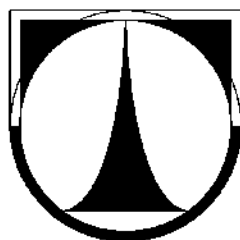


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta Textilní

Studijní Program – Navazující magisterský

Studijní obor – Textilní materiálové inženýrství – Řízení Jakosti



Studie velkých barevných rozdílů

Large color differences study

Diplomová práce

Č.p. 514

Autor:	Bc. Marta Haucková
Vedoucí DP:	Doc. Ing. Michal Vík, PhD.
Konzultant:	Ing. Martina Víková

Počet stran:	50
Počet příloh:	1
Počet obrázků:	30
Počet tabulek:	7
Počet grafů:	11
V Liberci dne	11.5. 2008

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

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

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

Datum

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat především vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Michalu Vikovi, PhD. a konzultantovi Ing. Martině Víkové za odborné vedení, trpělivost a pomoc při zpracování této diplomové práce. Samozřejmě mé děkuji patří celé mé rodině za všestrannou podporu při mém vysokoškolském studiu.

Anotace

Studie velkých barevných rozdílů je práce, která se věnuje vyhotovení a vyhodnocení *experimentu zkoumajícího velké barevné rozdíly* pro Mezinárodní Komisi pro Osvětlování CIE. Cílem diplomové práce je poukázání na málo ideální nastavení současných experimentů, jejichž výsledky slouží Komisi CIE. V této práci je navrhnout, popsán, vyhotoven a vyhodnocen nový experimentální systém. Tento systém je porovnán s *experimentem* již dříve *provedeným na Katedře textilních materiálů v Liberci*. Výsledky byly získány vizuálním (subjektivním) hodnocením barevných vzorků připravených v Německém BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung) v Berlíně. Dále byly vypočítány barevné difference z objektivního měření pomocí spektrofotometru. K výpočtům byly použity vybrané rovnice pro barevné rozdíly (CIELAB, CIE2000 a DIN99). Výsledky experimentu mají rozhodnout o vhodnosti použití rovnic CIE2000 a DIN99 pro velké barevné rozdíly. Tyto rovnice jsou původně určeny pro malé barevné rozdíly.

Klíčová slova

Vizuální hodnocení

Objektivní měření

Velký barevný rozdíl

Karty barevných vzorků

Barevné souřadnice L^* , a^* , b^*

Annotation

The study of large chromatic differences is a work, which applies to an execution and evaluation of an experiment of investigating large chromatic differences for Committee International Lighting CIE. The aim of the work is pointing out the not perfect setting of the current experiments which have already been created and their results serves committee CIE. In this work the new experimental system has been suggested, described, executed and evaluated. This system is compared with the experiment earlier given in The Institute of textile materials in Liberec. Visual evaluation of chromatic samples prepared in German BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung) in Berlin was executed in this work. The chromatic differences were calculated from the objective measurement by the help of spectrophotometer. Selected equations for color differences (CIELAB, CIE2000 a DIN99) were used for the computations. The experiment results are to decide about fitness of usage of the equations CIE2000 and DIN99 for the large chromatic differences. These equations are originally intended for small chromatic differences.

Keywords

Visual observation

Objective measurement

Large color difference

Cards color samples

Color position data L^* , a^* , b^*

Obsah:

1. ÚVOD	12
2. NEJVÝZNAMNĚJŠÍ SYSTÉMY USPOŘÁDÁNÍ BAREV	13
2.1 MUNSELLŮV BAREVNÝ SYSTÉM	13
2.1.1 Vývoj systému	13
2.1.2 Atlas 1915	14
2.1.3 Book of Color 1929 (BOC)	15
2.1.4 Korigovaný Munsellův atlas barev (The Munsell Renotation)	16
2.1.5 Oprava korigovaného Munsellova atlasu barev (The Munsell Re-Renotation)	17
2.2 JEDNOTNÝ BAREVNÝ SYSTÉM OSA-UCS (OPTICAL SOCIETY OF AMERICA UNIFORM COLOR SCALES)	17
2.2.1 Vývoj systému	17
2.2.2 OSA-UCS Atlas	19
2.2.3 Revize OSA-UCS	21
2.2.4 OSA-UCS prezentace a vnímání prostoru	22
2.3 ŠVÉDSKÝ NCS (NATURAL COLOR SYSTEM)	22
2.3.1 Vývoj systému	22
2.3.2 NCS Atlas	24
2.4 POROVNÁNÍ A SLABOSTI BAREVNÝCH ATLASŮ	25
3. POUŽITÍ VÝPOČTOVÝCH ROVNIC PRO BAREVNÉ DIFERENCE	26
3.1 CIELAB	26
3.3 CIE 2000	28
3.4 DIN 99	29
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
4.1 FARNSWORTH-MUNSELL 100 HUE TEST	30
4.2 MĚŘENÍ BAREVNÝCH ROZDÍLŮ	31
4.2.1 Vizuální hodnocení 1	31
4.2.2 Vizuální hodnocení 2	32
4.3 STANOVENÍ BAREVNÝCH ROZDÍLŮ POZOROVATELEM VE SVĚTELNÉ SKŘÍNI	34
4.4 OBJEKTIVNÍ MĚŘENÍ BAREVNÝCH VZORKŮ POMOCÍ SPEKTROFOTOMETRU DATACOLOR 600	35
4.5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	36
4.5.1 Vzájemné korelace a grafy Vis 2	37
4.5.2 Porovnání experimentů Vis 2 a Jur07	41
5. ZÁVĚR	47

