hypotéza je testována na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a je daná předpisem:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 \neq \mu_2.$$

Zamítáme-li nulovou hypotézu ($h = 1$), tak se střední hodnoty liší. V případě nezamítnutí nulové hypotézy ($h = 0$) se střední hodnoty rovnají. Výsledek

dvouvýběrového testu (hodnota p) je porovnána s hodnotou hladiny významnosti 0,05. V práci je výsledek testu (h) označená jako: $H_0 = 0$ a $H_1 = 1$.

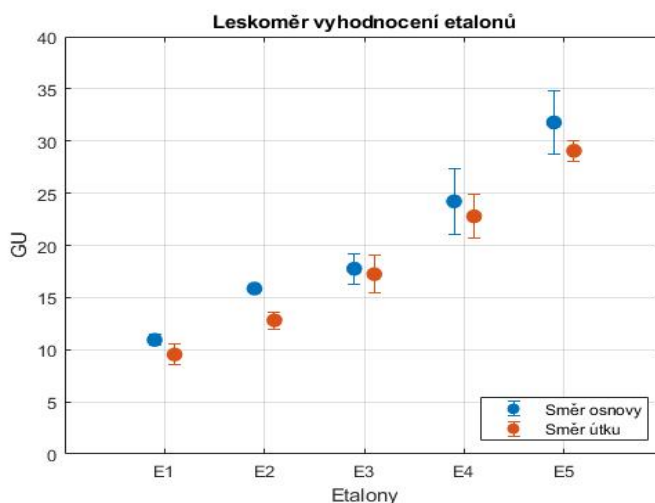
Dalším krokem pro porovnání výsledků lesku naměřených ve směru útku a osnovy je hodnota korelace. Korelace (r_{yx}) vyjadřující vztah mezi veličinami může nabývat hodnot $\langle -1, 1 \rangle$. Korelace je provedena pro všechny etalony a vzorky jednotlivých sad. Pokud je výsledek korelace v absolutních hodnotách menších než 0,3, mají minimální význam. Korelaci lze dále rozdělit do intervalů v absolutních hodnotách $\langle 0,3; 0,5 \rangle$; $\langle 0,5; 0,7 \rangle$; $\langle 0,7; 0,9 \rangle$ a nad 0,9. [33]

Tabulka 7: Hodnoty GU pětiškálové stupnice + vybrané statistické charakteristiky

Hodnota lesku [GU]		Pětiškálová stupnice lesku				
		1 – více matný	2 – matný	3 – pololesklý	4 – lesklý	5 – více lesklý
Útek	u_i	9,6	13,7	15,5	24,5	27,9
		8,8	13,0	18,0	22,3	29,5
		9,0	11,9	15,8	23,4	28,6
		10,9	12,9	18,7	23,6	29,6
		9,4	12,6	18,2	25,0	29,7
	\bar{x}_u	9,5	12,8	17,2	22,8	29,1
	\tilde{x}_u	9,4	12,9	18,0	23,4	29,4
	s_u	0,8	0,6	1,5	1,7	0,8
Osnova	o_i	10,7	15,4	18,7	25,5	35,5
		11,5	16,2	16,2	22,0	32,0
		11,0	15,8	18,2	25,7	29,6
		10,4	16,1	16,9	27,6	31,4
		11,1	15,8	18,8	26,9	30,1
	\bar{x}_o	10,9	15,8	17,7	24,2	31,8
	\tilde{x}_o	11,0	15,8	18,2	25,5	31,4
	s_o	0,4	0,3	1,1	2,5	2,4
Celkem	\bar{x}_c	10,2	14,3	17,5	23,5	30,4
	\tilde{x}_c	10,6	14,6	18,1	23,5	29,7
	s_c	0,9	1,7	1,3	2,2	2,2
p-hodnota		0,06	0,001	0,69	0,41	0,11
h		0	1	0	0	0
r_{yx}		0,99				

Dle výsledku t-testu v tabulce 7 je vliv měření lesku leskoměrem ve směru osnovy a útku statisticky nevýznamný (kromě etalonu 2 – matný). Střední hodnota lesku je u tohoto etalonu rozdílná ve směru osnovy a útku.

Na obrázku 13 je znázorněn graf, který zobrazuje střední hodnotu a 95% intervalový odhad naměřeného lesku ve směru osnovy (modrá) a ve směru útku (červená). Intervalové odhady lesku v směru osnovy a útku se nepřekrývají jen u etalonu 2, což potvrzuje výsledky dvouvýběrového t-testu, a střední hodnoty se nerovnají.



Obrázek 13: Hodnoty lesku pro pětiškálovou stupnici

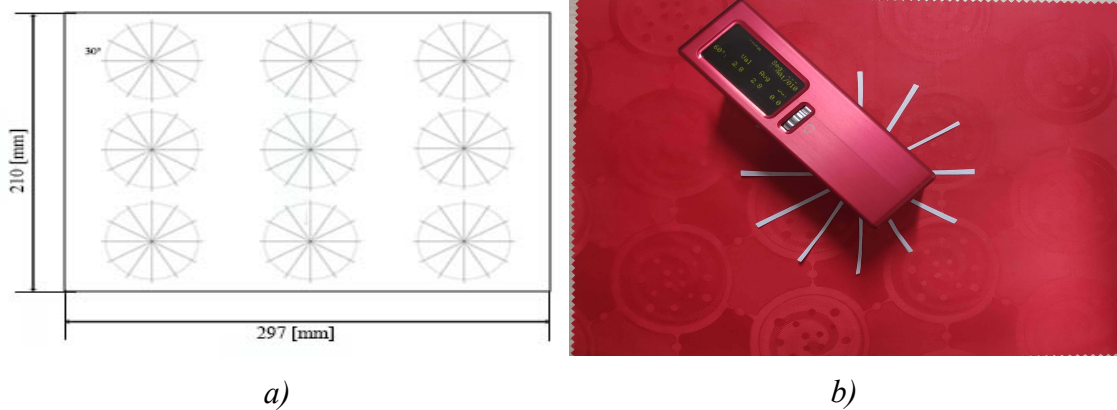
2.3.2 Správnost měření leskoměrem

Pro zhodnocení správnosti měření lesku leskoměrem je na etalonech a vzorcích provedena zkouška na vyhodnocení tří vlivů, které mohou ovlivnit výsledný lesk, a to:

- měření pomocí různé geometrie – pro zhodnocení vlivu zvolené geometrie je na vzorku provedeno měření pomocí třech možných geometrií (20°, 60° a 85°),
- uspořádané měření lesku v ploše vzorku (poloha) – na hodnocených vzorcích je na stejných místech (celkem devět) v ploše tkaniny změřena hodnota lesku,
- orientace leskoměru na místě měření lesku – na každém z devíti míst probíhá měření takovým způsobem, že leskoměr je po každém naměření pootočen o 30°.

Na obrázku 14 a) je zobrazeno schéma snímání na devíti místech, která jsou systematicky uspořádána v ploše vzorku s pootočením o 30°. Na obrázku 14 b) je vyfotografováno měření na jednom z devíti míst pomocí leskoměru. Toto hodnocení platí pro všechny tři geometrie a postup vypadá následovně:

- na každém vzorku je na devíti stejných místech změřena hodnota lesku,
- na každém z devíti míst probíhá měření takovým způsobem, že leskoměr je po každém naměření pootočen o 30° ,
- z každého z devíti míst je získáno 12 hodnot lesku,
- ze všech 108 hodnot ze vzorku je vypočtena průměrná hodnota.



Obrázek 14: Měření lesku na devíti místech v ploše tkaniny pootočením o 30°

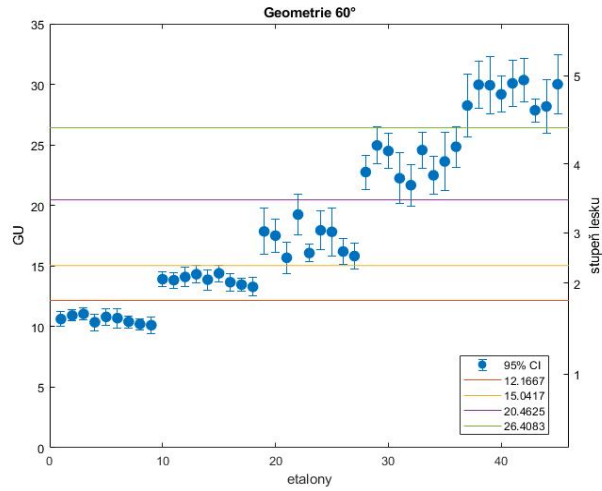
Výsledky tohoto měření jsou zpracovány do grafu a následně vyhodnoceny. Na grafu, který je znázorněn na obrázku 15, je na ose y zobrazená hodnota lesku GU a na ose x jsou etalony. Pro každý etalon je na grafu zobrazených 9 průměrných hodnot z měření s pootočením o $30^\circ + 95\%$ intervalové odhady. Etalony s označením 1 a 2 mají nižší variabilitu naměřených hodnot. Pro etalon 5 s nejvyšším leskem je variabilita naměřených hodnot lesku nejvyšší. Vybočující hodnoty měření jsou jen u etalonu 3 – pololesklý. Na obrázku 15 jsou dále zobrazeny prahové hodnoty – vodorovné barevné čáry. Tyto prahové linie vymezují hranice pro minimální a maximální hodnotu lesku, kterou je možné přiřadit konkrétnímu etalonu podle hodnoty GU. Prahové hodnoty jsou získané podle vzorce:

$$t_j = \max\{x_j\} + \frac{\min\{x_{j+1}\} - \max\{x_j\}}{2}, \quad (2)$$

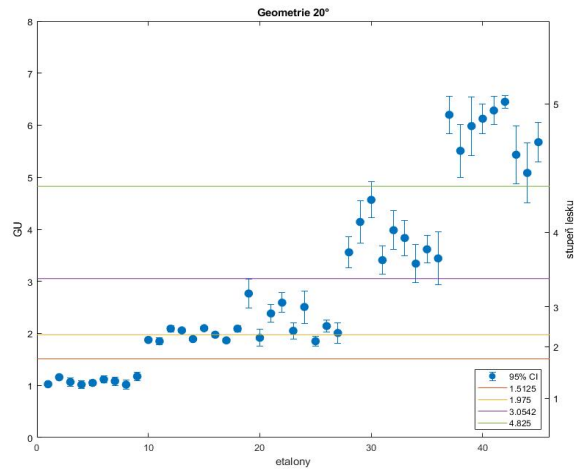
kde $j = 1, \dots, 4$ je prahová hodnota a x_j je skupina hodnot naměřená na etalonu j leskoměrem. Prahová hodnota, která odděluje lesk stupnic 1 a 2, je vypočten z:

$$t_1 = 11,05 + \frac{13,28 - 11,05}{2}.$$

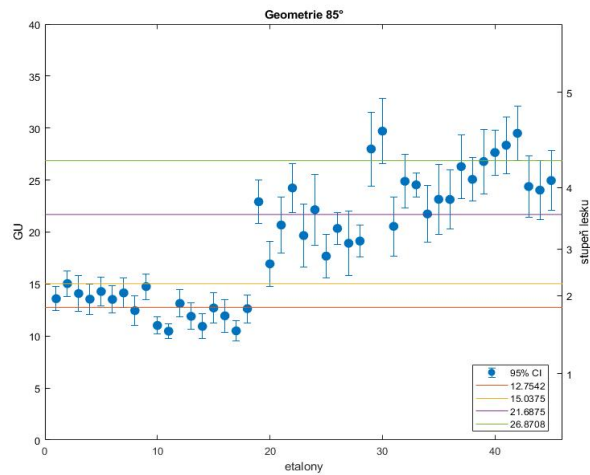
Prahové hodnoty a intervalový odhad při geometrii 60° jsou zobrazeny na obrázku 15, na obrázku 16 pro geometrii 20° a na obrázku 17 pro geometrii 85° . V tabulce 8 jsou uvedeny prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici lesku.



Obrázek 15: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 60°



Obrázek 16: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 20°



Obrázek 17: Pětiškálová stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 85°

Tabulka 8: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici

Práh	Prahová hodnota [GU]		
	Geometrie 60°	Geometrie 20°	Geometrie 85°
1	12,2	1,5	12,7
2	15,0	1,9	15,0
3	20,5	3,1	21,7
4	26,4	4,8	26,9

Z grafů je možné pozorovat, že nejlepší rozlišovací schopnost mezi etalony je při geometrii 60°. Při geometrii 20° a 85° je více vybočujících měření a hodnoty naměřené na etalonech se překrývají více jako u geometrie 60°. U geometrie 20° se překrývají etalony 2 a 3. U geometrie 85° se překrývají všechny etalony.

Vliv polohy a rotace leskoměru na výsledný lesk je zjišťován pomocí testu dvoufaktorová ANOVA, která je obdobou t-testu, ale pro větší počet skupin. Hodnotí se:

- H_0 = všechny skupiny mají stejnou střední hodnotu (0 když $p > 0,05$)
- H_1 = skupiny nemají stejnou střední hodnotu (1 když $p < 0,05$).

Na vzorku je systematicky vybraných 9 míst a na každém z těchto míst je změřená hodnota lesku s pootáčením leskoměru o 30° (postup viz kapitola 2.3.2).

Tabulka 9: Výsledky testu dvoufaktorová ANOVA

	Pětiškálové stupnice lesku				
	1 – více matný	2 – matný	3 – pololesklý	4 – lesklý	5 – více lesklý
Rotace 30°	1	1	1	1	1
Poloha	0	0	1	1	0

V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky testu na každém etalonu. Oba faktory mají významný vliv na výsledek.

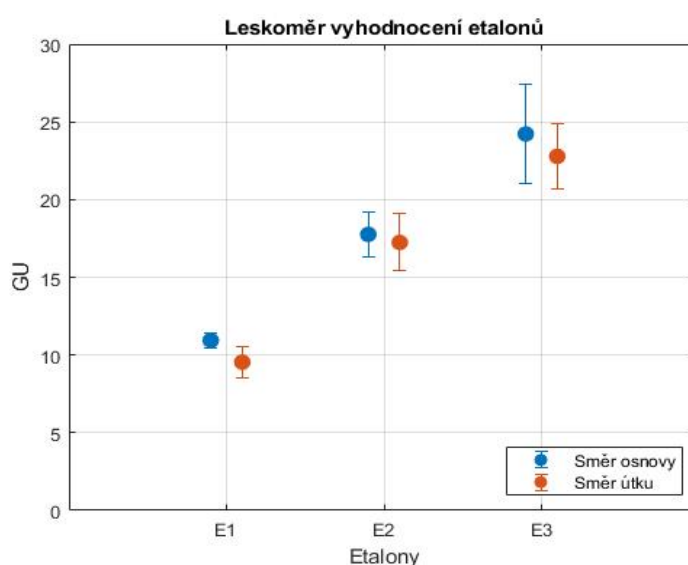
- Měření lesku s krokem rotace 30° – statisticky významný vliv je u všech etalonů. Testem se potvrdilo, že na výsledný lesk má vliv dezén.
- Měření lesku na různých místech v ploše vzorku – statisticky významný vliv zaznamenán jen u etalonu 3 a 4.

Pro tříškálovou stupnici popsanou v tabulce 2 jsou vybrány stejné etalony jako pro pětiškálovou stupnici. V tabulce 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty lesku v jednotkách GU při geometrii 60°.

Tabulka 10: Hodnoty GU pro tříškálovou stupnici lesku

Průměr [GU]	Tříškálová stupnice lesku		
	1 – méně lesklé	2 – lesklé	3 – více lesklé
Útek	9,5	17,2	22,8
Osnova	10,9	17,8	24,2
Celkem	10,2	17,5	23,5

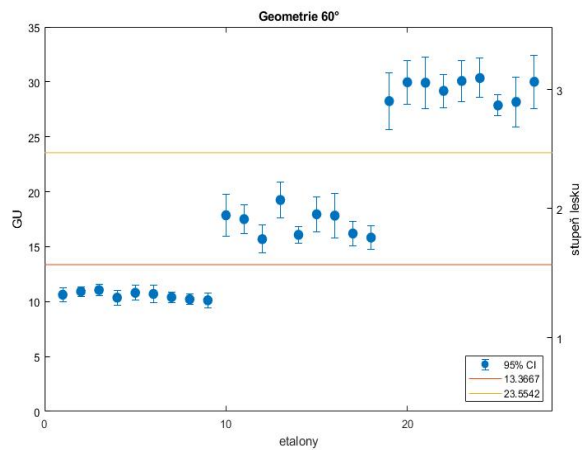
Na obrázku 18 je znázorněn graf, který zobrazuje střední hodnotu a 95% intervalový odhad naměřeného lesku ve směru osnovy (modrá) a ve směru útku (červená). Výsledky lesku zobrazené na obrázku 18 jsou naměřené postupem navrženým dodavatelem leskoměru. Intervalové odhady se ve všech případech překrývají. Průměrné hodnoty lesku ve směru osnovy a útku se výrazně neliší. Dále je provedeno měření, ve kterém se sleduje vliv polohy a rotace. Na obrázku 19 jsou zobrazen výsledky. Na obrázku 19 je vyobrazen graf pro 95% intervalový odhad a prahové hodnoty při geometrii 60°. Na obrázku 20 je možno vidět graf pro intervalový odhad při geometrii 20° a na obrázku 21 intervalový odhad při geometrii 85°. Prahové hodnoty pro všechny geometrie jsou zobrazeny v tabulce 11.



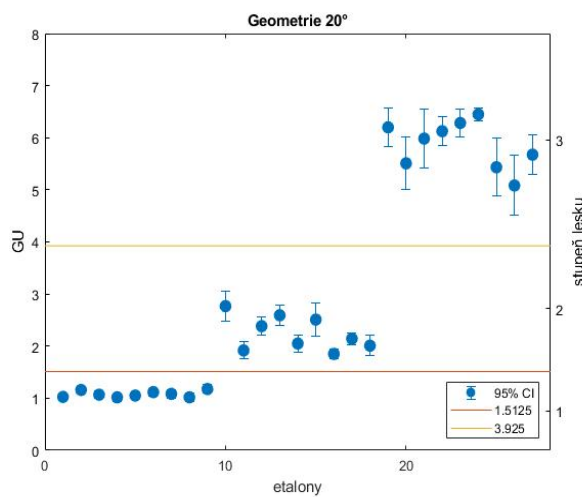
Obrázek 18: Hodnoty lesku pro tříškálovou stupnici

Tabulka 11: Prahové hodnoty pro tříškálovou stupnici

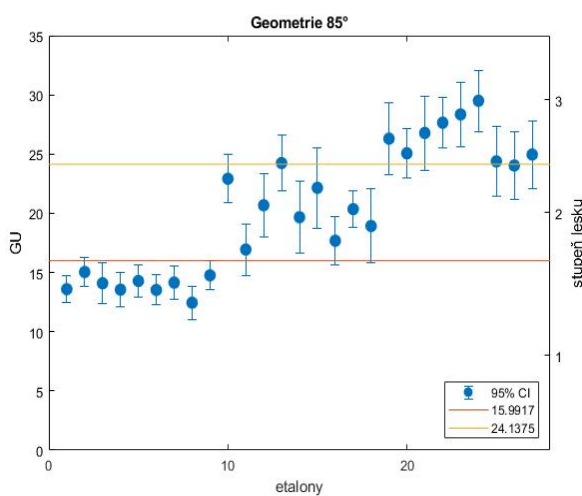
Práh	Prahová hodnota [GU]		
	Geometrie 60°	Geometrie 20°	Geometrie 85°
1	13,4	1,5	16,9
2	23,5	3,9	24,1



Obrázek 19: Tříšková stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 60°



Obrázek 20: Tříšková stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 20°



Obrázek 21: Tříšková stupnice lesku – intervalový odhad při geometrii 85°

Z grafů je možné pozorovat, že nejlepší rozlišovací schopnost mezi etalony je při geometrii 60° . U geometrie 85° se překrývají všechny etalony.

Prahové hodnoty pětiškálové stupnice, které jsou vypočteny z průměrných hodnot naměřených na devíti místech na vzorku, jsou dále použity pro hodnocení sady 1. Prahové hodnoty tříškálové stupnice jsou použity pro hodnocení sady 2 a sady 3. Test dvoufaktorová ANOVA prokázal, že měření lesku na různých místech v ploše vzorku má statisticky významný vliv a měření lesku s krokem rotace 30° má také vliv na výsledek (střední hodnoty se nerovnají). V další části jsou hodnoceny sady vzorků. Na všech sadách jsou provedeny stejné statistické metody a hodnocení pro ověření správnosti měření leskoměrem jako u etalonů.

