

# Studie malých barevných diferencí modrého centra s vysokou čistotou odstínu při osvětlení D65

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3107R015 – Výroba oděvů a management obchodu s oděvy  
*Autor práce:* **Markéta Haluzová**  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.



# The study of small color differences of blue center of high purity of hue when being lit by D65 lighting

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil  
*Study branch:* 3107R015 – Clothing Production and Management  
*Author:* **Markéta Haluzová**  
*Supervisor:* doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou 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.

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

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

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Velmi ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Martině Vikové, Ph.D. odborné vedení práce a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala konzultantce bakalářské práce Ing. Marcele Pechové za odborné rady, připomínky, ochotu, vstřícnost a věnovaný čas. V neposlední řadě chci poděkovat jednotlivým pozorovatelům za jejich obětavost a čas, který věnovali časově náročnému experimentu.

V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za veškerou podporu během celého studia.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá studií malých barevných diferencí modrého centra s vysokou čistotou odstínu při světlení D65. V úvodu práce jsou poznatky z anatomie a fyziologie lidského zraku, měření barevnosti a vzhledu. Dále práce uvádí do teorie barevných prostorů a diferenčních rovnic, které jsou v práci následně použity. Práce obsahuje experimentální část, kde je popsán postup přípravy textilních vzorků, postup subjektivního hodnocení a objektivního měření připraveného modrého centra a následné vyhodnocení a diskuse výsledků, kde jsou porovnávány vnitropozorovatelské a mezipozorovatelské shody měření a zároveň metody objektivního měření a subjektivního hodnocení.

**Klíčová slova** –D65, malé barevné difference, adaptační jas, mezopické vidění, CIE CAM02

## **Annotation**

This bachelor thesis is about the study of small color differences of blue center of high purity of hue when being lit by D65 lighting. The introduction of thesis describes the anatomy and physiology of human vision. Measuring diversity of color and visual evaluation is described in the introduction as well. Next part is about theory of color models and systems aimed at the assessment of color differences which are subsequently used. The experimental part of this work is focused on the technique used in preparation of textile samples. And the procedure of subject evaluation and objective measuring of blue textile samples that are prepared in center. Subsequent assessment and discussion, where intraobserver and interobserver results of sameness are being compared as well as objective measurement and subjective evaluation.

**Keywords** – D65, small color differences, adaptive brightness, mesopic vision, CIE CAM02

# Obsah

1. Lidské oko .....	11
1.1. Oční koule .....	12
1.1.1. Vnější vrstva oční koule .....	12
1.1.1.1. Rohovka .....	12
1.1.1.2. Bělima .....	12
1.1.2. Střední vrstva oční koule .....	12
1.1.2.1. Duhovka .....	12
1.1.2.2. Řasnaté tělísko.....	13
1.1.2.3. Cévnatka .....	13
1.1.3. Vnitřní vrstva oční koule .....	14
1.1.4. Sítnice .....	14
1.1.5. Fotoreceptory .....	15
1.1.5.1. Tyčinky .....	15
1.1.5.2. Čípky .....	16
1.1.5.3. Achromatické barvy .....	17
1.1.5.4. Chromatické barvy .....	17
1.1.5.5. Monochromatické barvy .....	17
1.1.6. Barevný tón (odstín) .....	17
1.1.7. Čistota (sytost) .....	17
1.1.8. Jas .....	17
1.2. Purkyňův jev .....	18
1.3. Barvocit .....	20
1.3.1. Vady barvocitu .....	20
1.3.2. Vyšetření barvocitu .....	20
1.3.3. Farnsworth-Munsell 100 Hue test .....	21
1.3.4. Vidění .....	22
1.4. Světlo .....	23
1.5. Aditivní míšení barevných světél .....	23
1.6. Subtraktivní míšení barevných světél .....	24
2. Kolorimetrické soustavy .....	25
2.1. Barevný model RGB .....	26
2.2. CIEXYZ .....	27
2.3. CIELAB+dE* .....	29
2.4. CMC (l:c) .....	31
2.5. CIE 1994 v nastavení (1:1) a (2:1) .....	32
2.6. CIE2000 .....	32
2.7. CIECAM02 .....	35
2.8. Vizuální odchylna dV .....	36
2.9. Korelační koeficient .....	36
2.10. STRESS index .....	37
2.11. PF/3 faktor (Performance faktor) .....	37
2.12. Rozhodovací kritérium Sr.....	38
3. Experimentální část .....	39
3.1. Příprava vzorků .....	39
3.2. Objektivní měření barevných vzorků .....	41



3.3.	Vizuální experiment .....	43
3.3.1.	Pozorovatelé .....	44
3.4.	Postup testování poruch barvocitu pomocí Farnsworth-Munsell 100-Hue testu .....	44
3.5.	Postup subjektivního hodnocení .....	45
4.	Vyhodnocení experimentu .....	47
4.1.	Farnsworth-Munsell 100-Hue test .....	47
4.2.	Vnitropozorovatelská shoda .....	50
4.3.	Mezipozorovatelská shoda .....	52
4.3.1.	Výsledky vyhodnocení mezipozorovatelské shody A .....	53
4.3.2.	Výsledky vyhodnocení mezipozorovatelské shody B .....	57
4.3.3.	Mezipozorovatelská shoda – kritérium Sr .....	59
4.4.	Kritéria pro hodnocení predikční schopnosti rovnic .....	60
5.	Závěr .....	72
6.	Literární zdroje .....	74
7.	Přílohy .....	80

# Úvod

Bakalářská práce na téma Studie malých barevných diferencí modrého centra s vysokou čistotou odstínu při osvětlení D65 bude první částí zaměřena na poznatky z oblasti měření barevnosti a vzhledu, jakož i poznatky z anatomie a fyziologie lidského zraku. V této části bude rovněž rozveden popis barevných prostorů a diferenčních rovnic, které slouží pro vyjádření barevného rozdílu mezi vzorky. Na konci této části bude uvedeno statistické zpracování.

Experimentální část bude zaměřena na provedení studie vizuálního hodnocení barevných rozdílů na modrém barevném centru, které tvoří modré textilní vzorky s vyšší čistotou odstínu. Prvním krokem této studie bude příprava textilních vzorků pomocí bazických barviv, která umožňují dosažení vysoce čistých odstínů při barvení polyakrylonitrilu. Na základně kolorimetrických parametrů bude stanoveno modré centrum.

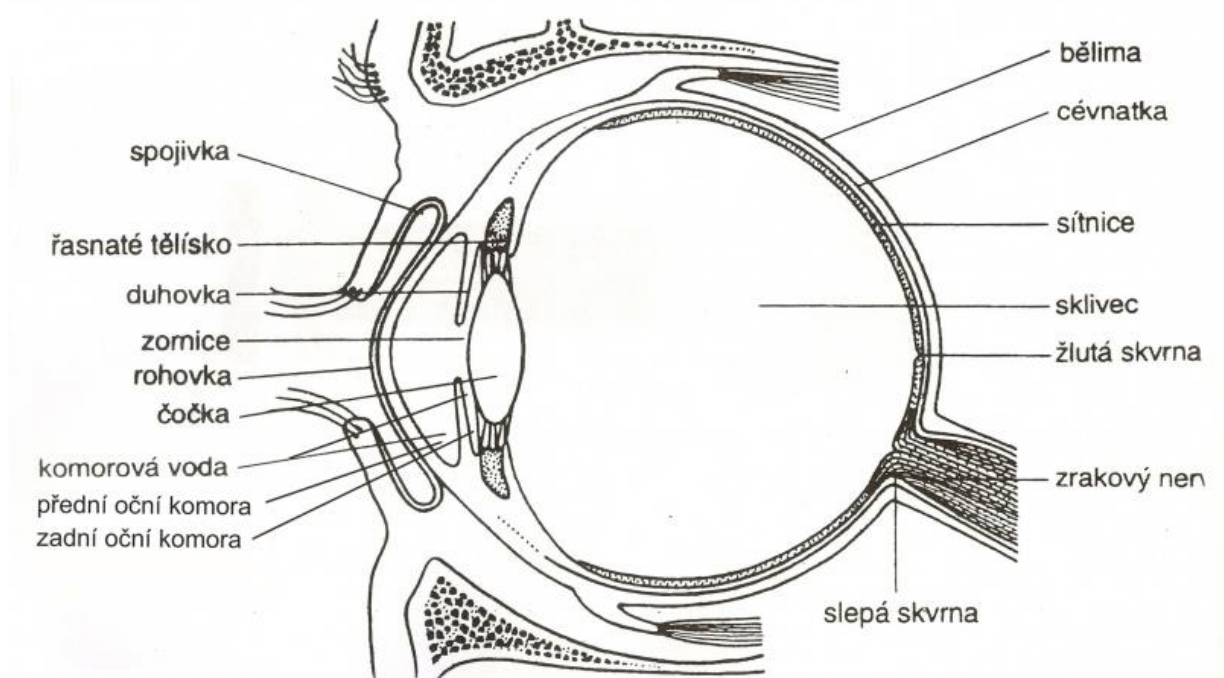
Vizuální hodnocení bude provedeno při použití simulátoru denního světla D65 v koloristické skříni za použití různých adaptačních jasů, kterých bude docíleno použitím filtrů s různou propustností světla. Díky použití různých filtrů a adaptačních jasů dochází k simulaci mezopického vidění.

Dalším cílem práce bude tedy porovnat predikční schopnosti rovnic CIELab, CMC 1:1, CMC 2:1, CIE1994 1:1, CIE1994 2:1, CIE2000 1:1:1 a CIE CAM02 pro různé úrovně adaptačního jasů. Zároveň bude porovnáno hodnocení pozorovatelů v rámci mezipozorovatelské a vnitropozorovatelské shody. Součástí bude i testování pozorovatelů na vady barvocitu.

# 1. Lidské oko

Oko je jedním z nejdůležitějších orgánů, který zprostředkovává vnímání „viditelné“ části spektra (vidění). Zrakový vjem vzniká při setkání světelných paprsků vyzařovaných předměty s buňkami citlivými na světlo, fotoreceptory (tyčinky a čípky). Při tomto setkání oko rozlišuje intenzitu světla, vnímanou barvu a směr dopadajících světelných paprsků, tedy tvar předmětů. Oko přenáší tyto podněty do zrakového centra, které se nachází v týlním laloku. V kombinaci se zkušenostmi a dalšími smyslovými orgány si tak mozek vytváří celkovou představu o pozorovaném okolí. [1,2]

Velký lékařský slovník definuje oko jako: „*Párový orgán zraku přibližně kulového tvaru, uzpůsobený k přijímání světelných podnětů a jejich přeměně na nervové impulsy, které jsou vedeny do mozku.*“ [6,7] Oči jsou umístěné na přední straně hlavy a umožňují tak trojrozměrné vidění.



Obrázek 1: Schéma očního bulbu [16]

## 1.1. Oční koule

Oční koule má tvar přibližně kulovitého tvaru a je rozdělena do tří vrstev. Vnější vrstva tvořená bělimou a rohovkou, střední vrstva, kde se nachází duhovka, řasné tělísko a cévnatka a vnitřní vrstva, sítnicí. (viz Obrázek 1). [15]

Další součástí oka jsou přidané orgány, které mají hlavně ochranou a podpůrnou funkci. Jsou to: víčko, spojivka, slzné ústrojí a okohybné svaly.

### 1.1.1. Vnější vrstva oční koule

Povrchová, vazivová vrstva oční koule chrání a udržuje tvar oka. Je tvořena průhlednou rohovkou a neprůhlednou bělimou.

#### 1.1.1.1. *Rohovka*

Rohovka je hladká, tenká lesklá část vnější vrstvy oka. Nachází se na přední části oka a díky tvaru připomínajícímu tvar hodinového sklíčka je nejdůležitější součástí oka lámající světlo (43 dioptrií). Díky velkému výskytu nervových zakončení jde o nejcitlivější tkáň v těle.

#### 1.1.1.2. *Bělina*

Bělina je bělavá, hustá tkáň, která pokrývá a chrání zadních 5/6 oční koule. V přední části se na ni napojuje rohovka, v zadní části z ní vystupují nervová vlákna zrakovým nervem. Upínají se na ni také všechny svaly, které umožňují pohyb očního bulbu.

### 1.1.2. Střední vrstva oční koule

Střední vrstva je bohatá na cévy, obsahuje buňky obsahující pigment, které zabraňují rozptylu světelných paprsků uvnitř oka. Skládá se ze tří částí: duhovky, řasného tělíska a cévnatky.

#### 1.1.2.1. *Duhovka*

Duhovka má tvar prstence a je tvořena hladkými svaly, které umožňují zvětšení nebo zmenšení zornice. To je vyvoláno reakcí na různou intenzitu světla. Vnitřní část duhovky tedy ohraničuje zornici, vnější obvod přechází do řasného tělíska. Duhovka obsahuje pigmentové buňky, které určují barvu očí.

### **1.1.2.2. Řasné tělísko**

Prstencovitý útvar trojúhelníkového průřezu. Vnitřní hrana přechází v závěsný aparát čočky, přední hrana přechází v duhovku a zadní hrana je pokračováním cévnatky. Řasné tělísko pomocí paprscitě uspořádané svaloviny umožňuje měnit zakřivení čočky a tím umožňuje akomodaci (zaostření na blízko, zaostření na dálku).

### **1.1.2.3. Cévnatka**

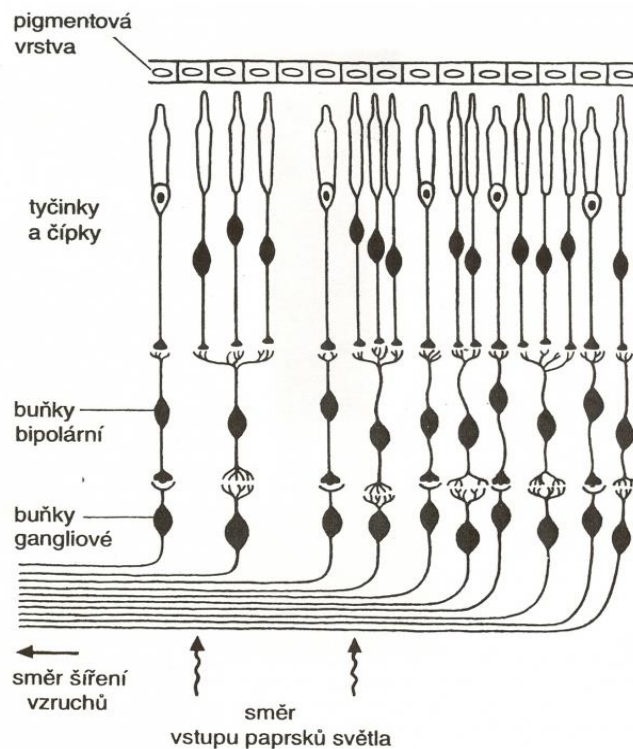
Cévnatka slouží k výživě vnějších vrstev sítnice, tyčinek a čípků, a vnitřní vrstvy.

Obsahuje velké množství pigmentových buněk, které zabraňují zpětnému odrazu světelných paprsků, které by vedlo ke vzniku rozmazaných obrazů. [2, 3, 8, 9, 20, 38, 39, 40]

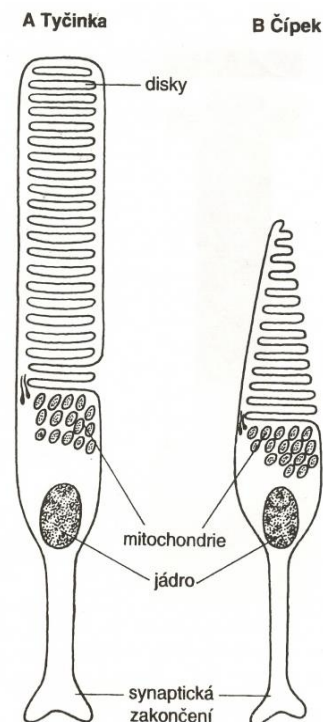
### 1.1.3. Vnitřní vrstva oka

### 1.1.4. Sítnice

Skrze čočku se do zadní části oka dostávají světelné signály, které jsou zde snímány na sítnici a předpracovány do elektrických signálů, které putují dále zrakovým nervem do zrakového centra mozku. Světelné signály na sítnici prochází 3 vrstvami nervových buněk. (viz. Obrázek 3). První, nejbližší k čočce je vrstva gangliových buněk. Každá z gangliových buněk je dále spojena s jednou či více bipolárními buňkami, které tvoří druhou vrstvu sítnice, a nakonec se světelná energie (fotony) dostávají k fotoreceptorům, 130 milionům smyslových světločivých buněk, a tím začíná proces vidění. (viz. Obrázek 2.) [3, 9, 36, 37]



Obrázek 2: Histologická stavba tyčinek a čípků [19]



Obrázek 3: Schéma sítnice [21]

### 1.1.5. Fotoreceptory

Fotoreceptory (viz Obrázek 2.) tvoří dva druhy receptorů citlivých na světlo, a to tyčinky a čípky. Lidské oko obsahuje kolem 120 milionů tyčinek citlivých na světlo a 7 milionů čípků umožňujících rozlišení barev. Tyčinky a čípky nejsou na sítnici rovnoměrně rozmístěny. Nejvyšší citlivost na sítnici je v oblasti tzv. žluté skvrny, kde je největší koncentrace čípků. Dále od žluté skvrny čípků ubývá a na okrajích sítnice se nacházejí prakticky pouze tyčinky.

„Sítnice je citlivá na barevné světlo, které má vlnovou délku mezi 390 nm - 790 nm. Oko má nejvyšší citlivost ve dne zhruba při 555 nm, tato vlnová délka odpovídá zelené barvě. Při nočním vidění má oko největší citlivost na světlo o vlnové délce okolo 450 nm, tato vlnová délka odpovídá barvě modré.“ [22,35]



Obrázek 4: Rozsah vlnových délek viditelných lidským okem [22]

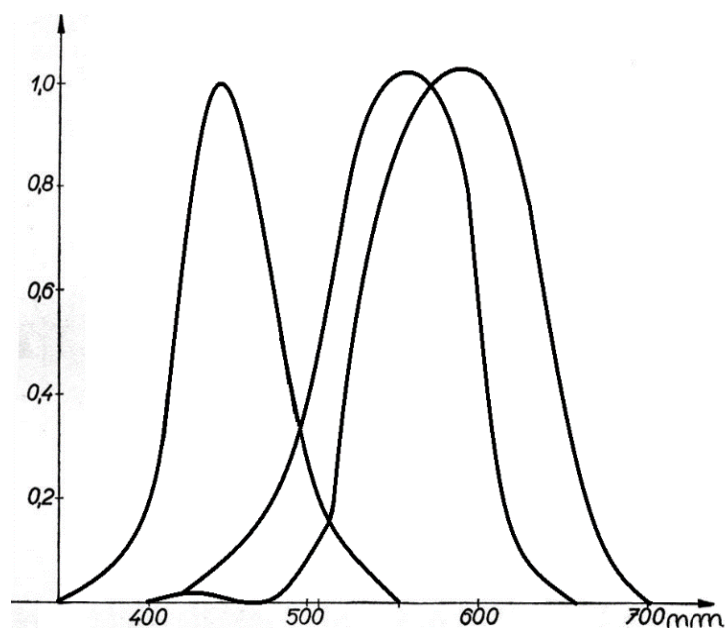
#### 1.1.5.1. Tyčinky

Tyčinky umožňují takzvané skotopické (soumračné) vidění. To znamená, že jsou velmi citlivé na světlo, ale neposkytují barevný vjem. Tyčinky umožňují schopnost vidění za šera.

Tyčinky se skládají ze zevního fotosenzitivního segmentu a vnitřního segmentu, který slouží k tvorbě nových bílkovin. Zevní segment tvoří hustě na sebe naskládané disky, v jejichž membráně se nachází zrakový pigment citlivý na světlo, rhodopsin, který absorbuje světlo v celé oblasti viditelného světla s maximem okolo 505 nm a přeměňuje fotony světelné energie na elektrickou energii (transdukce), která je očním nervem přenášena do mozku. [7,9,10,12]

### 1.1.5.2. Čípky

Čípky (viz Obrázek 5.) jsou receptory barevného, tzv. fotopické, vidění, ale jsou méně citlivé na světlo. Rozlišujeme 3 druhy čípků, schopné absorbovat světlo v různých vlnových délkách. Modré receptory jsou nejvíce citlivé v oblasti krátkých vlnových délek ve viditelné část spektra, tedy vlnových délek okolo 450 nm. Zelené receptory jsou pak nejcitlivější na vlnové délky okolo 550 nm a červené receptory jsou nejvíce citlivé v oblasti 650 nm, tedy dlouhých vlnových délek (viz Obrázek 4) [5-19]



Obrázek 5: Schéma citlivosti čípků [23]

Kombinací vzruchů při podráždění čípků více světelnými podněty vzniká celá škála barev viditelného spektra. Čípky tedy umožňují ostré vidění za intenzivního osvětlení a velmi citlivě reagují i na malé odchylky barev (6500 individuálních odstínů), u párového porovnávání (předlohy a vzorku) je citlivost ještě větší (3,5-5 milionů odstínů), při nižší intenzitě funkci vidění přechází do černobílé (skotopické vidění). [41]

Čípky mají stejnou stavbu jako tyčinky, ale mají lahvovitý tvar. Diskové membrány čípků, které se nacházejí ve vnějším výběžku, obsahují iodopsin. Na druhém konci ve vnitřním výběžku je energetická zásoba pro proces vidění. Tam se nacházejí mitochondrie a ribozomy, které produkují proteiny pro proces vidění.



Všechny barvy dělíme na achromatické (bílá, černá, šedá) a chromatické (jednoduché, složené).

#### **1.1.5.3. Achromatické barvy**

Achromatické barvy se liší pouze energickou úrovní, jejich spektrální průběh je přímkový. U ideálně bílého povrchu dochází ke 100 % odrazu světla všech vlnových délek, u neutrální šedi dochází k odrazu 50 %, naopak ideálně černý povrch pohltí 100 % paprsků všech vlnových délek.

#### **1.1.5.4. Chromatické barvy**

Chromatické barvy jsou takové barvy, jejichž spektrální průběh prochází přes více vlnových délek, tvořen křivkou s jedním nebo více vrcholy.

#### **1.1.5.5. Monochromatické barvy**

Monochromatické barvy jsou zářením pouze jedné vlnové délky.

### **1.1.6. Barevný tón (odstín)**

Takto můžeme charakterizovat i barvy složitější, které obsahují několik druhů monochromatického záření. I tuto barvu ale vnímá oko jako jednotný impuls, a to například jako barvu červenou nebo zelenou. Mícháním s achromatickou barvou lze snížit, nebo zvýšit intenzitu barevného tónu.

### **1.1.7. Čistota (sytnost)**

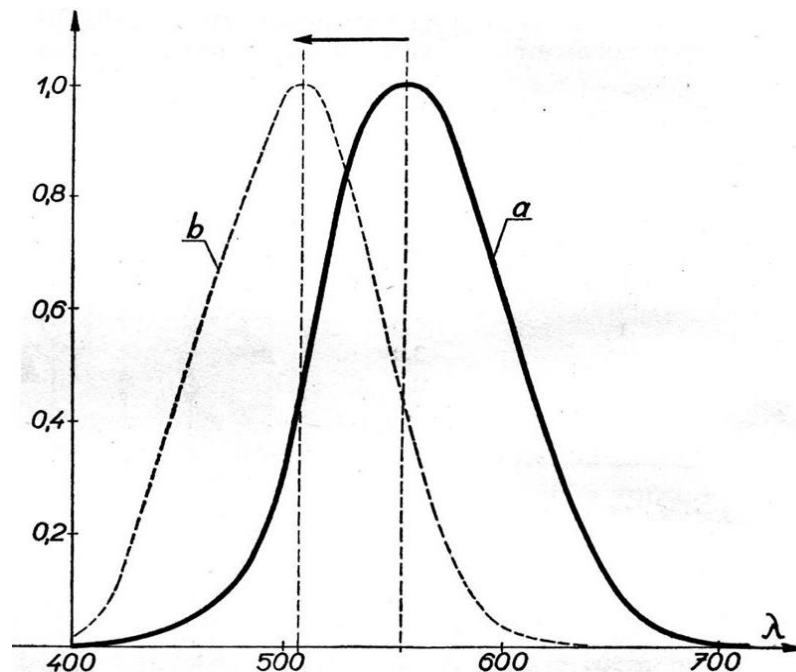
Čistota je další faktor ovlivňující barvu. Vyjadřuje podíl čisté spektrální barvy v celkovém barevném počítku. Dále ji určuje intenzita světla v dané oblasti v poměru s celkovou intenzitou. Největší čistotu (až 100 % mají monochromatické barvy).

### **1.1.8. Jas**

Jas označuje stupeň světlosti či tmavosti barvy. Je dán intenzitou světla dopadajícího na plochu. Jednotkou je kandela na metr čtvereční ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ), v kolorimetrii se ale používá relativní vyjádření (0-100 %). [5-19]

## 1.2. Purkyňův jev

Jan Evangelista Purkyně (1787-1869) byl vynikající přírodovědec, fyziolog, anatom, biolog a filozof. Od roku 1850 vyučoval v Praze na Karlově univerzitě a zabýval se studii o vědomí, spánku a zrakovém vnímání. Purkyňův jev znamená, že při posunu k okraji barevného spektra, i sítnice, dochází snížení citlivosti k barvám. Při sníženém osvětlení tedy přestávají na světelné podněty reagovat čípky a aktivují se tyčinky, které jsou citlivé pouze na intenzitu osvětlení a přecházíme do skotopického vidění (viz Tyčinky, str.9). Se zvyšováním intenzity osvětlení oko zaznamenává změnu sytosti barev. Jak už bylo řečeno, za denního světla je oko citlivé pouze na pestré barvy.



