



# VLIV VLHKOSTI A TEPLoty NA VÝSLEDNÉ BAREVNÉ ODCHYLKY MATERIÁLU

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3106 – Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* 3106T011 – Textilní a oděvní technologie  
*Autor práce:* **Bc. Zuzana Štiková**  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Michal Vik, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering ■

# INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE RESULTING COLOR DEVIATIONS MATERIAL

## Diploma thesis

*Study programme:* N3106 – Textile Engineering  
*Study branch:* 3106T011 – Textile and clothing technology - Design of clothing product

*Author:* **Bc. Zuzana Štiková**  
*Supervisor:* doc. Ing. Michal Vík, Ph.D.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, 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 (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na měření vlivu vlhkosti a teploty na barevné odchylky textilního materiálu. Práce je rozdělena do dvou základních částí.

První teoretická část je věnována především barevným systémům a modelům k hodnocení barevných diferencí. Způsobu měření barevných diferencí a podmínek, které mohou ovlivňovat měřený materiál a jeho základních funkcí.

Druhá, praktická část, je studie hodnocení jednotlivých barevných rozdílů, působením vlhkosti a teploty na daný materiál běžné produkce s posouzením se standardy (CERAM). Hodnotí poměr shodných výsledků testovaných rovnic dvou materiálů.

## **Abstract**

The thesis is focused on the influence of moisture and temperature on the color variations of fabric. The work is divided into two main parts.

The first theoretical part is devoted to color systems and models for the evaluation of color differences. Method of measuring color differences and conditions that may affect the measured material and its basic functions.

The second part is a study evaluating individual differences in color, due to high humidity and temperature for the material of normal production with assessment standards (CERAM). Value of the ratio of test results identical equations two materials.

## **Klíčová slova**

- barva
- odstín
- barevná diference
- CIELAB
- termochromismus
- CERAM
- vlna
- vlhkost

# OBSAH

<b>OBSAH.....</b>	<b>3</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
<b>2 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>6</b>
<b>3 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>7</b>
3.1 MĚŘENÍ BAREVNOSTI .....	7
3.1.1 Lidské oko.....	7
3.1.2 Parametry měření barevnosti.....	7
3.1.3 Standardní zdroje světla .....	8
3.1.4 Geometrieměření .....	8
3.1.5 Standardní pozorovatel .....	9
3.1.6 Stanovení barevné tolerance .....	9
3.2 SYSTÉM CIE XYZ .....	10
3.2.1 Munsellův atlas barev .....	10
3.3 SOUSTAVA XYZ.....	12
3.4 SYSTÉM ZALOŽENÝ NA TRANSFORMACI MUNSELLOVA ATLASU.....	14
3.4.1 CIELAB .....	14
3.4.2 CIE L * a * b * Barevné odchylky .....	20
3.5 TERMOCHROMISMUS.....	22
3.5.1 Měření termochromního materiálu pomocí spektrofotometru.....	22
3.5.2 Problémy spojené s termochromismem .....	24
3.5.3 Hydrochromismus.....	24
3.6 BAREVNÝ STANDARD .....	24
3.6.1 BCRA Dlaždice.....	26
3.6.2 Spectralon standardy.....	27
3.7 SPEKTROFOTOMETRICKÉ CHYBY .....	29
3.8 VLIV VLHKOSTI TEXTILNÍCH VLÁKEN .....	35
3.8.1 Rozdělení vlhkosti textilních materiálů.....	36
3.8.2 Sorpční vlastnosti vláken.....	39
3.8.3 Sorpční izoterma .....	40
3.8.4 Relativní vlhkost .....	42
3.9 VLIV TEPLoty NA TEXTILNÍ VLÁKNA.....	42
3.9.1 Vlna.....	42
<b>4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
4.1 METODIKA.....	44
4.1.1 CTS klimatická komora.....	44
4.1.2 Datacolor mf 200 .....	45

4.1.3	Parametry měření .....	45
4.2	VLIV TEPLoty A VLHKOSTI NA BAREVNOU DIFERENCI VZORKŮ.....	46
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA</b> .....	<b>57</b>



# 1 ÚVOD

Nejvýznamnější aspekt výrobních procesů, je dodržení barevného odstínu vyráběného produktu. Dodržení barevné specifikace se srovnáním standardů. Hodnocení barevných diferencí je velice kolísavé a subjektivní. Barevné odchylky závisí na mnoha faktorech, jako textura materiálů, osvětlení, klima a velikosti barevného kolísání, které bude pozorovatel akceptovat.

Kontrola kvality odstínu je prováděna zkušenými odborníky na koloristiku. Posudkem barevné difference a rozhodnutí, jestli daný výrobek či materiál vyhovuje, závisí na toleranci daného materiálu. Posudky barevné difference vyžadují určité zkušenosti. Pozorovatelé, kteří se snaží odhadnout rozdíl barevnosti, se nemusí shodnout a jejich posudky na materiál se mohou lišit. K tomu, aby mohli zhodnotit lépe barevnost odchylky, pozorovatelům slouží jako pomůcka referenční vzorky. Příchodem techniky, která se snaží rozdíl barev popisovat objektivně, vznikl i problém, s hodnocením vizuálním a objektivním vnímáním barvy. Proto byly vyvinuty rovnice a standardy, jako CMC, Ceram. Nabízí se otázka, které rovnice jsou nejlepší a dokážou pokrýt co nejvíce potřeb textilního průmyslu.

## 2 CÍL PRÁCE

Práce bude založena na studii vlivu doby expozice vybraných textilních vzorků a vzorků standardů CERAM sady CSS I a II pro různé klimatické podmínky, tedy pro různé teploty a vlhkosti prostředí za použití spektrofotometru. Na základě těchto studií bude provedena regresní analýza jednotlivých kolorimetrických parametrů s cílem graficky znázornit vliv teploty a vlhkosti na barevnou diferenci jednotlivých vzorků. Na základě zjištění těchto měření a výsledné analýzy budou vyvozeny závěry a doporučení pro měření textilních vzorků v různých klimatických podmínkách.

## 3 TEORETICKÁ ČÁST

### 3.1 Měření barevnosti

Počátky měření barevnosti sahají až do 17. století, které je možno sledovat u významných fyziků Newtona (1642-1727), Grassmana (1809-1877). Základy měření, jak praktického a moderního je možno datovat až do roku 1924, kdy byla ustanovena pracovní skupina pro alometrii CIE (Commission Internationale de l'Eclairage- Mezinárodní komise pro osvětlování).

#### 3.1.1 Lidské oko

Je základním prvkem lidského smyslu- vidění. Převod světelné energie na sítnici, která tvoří vnitřní stěnu oka, kde jsou umístěny fotosenzitivní nervové buňky. Nervové buňky se dělí na dva druhy- tyčinky a čípky. Mají přímé spojení do mozku pomocí vnitřního povrchu sítnice a optických nervů. Tyčinky reagují na malá množství zářivé energie, tím zprostředkují naše vidění, ale nemůžou nám však, nemohou poskytnout barevný vjem (Československý kolorista, 1976). Čípky mají složitější mechanismus, jsou citlivé k chromatickým barvám, tedy barvy při dostatečném jasu – tzv. denní vidění. Tyčinky rozlišují jas, šero, tmou- tzv. noční vidění.



Obrázek 1 - Lidské oko

#### 3.1.2 Parametry měření barevnosti

Nutno je normalizovat tři základní faktory pro objektivní měření barevnosti (Vik, 1995):

- zdroj světla

- pozorovaný předmět
- pozorovatel

Změníme-li jednu z těchto tří komponent, změníme i celkový barevný vjem. Je nutno dodržet následující podmínky:

- charakterizovat a sjednotit vlastnosti světelného zdroje v oblasti viditelného spektra,
- specifikovat standardní podmínky pro osvětlování a pozorování,
- znormovat vlastnosti průměrného lidského oka a pochodů, které zprostředkovávají vznik barevného vjemu,
- popsat výslednou barvu číselně a soustředit všechny reálné barvy do jednotného barevného prostoru.

Na základě uvedených podmínek schválila CIE v roce 1931 5 doporučení, která položila základ moderní kolorimetrii:

- standardní zdroje světla A, B, C
- podmínky osvětlování a pozorování
- etanoly činitele odrazu
- CIE – 1931 standardní pozorovatel
- Soustava trichromatických složek X, Y, Z a barevný prostor X, Y, Z

### 3.1.3 Standardní zdroje světla

Užívá se přednostně světla D 65, které odpovídá svým spektrálním složením průměrnému dennímu světlu. Další normalizované zdroje používané pro textilní průmysl se nachází pod označením:

- A - žárovka
- F2 - studená bílá žárovka
- F11(TL84) teplá bílá zářivka Philips TL84

### 3.1.4 Geometrie měření

Podmínky pozorování, které doporučuje CIE:

Geometrie 45/0 – vzorek se osvětluje v úhlu  $45^\circ \pm 5^\circ$  od normály jeho povrchu, odražené paprsky se snímají ve směru normály povrchu

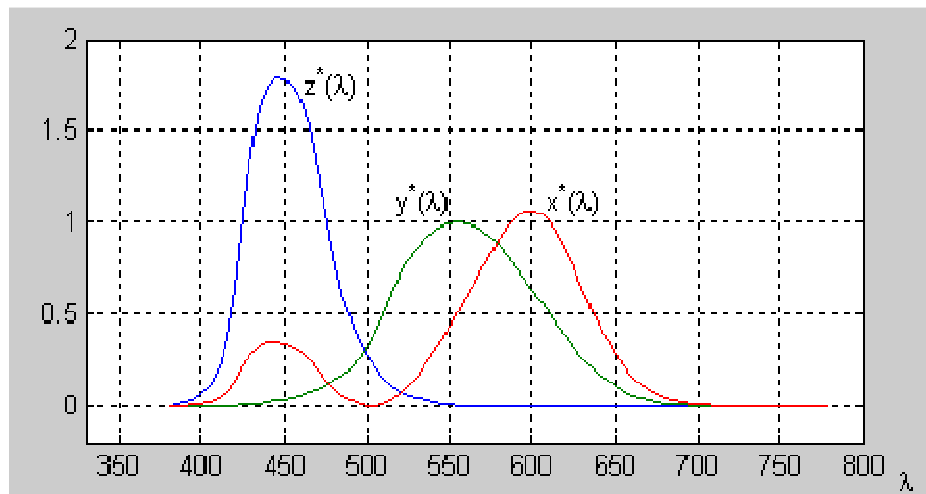
Geometrie 0/45 – obrácený chod paprsků geometrie 45/0

Geometrie 0/d – vzorek se osvětluje v normále a záření odražené do všech směrů se sbírá integrátorem a vyhodnocuje se receptorem umístěným v bočním otvoru integrátoru. Je-li osa osvětlovacího paprsku odkloněna od normály, nahrazuje se nula skutečnou hodnotou odklonu – nejčastěji  $8/d$

Geometrie d/0 – geometricky shodný s 0/d respektive 8/d, pouze obrácený směr chodu paprsků

### 3.1.5 Standardní pozorovatel

Standardní pozorovatel je charakterizován tabelovanými hodnotami, kterým říkáme trichromatičtí činitelé  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$ . V roce 1931 byl smluvně stanoven  $2^\circ$ , normální pozorovatel a v roce 1964 byl CIE ještě definován  $10^\circ$ , doplňkový pozorovatel. V současnosti se používá prakticky a výhradně  $10^\circ$  pozorovatel, který respektuje více průmyslové posudky barevných rozdílů, při kterém se zapojují, jak čípky, tak i tyčinky, a to z důvodu větší velikosti posuzovaných vzorků.



Obrázek 2 - funkce standardního kolorimetrického pozorovatele CIE 1931

### 3.1.6 Stanovení barevné tolerance

Žádný jiný prvek správy barev způsobuje tolik nejasnosti, pokud jde o zavedení metrických norem. Měřicí techniky jsou nedokonalé a mohou postrádat opakovatelnost. Materiály jsou naměřené skutečně a mají měřitelné rozdíly v tom, co se zdá být jako konstantní barevné pole. Každý spektrofotometr (nebo kolorimetr / denzitometr), vidí plochu vzorku trochu jinak. Výrobní zařízení jsou zřídka testována ke způsobu procesu. Při řešení

tohoto problému se nejprve chápe, že většina barevného rozdílu je navržen tak, aby rozdíl jedné jednotky ( $\Delta E = 1.00$ ) nastal, když dva vzorky mají sotva vnímatelný rozdíl ve stínu. Předpoklad, že pozorovatel se dívá na barevný rozdíl. Účelem je žádoucí maximální barevný rozdíl jedné jednotky. Kromě toho, mnoho metod barevného tolerování vyžaduje stanovení více než jednoho kontrolního parametru, kde se můžou objevit barvy, jako vyhovující, pokud jsou mírně světlejší, považují se za nepřijatelné. Prvním krokem při zavádění metrických barevných norem, je zvolit metodu výpočtu rozdílu. Tolerance barvy je prostě uzavřený obsah v barevném prostoru. Každá z výše uvedených metod, uzavírá poněkud jinou část trojrozměrné barvy pevné látky. Nejstarší metoda, Hunter shrnuje pravoúhlé těleso. V praxi se vybere jeden metrický model, který nejlépe vyhovuje potřebám řízení barevného programu (např. CMC). Vše probíhá na základě měření a záznamu vzorků. Koloristik má za účel neustále hodnotit a přezkoumávat výsledky. Je-li počáteční výběr nesprávný, musí kolorista udělat úpravy.

## 3.2 Systém CIE XYZ

Nejjednodušší specifikace barvy je dána barevnými standardy, které je možno přenášet a jejich umístěním do blízkosti neznámé barvy vizuálně určit, který je nejbližší neznámé barvě, popřípadě v jaké míře se liší vzorek od standardu. Jinými standardními řadami, které jsou často používány, jsou modré a šedé stupnice pro hodnocení stálosti, pro posudek odstínových odchylek a stupnice vybarvení v různých standardních sytostech. Uspořádání barev může být provedeno různými způsoby. Nejjednodušší způsob je počet omezených pigmentů či barev a vytvořit systém na míchání základních barev. Takový jednoduchý způsob, lze vidět na trojúhelníku vzniklý kombinací tří základních barev. Významnější jsou systémy založené na konstantní vnímatelné odchylce mezi jednotlivými barvami. Nejvýznamnější je systém Munsellův. (Československý kolorista, 1976)

### 3.2.1 Munsellův atlas barev

Profesor Albert Henry Munsell vytvořil jeden z nejvíce používaných systémů uspořádání barev (Nickerson, 1969). Základní principy Munsell zveřejnil v roce 1905 jako A Color Notation- třídění barev, zohledňující lidské vnímání. Dále pak v roce 1915 publikoval The Munsell Atlas of Color, který obsahoval deset odstínových kart členěných podle světlosti a čistoty barev. V únoru roku 1918 založil A. H. Munsell Color Company, Inc., po smrti Munsella ji převzal jeho syn a nově ji pojmenoval na Munsell Color Laboratory, ve spolupráci s National Bureau of Standards (USA) byla v roce 1929 vydána The Munsell Book of Color, často označena jako Munsell notation. Obsahující dvacet odstínových karet. Konečné doporučení podvýboru OSA (Optical Society of America) pro

škálování Munsellova atlasu v roce 1943, znamenalo úpravu velikosti tělesa Munsellových barev, pod označením Munsell renotation (Newhall, Nickerson, 1943). Již v roce 1950 byl počet odstínových karet zdvojnásoben a následně byla v roce 1958 vydána publikace The Munsell Book of Color, Glossy Collection, je určena pro lesklé povrchy, jako jsou například laky. V roce 1990 byly kolekce Munsellova atlasu doplněny o kolekci pastelových barev The Munsell Nearly Neutrals Collection, která je především určena pro oblasti designu kosmetiky, interiéru apod. V současnosti jsou dostupné kolekce: The Munsell Book of Color, Matte Collection, The Munsell Book of Color, Glossy Collection, The Munsell Nearly Neutrals Collection, všechny kolekce mají kolem 1000 vzorků. ([www.munsell.com](http://www.munsell.com)).

Munsellův systém představuje těleso se třemi osami (Vik, 1995):

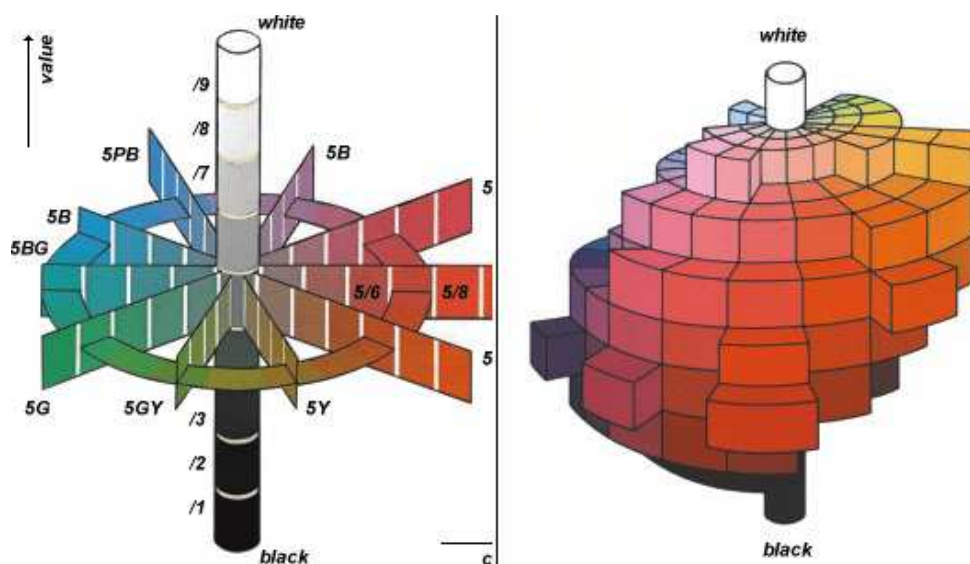
Jas (value)- pro každou základní barvu je definován jako přechody mezi černou, danou barvou a bílou. Znamená, že je-li hodnota jasu 0, pak jde o černou barvu, bez ohledu na barevný odstín. Jestliže se jas rovná 10, jde o barvu bílou, bez ohledu na barevný tón. V praxi se používají hodnoty od 1 do 9.

Odstín (hue)-Munsell vytvořil kruhovou stupnici barevných tónů, stupnice obsahuje pět základních barev (červená, žlutá, zelená, modrá a purpurová), mezi ně je vloženo pět kombinací těchto základních barev (žluto-červená, zeleno-žlutá, modro-zelená, purpurovo-modrá, červeno-purpurová) - kruh obsahuje deset barevných sektorů, jsou v základem provedení Munsellovy barevné notace a rozděleny celkově na sto dílů.