2.3.3 Hodnocení leskoměrem sady 1

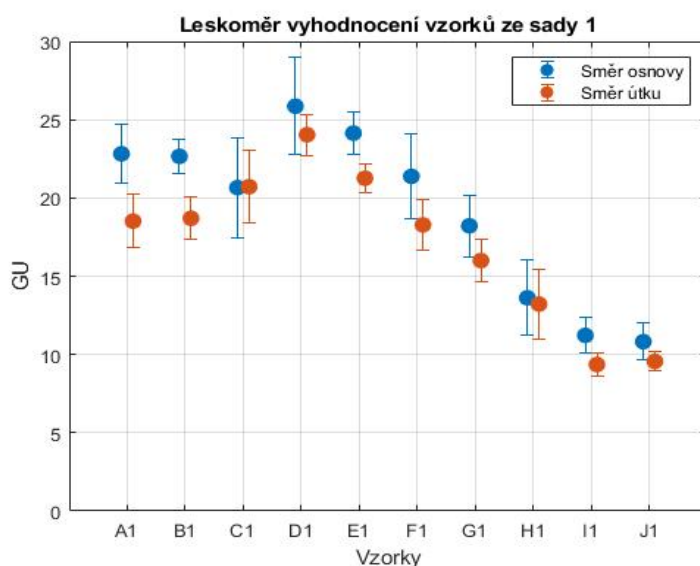
Sada 1 je blíže popsána v kapitole 2.2.1. Měří se pomocí leskoměru a využívá se v objektivním hodnocení lesku. Měření je provedeno pětkrát ve směru útku a pětkrát ve směru osnovy, a to na náhodně vybraných místech v ploše tkaniny bez ohledu na vazbu. V tabulce 12 jsou zobrazeny tímto způsobem naměřené hodnoty a vybrané statistické charakteristiky na vzorcích sady 1. Pro hodnocení jsou zde použity stejné statistické metody jaké jsou popsány v kapitole 2.3.1 a 2.3.2. Jsou provedena měření lesku navrženým postupem dodavatele leskoměru a následně je sledován vliv rotace a polohy na výsledný lesk.

Tabulka 12: Hodnoty GU pro vzorky sady 1 + vybrané statistické charakteristiky

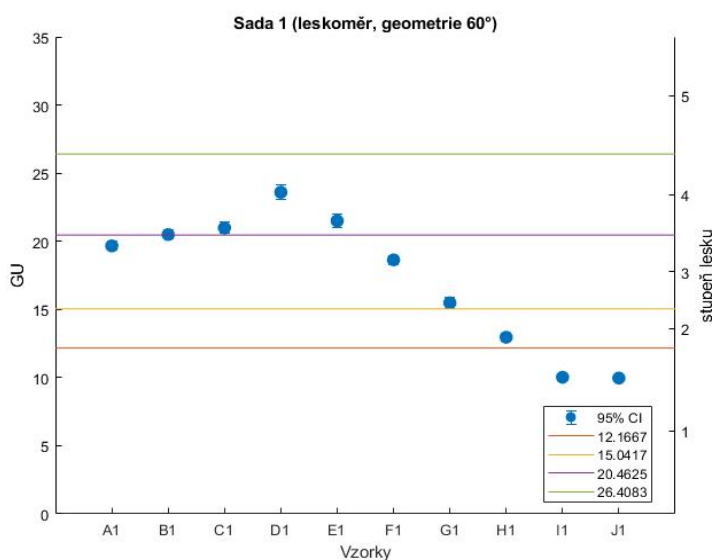
Hodnota lesku [GU]		Vzorky sady 1									
		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
Útek	u_i	17,5	17,1	23,1	25,8	22,0	18,6	14,7	12,5	9,8	8,9
		18,2	18,2	18,5	23,5	20,1	19,4	17,0	11,4	9,3	9,4
		17,0	19,9	19,9	24,2	21,7	16,1	16,7	16,1	9,0	9,5
		19,8	18,9	22,1	23,5	21,2	18,4	15,0	12,6	10,1	9,7
		20,1	19,4	20,0	23,2	21,3	18,9	16,6	13,5	8,6	10,3
	\bar{x}_u	18,5	18,7	20,7	24,0	21,3	18,3	16,0	13,2	9,4	9,6
	\tilde{x}_u	18,2	18,9	20,0	23,5	21,3	18,6	16,6	12,6	9,3	9,5
s_u	1,4	1,1	1,8	1,1	0,7	1,3	1,1	1,8	0,6	0,5	
Osnova	O_i	23,5	22,0	21,5	29,7	24,8	21,6	19,6	14,7	10,3	11,8
		24,4	22,9	18,5	24,1	23,1	19,6	18,0	13,9	11,5	11,2
		20,6	21,9	19,9	27,0	23,2	21,5	16,8	16,0	10,6	9,5
		22,1	22,4	24,7	23,7	25,7	19,4	20,1	12,5	12,6	10,2
		23,5	24,1	18,7	24,8	23,9	24,8	16,6	11,0	11,1	11,4
	\bar{x}_o	22,8	22,7	20,7	25,8	24,1	21,4	18,2	13,6	11,2	10,8
	\tilde{x}_o	23,5	22,4	19,9	24,8	23,9	21,5	18	13,9	11,1	11,2
s_o	1,5	0,9	2,6	2,5	1,1	2,2	1,6	1,9	0,9	0,9	
Celkem	\bar{x}_c	20,7	20,7	20,7	25,0	22,7	19,8	17,1	13,4	10,3	10,2
	\tilde{x}_c	20,4	20,9	20,0	24,2	22,6	19,4	16,8	13,1	10,2	10,0
	s_c	7,0	5,2	4,4	4,2	3,1	5,5	3,0	3,1	1,5	1,0
p -hodnota	0,0015	0,0002	0,97	0,17	0,0012	0,03	0,03	0,74	0,005	0,03	
h	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	
r_{yx}	0,97										

Z dvouvýběrového t-testu vyplývá, že střední hodnoty lesku měřených ve směru útku a osnovy u vzorků C1, D1 a H1 se shodují. U ostatních vzorků sady 1 je hypotéza H_0 zamítnuta, tj. střední hodnoty jsou různé.

Graf na obrázku 22 zobrazuje střední hodnotu a 95% intervalový odhad naměřeného lesku ve směru osnovy (modrá) a ve směru útku (červená). Na obrázku 23 jsou znázorněné průměrné hodnoty, které jsou získané měřením po 30°. Na obrázku jsou také zobrazeny prahové hodnoty pětiškálové stupnice lesku, jejichž získání je popsáno v kapitole 2.3.



Obrázek 22: Hodnoty lesku pro sadu 1



Obrázek 23: Sada 1 + prahové hodnoty

2.3.4 Hodnocení leskoměrem sady 2

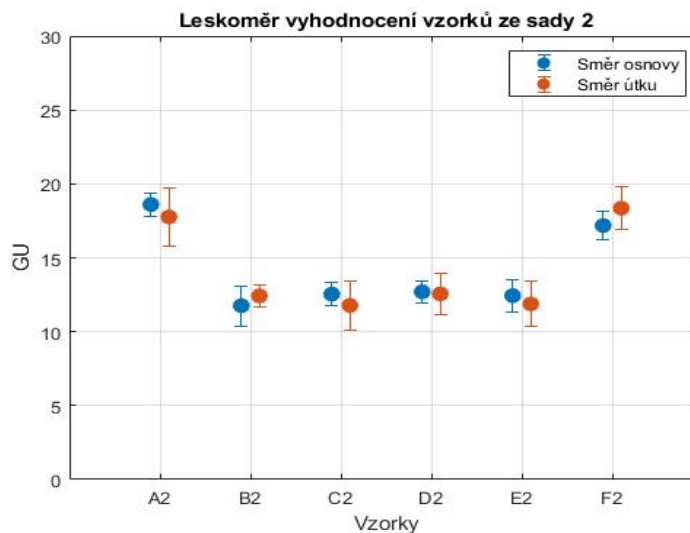
Sada 2 je blíže popsána v kapitole 2.2.2 a je proměřena pomocí leskoměru a využita v objektivním hodnocení lesku. Proměření leskoměrem je podrobněji popsáno v kapitole 2.3. V tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty naměřené pomocí leskoměru spolu s vybranými statistickými charakteristikami na vzorcích sady 2.

Tabulka 13: Hodnoty GU pro vzorky sady 2 + vybrané statistické charakteristiky

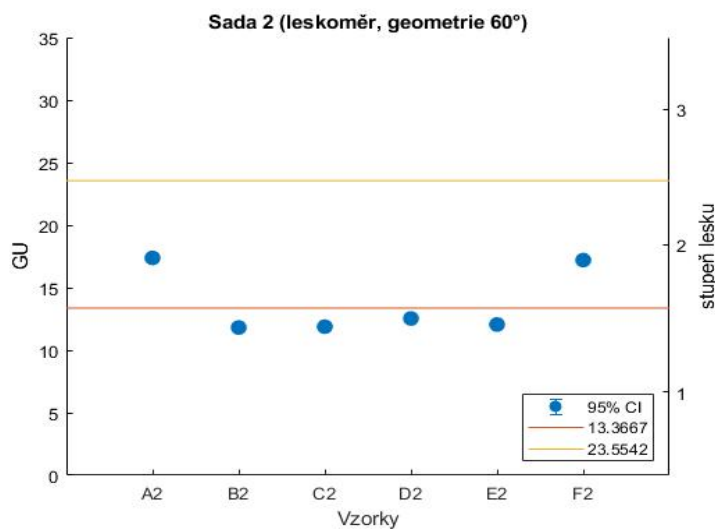
Hodnota lesku [GU]		Sada 2					
		A2	B2	C2	D2	E2	F2
Útek	u_i	16,5	12,6	10,0	10,8	10,0	17,2
		16,8	11,7	12,8	12,5	13,0	17,5
		16,5	12,8	12,9	13,5	11,9	18,5
		19,5	13,1	12,5	13,5	11,5	20,1
		19,5	11,9	10,7	12,5	13,0	18,5
	\bar{x}_u	17,7	12,4	11,8	12,6	11,9	18,3
	\tilde{x}_u	16,8	12,6	12,5	12,5	11,9	18,5
	s_u	1,6	0,6	1,3	1,1	1,2	1,1
Osнова	o_i	18,0	12,5	12,7	13,3	13,5	17,2
		19,5	13,3	11,8	13,3	12,4	17,3
		18,0	11,2	13,5	12,6	13,1	18,3
		18,6	10,7	12,4	12,1	11,6	17,
		18,9	11,1	12,3	12,2	11,6	16,1
	\bar{x}_o	18,6	11,7	12,5	12,7	12,4	17,2
	\tilde{x}_o	18,6	11,2	12,4	12,6	12,4	17,2
	s_o	0,6	1,1	0,6	0,6	0,8	0,8
Celkem	\bar{x}_c	18,2	12,1	12,2	12,6	12,2	17,8
	\tilde{x}_c	18,3	12,2	12,5	12,6	12,2	17,4
	s_c	1,2	0,9	1,1	0,8	1,1	1,1
p-hodnota		0,31	0,27	0,28	0,81	0,43	0,09
h		0	0	0	0	0	0
r_{yx}		0,96					

Z grafu zobrazeného na obrázku 24 a dvouvýběrového t-testu vyplývá, že se střední hodnoty útku a osnovy shodují u všech vzorků ze sady 2. Také se u nich hypotéza H_0 nezamítá, tj. střední hodnoty jsou stejné.

Na obrázku 25 jsou znázorněny průměrné hodnoty, které jsou získány měřením po 30°. Na grafu jsou zobrazeny prahové hodnoty tříškalové stupnice lesku, jejichž získání je popsáno v kapitole 2.3.



Obrázek 24: Hodnoty lesku pro sadu vzorků 2



Obrázek 25: Sada 2 – prahové hodnoty

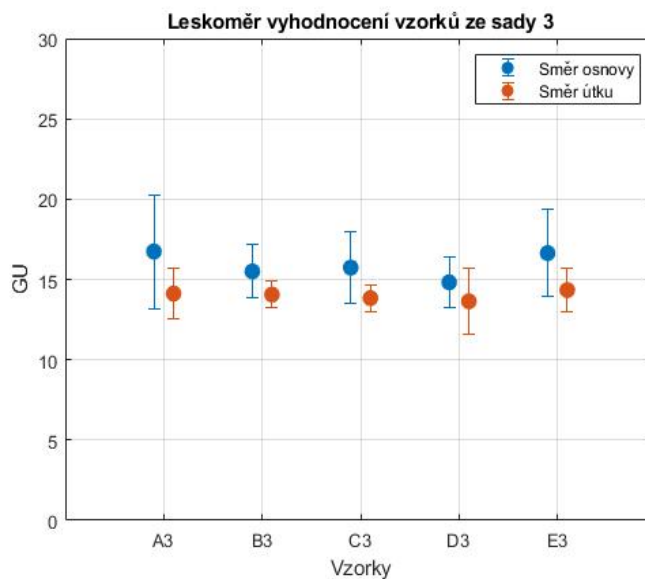
2.3.5 Hodnocení leskoměrem sady 3

Sada 3 je blíže popsána v kapitole 2.2.3 a je měřena pomocí leskoměru a využita v objektivním hodnocení lesku. Měření leskoměrem je podrobněji popsáno v kapitole 2.3. V tabulce 14 jsou uvedeny hodnoty naměřené pomocí leskoměru spolu s vybranými statistickými charakteristikami na vzorcích sady 3.

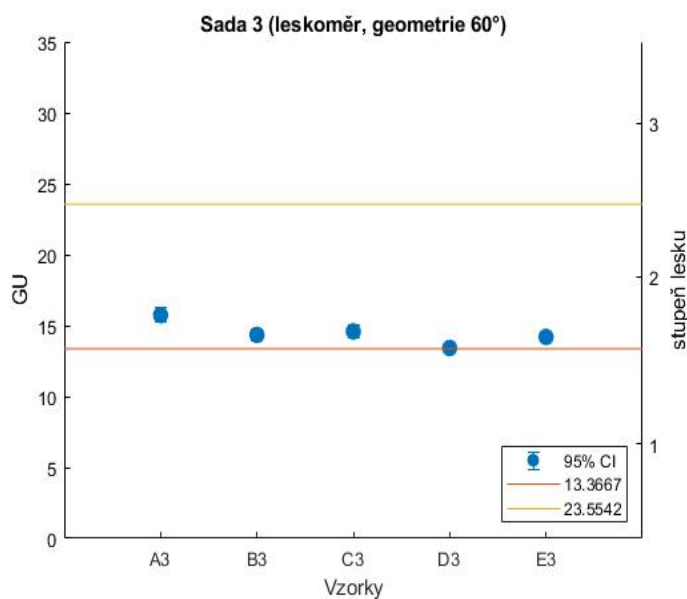
Tabulka 14: Hodnoty GU pro vzorky sady 3 + vybrané statistické charakteristiky

Hodnota lesku [GU]		Sada 3				
		A3	B3	C3	D3	E3
Útek	u_i	13,0	14,1	13,7	15,4	14,5
		13,9	12,9	13,8	11,4	14,5
		15,9	14,6	13,0	13,9	12,5
		14,9	14,4	14,9	15,0	15,2
		12,9	14,3	13,8	12,5	15,0
	\bar{x}_u	14,3	14,1	13,8	13,6	14,3
	\tilde{x}_u	13,9	14,3	13,8	13,9	14,5
	s_u	1,1	0,7	0,7	1,7	1,1
Osнова	o_i	21,4	15,5	15,5	13,1	17,7
		23,6	13,6	13,7	14,5	17,6
		16,4	15,7	18,5	14,5	19,2
		16,4	15,3	15,0	15,6	14,2
		15,9	17,4	16,0	16,4	14,5
	\bar{x}_o	18,3	15,5	15,7	14,8	16,6
	\tilde{x}_o	16,4	15,5	14,4	14,5	17,6
	s_o	2,9	1,3	1,8	1,3	2,2
Celkem	\bar{x}_c	16,3	14,8	14,8	14,2	15,5
	\tilde{x}_c	15,9	14,5	14,4	14,5	14,8
	s_c	3,0	1,3	1,6	1,5	2,0
p-hodnota		0,10	0,07	0,06	0,25	0,07
h		0	0	0	0	0
r_{yx}		0,80				

Z grafu zobrazeného na obrázku 26 a dvouvýběrového t-testu vyplývá, že se střední hodnoty útku a osnovy shodují u všech vzorků ze sady 3. Hypotéza H_0 se nezamítá, tj. střední hodnoty jsou stejné. Na obrázku 27 jsou znázorněny průměrné hodnoty, které jsou získány měřením po 30°. V grafu jsou zobrazeny prahové hodnoty tříškalové stupnice lesku, které jsou získány v kapitole 2.3.



Obrázek 26: Hodnoty lesku pro sadu 3



Obrázek 27: Sada 3 + prahové hodnoty

Hodnota korelačního koeficientu r_{yx} je u všech sad vyšší než 0,7 a závislost mezi hodnotami lesku naměřenými ve směru útku a ve směru osnovy je tedy vysoká. Nejnižší závislost je u sady 3, kde korelace dosahuje hodnoty 0,8. S rostoucí hodnotou lesku ve směru osnovy je rostoucí i hodnota lesku ve směru útku.

Dle výsledků měření pomocí různých geometrií se prokázalo, že hodnocení pod geometrií 60° je nejvhodnější pro hodnocení lesku na všech sadách.

2.4 Subjektivní hodnocení lesku tkanin

V diplomové práci jsou hodnoceny vzorky subjektivní metodou pomocí vlastní stupnice lesku (popsané v kapitole 2.1). Pro hodnocení je vybráno celkem 10 hodnotitelů, kteří mají dlouholeté zkušenosti s hodnocením lesku. Většina hodnotitelů pracuje ve společnosti více než 10 let. Jejich věk se pohybuje od 28 do 58 let. Jedním z hodnotitelů jsem já (technik kvality) a také jediný člen skupiny, který ve firmě pracuje kratší dobu (3 roky). Všichni hodnotitelé jsou ženy a jsou to proškolené pracovnice, které s hodnocením lesku denně pracují. Byly požádány, aby přiřadily hodnotu lesku vzorkům dle vytvořené stupnice lesku. Hodnocení je vždy prováděno za stejných podmínek během dne pod denním světlem. Každému hodnotiteli je přiřazena váha důležitosti podle zkušeností. Váha je v rozmezí 2–10. Nejvyšší váha je přiřazena pracovníci výstupní kontroly, která posuzuje denně lesk a správnost úpravy všech vyrobených tkanin ještě před tím, než se dostanou k zákazníkovi. Stejně tak nejvyšší váha je přiřazena vedoucí kvality a hlavní technoložce, jelikož o správnosti lesku rozhodují v případě nejistoty pracovnice výstupní kontroly. Vedoucí kvality a hlavní technoložka mají také na starosti schvalování etalonu pro hodnocení lesku po konzultaci s prodejcem. Jelikož je lesk hlavním parametrem pro výslednou kvalitu, je kladen důraz na to, aby byli všichni pracovníci, který přicházejí do kontaktu s upravenou tkaninou, proškoleni a byli schopni posoudit lesk. V této práci je pro výpočet výsledné hodnoty lesku v rámci subjektivního hodnocení využíván aritmetický a vážený průměr.

Vzorek pro hodnocení lesku je vystřížen z upraveného kusu tkaniny uprostřed šíře a je o velikosti přibližně A4. Hodnotitel uchopí vzorek do ruky spolu s etalonem ve vzdálenosti přibližně 50 cm od oka, pod úhlem přibližně 45° vůči oku. Lesk je hodnocen na nejlesklejší ploše vzorku. U tkanin s různým dezénem se lesk hodnotí, pokud je to možné, ve stejné vazbě. Různé vazby tkanin odrážejí lesk rozdílně. Lesk může být subjektivně hodnocen dvěma způsoby, jenž jsou ilustrovány na obrázku 28 a) a b):

- hodnocení lesku v rovném stavu – vzorky jsou položeny rovnoměrně na sobě a lesk je hodnocen v ploše vzorku (obrázek 28 a)),
- hodnocení v proložení – vzorky jsou proloženy a lesk je hodnocen v místě proložení v oblouku (obrázek 28 b)).

Fotografie na obrázku 28 zobrazují dva výše popsané způsoby pro hodnocení lesku. Jsou pořízeny kolmo k vzorku ve vzdálenosti přibližně 50 cm od vzorků. Červený vzorek je etalon, ke kterému je posuzován lesk zeleného vzorku.



Obrázek 28: Subjektivní hodnocení: a) v rovném stavu, b) v proložení.

K lepšímu ohodnocení lesku lze vzorek otáčet podél jeho vertikální a horizontální osy. Vzorky jsou porovnány oproti etalonům vytvořené stupnice. Etalony nemusejí být ve stejné barvě, jakou mají hodnocené vzorky. Výsledky jsou hodnoceny pomocí aritmetického a váženého průměru.

V tabulce 15 jsou zobrazeny související vztahy pro subjektivní hodnocení.

Tabulka 15: Souvislosti pro subjektivní hodnocení

	Vzorky – sada 1	Vzorky – sada 2	Vzorky – sada 3
Stupnice lesku	pětiškálová	tříškálová	tříškálová

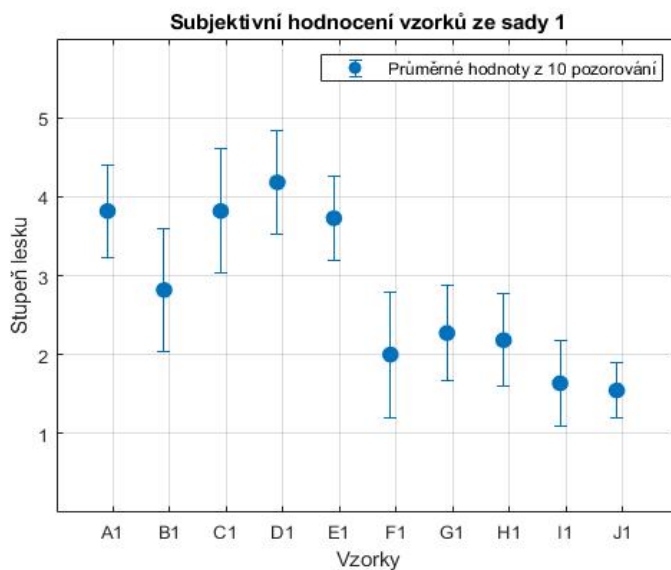
2.4.1 Subjektivní hodnocení sady 1

Pro subjektivní posuzování této skupiny vzorků bylo vybráno 10 hodnotitelů, kteří přiřazovali vzorkům A1–J1 hodnoty dle pětiškálové stupnice lesku. Výsledky hodnocení jsou zobrazeny v tabulce 16.