Obrázek 6: Purkyňův jev [29]

Změny můžeme pozorovat sami, stejně jako Purkyně prováděným experimentem. [3] V ranním šeru můžeme sledovat, že při dostatečné úrovni osvětlení se vše jeví zeleno-modro-fialové. Tyto barvy se jeví jako nejsvětlejší. Naopak při vyšších úrovních osvětlení můžeme sledovat, že nejsvětlejší se jeví barva žlutá, červená a oranžová. Tyto barvy se však jeví při nízké intenzitě osvětlení tmavé až černé. Při extrémním osvětlení klesá schopnost rozeznávat barvy stejně jako za šera. Purkyňova oblast se nachází mezi skotopickým a

fotopickým viděním. Je to tedy přechodová oblast, kdy jsou v činnosti čípky více či méně než tyčinky. Jak je vidět na obrázku č. 5, při denním světle fotopická křivka dosahuje maxima při vlnové délce  $\lambda=555$  nm, zatímco u skotopického vidění se nejjasnější oblast posunula ke kratším vlnovým délkám  $\lambda=505$  nm. Přechodová oblast se nazývá mezopická. Viz obrázek 5 [43, 44]

## 1.3. Barvocit

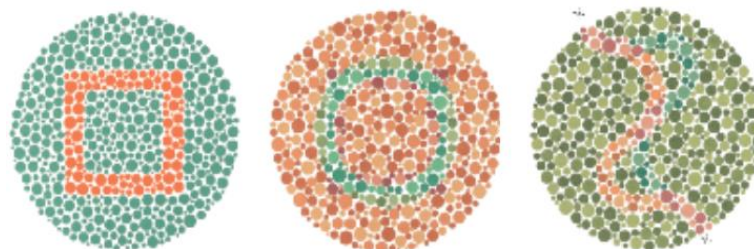
Dalším z aspektů, které se podílejí na subjektivitě barevného vidění je barvocit. Významnou funkcí lidského oka je schopnosti rozeznávat barvy. Používáme ji v každodenním životě, avšak existují anomálie barevného vidění, při kterých člověk nevidí tak, jak jsme zvyklí. [17]

### 1.3.1. Vady barvocitu

Vadami barvocitu je postiženo přibližně 8,5 % lidí Euroatlantické populace (8% muži, 0,5% ženy). Nejznámější vadou barvocitu je monochromázie (barevná slepota). Při této poruše se v oku nevyskytují čípky, pouze tyčinky. Dále známe tři typy poruch tohoto typu. První z poruch je protanomálie. Je to porucha barvocitu, při které se v menší míře vyskytují čípky citlivé na červenou barvu. Protanopie, kdy čípky citlivé na červenou úplně chybí. Další porucha, deuteranomálie znamená, že postižený v menší míře vnímá zelenou barvu, deuteranopie neboli absence čípků citlivých na zelenou barvu. Poslední z vad barvocitu je tritanomalie, způsobující menší výskyt čípků citlivých na modrou barvu a tritanopie, tedy absence čípků citlivých na modrou barvu. [65]

### 1.3.2. Vyšetření barvocitu

Správnost barvocitu je v některých profesích nezbytnou součástí (například v dopravě je nutné rozeznat červenou, zelenou a žlutou). V dnešní době je mnoho metod na diagnostiku poruch barevného vnímání. První skupinou jsou Pseudoizochromatické tabulky (viz Obrázek číslo 7). [27] Většinou jde o shluk bodů různých barev a jasů, které jsou náhodně rozmístěny a vytváří tvary a obrazce, písmena, nebo číslice. Osoby s poruchou barevného vnímání tyto tvary nejsou schopni rozlišit.



Obrázek 7: Pseudoizochromatické tabulky [27]

Další možností testování poruch barevného vidění jsou seřazovací testy (viz Obrázek 7) . Úkolem testu je seřadit barevné terčíky podle barevného spektra správně tak, aby mezi jednotlivým odstíny byly co nejmenší rozdíly. [45, 46, 47, 49, 50, ]

### 1.3.3. Farnsworth-Munsell 100 Hue test

Jednou z metod vyšetření barvocitu je FM 100- hue test, založený na Munsellově barevném atlasu. Celý test obsahuje 85 barevných terčků stejného jasů a sytosti, které má pozorovatel seřadit podle odstínu od červené do modré tak, aby rozdíl odstínu mezi sousedícími terčíky byl co nejmenší (viz Obrázek 8). Test se vyhodnocuje podle čísel na spodní straně terčků. Skóre se vypočítá rozdílem terčků chybného a jemu sousedícího (TES). Výsledkem je zařazení dle chybového skóre do kategorií *Superior* (TES 0-19) při nízké úrovni chybovosti, *Average* (TES 20-99) při průměrné chybovosti a poslední kategorie *Low discrimination* (100 a více) při vysoké úrovni chybovosti.

Výstupem testu je graf skóre pozorovatele, na němž se zobrazí chybové skóre. Na grafu jsou znázorněny křivky odhalující vady barevného vnímání (protanomalie, duetenomalie, tritanomalie). [3,25-29,93]



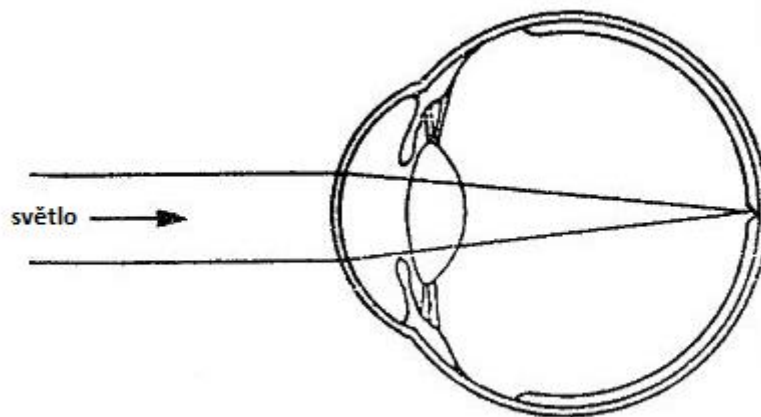
Obrázek 8: Farnsworth-Munsell 100 Hue test [29]

### 1.3.4. Vidění

Proces vidění je velmi složitý proces. Vzniká odražením světla od sledovaného předmětu, odkud pokračuj do oka. Lze jej rozdělit na dvě části. Přijetí obrazu očima, to zajišťují tyčinky (světlo) a čípky (barva) a přenos obrazu do zrakového centra mozku zrakovým nervem (viz Obrázek 9)

Přijetí obrazu okem znamená, že fotony světla dopadnou na sítnici, kde dráždí fotoreceptory. V nich jsou obsaženy zraková barviva (pigmenty) absorbující světlo, a další signální molekuly a enzymy, které zprostředkovávají fotoelektrickou transdukcí (přeměnu světelné energie na elektrickou). Elektrické signály tak putují nervovým nervem do týlního laloku do centra vidění.

Základní funkcí oka je vnímání barev a barevných kontrastů, jasů, tvarů, prostoru a pohybu. Spojením těchto vjemů, zkušeností v kombinaci s dalším smysli si děláme představu o sledovaných předmětech a okolním prostoru. [42,48, 51, 52]

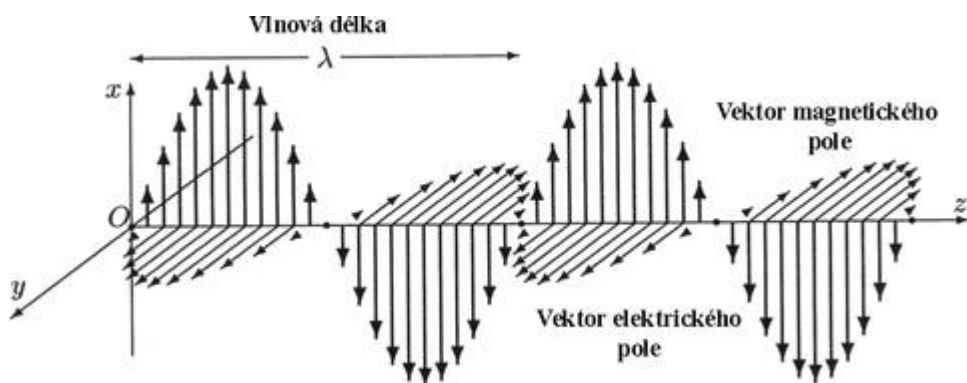


Obrázek 9: Schéma procesu vidění [26]

## 1.4. Světlo

Světlo je elektromagnetické záření v rozmezí viditelném okem (390-720 nm), které při průchodu sítnicí poskytuje vjem vidění. Je ohraničeno infračerveným a ultrafialovým zářením. Šíření světla je v homogenním prostředí přímočaré (rychlost světla ve vakuu je 300 000 km/s). Světlo přenáší energii, ta může být pohlcena, odražena nebo zlomena.

Monochromatické světlo si můžeme představit jako šíření na sebe kolmých vektorů elektrického a magnetického a mění se periodicky s časem (viz Obrázek č. 10). [35, 52, 56, 57,58]



Obrázek 10: Schéma elektromagnetického vlnění [55]

## 1.5. Aditivní míšení barevných světél

Zdrojem přirozeného světla jsou sluneční paprsky, které vnímáme jako bílé světlo (tzv. achromatické světlo). Ve skutečnosti je každý sluneční paprsek tvořen celým spektrem barev, které lze pozorovat při průchodu světelného paprsku skleněným hranolem (např. spektroskopem). Typickým příkladem takového rozkladu je duha, kterou můžeme za deště vidět na obloze. Příčinou tohoto jevu je přirozený rozklad světelných paprsků dešťovými kapkami. Spektrální barvy se proto někdy označují jako barvy duhové. [54]

Rozložením světla vzniká celé spektrum barev, (viz str.9, Obrázek 4). Různé barvy odpovídají různým vlnovým délkám. Mezi tyto spektrální barvy patří například barva fialová (kratší vlnové délky), modrá, zelená, žlutá, oranžová, červená (delší vlnové délky). Míšení primárních barev můžeme docílit libovolné barvy. Abychom viděli světlo bílé, musí záření obsahovat paprsky krátkých,

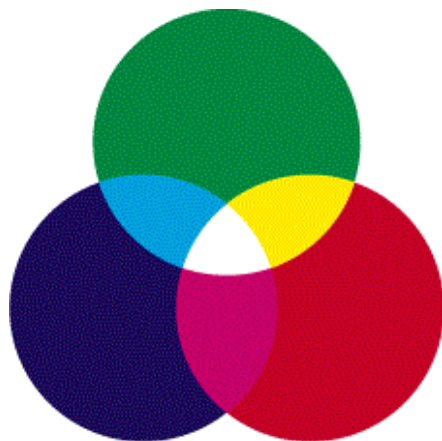
středních a dlouhých vlnových délek, nemusí však být vysílány ve všech vlnových délkách, pouze ve stejném poměru. [2]

Aditivní míšení barev znamená, že se jednotlivé složky barevných světél sčítají. Výsledkem je světlo větší intenzity (intenzita výsledného světla je rovná součtu jednotlivých světél). Při stejném poměrovém zastoupení primárních barev (červená, zelená, modrá) vzniká světlo bílé, různými poměry barev docílíme vzniku sekundárních (doplňkových) barev (červená+ zelená=žlutá, zelená+ modrá= azurová, modrá+ červená= purpurová). (viz Obrázek č. 11) [36, 53]

Aditivní míšení se používá například u monitorů, televizních obrazovek a u některých druhů scannerů. Tento systém barev nazýváme RGB, podle anglických zkratk primárních barev (červená= Red, zelená= Green, modrá= Blue).

## 1.6. Subtraktivní míšení barevných pigmentů

Subtraktivní míšení je způsob míchání barevných pigmentů. Přidáním každé další barevné složky se barevné pigmenty od sebe odečítají. Můžeme si to představit jako míchání malířských barev, nebo tisku. (viz Obrázek 12.) [39,48]



Obrázek 11: Aditivní míšení barev [32]



Obrázek 12: Subtraktivní míšení barev [33]

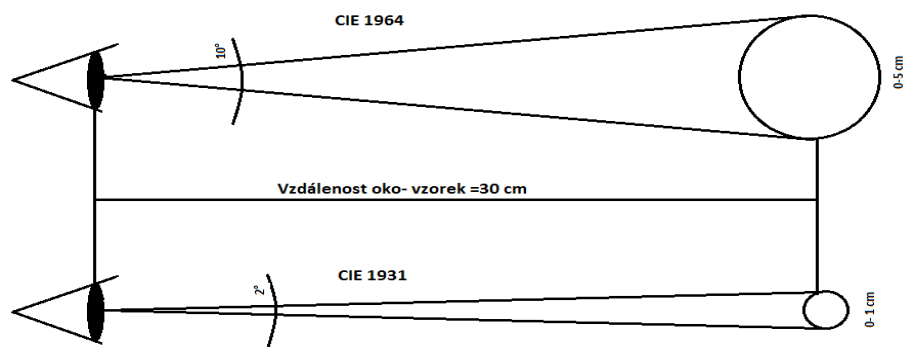


## 2. Kolorimetrické soustavy a prostory

Vizuální hodnocení barevných diferencí je velice kolísavé a subjektivní. Může se lišit v rámci jednoho hodnocení, dokonce i jednoho pozorovatele. Výsledek hodnocení závisí na podmínkách pozorování a dalších faktorech jako je textura, osvětlení, zkušenost a únava pozorovatele... I zkušený kolorista se může lišit v hodnocení, dalším problémem je pak rozdíl hodnocení více koloristů. Klíčem k tomuto problému je numerický popis barev a barevné odchylky, a to co nejjednodušším způsobem.

Počátky zkoumání barev a barevných prostorů můžeme zaznamenat již ve zkoumání řady významných fyziků. Teorii barev se zabýval už Newton (1642-1727), Grassmann (1809-1977), s nástupem moderní techniky pak přišla i možnost objektivního měření. V roce 1931 přijala mezinárodní komise pro osvětlování (Commission Internationale de l'Eclairage), neboli CIE pět doporučení charakterizující vlastnosti barvy, světla a pozorovaných předmětů.

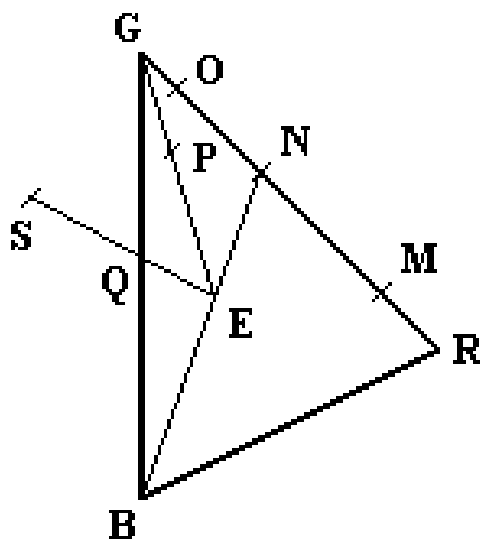
Prvním z doporučení byly normalizované zdroje světla pro měření druhotných zdrojů A,B,C, dále pak podmínky osvětlování a pozorování, stanovila také etalony činitele odrazu (viz ČSN 011718), CIE-1931 standardního pozorovatele ( $2^\circ$ ) definovaného  $\bar{x}(\lambda)$   $\bar{y}(\lambda)$   $\bar{z}(\lambda)$  a posledním doporučením je soustava trichromatických složek X,Y,Z a barevný prostor X, Y,Z . Tato doporučení byla 1964 rozšířena o  $10^\circ$  standardního pozorovatele a zdroj světla D, v roce 1976 přibyl jednotný barevný prostor CIELab. [3,48, 60]



Obrázek 13: Úhly pozorování  $2^\circ$  a  $10^\circ$  pozorovatel

## 2.1. Barevný model RGB

Jak už jsme si řekli (str.10), lidské oko obsahuje tři druhy čípků, a právě z toho faktu a zákonitosti aditivního míšení barev se zakládá barevný trojúhelník RGB. Jeho vrcholy tvoří základní body barevnosti, které odpovídají citlivosti čípků na sítnici lidského oka. Jejich vlnové délky jsou podle CIE 1931 odpovídají vlnovým délkám  $\lambda_R = 700nm$ ,  $\lambda_G = 546,1nm$  a  $\lambda_B = 435,8 nm$ . Na spojnicích vrcholů se nacházejí sekundární barvy a ve středu trojúhelníku podle zákonitosti aditivního míšení barva bílá. [28, 48, 61, 62]



Obrázek 14: Barevný trojúhelník RGB [59]

## 2.2. CIEXYZ

V roce 1931 vytvořila Mezinárodní komise pro osvětlování CIE matematický systém barev, který umožňuje popis jakémkoli odstínu barev. Vycházela při tom ze systému RGB. Úkolem bylo číselně popsat výslednou barvu a vytvořit jednotný prostor pro všechny barvy. Tento systém je také nazýván trichromatická soustava, kde jsou jednotlivé barvy definovány pomocí trichromatických činitelů vyjadřujících množství R, G, B stimulů odpovídající standardnímu pozorovateli 2° (úhel vidění pomocí žluté skvrny). V roce 1964 přibyl 10° pozorovatel, který postupně v praxi 2° pozorovatele nahradil.

Hodnoty trichromatických složek definujeme takto:

$$x = \frac{\bar{x}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (1)$$

$$y = \frac{\bar{y}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (2)$$

$$z = \frac{\bar{z}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (3)$$

K popisu barvy stačí znát 2 ze 3 souřadnic (3)

$$x + y + z = 1 \quad (4)$$

K určení barevných souřadnic ze zdroje světla pomocí trichromatických složek slouží tyto vzorce:

$$X = \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda)E(\lambda)d\lambda \quad (5)$$

$$Y = \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda)E(\lambda)d\lambda \quad (6)$$

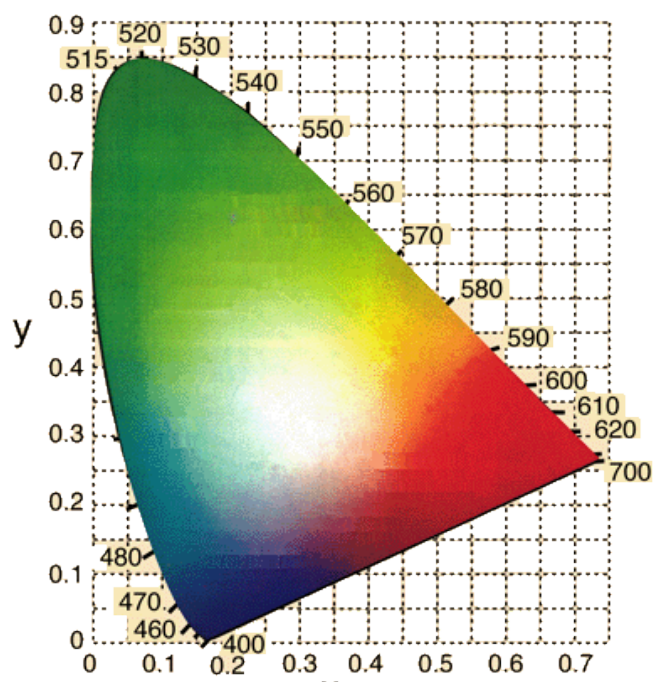
$$Z = \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda)E(\lambda)d\lambda \quad (7)$$

Pro viditelné spektrum jsou meze integrálu mezi 380 a 780 nm,  $E(\lambda)$  je poměrné spektrální složení zdroje světla.

Barevné souřadnice z barevných složek vypočteme takto:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (8), (9), (10)$$

Pokud chceme zachytit pouze chromatičnost bez jasu, a stačí nám znát jen dvě proměnné ( $x + y + z = 1$ , tedy  $z = 1 - x - y$  a hodnotu  $z$  lze dopočítat). Díky tomuto předpokladu máme možnost znázornit barevný prostor graficky – kolorimetrický trojúhelník, diagram chromatičnosti. Podél obvodu diagramu je rozložený odstín (Hue), směrem ke středu se mění sytost k neutrální, bílé oblasti. [2,3]



Obrázek 15: Barevný prostor CIE 1931

## 2.3. CIELAB + dE\*

Roku 1976 přijala CIE vzorec CIE LAB (CIE L\*a\*b\*). Tato rovnice stejně jako některé další vychází z CIE XYZ. CIELAB slouží pro matematicky snadné, názorné určování barev. Prostor CIELAB je tvořen třemi na sebe kolmými osami L\*a\*b\*. Svislá osa L\* reprezentuje světlost a pohybuje se v rozsahu 0%(černá) - 100%(bílá), osa a\* představuje osu od zelené (záporná část osy) do červené (kladná část osy) a b\* osu modro – žlutou (modrá – záporná část osy, žlutá-kladná část osy). Používá se na hodnocení barevných odstínů a pro hodnocení barevných rozdílů. [3]

Platí, že:

$$L^* = 116Y^* - 16 \quad (11)$$

$$a^* = 500[X^* - Y^*] \quad (12)$$

$$b^* = 200[Y^* - Z^*] \quad (13)$$

kde

$$X^* = \left(\frac{X}{X_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro } \frac{X}{X_0} > 0,008856$$

$$X^* = 7,787 \left(\frac{X}{X_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro } \frac{X}{X_0} \leq 0,008856$$

$$Y^* = \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro } \frac{Y}{Y_0} > 0,008856$$

$$Y^* = 7,787 \left(\frac{Y}{Y_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro } \frac{Y}{Y_0} \leq 0,008856$$
$$Z^* = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro } \frac{Z}{Z_0} > 0,008856$$

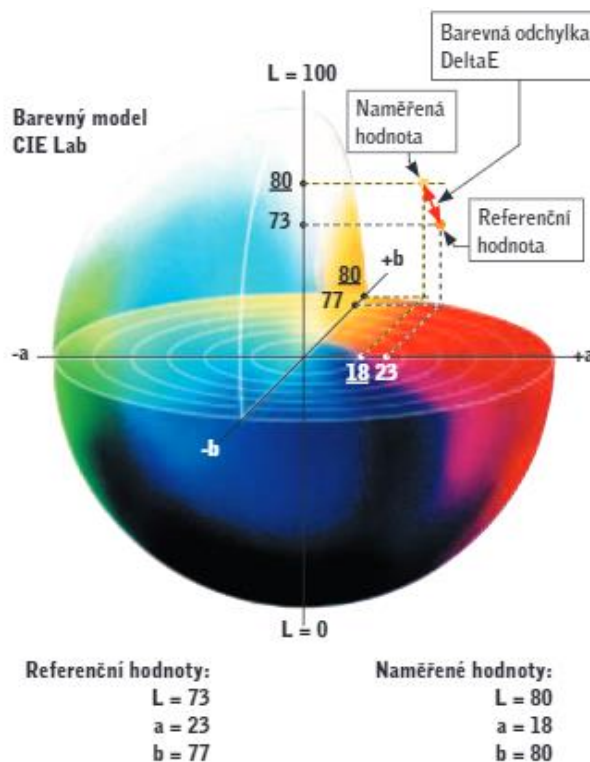
$$Z^* = 7,787 \left(\frac{Z}{Z_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro } \frac{Z}{Z_0} \leq 0,008856$$

Hodnoty X, Y a Z trichromatické složky barevného podnětu a X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> a Z<sub>0</sub> jsou trichromatické složky normalizovaného zdroje světla.

Jedním z nejdůležitějších úkolů pro vizuální posudky barevných diferencí byla transformace složek X, Y, Z do soustavy (ideálně barevného prostoru), ve

kterém by platilo, že dvě dvojice barevných tónů mají stejnou vizuální odchylku, když jde tato odchylka vyjádřit stejným číslem. Na základě diferencí mezi jednotlivými souřadnicemi dvou srovnávaných vzorků (předlohy a standardu) byla zavedena barevná odchylka  $\Delta E^*$ .

V "ideálním" barevném prostoru odpovídá vzdálenost dvou barev vizuální vnímané odchylce. Výpočet barevného rozdílu pomocí  $\Delta E^*$  platí za předpokladu porovnávání dvou stejně velkých vzorků na neutrálním pozadí (šedé/bílé) při osvětlení standardizovaným světelným zdrojem. Míru velikosti barevného rozdílu mezi standardem a vzorkem vyjadřuje celkový barevný rozdíl, jeho charakter upřesňuje rozdělení na jednotlivé složky barevných souřadnic. [14, 63]



Obrázek 16: Barevný prostor CIELAB s  $\Delta E$  [34]

$$\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{1/2} \quad (14)$$

kde

$$\Delta L = (L_{vz}^* - L_{st}^*) \quad \Delta a = (a_{vz}^* - a_{st}^*) \quad \Delta b = (b_{vz}^* - b_{st}^*)$$

## 2.4. CMC (l:c)

Dalším vývojem výpočtů barevné diference bylo přijetí rovnice pro výpočet malých barevných rozdílů CMC (l:c). Je založena na systému CIELCH (světlost, sytost, odstín). Z důvodu vícerozměrné povahy kolorimetrických prostorů, kde se všechny veličiny popisující odstín navzájem ovlivňují, konstruuji tento barevný prostor toleranční elipsoidy.