Seznam obrázků:

OBR. 1 USPOŘÁDÁNÍ BAREV NA KOULI	13
OBR. 2 MUNSELLŮV „BAREVNÝ STROM“ [5]	14
OBR. 3 NEPRAVIDELNÝ BAREVNÝ ELIPSOID	14
OBR. 4 ORIENTACE V MUNSELLOVĚ SYSTÉMU	15
OBR. 5 POLOHA V A^* , B^* CHROMATICKÉM GRAFU BAREV (JAS 5) Z ATLASU 1915, 2° POZOROVATEL A STEJNÁ SÍLA OSVĚTLENÍ [1]	16
OBR. 6 POLOHA V A^* , B^* CHROMATICKÉM GRAFU BAREV (JAS 6) Z ATLASU BOC 1929, 2° POZOROVATEL A STEJNÁ SÍLA OSVĚTLENÍ [1]	16
OBR. 7 SVĚTELNÁ ODRAZIVOST Y V POROVNÁNÍ ATLASŮ 1915 A BOC 1929, 2° POZOROVATEL [1]	16
OBR. 8 KOREKCE MUNSELLOVA ATLASU PRO 2° POZOROVATELE A STEJNÉ SÍLE OSVĚTLENÍ [1]	17
OBR. 9 OPRAVA KORIGOVANÉHO MUNSELLOVA ATLASU PRO 2° POZOROVATELE A STEJNÉ SÍLE OSVĚTLENÍ [1]	17
OBR. 10 SYSTÉM ŠESTI NEJBLIŽŠÍCH SOUSEDŮ	18
OBR. 11 ROTAČNÍ PROSTOROVÝ ČTRNÁCTISTĚN [1]	19
OBR. 12 MACADAMOVO USPOŘÁDÁNÍ BAREVNÝCH KOULÍ [6]	19
OBR. 13 OSA-UCS BAREVNÝ PROSTOR [6]	20
OBR. 14 POHYB V JEDNOTNÉM SYSTÉMU OSA-UCS	21
OBR. 15 OSA-UCS KONSTANTNÍ JASOVÁ PLOCHA	22
OBR. 16 USPOŘÁDÁNÍ HERINGOVA ODSŤÍNOVÉHO KRUHU [6]	23
OBR. 17 TĚLESO NCS [6]	24
OBR. 18 LIST Z NCS ATLASU Z ROKU 1999 [7]	25
OBR. 19 ZOBRAZENÍ DOSAŽITELNÝCH BAREVNÝCH ODSŤÍNŮ V PROSTORU CIELAB	26
OBR. 20 ZOBRAZENÍ TOLERANČNÍCH ELIPS CIE2000 V SOUSTAVĚ CIELAB [1]	29
OBR. 21 FARNSWORTH-MUNSELL 100 HUE	30
OBR. 22 VYHODNOCENÍ TESTU VE FORMĚ POLÁRNÍ A JEDNOTLIVÉ BAREVNÉ ŘADY	31
OBR. 23 BAREVNÉ PŘEDLOHY PRO SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ BAM	32
OBR. 24 ZAPISOVACÍ KARTY K BAREVNÝM PŘEDLOHÁM Z BAM	32
OBR. 25 USPOŘÁDÁNÍ BAREVNÝCH SÉRIÍ	33
OBR. 26 ZAPISOVACÍ KARTY PRO VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ 2	33
OBR. 27 BAREVNÁ KARTA A STÍNÍTKO	34
OBR. 28 POHLED NA VZORKY BĚHEM HODNOCENÍ	34
OBR. 29 JEDNOTLIVÉ BAREVNÉ KARTY	35
OBR. 30 OŘÍZNUTÉ ROHY SLOUŽÍCÍ K ORIENTACI VZORKU	35

Seznam grafů:

GRAF. 1 KORELACE SKUPINY SUPERIOR A AVERAGE 0,802642	37
GRAF 2 CELKOVÉ POROVNÁNÍ NORMÁLNÍHO A OBRÁCENÉHO HODNOCENÍ S VYBRANÝMI ROVNICEMI	38
GRAF 3 KORELACE SKUPINY SUP S OBJEKTIVNÍM MĚŘENÍM PRO NORMÁLNÍ POZOROVÁNÍ	39
GRAF 4 KORELACE SKUPINY SUP S OBJEKTIVNÍM MĚŘENÍM PRO OBRÁCENÉ POZOROVÁNÍ	39
GRAF 5 KORELACE SKUPINY SUP S OBJEKTIVNÍM MĚŘENÍM BEZ 4 SÉRIE POZOROVÁNÍ	40
GRAF 6 POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH SOUŘADNIC DATACOLOR 600 D65/2	41
GRAF 7 POROVNÁNÍ KORELACÍ SKUPIN SUP A AVG PRO JEDNOTLIVÉ EXPERIMENTY Vis2 0,878898 A JUR07 0,832631	42
GRAF 8 POROVNÁNÍ VIZUÁLNÍHO HODNOCENÍ SKUPIN ALL, SUP A AVG Z KARTY MG25 BAM MEZI EXPERIMENTY VIS 2 A JUR07	43
GRAF 9 POROVNÁNÍ VIZUÁLNÍHO HODNOCENÍ SKUPIN ALL, SUP A AVG Z KARTY MG27 BAM MEZI EXPERIMENTY VIS 2 A JUR07	44
GRAF 10 POROVNÁNÍ KORELACÍ OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘEPOČÍTANÉHO POMOCÍ VYBRANÝCH ROVNIC MEZI EXPERIMENTY VIS2 D65/2 A JUR07 D65/2 NA KARTĚ MG25 BAM	45
GRAF 11 POROVNÁNÍ KORELACÍ OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ PŘEPOČÍTANÉHO POMOCÍ VYBRANÝCH ROVNIC MEZI EXPERIMENTY VIS2 D65/2 A JUR07 D65/2 NA KARTĚ MG25 BAM	46