Pro jednotlivé sady jsou dále vytvořeny grafy ze získaného subjektivního hodnocení (z přiřazených hodnot etalonů). Graf na obrázku 29 zobrazuje střední hodnotu a 95% interval spolehlivosti přiřazených etalonů pro jednotlivé vzorky sady 1.

Tabulka 16: Subjektivní hodnocení sady vzorků s rozdílnou technologií výroby

Hodnotitel	Váha p_j	Vzorek sady									
		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
Výstupní kontrola	10	3	2	4	5	3	2	1	2	1	2
Vedoucí technologie	10	5	2	2	5	5	1	2	3	3	2
Vedoucí kvality	10	3	3	4	5	3	2	3	2	1	1
Technik kvality	8	3	4	3	3	3	2	4	2	1	1
Mistrová klasifikace	6	4	5	5	2	3	4	2	1	1	1
Klasifikátorka	4	3	2	4	4	4	3	2	3	2	1
Klasifikátorka	4	4	3	3	5	3	2	2	1	1	2
Dispečerka	2	4	4	4	4	4	4	1	3	1	2
Dispečerka	2	5	3	4	4	4	1	3	3	2	2
Dispečerka	2	3	1	1	4	4	1	3	1	2	1
Aritmetický průměr		3,7	2,9	3,4	4,1	3,6	2,2	2,3	2,1	1,5	1,5
Vážený průměr		3,6	2,9	3,5	4,2	3,5	2,1	2,3	2,1	1,5	1,5



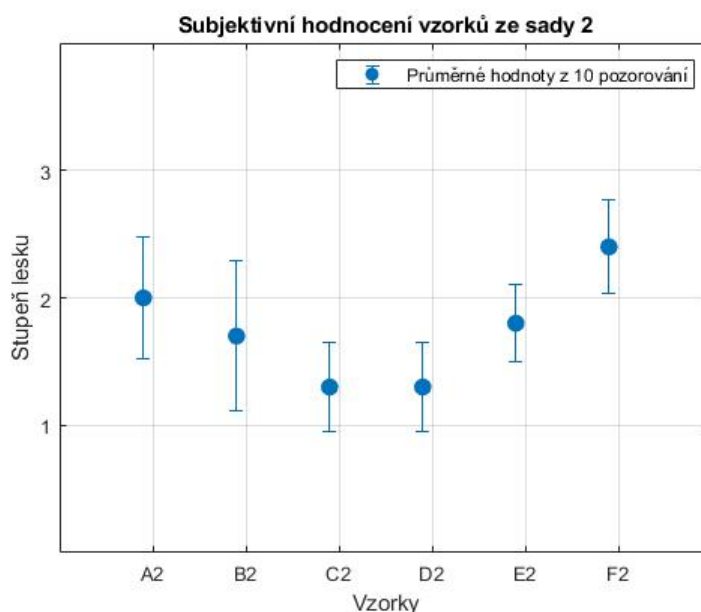
Obrázek 29: Vyhodnocení sady 1 – subjektivní hodnocení

2.4.2 Subjektivní hodnocení sady 2

Pro subjektivní posuzování této skupiny vzorků bylo vybráno 10 hodnotitelů, kteří přiřazovali vzorkům A2–F2 hodnoty dle tříškalové stupnice lesku 1–3. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 17. Graf na obrázku 30 zobrazuje střední hodnotu a 95% interval spolehlivosti přiřazených etalonů pro jednotlivé vzorky sady 2.

Tabulka 17: Subjektivní hodnocení sady vzorků se stejnou technologií výroby

Hodnotitel	Váha p_j	Vzorek sady					
		A2	B2	C2	D2	E2	F2
Výstupní kontrola	10	2	1	1	1	2	2
Vedoucí technologie	10	2	1	1	1	2	3
Vedoucí kvality	10	2	1	1	1	1	2
Technik kvality	8	2	2	2	2	1	2
Mistrová klasifikace	6	2	2	2	1	2	3
Klasifikátorka	4	3	1	1	1	2	2
Klasifikátorka	4	3	1	1	2	2	3
Dispečerka	2	2	2	2	2	2	3
Dispečerka	2	1	3	1	1	2	2
Dispečerka	2	1	3	1	1	2	2
Aritmetický průměr		2	1,7	1,3	1,3	1,8	2,4
Vážený průměr		2,0	1,4	1,3	1,2	1,7	2,4



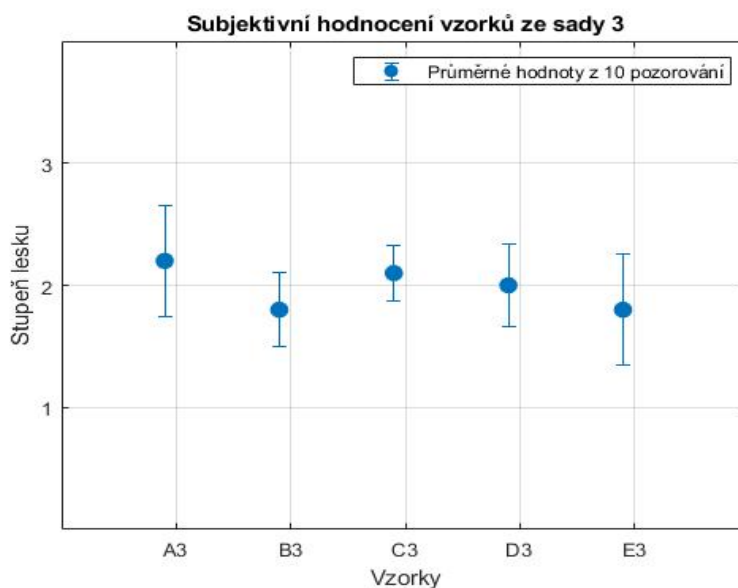
Obrázek 30: Vyhodnocení sady 2 – subjektivní hodnocení

2.4.3 Subjektivní hodnocení sady 3

Pro subjektivní posuzování této skupiny vzorků bylo vybráno 10 hodnotitelů, kteří přiřazovali vzorkům A3–E3 hodnoty dle tříškalové stupnice lesku 1–3. Výsledky hodnocení jsou zobrazeny v tabulce 18. Graf na obrázku 31 zobrazuje střední hodnotu a 95% interval spolehlivosti přiřazených etalonů pro jednotlivé vzorky sady 3.

Tabulka 18: Subjektivní hodnocení sady vzorků ve stejné barvě a s různou konstrukcí

Hodnotitel	Váha p_j	Vzorek sady				
		A3	B3	C3	E3	F3
Výstupní kontrola	10	2	2	2	2	2
Vedoucí technologie	10	3	2	3	2	2
Vedoucí kvality	10	2	2	2	2	1
Technik kvality	8	1	1	2	2	2
Mistrová klasifikace	6	3	2	2	2	2
Klasifikátorka	4	2	2	2	2	1
Klasifikátorka	4	2	2	2	1	1
Dispečerka	2	2	2	2	3	3
Dispečerka	2	2	2	2	2	2
Dispečerka	2	3	1	2	2	2
Aritmetický průměr		2,2	1,8	2,1	2	1,8
Vážený průměr		2,2	1,8	2,2	2	1,7



Obrázek 31: Vyhodnocení sady 3 – subjektivní hodnocení

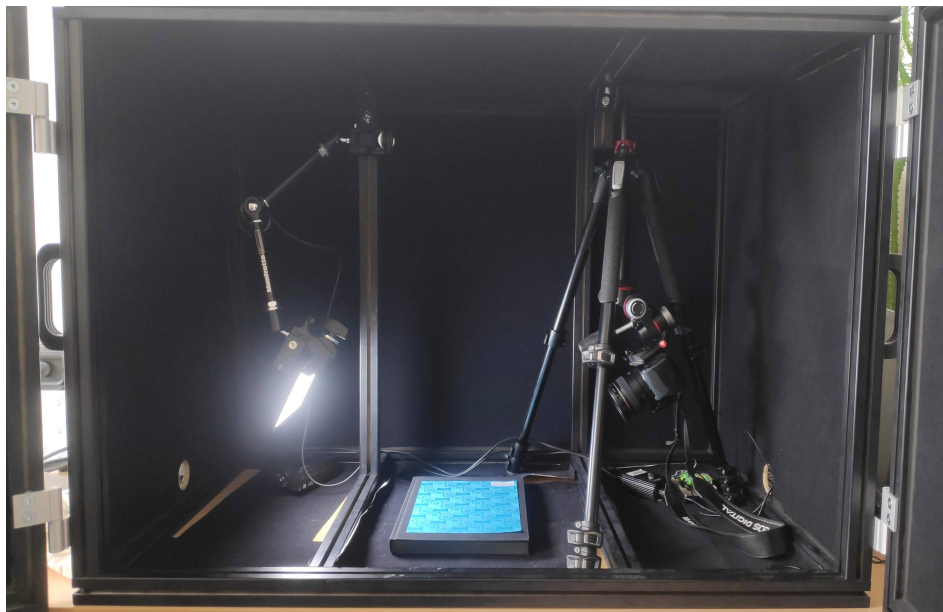
Z hodnot průměru dle výsledků v tabulce 16, 17 a 18 vyplývá, že váhy přiřazené hodnotitelům neovlivňují výsledek subjektivního hodnocení.

2.5 Hodnocení pomocí obrazové analýzy

Cílem této diplomové práce je navrhnout metodu pro snímání a hodnocení lesku tkanin pomocí obrazové analýzy. Metoda spočívá v hodnocení intenzity dopadajícího světla na senzor fotoaparátu. Intenzita je měřena ze surových dat, která jsou získána ze snímače. Tato data jsou ve formátu RAW. Pro hodnocení je navržen systém snímání, který se skládá z černé skříně, osvětlení a fotoaparátu.

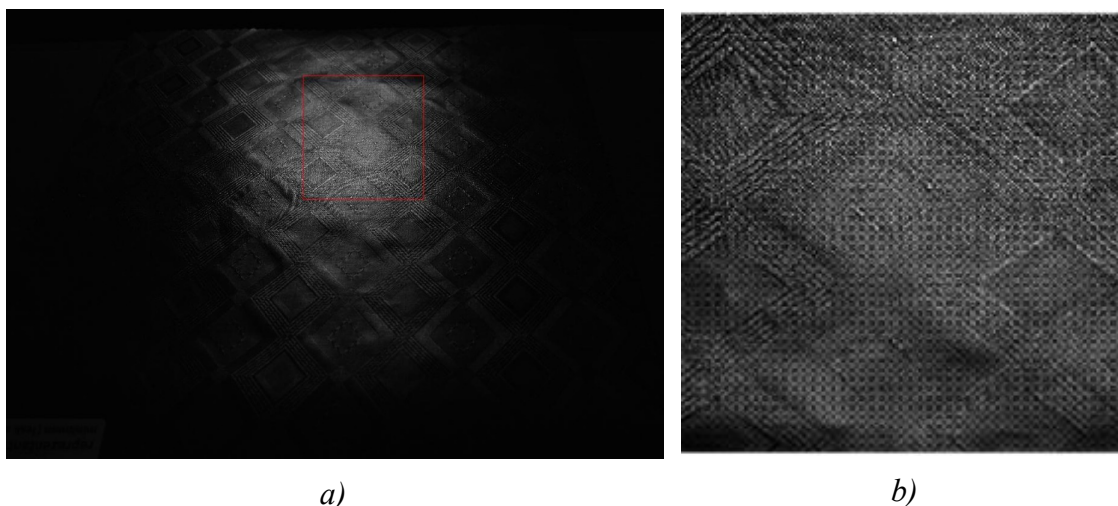
- Pomocí černé skříně je eliminováno venkovní osvětlení a jsou zabezpečeny konstantní podmínky.
- Pro hodnocení je použito bílé plošné osvětlení s třemi různými teplotami chromatičnosti, a to 5700K, 6500K a 9900K.
- Pro snímání jsou použity dva typy fotoaparátů. Pro první snímání pod osvětlením 5700K je využit fotoaparát Canon EOS 400D, pomocí kterého je pořízen snímek o velikosti 3888×2592 px. Pro snímání při osvětlení 6500K a 9900K je využit fotoaparát Canon EOS 6D, pomocí kterého jsou získané snímky o velikosti 5472×3648 px.

Pro správné snímání je zvolena nejvhodnější geometrie z 20° , 60° a 85° . Stejnou geometrii pro hodnocení využívá leskoměr. V první části hodnocení pomocí obrazové analýzy jsou pořízeny fotografie vzorků jednotlivých sad a etalonů, které jsou popsány v kapitole 2.1 a 2.2. Vzorky jsou umístěny volně bez zatížení v černém boxu, nasvíceny světlem a pokládány vždy na stejné místo. Způsob snímání je zobrazen na obrázku 32.



Obrázek 32: Snímání vzorků

Nejprve jsou pořízeny snímky ve směru osnovy a následně ve směru útku. Získané snímky jsou zpracovány ve formátu RAW. Ze získaných fotografií je pořízen výřez – nejvíce osvětlené plochy vzorku. Výsledná hodnota intenzity odraženého světla je získána jako průměrná hodnota intenzity pixelů z výřezu formátu RAW. Na obrázku 33 a) je zobrazen snímek z fotoaparátu Canon EOS 6D o původní velikosti 5472×3648 px. Na obrázku 33 b) je zobrazen výřez o rozlišení 1000×1000 px, který je používán pro hodnocení v rámci experimentální části.



Obrázek 33: Snímky RAW: a) původní snímek b), výřez pořízeného snímku.

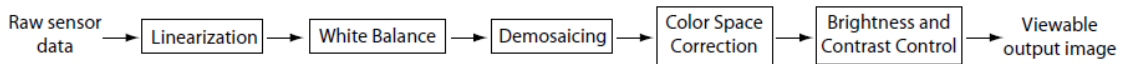
2.5.1 Způsob zpracování RAW formátu

Fotografie jsou ukládány v souboru formátu RAW. Kromě surových dat ze senzoru digitálního fotoaparátu soubor obsahuje velké množství metadat o hodnotách pixelů a samotné expozice. Metadata obsahují informace o digitálním fotoaparátu a také o expozici, která je zachycena, což je pro fotografii zásadní. [20]

Prvním krokem při zpracování získaných fotografií je převedení souboru ve formátu RAW do formátu DNG pomocí aplikace Adobe DNG Converter. Formát DNG (Digital Negative) je bezztrátový formát obrázku RAW. Slouží jako alternativa k různým formátům RAW a lze jej zpracovat v programu MATLAB. Dalším krokem je načtení souboru v tomto programu. [20]

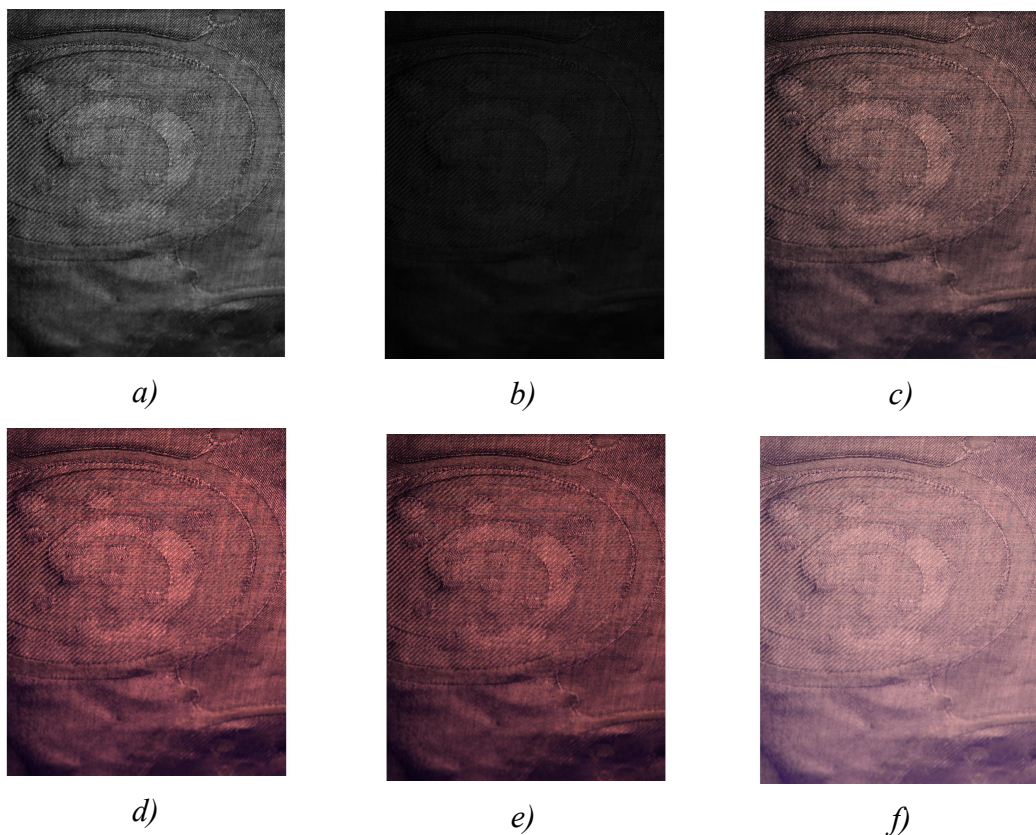
Postup při zpracování obrazu na získání jasové složky vychází z práce *Processing RAW Images in MATLAB* [21]. Finální obrázek z fotoaparátu prochází transformacemi zobrazenými na obrázku 34. Pro získání jasové složky je použit formát

RAW, který obsahuje minimálně zpracovaná surová data. Tato surová data jsou použita jako zdroj pro hodnocení množství odraženého světla, které zachytí snímač v době expozice. Na obrázku 35 a) až f) je podle tohoto postupu zobrazeno zpracování fotografie etalonu 3. Pro hodnocení intenzity lesku je používán formát, který je zobrazen na obrázku 35 a). [22]



Obrázek 34: Způsob zobrazení obrázku z formátu RAW [21]

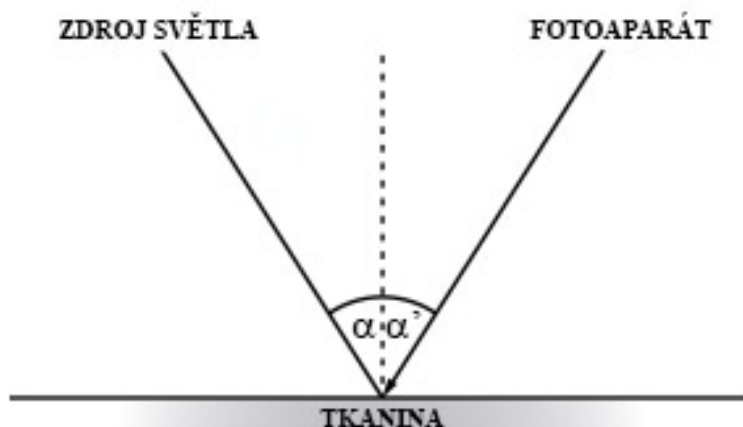
Na obrázku 35 a) je zobrazena fotografie ve formátu RAW bez jakýchkoliv úprav. Jedná se o soubor nezpracovaných hodnot získaných přímo ze senzoru přístroje. V části b) je provedená linearizace dat pomocí Bayerovy masky. Bayerova maska je sada barevných filtrů před pixely na barevném snímači. V části c) je na fotografii zobrazení přirozených barev pro lidské oko pomocí vyvážení bílé. V bodě d) je provedena konverze barevného prostoru do sRGB. Tento barevný prostor je standardizován, varianta barevného modelu RGB. V posledních krocích v bodě e) a f) je provedení jasové nelineární transformace. [21], [23]



Obrázek 35: Postup zobrazení RAW souboru

2.5.2 Výběr geometrie

Pro hodnocení intenzity odraženého světla jsou nastavené úhly mezi kolmicí k rovině vzorku a fotoaparátu, resp. zdroji světla. Snímky každé sady vzorků a etalonů jsou pořízeny pod stejnými úhly, s jakými pracuje leskoměr ($\alpha/\alpha' = 20^\circ, 60^\circ, 85^\circ$). Na obrázku 36 je znázorněno schéma snímání vzorků.



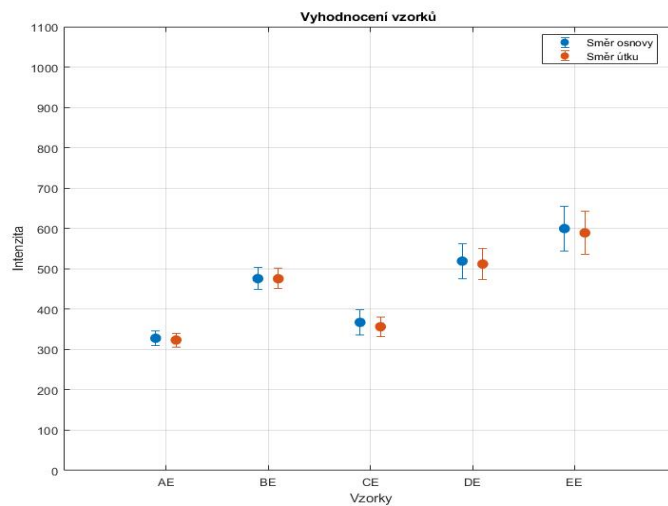
Obrázek 36: Schéma snímání vzorků

Pro snímání je na fotoaparátu Canon EOS 400D DIGITAL nastavena ohnisková vzdálenost 20 mm. Ostatní nastavené parametry pro geometrie jsou uvedeny v tabulce 19. Pro získání fotografie na výběr vhodné geometrie je použito bílé plošné světlo s teplotou chromatičnosti 5700K. Snímky jsou pořízeny o velikosti 3888×2592 px.