Aby mohla být rovnice využita pro různé účely byly zavedeny váhové faktory l a c. Pro textilní vzorky se užívá poměr 2:1 (průmyslově akceptovatelné odchylky), někdy se využívá poměr 1:1 odpovídá citlivost lidského oka k barevným rozdílům. [3, 63-66]

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \left[ \left( \frac{\Delta L^*}{l \cdot S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C_{ab}^*}{c \cdot S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H_{ab}^*}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (15)$$

kde

$$S_L = 1 + \frac{0,040975 \cdot L^*}{1 + 0,01765 \cdot L^*} \quad L^* > 16$$

$$S_L = 0,511 \quad L^* \leq 16$$

$$S_C = \frac{0,0638 \cdot C_{ab}^*}{1 + 0,0131 \cdot C_{ab}^*} + 0,638$$

$$S_H = S_C \cdot (TF + 1 - F)$$

$$F = \sqrt{\frac{(C_{ab}^*)^4}{(C_{ab}^*)^4 + 1900}}$$

$$T = 0,56 + [0,2 \cdot \cos(h + 168)] \quad \text{pro interval } 164^\circ \leq h < 345^\circ$$

$$T = 0,36 + [0,4 \cdot \cos(h + 35)] \quad \text{pro interval } h < 164^\circ \text{ a } 345^\circ \leq h$$

Hodnoty  $DL^*$  (jasová odchylka)  $DC_{ab}^*$  (odchylka v sytosti, měrné čistotě)  $DH_{ab}^*$  (odstínová odchylka) udávají rozdíl barevných souřadnic vzorku

a standardu.  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$  jsou váhové funkce závislé na poloze vzorku a standardu v barevném prostoru. Vychází ze sytosti, světlosti a barevném odstínu. [3, 93]

## 2.5. CIE 1994 v nastavení (1:1) a (2:1)

Roku 1995 byla publikována Mezinárodní komisí pro osvětlování rovnice CIE 1994. Tento prostor představuje elipsu (její matematický výpočet) kolem standardu. Tato rovnice zohledňuje parametry vnímání (v mnoha barvách akceptuje lidské oko širší odchylku v jasů, než jakou akceptuje v sytosti barvy) tak, aby byl výsledek shodný v vyhodnocení zrakovým. [3, 64-66]

$$\Delta E_{1994} = \left[ \left( \frac{\Delta L^*}{k_L \cdot S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C^*}{k_C \cdot S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H^*}{k_H S_H} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (16)$$

$$\Delta V = k_E \Delta E_{CIE1994} \quad (17)$$

Kde  $k_E$  = adjustační faktor a  $\Delta V$  je vizuální vnímaná diference.  $k_L=1$  (pro většinu měření), v textilním průmyslu se ve vzorci používá  $k_2= 2$ .

$$k_C = k_H = 1, S_C = 1 + 0,045 C^*$$

$$S_H = 1 + 0,015 C^*$$

## 2.6. CIE2000

Nejnovějším typem rovnice pro vyjádření barevného rozdílu, který je získán vizuálním hodnocením nebo měřením je CIE2000.

. Výpočet je založen na rozdílu sytosti  $\Delta C'$ , světlosti  $\Delta L'$  a odstínu  $\Delta H'$ , společně s váhovými koeficienty  $S_L$ ,  $S_C$  a  $S_H$  a parametrickými koeficienty  $k_L$ ,  $k_C$  a  $k_H$  (1:1:1). [4, 64-66]

1. krok – výpočet barevných souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  v barevném prostoru *CIELAB* podle rovnic (18), (19), (20).
2. krok – výpočet hodnot  $a'$ ,  $C'$  a  $h'$

$$L' = L^* \quad (18)$$



$$a' = a^* \cdot (1 + G) \quad (19)$$

$$C'_{ab} = \sqrt{(a')^2 + (b')^2} \quad (20)$$

$$b' = b^* \quad (21)$$

$$h'_{ab} = \tan^{-1} \left( \frac{b'}{a'} \right) \quad (22)$$

kde

$$G = 0,5 \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{C_{ab}^{*7}}{C_{ab}^{*7} + 25^7}} \right)$$

3. krok – výpočet hodnot  $\Delta L'$ ,  $\Delta C'$  a  $\Delta H'$

$$\Delta L' = L'_{vz} - L'_{st} \quad (23)$$

$$\Delta C' = C'_{ab,vz} - C'_{ab,st} \quad (24)$$

$$\Delta H' = 2 \sqrt{C'_{ab,st} \cdot C'_{ab,vz}} \sin \left( \frac{\Delta h'_{ab}}{2} \right) \quad (25)$$

4. krok – výpočet  $\Delta E_{00}$

$$\Delta E_{00} = \left[ \left( \frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H} \right)^2 + R_T \left( \frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C} \right) \cdot \left( \frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H} \right) \right]^{1/2} \quad (26)$$

Váhové koeficienty  $S_L$ ,  $S_C$  a  $S_H$  jsou definovány

$$S_L = 1 + \frac{0,015 \cdot (\bar{L} - 50)^2}{\sqrt{20 + ((\bar{L} - 50)^2)}} \quad (27)$$

$$S_C = 1 + 0,045 \cdot \overline{C_{ab}} \quad (28)$$

$$S_H = 1 + 0,015 \cdot \overline{C_{ab}} \cdot T \quad (29)$$

kde

$$T = 1 - 0,17 \cdot \cos(\overline{h_{ab}} - 30^\circ) + 0,24 \cdot \cos(2 \cdot \overline{h_{ab}}) + 0,32 \cdot \cos(3 \cdot \overline{h_{ab}} + 6^\circ) - 0,20 \cdot \cos(4 \cdot \overline{h_{ab}} - 63^\circ)$$

*Rotační faktor* je definován

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta) \cdot R_C \quad (30)$$

Kde

$$\Delta\theta = 30 \cdot \exp \left\{ - \left[ \left( \frac{\overline{h_{ab}} - 275^\circ}{25} \right) \right]^2 \right\}$$

$$R_C = \sqrt{\frac{\overline{C_{ab}}^7}{\overline{C_{ab}}^7 + 25^7}}$$

## 2.7. CIE CAM02

Model CIE CAM02 byl definován Mezinárodní komisí pro osvětlování v roce 2002. Model vznikl zjednodušením a zefektivněním modelu CIECAM97s. Model CIE CAM02 je jednodušší ve formulaci, snadněji se transformuje a pracuje se s ním stejně, ne-li lépe než s modelem CIECAM97s. Jeho výpočet se skládá z několika částí. Hlavní částí jsou transformace chromatické adaptace (schopnosti člověka přizpůsobovat se změnám osvětlení se stejným barevným vzhledem) a vzorec pro výpočet vnímání atributů. Cílem tohoto modelu je předvídat barevný vzhled za různých světelných podmínek. [90]

Výsledný model je ovlivněn vstupními parametry, kterými jsou trichromatické souřadnice X, Y, Z, vypočtené z barevných souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vzhledem ke standardním hodnotám barev pro pozorovatele 10°. Důležitou roli hraje osvětlení, barva pozadí sledovaného objektu a podmínky prostředí, kde dochází k pozorování. Korekce výstupních hodnot jsou lehkost (J), jas (Q), chroma (C), barevnost (M), sytost (saturace), odstín (h), odstín odstínu H, souřadnice barev (a, b). Protože cílem tohoto článku není jediný model CIECAM02. Zde model podle modelu CIECAM02-UCS. Tento model je vhodný pro výpočet rozdílu barev malých i velkých barevných rozdílů.

$J$ ,  $M$ ,  $h$  jsou světlost, barevná vydatnost a odstínový úhel.  $\Delta J'$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta b'$  jsou rozdíly mezi vzorkem a standardem.  $K_L$  jasový parametr a  $c_1$  and  $c_2$  jsou koeficienty pro tři modifikace CIECAM02. [3, 64, 65]

$$\Delta E_{CAM02} = \left[ \left( \frac{\Delta J'}{K_L} \right)^2 + (\Delta a')^2 + (\Delta b')^2 \right]^{1/2} \quad (36)$$

$$J' = \frac{(1 + 100c_1)J}{1 + c_1J} \quad (37)$$

$$a' = M' \cos(h) \quad (38)$$

$$b' = M' \sin(h) \quad (39)$$

$$M' = \left( \frac{1}{c_2} \right) \ln(1 + c_2M) \quad (40)$$

Barevné prostory **CIECAM02 – CAM02-LCD** velké barevné rozdíly, **CAM02-SCD** malé barevné rozdíly a **CAM02-UCS** (kombinace LCD a SCD).

V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty koeficientů pro výpočet jednotlivých modifikací.

Tabulka 1: koeficienty pro jednotlivé modifikace [91,92]

	CAM02-LCD	CAM02-SCD	CAM02-UCS
$K_L$	0,77	1,24	1,00
$c_1$	0,007	0,007	0,007
$c_2$	0,0053	0,0363	0,0228

## 2.8. Vizuální odchylka $dV$

$$dV = -1,078 + 23,56e^{-GS/1,709} \quad (41)$$

kde  $GS$  je stupeň šedi z šedé stupnice udaný pozorovatelem při hodnocení vzorků.

Pro vyhodnocení predikční schopnosti rovnic pozorovatelských hodnocení a vyjádření odchylky/shody mezi numericky změřenými barevnými rozdíly a vizuálními hodnocenými, mohou být použity charakteristiky jako jsou *korelační koeficient*, *PF3 factor* a *STRESS index*.

## 2.9. Korelační koeficient:

Udává lineární závislost náhodných veličin  $dV_x$  a  $dV_{rpx}$

Korelace je míra závislosti mezi dvěma veličinami. Nabývá hodnot  $[-1,1]$ , nelineární závislost (data na sobě nezávislá) až do úplné lineární závislosti.

Závislost  $dE$  a  $dV_{rpx}$  je definována:

$$r(dE, dV_{rpx}) = \frac{\sum_1^n (dE - \overline{dE}) \cdot (dV_{rpx} - \overline{dV_{rpx}})}{\sqrt{\sum_1^n (dE - \overline{dE})^2 \sum_1^n (dV_{rpx} - \overline{dV_{rpx}})^2}} \quad (42)$$

kde  $dV$ = vizuální barevná odchylka zjištěná subjektivním hodnocením

$dE$ = barevná odchylka zjištěná objektivním měřením

## 2.10. STRESS index

(standardizovaný residuální součet čtverců):

Model STRESS index udává, zda se hodnocení mezi sebou shodují nebo rozcházejí. Jeho hodnota se pohybuje mezi 0 a 100 %. Čím je tedy STRESS index nižší, tím je shoda mezi hodnoceními vyšší.

Je definován:

$$\text{STRESS} = 100 * \sqrt{\frac{\sum_1^n (dV_x - F_3 dV_{rpx})^2}{\sum_1^n dV_x^2}} \quad (43)$$

Kde

$$F_3 = \frac{\sum_1^i \alpha E_1 \cdot \alpha V_{r_i}}{\sum_1^{96} \alpha V_{r_i}^2}$$

$dV_x$  – vizuálně vnímaná barevná odchylka pro 1. vzorek při 1. hodnocení

$dV_{rpx}$  – robustní průměrná vnímaná barevná odchylka pro 1. vzorek

$F_3$  - je škálovací faktor

## 2.11. PF/3 faktor (Performance faktor):

Vyšší hodnota PF/3 faktor ukazuje horší soulad mezi subjektivním vizuálním hodnocením a objektivní naměřenou hodnotou a znamená nižší predikční schopnost testované rovnice.

- Je definován:

$$\text{PF/3} = \frac{100}{3} \cdot \left( y + V_{AB} + \frac{CV}{100} \right) \quad (44)$$

$$\text{CV} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^n (dV_x - f dV_{rpx})^2}}{\overline{dV_x}} 100 \quad (45)$$

$$f = \frac{\sum_1^n dV_x \cdot dV_{rpx}}{\sum_1^n dV_{rpx}^2} = F_3 \quad (46)$$

$$\log(y) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^n \left[ \log\left(\frac{dV_x}{dV_{rpx}}\right) - \log\left(\frac{\overline{dV_x}}{\overline{dV_{rpx}}}\right) \right]^2} \quad (47)$$

$$V_{AB} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^n \left[ \frac{dV_x - (F dV_{rpx})}{dV_x F dV_{rpx}} \right]^2} \quad (48)$$

$$F = \frac{\sqrt{\sum_1^n \frac{dV_x}{dV_{rpx}}}}{\sqrt{\sum_1^n \frac{dV_{rpx}}{dV_x}}} \quad (49)$$

Kde

$\overline{dV_x}$  – průměrná vizuálně vnímaná barevná odchylka pro 1. vzorek při 1. hodnocení

$dV_{rpx}$  – robustní průměrná vnímaná barevná odchylka vypočítaná ze všech hodnocených vzorků.

$r$  – korelační koeficient

$N$  – počet hodnocených párů

## 2.12. Rozhodovací kritérium $S_r$

Martina Ulmanová ve své diplomové práci uvádí, že „Rozhodovací kritérium umožňuje statistické posouzení predikčních schopností barevně rozdílných vzorků. Aby bylo možné rozhodnout, jestli je mezi vzorcí DEa a DEb signifikantní rozdíl, jeden z nich musí mít čtvercový poměr korespondujících STRESS hodnot  $S_a$  a  $S_b$  ve stejně testovaných datech.“ [93]

$$S_r = \frac{S_a^2}{S_b^2} \quad (50)$$

$$S_a > S_b$$

Pokud hodnota  $S_r$  leží uvnitř stanoveného intervalu spolehlivosti  $[1/F; F]$ , který je vypočten pomocí Fisher-Snedecorova rozdělení ( $F$  rozdělení) s  $n-1$  a  $m-1$  stupni volnosti, není mezi hodnotami signifikantní rozdíl. Hodnoty  $F$  jsou získány pomocí stupňů volnosti z tabulek tohoto rozdělení. Leží-li následně vypočtená hodnota  $S_r$  mimo stanovený interval, existuje mezi vzorky (pozorováními) signifikantní rozdíl.

### 3. Experimentální část

#### 3.1. Příprava vzorků

Pro vizuální část experimentu bylo nutné připravit barevné centrum. K přípravě vzorků byl použit materiál Dralon/acryl se specifikacemi uvedenými v tabulce 2.

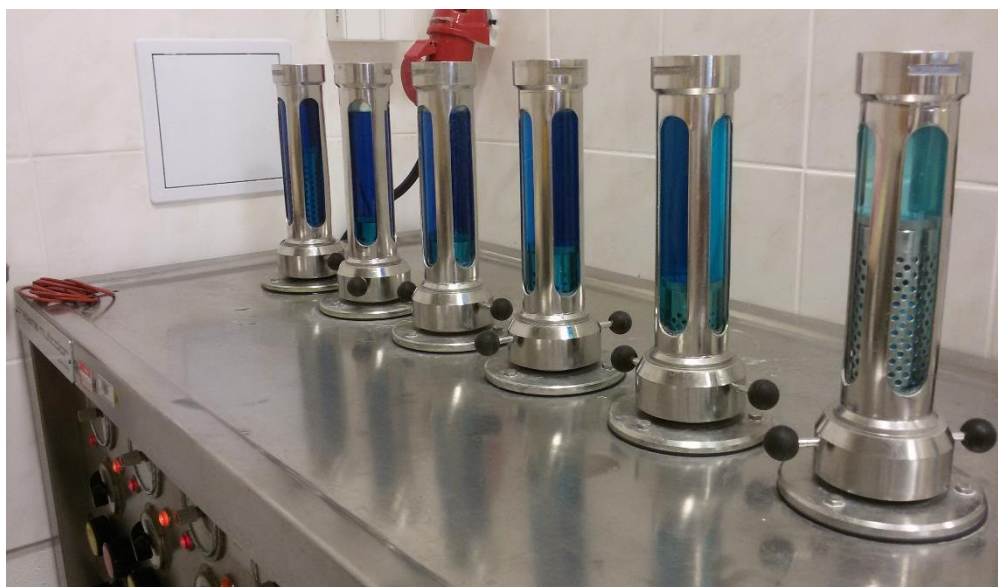
Tabulka 2: Použitý materiál

Materiál		100% Dralon/acryl
Plošná hmotnost (g/m <sup>2</sup> )		220
Vazba		plátňová
Dostava (počet nití na 10 cm)	Osnova	325
	Útek	140

Barvení vzorků probíhalo v lázni při teplotě 98 °C pomocí přístroje Pretema. Pro barvení byla použita kationtová barviva (bazická), která umožňují dosáhnout u barvených vzorků vysoce čistých odstínů. Pro barvení byla použita barviva značky Maxilon® a Astrazon®. V následující Tabulce číslo 3 jsou uvedena použitá barviva.

Tabulka 3: Barviva použitá k barvení vzorků

Astrazon® Blue F2RL 200%	Maxilon® Blue 5G EC 300%
Astrazon® Red Violet 3RN	Maxilon® Blue TRL LIQ.
Astrazon® Brilliant Red 4G fl 200%	Maxilon® Red 2B-01 LIQ.
Astrazon® Yellow 5GL 200%	Maxilon® Flavine 10GFF 300%
Astrazon® Green M	

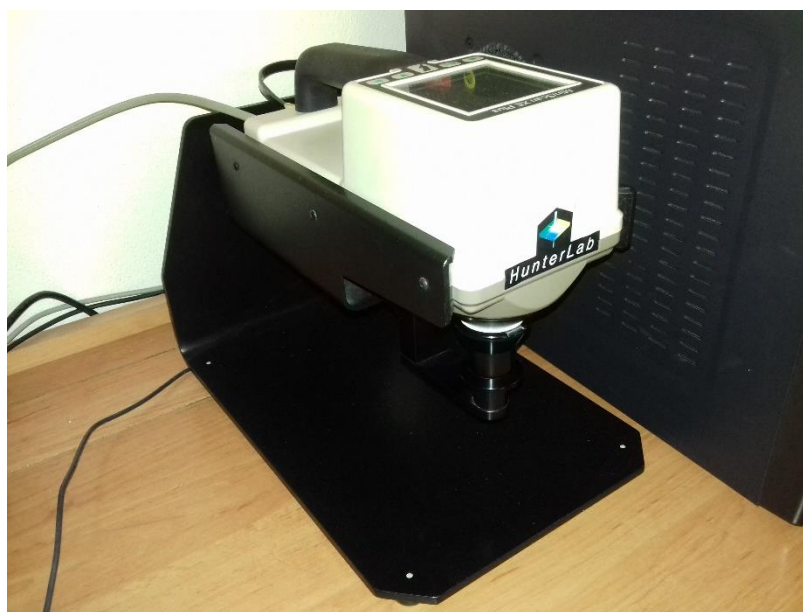


*Obrázek 17: Proces barvení pomocí přístroje Pretema*



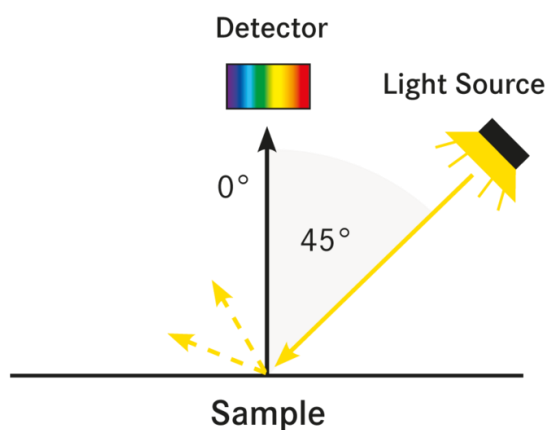
### 3.2. Objektivní měření barevných vzorků

Objektivní měření bylo provedeno na Spektrofotometru HunterLab MiniScan XE Plus 45°/0° LAV (Obrázek 18) a následně byly získány hodnoty barevného prostoru CIELAB. Hodnoty jsme použily pro výpočet barevných diferencí jednotlivých vzorků ke standardu pomocí rovnic CIELAB, CMC (1:1), CMC (2:1), CIE 1994 (1), CIE 1994 (2), CIE2000 (1:1:1), CAM02.



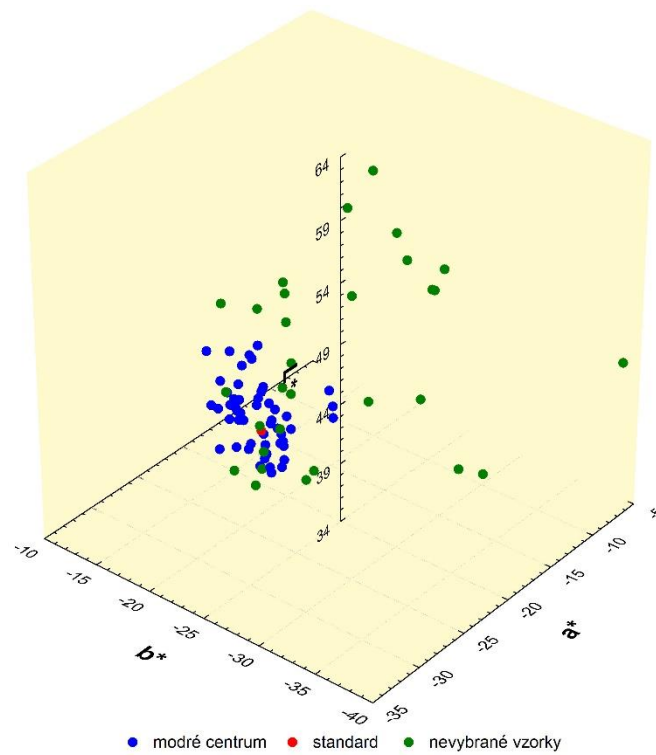
Obrázek 18: Spektrofotometr HunteLlab MiniScan XE Plus 45°/0° LAV

Pro ilustraci uvádím měřící geometrii 45°/0° (Obr 18).



Obrázek 19: Geometrie 45°/0°

Na základě kolorimetrických parametrů bylo vybráno z nabarvených 132 53 vzorků, s malou barevnou odchylkou od standardu. Z těchto vzorků byl vybrán standard okolo něhož se nachází vzorky s různou barevnou odchylkou  $DE^*$  v rozmezí 0,3-6. V grafu znázorněném v obrázku 20 můžeme sledovat umístění vzorků v prostoru CIE Lab.



Obrázek 20: 3D bodový graf

### 3.3. Vizuální experiment

Vizuální experiment v bakalářské práci je tvořen provedením Farnsworth-Munsellova 100-Hue testu a vizuálního hodnocení modrého barevného centra. Obě části byly provedeny v laboratoři se zatemněnými okny, s použitím koloristické skříně pod simulátorem denního osvětlení D65 s náhradní teplotou chromatičnosti  $\pm 6500$  K. Vizuální experiment byl prováděn pod 7 různými úrovněmi adaptačního jasu. Pro zajištění snížení adaptačního jasu byly použity filtry v kombinacích uvedených v tabulce 6.

Tabulka 4: Úrovně adaptačních jasů

Úroveň adaptačních jasů	Adaptační jas (cd/m <sup>2</sup> )	Kombinace filtrů	Adaptační čas (min.)
1	481	Bez filtru	1
2	76,5	A1	2
3	14,5	B1	2
4	2,21	A1+A2+A3	4
5	0,59	B1+B2	5
6	0,12	B1+B2+A1	8
7	0,04	B1+B2+B3	11
A (1,2,3)		16% propustnost světla	
B (1,2,3)		6% propustnost světla	

### 3.3.1. Pozorovatelé

Pro vizuální experimenty bylo vybráno 10 pozorovatelů.

Pozorovatelům byla přiřazena identifikační čísla nahrazující jména. Dále jsem tedy pracovala pouze s identifikačními čísly. V tabulce 4 jsou dále uvedeny roky narození a pohlaví.

Tabulka 5: Označení pozorovatelů

Označení pozorovatele	Pohlaví	Ročník narození
1	žena	1994
2	žena	1994
3	žena	1989
4	žena	1987
5	žena	1992
6	žena	1992
7	muž	1989
8	žena	1992
9	žena	1993
10	žena	1996

### 3.4. Postup testování poruch barvocitu pomocí Farnsworth-Munsell 100- Hue testu

FM 100-Hue test slouží k zjišťování poruch barvocitu. Z důvodu práce s barvami jsem provedla s každým pozorovatelem testování barvocitu, abych předešla chybovosti výsledků měření. Každého pozorovatele jsem seznámila s průběhem testování.

Každý pozorovatel podstoupil tento test 1krát na každé úrovni adaptačního jasů.

Průběh testu je popsán v kapitole Farnsworth-Munsell 100 Hue test

### 3.5. Postup subjektivního hodnocení

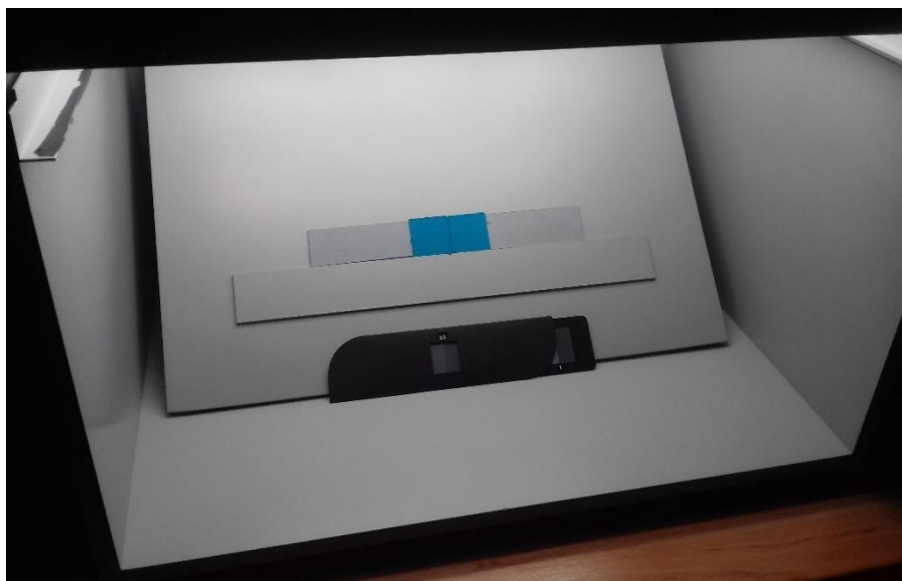
Subjektivní hodnocení bylo provedeno podle podmínek uvedených v předchozí podkapitole. Pozorovatele jsem seznámila s podmínkami a postupem hodnocení. Subjektivní hodnocení bylo provedeno metodou „párového srovnávání“, kdy standard byl umístěn na levé straně a k němu byly postupně přikládány ostatní vzorky. Rozdíl mezi standardem a vzorkem byl hodnocen pomocí šedé stupnice pro hodnocení změny odstínu ISO 105a:02. Tato stupnice a ukázka hodnocení jsou na obrázcích 21- 23. Použitá šedá stupnice byla během hodnocení v černé masce, aby pozorovatel nebyl ovlivňován ostatními stupni a také pro ochranu povrchu stupnice.

Během změny úrovní, při kterých bylo hodnocení prováděno, byl pozorovatel otočen od koloristické skříně se zavřenýma očima. Mezi jednotlivými úrovněmi byl dodržován adaptační čas (viz Tabulka 6). Průměrná doba hodnocení byla 100 minut pro jedno opakování.