Sytost (chroma)-popisuje vlastnost barvy a to ve smyslu přechodu od neutrální šedé až k čistému odstínu při stejné hodnotě jasu. Nulová hodnota sytosti vždy označuje šedou barvu, odstín záleží na úrovni jasu, koncový bod intervalu se neustále mění s vývojem nových barevných pigmentů - v současnosti se u běžných materiálů pohybuje maximální sytost okolo hodnoty 20, speciální reflexní materiál může mít sytost i přes 30.

Systém Munsellův obsahuje 960 barev rozdělených do 40 barevných map. Všechny mapy jsou umístěny kolem svislé osy, osy, která je i zároveň osou jasu. Každá mapa znázorňuje jeden odstín. Kolmá vzdálenost od osy jasu je míra sytosti (Vik, 1995).

Systém je vizuálně odstupňován v rovnoměrných intervalech, to znamená, že barevná odchylka mezi dvěma vzorky, například ve žluté oblasti, je odchylka vnímána stejně jako modrá či červená oblast. Proto z tohoto důvodu, byla snaha využít vlastnost Munsellova atlasu a to transformaci vizuálně systému CIE XYZ do souřadnicového systému, označovaného i obecně i a k.



Obrázek 3: Munsellův prostor a těleso Munsellova atlasu

### 3.3 Soustava XYZ

Začátky alometrie je možno hledat u Newtona (1642-1727). Do roku 1959 byla průmyslová kvalitativní kontrola barvy téměř výhradně prováděna vizuálně, a to zkušenými pracovníky (koloristy). Záviselo to na rozhodnutí na posuzovatelově posudku barevné diference. Tento typ posuzování, se ještě provádí v textilním, papírenském, barvářském průmyslu, který vyžaduje značné zkušenosti s ohledem na požadavky příslušného odvětví odpovídajícího trhu. K získání zkušeností je třeba čas a cvik. I po vyškolení není člověk (pozorovatel) úplně spolehlivý ve svém posudku barevných diferencí (McDonald 1980). Zavedením digitálních počítačů kolem roku 1959 vedlo k rychlému rozvoji počítačových systémů formulace barvy. Došlo k vývoji různých typů kolorimetrických přístrojů a aplikace všech aspektů kolorimetrie, včetně měření barevné diference. Programy pro výpočet barevných formulací se staly přesnějšími. V roce 1931 se sešli odborníci na barvy v Mezinárodní komisi pro osvětlování CIE a vytvořili barevný prostor XYZ (CIE, 1931). Jeho základ je systém RGB. Prostor umožňuje popsat jakoukoli barvu (dokonce i tu, která nelze namíchat ze třech základních barev), přesněji vjem z této barvy, pouze dvěma hodnotami. Třetí hodnota je světlost barvy. Skutečnost vychází, že vjem jakékoliv barvy je možno simulovat pomocí tří vhodně zvolených základních světél, při kterém dochází ke sčítání jednotlivých barev a jejich remisních spekter. I přes zjevné nedostatky (vizuálně nerovnoměrný, tzn. stejně vnímané barevné odchylky, jsou v tomto barevném prostoru interpretovány jako rozdílné vzdálenosti bodů odpovídajících hodnoceným vybarvením) se stal základním referenčním barevným prostorem, ostatní barevné prostory se k němu vztahují (Brabec, 2001). Systém označovaný někdy jako trichromatická



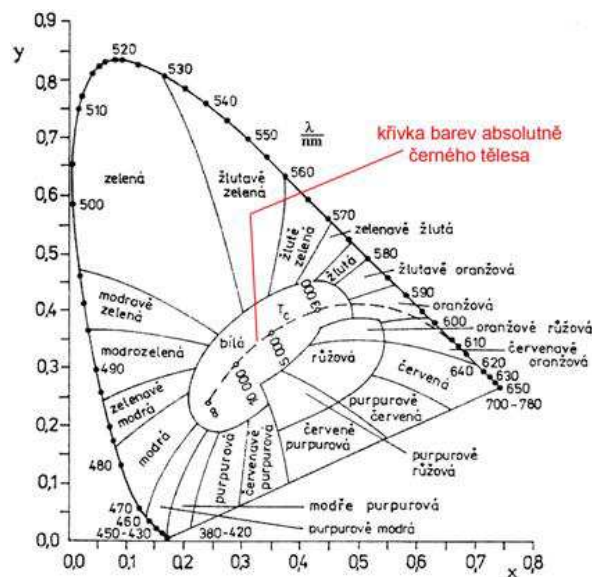
soustava, definovaná hodnotami trichromatických činitelů  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  byli získány experimentálně. Trichromatický členitel vyjadřuje množství červeného, zeleného a modrého stimulu, což je potřeba k simulaci viditelného spektra jakékoliv vlnové délky (Tezaur, 2003). CIE systém popisuje každou barvu třemi hodnotami, tzv. trichromatickými složkami X, Y, Z. Trichromatické složky získávají na základě fyzikálního měření postupem, který v roce 1931 s doplněním normovala Mezinárodní komise pro osvětlování.

Ve velmi zjednodušené interpretaci je možno považovat

- X za míru obsahu červené barvy
- Y za míru obsahu zelené barvy
- Z za míru obsahu modré barvy

Pro názornost se někdy předchází z trichromatických složek X, Y, Z na takzvané trichromatické souřadnice x, y, z definované takto:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (1)$$



Obrázek 4: Souřadnice x, y mohou sloužit k zobrazení odstínu v plošném diagramu

## 3.4 Systém založený na transformaci Munsellova atlasu

### 3.4.1 CIELAB

CIE 1976  $L^* a^* b^*$  barevný prostor je nejrozšířenější způsob měření barvy objektu. 1976 CIELAB barevný prostor je matematická transformace kolorimetrické soustavy, který nejprve publikoval CIE v roce 1931. Oba barevné prostory z roku 1931 a 1976 mají stejné základní principy. Barva je pocit, který vyplývá z kombinace světla, objektu a pozorovatele. Světelný zdroj osvětluje objekt, objekt modifikuje světlo a odráží či vysílá pozorovateli, čímž pozorovatel vnímá odražené světlo. Trichromatické hodnoty jsou souřadnice barevného vjemu a jsou vypočteny z CIE (světlo, objekt, pozorovatel) dat. Systém z roku 1976 CIE  $L^* a^* b^*$  nabízí následující důležité výhody oproti systému z let 1931, je více vjemově jednotný a založen na užitečném přijímání oponentní barvy. Systém CIE  $L^* a^* b^*$  z roku 1931 nabídl uživatelům možnost popsat barvy. Prostřednictvím svého systému barevných souřadnic a souvisejících diagramů, tento systém umožňuje rovněž srovnání barev. Grafické a číselné údaje byly použity k popisu barvy (rozdílu) pomocí funkcí, jako je:  $Y$ ,  $X$ ,  $Y$ , čistota, a vlnová délka. Ačkoli systém z roku 1931 osvědčil, prakticky nevyjádřil rozdíly mezi barvami v jednotný způsob vizuálního vnímání rozdílů (lehkosti, čistoty a dominantní vlnovou délkou), které nebyly obvykle v souladu s numerickou informací ze systému. V roce 1976 se jednotný proces vnímání CIE  $L^* a^* b^*$  systém zlepšil na základě systému 1931 v organizování barvy tak, že číselné rozdíly mezi barvami souhlasily velmi dobře s vizuálními vjemy. Tento způsob zlepšení usnadnil a zjednodušil komunikaci informace a rozdílu v barvě mezi stranami.  $L^* a^* b^*$  je více používán jako neoficiální zkratka pro CIE 1976 ( $L^* a^* b^*$ ) barevný prostor, (CIELAB, jehož souřadnice jsou vlastně  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Iniciály samy o sobě jsou poněkud nejednoznačné. Barevné prostory jsou založeny na stejném účelu, ale liší se v provedení. (CIE, 1931)

Oba prostory jsou odvozeny od základního a barevně hlavního prostoru CIE 1931 XYZ, kde spektrální energie je vnímána jako stejná barva, ale vjem není jednotný. Silně ovlivněný barevný systém Munsell, změnou obou " $L^* a^* b^*$ " barevných prostorů snažil vytvořit prostor, který lze vypočítat pomocí jednoduchých vzorců z XYZ prostoru, a který je více jednotný než XYZ. CIE  $L^* a^* b^*$  (CIELAB) je nejkompaktnější barevný prostor Mezinárodní komise pro osvětlení (Komise International d' Eclairage, proto jeho CIE initialism). Prostor popisuje všechny barvy viditelné lidským okem a byl utvořen, aby sloužil jako nezávislý model.

Ukládání barev v omezených přesných hodnotách, může pak zlepšit reprodukci tónů. Oba dva laboratorní prostory jsou výsledkem bílého bodu dat XYZ, které byly převedeny z hodnoty  $L^* a^* b^*$  nedefinující absolutní barvu,

pokud není zadán bílý bod. Často se v praxi předpokládá, že bílý bod má dodržovat normu a není výslovně uvedena (např. " absolutně kolorimetrická " metoda převodu barev ICC L \* a \* b \* hodnot, které jsou vzhledem pro standardní osvětlovací zdroj CIE. Na rozdíl od RGB a barevných modelů CMYK, L \* a\* b\* barva je navržena tak, aby přiblížila lidské vidění. L \* a\* b\* prostor je mnohem větší, než lidské vidění, bitmapový obraz reprezentovaný pro laboratoř vyžaduje více dat pro získání stejné přesnosti jako RGB nebo CMYK bitmap. V roce 1990, kdy počítačový hardware a software byl většinou omezen na ukládání a manipulaci s rastry 8 bitů, konverze obrazu RGB do L \* a\* b\* a zpět dobře nefungovala, s rastrem 16 bitů už to není takový problém a je to mnohem jednodušší. Barevné souřadnice a jejich způsob popisu barvy se typ systému ukázal být užitečný, a široce byl přijat. Tento přístup vychází z myšlenky, že někde mezi okem a mozkiem, informace z kuželových receptorů v oku dostanou kódy do stavu signálu světlo-tma, červená-zelená, a žlutá, modrá. Koncepce navazuje na základ, že barva nemůže být červená a zelená současně, nebo žlutá a modrá ve stejnou dobu. Nicméně, barva může být považována za kombinaci červené a žluté, červené a modré, zelené a žluté, nebo zelené a modré. V CIE L \* a \* b \*pro jednotný barevný prostor, jsou souřadnice naměřené spektrální křivky, kde můžou být snížena na tři souřadnice. Souřadnicové osy jsou kolmé k sobě navzájem:

- L\*-poloha na jasové ose v rozsahu světlo-tma,
- a\*-hodnota na ose červená-zelená a
- b\*-hodnota na ose modrá-žlutá.

Znamená to, že barva může být popsána přesně v barevném prostoru. Výpočet provádí v úvahu standardního světla se standardním pozorovatelem, znamená to, že barevné hodnoty jsou vypočítány pomocí definované fyzické kondice. Vezmeme-li úroveň a\* / B \*, získáme barevné kolečko, které leží na okrajích ve světlých barvách a je v polovině achromatický šedé. Použití barev systému CIELab, kde barevný prostor CIELAB může být zobrazen jako trojrozměrný prostor, kde je každá barva unikátně umístěna. Umístění jakékoliv barvy v prostoru je dána její barvy souřadnic; L \*, a \*, b \*. L \*, a \*, b \* barevné souřadnice (objektu) jsou vypočteny následujícím způsobem:

1. Objekt se měří spektrofotometrem.
2. Je zvolen zdroj světla (zdroj).
3. Je vybrán pozorovatel (2 ° nebo 10 °).
4. Trichromatické (X, Y, Z) jsou počítány z light-objekt-pozorovatele údaje.
5. L \*, a \*, b \* jsou vypočteny z X, Y, Z dat, pomocí CIE 1976 rovnice.

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  souřadnice osy jsou definované jako trojrozměrný CIE barevný prostor. Proto, v případě, že  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  udávají souřadnice, pak barva je charakterizována v prostoru, kde se nachází. Barva může být také popsána, nachází se v CIELAB barevném prostoru, kde se pomocí alternativní metody upřesní její souřadnice  $L^*$ ,  $C^*$ , a  $h^*$ . V metodě,  $L^*$  je souřadnice stejně jako v  $L^* a^* b^*$ , zatím co  $C^*$  a  $h^*$  udávají souřadnice, které jsou vypočteny z  $a^* b^*$  souřadnic. Stejná barva je stále na stejném místě v barevném prostoru, ale jsou dva různé způsoby, jak popsat svou pozici ( $L^* a^* b^*$  a  $L^* C^* h^*$ ). Barevný prostor  $L^* C^* h^*$  je také trojrozměrný, ale barva se nachází pomocí válcových souřadnic následujícím způsobem:

$L^*$  - koordinovat lehkost, stejně jako  $L^* a^* b^*$ .

$C^*$  - chroma koordinuje se vzdálenost od osy.

$h^*$  - úhel odstínu, vyjádřený ve stupních, s  $0^\circ$  je místo na + osu  $a^*$ , pak pokračuje do  $90^\circ$  na +  $b^*$  osy,

$180^\circ$  na -  $a^*$ ,  $270^\circ$  pro -  $b^*$ , a zpět na  $360^\circ = 0^\circ$ .

Mnoho uživatelů systému CIE preferují metodu  $L^* C^* h^*$  na určení barvy, jelikož pojem odstínu a chromy souhlasí s dobře vizuálním zážitkem.

CIE diagram  $a^*, b^*$  je užitečný způsob, jak zobrazit umístění barvy v barevném prostoru CIELAB. Barvy mohou být umístěny buď pomocí  $a^*$  a  $b^*$  souřadnic, nebo  $C^*$  a  $H^*$  souřadnic. V obou případech,  $L^*$  souřadnice se obvykle zobrazují odděleně, jako číslo. CIELAB barevný rozdíl mezi jakýmkoliv dvěma barvami v CIE prostoru, je vzdálenost mezi barevnými místy. Tato vzdálenost může být vyjádřena jako  $\Delta E_{CIE L^* a^* b^*}$ , kde:

$$\Delta E_{CIE L^* a^* b^*} = \sqrt{(DL^*)^2 + (Aa^*)^2 + (Ab^*)^2}$$

$DL^*$  je lightness rozdíl.

$DA^*$  je červená / zelená rozdíl.

$Ab^*$  je žlutá / modrá rozdíl.

Pro ty, kteří dávají přednost vyjádřit rozdíl v sytosti barev a barevného odstínu, místo toho označí tyto termíny,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$ , které jsou označeny:

$\Delta C^*$  chroma rozdíl.

$\Delta H^*$  rozdíl odstínového úhlu.

$\Delta H^*$  rozdíl metriky odstínu.

$$\Delta E_{CIE L^* C^* h^*} = \sqrt{(DL^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2}$$

$\Delta E_{CIE L^* a^* b^*}$  a  $DL^*$  rozdíly jsou stejné, ať už pomocí  $L^* a^* b^*$  a  $L^* C^* h^*$ . Barevné tolerance v systému CIELAB se často používají k usnadnění kvality kontroly

barevných produktů. V těchto případech, barva vyrobeného vzorku se nachází v prostoru CIELAB , a v normě pro výrobu barev. Barevné rozdíly mezi vzorkem z výroby a standardem jsou počítány, a pak obvykle porovnány s limity (tolerancí) zákazníka přijatelné pro barevný produkt. Přijatelnost tolerance je obvykle stanovena mezi dodavatelem a jeho zákazníkem, na základě zkušeností. Při stanovení přijatelnosti tolerance, se obvykle stanoví nejlepší samostatná tolerance pro  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  (nebo  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$  a  $H^*$ ). CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  systém popisuje a objednává barvy na bázi oponentu teorie barevného vidění. Teorie, kde barvy nemohou být vnímány jako červená a zelená současně, nebo žlutá a modrá současně. Nicméně, barva může být vnímána jako kombinace: červená a žlutá, červená a modrá, zelená a žlutá, nebo zelená a modrá. Barevné souřadnice v tomto pravoúhlém souřadnicovém systému jsou:

$L^*$  - lehkost.

$a^*$  - červená / zelená,  $s + a^*$  indikující červenou,  $a - a^*$  indikuje zelená.

$b^*$  - žlutá / modrá,  $s + b^*$  indikuje žlutá,  $a - b^*$  indikuje modrá.

CIELAB barevný rozdíl mezi jakýmkoli dvěma barvami v CIE 1976 barevném prostoru, je vzdálenost mezi barevnými místy. Tato vzdálenost je obvykle vyjádřena jako  $\Delta E^*$ , kde:

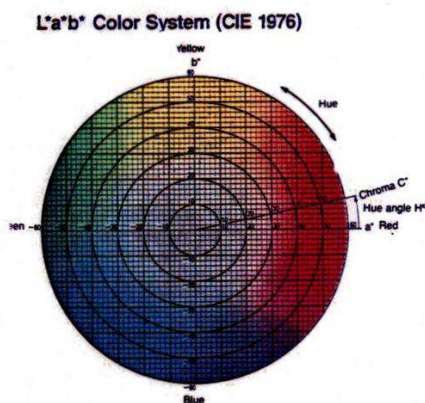
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$\Delta L^*$  je lehký rozdíl.

$\Delta a^*$  je červená / zelená rozdíl.

$\Delta b^*$  je žlutá / modrá rozdíl.

$L^*$   $a^*$   $b^*$  odborně jsou odvozeny v přímé souvislosti s normovanými barevnými hodnotami X, Y a Z. Přednosti systému  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  oproti barevnému trojúhelníku CIE je především v tom, že matematicky stejný odstup ve všech barevných oblastí dávají také stejné odstupy v grafickém systému. Při výpočtu se zohledňují druhy použitého normovaného světla a též pozorovací úhel.



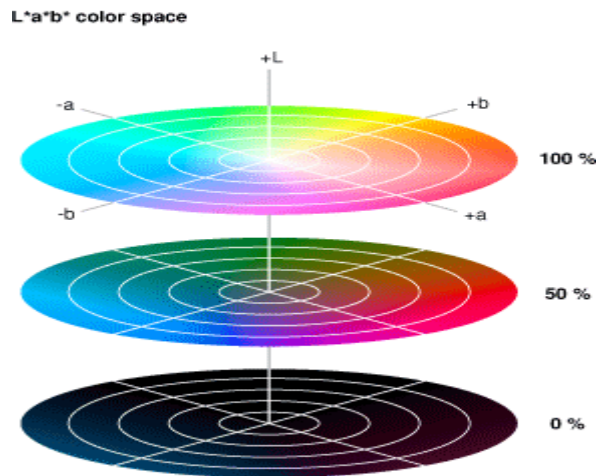
Obrázek 5: L\* a\* b\* systém

Barevný systém CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  je vhodný pro definování barevné odchylky a to mezi dvěma pevnými předměty, či kapalinami. Systém je i velmi názorný pro subjektivní posouzení barevných rozdílů.  $DL^*$ ,  $Da^*$ ,  $Db^*$  se na osách označuje změna souřadnic. Změna, která je číselně vyjádřena lze okamžitě odvodit charakter změny. Vzdálenost dvou barevných bodů v barevném prostoru CIE Lab se počítá přes prostorovou Pythagorovu větu ze tří parametrů barevného rozdílu. Pro barevné předměty je barevná změna definovaná v normě DIN 6174 rozdělením  $DE^*$  na příspěvek světlosti  $DL^*$ , příspěvek barevnosti  $DC^*$  a příspěvek změny barevného tónu  $DH^*$ .