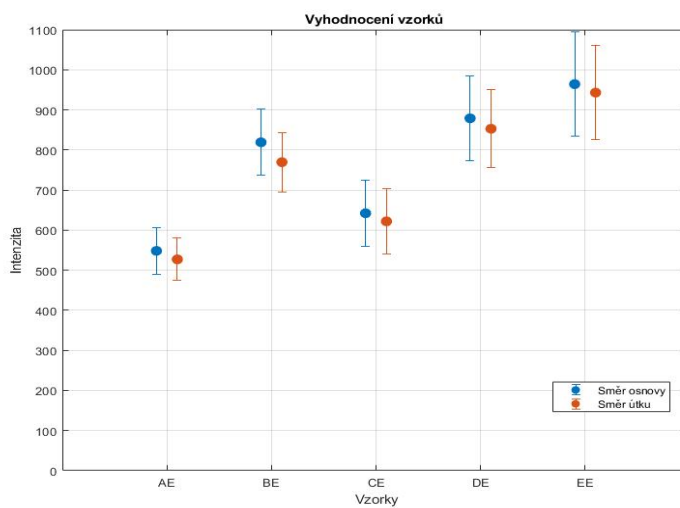
Tabulka 19: Parametry fotoaparátu Canon EOS 400D

Geometrie	Citlivost ISO	Clonové číslo	Čas expozice
20°	ISO – 100	F/2.8	1/100 s
60°	ISO – 100	F/2.8	1/100 s
85°	ISO – 100	F/2.8	1/500 s

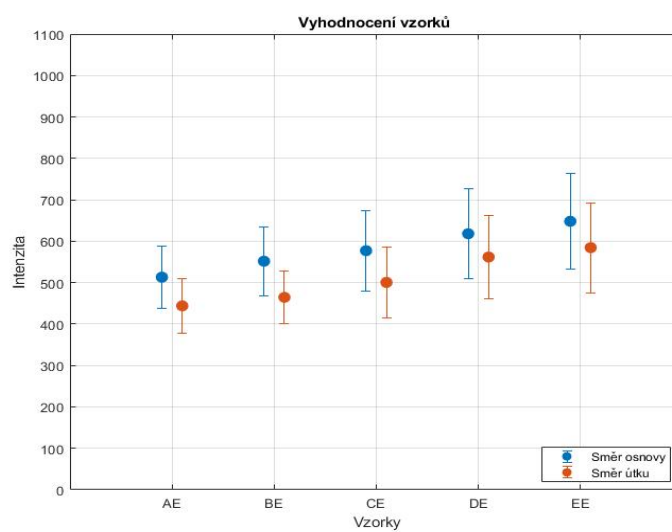
Každá sada je samostatně zpracována pomocí grafu a vyhodnocená. Na obrázku 37 jsou zobrazeny grafy s výsledky snímání etalonů pod různými úhly. Na grafech jsou modrou barvou znázorněny výsledky snímání, které byly provedeny ve směru osnovy, a červenou barvou ve směru útku. Na obrázcích 38, 39 a 40 jsou postupně stejným způsobem zobrazeny výsledky snímání pod různými úhly pro sadu vzorků číslo 1, 2 a 3. Na obrázcích je znázorněna průměrná hodnota intenzity a intervaly spolehlivosti. Každý výřez fotografie používaný pro hodnocení intenzity, je rozdělen na menší části. Na každé části je změřená intenzita odrazu světla a z těchto hodnot je spočtena průměrná hodnota a interval spolehlivosti.



a)

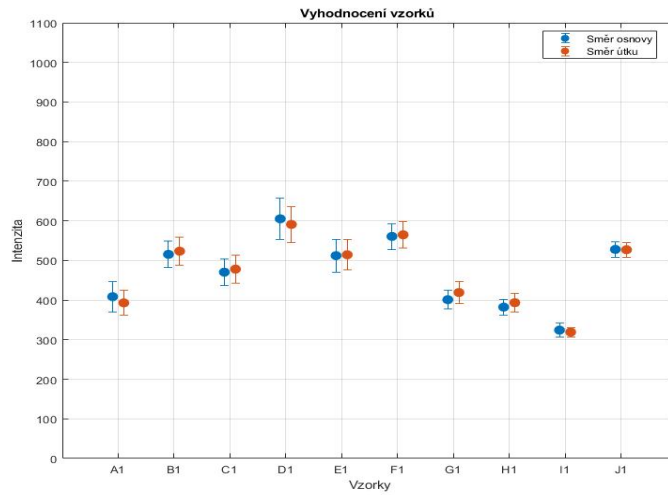


b)

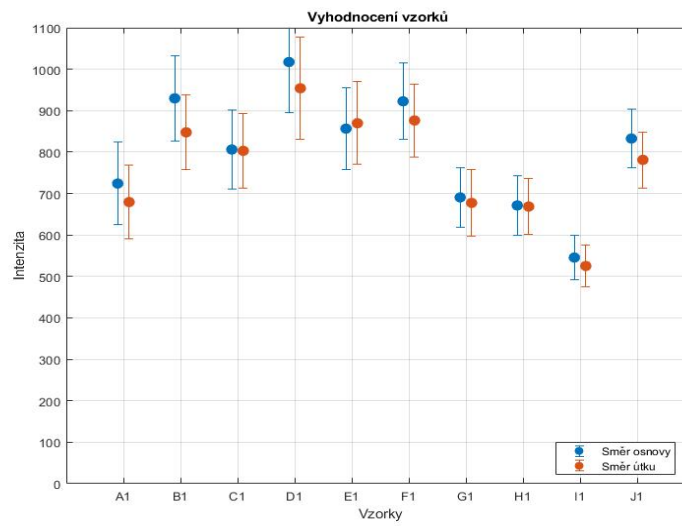


c)

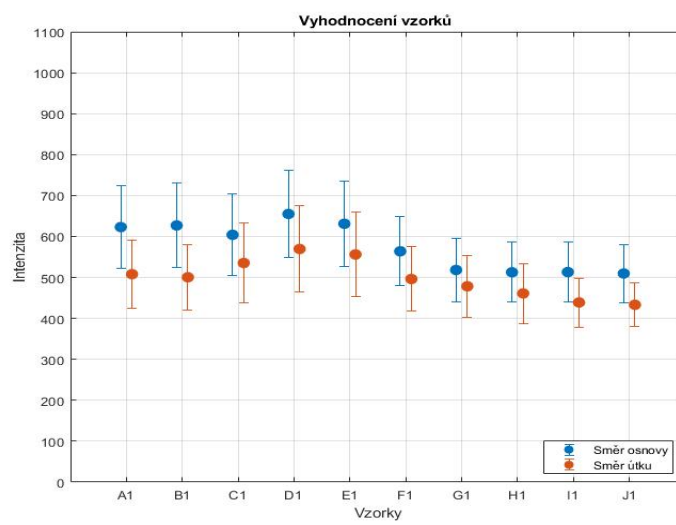
Obrázek 37: Výběr geometrie pro etalony a) 20°, b) 60°, c) 85°.



a)

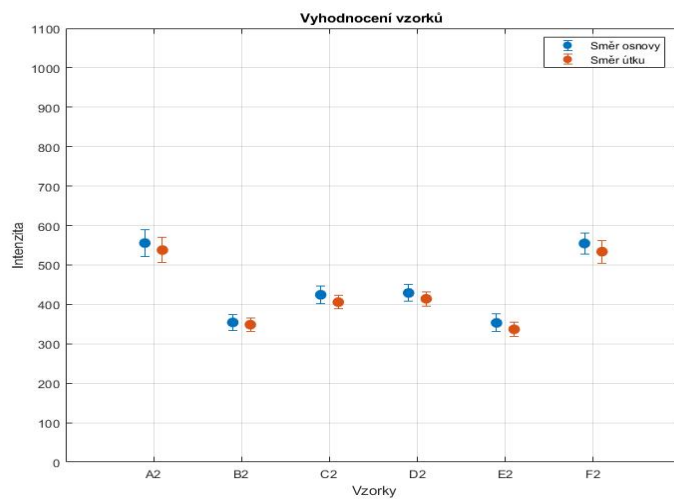


b)

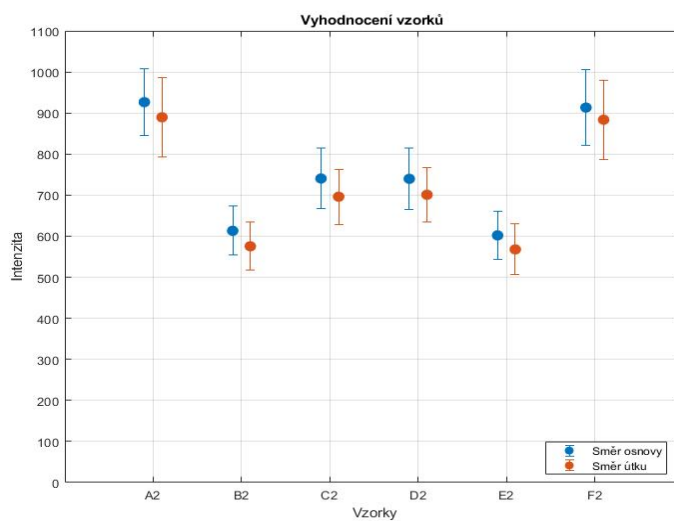


c)

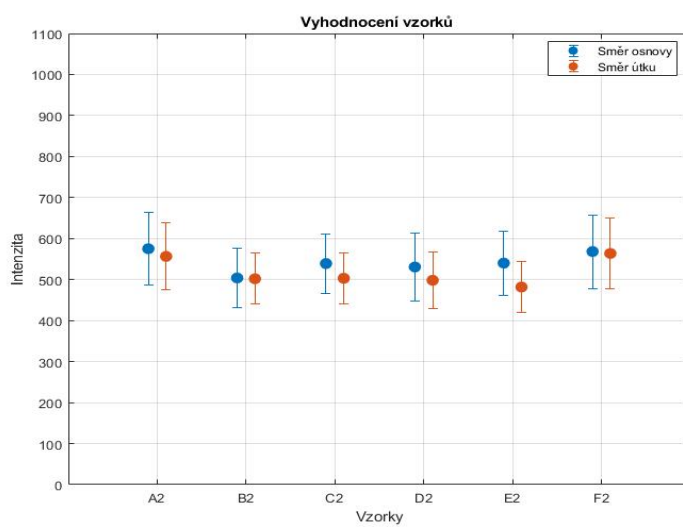
Obrázek 38: Výběr geometrie pro sadu 1 a) 20°, b) 60°, c) 85°.



a)

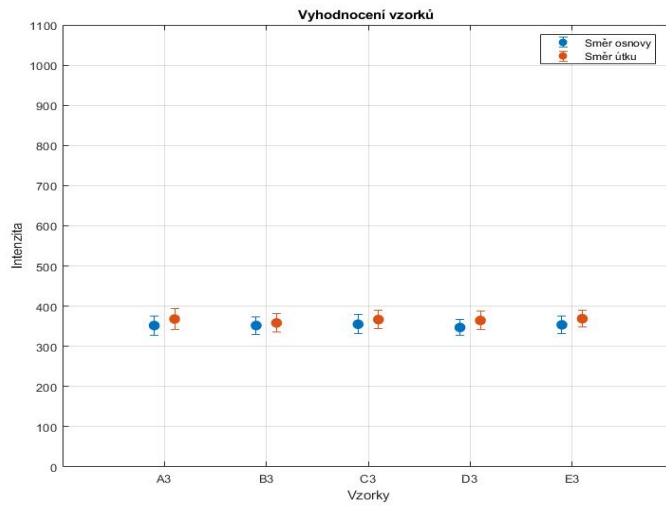


b)

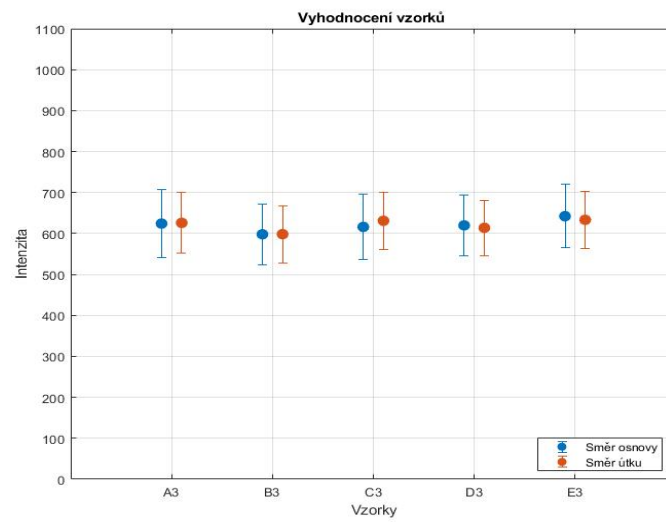


c)

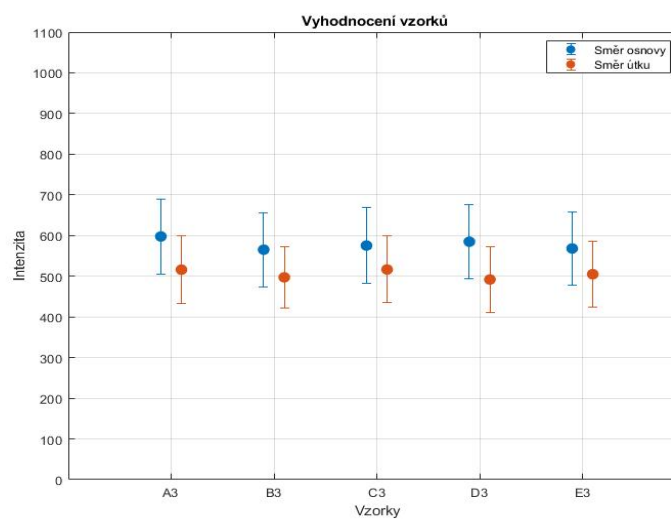
Obrázek 39: Výběr geometrie pro sadu 2 a) 20°, b) 60°, c) 85°.



a)



b)



c)

Obrázek 40: Výběr geometrie pro sadu 3 a) 20°, b) 60°, c) 85°.

Hodnoty odraženého světla jsou u geometrie 20° nižší v porovnání s hodnotami získanými při geometrii 60° a 85°. Stejně výsledky jsou získány i po měření leskoměrem, kde při geometrii 20° jsou hodnoty lesku nižší v porovnání s hodnotami získanými pro geometrii 60° a 85°. U geometrie 60° a 85° se hodnoty liší pouze minimálně. U geometrie 85° je největší rozdíl mezi intenzitou odraženého světla hodnoceného ve směru osnova a útku. U této geometrie je také nejnižší rozlišovací schopnost vzorků. Výsledky intenzity odraženého světla se u jednotlivých vzorků liší minimálně. Při geometrii 20° a 60° jsou rozdíly intenzity odraženého světla mezi jednotlivými vzorky sady výraznější než u geometrie 85°.

Pro porovnání výsledků intenzity odraženého světla naměřených ve směru osnova a útku je provedena korelace. Výsledky korelace jsou uvedeny v tabulce 20. Vzorky sady 1 a 2 mají při hodnocení pod úhlem 60° vysokou korelaci. Vzorky sady 3 mají korelaci nižší než sada 1 a 2, ale také je u této sady prokázána vysoká závislost.

Tabulka 20: Korelace při různé geometrii – osnova/útek

Korelace (r_{yx}) při geometrii	Sada		
	1	2	3
20°	0,99	0,99	0,26
60°	0,98	0,99	0,82
85°	0,90	0,78	0,34

Pro další hodnocení intenzity odraženého světla v rámci diplomové práce je zvolena geometrie 60°, stejně jako u leskoměru. Tato geometrie se na výše uvedených obrázcích 37–40 prokázala jako nejvhodnější. Má ve všech sadách nejvyrovnanější výsledky a největší rozlišovací schopnost. U této geometrie je prokázána nejvyšší korelace mezi hodnotami naměřenými ve směru útku a ve směru osnova. Výsledky intenzity odraženého světla jsou u geometrie 20° nižší oproti ostatním dvěma geometriím, proto není použita pro hodnocení. Geometrie 85° není zvolena, jelikož se nejvíce odlišuje od ostatních dvou geometrií a jsou u ní největší rozdíly mezi hodnotami intenzity odraženého světla ve směru útku a osnova.

2.5.3 Použité osvětlení

V této části diplomové práce je provedeno snímání pomocí dvou dalších osvětlení. Pro ověření vlivu osvětlení na výslednou intenzitu lesku jsou vybrána osvětlení s teplotou chromatičnosti 6500K a 9900K. Všechny hodnocené vzorky a etalony (popsané v kapitole 2.2 a 2.1) jsou nasnímány pod geometrií 60° pomocí RGB LED světla s možností nastavení teploty chromatičnosti v rozmezí 2500K–9900K. Světlo je s možností nastavení intenzity světla v rozmezí 1–100%. Pro první snímání je nastavena teplota osvětlení 6500 K a intenzita 1 % tato teplota imituje denní světlo. Výsledky získané pod tímto osvětlením by měly nejvíce odpovídat vnímání oka pod denním světlem. Pro pořízení snímků je použit fotoaparát Canon EOS 6D s ohniskovou vzdáleností 50 mm, ostatní parametry jsou uvedené v tabulce 21. Snímky jsou pořízeny ve formátu RAW o velikosti 5472 × 3648 px.

Tabulka 21: Parametry fotoaparátu pro RGB LED

Geometrie	Citlivost ISO	Clonové číslo	Čas expozice
60°	ISO – 100	F/14	1/6 s

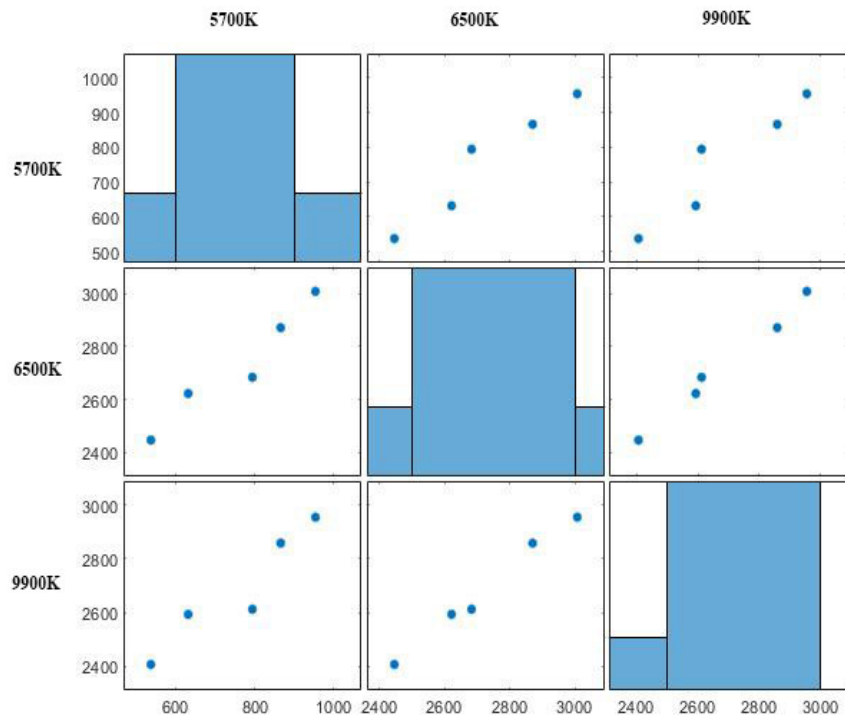
Pro druhé snímání je nastavena teplota osvětlení 9900K a intenzita 50 %. Fotoaparát má pro pořízení snímků nastavené stejné parametry jako při osvětlení 6500K. Výsledky snímání pod různým osvětlením pro etalony a všechny sady jsou popsány a vyhodnoceny v kapitole 2.5.4, 2.5.5, 2.5.6 a 2.5.7.

2.5.4 Výsledky obrazové analýzy stupnice lesku

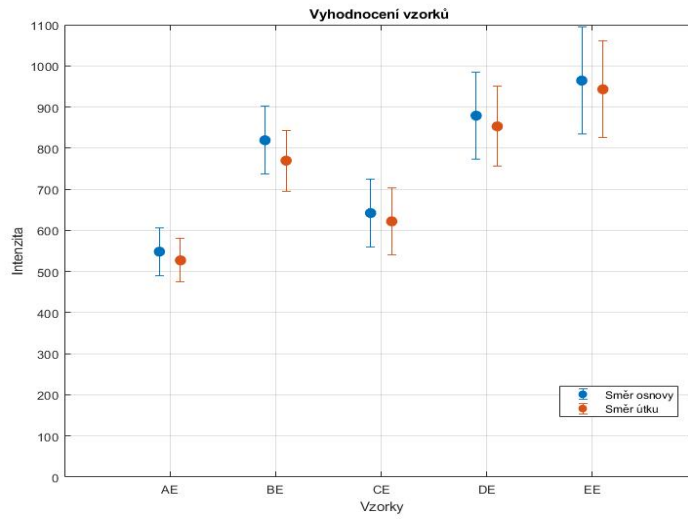
Pro vyhodnocení třech použitých osvětlení jsou výsledky zpracovány do grafů. Na obrázku 42 je zobrazeno porovnání měření intenzity odraženého světla pro pětiškálovou stupnici lesku. Na obrázku 42 a) je měření pod osvětlením 5700K, b) měření pod osvětlením 6500K a na obrázku 42 c) je zobrazeno měření pod osvětlením 9900K. Pro porovnání je provedena korelace mezi jednotlivými osvětleními. Výsledky korelace mezi jednotlivými osvětleními je zobrazeno v tabulce 22 a na obrázku 41.