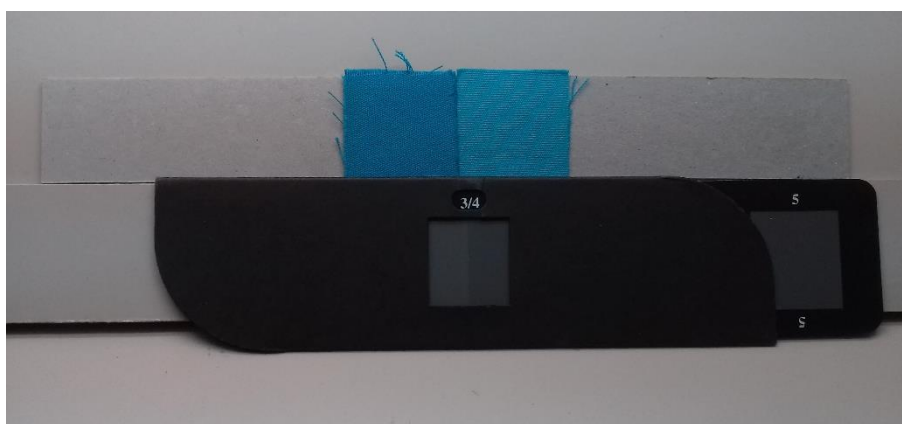
Pro zvýšení objektivity výsledků bylo měření opakováno 5krát, s minimálním odstupem 2 dnů, potřebných pro odpočinek zregenerování pozorovatele.



Obrázek 21: Šedá stupnice



*Obrázek 22: Ukázka průběhu hodnocení při první úrovni adaptačního jasu*



*Obrázek 23: Ukázka užití šedé stupnice k určení diference*

## 4. Vyhodnocení experimentu

### 4.1. Farnsworth-Munsell 100- Hue test

Po dokončení testování byl pro všechny pozorovatele při všech úrovních vyhodnocen test pomocí grafu polárních souřadnic a celkového chybového skóre (TES). Na základě TES byly pozorovatelé na každé úrovni přiřazeni do výše zmíněných kategorií.

Výsledky celkového chybového skóre jsou v tabulce 6. Můžeme sledovat výsledky FM Hue-100 testu všech pozorovatelů a jejich průběh se snižujícím se adaptačním jasnem. Při prvních úrovních jasu neměli pozorovatelé problém s rozlišením odstínů (hue), se snižující se úrovní adaptačního jasu můžeme sledovat snížení funkce čípků (fotopické vidění) a přechodu na vidění pomocí tyčinek (skotopické). Sledovali jsme tedy mezopickou oblast, která se dle výsledků nachází na úrovni zvoleného 3 až 7 úrovní adaptačního jasu, tedy podle Tabulky 2 úrovně adaptačních jasů 14,5 a 0,04 cd/m<sup>2</sup>.

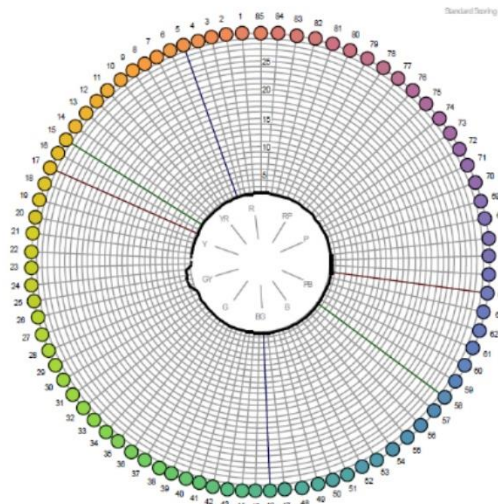
Testování poruch barvocitu neprokázalo u žádného z pozorovatelů vadu barvocitu přistoupily jsme k vyhodnocování experimentu.

Pro rozsáhlost výsledků jsou grafy polárních souřadnic umístěny v příloze. Pro ukázkou jsou níže uvedeny výsledky pro pozorovatele Superior, Average a Low. (Obrázek 23, 24, 25)

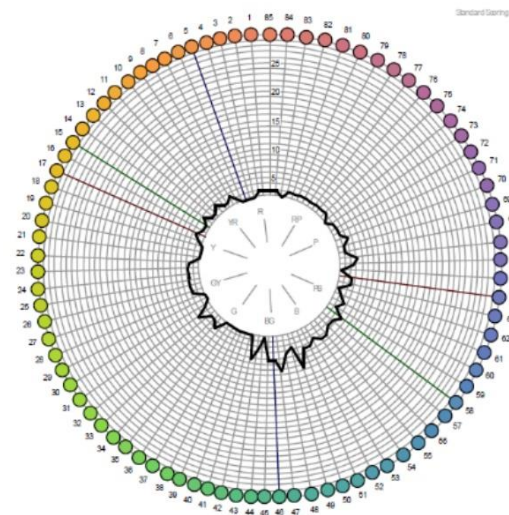
Tabulky 6: Výsledky FM Hue-100 testu

<b>Úroveň adaptačních jasů</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Pozorovatel 1</b>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 2</b>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 3</b>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Superior</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 4</b>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 5</b>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 6</b>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 7</b>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 8</b>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 9</b>	<i>Superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Avarage</i>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>
<b>Pozorovatel 10</b>	<i>Avarage</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>

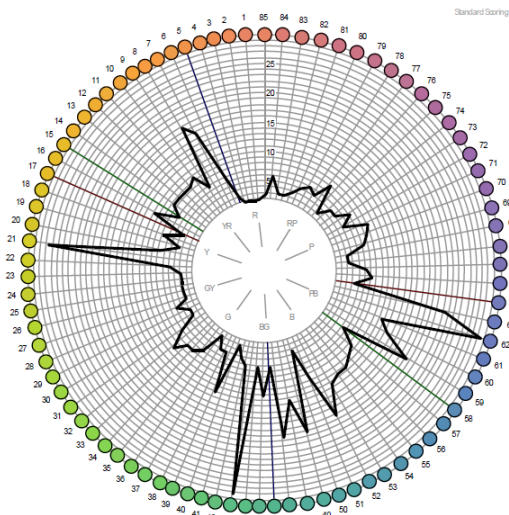




Obrázek 24: TES- Superior



Obrázek 25: TES- Avarage



Obrázek 26: TES- Low

## 4.2. Vnitropozorovatelská shoda

Vnitropozorovatelská shoda, slouží pro vyhodnocení výsledků hodnocení jednoho pozorovatele. Z důvodu zajištění objektivity hodnocení a možnosti sledování procesu učení pozorovatele bylo zrealizováno pět opakování hodnocení při sedmi úrovních osvětlení. Hodnoty získané hodnocením byly statisticky zpracovány a použity pro vyhodnocení experimentu.

Samples	Samples	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	dV1	dV2	dV3	dV4	dV5	average	r. average	dV	dVrp	s. dev.
střed	1	2	2,5	3	3	3	6,23	4,38	2,99	2,99	2,99	2,70	2,83	3,92	3,46	1,43
střed	2	2,5	3	3,5	3	3	4,38	2,99	1,96	2,99	2,99	3,00	3,00	3,06	2,99	0,86
střed	3	2	3	3,5	4	3	6,23	2,99	1,96	1,19	2,99	3,10	3,17	3,07	2,65	1,92
střed	4	3,5	4	3,5	3,5	4,5	1,96	1,19	1,96	1,96	0,61	3,80	3,67	1,54	1,70	0,61

Obrázek 27: Ukázka tabulky hodnocení (pozorovatel 3, hodnocení 2. adaptačního jasu)

Sloupce označené jako dV1-dV5 (viz Obrázek 26) byly vypočteny pomocí rovnice pro výpočet vizuální odchylky (43). Pro další vyhodnocení jak v rámci vnitropozorovatelské, tak i následně mezipozorovatelské shody byla použita robustní průměrná vizuální odchylka (dVrp).

Pro celkové hodnocení pozorovatele byl vypočten STRESS index podle rovnice (41). Výsledky průměrných STRESS indexů pro všechny pozorovatele podle použitých úrovní adaptačních jasů jsou ukázány v Tabulce 7. Červeně zvýrazněné hodnoty jsou hodnoty STRESS indexu s nejlepším výsledkem. Výsledky ukazují, že nejlepším pozorovatelem, tedy pozorovatelem s nejnižším STRESS indexem, byl pozorovatel číslo 4 na všech úrovních. Pozorovatele s nejvyšším STRESS indexem na všech úrovních nebylo možné určit. Pro každou úroveň se pozorovatel liší.

Výsledky PF3 faktoru a korelačního koeficientu jsou uvedeny v elektronické příloze. Tyto výsledky odpovídají STRESS indexu, respektive pozorovatel číslo 4 je i podle těchto výsledků nejlepší.

To značí, že pozorovatel se shodoval ve svých hodnocení. Čím vyšší je hodnota, tím je menší shoda mezi pozorování.

Tabulka 7: Výsledky STRESS indexu pozorovatelů na jednotlivých úrovních adaptačních jasů

Úroveň adaptačního jasu	Pozorovatel									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21,72	24,48	19,69	<b>17,92</b>	26,47	22,98	22,78	27,93	25,03	19,90
2	28,86	22,21	24,52	<b>16,36</b>	23,53	31,86	35,79	22,37	26,36	20,89
3	28,22	24,17	25,03	<b>18,94</b>	25,26	22,37	26,93	23,47	26,79	24,21
4	20,26	26,81	23,28	<b>15,53</b>	25,83	20,08	17,72	24,84	20,03	25,07
5	19,09	21,15	22,44	<b>16,76</b>	19,11	20,61	21,79	19,75	21,17	23,33
6	21,84	21,11	20,56	<b>13,46</b>	17,43	20,89	19,70	21,46	22,02	23,93
7	21,72	21,15	18,91	<b>11,73</b>	17,50	21,01	18,12	21,09	24,58	23,73

### 4.3. Mezipozorovatelská shoda

Mezipozorovatelská shoda slouží k hodnocení pozorovatelů mezi sebou. Pro vyhodnocování je použit STRESS index a rozhodovací kritérium Sr. V případě této práce jsou použity dva způsoby vyhodnocení mezipozorovatelské shody pomocí STRESS indexu.

Způsob A je vyhodnocen pomocí dVrp1-10 pozorovatelů, z nichž je počítána výsledná robustní průměrná odchylka dVrp1A-7A pro každou úroveň. Znamená to, že z původních 50 hodnocení je pro výpočet konečné odchylky použito 18 hodnocení.

Způsob B je vyhodnocen přímo z hodnocení všech pozorovatelů, to je přímo počítána výsledná robustní průměrná odchylka dVrp1B-7B pro každou úroveň. Celkem je tedy pro výpočet použito 30 hodnocení.

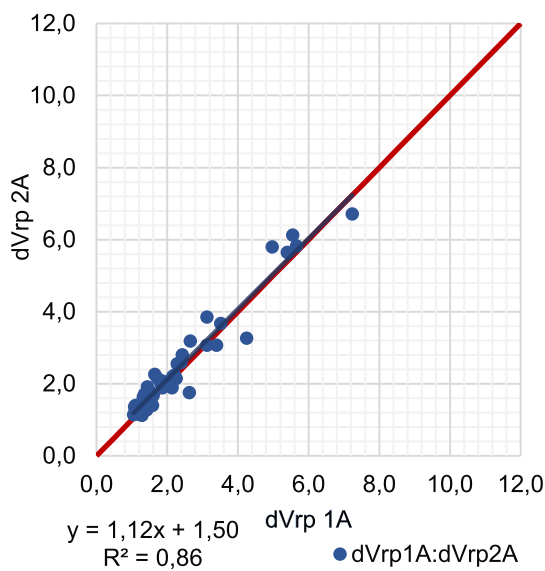
V případě výpočtu robustního průměru je vždy odečteno 40 % hodnot. Tyto způsoby hodnocení jsou zvoleny, protože nejsou citlivé na vybočující hodnocení. Rozdíl ve způsobech hodnocení A a B je také v tom, že u způsobu B nelze konkrétně stanovit výsledek pozorovatele.

Jak již bylo uvedeno výše, vyhodnocení způsobem B je provedeno ze všech hodnocení pozorovatelů bez předchozího vyloučení odlehlých hodnot.

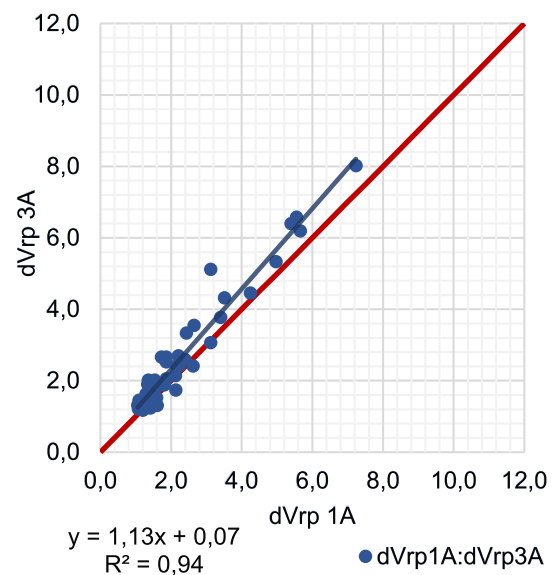
### 4.3.1. Výsledky vyhodnocení mezipozorovatelské shody A

Na ose x jsou vyneseny hodnoty dVrp1 (první úrovně), na ose y můžeme pozorovat hodnoty dVrp při snižujících se adaptačních jasech.

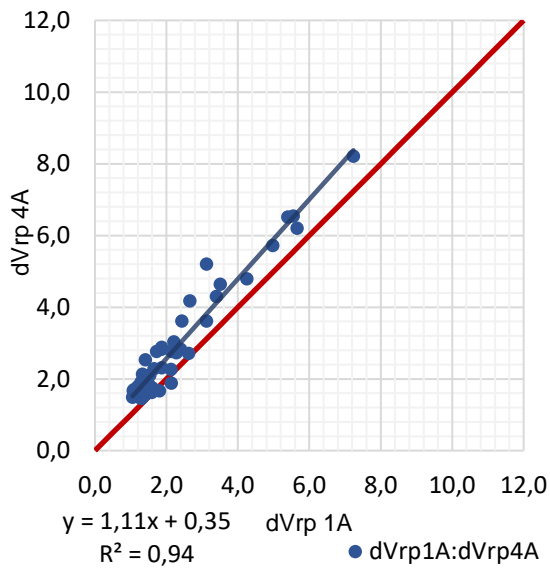
Na obrázcích 27 až 32 můžeme vidět korelaci mezi první úrovní a ostatními úrovněmi. Korelace mezi daty byla vypočtena pomocí lineární regrese a hodnocena koeficientem determinace. Koeficient determinace se pro všechny srovnávané determinace pohybuje v rozmezí 0,86-0,94. Tyto hodnoty se blíží k přímé závislosti.



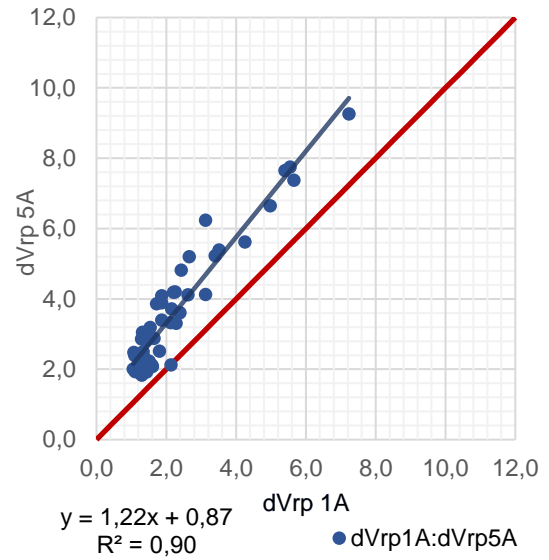
Obrázek 28: Závislost mezi hodnocením první a druhé úrovně



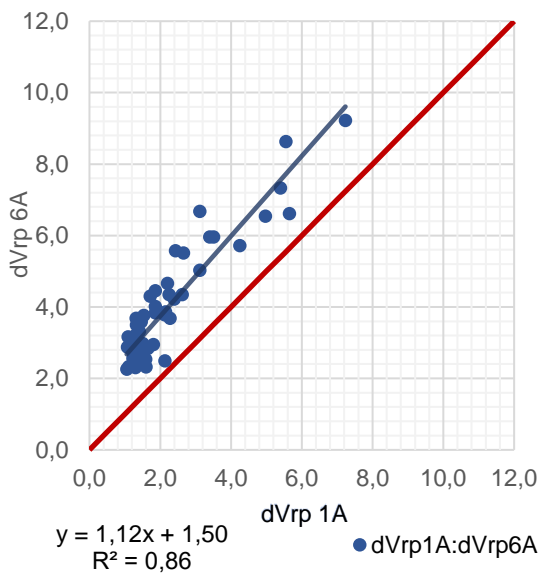
Obrázek 29: Závislost mezi hodnocením první a třetí úrovně



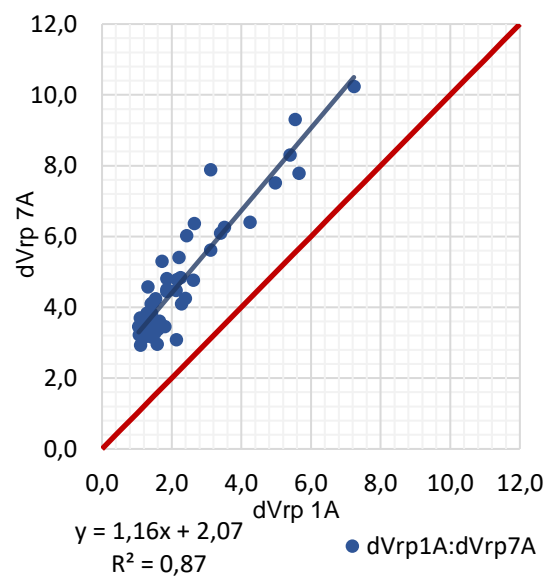
Obrázek 30: Závislost mezi hodnocením první a čtvrté úrovně



Obrázek 31: Závislost mezi hodnocením první a pátým úrovně



Obrázek 32: Závislost mezi hodnocením první a šesté úrovně



Obrázek 33: Závislost mezi hodnocením první a sedmé úrovně

Pro potřeby této práce byl hodnocen pouze STRESS index. Výsledky STRESS indexu pro pozorovatele v rámci mezipozorovatelské shody pro vyhodnocení způsobem A jsou ukázány v tabulce 8 (pro 1. úroveň), respektive v tabulce 9, pro všechny úrovně.

Tabulka 8: Ukázka vyhodnocení 1. úrovně

Kritérium	Pozorovatel									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COQ	0,95	0,95	0,72	0,90	0,78	0,91	0,95	0,92	0,89	0,96
PF/3	22,24	24,17	72,00	55,68	36,23	34,17	25,71	24,25	27,24	23,22
STRESS	16,08	22,54	42,37	27,53	35,12	23,17	22,11	21,07	25,38	15,59

V tabulce číslo 8 je zvýrazněn pozorovatel číslo 10 s nejlepším STRESS indexem. Nejhorším pozorovatelem je pozorovatel číslo 3. Pozorovatel číslo 3 používal oproti ostatním pozorovatelům nižší hodnoty šedé stupnice, čímž se výrazně odlišil od ostatních pozorovatelů. Jeho STRESS index je oproti nejlepšímu pozorovateli téměř třináásobný. Stejně výsledky potvrzují i ostatní indexy.

V tabulce číslo 9 je červeně zvýrazněn vždy pozorovatel s nejlepším STRESS indexem na dané úrovni i s nejhorším STRESS indexem. (červená, tučně). Nejlepšího pozorovatele současně na všech úrovních nelze určit, jakožto i pozorovatele s nejhorším STRESS indexem.

Pozorovatel číslo 3, jehož výsledky na 1 úrovni se značně liší od výsledků ostatních pozorovatelů, se na ostatních úrovních nijak výrazně neliší od ostatních pozorovatelů. Na úrovni 4 a 5 patří k pozorovatelům nejlepším STRESS indexem.

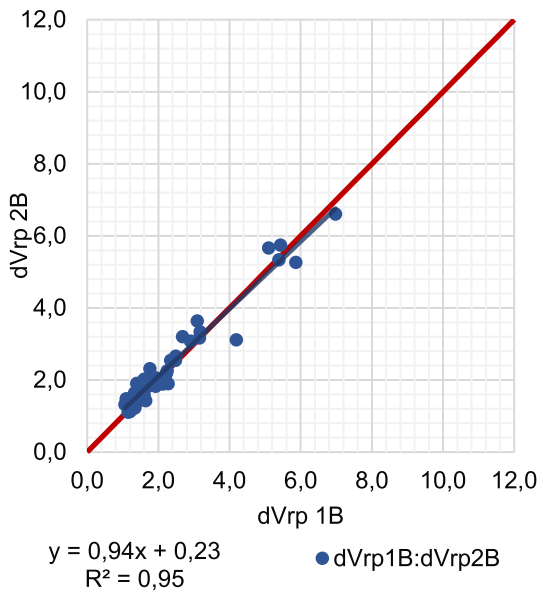
Tabulka 9: Výsledky STRESS indexu pozorovatelů na jednotlivých úrovních adaptačních jasů

Adaptační jas	Pozorovatel										Průměrný STRESS index A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>1</b>	16,08	22,54	<b>42,37</b>	27,53	35,12	23,17	22,11	21,07	25,38	<b>15,59</b>	25,10
<b>2</b>	15,55	15,57	27,81	<b>33,32</b>	30,61	24,18	24,09	<b>14,28</b>	21,71	17,84	22,50
<b>3</b>	15,21	<b>12,83</b>	24,95	<b>28,12</b>	18,18	18,70	23,37	15,95	23,18	15,93	19,64
<b>4</b>	14,69	13,56	11,58	16,75	19,56	<b>25,55</b>	24,05	<b>10,77</b>	18,74	16,29	17,15
<b>5</b>	11,32	16,58	<b>11,30</b>	19,58	14,35	<b>22,09</b>	19,04	12,70	17,45	15,90	16,03
<b>6</b>	12,97	13,83	12,96	<b>22,49</b>	15,75	17,82	19,91	<b>12,37</b>	16,57	15,61	16,03
<b>7</b>	<b>11,03</b>	12,80	<b>19,38</b>	14,40	14,71	16,54	17,78	17,54	16,92	16,99	15,81

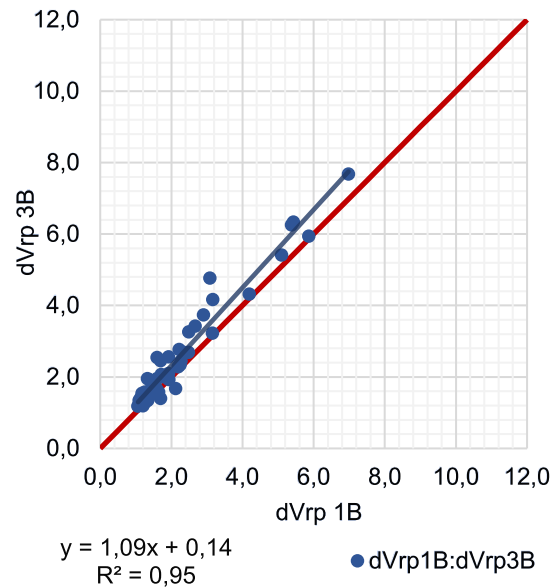


### 4.3.2. Výsledky vyhodnocení mezipozorovatelské shody B

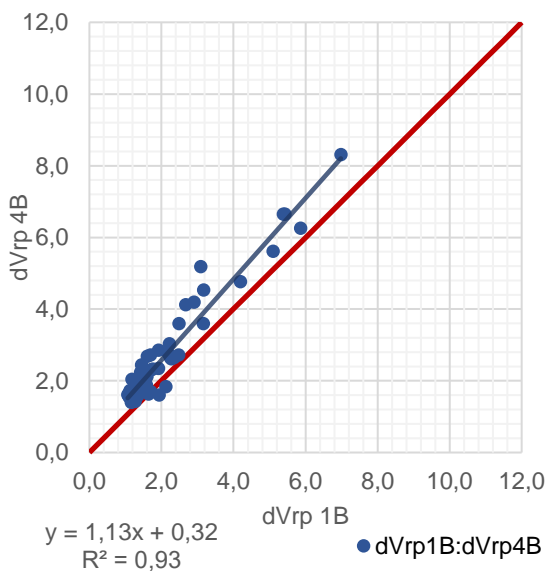
Na obrázcích 33-38 jsou výsledky korelace mezi 1. úrovní a ostatními úrovněmi adaptačních jasů. Se snižující se úrovní jasu dochází ke snížení korelace mezi těmito úrovněmi.