Seznam tabulek:

TAB. 1 ROZŘAZENÍ RESPONDENTŮ DO SKUPIN DLE BAREVNÉHO VNÍMÁNÍ.....	31
TAB. 2 KORELACE MEZI SKUPINAMI SUP A AVG PŘI NORMÁLNÍM, OBRÁCENÉM POZOROVÁNÍ A BEZ SÉRIE 4	37
TAB. 3 HODNOTY KORELACÍ SKUPINA SUP A VYBRANÉ ROVNICE PŘI NORMÁLNÍM, OBRÁCENÉM HODNOCENÍ A HODNOCENÍ BEZ SÉRIE 4 (GRAF 2).....	38
TAB. 4 HODNOTY KORELACÍ PRO VŠECHNY SKUPINY POZOROVATELŮ NA VYBRANÝCH ROVNICÍCH PRO NORMÁLNÍ OBRÁCENÉ POZOROVÁNÍ A BEZ SÉRIE 4	40
TAB. 5 VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ VIZUÁLNÍHO HODNOCENÍ SKUPIN ALL, SUP A AVG U EXPERIMENTŮ Vis2 A JUR07	44
TAB. 6 VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ VÝPOČTŮ BAREVNÝCH ROZDÍLŮ NA VYBRANÝCH ROVNICÍCH Z OBJEKTIVNÍHO MĚŘENÍ U EXPERIMENTU Vis2 D65/2 A JUR07 D65/2.....	46
TAB. 7 POROVNÁNÍ KORELACÍ DAT Z EXPERIMENTU JUR07 PREZENTOVANÝCH V DIPLOMOVÉ PRÁCI ING. VLADIMÍRY JUŘÍČKOVÉ S DATY Z TÉ SAMÉ PRÁCE PŘEPOČÍTANÉ PODLE PODMÍNEK POUŽITÝCH VE VYHODNOCENÍ Vis2.....	47

Seznam zkratk:

Obr.	-	Obrázek
Tab.	-	Tabulka
ks	-	Počet kusů
3D	-	Trojdimenzionální
BAM	-	Bundesantalt für Materialforschung und – prüfung
BOC	-	Book of Color
OSA-UCS	-	Optical society of America – uniform color scales
NCS	-	Natural color system
LCAM	-	Laboratoř měření barevnosti a vzhledu
KTM	-	Katedra textilních materiálů v Liberci
Vis2	-	Vizuální hodnocení 2
Jur07	-	Vizuální hodnocení vyhotoveného Vladimírou Juříčkovou v roce 2007
All	-	Skupina pozorovatelů Všichni
SUP	-	Skupina pozorovatelů Superior (Výborné barevné vnímání)
AVG	-	Skupina pozorovatelů Average (Průměrné barevné vnímání)
dE*	-	Barevný rozdíl vypočítaný pomocí CIELAB
dE CIE2000	-	Barevný rozdíl vypočítaný pomocí CIE2000
dE DIN99	-	Barevný rozdíl vypočítaný pomocí DIN99

1.Úvod

Pro výpočty velkých barevných rozdílů existuje více výpočtových rovnic, které se vyvíjely spolu s barevnými prostory. V roce 2001 na zasedání v Rorchestru byla Mezinárodní Komise pro Osvětlování CIE přijata nová rovnice pro výpočet barevných rozdílů CIE2000. U této rovnice technické výbory CIE stále ověřují platnost v různých oblastech použití.

Cílem této diplomové práce je ověřit přizpůsobení rovnice CIE2000 k vizuálnímu hodnocení velkých barevných rozdílů. Pro toto ověřování byla připravena speciální sada vzorků v BAM (Bundesantalt für Materialforschung und – prüfung) v Berlíně. Tyto sady vzorků se již hodnotili v roce 2007 na Katedře Textilních materiálů v Liberci v diplomové práci ing. Vladimíry Juříčkové (Jur07). Výsledky z tohoto experimentu posloužili jako jeden ze vstupů dat i pro tuto práci. Jelikož bylo shledáno, že nastavení experimentu Jur07 nebylo optimální, bylo rozhodnuto po dohodě s Prof. Mendosou z Katedry Optiky v Granadě o novém uspořádání barevných sad.

Vizuální hodnocení barevných rozdílů (Vis 2) v této práci je vyhotoveno právě na novém uspořádání barevných sad vzorků, kdy při deseti pozorovatelích a pěti opakování bylo získáno 4900 posudků. Dalším cílem této práce je porovnání experimentů Jur07 s Vis 2, aby mohlo být rozhodnuto o lepším uspořádání barevných vzorků.