Barevné prostory obvykle modelují systém strojového lidského vidění nebo popisují zařízení závislých barev na vzhled. Existuje mnoho různých barevných prostorů, které standardizuje CIE (XYZ, CIE Lab a CIE Luv) získal největší popularitu. (Wyszecki & Stiles, 1982) Barevné prostory jako tyto jsou nezávislá a mají mít barevnou stálost. Mezi závislé barevné prostory patří HSI, NCC rgb a YIQ a různé verze HS - prostoru (HSI, HSV, Fleck HS a HSB), který popisuje barvu způsobem, který je pro člověka intuitivní.

Obvykle výstup z CCD prvku je vyjádřen jako hodnota RGB nebo jiná odpovídající hodnota. Lze to též chápat jako základní barevný prostor, z nichž jsou hodnoty převedeny na jiné barevné zařízení prostoru. Hodnoty RGB jsou závislé na intenzitě. Z důvodu je intenzita oddělena od barevnosti, v mnoha barevných prostorech. Nevýhoda je ztráta informací vztahujících se k různým úrovním intenzity stejné barevnosti to znamená, že například černá, šedá a bílá nemohou být odděleny pouze pomocí hodnot chromatičnosti. Zajímavé je, že intenzita může mít nejvíce významný rys v segmentaci. Mnoho z "barev" v  $L^*$   $a^*$   $b^*$  je mimo lidského vidění, a jsou tedy čistě imaginární. Tři souřadnice CIELAB představují světlost barvy. Vzhledem k tomu,  $L^*$   $a^*$   $b^*$  model je trojrozměrný model, může být vhodně zastoupen jen v trojrozměrném prostoru. Příbuzný barevný prostor, CIE 1976 ( $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ ), také znám jako

CIELuv, zachovává stejnou  $L^*$  platnou jako  $L^* a^* b^*$ , ale má jiné zastoupení složek chromatičnosti. CIELuv může být vyjádřen ve tvaru válce. (CIE, 1931)



Obrázek 6:  $L^*a^*b^*$  barevný prostor

CIE vytvořila sadu barevných prostorů, které určují barvu z hlediska lidského vnímání. Následně vyvinul algoritmy pro odvození tři imaginárních primárních složek barev -  $X$ ,  $Y$  a  $Z$ , které lze kombinovat v různých úrovních produkovat, a lidské oko může vnímat. Výsledkem je barevný model CIE XYZ, a další barevné modely CIE tvoří pak základ pro všechny barevné systémy. Přesto že hodnoty RGB a CMYK se liší, lidské vnímání barev zůstává konzistentní. Barvy mohou být specifikovány v CIE na bázi barevných prostorů způsobem, který je nezávislý na vlastnostech konkrétního zobrazení nebo reprodukčního zařízení. Cílem tohoto standardu je pro danou CIE - založenou barvu specifikovat a produkovat konzistentní výsledky na různých zařízeních.

Mezi hodnotami  $X Y Z$  a  $L^*a^*b^*$  platí vztahy, které známe pod označením CIE-LAB:

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right]$$

A to pokud platí  $\left( \frac{X}{X_0} \right), \left( \frac{Y}{Y_0} \right) a \left( \frac{Z}{Z_0} \right) > 0,008856$ . Pokud naopak jsou tyto podíly větší než 0,008856, pak platí:

$$L^* = 903,3 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)$$

$$a^* = 3893,5 \left[ \frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0} \right]$$

$$b^* = 200 \left[ \frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0} \right]$$

Přičemž  $X_0, Y_0, Z_0$  jsou hodnoty pro referenční bílý bod použitého osvětlení nebo pozorovatele.

### 3.4.2 CIE L \* a \* b \* Barevné odchylky

CIE 1976 barevný prostor je přibližně jednotný k porovnání malých barevných rozdílů. To znamená, že pro exempláře ve srovnání se standardním, barevném rozdílu (vzdálenosti), v jakémkoliv směru je stejně důležitá. Takto CIE L \* barevný rozdíl a \* b \* ( $\Delta E^*$ ) je stejně potřebný ke kombinaci souřadnic (L \*, a \*, b \*) rozdílů. Přijatelnost průmyslové barvy jsou často založeny pouze na stejně vážený CIE barevný rozdíl ( $\Delta E^*$ ) funkce. Nevýhodou použití CIE L \* a \* b \* v tolerování systémů je, že pravoúhlý objem není dobře přijatelný v souladu s vizuálním zážitkem. Vizuální objemová přijatelnost (v CIE 1976 prostor), má obvykle podobu elipsoidu, jehož menší osa se vyrovná ve směru změny odstínu. Vzhledem k tomu, jak tvar a uspořádání L \* objem \* b \* nesouhlasí dobře s vizuálním zážitkem, barvy v blízkosti okrajů může být vypočtena jako přijatelná, i když vizuálně posuzována je za nepřijatelnou. CIE L \* C \* h \* lze také popsat, kde se nachází v CIE 1976 barevném prostoru za použití metody s uvedením jejich L \*, C \* a h \* souřadnic. V této metodě, L \* souřadnice jsou stejné jako v L \* a \* b \*, zatím co C \* a \* h souřadnice jsou vypočteny a \* a b \* souřadnice. Stejná barva je stále ve stejném umístění v barevném prostoru, ale CIE L \* a \* b \* a CIE L \* C \* b \* jsou dva různé způsoby, jak popsat svou pozici. CIE L \* C \* h \* barevný prostor je trojrozměrný, s barvami se nachází na válcových souřadnicích:

L \* - Souřadnice - lehkost (stejně jako v L \* a \* b \*).

C \* -chroma, vzdálenost od osy lehkosti.

h \* -úhel odstínu, vyjádřený ve stupních.

Mnoho uživatelů systému CIE preferují metodu L \* C \* h \* o určení barvy, neboť pojem odstín a sytost souhlasí s dobře vizuálním zážitkem. Pro průmyslové aplikace barevného tolerování, CMC nabízí výhody nad CIE L \* a \* b \* a CIE L \* C \* h \* systémy.

Jeden ( $\Delta E_{CMC}$ ) tolerance mohou být použity, spíše než více tolerance ( $\Delta L^*, \Delta C^*, \Delta H^*$ ).

$\Delta C^*$  chroma rozdíl.

$\Delta h^*$  rozdíl odstínu úhlu.



$\Delta H^*$  rozdíl metrického odstínu.

CIE 1976  $\Delta E^*$  a  $D \Delta L^*$ , kde rozdíl je stejný pro všechny dvojice barev, ať už pomocí CIE  $L^* a^* b^*$  nebo CIE  $L^* C^* h^*$ . CIE  $L^* C^* h^*$  a barevná tolerance CIE  $L^* C^* h^*$  systému vyhledá barvu ve trojdimenzionálním CIE 1976 barevném prostoru, založeném na  $L^*$ ,  $C^*$  a  $h^*$  souřadnicích. Správa barev a přijatelnost použití tohoto systému je podobné použito pro CIE  $L^* a^* b^*$ , kromě toho, že barvám ( $C^*$ ) a odstínu úhlu ( $h^*$ ) jsou použity místo  $a^*$  a  $b^*$  souřadnice. Objemná CIE  $L^* C^* h^*$  přijatelnost odpovídá lépe vizuálnímu vyhodnocení elipsoid, než je tomu v případě CIE  $L^* a^* b^*$ . Vyrovnání objemu je obvykle přijatelný, ačkoli tvary se výrazně liší. Barvy na okrajích z  $L^* C^* h^*$ , kde se pevná látka často vypočte jako přijatelná i když vizuálně je posuzována za nepřijatelnou.

$$\Delta E_{CMC} = \left[ \left( \frac{\Delta L^+}{S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C^+}{S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H^+}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2}$$

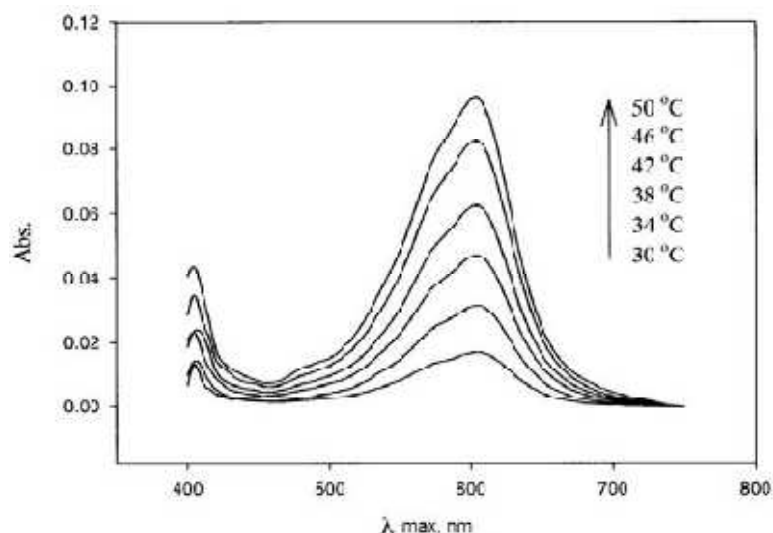
CMC vzorec barevného rozdílu je založen na kolorimetrických zásadách systému CIE 1976. CMC barevný rozdíl ( $D E_{CMC}$ ), modifikace (transformace). CIE  $L^* C^* h^*$  barevný rozdíl, se ukázalo být užitečným měřítkem a přijatelně komerční u barevných produktů. CMC barevný rozdíl se často používá, jako barva výrobní aplikace, kde číselné tolerance mohou být stanoveny a používány. Důležitou výhodou CMC je, že jakmile tolerance byla úspěšně zavedena pro produkt, stejná tolerance může být použitelná pro jiné barvy vyrobené za obdobných obchodních podmínek. Stejná ( $\Delta E_{CMC}$ ) tolerance může být často použita pro skupinu obdobných produktů, bez ohledu na jejich barvu. Počítačové barevné rozdíly ( $\Delta E_{CMC}$ ) obecně lépe korelují s vizuálním hodnocením.  $S_L$ ,  $S_C$ , a  $S_H$  jsou CMC váhové funkce, upraveny CIE rozdíly ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ), v závislosti na umístění standardu v CIE 1976 barevném prostoru. Uživatel CMC vzorce obvykle nastaví hodnoty pro  $L$  a  $C$  parametry, podle praxe v jeho průmyslu.  $l$  a  $c$  jsou číselné parametrické faktory, které umožňují nezávislé váhové lehkosti ( $\Delta L^*$ ) a chroma ( $\Delta C^*$ ) rozdíl, vzhledem k odstínu ( $\Delta H^*$ ). V roce 1995, CIE zveřejnila doporučené postupy pro průmyslové hodnocení barevného rozdílu (CIE 116-1995), včetně kompletního barevného model pro průmyslové hodnocení určený CIE 1994 (ve zkratce CIE94), symbol  $\Delta E^*_{94}$ . Hodnoty zvolené pro parametrické faktory jsou uvedeny v pojmenování CIE94 (kl, KC, kH). Byly původně nastaveny CIE94 parametrickými faktory (kl, KC, kh), kde se rovnají jednoty definovaných referenčních pozorovacích podmínek vnímáním rozdílu barev. (Nassau, 1998)

## 3.5 Termochromismus

Změna barevnosti vlivem teploty je jednou z metod přidání funkčnosti buď do tiskové barvy, nebo polymeru. Barvové změny vlivem teploty je možné dosáhnout vícero způsoby, např. pomocí tekutých krystalů. Mnohem levnější a všestranně využitelné jsou pigmenty na bázi molekulárních komplexů s přenosem náboje. Základním principem těchto termochromních pigmentů je tříložková směs vhodného barviva, vývojky a rozpouštědla. Termochromismus je charakterizovaný změnou odstínu v důsledku změny okolní teploty a teploty substrátu. Jedná se o znatelnou reversibilní barevnou změnu způsobenou bodem varu tekutiny, bodem varu rozpouštědla v případě roztoku nebo bodu tání u pevných látek. Zatímco tato definice je aplikovatelná na většinu anorganických nebo organických látek, můžeme označení termochromní také aplikovat i v důležitých technických oblastech, které vyžadují i jiný venkovní podnět spolu s teplotou sledované barevné změny jako např. termochromní pigmenty. Technicky vhodnější přístup je oddělení od vratného organického termochromismu tak zvané uvnitř systému, kde teplo je jediná příčina barevné změny, z nepřímého systému, ve kterém barevný způsob zahrnuje změnu prostředí okolo chromoforů vyvolanou změnou teploty. Termochromní materiály používány pro výšivky, tkací příze, na přenosový papír pro přenosový tisk na různé typy textilních materiálů a také na ochranné známky či loga textilních výrobců. Vlivem termochromní teploty, jako se sluneční světlo, UV záření, jako tepelná energie působí, že barva slábne, zatímco stimulant či světelná energie způsobí, že začne materiál vybarvovat. (Viková, 2009)

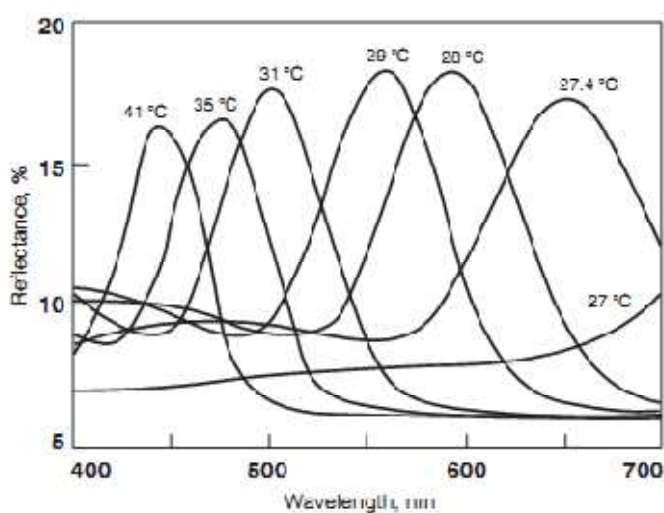
### 3.5.1 Měření termochromního materiálu pomocí spektrofotometru

R. M. Christie a kolektiv vyvinuly soubor se k měření barvy na termochromních textiliích s využitím tradičního spektrofotometru. Skládal se z tepelné-fáze a regulátoru teploty.



Obrázek 7: Absorpční spektrální změny při zvýšení teploty

Termochromický inkoust aplikován na černý polyester v rozmezí teplot 26-47° C. Postupný posun odrazivosti.



Obrázek 8: Odrazivost spektra (termochromický inkoust na černém polyesteru)

Obrázek ukazuje odraz vlnového pásma, typicky nematické tekuté krystaly, které jsou soustředěny o vlnové  $\lambda_0$  :

$$\Delta\lambda_0 = n_p$$

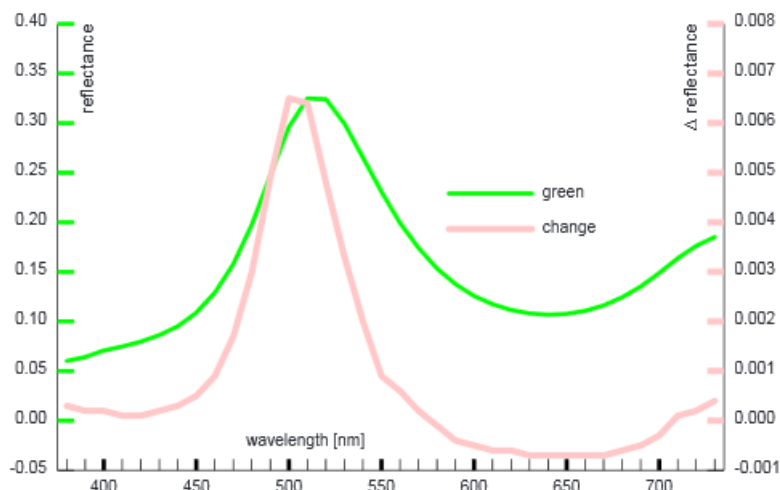
Šířka pásma je dána:

$$\Delta\lambda = p\Delta n$$

kde  $\Delta n$  je rozdíl mezi lomu indexy rovnoběžně se směrem tekutých krystalů.

### 3.5.2 Problémy spojené s termochromismem

Termochromismus vede k nízké pevnosti barvy a často mají negativní vliv na tkaniny. Další problém spojený s termochromismem je špatná vlastnost stálobarevnosti. Materiál vlivem termochromismu bledne a při slabém osvětlení mění stálost barvy. Příkladem je barva měnící se od žluté až oranžové, při 51 ° C a z červenou i třeba na černou při 70 ° C. (Chowdhury, Joshi, Butola, 2014)



Obrázek 9: Rozdíl v odrazu vlivem tepla

### 3.5.3 Hydrochromismus

Představuje vliv vlhkosti (vody) na barevnou diferenci materiálu. Vlivem působením vlhkosti na materiál dochází ke změnám, které způsobí barevnou odchylku od původního stavu.