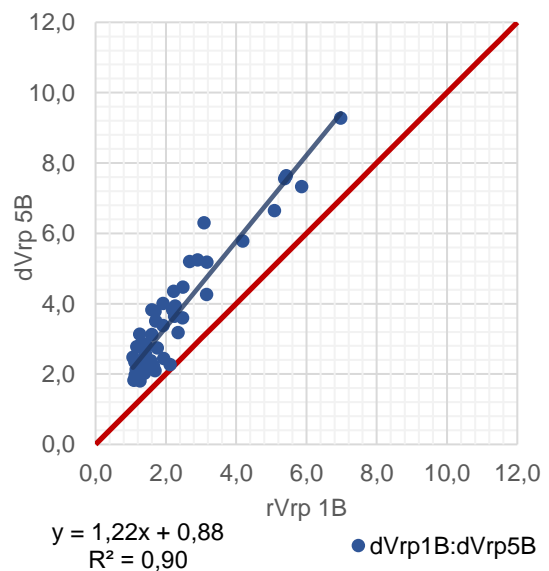
Obrázek 34: Závislost mezi hodnocením první a druhé úrovně



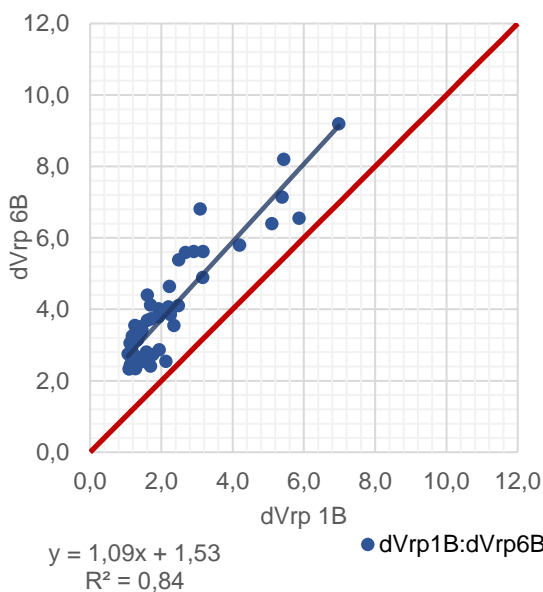
Obrázek 35: Závislost mezi hodnocením první a třetí úrovně



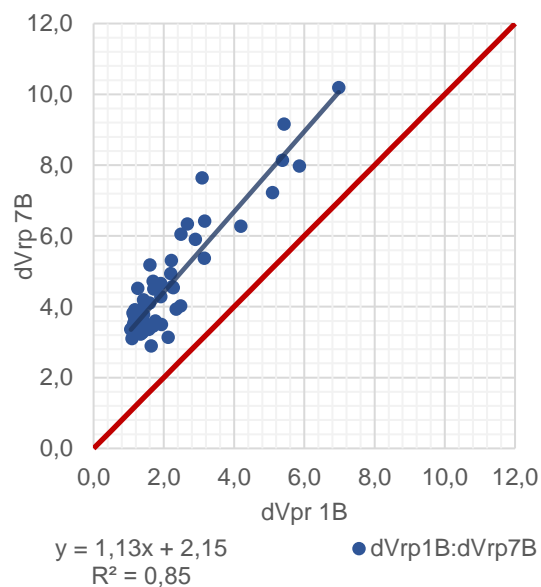
Obrázek 36: Závislost mezi hodnocením první a čtvrté úrovně



Obrázek 37: Závislost mezi hodnocením první a pátým úrovně



Obrázek 38: Závislost mezi hodnocením první a šesté úrovně



Obrázek 39: Závislost mezi hodnocením první a sedmé úrovně

V tabulce 10 jsou ukázány výsledky náhodně vybraných pozorovatelů. Pro potřeby této práce byl hodnocen pouze STRESS index na 1. úrovni.

Tabulka 10: Náhodně vybraná hodnocení B

Kritérium	Náhodně vybrané hodnocení									Průměr
	5	11	16	19	25	28	31	35	38	
<b>COQ</b>	0,91	0,73	0,86	0,85	0,75	0,82	0,93	0,94	0,45	0,81
<b>PF/3</b>	46,03	70,60	46,99	63,10	41,50	48,18	43,31	27,64	52,37	47,84
<b>STRESS</b>	25,56	41,89	28,16	32,07	34,84	32,26	28,72	<b>22,45</b>	<b>46,99</b>	32,48

V tabulce číslo 10 je zvýrazněno hodnocení číslo 35 s nejlepším STRESS indexem. Nejhorším hodnocením náhodného výběru je hodnocení číslo 38. Díky tomu nelze jednoznačně určit, který pozorovatel takto hodnotil.

### 4.3.3. Mezipozorovatelká shoda – kritérium Sr

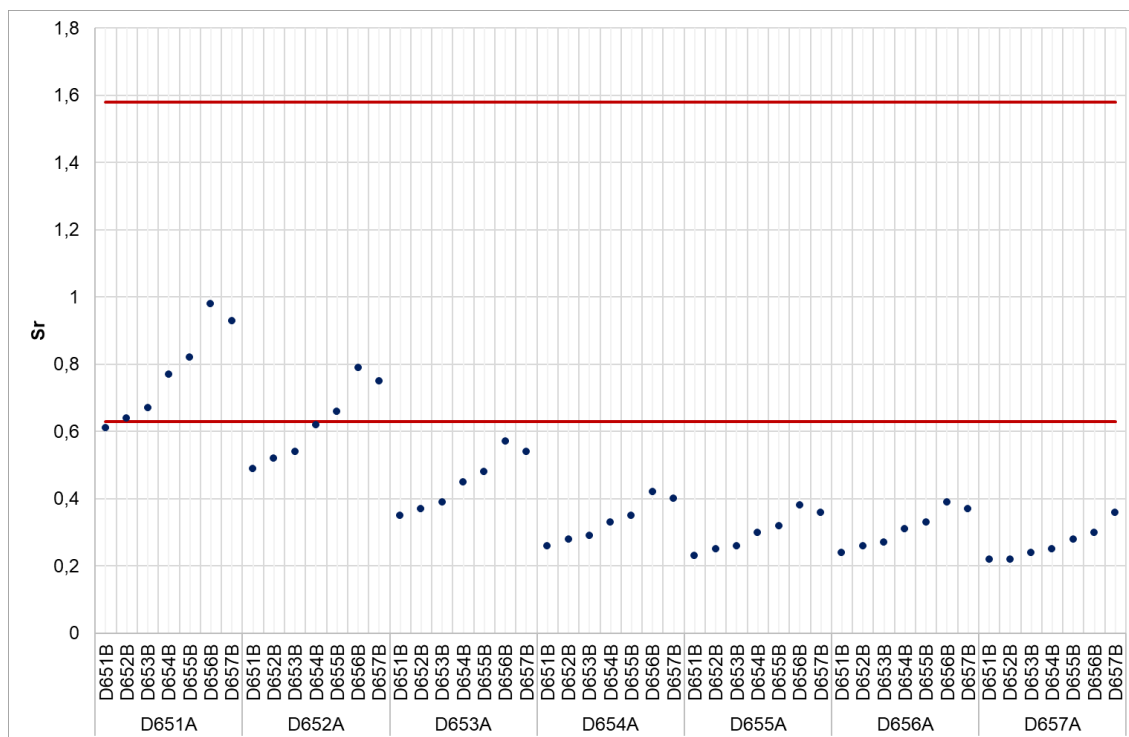
Pro vyhodnocování kritéria Sr jsou použity průměrné hodnoty STRESS indexu. V tabulce 11 můžeme sledovat, že se v obou případech (A i B) hodnota STRESS se snižujícím se adaptačním jasem snižuje, shoda mezi hodnoceními roste při nižších adaptačních jasech. Při porovnání vyhodnocení A a B sledujeme větší rozsah u výsledků A. S klesající úrovní jasu se zvyšuje i signifikantní rozdíl.

U hodnocení B není signifikantní rozdíl u většiny úrovní.

Tabulka 11: Porovnání mezipozorovatelkové shody

STRESS index A		D651A	STRESS index B		D651B
<b>D652A</b>	22,74	1,24	<b>D652B</b>	31,58	1,06
<b>D653A</b>	19,30	<b>1,72</b>	<b>D653B</b>	30,88	1,11
<b>D654A</b>	16,57	<b>2,34</b>	<b>D654B</b>	28,85	1,27
<b>D655A</b>	15,73	<b>2,59</b>	<b>D655B</b>	27,99	1,35
<b>D656A</b>	15,97	<b>2,51</b>	<b>D656B</b>	25,59	<b>1,62</b>
<b>D657A</b>	15,39	<b>2,71</b>	<b>D657B</b>	26,29	1,53

Graf na obrázku 39 ukazuje vypočtený 95% IS [0,6;1,58]. Mezi hodnotami STRESS indexu vypočtený metodou je signifikantní rozdíl. Pouze při porovnání 1A úrovně s úrovněmi metodou B není mezi daty signifikantní rozdíl. Jak bylo napsáno výše, při použití metody A dochází k odfiltrování většího množství vybočujících dat, která zvyšují STRESS index.



Obrázek 40: Porovnání Sr D65 A a B

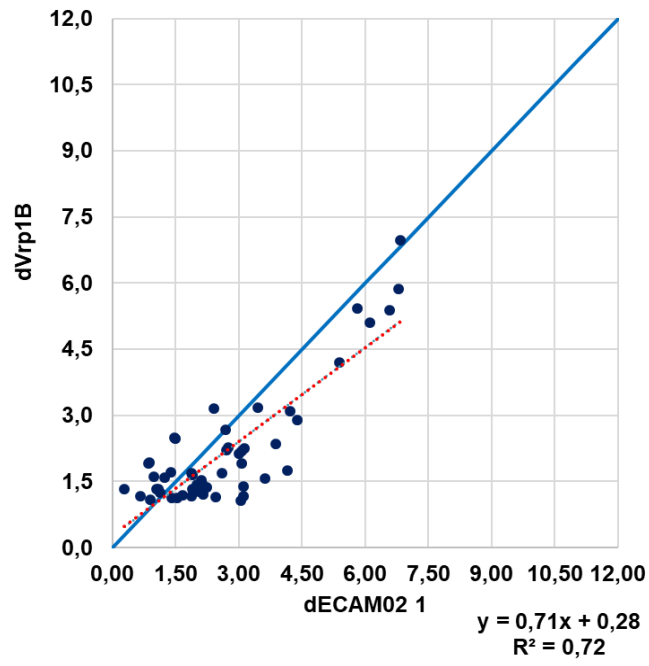
#### 4.4. Kritéria pro hodnocení predikční schopnosti rovnic

Pro hodnocení predikční schopnosti rovnic byl využit stejně jako výše STRESS index a z něho následně vypočten interval rozhodujícího kritéria Sr. Tento interval je rovněž 95% IS [0,63;1,58].

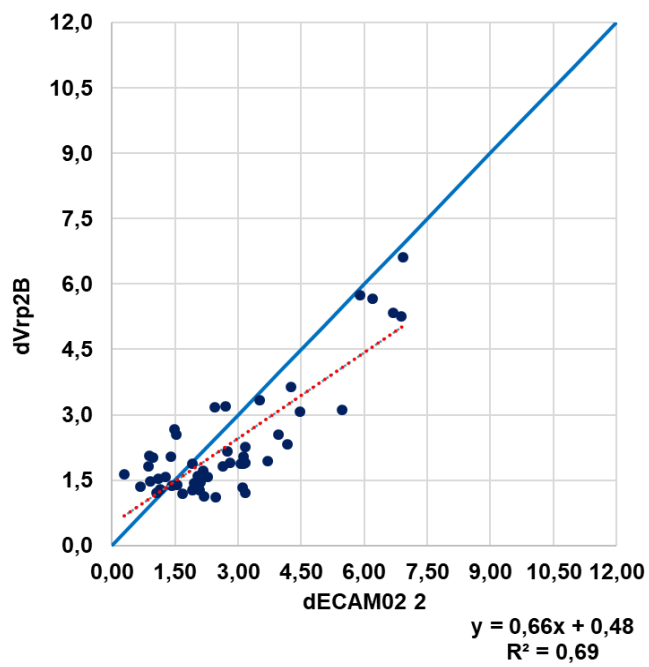
Hodnocenými rovnicemi jsou CIELAB, CMC (1:1), CMC (2:1), CIE94 (1), CIE94 (2), CIE2000, CAM02.

Výsledky barevných diferencí pro vybrané rovnice jsou pro rozsáhlost uvedeny v tabulce v příloze.

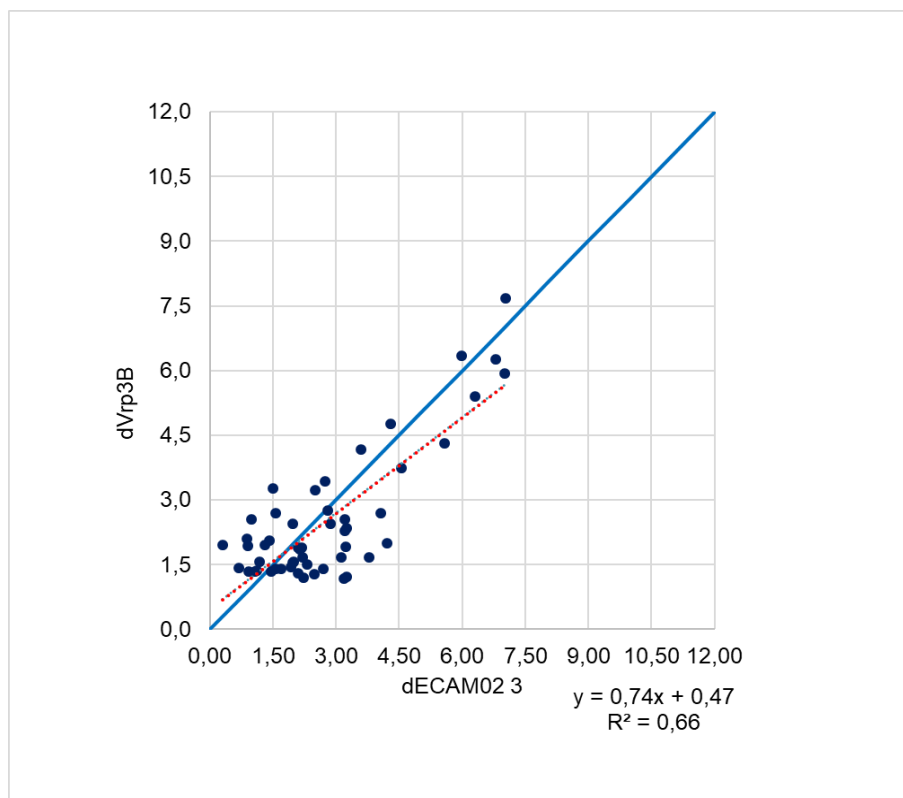
Vypočtené hodnoty  $dV_{rpA}$  a  $dV_{rpB}$  pro všechny úrovně byly porovnány pomocí korelačních grafů. Korelace byla vyjádřena pomocí lineární regrese a koeficientu determinace. Z grafu je patrné, že se snižující se úrovní se snižuje i korelační koeficient.



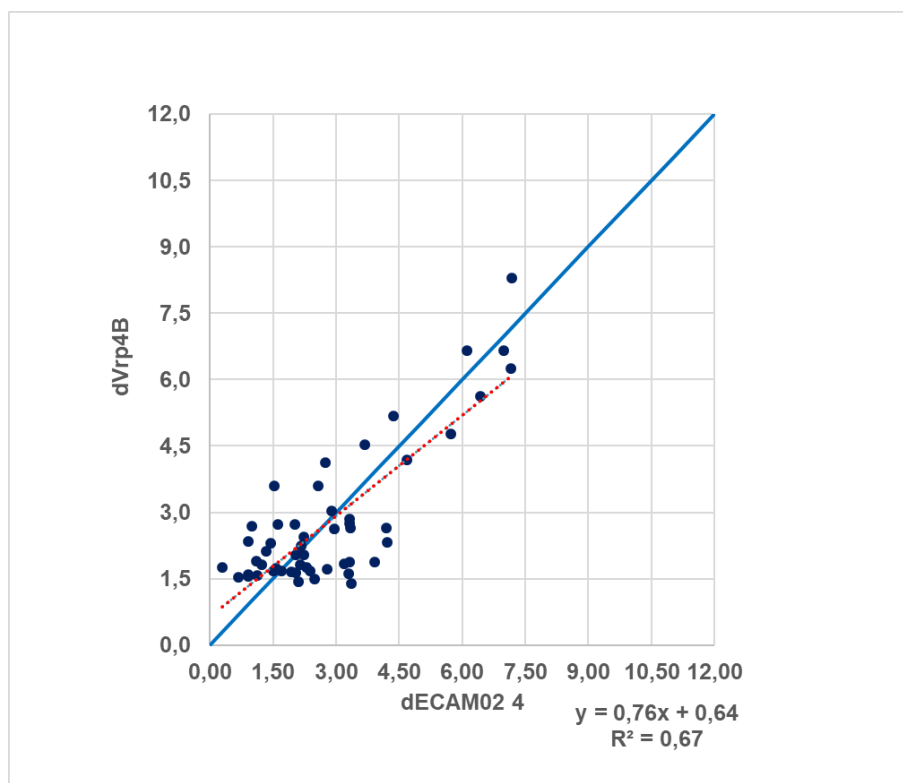
Obrázek 41: Porovnání dVrp1B s dECAM02 1



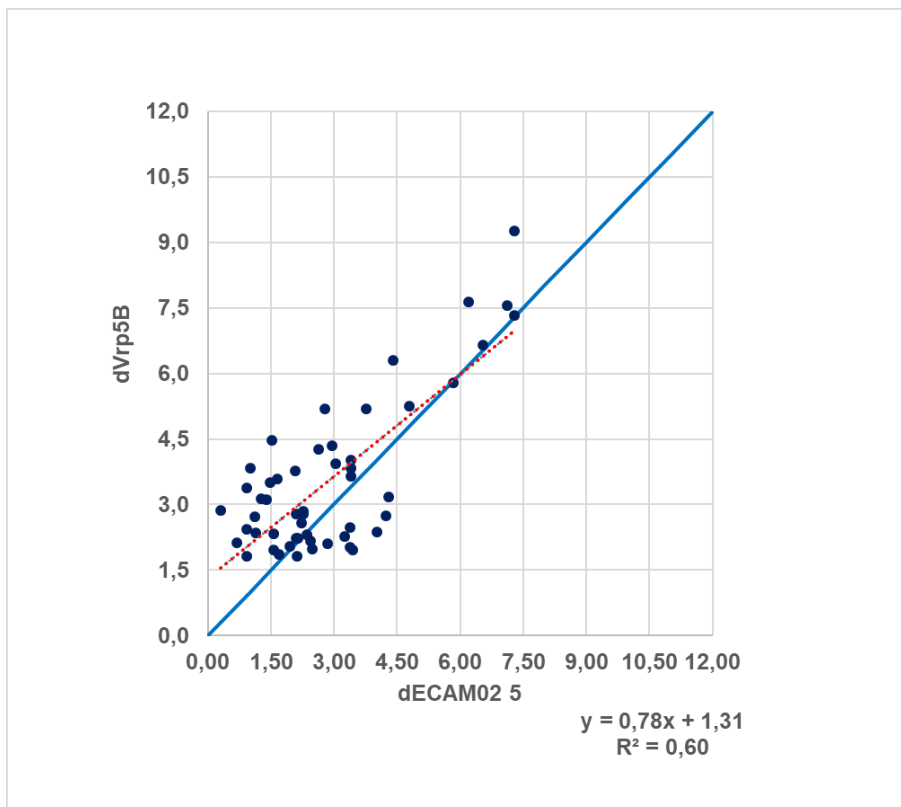
Obrázek 42: Porovnání dVrp2B s dECAM02 2



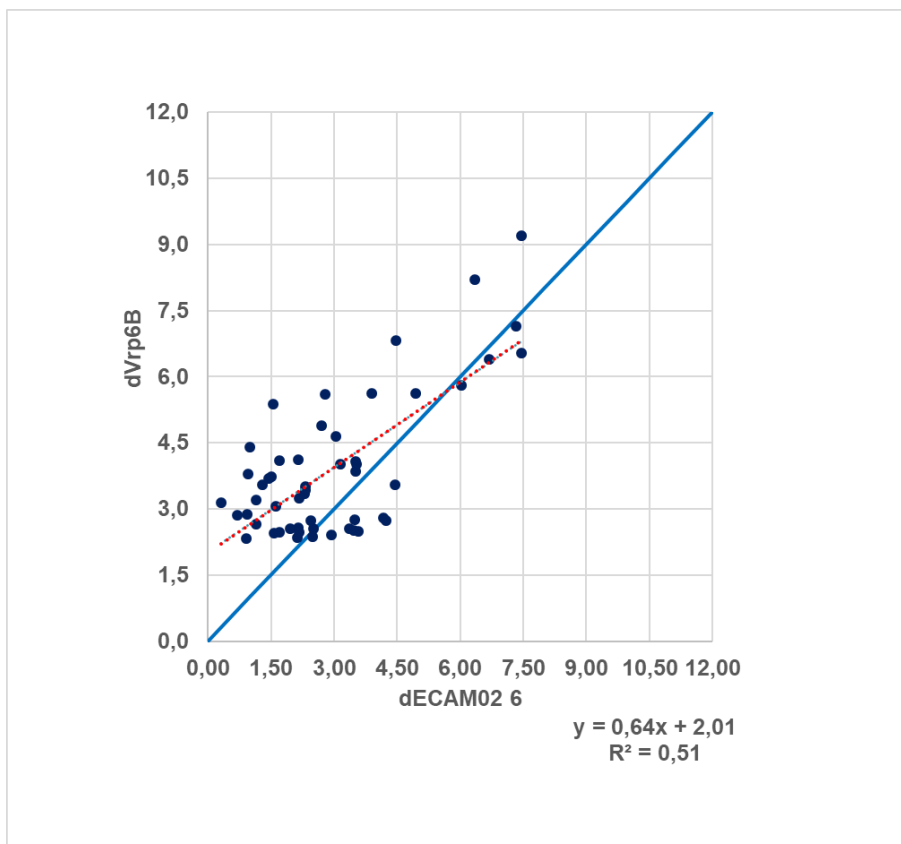
Obrázek 43: : Porovnání  $dVrp3B$  s  $dECAM02\ 3$



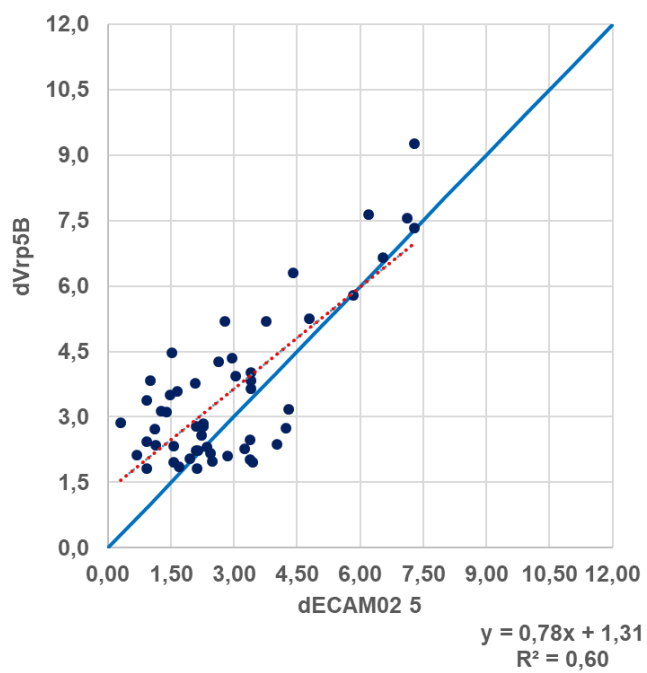
Obrázek 44: Porovnání  $dVrp4B$  s  $dECAM02\ 4$



Obrázek 45: Porovnání dVrp5B s dECAM02 5

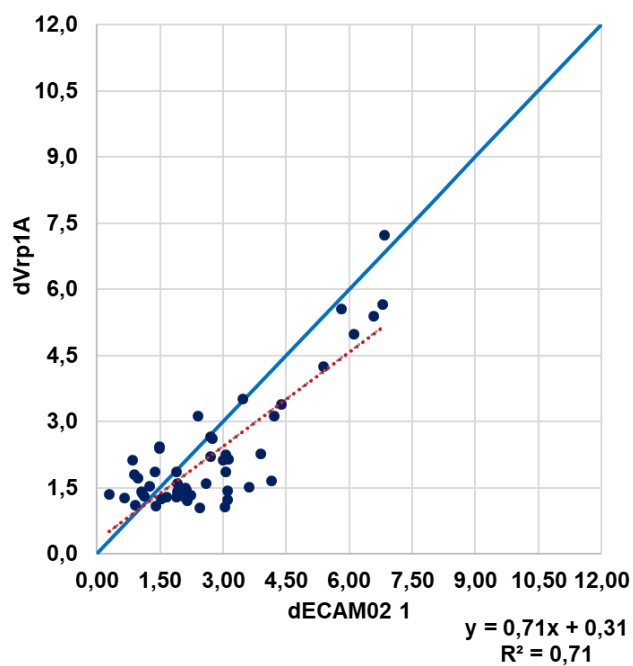


Obrázek 46: Porovnání dVrp6B s dECAM02 6

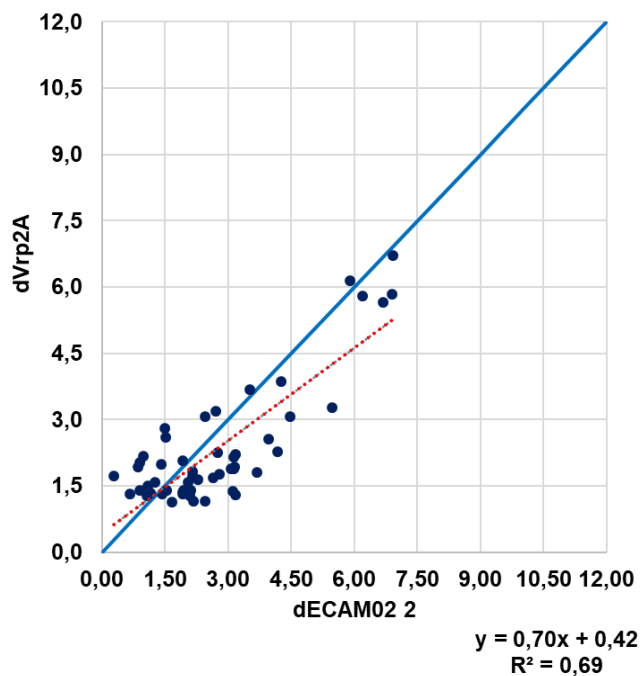


Obrázek 47: Porovnání dVrp5B s dECAM02 5

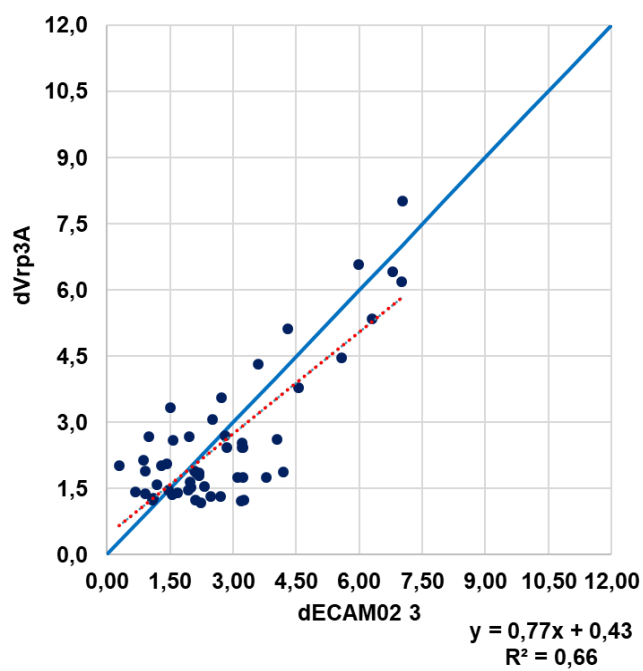




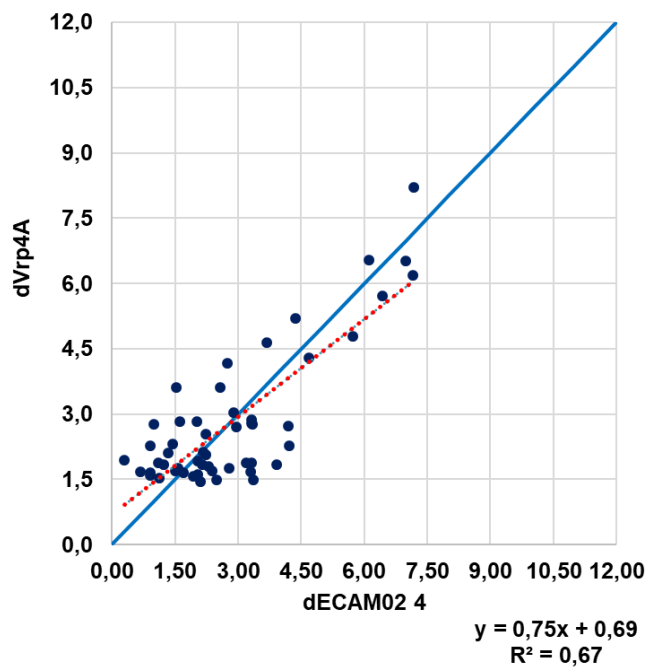
Obrázek 48: Porovnání dVrp1A s dECAM02 1