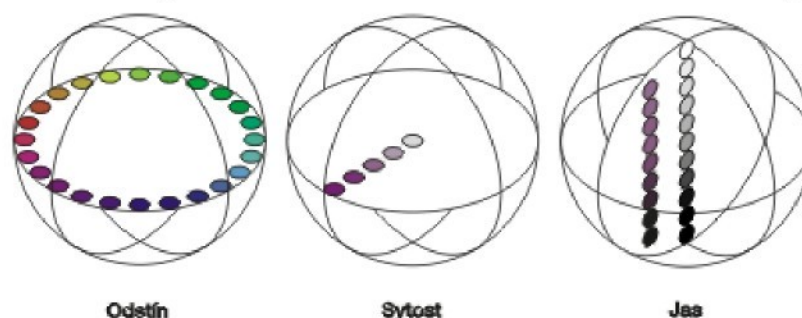
2. Nejvýznamnější systémy uspořádání barev

Mezi nejvýznamnější barevné systémy patří v dnešní době Munsellův atlas barev, OSA-UCS a NCS. Existuje i více barevných systémů, ale nevyhovují podmínkám o jednotnosti ani rovnoměrnosti systému. Proto budou popsány výše uvedené systémy, jak jejich vznikem tak i jejich strukturou a orientací v prostoru.

2.1 Munsellův barevný systém

2.1.1 Vývoj systému

Albert H. Munsell vystudovaný jako umělecký malíř a učitel výtvarného umění byl nespokojen se vzdělávacími nástroji pro děti a studenty umění. Proto se začal zabývat uspořádáním barev a jejich vztahem. Inspirace o pojetí barevného prostoru získal z dětského balonu ve tvaru koule s barevnými segmenty a seřazených barev namalovaných do dvojité spirály. Založil odstínový kruh na pětici základních barev: červená R, žlutá Y, Zelená G, modrá B a fialová (purpurová). Jeho největší motivací byla schopnost vyjádřit systém barev v desetinných číslech. Jelikož Munsell nebyl moc seznámen s pracemi již vzniklými o barevném uspořádání, nebyl pro něho problém vnést atribut jasu a čistoty (sytosti) [2]. Jeho první model koule uspořádal odstíny, které měli stejnou jasovou hodnotu na rovnoběžkách a přidal k základním barvám ještě středně zelenou a červenou a tmavě žlutou. [1] (Obr.1)



Obr. 1 Uspořádání barev na kouli

Munsell následně zjistil, že do koule nemohou být začleněny všechny dostupné barvy, z koule by se stal nepravidelný elipsoid (Obr.3). Musel tedy opustit myšlenku pravidelného dobře definovaného tělesa a své uspořádání pojmenoval jako barevný strom („Color tree“ Obr.2). [1]



Obr. 2 Munsellův „Barevný strom“ [5]



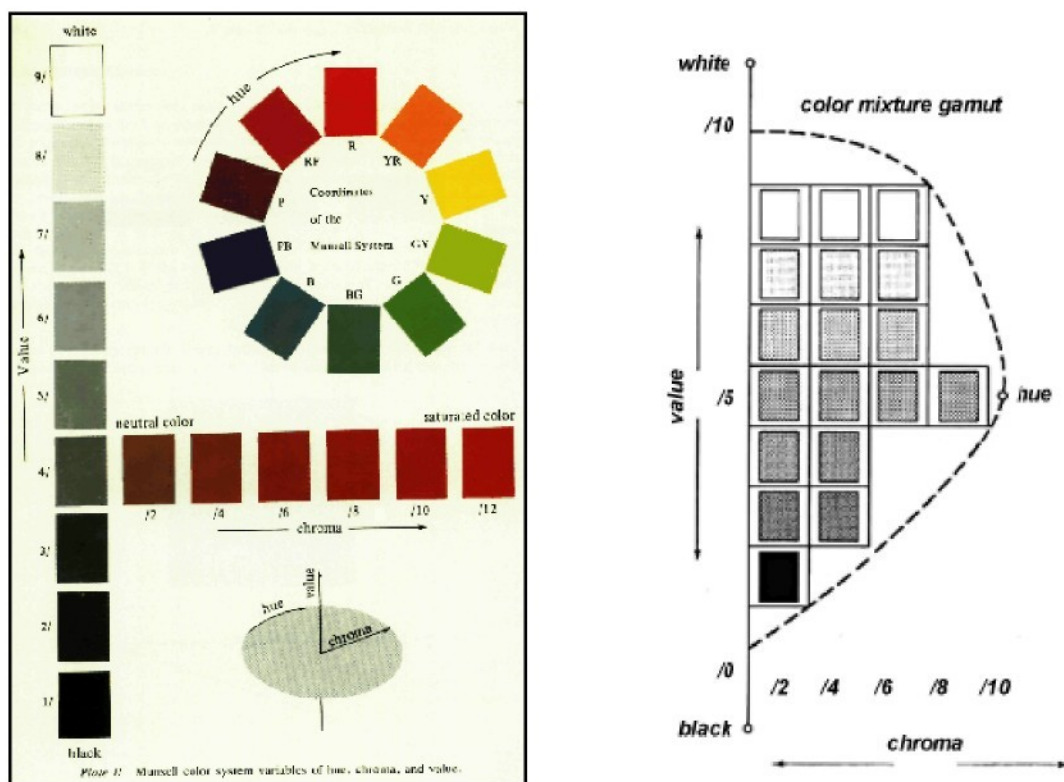
Obr. 3 Nepravidelný barevný elipsoid

V roce 1905 Munsell publikoval jeho pojetí barevného systému pod názvem *A Color notation* a v následujícím roce mu byl udělen patent na tento systém, obdržel autorská práva a ochrannou známku. První verze atlasu barev byla publikována v roce 1907 a obsahovala osm listů s malovanými vzorky. Druhá rozšířená verze byla vydána v roce 1915 a skládala se z 15 listů 5 konstantních odstínů (hue) a 7 listů konstantních jasových vzorků (value) a 3 hlavích přírodních barev. [1]