## 3.6 Barevný standard

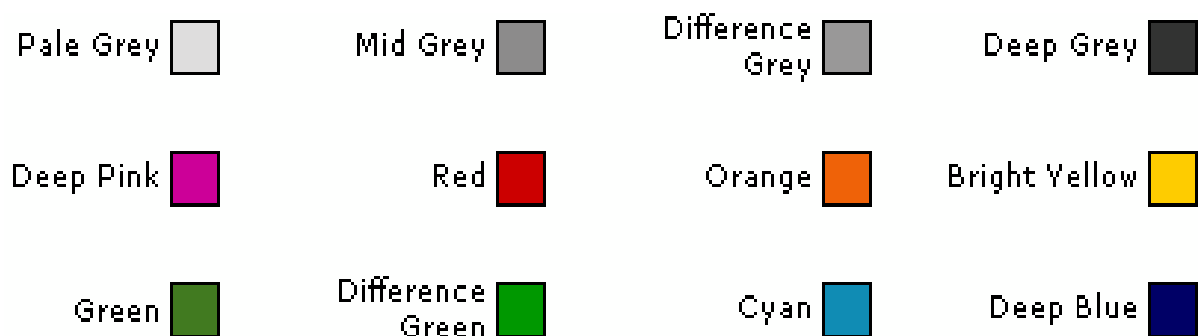
(CERAM) Barevné standardy jsou založeny na speciálně vyvinutém nízkém rozšíření dlaždicového těla, které pomáhá udržovat stabilitu hotových norem. Profily dlaždic jsou pečlivě kontrolovány tak, aby normy představovaly velmi mírný konvexní povrch pro měřicí přístroje, tím je zajištěno, že jsou plně v kontaktu s měřicími otvory přístroje. Glazury jsou pečlivě vybírány, aby vad na povrchu bylo co nejméně a zároveň se dobře vyvíjely barvy, které jsou potřebné. Hotové standardy jsou velmi neprůhledné. Výroba je pečlivě kontrolována ve všech fázích, od použití glazury na dlaždice těla, přes teplotu na 1050 ° C, UV záření. Plně matná norma standardu se vyrábí pomocí speciální techniky, vyvinuté proti otěru při CERAM, která zajišťuje rovnoměrné matný povrch v celé oblasti měření. Tyto normy jsou odolné, pokud jsou standardy znečištěny během používání, dají se očistit. Jejich výhodou oproti lesklému

povrchu je snadnější přesnost. Podle požadavků zákazníků jsou k dispozici různé tvary standardů. Jejich barevnost jsou uvedeny níže.



Obrázek 10: CERAM keramické barevné standardy (Serie I)

CCS byly rychle přijaty jako nejvíce užitečné a spolehlivé, pro jejich přesnost a spolehlivost. V roce 1983 je na světě více než tisíc sad. Do poloviny roku 1970, zatímco fungovalo dobře, SDC, NPL, a BCRA začaly diskutovat o tom, aby poskytovaly lepší kontrolu pro výkon moderních nástrojů, které by se postupně zlepšily. Ve stejném období byla vytvořena nová sada CCS. Ta měla mít více konzistentní povrch a lepší diagnostickou hodnotu. Nová sada - CCSII - byla vyvinuta s BCRA ve spolupráci s NPL. Vše bylo zahájeno na 20. zasedání CIE v Amsterdamu v roce 1983.



Obrázek 11: CERAM keramické barevné standardy (Serie II)

Nové sady se ukázaly být velmi stabilní a mohly být používány k monitorování rušivých hodnot, dlouhodobou opakovatelností a přesností. Měřítka úspěchu CCSII bylo ocenění Queens Award za technický úspěch v roce 1989. K dnešnímu dni bylo vydáno více než 3500 sad CCSII a 25.000 bílých standardů a poptávka po nich stále neklesá. V dalších letech po CCSII, vznikají nové Black&White standardy, které byly zavedeny pro CERAM. Vzniká nová norma standardů. Standardy mají užitečnou funkci v tom, že jejich barva změní výrazně vzhled při pohledu na jiné světelné podmínky. Vše je znázorněno níže.



Obrázek 12: Nová norma standardů

Nástroje musí být specifikovány, tak i postupy pro měření, sběr dat a podávání zpráv. Pracovní Barevné standardy se vyrábí a následně distribuují. Nástroje jsou re-certifikovány, [b] a jejich postupy přezkoumávány. Zde nemůže být nic ponecháno náhodě. Firemní barva musí stanovit následující:

Geometrické vlastnosti měřicího přístroje; obvykle  $0^\circ / 45^\circ$ ,  $45^\circ / 0^\circ$ , nebo sférické (také známý jako  $D8^\circ$  nebo difúzní  $8^\circ$ ). Dá se silně argumentovat pro nebo proti konkrétní volby. Průměr měřicího otvoru určí laboratoř, co, kdy, kde, jak a jak často se má měřit produkt. Není-li opatření přesně podle návodu, nebude vše fungovat správně. Laboratoř musí nejprve zjistit numerické přístrojové schopnosti, a jaký typ metriky (y), bude nutné pro pravidelné podávání zpráv. Měření barev spadají do čtyř specifik. [ 1 ] Na vstupní úrovni jsou filtrované denzitometry. Tyto jednotky se velmi liší ve funkci. Dražší jednotky umí přidat řadu numerických funkcí, včetně - Trap , Dot Area / Dot Gain , tisk kontrastu, že je v odstínu chyba, stupeň šedé. [ 2 ] Na denzitometrech je položen základ spektrálního kolorimetru. Obecně tyto jednotky neposkytují denzitometrickou analýzu. Spíš vytvářejí metriky založené na systému CIE.  $L^* a^* b^*$ ,  $L^* c^* h^\circ$ , XYZ , Yxy , a dalších výpočtů. [ 3 ] Další přístroje, které se využívají k měření, jsou spektrofotometry. Jejich jednotky obvykle nabízejí stejné metriky, jako jsou kolorimetry, které jsou též schopny produkovat data, které definují spektrální odrazivost (nebo propustnost) měřeného vzorku. Přesné měření může existovat pouze tehdy, pokud jsou jednotlivé nástroje pečlivě udržovány. Přístroje musí být kontrolovány, pro jejich dobrý provozní stav. (McReynolds, 1998)

### 3.6.1 BCRA Dlaždice

Kolorimetrický program kontroly kvality se nejnadhěji používá v jakékoliv databázi. Prvotní údaj stanoví základ pro probíhající program pro správu barev. Pečlivě se měří a zaznamenávají údaje pro každý z dvanácti dlaždic. Počáteční údaje jsou použity pro stanovení referenčních hodnot. Materiál, který je přinesen do laboratoře k analýze, musí být stabilizován před provedením zkoušky, též vše platí pro měřicí zařízení. Co je hlavní barevný standard? Norma, reprezentovaná a požadovaná jako firemní barva. Jeden barevný standard musí existovat pro každé médium nebo typ procesu a pro každou barvu, kterou chce společnost měřit a řídit. Řekněme například nelakovaný tuš na kartonu. Barevný standard se nachází v laboratoři a je uložen v uzavřeném

potemnělém prostředí, kde je chráněn před silným světlem. Standard je též datově kódován, po nepečlivém zacházení musí být standard vyměněn, pokud je zašpiněn, vybledlý, nebo jakýmkoliv způsobem poškozen, musí být stanoveno jeho datum konce, následně vyměněn a zlikvidován. Kolorimetrická data jsou uložena pomocí počítače (QC software, databáze nebo tabulky) nebo ručně ve formě protokolu. Co je vizuální barevný standard? Barevný odkaz, který je označen jako vizuální barevný standard. Vizuální barevné standardy jsou vyrobeny ze stejných materiálů a vyrábějí se stejnými postupy jako pracovní barevný standard. Stejně, jak pracovní barevný standard, vizuální barevný standard by měl přijmout zvláštní péči při manipulaci a skladování. Každý barevný standard musí mít trvale připevněn štítek. Označení zahrnuje následující informace: jako je barevné jméno a revize (Royal Purple Rev C).

Co je pracovní barevný standard? Pracovní barevný standard je shodný s barevným standardem v mnoha ohledech, obvykle je vyroben ze stejného materiálu a má stejný vzhled, velikost a tvar. Existuje mnoho pracovních barevných standardů (pro daný proces a barvy). Pracovní barevný standard opět vyžaduje zvláštní péči při manipulaci a skladování. Měření se provádí v laboratoři pomocí schváleného přístroje a postupu měření.

### 3.6.2 Spectralon standardy

Tyto barevné standardy nabízejí výjimečné vlastnosti odrazivosti, které jsou téměř dokonale Lambertovské. Na rozdíl od keramických dlaždic, je Spectralon nezávislá na geometrickém zobrazení. Odrazivost standardů je velmi konzistentní a reprodukovatelná. Tato vlastnost pomáhá eliminovat hrubé marže chyb ve výrobním procesu, jako jsou nátěry a barvy. Vysoká tepelná stabilita barevných standardů eliminuje nutnost pečlivě kontrolovat teplotu v laboratoři. Mírná změna barvy s rostoucí teplotou, je velmi pozvolná a může být snadno monitorována. Labsphere mohou produkovat vlastní barevné standardy, aby vyhovoval individuálním potřebám. Spectralon barevné standardy jsou k dispozici buď kalibrované, nebo nekalibrované v různých konfiguracích. Spectralon podporuje rozptýlené barevné standardy ve vývoji konzistentní reprodukci barev pro výrobce produktů, jako je textil, papíry, farmaceutických výrobků, barev a inkoustů. Tyto barevné standardy poskytují vysoce stabilní, reprodukovatelnou spektrální odrazivost. Na rozdíl od keramických barevných dlaždic, které se vyznačují zrcadlovým povrchem, Spectralon barevné standardy jsou velmi rozptýlené, čímž se zjednoduší postupy měření tím, že odstraní vliv geometrie pohledu. Barevné standardy jsou trvanlivé a udržují konzistentní odrazivost v průběhu času.

#### Black Glass Standardy

Vysoce lesklé černé sklo je vhodné jako standard pro lesk, nízkou odrazivostí v směrovém/ směrové geometrie, a také na zřízení účinnost " koule nuly,

v zrcadlově vyloučena v geometrii pomocí integrující koule. Černé sklo je standardně upevněno v držáku Delrin s krytem pro ochranu optického povrchu.

#### Rozptýlené difúzní standardy

Tyto standardy mohou nabídnout nejvyšší hodnoty difúzní odrazivosti v jakékoliv známé látce. Jsou to odolné, chemicky inertní normy, které mohou mít typické hodnoty v odrazivosti v rozmezí od 2% do 99% a jsou spektrálně v ploše přes UV-VIS-NIR spektra. Rozptýlená odrazivost, norma, je k dispozici samostatně a v sadách, skládající se z difúzní bílé normy a výběrově rozšířené o šedé standardy. Každý standard je dodáván s kompletními daty difúzní odrazivosti z 250 - 2500, každých 50 nm. Všechny standardy jsou uloženy v odolném držáku Delrin s ochranným krytem. Používají se pro LED display, všeobecné osvětlování.

#### Barevné pastelové standardy

Barevné pastelové Standardy jsou ideální pro použití v laboratorních nebo výrobních situacích, kde může být nepředvídatelné životní prostředí nebo tam, kde úzké barevné tolerance jsou povinné. Tyto pastelové standardy poskytují vysoce stabilní, reprodukovatelnou spektrální odrazivost. Pastelové standardy je velmi konzistentní a reprodukovatelné. Standardy jsou určeny pro pomoc při rozvoji reprodukci barev pro výrobce papíru a textilií, kde barvy jsou často méně syté, než při použití pro plasty nebo kovy. Konzistentní odrazivost je rozhodující pro řízení kvality ve výrobním procesu. Jejich barva zůstává konzistentní a není ovlivněna teplotními posuny ve výrobním nebo laboratorním prostředí, takže není nutné, aby byla řízena teplota v laboratorních podmínkách. Tento atribut se obzvláště dobře hodí do míst, kde může teplotní výkyv překročit 10 ° C.

#### Vlnové kalibrační standardy

Vlnová délka Kalibrační standardní sady se skládá ze tří kalibračních standardů pokrývajících oblast UV-VIS-NIR spektra. Každý standard je formulována impregnační substrátu ze vzácných zemin, který zobrazuje ostré absorpční hroty v určitých vlnových délkách. Kompletní absorpce spektrálního údaje je dodávána s každou normou. Tyto odolné a chemicky inertní standardy jsou ideální pro kalibraci ve vlnové délce pro spektrofotometry, reflektometry a dalších spektrálních přístrojů. Norma se používá pro stanovení přesnosti vlnových rozsahu odrazivosti spektrofotometry.

#### Fluorescenční standardy

Fluorescenční standardy ve vývoji opticky rozjasňuje materiály, jako je papír a textilie, které jsou široce používány v kosmetickém průmyslu. Na rozdíl od



jednorázových papírových fluorescenčních standardů, standardy fluorescence poskytují vysoce stabilní, reprodukovatelnou fluorescenční odrazivost po dlouhou dobu v měnících se podmínkách. Jsou fotochemicky stálé, ve srovnání s jejich protějšky organické.

### 3.7 Spektrofotometrické chyby

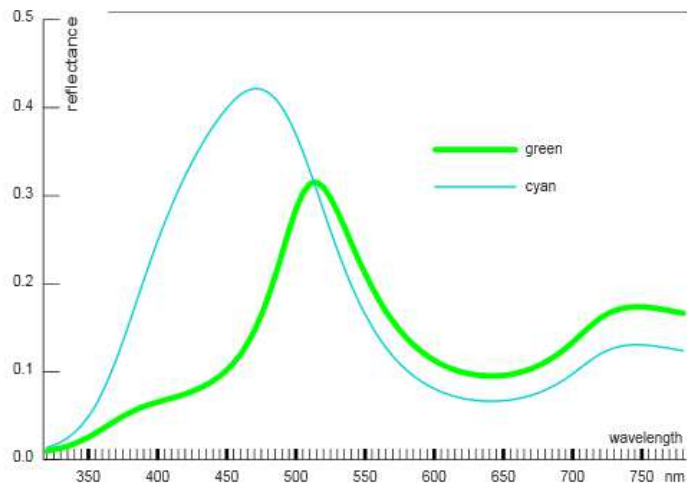
Spektrofotometrické chyby jsou popsány v této části, k dosažení cílové úrovně souhlasu 0,5  $\Delta E_{ab}$  jednotek CIELAB, že je třeba zjistit a opravit chyby v barevném měření. Seznam hlavních chyb:

- Chyby v absolutním měřítku difuzní odrazivosti a 0/45 zář faktor.
- Chyby způsobené různými vlastnostmi bílých referenčních standardů.
- Nesprávná nulová úroveň.
- Chyba ve vlnové délce ve stupnici.
- Chyba vyloučení paprsku.
- Chyby způsobené nejednotností sběru integrace sféry.
- Polarizační chyby v 0/45 geometrii.
- Rozdíly v metodách pro výpočet barevných dat ze spektrálních dat.
- chyby způsobené thermochromismem ve vzorcích.
- Chyby v důsledku závislosti spektrální rozlišení na šířku pásma, rychlost skenování a integrační čas.
- Geometrický rozdíl mezi osvětlením a sběru optiky.

V současné době neexistuje žádná metoda pro kvantifikaci účinků geometrických rozdílů (poslední položka) a aplikaci oprav. Jen metody k používání minimalizaci chyb v důsledku nerovnoměrnosti kolekce integrace sféry, což je pro měření matného Sam-ples proti matnému standardu a lesklými vzorky proti lesklému standardu, nebylo prokázáno, velmi efektivní. Je jasné, že existují významné neurčené chyby, které zůstanou bez korekce. Integrace chyby koule vzhledem k tomu, že integrující koule není ideální koule, ale polokulovitá koule. Některé přepážky uvnitř koule brání přímé světlo od nárazu na detektor. (Hiltunen, 2002)

#### Chyby v absolutním měřítku difuzní odrazivosti

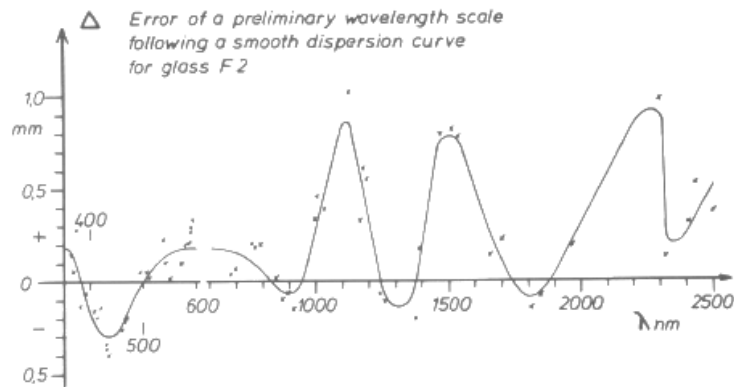
Metoda se použítá pro vzájemná srovnání, kde se metoda opírá o stabilitu bílé referenční dlaždice, přesně přenáší společné absolutní měřítko pro všechny vzorky a to s vysokým stupněm přesnosti. Všechny standardy jsou kalibrovány NPL, poskytují společné měřítko pro matné a lesklé kalibrace. Tyto váhy obsahují vlastní nejistotu spojenou s NPL kalibrací.



Obrázek 13: Spektrální křivky odrazivosti dvou NPL dlaždic

### Chyby v důsledku rozdílných vlastností bílých referenčních standardů

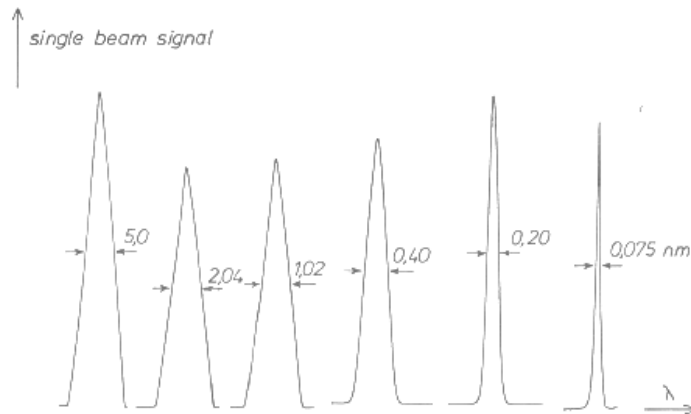
Při měření matných vzorků pomocí spektrofotometru, kde chyby mohou být zavedeny, pokud je přístroj kalibrován pomocí lesklého standardu. Totéž platí pro lesklé měření proti matnému standardu. Pro minimalizaci těchto chyb standard, když je matný by měl být použit pro matný vzorek a lesklý pro lesklé vzorky.



Obrázek 14: Nepravidelnost odrazu na lesklý materiál

### Šíře pásma

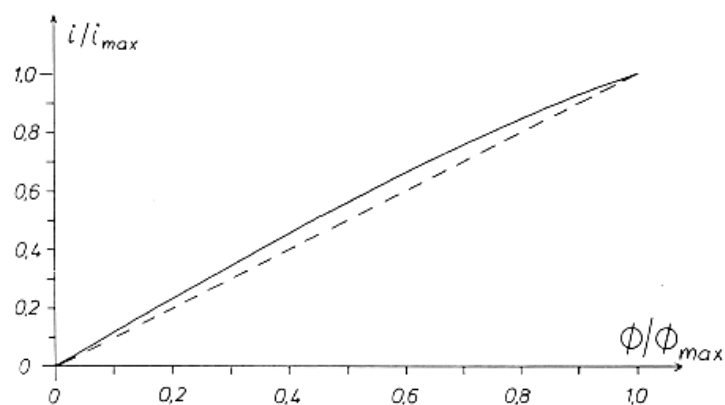
Šíře pásma se nejlépe kontroluje v záznamu signálu jako ve funkci vlnové délky, kdy se ozařují izolované emisní čáry. Šíře pásma je výrazně nad limitem, dojde k vytvoření známého trojúhelníku, přičemž se šíře pásma blíží k zaoblenosti křivek. Zmíněné křivky jsou méně vhodné pro stanovení šířky pásma. Absorpční pásy nejsou dostatečně izolovány. Šíře pásma je menší než vzdálenost. Separace absorpčních pásů je pravděpodobně nejvhodnější postup.