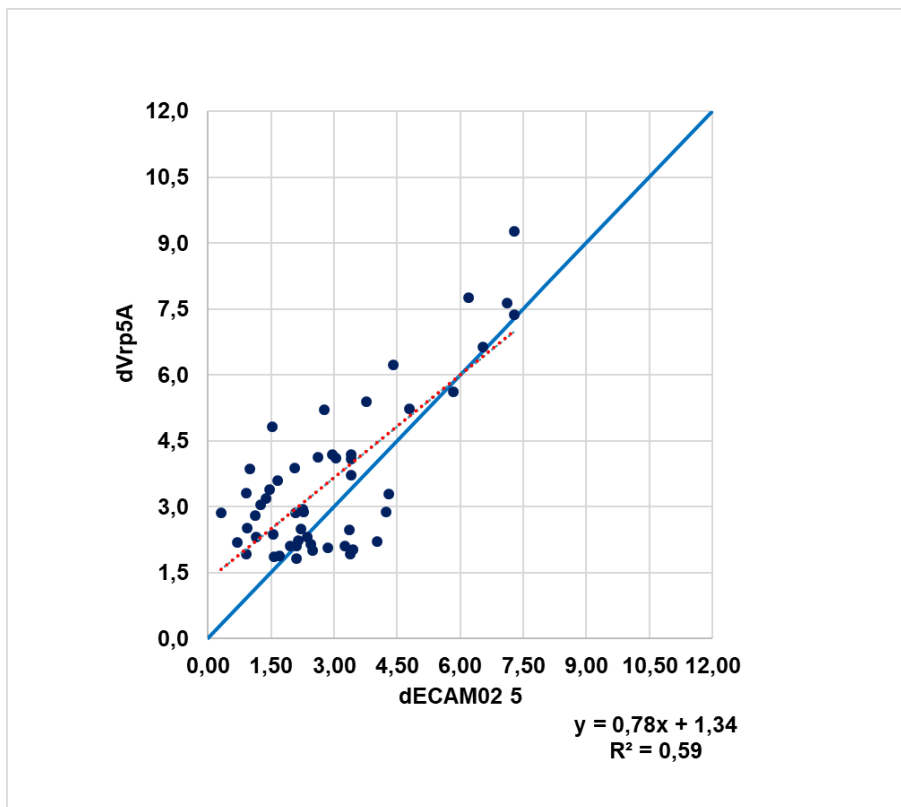
Obrázek 49: Porovnání dVrp2A s dECAM02 2



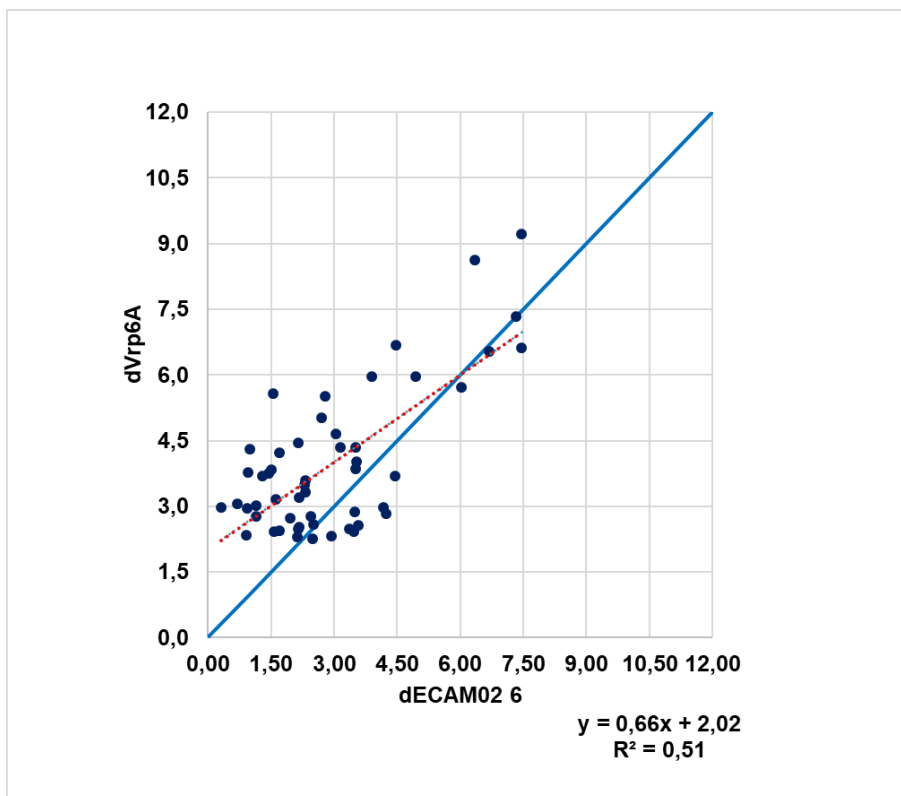
Obrázek 50: Porovnání dVrp3A s dECAM02 3



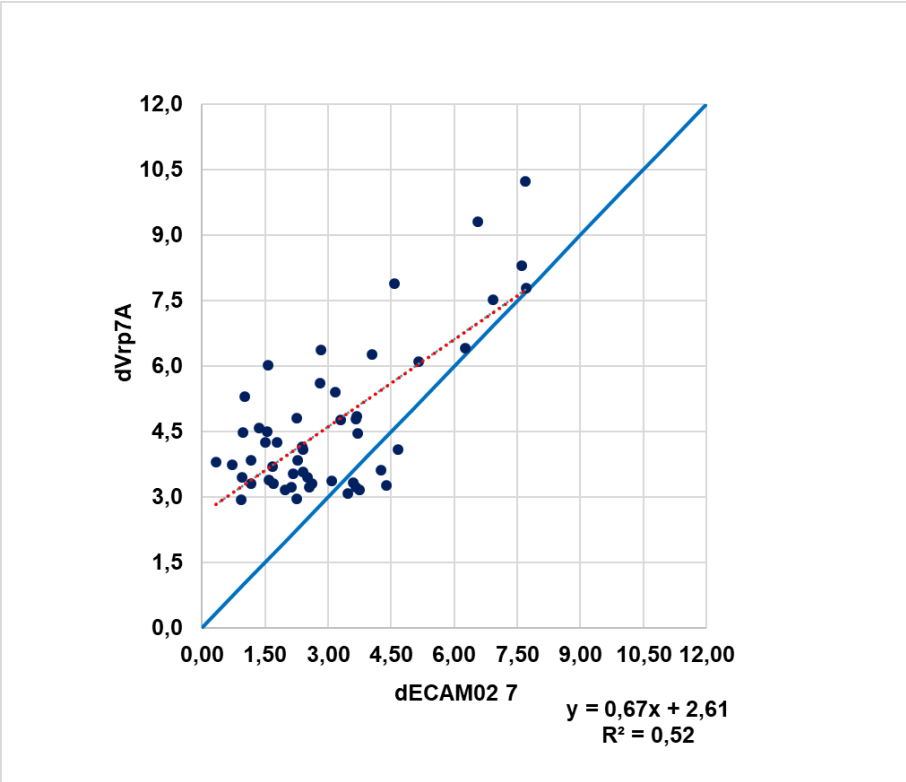
Obrázek 51: Porovnání dVrp4A s dECAM02 4



Obrázek 52: Porovnání dVrp5A s dECAM02 5



Obrázek 53: Porovnání dVrp6A s dECAM02 6



Obrázek 54: Porovnání dVrp7A s dECAM02 7

Pro výpočet STRESS indexu (predikční schopnosti) byly rovnice pro barevné difference porovnány s dVrpA a dVrpB pro 1. úroveň. Pouze pro model CAM02, který je adaptován na měnící se adaptační jas, byly barevné difference porovnány i s ostatními úrovněmi. Proto je v práci hodnocena pouze závislost na tento typ pro všech sedm úrovní.

STRESS index byl stanoven zvlášť pro metodu A a B.

Při porovnání rozhodovacího kritéria pro způsob vyhodnocení A a B byly získány hodnoty uvedené v tabulce (12). Zvýrazněné hodnoty se nacházejí mimo stanovený 95% interval. Porovnáním predikční schopnosti na první úrovni byla získána tabulka číslo 12.

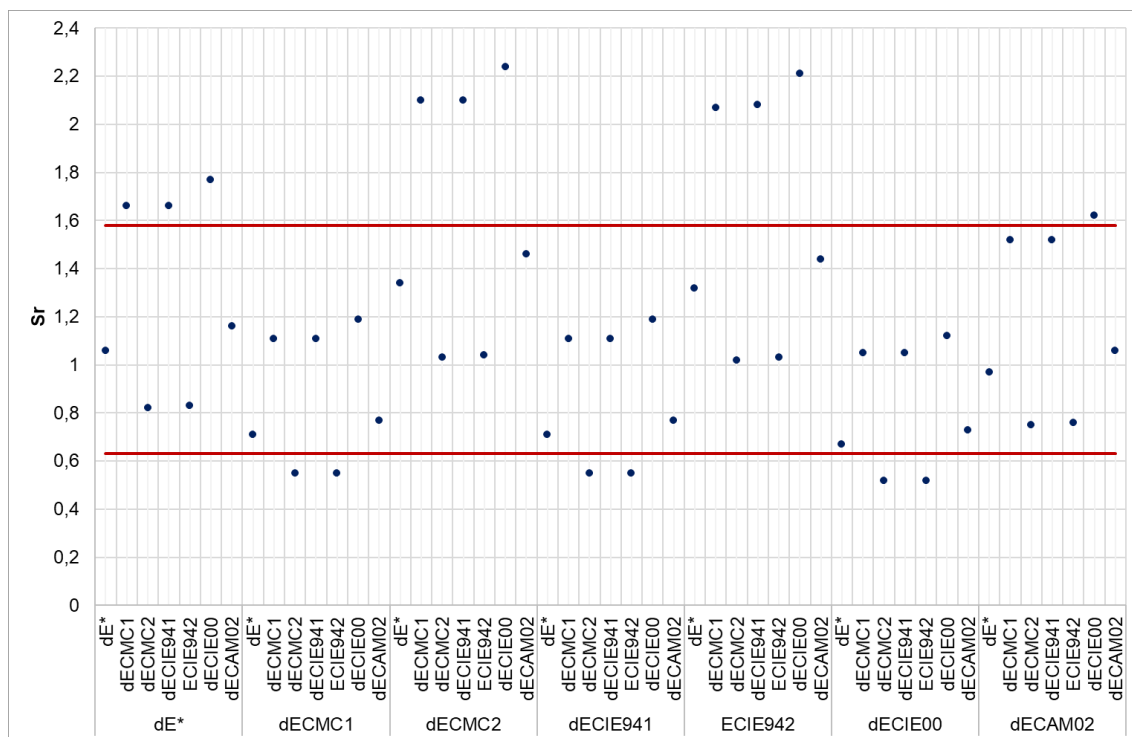
Tabulka 12: Porovnání STRESS indexu D65A:B na první úrovni

STRESS		dE*	dE CMC1	dE CMC2	dE CIE941	dE CIE942	dE CIE00	dE CAM02
		<b>30,54</b>	<b>25,01</b>	<b>34,34</b>	<b>24,98</b>	<b>34,13</b>	<b>24,27</b>	<b>29,20</b>
dE*	<b>29,66</b>	1,06	0,71	1,34	0,71	1,32	0,67	0,97
dE <sub>CMC1</sub>	<b>23,70</b>	<b>1,66</b>	1,11	<b>2,10</b>	1,11	<b>2,07</b>	1,05	1,52
dE <sub>CMC2</sub>	<b>33,76</b>	0,82	<b>0,55</b>	1,03	<b>0,55</b>	1,02	<b>0,52</b>	0,75
dE <sub>CIE941</sub>	<b>23,69</b>	<b>1,66</b>	1,11	<b>2,10</b>	1,11	<b>2,08</b>	1,05	1,52
E <sub>CIE942</sub>	<b>33,59</b>	0,83	<b>0,55</b>	1,04	<b>0,55</b>	1,03	<b>0,52</b>	0,76
dE <sub>CIE00</sub>	<b>22,94</b>	<b>1,77</b>	1,19	<b>2,24</b>	1,19	<b>2,21</b>	1,12	<b>1,62</b>
dE <sub>CAM02</sub>	<b>28,41</b>	1,16	0,77	1,46	0,77	1,44	0,73	1,06

Rovnice s nejlepšími výsledky je rovnice CIE2000 a CMC (1:1). Naopak nejnižší predikční schopnost vykazuje rovnice CMC (2:1). Pro oba způsoby vyhodnocení se výsledky shodují.

Odpovídající graf k tabulce číslo 12 je uveden na obrázku 40.

Body, které jsou mimo stanovený interval náleží rovnicím, v jejichž rovnicích je zahrnut parametr světlosti, který ovlivňuje barevnou odchylku vzorků.

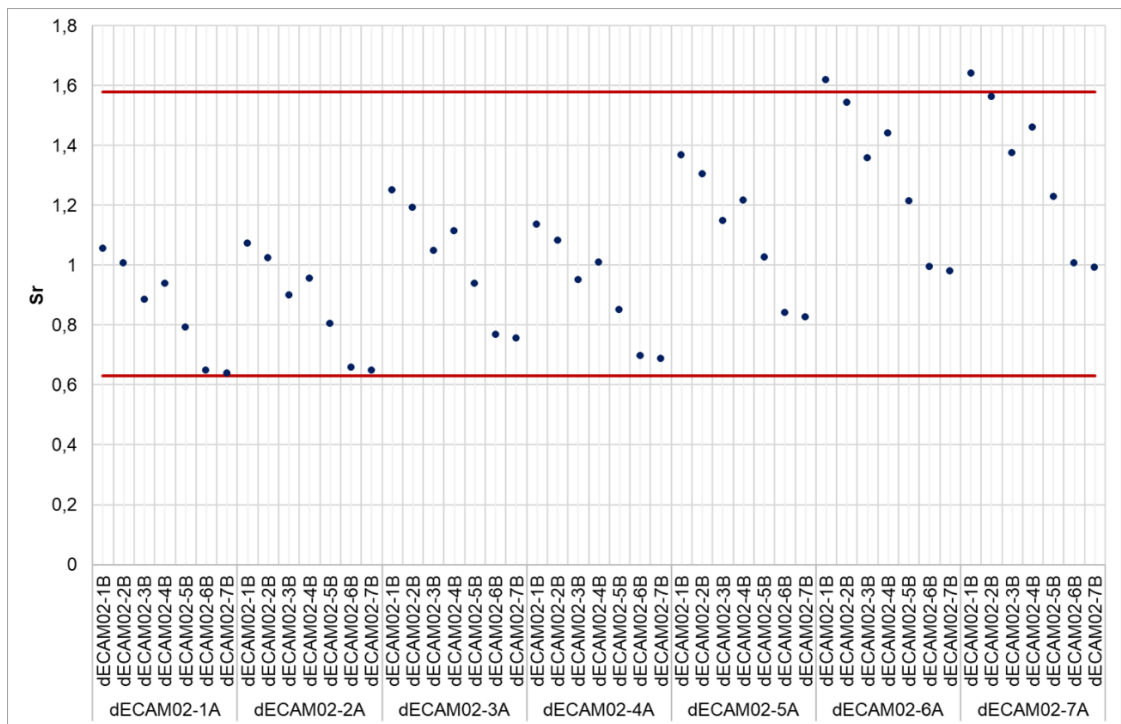


Obrázek 55: Porovnání predikční schopnosti rovnic

Mezi jednotlivými úrovněmi a při vyjádření barevného rozdílu pomocí modelu CAM02 není signifikantní rozdíl. Signifikantní rozdíl je pouze při porovnání 6 a 7 úrovně z metody A s úrovní 1 z metody B. Trend dat je stejný při porovnávání všech úrovní. (viz tabulka 13 a obrázek 41)

Tabulka 13: Porovnání dECAM02 na různých úrovních jasu:

STRESS		dE	dE	dE	dE	dE	dE	dE
		CAM02-1A	CAM02-2A	CAM02-3A	CAM02-4A	CAM02-5A	CAM02-6A	CAM02-7A
		<b>29,2</b>	<b>29,44</b>	<b>31,79</b>	<b>30,28</b>	<b>33,24</b>	<b>36,16</b>	<b>36,39</b>
<b>dECAM02-1B</b>	<b>28,41</b>	1,06	1,07	1,25	1,14	1,37	<b>1,62</b>	<b>1,64</b>
<b>dECAM02-2B</b>	<b>29,1</b>	1,01	1,02	1,19	1,08	1,30	1,54	1,56
<b>dECAM02-3B</b>	<b>31,03</b>	0,89	0,90	1,05	0,95	1,15	1,36	1,38
<b>dECAM02-4B</b>	<b>30,12</b>	0,94	0,96	1,11	1,01	1,22	1,44	1,46
<b>dECAM02-5B</b>	<b>32,81</b>	0,79	0,81	0,94	0,85	1,03	1,21	1,23
<b>dECAM02-6B</b>	<b>36,25</b>	0,65	0,66	0,77	0,70	0,84	1,00	1,01
<b>dECAM02-7B</b>	<b>36,54</b>	0,64	0,65	0,76	0,69	0,83	0,98	0,99



Obrázek 56: Porovnání dECAM02 na různých úrovních jasu

## 5. Závěr

V první části bakalářské práce byly shrnuty dosavadní poznatky v oblasti anatomie a fyziologie lidského zraku a v oblasti měření barevnosti a vzhledu, které zahrnovalo výpočty barevných odchylek pomocí různých rovnic a modelů.

Při přípravě vzorků bylo připraveno 132 vzorků, z nich porovnáním kolorimetrických parametrů získaných pomocí spektrofotometru 53 vzorků. Rovněž z kolorimetrických parametrů byl stanoven standard. Vizuelní hodnocení vzorků bylo provedeno metodou párového srovnávání při 7 různých úrovních simulátoru denního světla D65. těchto úrovní bylo dosaženo použitím dvou typů filtrů s různou propustností světla a jejich vzájemnou kombinací.

Následného vizuelního experimentu se zúčastnilo 10 pozorovatelů. Všichni tito pozorovatelé podstoupili před vizuelním hodnocením testování barvocitu. Toto testování neobjevilo žádného z pozorovatelů žádnou vadu barvocitu.

Z výsledků bylo zjištěno, že při snižování úrovně adaptačního jasu dochází postupně k nárůstu celkového chybového skóre TES, které u nejnižších úrovní překračuje hodnoty 300. U všech pozorovatelů došlo se snížením úrovně k takzvanému tritanopickému efektu.

Při vyhodnocování vnitropozorovatelské shody, která slouží pro hodnocení samotného respondenta, tedy opakovatelnost jeho opakovaných hodnocení, bylo zjištěno, že lze jednoznačně určit nejlepšího pozorovatele a tím byl pozorovatel číslo 4. V rámci vnitropozorovatelské shody nebyl určen pozorovatel s nejhorším výsledkem na žádné ze 7 úrovní.

Při vyhodnocování mezipozorovatelské shody nebylo možné jednoznačně určit současně na všech úrovních nejlepšího a nejhoršího pozorovatele. Vzhledem k tomu, že na každé úrovni se pozorovatel s nejnižším a nejvyšším STRESS indexem lišil. Mezi dvěma způsoby vyhodnocení mezipozorovatelské shody pomocí rozhodovacího kritéria Sr byl zjištěn signifikantní rozdíl v případě porovnání průměrný STRESS indexu všech pozorovatelů od 2. úrovně. Hodnocením bylo dosaženo mezopického vidění pozorovatele.



Při hodnocení predikční schopnosti rovnic bylo zjištěno, že nejlepších výsledků na 1. úrovni dosahují rovnice CIE2000 a CMC 1:1.

Predikční schopnost rovnic je ovlivněna světlostí vzorků. Při hodnocení pomocí rozhodovacího kritéria Sr byly získány výsledky, které na to poukazují. Při porovnání rovnic bylo zjištěno, že rovnice CIELab a CAM02 se nacházejí při porovnání s ostatními rovnicemi vždy ve stanoveném 95%IS.

Na základě výsledků a porovnání modelu CAM02 odpovídajícímu jednotlivým úrovním adaptačního jasu, nebyl zjištěn signifikantní rozdíl.

## 6. Literární zdroje

- [1] MALÝ, Petr. Optika. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2008, 353s. ISBN 9788024613420.
- [2] MIKŠ, Antonín. Aplikovaná optika. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2009, 230 s. ISBN 978-80-01-04254-0.
- [3] PECHOVÁ, Marcela. Vliv intenzity osvětlení na rozlišování malých barevných rozdílů. Technická univerzita v Liberci, 2014. Diplomová práce.
- [4] VIK, Michal. Colorimetry in textile industry. 1. vyd. Liberec: VÚTS, 2017, 188 s. ISBN 978-80-87184-65-3.
- [5] Oko | Optika Pleyerová. Lepší pohled na svět | Optika Pleyerová [online]. Copyright © 2011 [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: <http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/oko/>
- [6] Oko | Velký lékařský slovník On-Line. Výrazy od a | Velký lékařský slovník On-Line [online]. Copyright © Maxdorf 1998 [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/oko>
- [7] GANONG, William F. Přehled lékařské fyziologie. 1. vyd. Jinočany: H&H, 1997, 681 s. ISBN 80-857-8736-9.
- [8] Anatomie lidského oka - Vidění.cz. Vše o očích a korekci zraku - Vidění.cz [online]. Copyright © 2009 [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/oko/32-anatomie-oka>
- [9] KRÁLÍČEK, Petr. Úvod do speciální neurofyziologie. 3. vyd. Praha: Galén, 2011, 235 s. ISBN 978-80-7262-618-2.
- [10] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000, 206 s. ISBN 80-701-3313-9.
- [11] Zrakový systém. Funkce buněk a lidského těla. Funkce buněk a lidského těla. Multimediální skripta [online]. Dostupné z: <http://fblt.cz/skripta/xiii-smysly/1-zrakovy-system/>
- [12] TROJAN, Stanislav. Lékařská fyziologie. 4. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
- [13] UNIVERSUM : všeobecná encyklopedie. 6. díl, Mb-Op. Praha: Odeon, 2002, 656s. ISBN 80-207-1060-4, 80-207-1068-X.