V roce 1918 založil Munsell se svým synem společnost *Munsell Color Company*. V tomto roce Munsell zemřel, ale v jeho práci pokračoval jeho syn s podporou *National Bureau of Standards* v Baltimoru a mladým výzkumníkem D.B.Juddem. V roce 1929 vydala společnost první verzi Munsellovi knihy barev (Book of color). V dnešní podobě je to jeden z nejrozšířenějších a nejznámějších atlasů. Je vydáván v matné a lesklé formě barevných vzorků a je vydána i edice pro textilní materiály. [1]

2.1.2 Atlas 1915

Atlas se skládá z textové části a listů se vzorky. V textové části je popsána orientace v atlasu a schématické obrázky objasňující barevný prostor a pozici vertikálních a horizontálních částí listů (Obr.4).



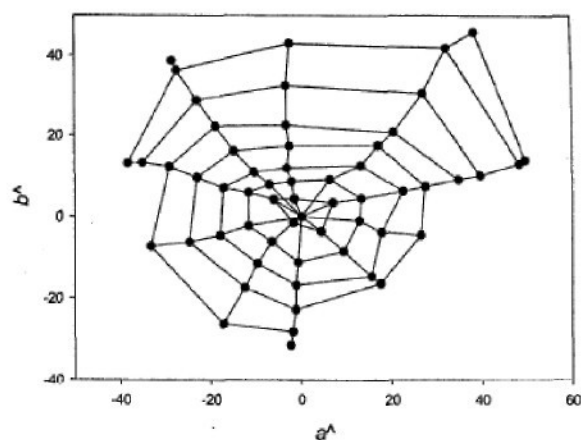
Obr. 4 Orientace v Munsellově systému

První diagram H (odstín) se skládá z barevných vzorků z pěti základních a pěti středních odstínů v hodnotách 2 až 8. Diagram V (jas) je sestaven z desetistupňové šedé škály a z barevných vzorků s nejvyšší čistotou barvy pěti základních odstínů. Diagram C (čistota) objasňuje vertikální příčné řezy skrz těleso vždy se dvěma odpovídajícími odstíny za následující diagram. Nakonec se nachází sedm hvězdicovitých tvarů v horizontální úrovni. Tyto diagramy objasňují 10 odstínů v daných hodnotových úrovních ve všech možných barevných sytostech pigmentů které se používají.[1]

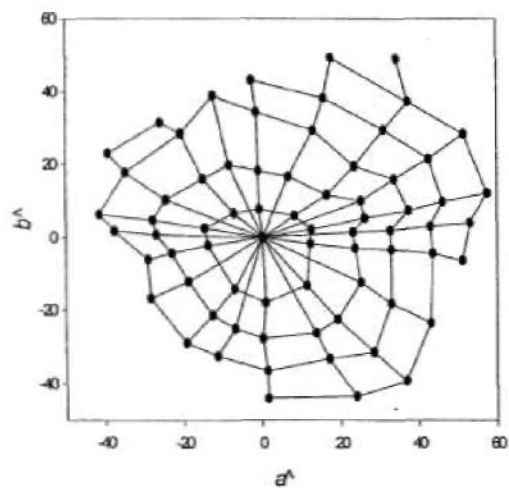
V roce 1919 a 1926 proběhlo měření odrazivosti vzorků atlasu a jejich trichromatické složky CIE byli vypočítané později. Po tomto měření se zjistilo, že vzorky přesně neodpovídají navrženému systému. Měření atlasu jsou následně optimálně linearizovaná funkcí světelné odrazivosti.[1]

2.1.3 Book of Color 1929 (BOC)

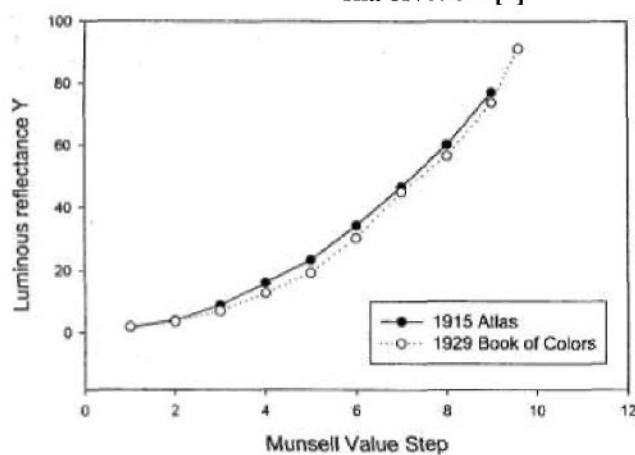
V roce 1929 byla vydána rozšířená verze Munsellova atlasu. Skládala se z 20 odstínů od světlosti 2 až 8 a sytosti od 2 až 14 (v jednotlivých případech) s celkovým počtem barevných vzorků 400 ks. Jejich odrazivosti byli naměřeny v roce 1935. Tímto měřením již byli zjištěny značné rozdíly mezi dvěma verzemi atlasu (Obr.5,6) v a^* b^* diagramu. Je zde také potřeba optimální linearizace přes celý rozsah, ale přesto nám zůstane zostřená světlost (Obr.7).[1]