Tabulka 22: Korelace osvětlení – stupnice lesku

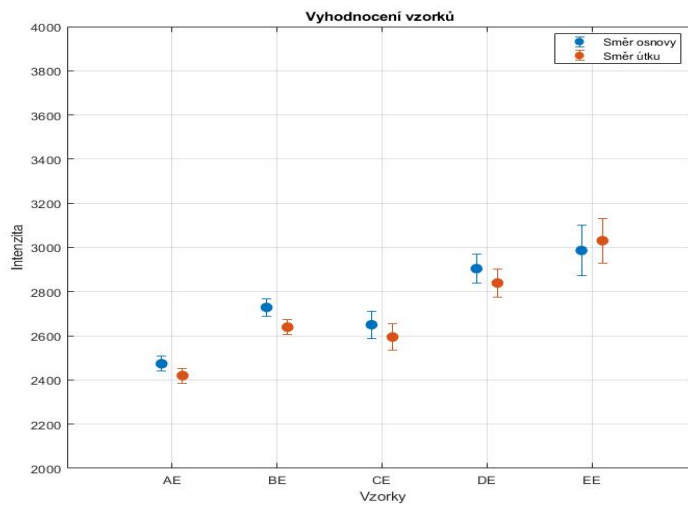
Osvětlení	5700K	6500K	9900K
5700K	1,00	0,97	0,95
6500K	0,97	1,00	0,99
9900K	0,95	0,99	1,00



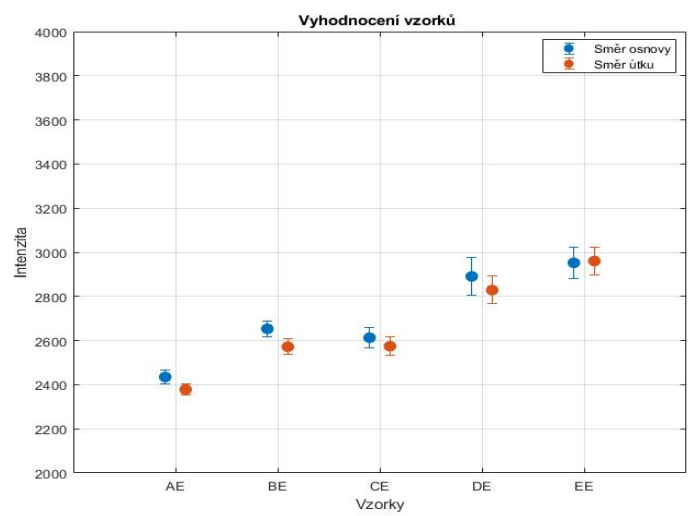
Obrázek 41: Korelace osvětlení u stupnice lesku



a)



b)



c)

Obrázek 42: Porovnání osvětlení pro etalony: a) 5700K b) 6500K, c) 9900K.

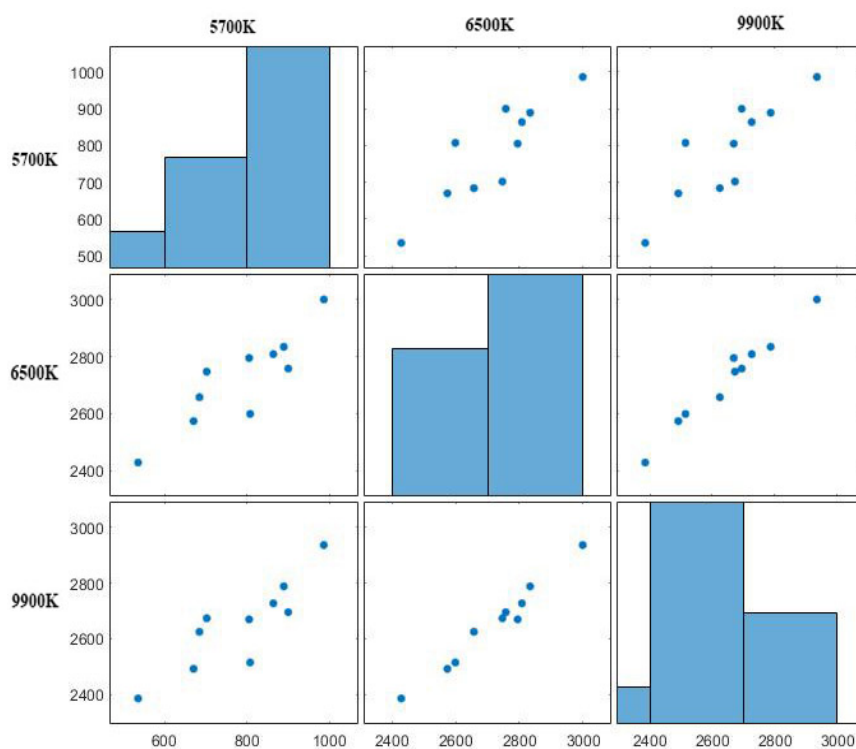
Mezi naměřenými hodnotami intenzity na vzorcích se nenacházejí žádné značně se lišící měření, tedy odchylky od typicky se vyskytujících hodnot intenzity. Dle výsledků jsou mezi hodnocenými osvětleními potvrzené vysoké korelace. Nejvyšší korelace je mezi osvětlením 6500K a 9500K. Pro porovnání metod na hodnocení lesku je vybráno osvětlení s teplotou chromatičnosti 6500K, které imituje denní světlo.

2.5.5 Výsledky obrazové analýzy sady 1

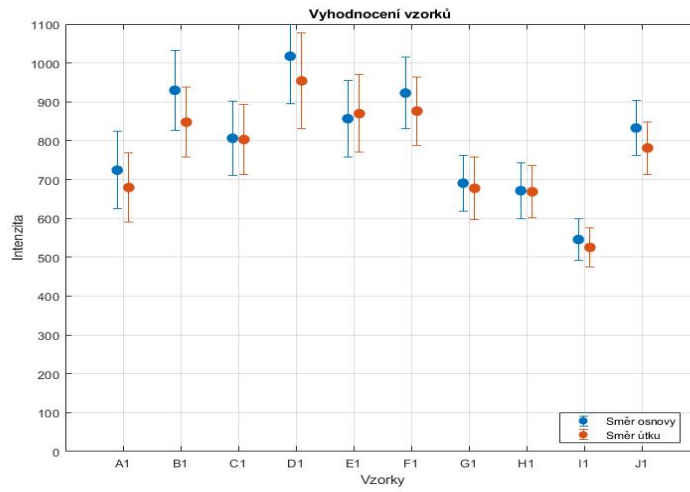
Vyhodnocení třech použitých osvětlení pro sadu 2 je zobrazeno na obrázku 44. Na obrázku 44 a) je měření pod osvětlením 5700K, b) měření pod osvětlením 6500K a na obrázku 44 c) je zobrazeno měření pod osvětlením 9900K. Výsledky korelace mezi jednotlivými osvětleními je zobrazeno v tabulce 23 a na obrázku 43.

Tabulka 23: Korelace osvětlení – sada 1

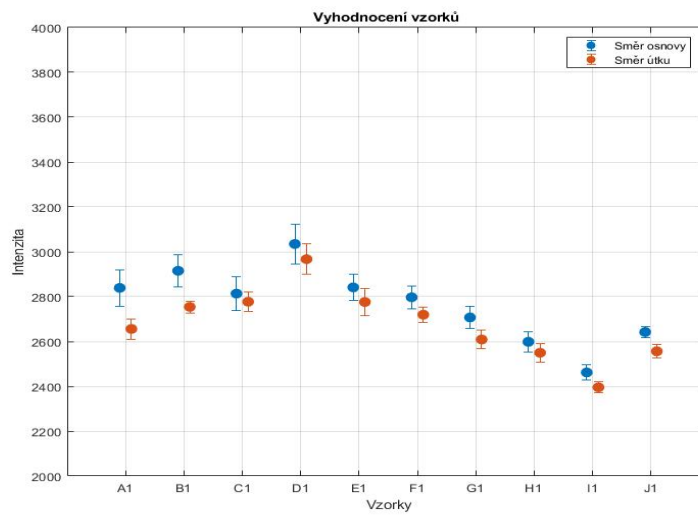
Osvětlení	5700K	6500K	9900K
5700K	1,00	0,88	0,86
6500K	0,88	1,00	0,99
9900K	0,86	0,99	1,00



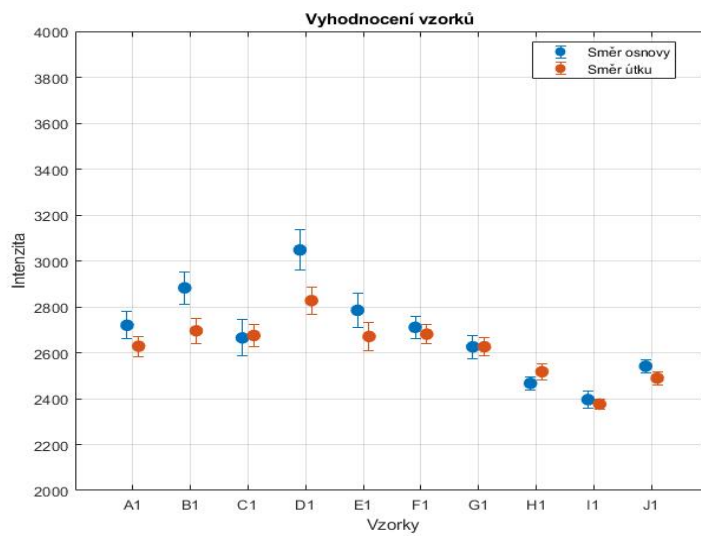
Obrázek 43: Korelace osvětlení u sady 1



a)



b)



c)

Obrázek 44: Porovnání osvětlení pro sadu 1: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.

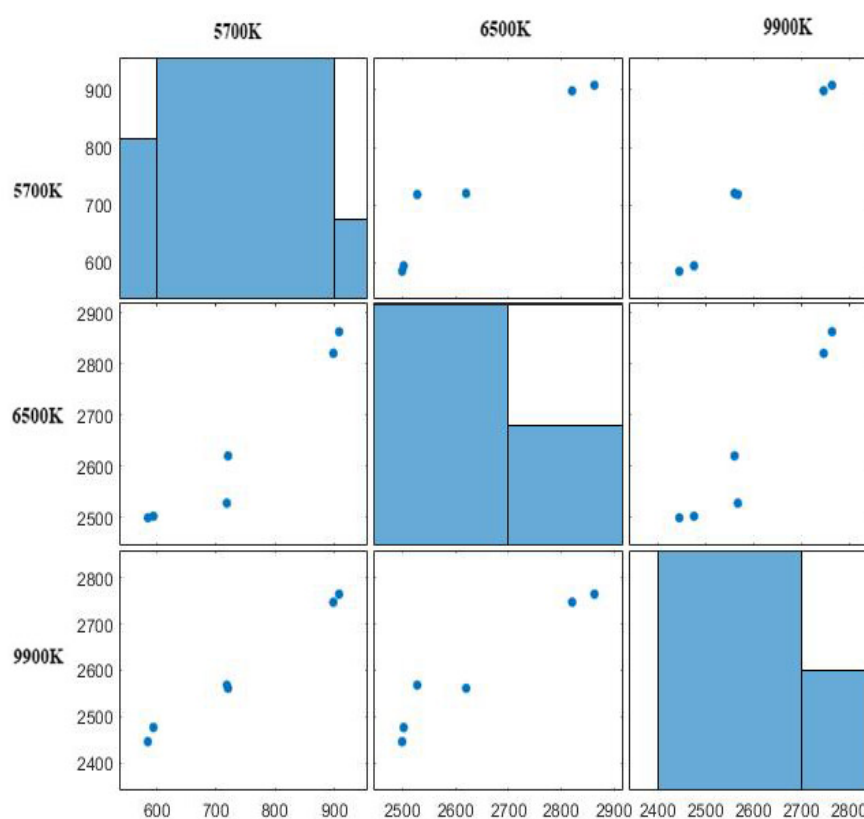
Nejvyšší korelace je mezi osvětlením 6500K a 9500K. Osvětlení 5700K se od ostatních nejvíce liší. Pro porovnání metod hodnocení lesku je zvoleno osvětlení s teplotou chromatičnosti 6500 K, které imituje denní světlo.

2.5.6 Výsledky obrazové analýzy sady 2

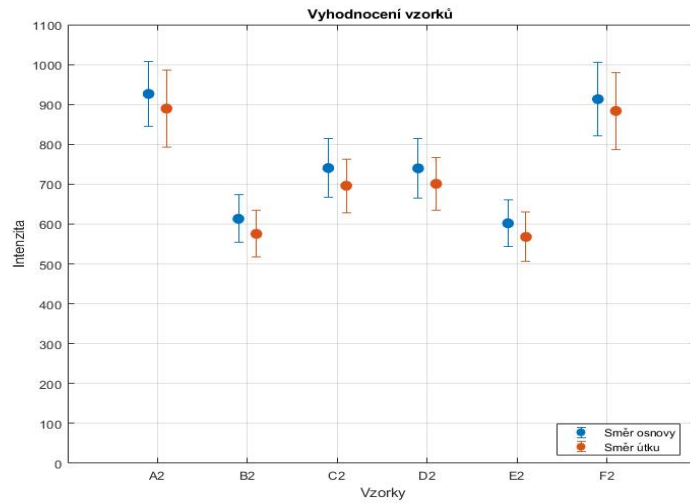
Vyhodnocení třech použitých osvětlení pro sadu 2 je zobrazeno na obrázku 46. Na obrázku 46 a) je měření pod osvětlením 5700K, b) měření pod osvětlením 6500K a na obrázku 46 c) je zobrazeno měření pod osvětlením 9900K. Výsledky korelace mezi jednotlivými osvětleními jsou zobrazeny v tabulce 24 a na obrázku 45.

Tabulka 24: Korelace osvětlení – sada 2

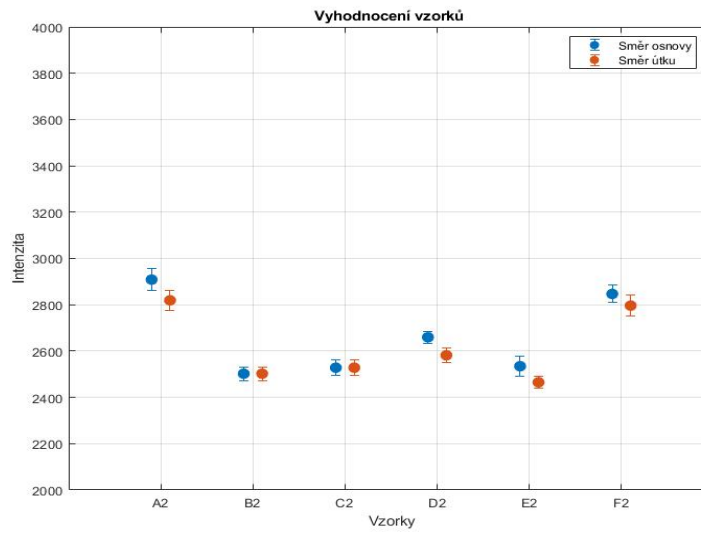
Osvětlení	5700K	6500K	9900K
5700K	1,00	0,96	0,99
6500K	0,96	1,00	0,97
9900K	0,99	0,97	1,00



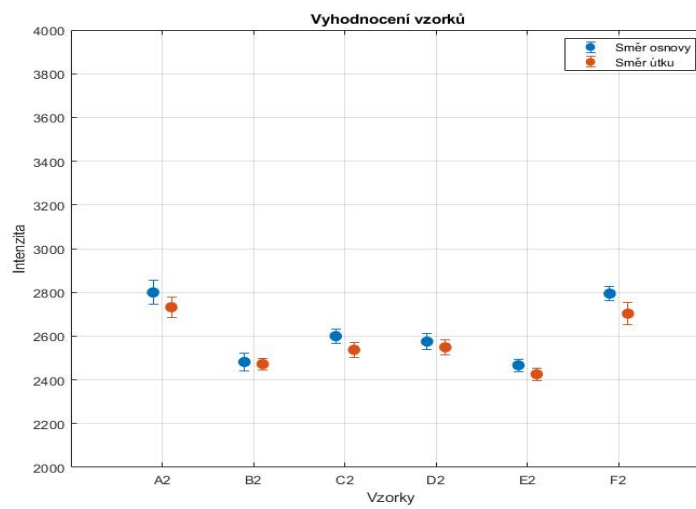
Obrázek 45: Korelace osvětlení u sady 2



a)



b)



c)

Obrázek 46: Porovnání osvětlení pro sadu 2: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.

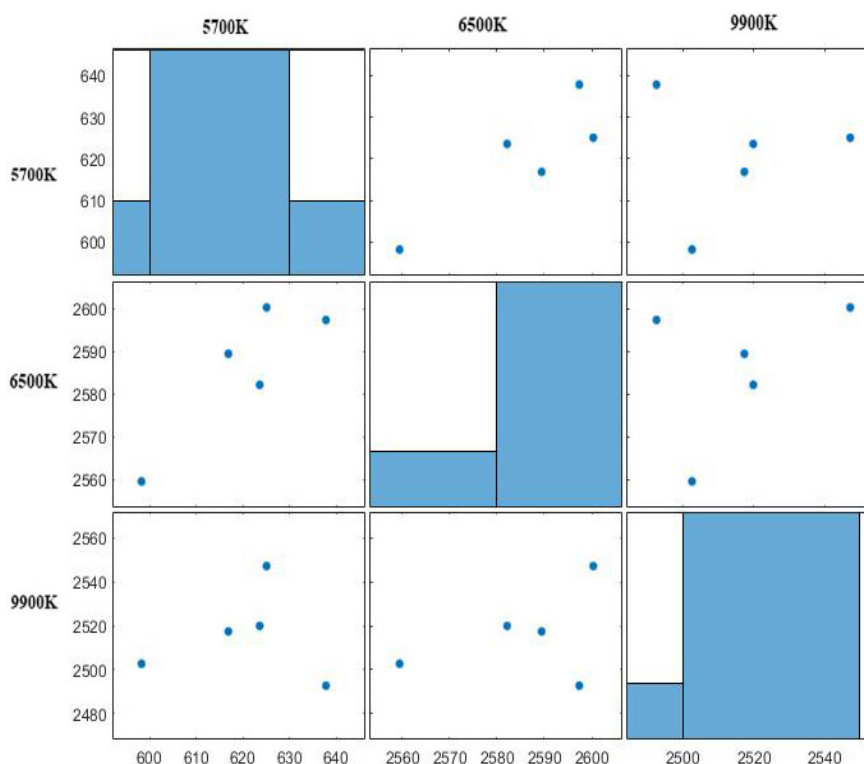
Mezi všemi osvětleními je potvrzena vysoká korelace. U osvětlení 6500K se dle grafu na obrázku 46 prokázal odlišný výsledek intenzity odraženého světla, a to u vzorku C2 oproti osvětlení 9900K a 5700K. Intenzita odraženého světla je u tohoto vzorku nižší než u ostatních dvou osvětlení. Rozdíl v hodnotě intenzity odraženého světla není vysoký, což se potvrdilo vysokou korelací. Pro porovnání metod na hodnocení lesku je vybráno osvětlení s teplotou chromatičnosti 6500 K

2.5.7 Výsledky obrazové analýzy sady 3

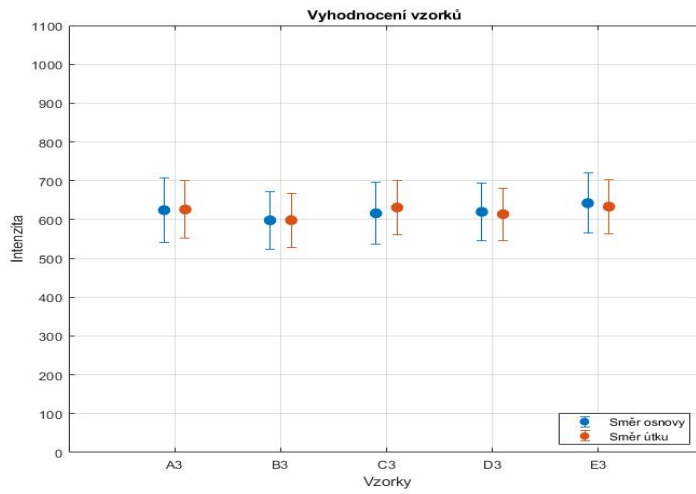
Vyhodnocení třech použitých osvětlení pro sadu 3 je zobrazeno na obrázku 48. Na obrázku 48 a) lze vidět měření pod osvětlením 5700K, b) měření pod osvětlením 6500K a na obrázku 48 c) je zobrazeno měření pod osvětlením 9900K. Výsledky korelace mezi jednotlivými osvětleními je vyobrazeno v tabulce 25 a na obrázku 47.