- [14] Střední zdravotnická a Vyšší odborná škola zdravotnická Mladá Boleslav - domovská stránka [online]. Copyright © [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: [http://www.szymb.cz/admin/upload/sekce\\_materialy/Anatomie\\_a\\_fyz.\\_v\\_ocnim.pdf](http://www.szymb.cz/admin/upload/sekce_materialy/Anatomie_a_fyz._v_ocnim.pdf)
- [15] Forpsi.com. Škola Ječná - Rozcestník [online]. Dostupné z: [http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook\\_Textbook.php?intSectionId=110700](http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook_Textbook.php?intSectionId=110700)
- [16] Forpsi.com. Škola Ječná - Rozcestník [online]. Dostupné z: [http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery\\_Detail.php?intSource=1&intImageId=287](http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=287)
- [17] Barvocit | Optika Pleyerová. Lepší pohled na svět | Optika Pleyerová [online]. Copyright © 2011 [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: <http://www.ocniptik.eu/oko-a-videni/barvocit/>
- [18] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. Biologie pro gymnázia: 1. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2007, 575 s. ISBN 978-80-7182-213-4.
- [19] Forpsi.com. Škola Ječná - Rozcestník [online]. Dostupné z: [http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery\\_Detail.php?intSource=1&intImageId=280](http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=280)
- [20] Stavba oka :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 04.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/486-stavba-oka>
- [21] [online]. Dostupné z: [http://lasers.wz.cz/human\\_eye\\_colour\\_perception.html](http://lasers.wz.cz/human_eye_colour_perception.html)
- [22] Forpsi.com. Škola Ječná - Rozcestník [online]. Dostupné z: [http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery\\_Detail.php?intSource=1&intImageId=281](http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=281)
- [23] Jak nás oko klame a proč vidíme barevně RNDr. Jitka Prokšová, Ph.D. KOF FPE ZČU Plzeň přednáška pro FPV 2010/ ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint prezentace [online]. Copyright © 2018 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11385328/>
- [24] Barevné testy – Coloroptik s.r.o.. Coloroptik s.r.o. – velkoobchod [online]. Copyright © Copyright 2016. Všechna práva vyhrazena. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.coloroptik.com/katalog/barevne-testy-3/>
- [25] Sucuri WebSite Firewall - Access Denied. Sucuri WebSite Firewall - Access Denied [online]. Copyright © 2017 Sucuri Inc. All rights reserved. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.rpimaging.com/x-rite-farnsworth-munsell-100-hue-replacement-caps.html>

- [26] Astronomický informační server astro.cz [online]. Dostupné z: [http://www.astro.cz/\\_data/images/news/2008/12/18/8.jpg](http://www.astro.cz/_data/images/news/2008/12/18/8.jpg)
- [27] Barevné testy – Coloroptik s.r.o.. Coloroptik s.r.o. – velkoobchod [online]. Copyright © Copyright 2016. Všechna práva vyhrazena. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.coloroptik.com/katalog/barevne-testy-3/>
- [28] Barva a vyvážení bílé - 1. Barva a její obraz v PC - Fotografovani.cz - Digitální fotografie v praxi. Fotografovani.cz - Digitální fotografie v praxi [online]. Copyright © Fotografovani.cz [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.fotografovani.cz/fotopraxe/zakladni-postupy1/barva-a-vyvazeni-bile-1-barva-a-jeji-obraz-v-pc-151818cz?diskuse#diskuse>
- [29] Zdeněk Tomášek. Fotografujeme barevně. 1. Vyd. Praha, Orbis, 1987, ISBN D-07\*01027.
- [30] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.krolomoucky.cz/verejne/lekce/1778>
- [31] [online]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/Members/otec/obrazek.2005-02-26.1316846138>
- [32] Lindner Druck GmbH Köln. Lindner Druck GmbH Köln [online]. Dostupné z: <http://www.lindner-druck.de/Lexikon/alexikon.html>
- [33] [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Subtraktivní\\_míchání\\_barev#/media/File:Synthese-.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Subtraktivní_míchání_barev#/media/File:Synthese-.svg)
- [34] [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/9749928-Prime-barvy-pantone-vse-o-primych-barvach-pantone-a-mereni-barev.html%20http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/cie.html>
- [35] Stavba oka :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © Převzato z http [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/print/486-stavba-oka>
- [36] Vnitřní obal oka .Levné kontaktní čočky + levné roztoky | Čočky-online.cz [online]. Copyright © 2018 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.cocky-online.cz/informace/vnitri-obal-oka.html>
- [37] [online]. Copyright © 2013, Prirodovedci.cz jsou komunikačním projektem [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/14>

- [38] Lidské oči - Vidění.cz. Vše o očích a korekci zraku - Vidění.cz [online]. Copyright © 2009 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/oko/4-oci>
- [39] Anatomie a fyziologie v očním lékařství [online]. Dostupné z: [http://www.szsemb.cz/admin/upload/sekce\\_materialy/Anatomie\\_a\\_fyz.\\_v\\_ocnim.pdf](http://www.szsemb.cz/admin/upload/sekce_materialy/Anatomie_a_fyz._v_ocnim.pdf)
- [40] Střední obal oka .| Čočky-online.cz [online]. Copyright © 2018 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <https://www.cocky-online.cz/informace/stredni-obal-oka.html?from=8>
- [41] Vliv osvětlení a jasu na člověka. [online]. Copyright © 2018 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3393041/>
- [42] KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2007. 9788024711638 802471163X.
- [43] Spektrální citlivost :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/491-spektralni-citlivost>
- [44] Purkyňův efekt vás oslepí | Motoporadna. [online]. Copyright © 1997 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/zelenavlna/motoporadna/\\_zprava/495770](http://www.rozhlas.cz/zelenavlna/motoporadna/_zprava/495770)
- [45] PLHÁKOVÁ, Alena. Dějiny psychologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 328s. ISBN 978-80-247-0871-3.
- [46] OREL, Miroslav a Věra FACOVÁ. Člověk, jeho smysly a svět. Praha: Grada, 2010, 248s. ISBN 978-80-247-2946-6.
- [47] online]. Copyright © 1995 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.brailnet.cz/sons/docs/zrak/1.htm>
- [48] DANNHOFEROVÁ. Velká kniha barev: kompletní průvodce pro grafiky, fotografy a designéry. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2012, 352s. Grada. ISBN 978-80-251-3785-7
- [49] Veřejné služby Informačního systému [online]. Copyright © [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/411087/lf\\_b/PRISTROJE\\_A\\_TESTY\\_PRO\\_VYSETRENI\\_BARVOCITU\\_\\_METODIKA\\_\\_VYHODNOCENI\\_VYSETRENI\\_bakalarska\\_prace\\_Pavlikova\\_Lada.pdf](https://is.muni.cz/th/411087/lf_b/PRISTROJE_A_TESTY_PRO_VYSETRENI_BARVOCITU__METODIKA__VYHODNOCENI_VYSETRENI_bakalarska_prace_Pavlikova_Lada.pdf)

- [50] Vysokoškolské kvalifikační práce [online]. Copyright © [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/7t299v/BAKALSK\\_PRCE.pdf](https://theses.cz/id/7t299v/BAKALSK_PRCE.pdf)
- [51] Zrak a vidění - Časopis Světlo - Odborné časopisy. Odborné časopisy [online]. Copyright © 2014 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zrak-a-videni--16756>
- [52] FUKA, Josef a Bedřich HAVELKA. Optika a atomová fyzika. 1. [Díl], Optika. 1. vyd. Praha: SPN, 1961, 845s. Učebnice pro vys. školy.
- [53] Teorie barevného vidění - [online]. Copyright © 2018 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3399483/>
- [54] PLESKOTOVÁ Petra. Svět barev. 1. vyd. Praha: Albatros, 1987, 202s. ISBN 13-806-87.14/66
- [55] Stavba- TZB-info [online]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0155/015568o1.png>
- [56] Světlo jako elektromagnetické vlnění :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/434-svetlo-jako-elektromagneticke-vlneni>
- [57] Optika a její dělení :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/433-optika-a-jeji-deleni>
- [58] Svetlo\_05\_2012. Odborné časopisy [online]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/05/Svetlo\\_05\\_2012\\_output/web/Svetlo\\_05\\_2012\\_opf\\_files/WebSearch/page0050.html](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/05/Svetlo_05_2012_output/web/Svetlo_05_2012_opf_files/WebSearch/page0050.html)
- [59] Barevný trojúhelník :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/548-barevny-trojuhelnik>
- [60] co je nového v CIE - Časopis Světlo - Odborné časopisy. Odborné časopisy [online]. Copyright © 2014 [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/co-je-noveho-v-cie--15973>
- [61] Barva a vyvážení bílé - 1. Barva a její obraz v PC [online]. Copyright © Fotografovani.cz [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.fotografovani.cz/fotopraxe/zakladni-postupy1/barva-a-vyvazeni-bile-1-barva-a-jeji-obraz-v-pc-151818cz?diskuse#diskuse>

- [62] Fakulta chemická VUT v Brně [online]. Copyright © [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: [http://www.fch.vut.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://www.fch.vut.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf)
- [63] Odborné časopisy [online]. Copyright © [cit. 05.01.2018]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40236.pdf>
- [64] ULMANOVÁ, Martina. Studie malých barevných diferencí žlutého centra s vysokou čistotou odstínu: The study of small colour differences of the yellow centre with the high level of shade purity [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita, 2015
- [65] KUNCOVÁ, Petra. Subjektivní a objektivní hodnocení barevných odchylek - CIE 2000: Subjective and objective appreciation colour difference. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [66] FERNANDEZ-MALOIGNE, Christine. Advanced Color Image Processing and Analysis. Springer, 2012. ISBN 9781441961907.

## 7. Přílohy

P I: Farnsworth-Munsell-100Hue testy pozorovatele číslo 8.

P II. Tato příloha je umístěna na přiložené CD. Příloha obsahuje:

Fm hue testy všech pozorovatelů

P III. Porovnání STRESS indexu D65

P IV: Výsledky rovnic 1. úroveň adaptačního jasu+ 7 úrovní CAM02

P V: Tabulka dVrpA a dVrpB s přiřazením STRESS indexu, PF3 a korelačního koeficientu

P VI: Výsledky rovnic 1. úroveň adaptačního jasu+ 7 úrovní CAM02

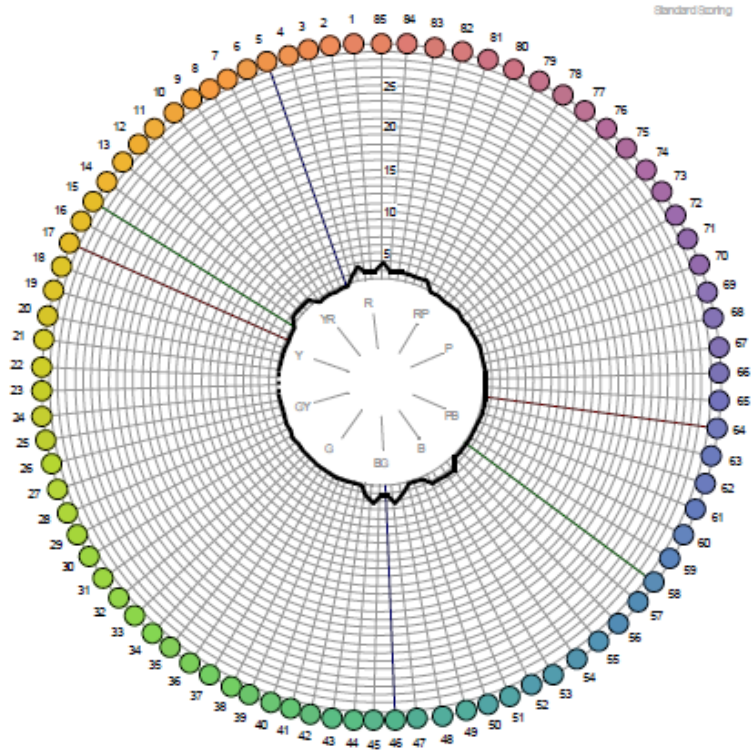
P VII. Porovnání STRESS indexu CAM02A

P VIII. Porovnání STRESS indexu D65A – CAM02





## Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

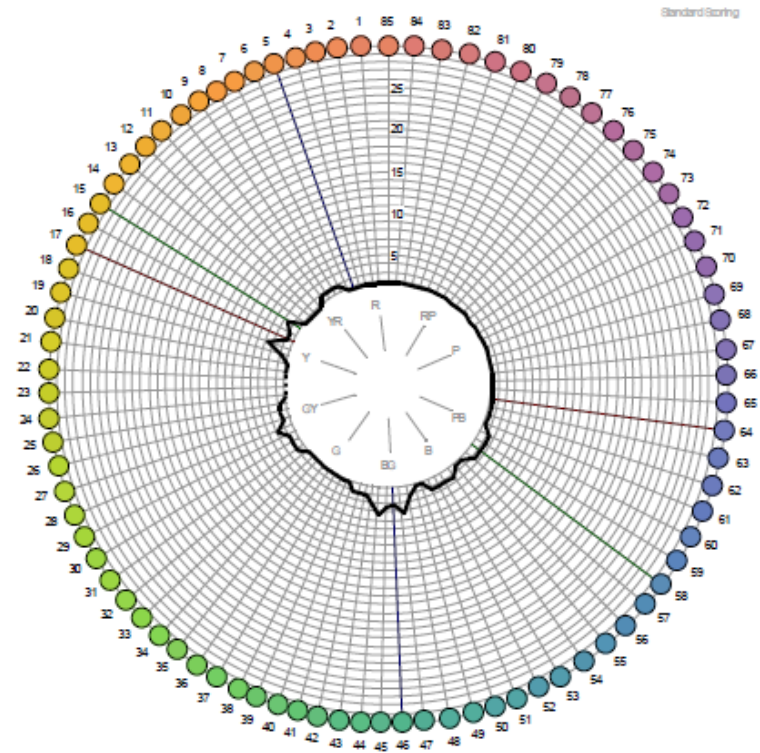


<p>Total Error Score (TES): 28 Classification: Average Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 1_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 5,292 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 1, 85, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 44, 47, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 81, 83, 84</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
--	--

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results



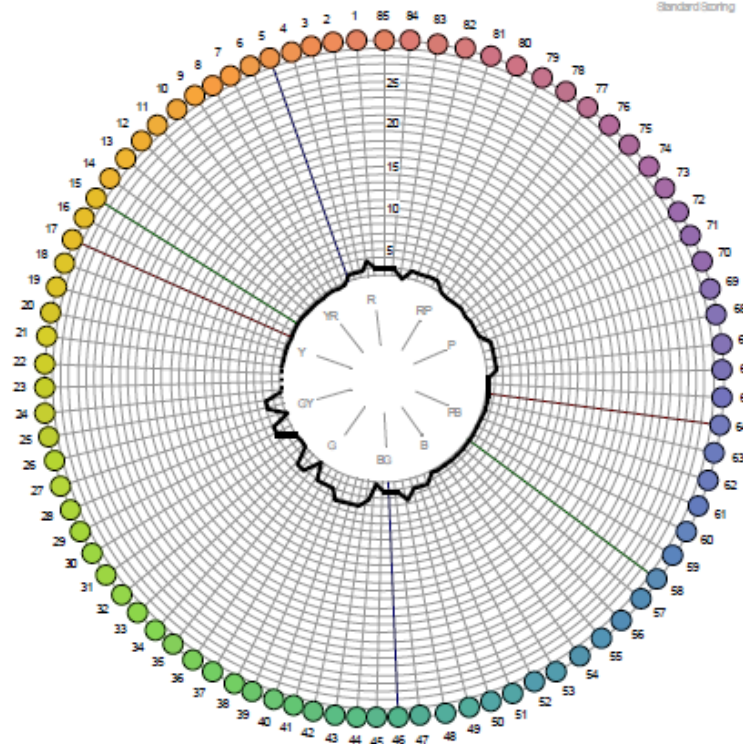
<p>Total Error Score (TES): 44 Classification: Average Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 2_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 6,633 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 85, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 26, 28, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 41, 43, 45, 47, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
--	--

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

Standard Scoring



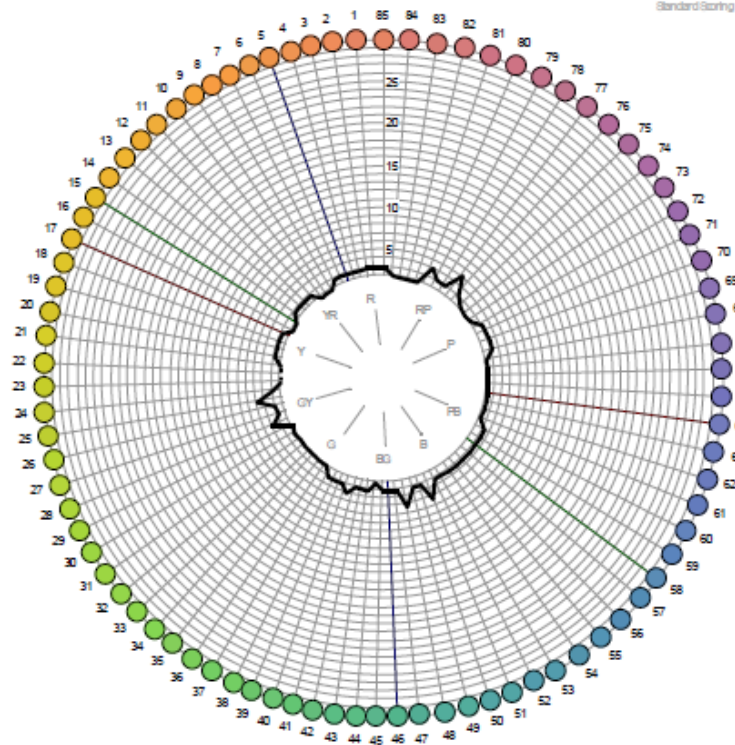
<p>Total Error Score (TES): 56 Classification: Average Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 3_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 7,483 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 1, 85, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 27, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 35, 34, 37, 38, 41, 39, 42, 40, 43, 44, 45, 47, 46, 48, 50, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 80, 82, 83, 84</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
--	--

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

Standard Scoring



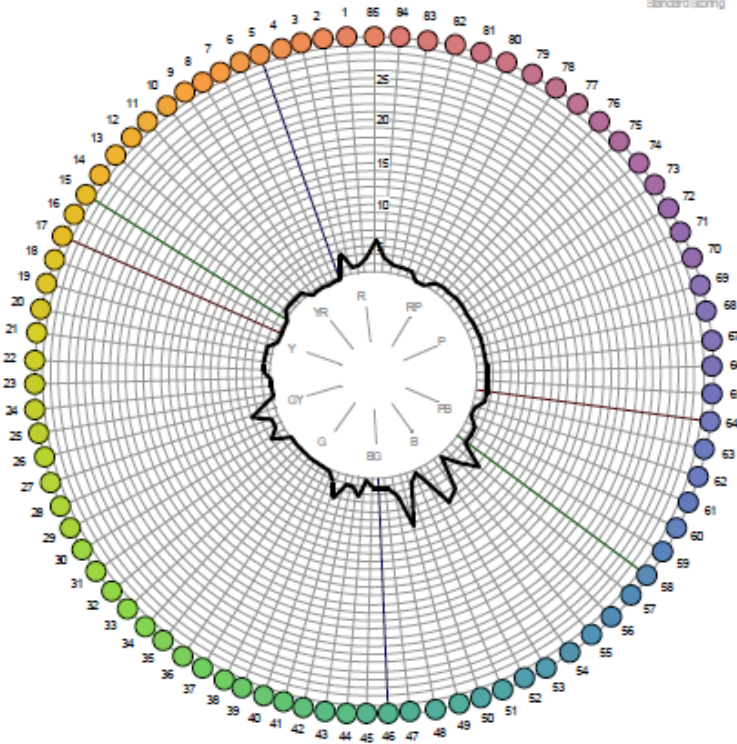
<p>Total Error Score (TES): 64 Classification: Average Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 4_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 8,0 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 85, 2, 1, 3, 4, 6, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 38, 40, 42, 41, 43, 44, 45, 47, 46, 48, 51, 49, 50, 52, 53, 55, 54, 56, 57, 59, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 77, 80, 81, 82, 83, 84</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
--	--

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

Standard Scoring



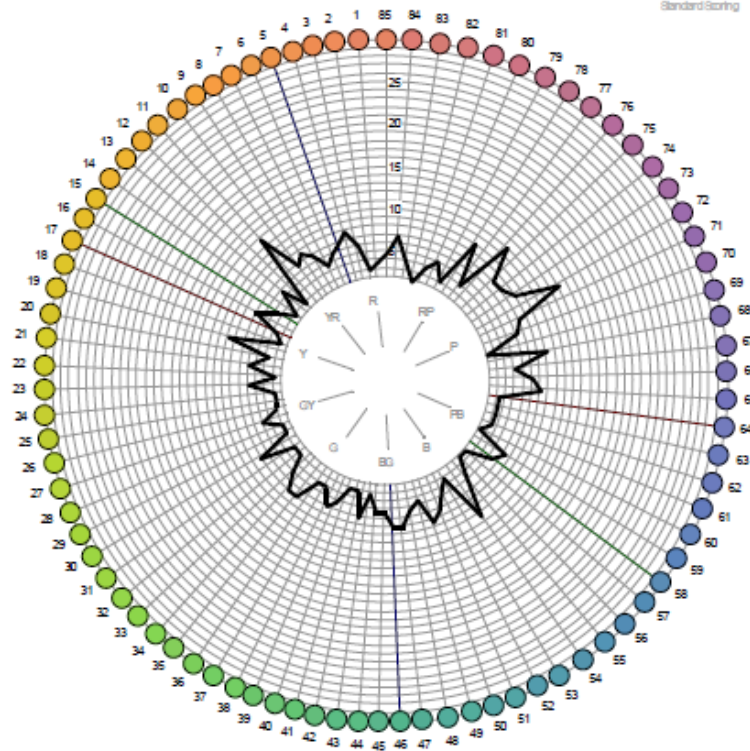
<p>Total Error Score (TES): 88 Classification: Average Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 5_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 9,381 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 1, 3, 2, 85, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 40, 43, 44, 45, 47, 46, 48, 50, 51, 52, 49, 54, 55, 56, 53, 57, 59, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 64, 66, 67, 69, 68, 70, 71, 73, 72, 74, 75, 77, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 82, 84</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
--	--

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

Standard Scoring



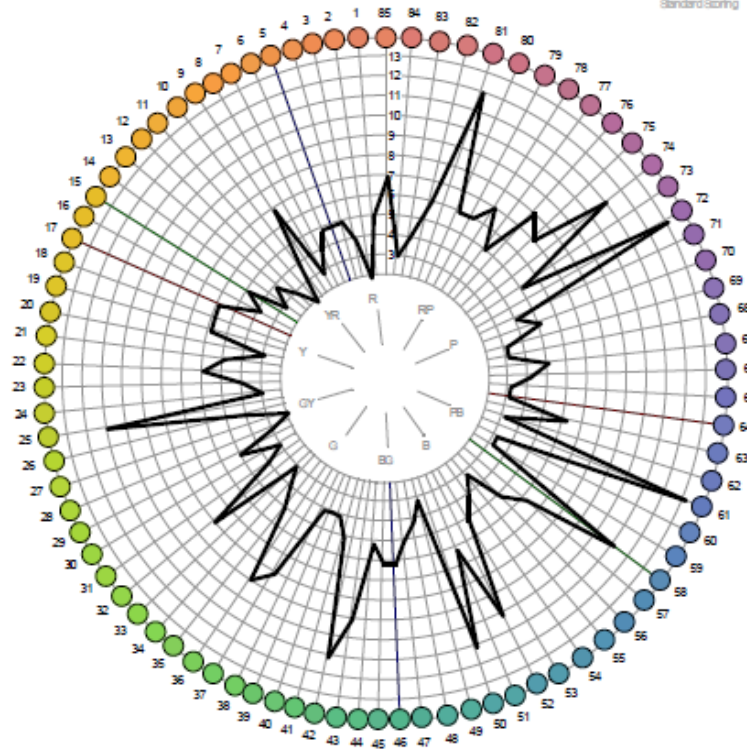
<p>Total Error Score (TES): 276 Classification: Low Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 6_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 16,613 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 1, 2, 85, 3, 6, 9, 4, 7, 5, 10, 8, 13, 12, 14, 15, 11, 19, 20, 17, 18, 16, 21, 22, 24, 25, 23, 27, 26, 28, 29, 31, 32, 30, 35, 33, 36, 37, 34, 38, 40, 41, 39, 42, 45, 43, 44, 48, 49, 46, 50, 47, 51, 53, 52, 55, 56, 57, 58, 54, 59, 60, 61, 63, 62, 64, 65, 72, 66, 67, 71, 74, 78, 73, 76, 68, 69, 70, 75, 77, 79, 80, 84, 81, 82, 83</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
---	---

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI



# Farnsworth-Munsell 100 Hue Test Results

Standard Scoring



<p>Total Error Score (TES): 288 Classification: Low Discrimination</p> <p>Subject: Reference: 7_8_D65 Date of Birth: Date of Test: 3/10/2016 Test Duration: (mins) Gender: Female Geographic Location: Unspecified Industry Type: Unspecified Primary Job Function: Unspecified Years of Experience: Unspecified Illumination Type: D65</p>	<p>Square Root Total Error Score: 16,971 Test Serial Number:</p> <p>Cap Order: 1, 2, 3, 85, 4, 5, 9, 6, 8, 7, 10, 11, 12, 14, 13, 16, 15, 19, 17, 21, 20, 18, 22, 24, 23, 26, 27, 28, 30, 29, 25, 32, 31, 34, 33, 35, 38, 39, 36, 42, 37, 40, 41, 45, 43, 50, 46, 44, 47, 49, 48, 51, 54, 53, 57, 55, 56, 52, 58, 63, 62, 60, 59, 61, 72, 70, 67, 65, 64, 66, 68, 69, 71, 73, 76, 81, 74, 78, 75, 79, 77, 80, 83, 84, 82</p> <p>FM 100 hue test results not certified (No Serial Number).</p> <p>Comments: 1992</p>
---	---

Test produced by:  
Munsell Color Services Laboratory  
X-Rite Inc  
Kentwood, MI

Příloha III.: Porovnání STRESS indexu D65

STRESS index		D651	D652	D653	D654	D655	D656	D657
		A	A	A	A	A	A	A
		25,32	22,74	19,30	16,57	15,73	15,97	15,39
D651 B	32,54	0,61	0,49	0,35	0,26	0,23	0,24	0,22
D652 B	31,58	0,64	0,52	0,37	0,28	0,25	0,26	0,22
D653 B	30,88	0,67	0,54	0,39	0,29	0,26	0,27	0,24
D654 B	28,85	0,77	0,62	0,45	0,33	0,30	0,31	0,25
D655 B	27,99	0,82	0,66	0,48	0,35	0,32	0,33	0,28
D656 B	25,59	0,98	0,79	0,57	0,42	0,38	0,39	0,30
D657 B	26,29	0,93	0,75	0,54	0,40	0,36	0,37	0,36

Příloha IV.