Obr. 5 Poloha v a^* , b^* chromatickém grafu barev (jas 5) z atlasu 1915, 2° pozorovatel a stejná síla osvětlení [1]



Obr. 6 Poloha v a^* , b^* chromatickém grafu barev (jas 6) z atlasu BOC 1929, 2° pozorovatel a stejná síla osvětlení [1]



Obr. 7 Světelná odrazivost Y v porovnání atlasů 1915 a BOC 1929, 2° pozorovatel [1]

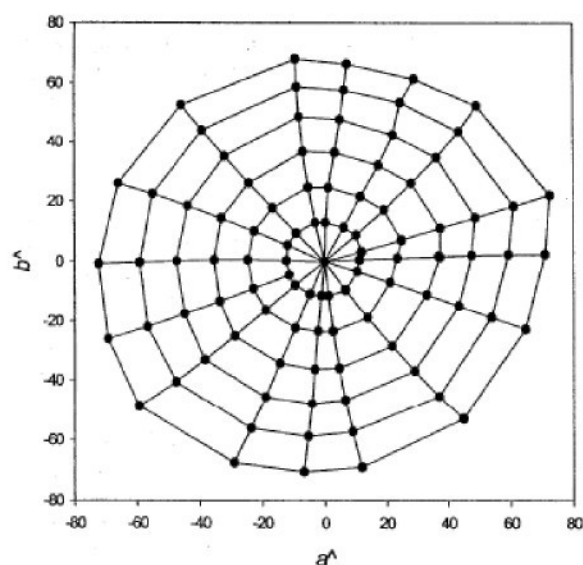
2.1.4 Korigovaný Munsellův atlas barev (The Munsell Renotation)

V polovině 30. let 20. století vytvořila Americká Optická společnost s předsedajícím Newhallem subkomisi zabývající se Munsellovým prostorem. V roce 1929 výsledky měření Glenna a Killiana dokazovaly zubatost obrysů stálých sytostí v CIE chromatickém diagramu a do jisté míry konstantních odstínových linií. Pomocí 41 pozorovatelů se udělaly odhady velikosti rozdílů mezi šedivou stupnicí z BOC 1929, které byly použity pro definování světlostní stupnice. V roce 1943 bylo vydáno konečné doporučení úpravy velikosti Munsellova tělesa, kde menší nepravidelnosti v revidovaných výzkumech prostorových výsledků byly vyhlazeny v CIE chromatickém diagramu [18]. Účinek světlosti zostřených obrysů světlostní stupnice proti šedivému okolí byl také vyrovnán. Trendy v odstínech a sytostech byli přibližně určeny do limitů barevných objektů x, y a Y barevného prostoru. Výsledné opravy byly provedeny při podmínkách pro 2° pozorovatele při osvětlení C a definovaný na 2746 chromatických a 9 achromatických barvách. Přibližně 65% z těchto barev

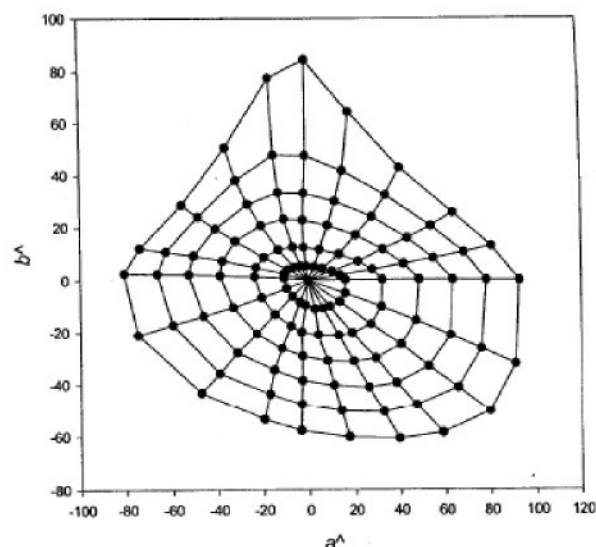
bylo fyzicky realizováno jako barevné vzorky v BOC. Komise použila Juddovu definici jasových funkcí ve formě jednoduchých pěti rovnic týkajících se hodnot světelné odrazivosti. Změny ve srovnání s atlasem 1915 a 1929 BOC byly zřejmé (Obr. 8). [1]

2.1.5 Oprava korigovaného Munsellova atlasu barev (The Munsell Renotation)

Během 50. a 60. let 20. století komise Uniform Color Scales of the Optical Society of America po vedením Judda provedla řady pokusů s cílem rozvoje vylepšeného jednotného barevného tělesa a přidružených prostorových rovnic. Zajímalo se o dopad výsledků experimentu na Munsellův systém. V roce 1967 Judd a Nickerson publikovali zprávu u National Bureau of Standards, kde představili opravenou korekci Munsellova atlasu, která odrážela nové experimentální zkoumání (Obr.9). Specifikovali celkem 2874 chromatických barev v kompletní úpravě Munsellova systému. [19]



Obr. 8 Korekce Munsellova atlasu pro 2° pozorovatele a stejné síle osvětlení [1]



Obr. 9 Oprava korigovaného Munsellova atlasu pro 2° pozorovatele a stejné síle osvětlení [1]