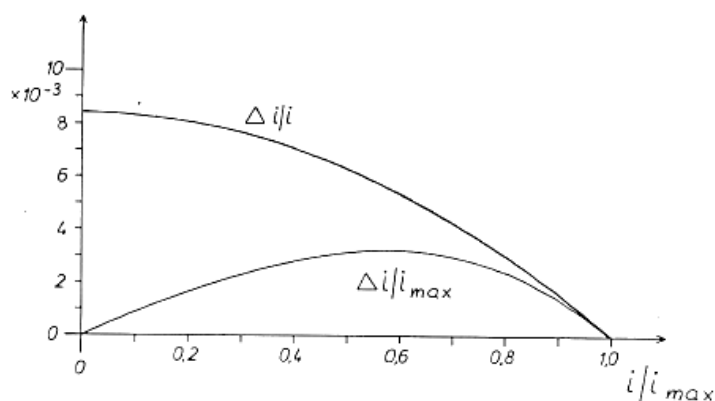
Obrázek 15: Šíře pásma stanovená s izolovaných emisních čar

### Fotometrická nelinearita

Nedostatek linearity do detekčního systému způsobuje chyby ve výsledku. Fotometrická chyba linearity předpokládá, že reakce fotodetektoru není lineární přes odrazivost stupnice od 0 % do 100%. Směrem k horní hranici rozsahu signálu, nasycení CE detektoru nebo elektroniky může dojít. Tam mohou být také některé další vlivy jako je inter - reflexe mezi skleněnými plochami uvnitř přístroje a snížením v reakci s tmavými vzorky. Nejjednodušší typ vztahu mezi skutečnou hodnotou odrazivosti  $R$ , a instrumentální hodnotou  $R$  značí kvadratickou formu. Což znamená, že rozdíl v největší úrovni odrazivosti je 50 %. Definice chyby nelinearity je založena na předpokladu, že chyba je nulová na 100 % a 0 %. Úroveň 100 % odpovídá vzorku, se měří proti sobě a chyby na úrovni 0 % jsou klasifikovány jako chyba temné hladiny, tudíž odděleně.



Obrázek 16: Nelinearita bez odezvy detekčního systému



Obrázek 17: Expres nelinearity dle vzorce  $\Delta \frac{i}{i_{max}}$

Tyto dvě metody jsou založeny na skutečnosti, že  $I_{max}$  (či ekvivalentní odečet na nástroji) odpovídá maximální hodnotě  $\langle I \rangle_{max}$  zářivého toku, kde je stanoven jako referenční bod. Pokud  $i_d$  se jeví jako temný proud, následující rovnice měla podržet proud  $i_{lin}$  který má přísný lineární vztah se zářivým tokem  $\langle I \rangle$  (obr. 10):

$$\frac{(i_{lin} - i_d)}{(i_{max} - i_d)} = \phi / \phi_{max}$$

Rozdíl mezi skutečnou naměřenou hodnotou a hodnotou odvozenou z rovnice linearit chyby:

$$\Delta i = i - i_{lin}$$

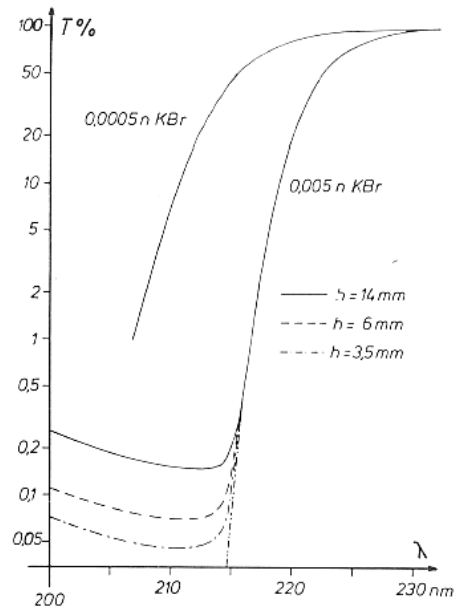
Obě metody vyjadřují chybu linearit jako zlomek změřených výsledků, obvykle v procentech. Obě metody se liší v tom, že chyba je uvedena buď na maximální hodnotu  $I_{max}$  nebo skutečné  $i$  (obr. 11). V obou případech zjištěné chyby nebo odvozené opravy jsou platné pouze pro měření, které jsou založeny na zářivém toku  $\langle i \rangle_{max}$ . Který způsob je zvolen, závisí na uživateli. Praktikovat odkaz na maximální hodnotu je o něco jednodušší na opravu propustnosti, protože korekce může být přidána přímo. Odkaz na individuální hodnotu má výhody v případě, že propustnost je nízká, pro následující rovnici platí:

$$\Delta A = 0.434 (\Delta i / i)$$

### Nesprávná nulová úroveň

Integrovaná chyba tmavé úrovně je především v důsledku světla rozptýleného uvnitř optiky ve spektrofotometru. Může být také součástí elektronického

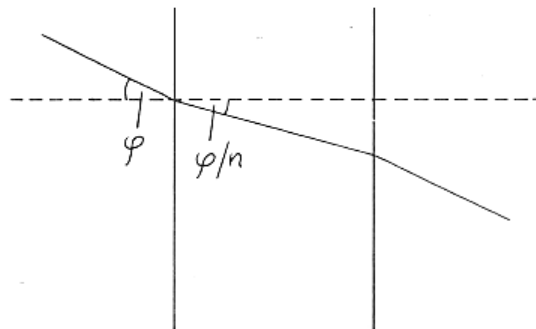
offsetu. Chyba je určena dle umístění černého skleněného klínu na vzorku portu, který absorbuje světlo v hlavním paprsku a měřením různou variací odrazivosti s vlnovou délkou, který se nazývá optický klín.



Obrázek 18: Stanovení poměru rozptýleného světla a jeho variace s výškou

### Sklon paprsku

Ne všechny paprsky procházející vzorkem ve fotometru jsou rovnoběžné. Odchytku paprsků z normálního povrchu vzorku způsobuje délka cesty paprsku a chyby reflexe. V případě, že optická osa je kolmá k povrchu, délka dráhy pro maximální vnější úhel dopadu nepřekročí délku dráhy pro kolmý dopad.



$$\sqrt{1+(\varphi/n)^2} \approx 1 + \frac{1}{2}(\varphi/n)^2$$

Obrázek 19: Chybná délka paprsku

Rovnice správného sklonu a délky paprsku, musí vycházet:

$$\varphi_{\max}^2 \leq 2n^2\epsilon$$

Kde  $n$  je index lomu vzorku. V případě, že světelný paprsek na vzorku má průřez určuje zachytávané světlo a sílu. Měření zdroje světla a šířky pásma pomocí zářivého toku a počet  $Nt$  (fotoelektrony) s jednotkou času. Rovnice se vypočítá:

$$N_t = L_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot A \cdot \pi \cdot \varphi_{\max}^2 \cdot \tau \cdot q/h\nu$$

kde  $q$  je kvantový výtěžek z katody,  $T$  propustnost celého optického systému,  $h$  je Planckova konstanta  $t$ , a frekvence světla.

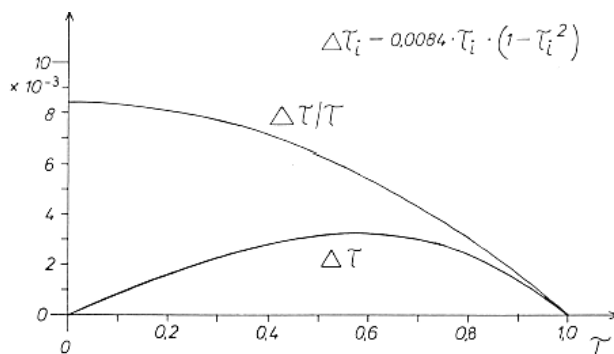
$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} = \frac{1}{\varphi_{\max}} \cdot \frac{\sqrt{h \cdot \nu}}{\sqrt{\pi \cdot L_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot A \cdot q \cdot \tau \cdot t}}$$

### Chyba odrazu

Je způsobena šikmými paprsky, které se odrážejí jinak, než je obvyklé. Odraz složky souběžně polarizovaného s rovinou dopadu snižuje, zatímco odraz z kolmo polarizované zvyšuje komponent. Účinky jsou protilehlé stejně pro malé úhly. (Reule, 1976)

$$\Delta\tau = \pm 4\tau \cdot \frac{r}{n} \cdot \Psi^2.$$

### Šikmý dopad



Obrázek 20: Negativní chyba způsobená pozitivní korekcí šikmého dopadu

### 3.8 Vliv vlhkosti textilních vláken

Textilní vlákna udržují rovnováhu vlhkosti mezi okolním prostředím. Absorpce či desorpce vody dochází ke změně rozměrů vláken. Změny v rozměru mohou vést k odírání a mechanickému poškození vláken. Je-li voda absorbována do vláken z vodní páry, dochází nejprve ke srážení na povrchu vláken. V závislosti na relativní vlhkosti vzduchu je část srážené vody transportována do vlákna. Část vody zůstává na povrchu a je transportována kapilárními silami. Sorpce vlhkosti ve vláknech ovlivňují hydrofilní (schopné vázat vodu) skupiny v makromolekule vlákna a jejich přístupnost pro molekuly vody.

Celulózová vlákna mají tři hydrofilní skupiny ve své strukturní jednotce, přesto však nesorbují vlhkost stejně (závisí na jejich přístupnosti). Sorpce a desorpce vlhkosti neprobíhají u textilních vláken stejně. Znamená to, že vlhkost vlákna, která je za daných podmínek, jako jsou teplota, tlak, relativní vlhkost vzduchu v rovnováze s okolím, bude různá, jestliže tohoto stavu bylo dosaženo sorpcí či desorpce. Obecně platí, že v celulózových vláknech dochází ke zvýšení pevnosti a to zvyšujícím se obsahem vlhkosti naopak u vlněných a hedvábných vláken dochází ke snížení pevnosti se zvyšujícím se obsahem vlhkosti. Nemusí to platit pro již poškozená vlákna.

Bavlněná vlákna jsou velmi citlivá na změnu vlhkosti. V nasyceném prostředí vodní páry pohlcuje bavlna 25-27 % vlhkosti. Lněná i jutová vlákna jsou silně navlhavá, juta je schopná pojmout v páře až 34 % vlhkosti. Vlněná vlákna při 100 % relativní vlhkosti vzduchu obsahují až 33 % vlhkosti. Při nízké relativní vlhkosti vzduchu (znamená to méně než 40 %) se přírodní vlákna stanou křehká a lámavá, dochází k jejich vysušení. Důsledkem absorpce vody je změna rozměrů vláken – bobtnání. Přirozená bavlněná vlákna mohou v kapalně vodě bobtnat v příčném směru, až o 40 % ve studené vodě asi o 10 %, chemicky poškozená o 20 % i více. Při opatrném sušení se rozměry vlákna vrací do svých původních rozměrů. Vlněná vlákna bobtnají v příčném směru o 35-40 % a v podélném o 1- 2 %.(Hladík a kolektiv, 1970)

Typ vlákna	Obsah vlhkosti %
bavlna	6-8
Len, konopí	12
juta	13,8
vlna	16-18
hedvábí	11

Tabulka 1: Množství vlhkosti ve vláknech při 20 °C a 65 % RH

### 3.8.1 Rozdělení vlhkosti textilních materiálů

Textilní materiály mají schopnost adsorbovat či desorbovat vlhkost z okolí nebo do okolí. Vlhkost textilních vláken závisí za normálních podmínek na relativní vlhkosti vzduchu a teplotě okolí. Vlhkost se na textilní materiály váže různým způsobem.

Adhezní vlhkost lze odstranit mechanicky, což znamená ždímáním či odstředováním. Voda tvoří vlhkost, která ulpívá na povrchu vlákna a je tak zadržována ve volnějším prostoru textilie a v tom případě není vázána ve vlákně.

Kapilární vlhkost je oproti adhezní vlhkosti vázána ve vláknech textilie kohezními a adhezními silami v kapilárách. Voda se do kapilár dostane smočením textilie či kontaktem s vysokým vlhkým prostředím. Odstranění této vlhkosti se dosahuje termickým sušením, není ale žádoucí, jelikož dochází k poškození textilie.

Hydroskopická vlhkost, kde je příčinou voda, která se váže na vlákno textilie z okolního prostředí. K dosažení rovnováhy s relativní vlhkostí okolního prostředí, pojmají vlákna pouze tolik vlhkosti kolik je potřeba. Lze odstranit pouze termicky, nutno převést na páru, při daném okolním tlaku, a nelze ji odstranit mechanicky.

Vlhkost bobtnací materiál, který je v přímém kontaktu s vodou.

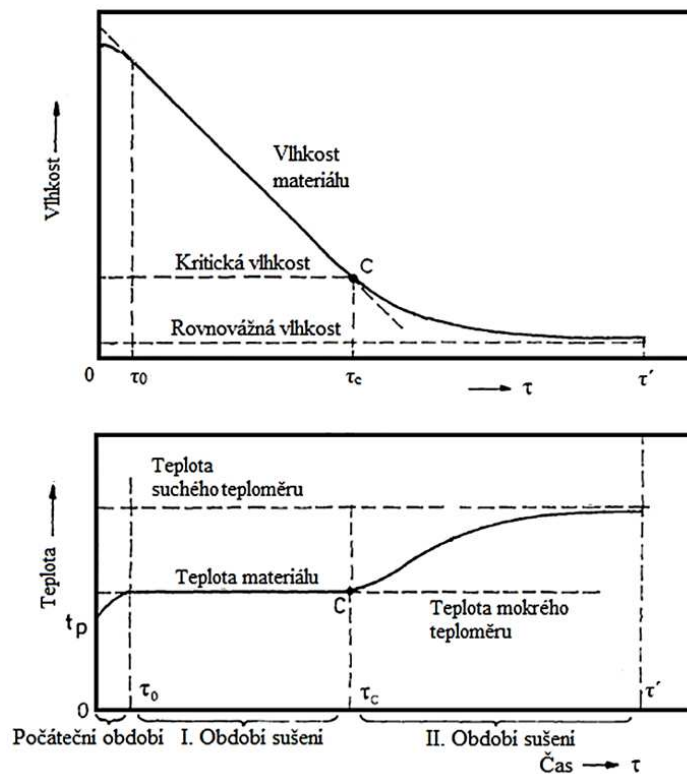
Chemicky vázaná vlhkost, způsob kdy voda s vlákny způsobí chemickou sloučeninu takzvanou krystalickou vodu, která vzniká vazbou vody na vlákna pomocí vodíkových můstků. Chemicky vázaná vlhkost se odstraní pouze vysokými teplotami, a to vyššími než 100°, kde může docházet k poškození textilie tedy narušení struktury vlákna.

Různé textilie mají různou vlhkost po odvodnění. Schopnost zadržet vlhkost pro některé druhy textilií, poukazují, že umělá vlákna jsou schopna pojmout méně vlhkosti oproti vláknům přírodním. To znamená, že jejich sušení bude trvat kratší dobu.



Materiál	Vlhkost [%]	
	Hygroskopická vlhkost (T=20°C, φ=65 %)	Chemicky vázaná vlhkost
Bavlna	7 až 8	3,5
Vlna	13 až 18	8
Hedvábí	9 až 10	4,5
Polyamid	4 až 4,5	2,4
Polyester	0,3 až 0,4	-

Obrázek 21: Rozdíl mezi hydroskopickou a chemicky vázanou vlhkostí



Obrázek 22: Proces vysoušení materiálu

Obrázek popisuje proces, kdy je povrch materiálu mokrá. Celý proces je závislý na rychlosti přestupu teploty z materiálu do vzduchu. Následuje proces po vysušení prouděním vzduchu: rychlost celého procesu se zpomaluje z důvodu prodloužení dráhy od vlhkosti vzduchu až k vlhkosti obsažené v materiálu. (LEE a kolektiv, 2002)

Obsah vody a způsob, kterým se voda váže je velice důležitý parametr.

Relativní vlhkost- rozdíl hmotnosti čistě suchého materiálu a vlhkosti materiálu. Materiál je suchý, dokud není zbaven své vlhkosti.

$$X[\%]=\frac{m_W}{m_S}$$

Kde

$$m_W[kg]=m_M - m_S$$

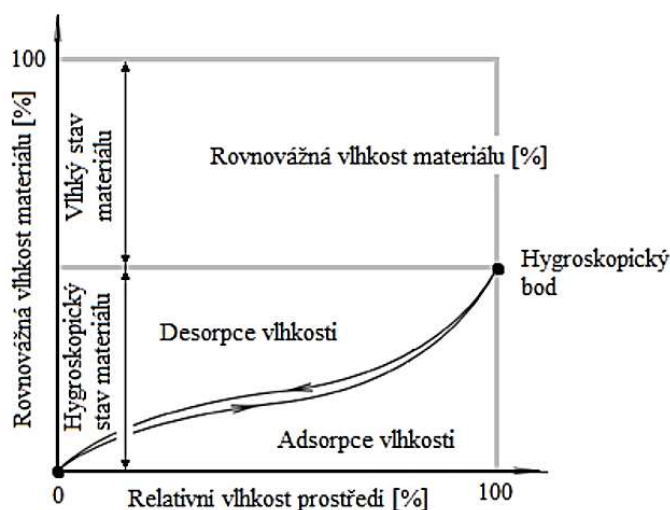
To znamená že  $m_M[kg]$  je celková hmotnost vlhkosti materiálu a  $m_S[kg]$  hmotnost suchého materiálu.