Criterion	1	2	3	4	5	<i>f</i>
<b>COQ</b>	0,83	0,86	0,90	0,88	0,70	<b>0,83</b>
<b>PF/3</b>	22,02	20,48	18,47	21,20	32,60	<b>22,96</b>
<b>STRESS</b>	20,82	18,32	17,33	20,16	31,97	<b>21,72</b>
Criterion	1	2	3	4	5	<i>f</i>
<b>COQ</b>	0,39	0,88	0,89	0,90	0,90	<b>0,79</b>
<b>PF/3</b>	36,50	17,96	24,85	19,27	22,91	<b>24,30</b>
<b>STRESS</b>	35,33	16,29	21,38	16,56	19,62	<b>21,84</b>



Příloha V: Tabulka dVrpA a dVrpB s přiřazením STRESS indexu, PF3 a korelačního koeficientu

	<i>dVrp_1A</i>	<i>dVrp_2A</i>	<i>dVrp_3A</i>	<i>dVrp_4A</i>	<i>dVrp_5A</i>	<i>dVrp_6A</i>	<i>dVrp_7A</i>
<b>COQ</b>	0,83	0,82	0,79	0,79	0,74	0,71	0,72
<b>PF/3</b>	43,97	45,17	51,10	47,83	52,17	51,98	51,43
<b>STRESS</b>	28,97	28,72	32,35	30,50	32,47	33,54	33,21
	2,15	2,21	2,42	2,76	3,71	3,87	4,79
	2,13	1,89	1,75	1,88	2,12	2,49	3,09
	1,58	1,40	1,53	1,62	2,12	2,53	2,96
	1,42	1,28	1,24	1,88	2,80	3,01	3,84
	1,86	1,89	2,53	2,88	4,09	4,01	4,46
	1,86	2,08	2,67	2,82	3,89	4,46	4,82
	2,25	2,15	2,44	2,78	4,20	4,35	4,84
	3,51	3,67	4,33	4,64	5,39	5,96	6,26
	4,97	5,80	5,34	5,72	6,65	6,54	7,52
	5,65	5,83	6,20	6,20	7,37	6,61	7,79
	1,53	1,53	2,02	2,10	3,19	3,76	4,24
	1,49	1,40	1,85	1,85	2,23	2,49	3,53
	1,33	1,58	1,91	2,13	2,49	3,49	3,57
	7,23	6,72	8,03	8,21	9,26	9,23	10,24
	1,05	1,15	1,32	1,49	2,00	2,26	3,46
	1,29	1,13	1,40	1,66	1,89	2,43	3,30
	2,21	2,25	2,71	3,03	4,19	4,66	5,41
	4,25	3,27	4,46	4,79	5,61	5,72	6,41

	<i>dVrp_1B</i>	<i>dVrp_2B</i>	<i>dVrp_3B</i>	<i>dVrp_4B</i>	<i>dVrp_5B</i>	<i>dVrp_6B</i>	<i>dVrp_7B</i>
<b>COQ</b>	0,84	0,84	0,80	0,79	0,75	0,71	0,71
<b>PF/3</b>	42,51	43,62	49,10	47,17	51,46	52,17	51,65
<b>STRESS</b>	27,97	27,29	30,79	30,55	31,93	33,43	33,55
	2,25	2,25	2,34	2,65	3,64	3,86	4,56
	2,12	1,89	1,68	1,83	2,26	2,55	3,13
	1,64	1,42	1,58	1,63	2,23	2,48	2,89
	1,34	1,22	1,34	1,89	2,73	3,20	3,87
	1,92	1,87	2,56	2,86	4,01	4,01	4,29
	1,70	1,88	2,45	2,72	3,78	4,12	4,72
	2,19	2,03	2,28	2,75	3,82	4,07	4,93
	3,17	3,33	4,16	4,53	5,18	5,61	6,42
	5,10	5,66	5,41	5,61	6,65	6,40	7,23
	5,86	5,26	5,94	6,25	7,33	6,54	7,97
	1,60	1,58	1,95	2,12	3,12	3,69	4,10
	1,52	1,45	1,86	1,81	2,23	2,58	3,50
	1,42	1,58	1,90	2,24	2,58	3,34	3,78
	6,98	6,61	7,68	8,30	9,27	9,19	10,19
	1,15	1,10	1,27	1,50	1,98	2,37	3,55
	1,18	1,20	1,40	1,68	1,86	2,48	3,22
	2,22	2,17	2,76	3,03	4,35	4,64	5,31
	4,19	3,12	4,32	4,76	5,78	5,80	6,27

1,35	1,72	2,02	1,93	2,86	2,98	3,81
1,43	1,92	1,76	1,88	1,92	2,42	3,32
2,12	1,93	2,15	2,26	3,32	3,78	4,48
1,31	1,33	1,59	1,85	3,05	3,69	4,58
1,50	1,80	1,75	1,83	2,22	2,98	3,26
5,55	6,13	6,58	6,54	7,75	8,63	9,31
1,42	1,32	1,46	1,58	2,10	2,73	3,17
1,25	1,40	1,36	1,75	1,88	2,42	3,40
1,29	1,28	1,64	1,92	2,86	3,21	3,84
1,13	1,16	1,18	1,79	2,31	2,78	3,22
1,40	1,73	1,79	2,53	2,88	3,32	4,10
1,07	1,37	1,21	1,68	2,48	2,88	3,22
5,39	5,65	6,41	6,51	7,65	7,34	8,30
1,22	1,29	1,23	1,49	2,02	2,56	3,17
1,30	1,28	1,24	1,45	1,83	2,31	3,22
1,46	1,82	1,85	2,08	2,95	3,59	4,15
1,11	1,40	1,38	1,59	1,93	2,33	2,94
1,27	1,36	1,42	1,68	2,18	3,05	3,73
1,09	1,32	1,46	1,70	2,38	3,17	3,71
3,12	3,85	5,13	5,20	6,23	6,68	7,89
1,72	2,16	2,67	2,76	3,86	4,30	5,31
1,86	1,99	2,06	2,31	3,40	3,84	4,51
3,40	3,07	3,78	4,30	5,23	5,96	6,10
2,62	1,76	2,42	2,71	4,12	4,35	4,77
1,37	1,49	1,28	1,53	2,31	2,76	3,30

1,33	1,64	1,95	1,75	2,86	3,14	3,73
1,40	1,90	1,92	1,88	2,02	2,51	3,27
1,92	1,82	2,10	2,34	3,37	3,79	4,66
1,26	1,29	1,58	1,81	3,13	3,55	4,52
1,58	1,94	1,68	1,88	2,37	2,80	3,36
5,43	5,74	6,34	6,65	7,64	8,19	9,16
1,34	1,27	1,45	1,65	2,05	2,55	3,22
1,13	1,40	1,40	1,73	1,97	2,44	3,46
1,18	1,29	1,54	2,04	2,78	3,25	3,92
1,20	1,12	1,19	1,76	2,31	2,74	3,27
1,45	1,65	1,68	2,44	2,78	3,43	4,12
1,06	1,32	1,18	1,61	2,48	2,75	3,36
5,38	5,34	6,26	6,65	7,56	7,14	8,14
1,16	1,22	1,22	1,40	1,96	2,50	3,24
1,27	1,27	1,29	1,42	1,81	2,34	3,27
1,42	1,70	1,88	2,04	2,85	3,51	4,19
1,10	1,47	1,34	1,55	1,82	2,33	3,10
1,16	1,34	1,42	1,52	2,13	2,86	3,73
1,12	1,37	1,34	1,68	2,34	3,05	3,82
3,09	3,63	4,77	5,18	6,30	6,81	7,64
1,60	2,02	2,55	2,68	3,82	4,39	5,18
1,71	2,04	2,06	2,31	3,50	3,73	4,50
2,90	3,08	3,73	4,19	5,24	5,61	5,90
2,27	1,89	2,44	2,62	3,93	4,01	4,53
1,34	1,52	1,37	1,58	2,35	2,65	3,41

1,60	1,68	1,32	1,75	2,08	2,32	3,38
3,12	3,07	3,07	3,61	4,12	5,03	5,61
2,43	2,80	3,34	3,61	4,82	5,57	6,03
1,80	2,03	1,89	1,66	2,51	2,95	3,46
2,28	2,55	2,61	2,73	3,30	3,69	4,10
2,39	2,59	2,59	2,82	3,61	4,22	4,25
2,65	3,19	3,55	4,17	5,20	5,51	6,37
1,32	1,63	1,55	1,70	2,15	2,59	3,30
1,65	2,26	1,88	2,28	2,88	2,84	3,61

1,70	1,82	1,40	1,70	2,10	2,41	3,46
3,16	3,17	3,23	3,59	4,26	4,89	5,37
2,49	2,66	3,26	3,59	4,47	5,38	6,05
1,94	2,06	1,93	1,60	2,44	2,87	3,50
2,35	2,55	2,68	2,65	3,18	3,55	3,93
2,48	2,55	2,68	2,72	3,59	4,10	4,02
2,67	3,20	3,42	4,12	5,20	5,59	6,34
1,37	1,58	1,50	1,68	2,17	2,55	3,27
1,76	2,31	2,00	2,32	2,74	2,73	3,59

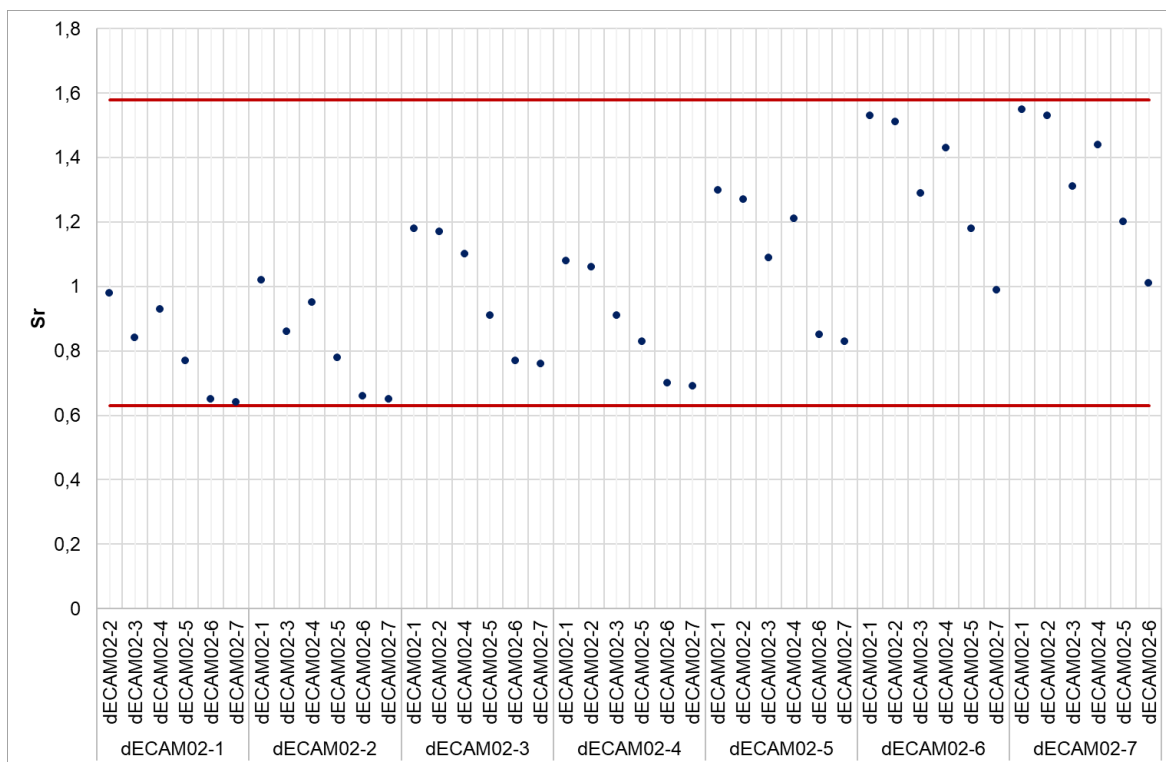
Příloha VI: Výsledky rovnic 1. úroveň adaptačního jasu+ 7 úrovní CAM02

Název vzorku	L*	a*	b*	dE*	dE <sub>CM</sub> C1	dE <sub>CM</sub> C2	dE <sub>CIE</sub> 941	dE <sub>CIE</sub> 942	dE <sub>CIE</sub> 00	dE <sub>CA</sub> M02-1	dE <sub>CA</sub> M02-2	dE <sub>CA</sub> M02-3	dE <sub>CA</sub> M02-4	dE <sub>CA</sub> M02-5	dE <sub>CA</sub> M02-6	dE <sub>CA</sub> M02-7
<b>STD</b>	<b>48,03</b>				<b>-30,64</b>				<b>-26,73</b>							
1	50,48	-29,79	-26,04	2,69	2,35	1,24	2,48	1,29	2,48	3,12	3,18	3,24	3,33	3,40	3,51	3,65
2	45,30	-30,59	-27,43	2,82	2,59	1,34	2,76	1,42	2,67	3,01	3,06	3,12	3,20	3,26	3,35	3,48
3	46,49	-30,85	-27,34	1,67	1,48	0,78	1,56	0,82	1,53	1,91	1,95	1,99	2,05	2,10	2,17	2,26
4	49,05	-31,60	-25,96	1,59	1,19	0,85	1,27	0,91	1,20	1,05	1,07	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17
5	49,57	-30,47	-24,60	2,63	1,81	1,31	1,88	1,33	1,82	3,08	3,14	3,21	3,32	3,40	3,53	3,70
6	49,35	-31,35	-25,18	2,15	1,58	1,16	1,68	1,22	1,59	1,88	1,92	1,96	2,02	2,07	2,15	2,25
7	49,41	-29,34	-25,35	2,35	1,53	1,04	1,54	0,97	1,54	3,07	3,13	3,21	3,31	3,40	3,52	3,69
8	50,75	-29,60	-26,04	2,99	2,61	1,39	2,75	1,43	2,75	3,46	3,52	3,59	3,69	3,77	3,89	4,04
9	53,45	-30,35	-25,50	5,57	5,13	2,62	5,45	2,77	5,44	6,12	6,20	6,30	6,43	6,54	6,70	6,91
10	53,91	-29,62	-25,61	6,07	5,56	2,84	5,91	2,99	5,89	6,80	6,89	7,00	7,16	7,28	7,46	7,71
11	48,66	-31,32	-25,32	1,68	1,08	0,95	1,14	1,00	1,03	1,25	1,27	1,30	1,35	1,38	1,44	1,51
12	45,97	-28,76	-27,12	2,82	2,19	1,41	2,31	1,47	2,21	2,10	2,12	2,13	2,14	2,15	2,15	2,17
13	48,67	-28,81	-26,40	1,97	1,07	0,94	1,05	0,89	1,00	2,00	2,05	2,09	2,16	2,22	2,30	2,40
14	54,12	-32,59	-23,62	7,11	6,11	3,57	6,50	3,80	6,39	6,83	6,92	7,02	7,17	7,29	7,46	7,70
15	45,91	-29,39	-26,00	2,57	2,08	1,18	2,18	1,18	2,13	2,45	2,46	2,48	2,48	2,49	2,49	2,50
16	46,49	-31,49	-25,21	2,32	1,76	1,24	1,87	1,32	1,77	1,67	1,68	1,69	1,69	1,70	1,70	1,71
17	50,14	-31,10	-25,18	2,65	2,17	1,34	2,31	1,42	2,26	2,71	2,76	2,81	2,89	2,96	3,05	3,18

18	52,26	-30,24	-24,72	4,70	4,10	2,23	4,34	2,33	4,32	5,38	5,47	5,57	5,72	5,84	6,02	6,26
19	47,77	-30,56	-26,86	0,30	0,26	0,15	0,27	0,16	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
20	45,21	-29,94	-27,92	3,14	2,77	1,55	2,95	1,65	2,83	3,11	3,17	3,23	3,31	3,38	3,47	3,60
21	48,74	-29,03	-27,63	1,98	1,25	1,10	1,31	1,16	1,18	0,85	0,86	0,88	0,90	0,92	0,95	0,98
22	47,60	-31,80	-26,79	1,24	0,70	0,61	0,70	0,59	0,66	1,13	1,15	1,18	1,22	1,26	1,30	1,37
23	45,69	-31,44	-28,26	2,91	2,33	1,35	2,44	1,36	2,37	3,62	3,70	3,79	3,92	4,03	4,18	4,39
24	53,23	-30,35	-25,70	5,31	4,91	2,50	5,23	2,65	5,22	5,81	5,89	5,98	6,11	6,21	6,35	6,55
25	46,63	-28,53	-26,71	2,54	1,69	1,25	1,74	1,25	1,66	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97
26	46,51	-29,01	-27,27	2,30	1,72	1,19	1,81	1,24	1,72	1,54	1,55	1,56	1,56	1,57	1,58	1,59
27	48,91	-30,89	-25,11	1,86	1,22	0,98	1,27	1,02	1,19	1,89	1,93	1,97	2,04	2,09	2,17	2,28
28	49,57	-31,35	-25,07	2,37	1,78	1,26	1,89	1,33	1,80	2,15	2,19	2,23	2,30	2,36	2,44	2,55
29	50,01	-30,01	-26,91	2,09	1,90	1,00	2,02	1,06	2,00	2,14	2,16	2,20	2,24	2,28	2,33	2,39
30	49,76	-30,83	-24,50	2,83	2,02	1,45	2,12	1,50	2,03	3,05	3,11	3,18	3,29	3,37	3,50	3,66
31	53,38	-30,74	-24,07	5,97	5,21	2,88	5,53	3,03	5,49	6,59	6,69	6,81	6,98	7,12	7,32	7,59
32	49,05	-30,73	-24,02	2,89	1,73	1,52	1,78	1,54	1,65	3,11	3,18	3,25	3,36	3,44	3,57	3,74
33	46,10	-28,82	-26,84	2,66	2,04	1,31	2,14	1,34	2,06	2,08	2,09	2,10	2,11	2,11	2,12	2,12
34	50,05	-30,77	-26,45	2,05	1,91	0,97	2,03	1,03	2,02	2,13	2,16	2,19	2,23	2,27	2,31	2,38
35	48,82	-30,48	-27,42	1,06	0,84	0,54	0,89	0,57	0,86	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93
36	47,69	-29,33	-27,06	1,40	0,80	0,75	0,82	0,77	0,74	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71
37	47,17	-31,91	-26,67	1,53	1,03	0,76	1,07	0,76	1,02	1,40	1,43	1,47	1,52	1,56	1,61	1,69
38	52,13	-32,00	-25,88	4,40	3,96	2,13	4,21	2,26	4,19	4,21	4,26	4,31	4,37	4,41	4,48	4,58

39	48,97	-30,31	-27,37	1,19	0,98	0,61	1,04	0,64	1,01	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01
40	48,54	-29,80	-28,64	2,15	1,29	1,22	1,35	1,28	1,18	1,39	1,41	1,42	1,45	1,47	1,50	1,54
41	51,34	-31,56	-23,90	4,45	3,53	2,29	3,75	2,42	3,65	4,39	4,47	4,55	4,69	4,79	4,95	5,15
42	49,68	-32,27	-23,68	3,83	2,53	2,14	2,68	2,27	2,48	2,75	2,80	2,86	2,96	3,03	3,15	3,30
43	46,98	-32,94	-24,95	3,09	1,94	1,75	2,06	1,85	1,85	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,16	1,18
44	45,94	-30,00	-28,20	2,64	2,17	1,34	2,30	1,42	2,20	2,59	2,64	2,70	2,79	2,85	2,95	3,08
45	49,88	-26,11	-28,96	5,38	3,36	3,01	3,54	3,16	3,18	2,41	2,45	2,50	2,57	2,63	2,71	2,81
46	49,53	-32,62	-25,62	2,72	1,90	1,46	2,01	1,54	1,89	1,48	1,49	1,51	1,52	1,53	1,55	1,57
47	47,67	-25,95	-29,17	5,30	3,04	3,02	3,20	3,18	2,74	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96
48	49,92	-30,71	-23,76	3,52	2,37	1,81	2,47	1,85	2,36	3,89	3,96	4,05	4,19	4,30	4,45	4,67
49	48,38	-25,70	-28,94	5,43	3,09	3,07	3,23	3,22	2,79	1,50	1,53	1,56	1,61	1,65	1,70	1,78
50	50,71	-33,49	-25,38	4,14	3,07	2,16	3,25	2,27	3,12	2,69	2,71	2,73	2,76	2,77	2,79	2,82
51	46,15	-30,94	-27,26	1,98	1,79	0,93	1,90	0,97	1,85	2,23	2,27	2,32	2,39	2,44	2,52	2,62
52	44,01	-29,45	-25,57	4,35	3,84	2,02	4,06	2,09	3,91	4,15	4,18	4,20	4,22	4,23	4,25	4,27

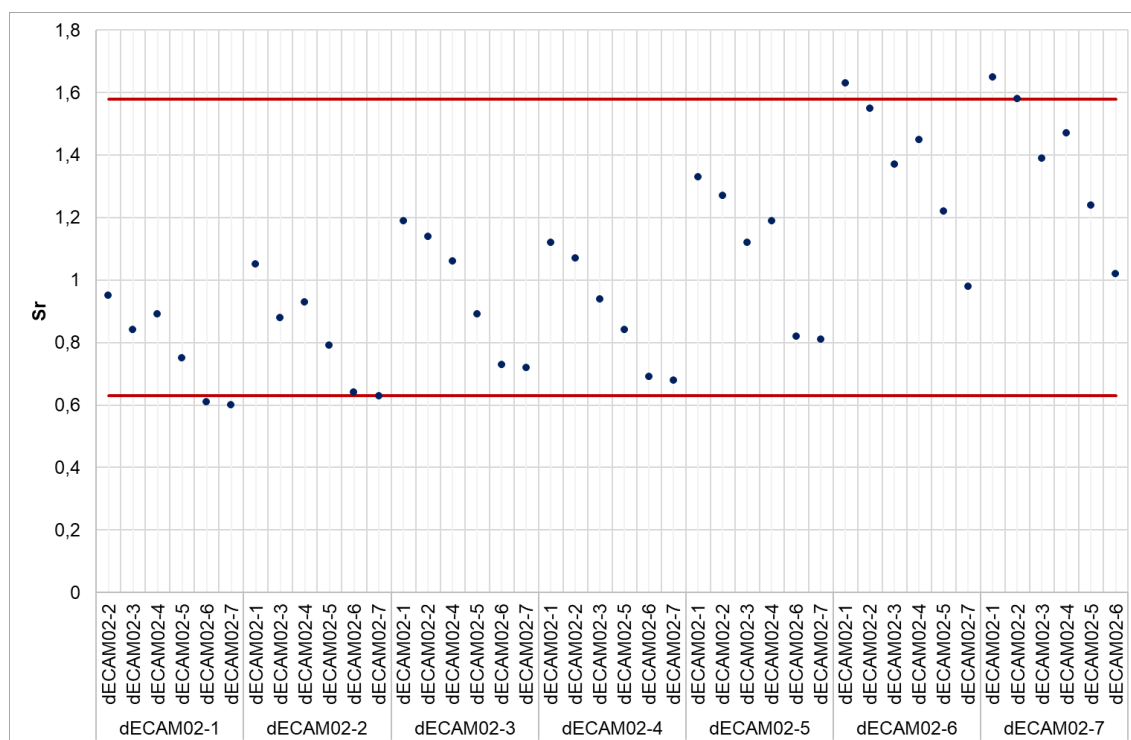
Příloha VII. Porovnání STRESS indexu CAM02A



Příloha VIII. Porovnání STRESS indexu D65A – CAM02

STRESS		dE	dE	dE	dE	dE	dE	dE
		CAM02-1	CAM02-2	CAM02-3	CAM02-4	CAM02-5	CAM02-6	CAM02-7
		<b>29,20</b>	<b>29,44</b>	<b>31,79</b>	<b>30,28</b>	<b>33,24</b>	<b>36,16</b>	<b>36,39</b>
<b>dE<sub>CAM02-1</sub></b>	<b>29,20</b>	1,00	1,02	1,18	1,08	1,30	1,53	1,55
<b>dE<sub>CAM02-2</sub></b>	<b>29,44</b>	0,98	1,00	1,17	1,06	1,27	1,51	1,53
<b>dE<sub>CAM02-3</sub></b>	<b>31,79</b>	0,84	0,86	1,00	0,91	1,09	1,29	1,31
<b>dE<sub>CAM02-4</sub></b>	<b>30,28</b>	0,93	0,95	1,10	1,00	1,21	1,43	1,44
<b>dE<sub>CAM02-5</sub></b>	<b>33,24</b>	0,77	0,78	0,91	0,83	1,00	1,18	1,20
<b>dE<sub>CAM02-6</sub></b>	<b>36,16</b>	0,65	0,66	0,77	0,70	0,85	1,00	1,01
<b>dE<sub>CAM02-7</sub></b>	<b>36,39</b>	0,64	0,65	0,76	0,69	0,83	0,99	1,00

Příloha IX: Pozvání STRESS indexu CAM02B



Příloha X: Porovnání STRESS indexu D65B – CAM02

STRESS		dE	dE	dE	dE	dE	dE	dE
		CAM02-1	CAM02-2	CAM02-3	CAM02-4	CAM02-5	CAM02-6	CAM02-7
		<b>28,41</b>	<b>29,10</b>	<b>31,03</b>	<b>30,12</b>	<b>32,81</b>	<b>36,25</b>	<b>36,54</b>
<b>dE<sub>CAM02-1</sub></b>	<b>28,41</b>	1,00	1,05	1,19	1,12	1,33	<b>1,63</b>	<b>1,65</b>
<b>dE<sub>CAM02-2</sub></b>	<b>29,10</b>	0,95	1,00	1,14	1,07	1,27	1,55	1,58
<b>dE<sub>CAM02-3</sub></b>	<b>31,03</b>	0,84	0,88	1,00	0,94	1,12	1,37	1,39
<b>dE<sub>CAM02-4</sub></b>	<b>30,12</b>	0,89	0,93	1,06	1,00	1,19	1,45	1,47
<b>dE<sub>CAM02-5</sub></b>	<b>32,81</b>	0,75	0,79	0,89	0,84	1,00	1,22	1,24
<b>dE<sub>CAM02-6</sub></b>	<b>36,25</b>	<b>0,61</b>	0,64	0,73	0,69	0,82	1,00	1,02
<b>dE<sub>CAM02-7</sub></b>	<b>36,54</b>	<b>0,60</b>	0,63	0,72	0,68	0,81	0,98	1,00