2.2 Jednotný barevný systém OSA-UCS (Optical society of america uniform color scales)

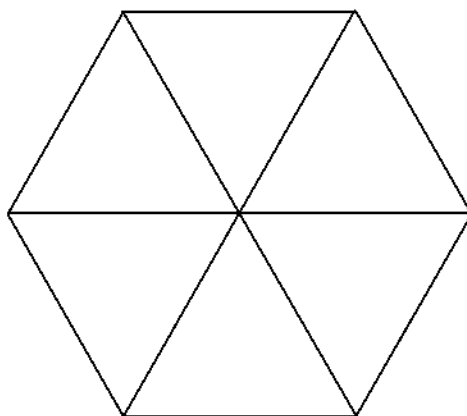
2.2.1 Vývoj systému

Ve 40. letech 20. století získal s Jednotný barevný prostor popularitu amerického Národního ústavu a průmyslových odvětví, které těžily z jejich závěrů, které byly ustanoveny [16]. Balinkin už v roce 1941 popisuje ve své zprávě pravidelné čtyřstěnné díly jednotného barevného prostoru. Silberstein poukazoval v roce 1942, že jestliže velikost rozdílu barev v trojúhelníku se rovná jednotné veličině pak tam může být jen šest nejbližších sousedů

v chromatické ploše pro euklidovský systém (Obr.10). S více než šesti sousedy převezme prostor hyperbolický tvar s méně než šesti sousedy převezme Reimanovský tvar. Silberstein proto doporučil zkoušení šestiúhelníkových polí barev kurčení zda je barevný prostor euklidovský [1]. Proto v té době sledovala komise tři myšlenkové proudy:

1. Fakta experimentu o rozdílu barev byla ustanovená a další práce v této oblasti nejsou nutná.
2. Fakta experimentu jsou komplexní a jeví se, že není možné prokázat jednotný euklidovský barevný prostor. Nejlepším cílem komise je vyvinout jednoduchý vzorec pro rozdílnost barev (diferenci).
3. Jednotnost nebo její nedostatek je nejlépe doložen souborem barevných vzorků.

Komise vyvinula jednotná data a zjistila, že jednotný euklidovský prostor není možný a vyvinula to co považovala za nejlepší přiblížení euklidovskému systému ilustrovaného souborem barevných vzorků a vzorcem. Na konci roku bylo revidováno 38 barevných studií vztahujících se k jednotnému barevnému systému. V roce 1952 bylo rozhodnuto o vytvoření souhrnu 500 barevných vzorků v jednotné 3D (trojdimenzionální) sadě a pravidelném kosodelníkovém uspořádání založeném na korigovaném Munsellově atlasu. [1]

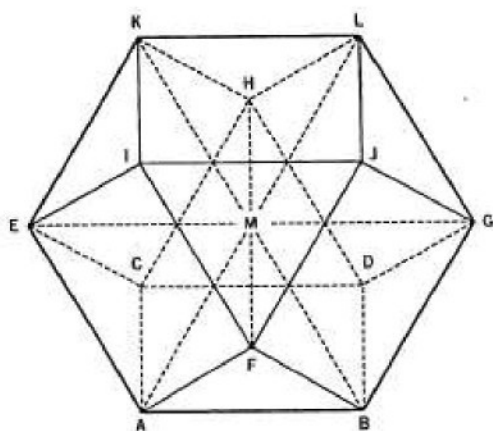


Obr. 10 Systém šesti nejbližších sousedů

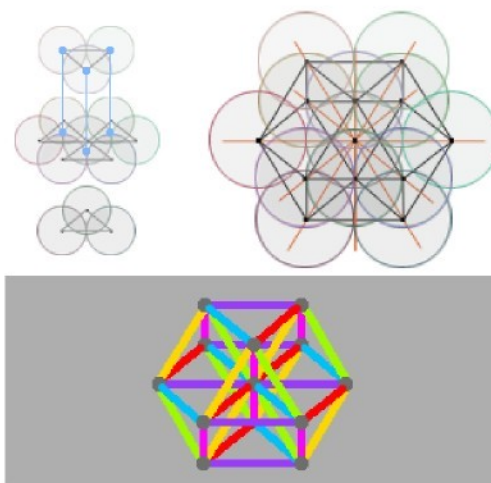
2.2.2 OSA-UCS Atlas

S ustanovenou rovnici komise pokračovala ukázkou odvozeného prostoru podle pravidel z pravidelného kosodelníkového rovnoběžnostěnného tvaru. Spíše než užívání trojúhelníkových vzorků za stejného osvětlení plochy, se rozhodlo o rotačním jednotném prostorovém čtrnáctistěnu (Obr.11). Tímto uspořádáním se získá čtvercová mřížka ve stále stejné světlostní ploše. Využívá se předpokladu, že dvanáct vzdáleností je stejných, od centrálního bodu M k jakémukoliv bodu po obvodu čtrnáctistěnu.[1]

MacAdam vyrobil 3D model. Sesadil koule ve ztlumených barvách uspořádaných do prostorového čtrnáctistěnu (Obr.12). Je zde existence sedmi čar na plochách, které dovolí dělení barevného tělesa v různých směrech. [1]