Volná vlhkost se může volně pohybovat, je vázána adsorpcí a absorpcí.[9]:

$$x_v[\%]=x_c[\%]-x_h[\%]$$

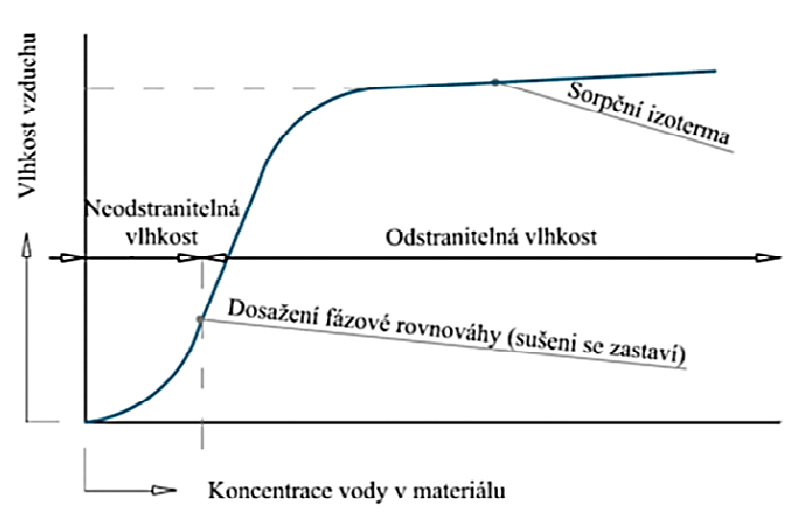
kde  $c x$  je celková vlhkost hmotnost suchého materiálu a  $h x$  je hydroskopická vlhkost suchého materiálu.

Schopnost látek pohltit z prostředí okolní vlhkost, se rozlišuje materiál na hydroskopický a nehydroskopický. Charakteristika nehydroskopického materiálu je, že při jakékoliv libovolné vlhkosti vzduchu, má materiál vlhkost nenasycené páry. Charakteristika hydroskopického materiálu závisí vlhkost jak na teplotě, tak i vlhkosti prostředí a okolí. Rovnovážná hydroskopická vlhkost je vyjádřena sorpční křivkou. Když je vlhkost materiálu vyšší než ukáže sorpční křivka vlhkosti materiálu se desorbuje, to platí i u absorpce. Suchý materiál opět navlhne, křivky jsou posunuty proti sobě, a vznikne plocha, která se nazývá hystereze. Tento jev je způsoben naplněním prostorů vzduchem při sušení takzvaně posunutím adsorbční a desorpční izotermou. Opětovným zvlhčením materiálu, se stane materiál schopným pojmout původní množství vlhkosti, se zpožděnou reakcí.(Yadar, Moon, 2008)



Obrázek 23: Relativní vlhkost prostředí

Sorpční izoterma znázorňuje, vlhkost obsaženou v materiálu odstranitelnou a neodstranitelnou. Vlhkost odstranitelná je limitována vlhkostí okolní teploty prostředí.



Obrázek 24: Závislost koncentrace vody v materiálu na vlhkosti vzduchu při konstantní teplotě

### 3.8.2 Sorpční vlastnosti vláken

Zahrnuje se zde veškeré chování vlákna ve vzájemném působení dvou nebo více činitelů s prostředím, které je plynné či kapalné takzvaným vázáním do jeho struktury. Projevy různých sil v určité oblasti tohoto děje může být dvojí:

**Vratná**- reversibilní - schopná zpětného procesu(fyzikální sorpce) – vazbou do molekulové struktury, vazbou fyzikální, energeticky chudší, zpravidla na boční skupiny řetězce. Vazby jsou to nestálé a dají se za podmínek snížení koncentrace plynu či vlhkosti opět zrušit a vniká děj schopný zpětného procesu.

**Nevratná** – ireversibilní, probíhá jen v jednom směru (chemisorpce), která je charakterizována trvalou vazbou plynu či kapaliny na molekulovou strukturu řetězce takzvanou chemickou vazbou. Vazba nelze zrušit a opět uvést do původního stavu, proto nevratná.

### Tepelné jevy při sorpci vody

Sorpce

- je exotermní proces doprovázený vývinem tepla

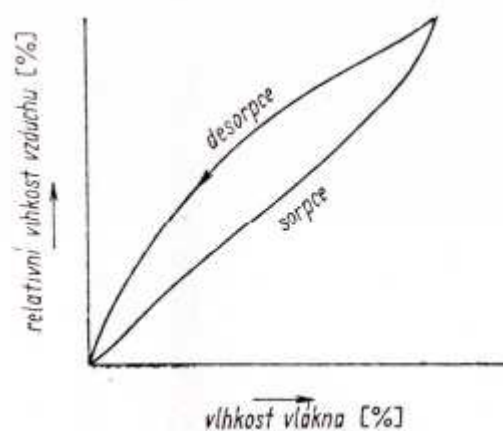
Adsorpce

- kondenzace na povrchu – uvolní teplo

## Absorpce

- část vody transportována do vlákna

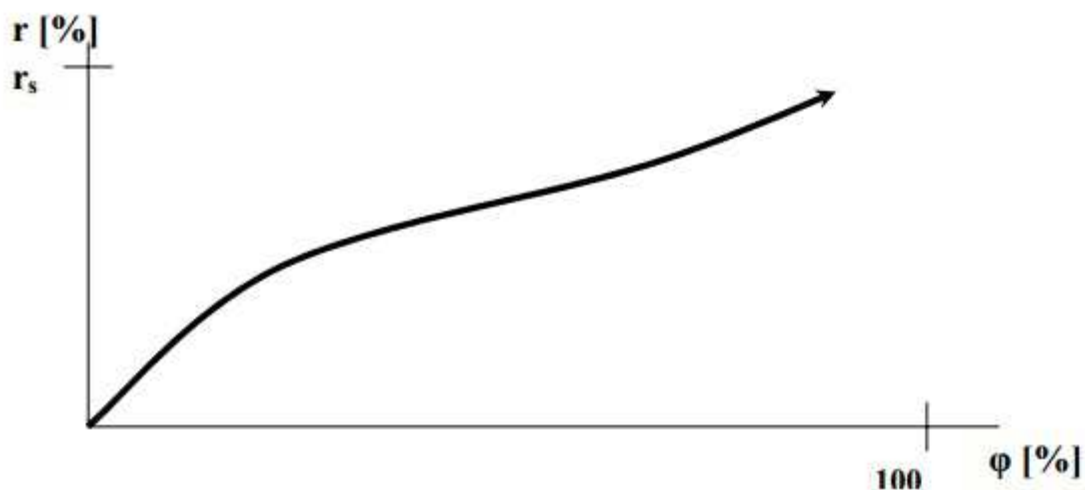
Molekulová struktura vlákna, může pojmout tolik vlhkosti, jaký je vlhkostní stav okolního prostředí. Tlak vodních par prostředí, jak okolního či vlákna musí být v rovnováze. Při relativní vlhkosti vzduchu 100% je relativní vlhkost vlákna  $r < 1$  %, vlákna se nazývají hydrofobní, nepřijímají vodu, respektive ji odpuzují, nesmáčejí. Vlákna, která jsou hydrofilní, jsou taková, že molekuly vody jsou vázány vodíkovými můstky na hydrofilní skupiny řetězce.



Obrázek 25: Závislost vlhkosti vlákna na relativní vlhkosti vzduchu

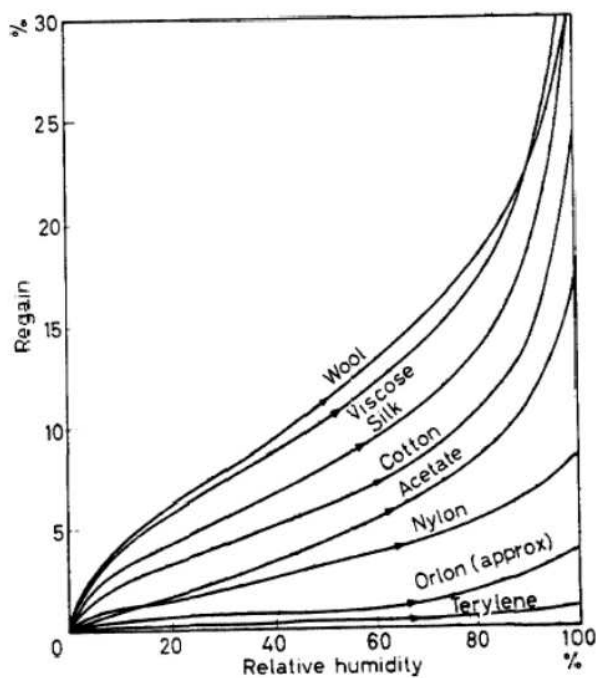
### 3.8.3 Sorpční izoterma

Značí závislost mezi relativní vlhkostí vzduchu  $\phi$  a relativní vlhkostí vlákna  $r$  při neměnné teplotě vystihuje sorpční izoterma. Při rostoucím  $\phi$  se zvyšuje i relativní vlhkost vlákna  $r$ , jež je dána vztahem:



Obrázek 26: Sorpční izoterma

Rozdíl mezi absorpční a desorpční izotermou při zvolené relativní vlhkosti vzduchu RH se nazývá hystereze. Pro hydrofilní vlákna je hystereze výrazná a pro hydrofobní vlákna nízká. Hystereze má praktický význam tam, kde se při dané vlhkosti vzduchu požaduje maximální či minimální vlhkost ve vláknech. Ve zkušebnictví se standardně začíná od suchých vláken a provádí se vlhčení s ohledem na předepsanou vlhkost ovzduší (standard 65% RH).



Obrázek 27: Relativní vlhkost

### 3.8.4 Relativní vlhkost

Textilní vlákna mění svou vlhkost podle vlhkosti okolního vzduchu. Absorpcí nebo desorpcí vody dochází ke změně rozměru vláken (bobtnání či smršťování). Tyto změny rozměru mohou vést k odírání či mechanickému poškození vláken. Vysoká relativní vlhkost (nad 66 %) může urychlovat poškození textilního materiálu. Naopak pokles relativní vlhkosti pod 20 % způsobuje přeschnutí vláken, textilní vlákna ztrácí svoji pružnost, křehnou.

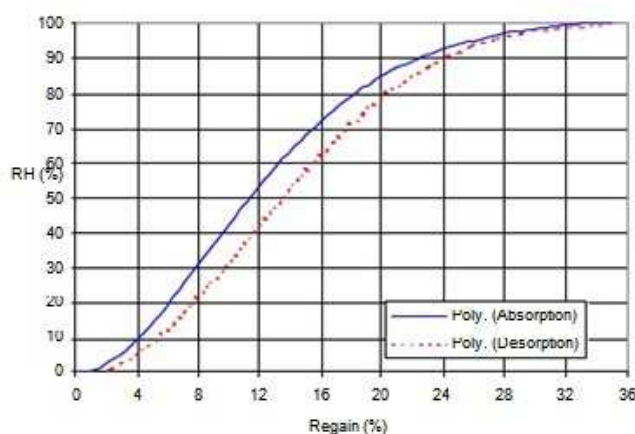
## 3.9 Vliv teploty na textilní vlákna

Při teplotách nad 100 °C všechna přírodní vlákna prodělávají nevratné změny, které mají vliv na jejich vlastnosti. Vlákna z celulózy mají poměrně dobrou tepelnou stabilitu, při teplotě do 100 °C nenastávají větší změny. Za přítomnosti vlhkosti dochází k hydrolýze již při 60 °C. Nastává pokles pevnosti i všech ostatních parametrů jakosti. Za sucha jsou keratinová vlákna poměrně dosti odolná vůči teplu. V suchém teple bez vlhkosti kolem 115 °C ztrácí vlna vázanou vodu, kterou již nemůže pojmout zpět. Vlivem vlhkého tepla ztrácí vlna svou pevnost a stává se tvárnější. Delší doba působení suchého tepla je velmi nepříznivá a vlna ztrácí svou tvárnost a křehne. Vlhký teplý vzduch způsobuje štěpení peptidických vazeb za vzniku karboxylových a aminových skupin. Všeobecně působí suché teplo na vlnu méně škodlivě než vlhké při stejné teplotě. (Butola, 2014)

### 3.9.1 Vlna

Jednotlivé molekuly vody difundují dovnitř a ven. Struktura vlákna, volně vazba na chemické skupiny, které mají afinitu k vodě. Vzhledem k tomu, vlna má velmi složitou chemickou strukturu a má mnoho dalších z těchto vazebných míst, než jednodušší syntetické polymery nebo celulózy a je tudíž nejvíce hydrokopická ze všech textilních vláken. Hmotnost vody ve vlákne, je vyjádřeno jako procento za suché hmotnosti. K dispozici je pevný vztah mezi získanou a převládající podmínkou v okolním vzduchu, zejména relativní vlhkost a v menší míře, teplota. Vlna se znovu mění téměř od nuly v suchém vzduchu až do výše cca 35% v nasyceném vzduchu. Saturace získat z bavlny, další nejvíce hydrokopické vlákno, je řádově 24%. Většina syntetických vláken má saturaci získá méně než 10%. Polyester absorbuje méně než 1% vody na nasycení. U modifikovaného polyesteru, stoupá až 5%. Je dobře známo, že vzorky mají blíže rovnováhu s vlhkostí za sucha, než vzorky za mokra. To se projevuje z dat z WIRA znázorněné na obrázku. (Saville, 1999)

Figure 1: WIRA absorption / desorption curves



Obrázek 28: Hystereze vlny

Principy vyjmenované před více než 50 lety lze získat odpověď na vlněná vlákna. Podle Edmunds v stále pouze částečně uznané IWTO-52. Vzorkem stabilizace v IWTO-52 nevyžaduje sušení, který vyplývá s relativní vlhkosti menší než 15%, se považuje se za vyhovující v souladu ke standardu. Zbývá tedy potenciál pro malé chyby se středním průměrem vláken na existenci mezi měřeními prováděné v různých laboratořích, ve stejné laboratoři na jiný čas, či ve stejné laboratoři s vlnou. Nebyl pozorovatelný důkaz pro významné znovuzískání hystereze na úrovni RH s klimatizačním zařízením. Pozornost je třeba zvážit, zda aktuální stabilizační kritéria (nízká teplota ohřevu při relativní vlhkosti 15% nebo méně), je dostatečně přesná. Z této části lze získat zpět časové křivky, minimální dobu k úpravě se určí čas nutný k dosažení získání odchylky, ne méně než 0,5 % nižší než maximální znovu vykonaná absorpce.

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Metodika

Práce spočívá v posouzení působení vlhkosti a teploty na barevné odchylky textilních vzorků při různých klimatických podmínkách. Experiment byl prováděn s vybavením a za spolupráce s katedrou textilních materiálů Technické univerzity v Liberci.

Bylo posuzováno 10 vlněných vzorků různé barevnosti a 13 keramických standardů CERAM sady CSS I i CSS II. Měření daného vzorku se provádělo vždy po 2 hodinách, kdy vzorky byly uzavřeny v CTS komoře – Climate. Každý vzorek prošel klimatickými a teplotními změnami. Každý vzorek byl po vytažení z CTS komory měřen spektrofotometrem (Datacolor Mf 200). Kolorimetrické parametry byly snímány na pěti bodech klimatizovaného vzorku a zaznamenávány v podobě excelového souboru dat na následné posouzení barevných odchylek. Všechny přístroje bylo vždy potřeba před každým měření kalibrovat a CTS komoru vždy nechat zapnutou vždy 4 hodiny dopředu.

Na základě naměřených hodnot byla provedena regresní analýza vlivu klimatických změn na barevnou diferenci, jejímž výsledkem jsou funkce, které definují barevné difference vzorků při různých klimatických podmínkách.

#### 4.1.1 CTS klimatická komora

CTS klimatická zkušební skříň má možnost zahrnout vlhkost jako stresový faktor do simulačních testů. Vlhkost je měřena pomocí kapacitního senzoru vlhkosti, která se vyznačuje vysokou přesností, dlouhodobou stabilitou a nízkými nároky na údržbu.

#### Technické parametry

Teplotní rozsah

+10 ° C / +180 ° C

-20 ° C / +180 ° C

-40 ° C / +180 ° C

-70 ° C / +180 ° C

Rozsah vlhkosti

10-98% RH





Obrázek 29: CTS komora

#### 4.1.2 Datacolor mf 200

Měření v geometrii  $\frac{D}{8}$  v módu di: 8, v rozmezí 400 až 700 nm, šíře měřícího pásku 3,7 nm a použitý měřící otvor měl 20 mm.

#### 4.1.3 Parametry měření

Byly vyhodnoceny parametry LAB měřeny při určitých podmínkách teplot a vlhkosti. Každý vzorek prošel všemi vlhkostními i teplotními změnami. Hodnoty jsou měřeny pro osvětlení D65 a 10-stupňového pozorovatele.

10°	10%vlhkost	40%vlhkost	80%vlhkost	95%vlhkost
15°	10%vlhkost	40%vlhkost	80%vlhkost	95%vlhkost
25°	10%vlhkost	40%vlhkost	80%vlhkost	95%vlhkost
40°	10%vlhkost	40%vlhkost	80%vlhkost	95%vlhkost

Tabulka 2: Použité vlhkosti a teploty

K hodnocení změn se používalo těchto vzorců:

#### Změna barevnosti vůči standardu

$$dE * = \sqrt{((dL *)^2 + (da *)^2 + (db *)^2)}$$

K/S

$$K/S = (1 - R)^2 / (2R)$$

Stejně jako u všech materiálů se budou keramické obklady ve vzájemném srovnání měnit barva v závislosti na teplotě.

## 4.2 Vliv teploty a vlhkosti na barevnou diferenci vzorků

Při měření barevných diferencí je vždy potřeba porovnávat měření vůči určenému standardu. V první fázi analýzy byl tedy zkoumán vzorek 6 BATCH D ze standardu CERAM sady CSS II. Tento vzorek poslouží jako standard, který následně srovnáme s tabulkovými hodnotami a pokusíme se najít souvislosti mezi predikčním vzorcem uváděným výrobcem kalibračních kachlů firmou CERAM, která slouží pro korekci kolorimetrických parametrů.

$$C_c = C_m + \left\{ \frac{\Delta TC \times (T_c - T_m)}{10} \right\}$$

where  $C_c$  is the corrected colour coordinate  
 $C_m$  is the colour coordinate as measured  
 $\Delta TC$  is the thermochromic change  
 $T_m$  is the temperature of the measurement  
 $T_c$  is the temperature to which colour coordinate is to be corrected

Predikční schopnosti publikované rovnice předpokládají lineární vztah mezi teplotou a barevnou diferencí.