Tabulka 25: Korelace osvětlení – sada 3

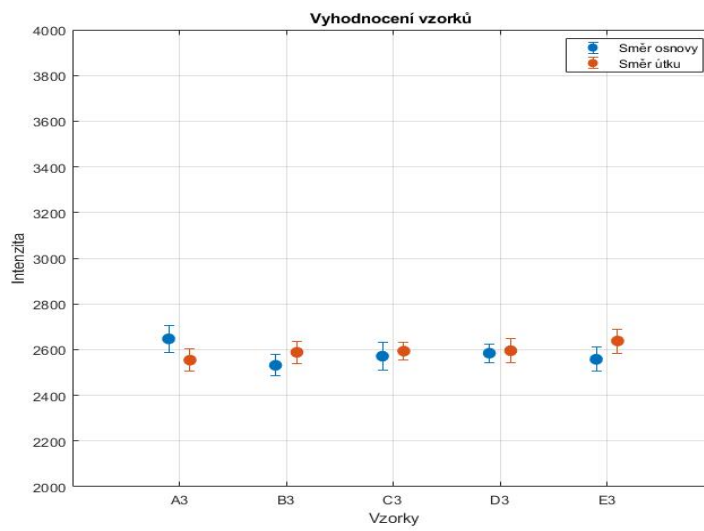
Osvětlení	5700K	6500K	9900K
5700K	1,00	0,88	0,36
6500K	0,88	1,00	0,39
9900K	0,36	0,39	1,00



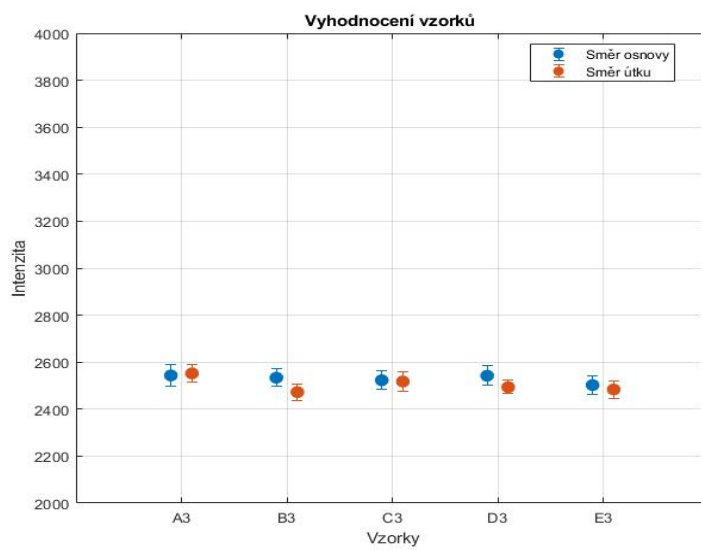
Obrázek 47: Korelace osvětlení u sady 3



a)



b)



c)

Obrázek 48: Porovnání osvětlení pro sadu 3: a) 5700K, b) 6500K, c) 9900K.
68

U sady 3 je korelace mezi jednotlivými osvětleními nejnižší v porovnání se sadou 1 a 2. Vyšší korelace je mezi osvětlením 6500K a 5700K. Nižší korelace může být ovlivněna nízkým počtem vzorků. Pro porovnání metod je zvoleno osvětlení 6500K.

2.6 Porovnání metod hodnocení lesku

Poslední částí diplomové práce je porovnání výsledků metod hodnocení lesku. Jsou porovnány tři využitě metody:

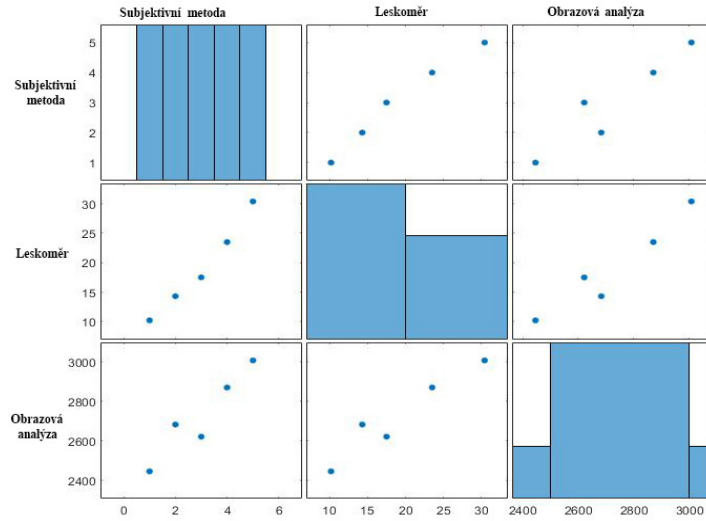
- hodnocení pomocí leskoměru při geometrii 60°,
- subjektivní hodnocení,
- hodnocení pomocí obrazové analýzy při osvětlení 6500K a geometrii 60°.

Jako první jsou vyhodnocené etalony pětiškálové stupnice lesku. Pro tříškálovou stupnici (popsaná v kapitole 2.2) jsou použity stejné etalony, proto tato stupnice není vyhodnocena samostatně. Sady vzorků jsou následně zhodnoceny samostatně. Pro každou sadu je provedena korelace mezi jednotlivými metodami hodnocení. Výsledky korelace pro pětiškálovou stupnici lesku jsou uvedeny v tabulce 26 a na obrázku 49. Na obrázku 50 je zobrazeno porovnání metod pro hodnocení pětiškálové stupnice lesku. Pro etalony je porovnáno pouze hodnocení pomocí leskoměru (obrázek 50 a) a hodnocení pomocí obrazové analýzy (obrázek 50 b). Postupně je hodnocena korelace mezi:

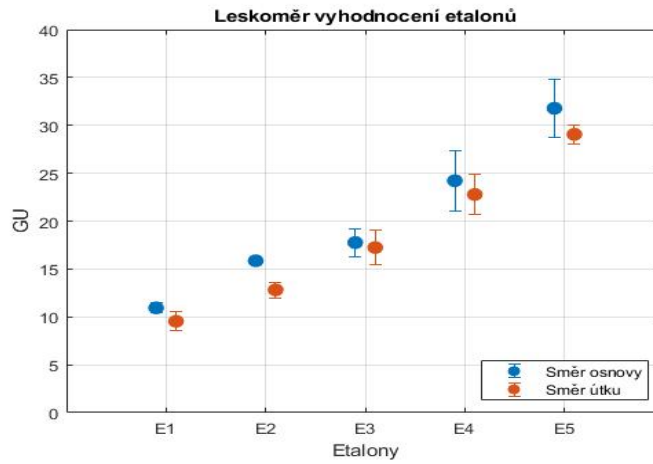
- leskoměr/subjektivní hodnocení,
- leskoměr/obrazová analýza,
- subjektivní hodnocení/obrazová analýza.

Tabulka 26: Korelační matice – stupnice lesku

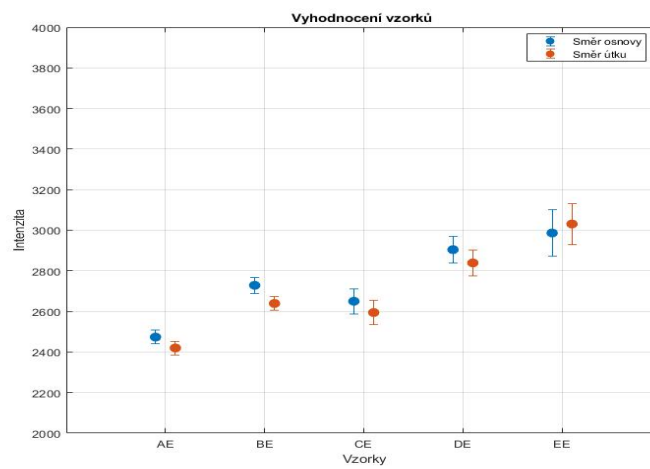
Metoda	Subjektivní	Leskoměr	Obrazová analýza
Subjektivní	1,00	0,99	0,95
Leskoměr	0,99	1,00	0,96
Obrazová analýza	0,95	0,96	1,00



Obrázek 49: Korelace metod u stupnice lesku



a)



b)

Obrázek 50: Porovnání metod u etalonů: a) leskoměr; b) OA.

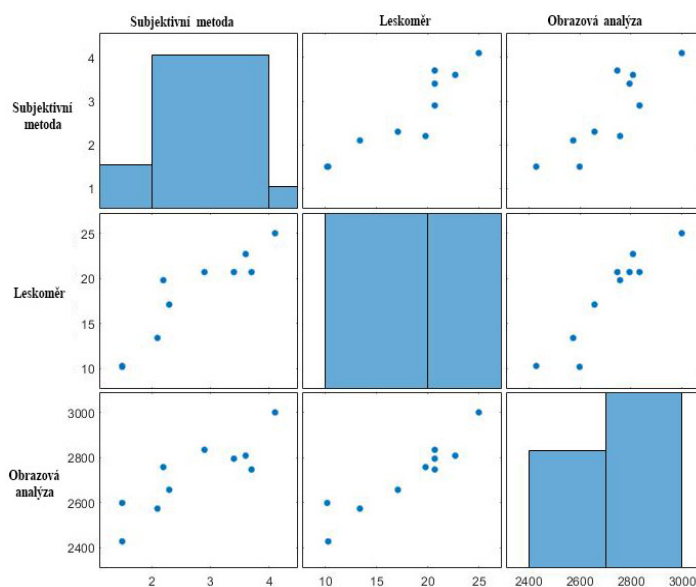
Korelace mezi hodnocenými metodami je vysoká. Mezi etalony je jeden vybočující etalon E2 matný, který má světle šedou barvu, jako jediný má mikrodezen a je více strukturovaný. Etalon se pomocí obrazové analýzy prokázal jako více lesklý než etalon E3 – lesklý. Výsledná hodnota intenzity je u E2 ovlivněná strukturou povrchu, která je více plastická. Strukturované povrchy odrážejí světlo odlišně než hladké. U hladkých povrchů je odraz rovnoměrný, u strukturovaných povrchů je odraz nerovnoměrný (difúzní).

2.6.1 Porovnání výsledků použitých metod sady 1

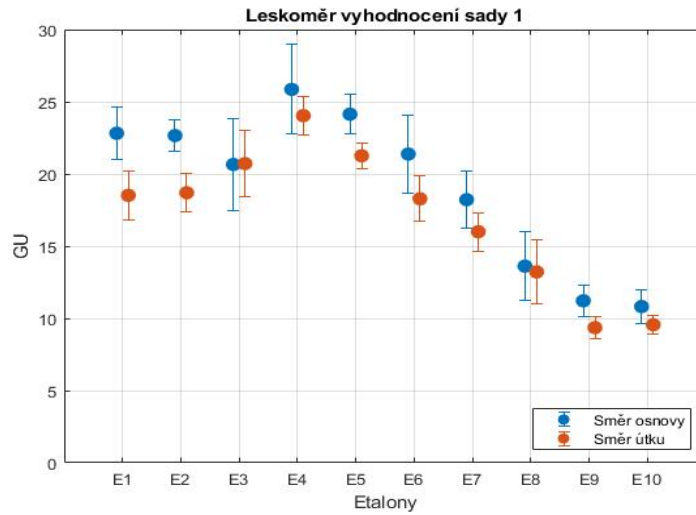
Pro všechny sady je provedeno porovnání mezi všemi hodnoceními metodami. Sada 1 se skládá z deseti vzorků a je popsána v kapitole 2.2.1. Výsledky korelace pro sadu 1 jsou uvedeny v tabulce 27 a na obrázku 51. Na obrázku 52 je zobrazeno grafické porovnání metod pro hodnocení lesku sady 1. Na obrázku 52 a) je hodnocení pomocí leskoměru, b) subjektivní hodnocení a na obrázku c) je zobrazeno hodnocení pomocí obrazové analýzy.

Tabulka 27: Korelační matice sady 1

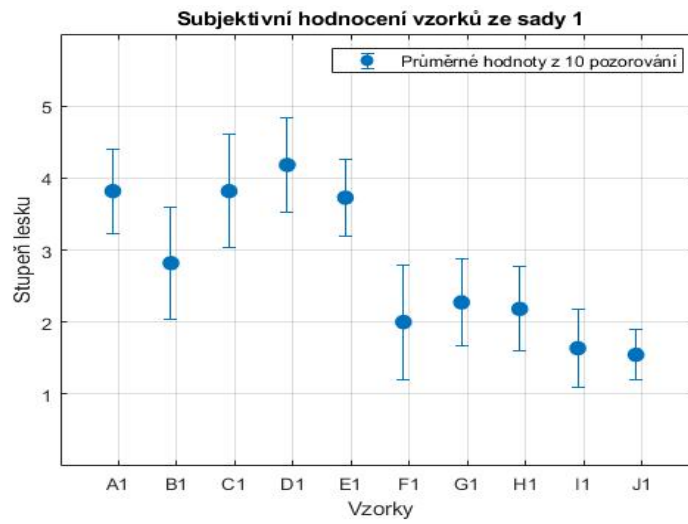
Metoda	Subjektivní	Leskoměr	Obrazová analýza
Subjektivní	1,00	0,92	0,86
Leskoměr	0,92	1,00	0,93
Obrazová analýza	0,86	0,93	1,00



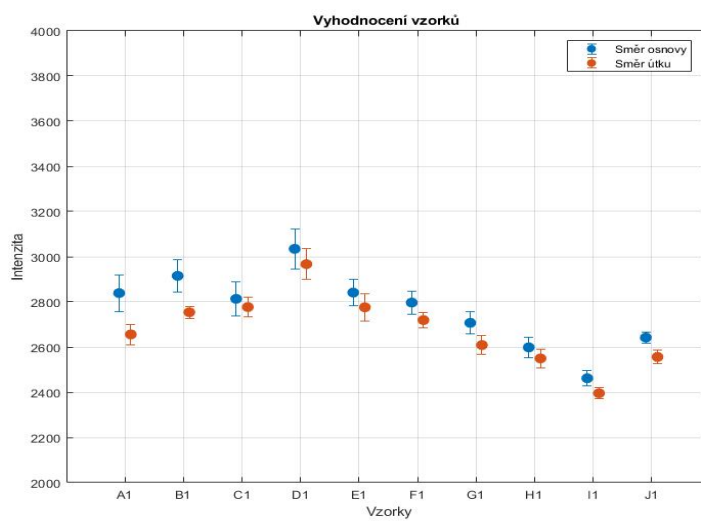
Obrázek 51: Korelace metod u sady 1



a)



b)



c)

Obrázek 52: Porovnání metod u sady 1: a) leskoměr; b) subjektivní; c) OA.

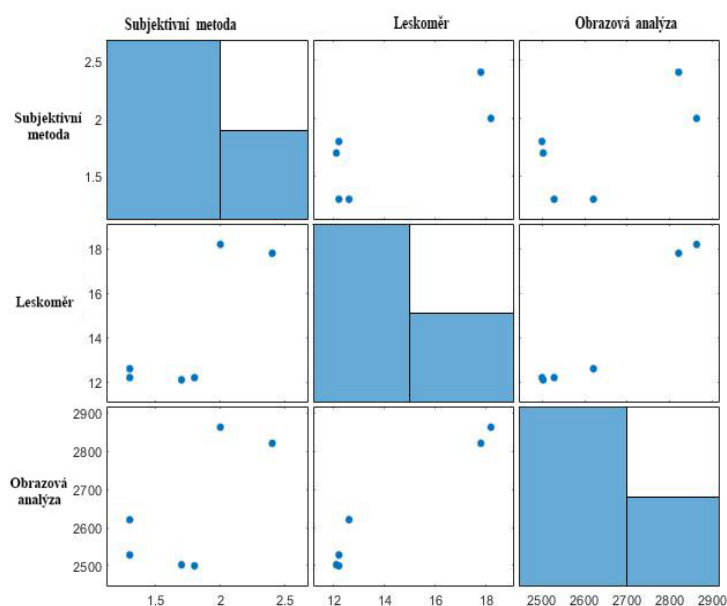
Nejvyšší korelace je mezi objektivním hodnocením a obrazovou analýzou. Nejnižší korelace je mezi subjektivním hodnocením a obrazovou analýzou. U hodnocení pomocí obrazové analýzy je oproti měření leskoměrem vybočující vzorek J1 – světle růžový. Tento vzorek má jako jediný odlišnou úpravu. Jeho povrch není stejně zploštěný jako u ostatních vzorků sady. Vysoká intenzita odraženého světla je u vzorku J1 ovlivněná také barvou a vysokou svítivostí, která je změřena na přístroji DATACOLOR a dosahuje hodnoty 91,75. Výsledná hodnota intenzity je u J1 ovlivněná strukturou povrchu, která je více plastická (stejně jako etalon E2). Při subjektivním hodnocení lesku se výsledky liší nejvíce oproti ostatním metodám. U tohoto hodnocení jsou vybočující vzorky B1 a F1, které se subjektivně jeví jako méně lesklé.

2.6.2 Porovnání výsledků použitých metod sady 2

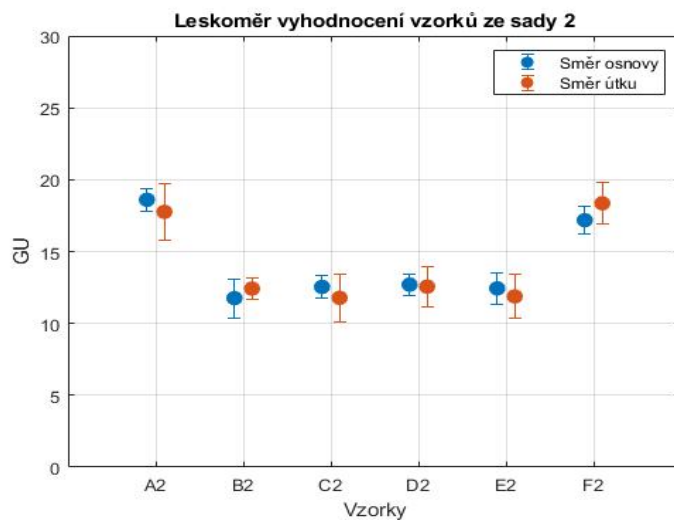
Sada 2 se skládá ze 6 vzorků a je popsána v kapitole 2.2.2. Výsledky korelace jsou uvedeny v tabulce 28 a na obrázku 53 je zobrazen graf korelace pro sadu 2. Na obrázku 54 lze vidět grafické porovnání metod pro hodnocení lesku.

Tabulka 28: Korelační matice sady 2

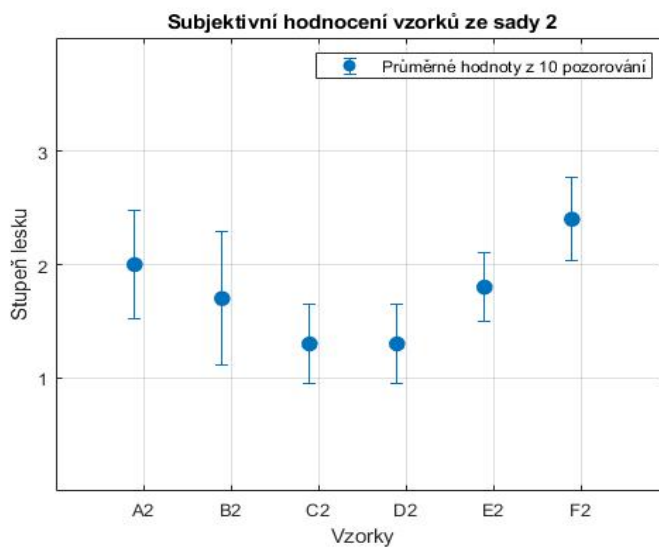
Metoda	Subjektivní	Leskoměr	Obrazová analýza
Subjektivní	1,00	0,79	0,67
Leskoměr	0,79	1,00	0,98
Obrazová analýza	0,67	0,98	1,00



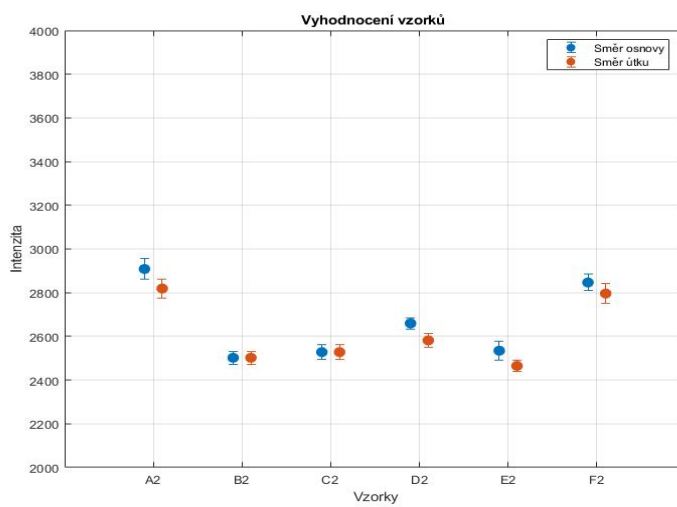
Obrázek 53: Korelace metod u sady 2



a)



b)



c)

Obrázek 54: Porovnání metod u sady 2: a) leskoměr, b) subjektivní, c) OA.