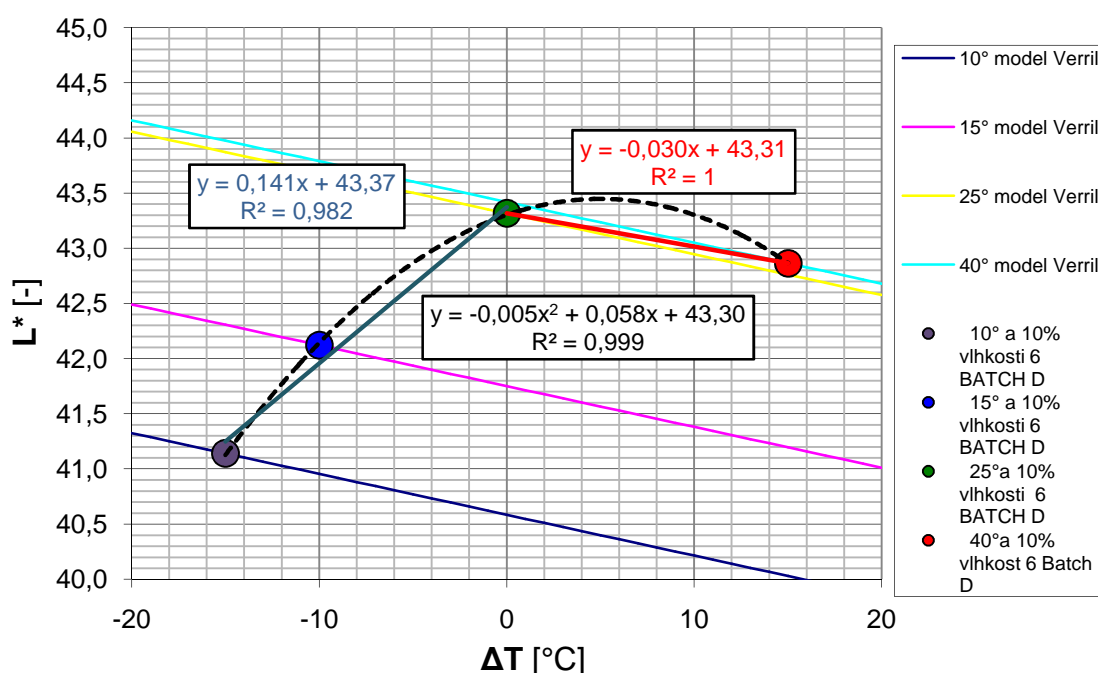
Odstín kachle	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Pale Grey	-0.03	-0.02	0.02	0.04
Mid Grey	-0.03	-0.02	0.04	0.05
Difference Grey	-0.04	0.04	0.03	0.06
Deep Grey	0	0.01	0	0.01
Deep Pink	-0.1	-0.44	-0.19	0.49
RED	-0.37	-0.71	-0.61	1.1
Orange	-0.45	0.56	-0.66	0.98
Yellow	-0.27	0.7	-0.11	0.76
Green	-0.18	0.66	-0.04	0.69
Difference Green	-0.18	0.69	-0.05	0.71
Cyan	-0.1	0.31	0.01	0.33
Deep Blue	0	-0.04	0.05	0.06

Tabulka 3 - Rozdíly v kolorimetrických parametrech keramických standardů CCS II v případě změny teploty o 10 °C. Hodnoty jsou vypočteny pro osvětlení D65 a 10-stupňového pozorovatele (Verrill, Malkin, Larkin, Wardman, 1997)

Z výše uvedené tabulky rozdílů kolorimetrických parametrů je zřejmé, že největší rozdíly v LAB souřadnicích vykazují pestré odstíny jako červený, oranžový, žlutý a zelený. Červená kachle byla použita pro ověření správnosti experimentu.

Parametr měření	L*	a*	b*	Teplota od standardu
10° a 10%	41,13981	43,80322	26,00507	-15
15° a 10%	42,12075	40,74294	22,87261	-10
25° a 10%	43,31578	39,11105	20,99822	0
40° a 10%	42,86419	37,76321	19,80647	15

Tabulka 4 – Naměřené hodnoty vzorku 6 BATCH D při 10% vlhkosti.

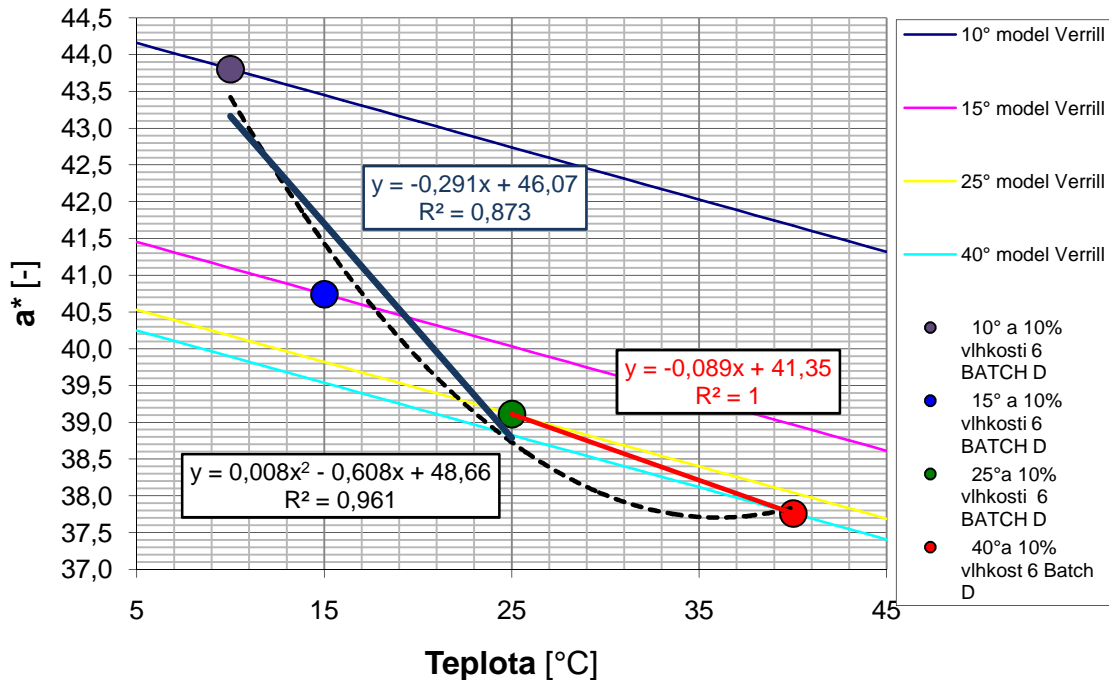


Graf 1 - Měření 6 BATCH D pro parametr L\* při 10% vlhkosti v porovnání s modelem vycházejícím z korekční rovnice.

Výsledek 4 měření parametru L\* při konstantní vlhkosti 10% vykazuje nelineární průběh v různých teplotách. Výchozím bodem analýzy zde bude teplota 25° C, jelikož měření při této teplotě dosahuje maxima. Klesající lineární přímky naznačují předpokládaný průběh dle použité korekční rovnice. Proložíme-li data dvěma přímkami, můžeme pozorovat různé chování v rozmezí do 25° C a nad tuto teplotu. Při teplotách menších jak 25° C je přímka rostoucí, kdežto nad tuto hranici můžeme pozorovat průběh klesající, který již koresponduje s výsledky korekční rovnice. Korelační koeficient v tomto případě ukazuje odklon menší jak 0,2 od přímé lineární závislosti, což je lidským okem

nepostřehnutelný rozdíl. Tedy za těchto podmínek je metoda korekce měření vzorcem spolehlivá.

Podobný průběh můžeme sledovat i u parametrů  $a^*$  a  $b^*$ , zde je ovšem průběh v obou parametrech při všech teplotách stále klesající, tedy více koresponduje s výsledky korekční rovnice. Nicméně i zde je patrná od 25° C patrná přesnější vypovídací schopnost korekčního vzorce.



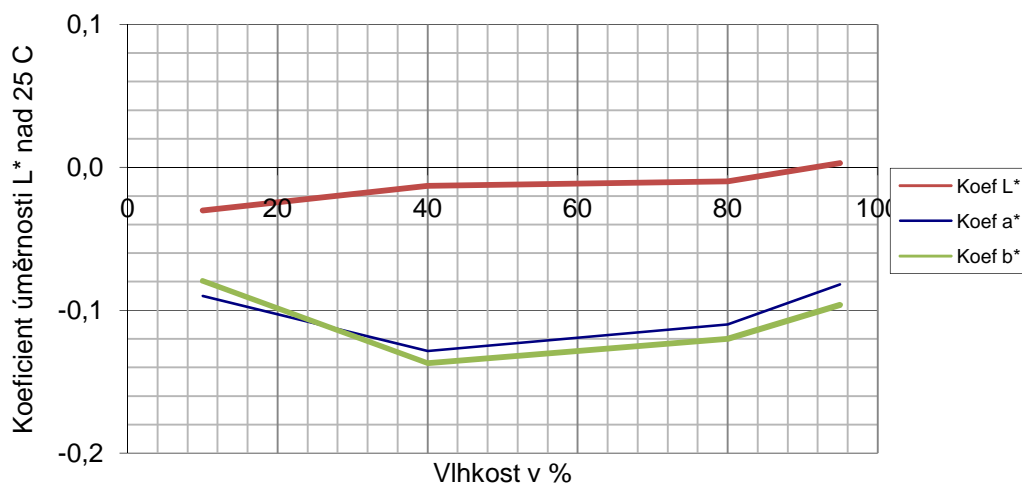
Graf 2 - Měření 6 BATCH D pro parametr  $a^*$  při 10% vlhkosti v porovnání s modelem vycházející z korekční rovnice.

Při obdobné analýze ostatních vlhkostí 40%, 80% a 95% bylo zjištěno, že v intervalu od 25° C dochází k postupnému zmírňování klesajícího trendu, tedy při čím vyšší vlhkosti byl vzorek měřen, tím více docházelo k odklonu od výsledků korekční rovnice ve sledovaném intervalu 25° C až 40° C. Při vlhkosti 95% již přímka měla dokonce rostoucí charakter. Z porovnání analýz v různých vlhkostech vyplývá, že čím vyšší vlhkosti je vzorek vystaven tím je vliv teploty na parametr  $L^*$  menší a projevuje se intenzivnější vliv teploty na parametry  $a^*$  a  $b^*$  oproti výsledkům korekční rovnice při teplotách nad 25° C.

Z porovnávaných hodnot lze také usuzovat, že korekční rovnice má vypovídací schopnosti v rozmezí 25° C až 40° C a při vlhkostech menších jako 80%.

Vlhkost %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,1414	-0,0301	-0,2914	-0,0899	-0,3129	-0,0794
40	0,0906	-0,0130	-0,1876	-0,1285	-0,1829	-0,1371
80	0,0311	-0,0097	-0,0945	-0,1098	-0,1132	-0,1200
95	0,0832	0,0030	-0,2818	-0,0818	-0,2778	-0,0964

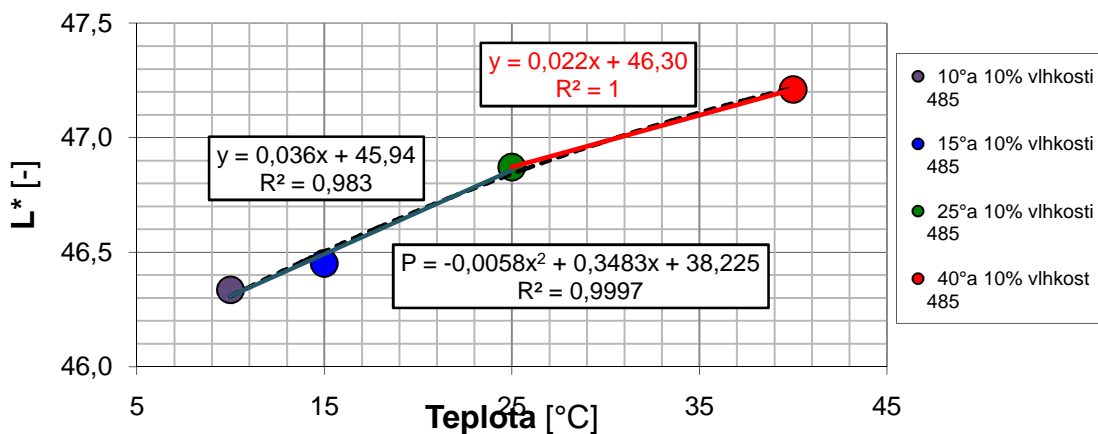
Tabulka 5 - Naměřené koeficienty úměrnosti při různých vlhkostech u vzorku 6 BATCH D



Graf 3 - Vzorek 6 BATCH D - koeficienty úměrnosti při různých vlhkostech při teplotě nad 25°C

Srovnáme-li naměřené hodnoty kachlí, můžeme z naměřených dat tvrdit, že kachle nejsou příliš hydrochromní, naopak můžeme pozorovat výrazný termochromní vliv, u většiny vzorků převážně v intervalu 10 až 25°C.

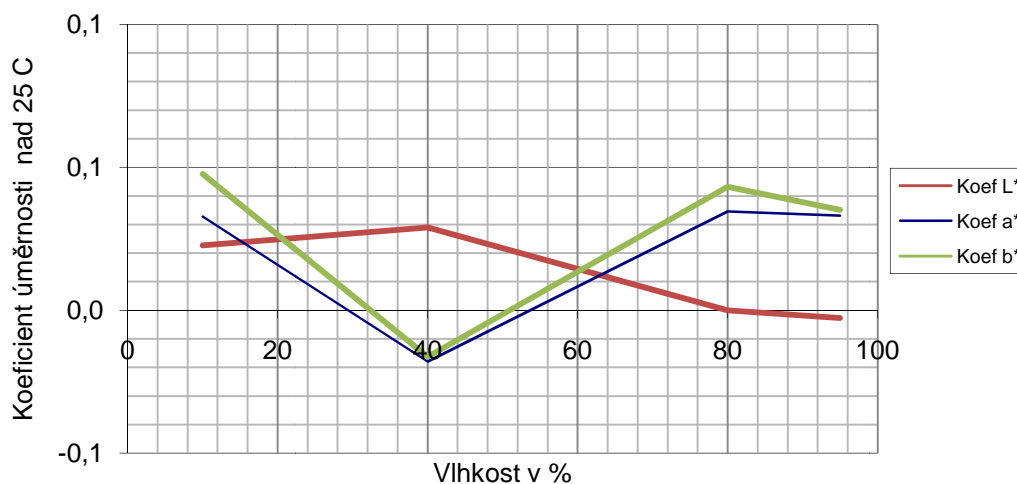
Při pozorování průběhu vzorku 485 (podobný odstín k červené kachli) si můžeme všimnout lineárnějšího průběhu ve všech 4 měření při vlhkosti 10%.



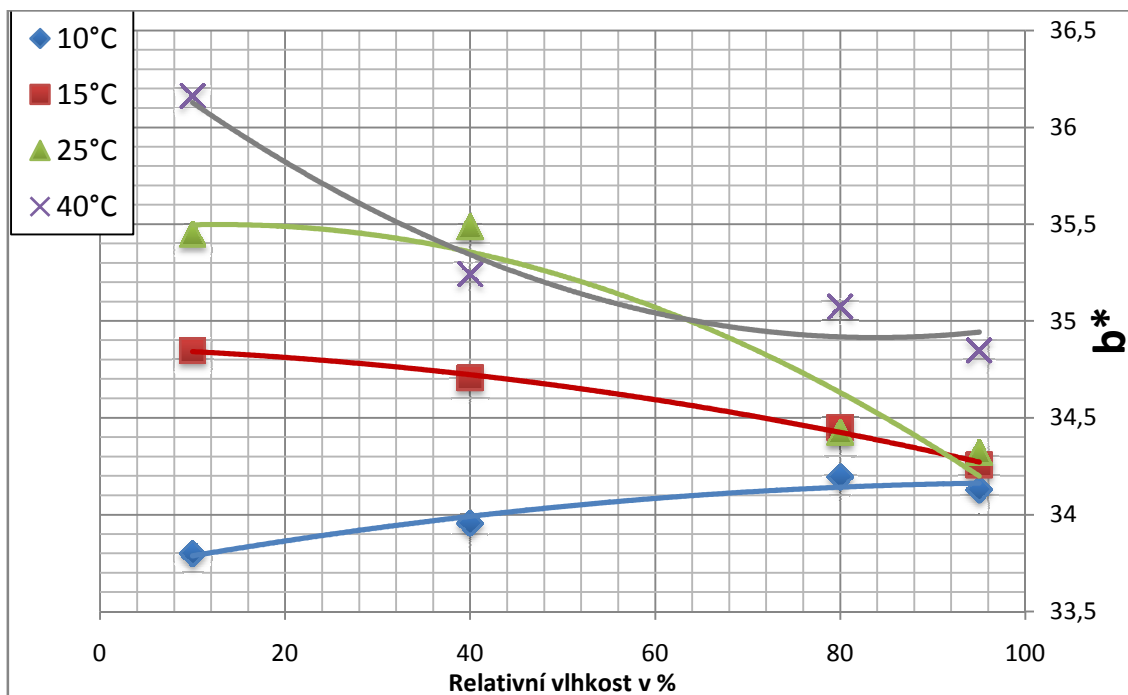
Graf 4 - Vzorek 485 - vliv teploty na měrnou světlost při vlhkosti 10%.

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0365	<b>0,0227</b>	0,0716	<b>0,0327</b>	0,1028	<b>0,0477</b>
40	0,0426	<b>0,0290</b>	0,0859	<b>-0,0179</b>	0,0986	<b>-0,0162</b>
80	0,0198	<b>0,0000</b>	0,0090	<b>0,0346</b>	0,0128	<b>0,0432</b>
95	0,0010	<b>-0,0027</b>	0,0048	<b>0,0331</b>	0,0119	<b>0,0351</b>

Tabulka 6 - Vzorek 485 - změny koeficientu úměrnosti při různých vlhkostech.



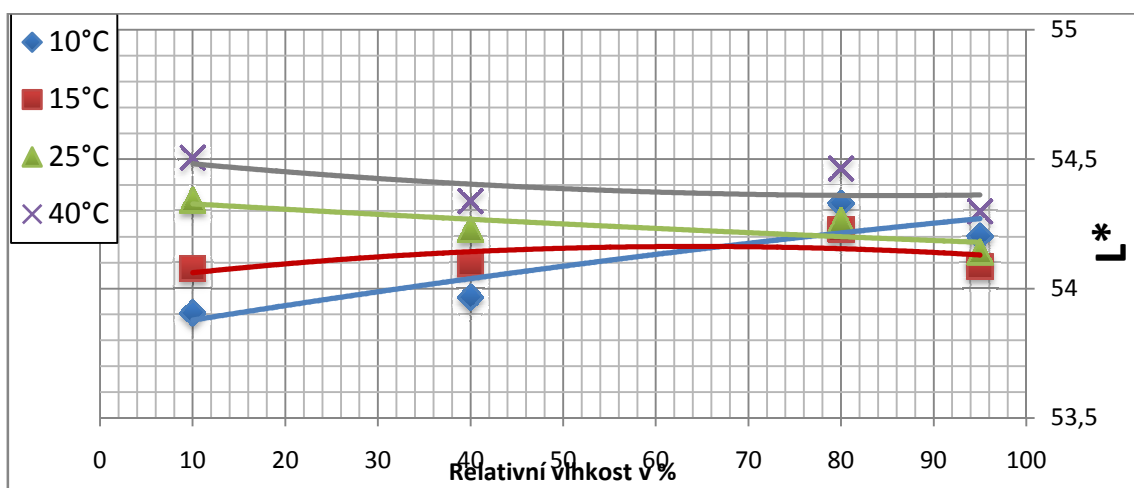
Graf 5 - Vzorek 485 - změny koeficientu úměrnosti při různých vlhkostech.