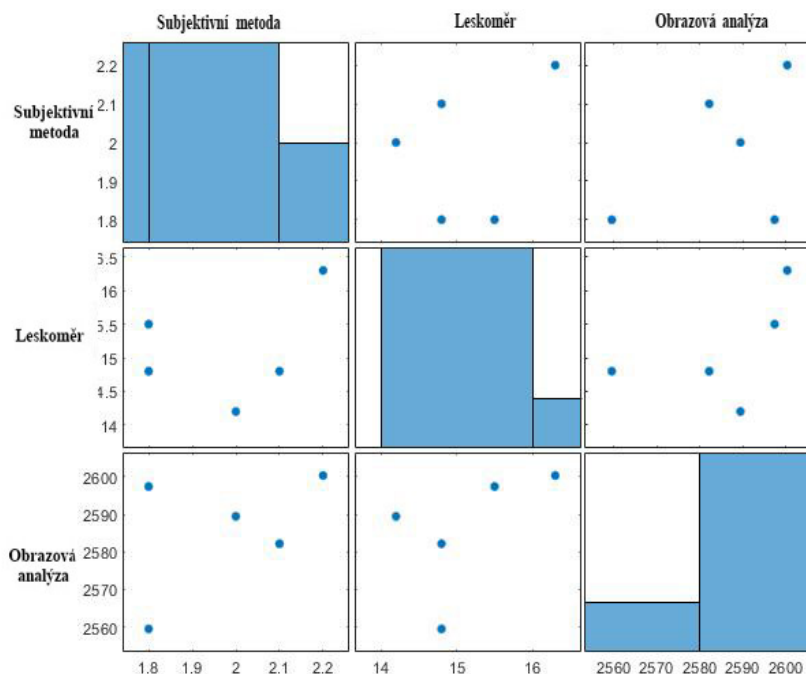
Korelace je u sady 2 nejvyšší mezi měřením leskoměrem a hodnocením pomocí obrazové analýzy. Subjektivní hodnocení je nejvíce odlišné oproti dvěma ostatním hodnocením. V subjektivním hodnocení jsou vzorky B2 a E2 hodnoceny jako více lesklé než vzorky C2 a D2. U měření leskoměrem a hodnocení pomocí obrazové analýzy jsou tyto vzorky stejně lesklé.

2.6.3 Porovnání výsledků použitých metod sady 3

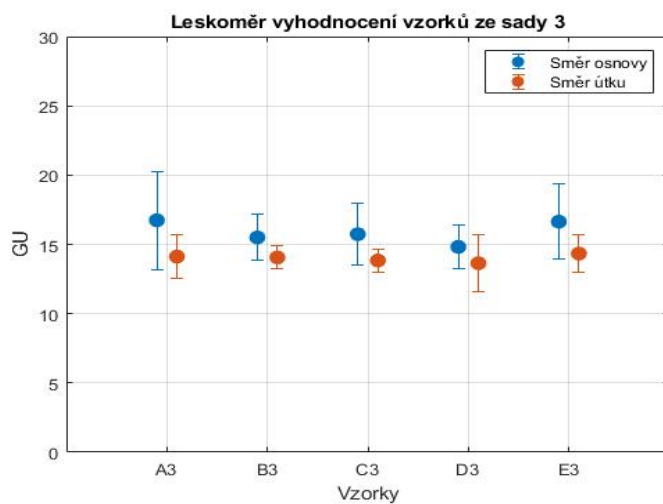
Sada 3 se skládá z pěti vzorků a je popsána v kapitole 2.2.3. Výsledky korelace jsou uvedeny v tabulce 29 a na obrázku 55 je zobrazen graf korelace pro sadu 3. Na obrázku 56 je zobrazeno grafické porovnání metod pro hodnocení lesku sady 3. Na obrázku 56 a) je hodnocení pomocí leskoměru, b) subjektivní hodnocení a na obrázku c) je zobrazeno hodnocení pomocí obrazové analýzy.

Tabulka 29: Korelační matice sady 3

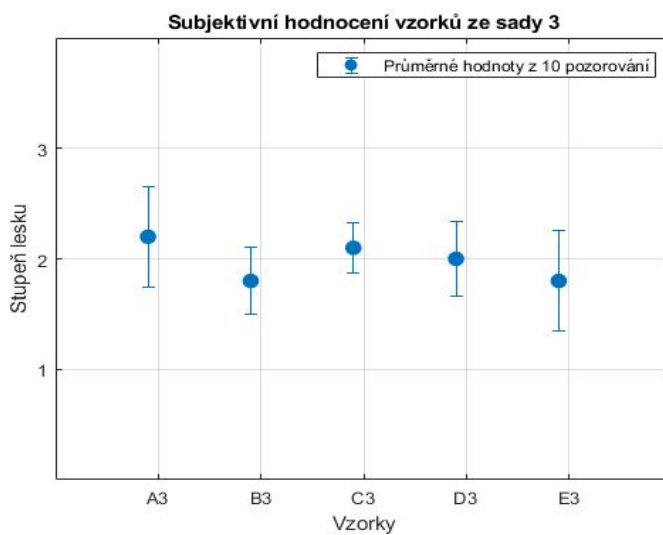
Metoda	Subjektivní	Leskoměr	Obrazová analýza
Subjektivní	1,00	0,33	0,47
Leskoměr	0,33	1,00	0,53
Obrazová analýza	0,47	0,53	1,00



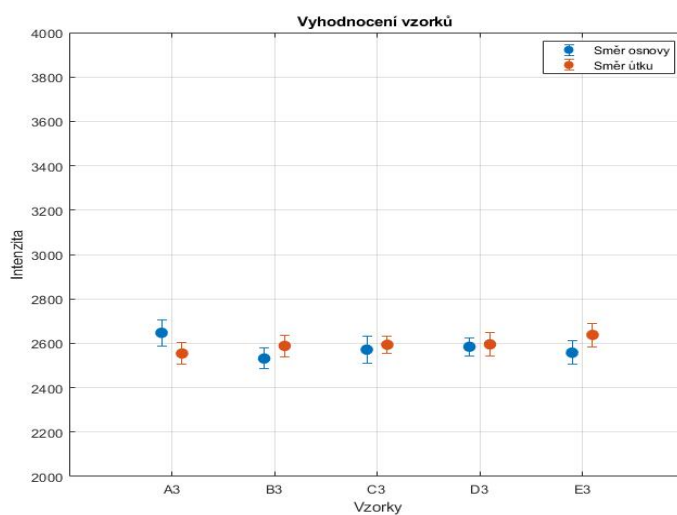
Obrázek 55: Korelace metod u sady 3



a)



b)



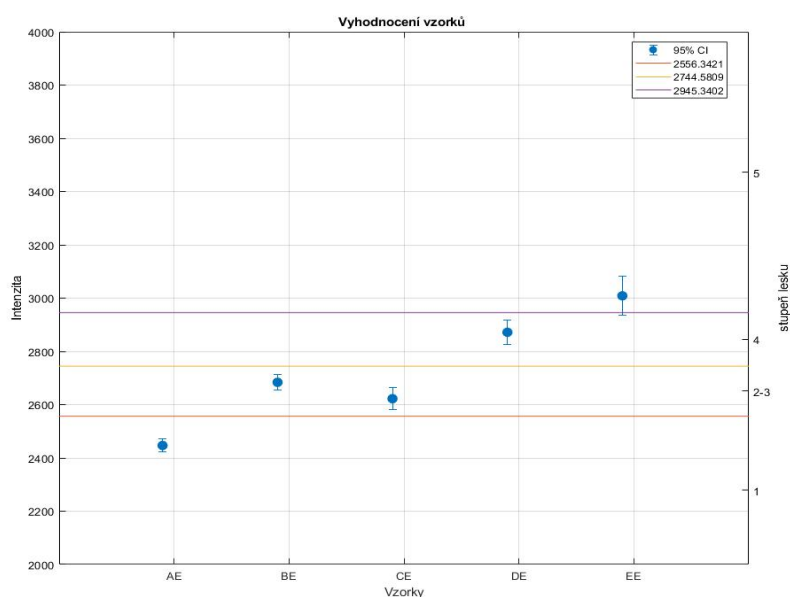
c)

Obrázek 56: Porovnání metod u sady 3: a) leskoměr, b) subjektivní, c) OA.

U sady 3 je korelace mezi jednotlivými hodnoceními nejnižší v porovnání se sadou 1 a 2. Dle grafického hodnocení na obrázku 56 nejsou viditelné žádné výrazně vybočující měření. Nízká korelace může být ovlivněna malým počtem vzorků.

Stupnice lesku, sada 1 a 2 prokazují vysokou korelaci mezi metodami hodnocení lesku. Nižší hodnoty r_{yx} jsou ovlivněny vzorky s rozdílnou strukturou, které jsou vybočující také v grafickém hodnocení. Subjektivní hodnocení se sice shoduje s hodnocením pomocí leskoměru, ale s obrazovou analýzou dosahuje nejnižší korelace. Obrazová analýza se nejvíce shoduje s leskoměrem, liší se pouze u světlých vzorků. Na základě výsledků uvedených v kapitolách 2.6, 2.6.1 je zjištěno, že hodnocení pomocí obrazové analýzy je ovlivněno strukturou povrchu.

Pro etalony jsou vypočteny prahové hodnoty z naměřených dat při osvětlení 6500K a geometrii 60°. Graf s prahovými hodnotami pro pětiškálovou stupnici lesku je znázorněn na obrázku 57, výsledky jsou v tabulce 30.



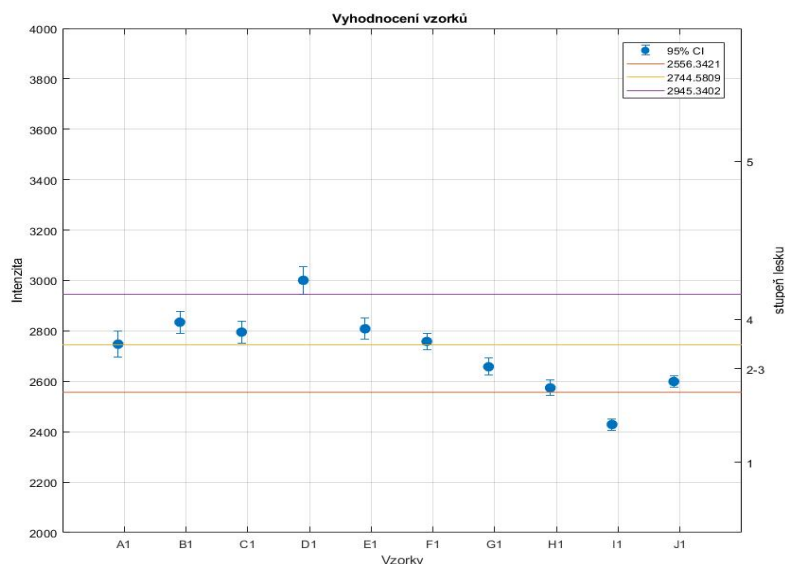
Obrázek 57: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici lesku

Tabulka 30: Prahové hodnoty pro pětiškálovou stupnici

Práh	1	2	3
Prahové hodnoty	2556,34	2744,58	2945,34

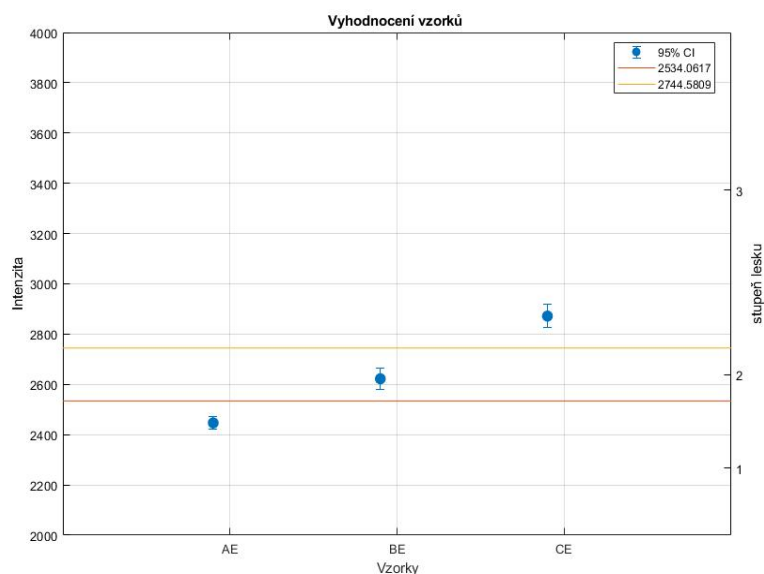
Pro pětiškálovou stupnici jsou vypočteny pouze tři prahové hodnoty. Prahové hodnoty pro etalon 2 a 3 jsou sloučeny. Toto sloučení je provedeno kvůli malým rozdílům mezi získanými hodnotami intenzity odraženého světla těchto dvou etalonů.

Hodnoty naměřené ve směru osnovy u etalonu 2 se shodují s hodnotami naměřenými ve směru útku u etalonu 3. Intervaly spolehlivosti těchto dvou vzorků se překrývají. Pro hodnocení lesku vzorků nejsou vhodné etalony s malým rozdílem v intenzitě odraženého světla. Prahové hodnoty pětiškálové stupnice jsou použity pro hodnocení sady 1. Prahové hodnoty pro sadu 1 jsou zobrazeny na obrázku 58.



Obrázek 58: Prahové hodnoty pro sadu 1

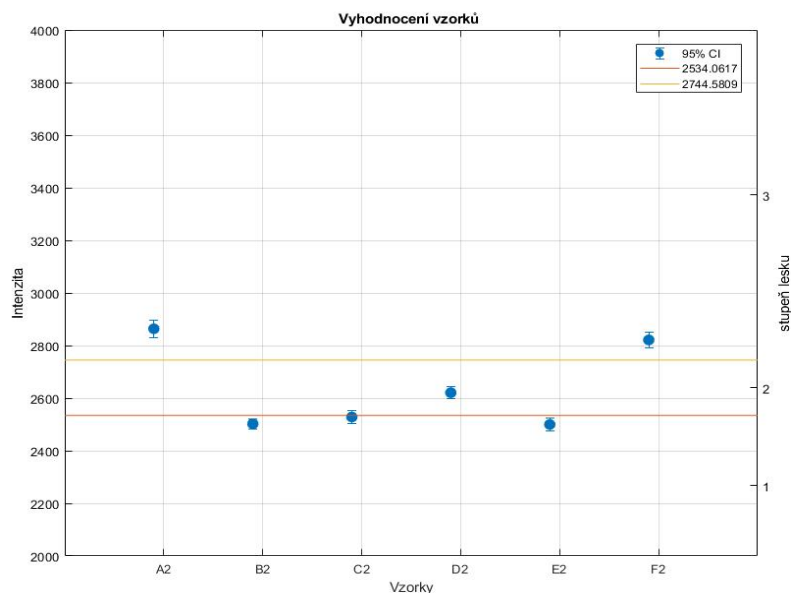
Pro tříškálovou stupnici lesku jsou prahové hodnoty zobrazeny na obrázku 59 a v tabulce 31. Prahové hodnoty jsou použité pro hodnocení sady 2 zobrazené na obrázku 60 a sady 3 zobrazené na obrázku 61.



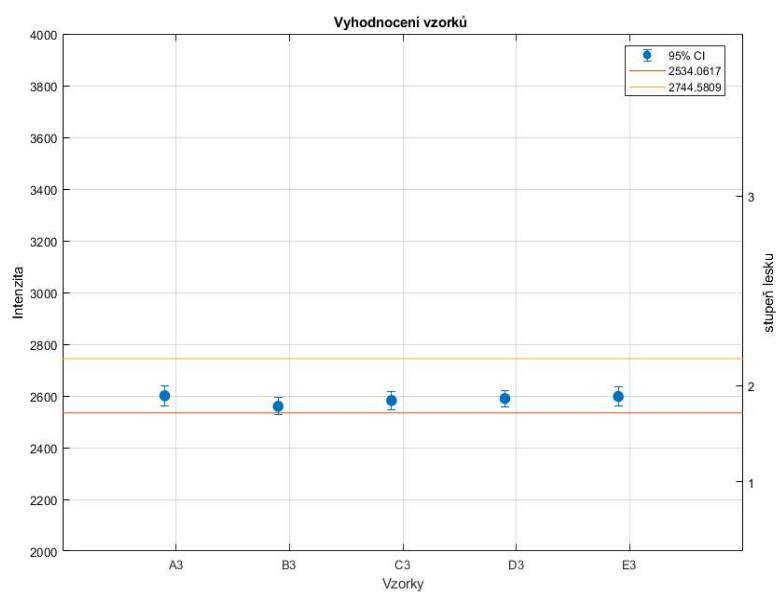
Obrázek 59: Prahové hodnoty pro tříškálovou stupnici

Tabulka 31: Prahové hodnoty pro tříškový stupnici

Práh	1	2
Prahové hodnoty	2534,06	2744,58



Obrázek 60: Prahové hodnoty pro sadu 2

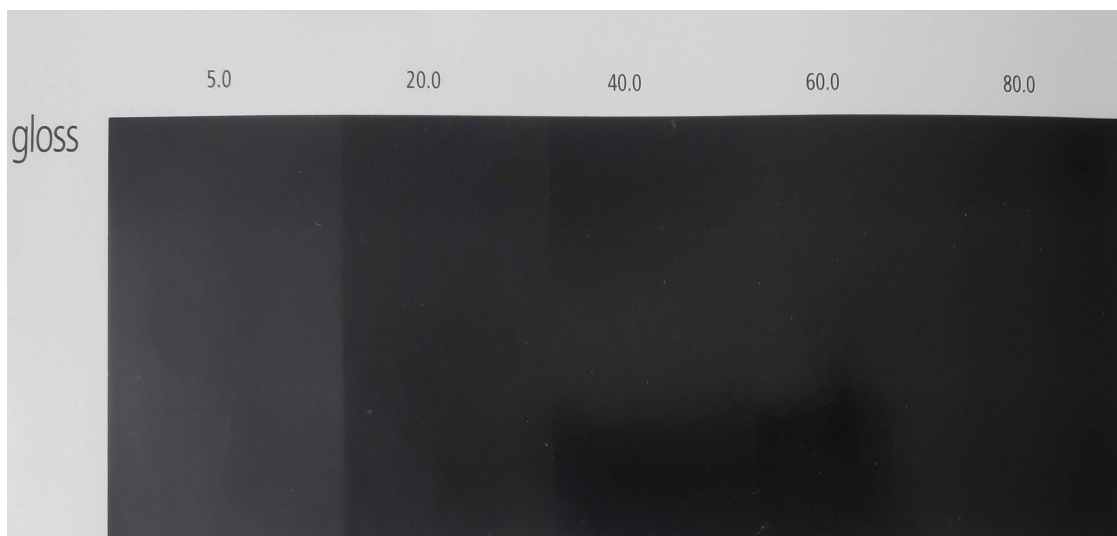


Obrázek 61: Prahové hodnoty pro sadu 3

2.6.4 Aplikace metody na kalibrovanou stupnici lesku

Pro ověření metody obrazová analýza je v experimentální části provedeno měření intenzity odraženého světla na etalonech firmy X-Rite. Stupnice je zobrazena na obrázku 62. Jednotlivé části stupnice znázorňují lesk 5/20/40/60/80 GU. Hodnoty

jsou naměřeny leskoměrem při geometrii 60°. Pro hodnocení intenzity odraženého světla je použito osvětlení 6500K a 9900K se stejnými podmínkami jako hodnocené vzorky (parametry jsou popsány v kapitole 2.5.3).

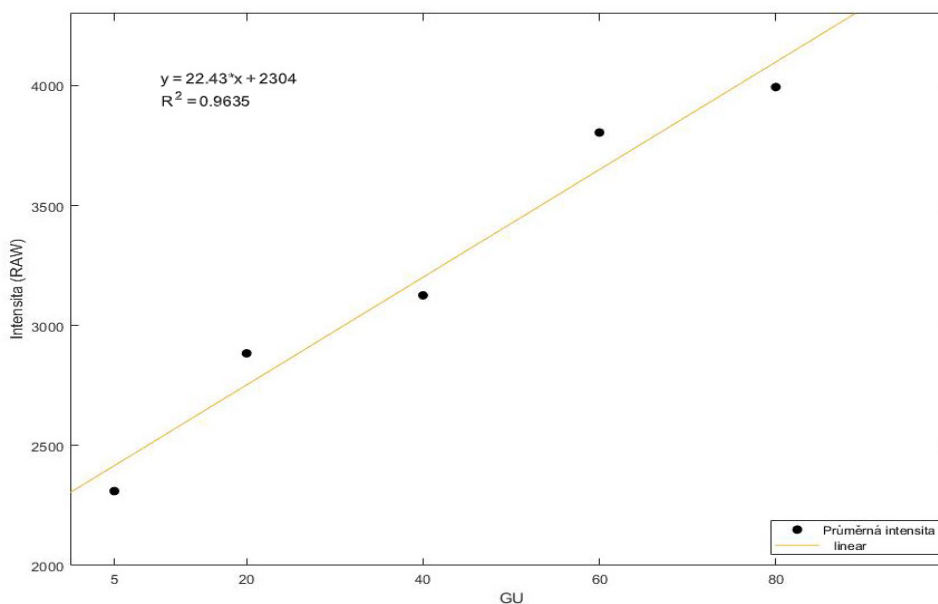


Obrázek 62: Stupnice lesku X-Rite

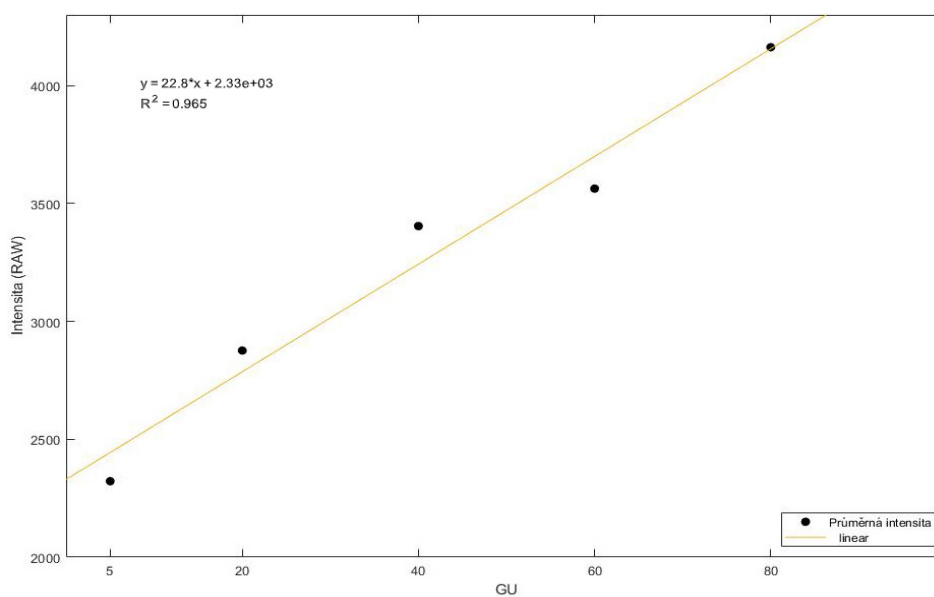
Výsledky intenzity odraženého světla při osvětlení 6500K jsou zobrazeny na obrázku 63 a výsledky při osvětlení 9900K jsou znázorněny na obrázku 63. Pro porovnání výsledků je spočtena korelace mezi intenzitou a výsledky lesku. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 32.