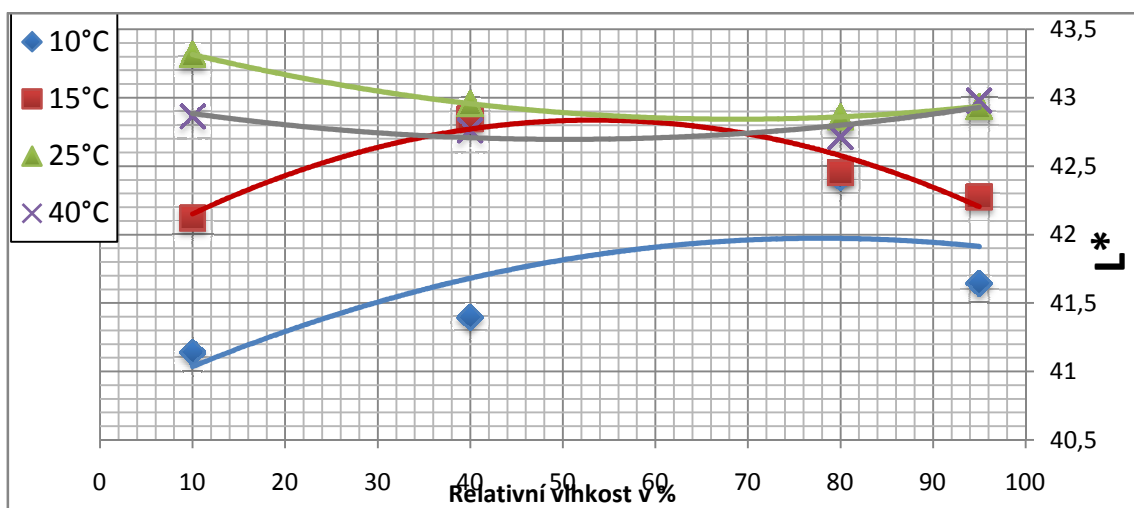
Graf 6 - Vzorek 485 - vliv vlhkosti při různých teplotách na parametr b\*

Z průběhu výše uvedených grafů je zřejmé, že barevnost vlněné textilie podléhá vlivu teplotních změn. Provedeme-li ovšem srovnání vývoje při dalších vlhkostech zjistíme, že vlhkost má též zásadní vliv na barevnou diferenci. Zde je patrné, že čím větší vlhkost máme, tím je vliv teploty na barevnou diferenci intenzivnější. Tedy intenzita teplotního vlivu je ovlivňována stupněm vlhkosti. Podobný průběh můžeme pozorovat u většiny textilních vzorků.

Bylo též zjištěno, že některé vzorky vlny jsou v některých případech méně hydrochromní než některé kalibrační kachle. Tohoto případu si můžeme všimnout například u vzorku 1429 (okrová), který vykazuje menší hydrochromní vliv než ostatní textilie a má podobné hydrochromní vlastnosti jako kontrolní červená kachle.

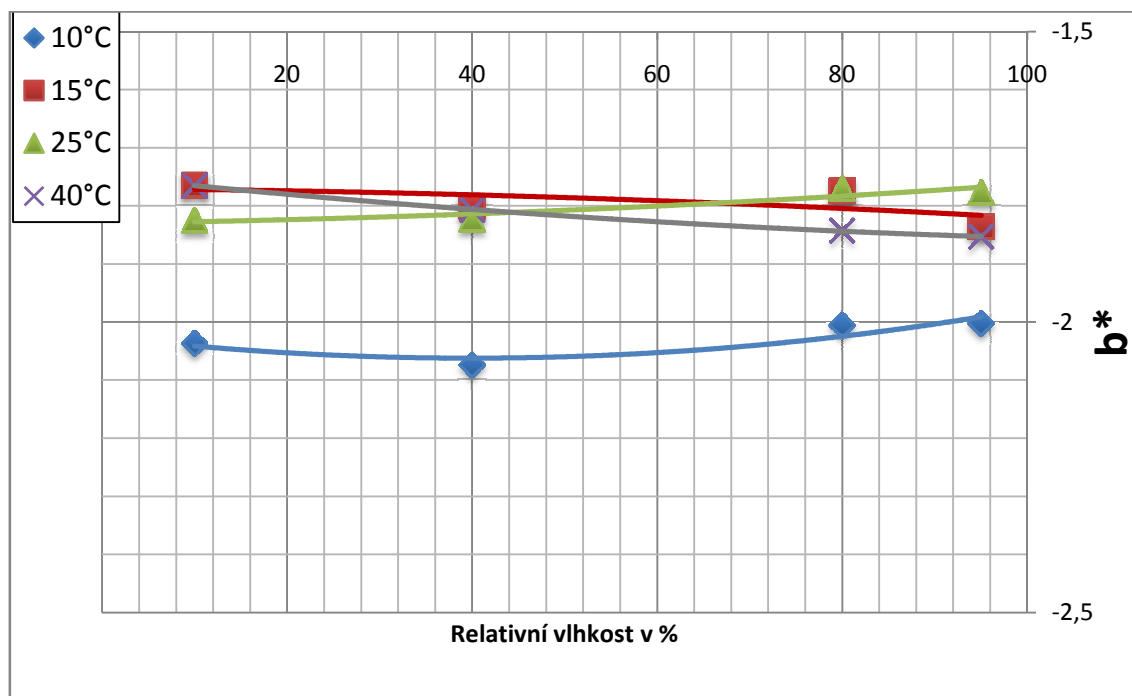


Graf 7 - Vzorek 1429 - Vliv vlhkosti při různých teplotách na měrnou světlost



Graf 8 - Vzorek 6 BATCH D - vliv vlhkosti při různých teplotách na měrnou světlost

Z měření je patrné, že vzorky šedých odstínů jsou mnohem méně hydrochromní než výraznější odstíny, tohoto jevu si můžeme všimnout například u tmavě šedé kachle s označení „dark grey“.



Graf 9 - Vzorek Dark Grey - Vliv vlhkosti na parametr b\* při různých teplotách.

Na základě regresní analýzy dat textilních vzorků byla sestavena tabulka koeficientů, které zobecňují daná měření a chování jednotlivých vlněných vzorků za daných klimatických podmínek. Vzhledem k povaze naměřených dat byl soubor dekomponován na dva intervaly, každý s vlastním průběhem. Takto presentovaná data mohou posloužit jako podklad pro sestavení vlastní korekční tabulky pro výpočet korekcí vlněných textilií při daných klimatických podmínkách, která může být vstupem výše presentované korekční rovnice.

Vzorek 94

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0181	<b>-0,0120</b>	0,0475	<b>0,0286</b>	-0,0455	<b>-0,0147</b>
40	0,0182	<b>0,0096</b>	0,0227	<b>0,0022</b>	-0,0073	<b>0,0049</b>
80	0,0075	<b>0,0200</b>	0,0162	<b>0,0235</b>	0,0050	<b>-0,0376</b>
95	0,0056	<b>0,0000</b>	-0,0039	<b>0,0343</b>	0,0128	<b>-0,0681</b>

Vzorek 430

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0236	<b>0,0184</b>	0,0676	<b>0,0533</b>	0,0039	<b>0,0221</b>
40	0,0337	<b>0,0095</b>	0,0666	<b>-0,0420</b>	0,0042	<b>0,0236</b>



80	-0,0116	<b>0,0236</b>	0,0009	<b>0,0620</b>	0,0038	<b>-0,0176</b>
95	0,0158	<b>0,0028</b>	0,0003	<b>0,0493</b>	-0,0039	<b>-0,0237</b>

Vzorek 485

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0365	<b>0,0227</b>	0,0716	<b>0,0327</b>	0,1028	<b>0,0477</b>
40	0,0426	<b>0,0290</b>	0,0859	<b>-0,0179</b>	0,0986	<b>-0,0162</b>
80	0,0198	<b>0,0000</b>	0,0090	<b>0,0346</b>	0,0128	<b>0,0432</b>
95	0,0010	<b>-0,0027</b>	0,0048	<b>0,0331</b>	0,0119	<b>0,0351</b>

Vzorek 487

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0057	<b>0,0198</b>	0,0305	<b>0,0455</b>	0,0504	<b>0,0321</b>
40	0,0007	<b>0,0434</b>	0,0292	<b>-0,0492</b>	0,0529	<b>-0,0066</b>
80	0,0127	<b>-0,0047</b>	-0,0534	<b>0,0462</b>	0,0080	<b>0,0179</b>
95	0,0071	<b>-0,0023</b>	-0,0055	<b>0,0327</b>	0,0079	<b>0,0140</b>

Vzorek 491

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	-0,0199	<b>-0,0278</b>	0,0130	<b>0,0018</b>	0,0048	<b>-0,0369</b>
40	-0,0229	<b>-0,0023</b>	0,0167	<b>0,0041</b>	0,0105	<b>-0,0198</b>
80	0,0186	<b>-0,0192</b>	0,0058	<b>0,0036</b>	0,0059	<b>0,0005</b>
95	-0,0007	<b>0,0067</b>	-0,0089	<b>0,0029</b>	-0,0092	<b>0,0014</b>

Vzorek 493

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0342	<b>0,0332</b>	0,0289	<b>0,0207</b>	-0,0139	<b>0,0021</b>
40	0,0452	<b>-0,0054</b>	0,0274	<b>-0,0130</b>	-0,0044	<b>0,0072</b>
80	-0,0117	<b>0,0401</b>	0,0079	<b>0,0218</b>	0,0085	<b>-0,0258</b>
95	0,0012	<b>0,0341</b>	0,0033	<b>0,0266</b>	0,0079	<b>-0,0328</b>

Vzorek 499

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0050	<b>-0,0119</b>	0,0234	<b>0,0181</b>	-0,0340	<b>-0,0335</b>
40	0,0279	<b>0,0031</b>	0,0248	<b>-0,0085</b>	-0,0265	<b>0,0213</b>
80	-0,0066	<b>0,0090</b>	0,0016	<b>0,0202</b>	-0,0073	<b>-0,0154</b>
95	-0,0076	<b>0,0087</b>	-0,0004	<b>0,0141</b>	0,0235	<b>-0,0423</b>

Vzorek 519

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0387	<b>-0,0371</b>	0,0031	<b>0,0164</b>	-0,0157	<b>0,0269</b>
40	0,0253	<b>0,0001</b>	-0,0050	<b>0,0310</b>	-0,0070	<b>-0,0368</b>
80	0,0040	<b>-0,0064</b>	0,0006	<b>0,0081</b>	-0,0096	<b>-0,0003</b>
95	0,0068	<b>0,0026</b>	-0,0025	<b>0,0012</b>	-0,0024	<b>-0,0035</b>

Vzorek 1396

Vlhkost v %	L* do 25°C	L* nad 25°C	a* do 25°C	a* nad 25°C	b* do 25°C	b* nad 25°C
10	0,0085	<b>-0,0003</b>	0,0146	<b>0,0355</b>	0,0264	<b>0,0203</b>
40	-0,0109	<b>0,0229</b>	-0,0079	<b>0,0036</b>	0,0258	<b>0,0085</b>
80	0,0058	<b>-0,0120</b>	-0,0316	<b>0,0225</b>	0,0225	<b>-0,0068</b>
95	0,0056	<b>-0,0278</b>	-0,0031	<b>0,0196</b>	0,0007	<b>-0,0070</b>

Vzorek 1429

<b>Vlhkost v %</b>	<b>L* do 25°C</b>	<b>L* nad 25°C</b>	<b>a* do 25°C</b>	<b>a* nad 25°C</b>	<b>b* do 25°C</b>	<b>b* nad 25°C</b>
10	0,0287	<b>0,0110</b>	0,0234	<b>0,0064</b>	0,0735	<b>0,0183</b>
40	0,0168	<b>0,0073</b>	0,0040	<b>0,0016</b>	0,0135	<b>-0,0098</b>
80	-0,0033	<b>0,0133</b>	0,0033	<b>-0,0011</b>	-0,0104	<b>0,0120</b>
95	-0,0027	<b>0,0105</b>	0,0078	<b>0,0094</b>	0,0122	<b>0,0423</b>

Tabulka 7 - přehled naměřených koeficientů pro jednotlivé textilní vzorky

## 5 ZÁVĚR

V první části diplomové práce, byl zpracován přehled dosavadních poznatků, v oblasti koloristiky a výpočtů barevných rozdílů, které posloužili jako podklad pro následující experimentální část.

Experimentální část se věnovala hodnocení barevných rozdílů za daných klimatických podmínek. Posuzovalo se 10 vlněných vzorků různé barevnosti, 12 keramických standardů CERAM sady CSS I a II a keramický standard 6 Batch D. Měření daného vzorku se provádělo vždy po 2 hodinách, kdy vzorky byly uzavřeny v CTS komoře – Climate test při určené měřené vlhkosti a teploty. Každý vzorek prošel klimatickými a teplotními změnami, jejichž podmínky byly dané. Následně každý vzorek po jednom vytažen z CTS a dále měřen Data color Mf 200, každý vzorek pětkrát a zaznamenáván v podobě excelového souboru dat na následné posouzení barevných odchylek. Všechny přístroje bylo vždy potřeba před každým měření kalibrovat a CTS komoru vždy nechat zapnutou vždy 4 hodiny dopředu a měření v geometrii  $\frac{D}{8}$ .

Hodnoty, které se vyhodnotily v  $L^* a^* b^*$  prostoru byly měřeny při určitých podmínkách teplot a vlhkosti. Každý vzorek prošel všemi vlhkostrními i teplotními změnami. Hodnoty získané testováním byly vyhodnoceny v grafech v programu Excel a vyhodnoceny regresní analýzou.

Bylo zjištěno, že keramické standardy se chovají výrazně termochromně a vykazují nízkou hydrochromní závislost. U vlněných vzorků byl sledován jak termochromní vliv tak značný vliv hydrochromní. Vyrůstající vlhkost zde umocňovala vliv teploty. Tedy vliv teploty byl intenzivnější u vyšších vlhkostí. Šedé kachle se jeví hydrochromně stabilní, byl zde pozorován minimální vliv vlhkosti na barevnou diferenci. Překvapivě bylo zjištěno, že některé textilní vlněné vzorky byly méně hydrochromní než některé kachle. Pro účely práce byl zvolen standard 6 BATCH D pro kontrolní měření. Cílem bylo zjistit, zda zvolený korekční vzorec bude vhodné použít pro korekci naměřených vzorků. Bylo provedeno srovnání průběhu korekčního vzorce dle tabulkových hodnot pro zmíněnou kachly 6 BATCH D a pro naměřené hodnoty. Bylo zjištěno, že při teplotě v rozmezí 25 až 40 °C a vlhkosti menší jak 80% měl vzorec dobré vypovídací schopnosti a shodoval se s průběhem korekčního vzorce. V rozmezí do 25°C byl pozorován odlišný průběh oproti korekčnímu vzorci, z těchto důvodů byly koeficienty rozděleny do dvou intervalů. Na základě těchto poznatků byla vypracována tabulka koeficientů textilních vzorků pro různé vlhkosti, která charakterizuje naměřené závislosti textilních vzorků. Tyto koeficienty můžou být použity pro sestavení vlastní korekční tabulky pro korekci kolorimetrických parametrů vlněných textilií.

Práce si kladla za cíl charakterizovat vliv teploty a vlhkosti na textilní materiály. Pro další výzkum by bylo vhodné stanovit další druhy textilií pro měření závislosti, případně rozšířit teplotní a vlhkostní intervaly pro přesnější měření a následnou regresy, která by mohla přesněji charakterizovat klimatické vlivy.

## 6 LITERATURA

- [1] Fotografování.: *Vše o světle 2. Světlo, oko a mozek* [online] 2007. [cit. 14.3.2009]. Dostupný z www: [http://www.fotografovani.cz/art/fozak\\_df/rom\\_1\\_02\\_svetlookomozek.html](http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1_02_svetlookomozek.html)
- [2] Vik, M.: *Základy měření barevnosti*, 1. Díl, TU Liberec 1995
- [3] Paladix.: *Optika, světlo, expozice* [online] 2003. [cit. 6.6.2003]. Dostupný z www: <http://www.paladix.cz/clanky/mereni-a-michani-barev.html>
- [4] Nickerson, D.: *Color Engineering*, 7, 1969, č. 5, s. 42-51.
- [5] Newhall, S. M. – Nickerson, D. – JUDD, D. B.: *J. Opt. Soc. Am.*, 33, 1943,
- [6] CIE, International Commission on Illumination, *Proceedings of the Eight Session*, Cambridge, England, Bureau Central de la CIE, Paris 1931
- [7] *Měření barevnosti a vzhledu- barevné odchylky*, Technická univerzita v Liberci 2002
- [8] K. N. Platanionis.-A. N. Venetsanopoulos.: *Color image Processing and application*, 2000
- [9] *Colorimetr* [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://colorimetr.sweb.cz/>
- [10] K. Nassau.: *Color for Science, Art and Technology*, 1998
- [11] M. Viková.: *Kolometrie funkčních barviv*, 2009, Liberec Dostupný z www: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf)
- [12] M. A. Chowdhury, M. Joshi, B. S. Butola.: *Photochromic and Thermochromic Colorants in Textile Applications*, 2014, India
- [13] [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: [http://www.fotoroman.cz/techniques2/light\\_color.htm](http://www.fotoroman.cz/techniques2/light_color.htm)
- [14] [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.avianttechnologies.com/products/standards/reflect.php#ceram>
- [15] [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.ceram.com/materials-development/colour-standards/product-specifications>
- [16] [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.mtbakerresearch.com/docuPublications.html>
- [17] J. McReynolds.: *Establishing a Color Standards Program*
- [18] A. G. Reule.: *Errors in Spectrophotometry and Calibration Procedures to Avoid them*, 1976
- [19] J. Hiltunen.: *Accurate Color Measurement*, 2002
- [20] V. Hladík a kolektiv.: *Textilní vlákna*, 1970
- [21] LEE, S. H.; CARR W. W.; BECKHAM, H. W.; LEISEN, J.: *A model of through-air*

- [22] ŠESTÁK, Jiří, Jaromír BUKOVSKÝ a Milan HOUŠKA. Tepelné pochody: transportní
- [23] Verrill, J F, Malkin, F\*, Larkin, J A\*, Wardman, R H\*: The BCRA-NPL Ceramic Colour Standards series II - Master spectral reflectance and thermochromism data, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 1997, 113, 84-94
- [24] Československý kolorista - mimořádné číslo 1976