Tabulka 32: Korelace – hodnocení lesku GU/intenzita

Korelace – hodnoty lesku GU/intenzita	R ²
6500K	0,96
9900K	0,97



Obrázek 63: Intenzita odraženého světla etalonů pro X-Rite při 6500K



Obrázek 64: Intenzita odraženého světla etalonů pro X-Rite při 9900K

Hodnoty lesku na všech vzorcích, které jsou v rámci práce měřeny, se při geometrii 60° pohybují v rozmezí 5–40 GU. Hodnoty intenzity při osvětlení 6500K se na všech hodnocených vzorcích pohybují v rozmezí 2395,41–3033,79. Ve stejném intervalu se nacházejí i hodnoty intenzity naměřené na etalonech X-Rite zobrazené na obrázku 63.

3 Závěr

Práce se zabývá hodnocením lesku na bavlněných tkaninách. V současné době se využívá především subjektivní hodnocení lesku, které je závislé na hodnotitelích. Pro objektivní hodnocení lesku se využívá měření pomocí leskoměru, který není vhodný pro strukturované povrchy. Práce je dále zaměřena na navržení metody pro snímání a hodnocení lesku tkanin pomocí obrazové analýzy. Pro hodnocení lesku jsou v prvním kroku experimentální části připraveny stupnice lesku. Dalším krokem je vytvoření sad vzorků určených k hodnocení lesku. Tyto sady jsou využity pro porovnání tří metod pro hodnocení lesku.

Jako první je provedena metoda měření lesku pomocí leskoměru. Podle doporučení prodejce leskoměru je prováděno měření ve směru útku, ve směru osnovy a následně jsou vypočteny průměry naměřených hodnot. Dle výsledků měření pod různými úhly je vyhodnoceno, že nejvhodnější geometrie pro měření lesku na hodnocených tkaninách je 60° . Druhý experiment je snímání na devíti místech uspořádaných systematicky v ploše vzorku s pootočením o 30° . Ze získaných výsledků je proveden test ANOVA na vyhodnocení vlivů polohy a orientace leskoměru na výsledný lesk. Test potvrdil, že na výsledný lesk má vliv dezén a poloha umístění leskoměru. Pro správné hodnocení lesku tkanin pomocí leskoměru by mělo být měření provedené nejen ve směru útku a osnovy, ale také s pootáčením leskoměru (diagonálně).

Další hodnocená metoda je subjektivní metoda, při které je lesk hodnocen hodnotiteli. Každému vzorku je přiřazena hodnota etalonu. V této části je hodnocen lesk pomocí průměru z přiřazených etalonů. Pro hodnocení lesku je spočítán aritmetický a vážený průměr. Dle výsledků průměrných hodnot se neprokázal význam v přiřazených váhách hodnotitelů. Nevýhodou subjektivního hodnocení je, že se lesk hodnotí v nejlesklejší ploše vzorku a výsledek je ovlivněn hodnotitelem, jeho zkušenostmi a podmínkami pro hodnocení.

V poslední části je navržen metoda hodnocení lesku pomocí obrazové analýzy. Snímky jsou pořízeny pomocí fotoaparátu v černém boxu, díky čemuž jsou dosaženy konstantní podmínky pro snímání vzorků. Je vybrána nejvhodnější geometrie a osvětlení. Jako nejvhodnější je potvrzena geometrie 60° . Pro výběr vhodného světla je

porovnáváno osvětlení s teplotou chromatičnosti 5700K, 6500K a 9900K. Dle výsledků dosažených v kapitole 2.5.3 nemá výběr osvětlení vliv na hodnocení intenzity odraženého světla. Mezi jednotlivými výsledky dosaženými pod různým osvětlením je prokázána vysoká korelace. Pro snímání je zvoleno osvětlení 6500K, které imituje denní osvětlení. Dle výsledků se prokázala vysoká korelace intenzity odraženého světla ve směru osnovy a ve směru útku a rozdíly naměřené v obou směrech jsou nižší než při hodnocení leskoměrem. Výhoda této metodiky je, že se při měření hodnotí větší plocha pro hodnocení lesku v porovnání s leskoměrem.

Pro ověření metody na hladkém povrchu je provedeno stejné měření na stupnici od firmy X-Rite. Dle výsledků dosažených snímáním této stupnice se potvrdilo, že navržená metodika hodnocení lesku je vhodná. Na hladkém povrchu výsledky intenzity odraženého světla korelují s výsledky lesku v jednotkách GU.

Pro hodnocené tkaniny je mezi jednotlivými metodami hodnocení prokázána vysoká korelace. Zjištěná vybočující měření prokázala, že intenzita odraženého světla tkanin je ovlivněna především strukturou a dezénem. Největší shoda je potvrzena mezi metodou hodnocení lesku pomocí obrazové analýzy a měřením leskoměrem. Jako nejvíce odlišná metoda se prokázala subjektivní metoda hodnocení lesku.

Přínosem nové metody pro hodnocení lesku je, že výsledek není ovlivněn vnímáním hodnotitele. Je však ovlivněn (stejně jako u měření pomocí leskoměru) strukturou hodnoceného vzorku. U nově navržené metody je výhodou, že stačí pouze jedno měření narozdíl od leskoměru, kde je potřeba alespoň 10 měření. Další výhodou je, že je snímán a hodnocen větší vzorek než při hodnocení leskoměrem.

Práci je možné dále rozvíjet a metodu potvrdit pomocí dalších dostupných metod na hodnocení lesku. Pomocí snímání by bylo možné přesněji vyhodnotit vliv barvy, struktury, dezénu a ostatních vlastností tkanin na výslednou intenzitu odraženého lesku.

4 Seznam použité literatury

- [1] HÁJKOVÁ, A, *Stanovení povrchových vlastností (barva, lesk) materiálů exponovaných za podmínek simulující vnější prostředí v QUV panelu* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/43653806-Stanoveni-povrchovych-vlastnosti-barva-lesk-materialu-exponovanych-za-podminek-simulujici-vnejsi-prostredi-v-quv-panelu.html>
- [2] GUNDOLA, M a N KISTAMAH, 2008. Development of a Fabric Lustre Scale. *Research Journal*. 8.
- [3] DOFEK, R. Hodnocení parametrů povrchových ochran nátěrovými hmotami. Brno, 2008. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- [4] Leskoměr Elcometer 480: Technický list. Ostrava, 2014
- [5] Leskoměry TQC série GL. *Proinex* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/sk/33-leskomery-tqc-serie-gl.html>
- [6] *Leskomery BYK Gardner | AD-chémia, s.r.o.* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <http://www.hrubkomery.eu/pristroje-a-zariadenia/meranie-lesku-naterov-povrchov/leskomery-byk-gardner/>
- [7] HADJIANFAR, M a D SEMNANI, 2011. Fuzzy classification of luster of textile fabrics. *Textile Research Journal* [online]. **81**(6), 649–656. ISSN 0040-5175, 1746-7748. Dostupné z: doi:10.1177/0040517510388549
- [8] HADJIANFAR, M, D SEMNANI a M SHEIKHZADEH, 2010. A New Method for Measuring Luster Index Based on Image Processing. *Textile Research Journal* [online]. **80**(8), 726–733. ISSN 0040-5175, 1746-7748. Dostupné z: doi:10.1177/0040517509343814
- [9] *Image Analysis - an overview | ScienceDirect Topics* [online] [vid. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/image-analysis>
- [10] SHIN, K, S.H. KIM a J.J KIM, 2005. Image analysis of the luster of fabrics with modified cross-section fibers. *Fibers and Polymers* [online]. **6**(1), 82–88. ISSN 1229-9197, 1875-0052. Dostupné z: doi:10.1007/BF02875578

- [11] KOLDOVSKÝ, Zbyněk. MATLAB: Proměnné, indexování a operátory. Liberec, 2000. Přednáška. Technická univerzita.
- [12] MAZUREK, P, 2007. Hodnocení lesku povrchové úpravy [online]. [vid. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/hodnoceni-lesku-povrchove-upravy.html>
- [13] Measurement Sensors: Specular vs Diffuse. *PanasonicElec Blog* [online]. [vid. 2019-07-18]. Dostupné z: <https://panasonicelec.wordpress.com/2011/12/07/measurement-sensors-specular-vs-diffuse/>
- [14] MCKEEN, L. ScienceDirect: Gloss Measurement. ScienceDirect [online]. 2012 [cit.2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/gloss-measurement>
- [15] *Zehntner ZGM 1110 Gloss Meter - Mitaten Finland Oy* [online] [vid. 2019-07-18]. Dostupné z: <http://mitaten.fi/tuotteet/17-suomi/tuoteartikkelit/141-zehntner-zgm-1110-kiiltomittari.html>
- [16] Ako sa meria lesk? *Rhopoint Instruments* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.rhopointinstruments.com/faqs/how-is-gloss-measured/>
- [17] EZERSKAIA A, RAS A, BLOEMEN P, PEREIRA S, URBACH H a VARGHESE B, 2017. High sensitivity optical measurement of skin gloss. *Biomedical Optics Express* [online]. 8(9), 3981–3992. ISSN 2156-7085. Dostupné z: doi:10.1364/BOE.8.003981
- [18] DUREC, J, 2013. Digitalizácia obrazu | in4matik.eu. *in4matik.eu* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <http://in4matik.eu/digitalizacia-obrazu>
- [19] JEŽEK, D, 2018. *Problematika digitalizace obrazu Image Digitization Issues*. Bakalářská práce. Poděbrady,
- [20] SUMNER, Rob. Processing RAW Images in MATLAB. California, 2014. Instruktažní dokument. UC Santa Cruz.
- [21] POLZ, R, Provozní příručka verze 1.2 z 14.05.2008: Leskoměr ZGM 1110. Dvůr Králové n.L., 2008.
- [22] BRUN, R. Digitální fotografie a video: Zpracování textových a grafických informací. Hradec Králové, 2020.

- [23] VÁCLAVÍKOVÁ, L, *ÚVOD DO DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/175638517-Urceno-pro-studujici-u3v-tul-uvod-do-digitalni-fotografie-mgr-lenka-vaclavikova.html>
- [24] BLAU, B.U., 17n. 1. *Základy světla* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/14325944/>
- [25] PSOTA, P. Měření koherentní délky laseru. Liberec, 2008. Bakalářská práce. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI.
- [26] TESAŘÍKOVÁ, N, 2018. *Emocionální působení barev v souvislostech výtvarné výchovy*. Bakalářská práce. Plzeň,
- [27] MOJR, V, 2016. Barva, energie a světlo: Pohled na svět očima fotochemika - Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. www.vscht.cz [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandipisou/mojr>
- [28] KUTIŠ, Š, 2018. *Světelná odrazivost barevných hliněných omítek*. Diplomová práce. Praha,
- [29] WAGNER, J. FYZIKA. Druhé opravné vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1982. ISBN 55-823-81.
- [30] LUGER, T, LED Light Spectrum Enhancement with Transparent Pigmented Glazes — LED professional - LED Lighting Technology, Application Magazine [online]. [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.led-professional.com/resources-1/articles/led-light-spectrum-enhancement-with-transparent-pigmented-glazes-by-light-spectrum-glazes>
- [31]. HADJIANFAR, M, D SEMNANI a M SHEIKHZADEH, 2010. A New Method for Measuring Luster Index Based on Image Processing. *Textile Research Journal* [online]. **80**(8), 726–733. ISSN 0040-5175, 1746-7748. Dostupné z: [doi:10.1177/0040517509343814](https://doi.org/10.1177/0040517509343814)
- [32] *Stupnica lesku NCS* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.nationalcoloursupplies.com/ncs-gloss-scale>

- [33] ČERVOVÁ, L, 2020. Korelace – co jste o nich věděli i nevěděli | blog | ACREA CR. *ACREA* [online] [vid. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://acrea.cz/korelace-co-jste-o-nich-vedeli-i-nevedeli/>
- [34] OLŠIAK, M, Elektromagnetické spektrum. In: [online]. B.m. [vid. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://slidetodoc.com/elektromagnetick-spektrum-elektromagnetick-spektrum-je-rozsah-vevkch-monch/>
- [35] *Odraz svetla. Vydané a odrazené svetlo* [online] [vid. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://dudley.ru/sk/otrazhenie-sveta-izluchennyi-i-otrazhennyi-svet.html>
- [36] GONZALEZ, Rafael C a Richard E WOODS. *Digital Image Processing 3rd edition*. New Delhi: Prentice Hall of India, 2008. ISBN 978-81-203-3640-7.

Seznam příloh

Příloha 1: Hodnoty naměřené leskoměrem pro pětiškálovou stupnici lesku.....	88
Příloha 2: Průměrné hodnoty naměřené leskoměrem při geometrií 60°.....	89
Příloha 3: Výsledky intenzity – výběr geometrie při osvětlení 5700K.....	89
Příloha 4: Výsledky intenzity - výběr osvětlení při geometrií 60°.....	90
Příloha 5: Algoritmus použitý pro zjištění intenzity odraženého světla.....	91

Příloha 1: Hodnoty naměřené leskoměrem pro pětiškálovou stupnici lesku

Výsledky stupnice při geometrií 85°

Geometrie 85°	Pětiškálová stupnice lesku				
	více matný	matný	pololesklý	lesklý	více lesklý
Útek	15,2	11,5	20,7	25,6	21,4
	11,5	11,7	15,8	25,5	30,1
	10,4	8,3	14,2	25,8	32,7
	13,6	10,2	17,7	27,3	27
	9,3	10,5	20,3	26,7	19
Osнова	17,7	16,9	35,6	30,7	37,2
	15,2	15	23,1	28,4	24,2
	17,6	14,1	31,1	29,1	38,2
	17	14,1	19,5	36,3	30,2
	18,5	12,3	26,7	27,3	32,7
Průměr [GU]	14,6	12,5	22,5	28,3	29,3

Výsledky stupnice při geometrií 20°

Geometrie 20°	Pětiškálová stupnice lesku				
	více matný	matný	pololesklý	lesklý	více lesklý
Útek	1,1	2,1	2,1	2,8	6,8
	1,1	2,3	1,8	3,7	6,5
	1	2	2,1	3,6	7
	1,2	1,9	1,8	4,5	6,7
	1	2	2,6	4,1	5,9
Osнова	1	2,1	2,4	5,5	4,9
	0,9	2,1	2,7	4,3	6,7

	1,1	2	2,6	4,2	5,9
	0,9	2	1,8	5,1	6,6
	1,4	2	2,8	4	6,6
Průměr [GU]	1,1	2,1	2,3	4,2	6,4

Příloha 2: Průměrné hodnoty naměřené leskoměrem při geometrii 60°

Výsledky pro pětiškálovou stupnici lesku

Průměr [GU]	Pětiškálová stupnice lesku				
	více matný	matný	pololesklý	lesklý	více lesklý
Měření po 30°	10,6	13,9	18,6	23,5	29,3

Výsledky pro sadu 1

Průměr [GU]	Sada 1				
	A1	B1	C1	D1	E1
Měření po 30°	19,7	20,5	21,0	25,7	21,5

Výsledky pro sadu 1

Průměr [GU]	Sada1				
	F1	G1	H1	I1	J1
Měření po 30°	18,6	15,5	13,0	10,0	10,0

Výsledky pro sadu 2

Průměr [GU]	Sada 2					
	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Měření po 30°	17,4	11,8	11,9	12,5	12,1	17,2

Výsledky pro sadu 3

Průměr [GU]	Sada3				
	A3	B3	C3	D3	E3
Měření po 30°	15,7	14,3	14,6	13,8	15,2

Příloha 3: Výsledky intenzity – výběr geometrie při osvětlení 5700K

Výsledky pro sadu 1

Sada 1		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
20°	útek	392,8	523,0	477,9	590,5	514,2	564,4	418,5	393,2	318,9	526,7
	osnova	408,3	514,9	470,3	604,6	511,9	560,4	400,4	382,0	323,9	527,6
60°	útek	678,9	846,6	802,5	952,9	868,9	875,5	676,6	668,1	524,9	780,5

	osnova	723,5	928,4	805,6	1016	856,1	921,6	689,6	6705	544,9	832,0
85°	útek	507,5	499,7	534,6	568,7	555,4	495,6	477,8	460,5	438,5	432,8
	osnova	622,2	626,4	603,4	654,1	630,4	563,2	517,7	511,9	512,6	509,2

Výsledky pro sadu 2

Sada 2		A2	B2	C2	D2	E2	F2
20°	útek	537,2	348,6	405,7	414,1	336,7	533,3
	osnova	555,1	354,3	424,2	428,9	352,9	554,1
60°	útek	888,4	574,9	695,6	700,3	567,1	882,4
	osnova	925,4	612,7	739,7	739,3	601,1	612,1
85°	útek	555,9	501,5	502,7	497,8	481,4	567,7
	osnova	574,5	503,4	538,3	530,1	539,6	567,7

Výsledky pro sadu 3

Sada 3		A3	B3	C3	D3	E3
20°	útek	367,8	358,1	366,4	364,3	368,7
	osnova	351,6	351,8	354,9	346,8	353,5
60°	útek	625,2	597,8	630,4	613,2	632,8
	osnova	623,4	597,6	615,4	619,1	641,6
85°	útek	515,4	496,8	515,9	491,5	504,4
	osnova	597,3	564,6	574,7	584,4	567,7

Příloha 4: Výsledky intenzity - výběr osvětlení při geometrii 60°

Výsledky pro sadu 1

Sada 1		A1	B1	C1	D1	E1
6500K	útek	2655,5	2753,9	2776,9	2966,1	2775,7
	osnova	2838,5	2914,4	2812,9	3033,8	2841,0
9900K	útek	2627,7	2694,5	2674,8	2825,9	2669,7
	osnova	2718,8	2881,3	2663,8	3046,4	2754,3
		F1	G1	H1	I1	J1
6500K	útek	2719,0	2608,1	2549,1	2395,4	2556,0
	osnova	2796,2	2706,4	2598,4	2461,7	2641,7
9900K	útek	2680,1	2625,1	2516,8	2375,8	2488,6
	osnova	2709,9	2624,6	2466,4	2395,2	2540,7

Výsledky pro sadu 2

Sada 2		A2	B2	C2	D2	E2	F2
6500K	útek	2818,4	2502,3	2527,9	2581,4	2464,6	2795,7
	osnova	2907,8	2523,0	2530,9	2659,4	2534,1	2846,1
9900K	útek	2731,3	2471,8	2536,9	2548,2	2425,5	2701,9
	osnova	2798,8	2481,3	2599,4	2574,4	2466,2	2793,4

Výsledky pro sadu 3

Sada 3		A3	B3	C3	D3	E3
6500K	útek	2553,8	2587,8	2593,3	2594,8	2637,4
	osnova	2646,8	2531,2	2571,1	2584,1	2557,4
9900K	útek	2551,6	2472,0	2517,2	2493,1	2483,4
	osnova	2542,8	2533,2	2522,6	2541,6	2501,8

Příloha 5: Algoritmus použitý pro zjištění intenzity odraženého světla

Omezení obrázku na cílovou oblast pro zjištění intenzity odraženého světla

```
rawM=imcrop(raw,[2000 2100 1000 1000]);
raw_data=rawM(:);
IMAG(:,i)=raw_data;
RAWo=[RAWo; i mean(rawM(:)) std(rawM(:))
std(rawM(:))/mean(rawM(:))*100 max(rawM(:)) min(rawM(:))];

citj=1;
for ii=1:okno:size(rawM,1)-okno
```

Výpočet prahových hodnot intenzity odraženého světla pětiškálové stupnice

```
for i=2:size(muHatO,2)
    maxPredchozi = max([muHatO(:,i-1) muHatU(:,i-1)]);
    minAktualni = min([muHatO(:,i) muHatU(:,i)]);

    tt(i-1) = maxPredchozi + (minAktualni - maxPredchozi) / 2;
end

hold on
tt = tt([1:1, 3:end]);
plot(0:size(muHatO,2)+1,tt'*ones(1,size(muHatO,2)+2))
%legend({'95% CI', num2str(tt(1)),num2str(tt(2))},'Location','best')
legend({'95% CI',
num2str(tt(1)),num2str(tt(2)),num2str(tt(3))},'Location','best')
```