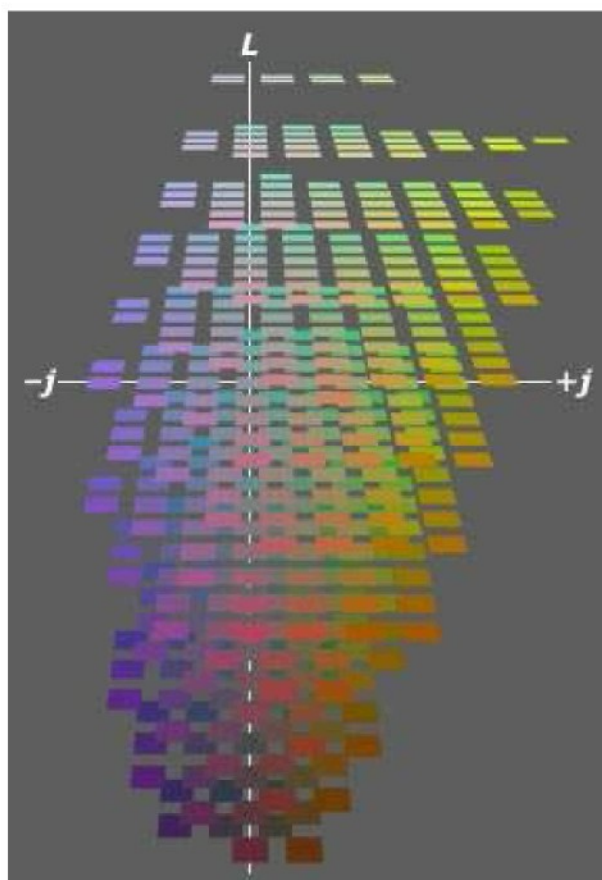


Obr.11 Rotační prostorový čtrnáctistěn [1]



Obr.12 MacAdamovo uspořádání barevných koulí [6]

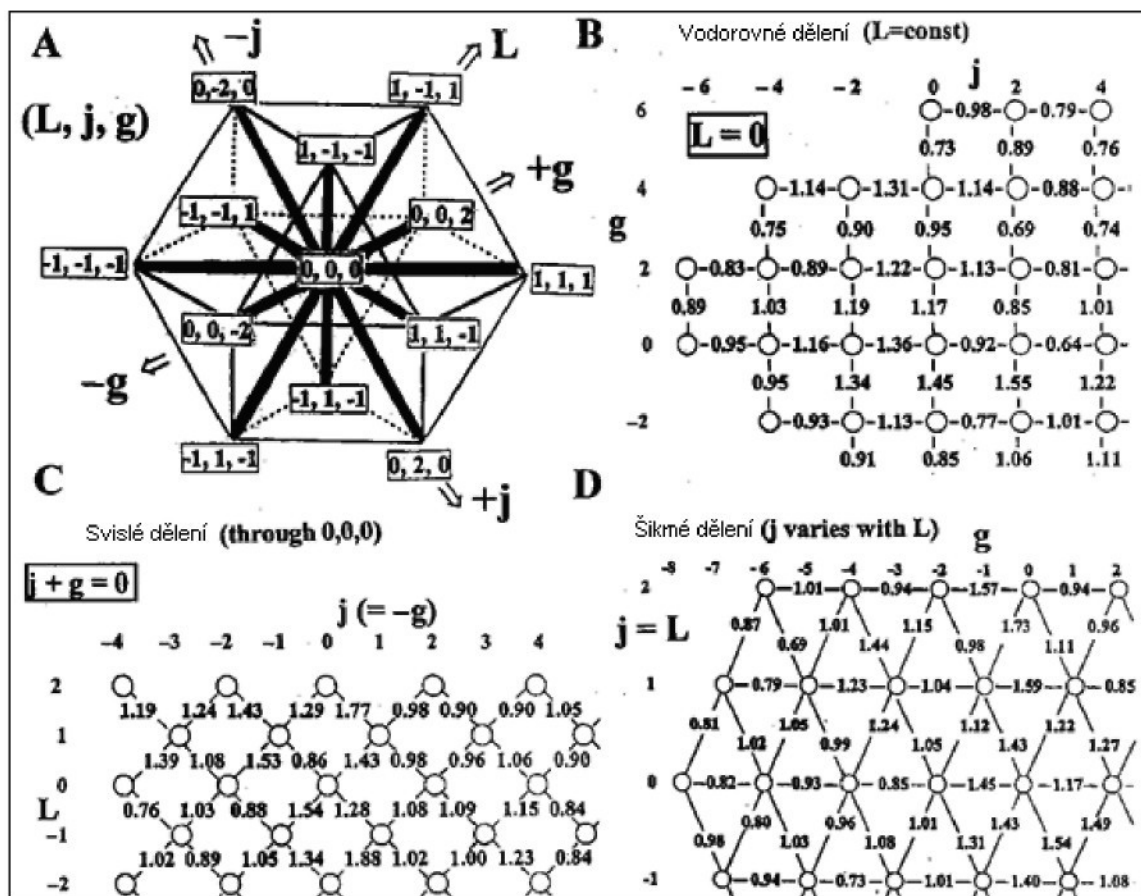
V roce 1974 představil MacAdam prostorový šestistěnný systém barevných vzorků (Obr. 12). V roce 1977 byl vydán atlas obsahující 558 lesklých barevných vzorků (424 normálních a 134 pastelových). Kolorimetrické specifikace cílových barev v rámci CIE jsou chromaticky sladěny se světelnou odrazivostí pro 10° pozorovatele a osvětlení D65. Podrobný popis pravidelného klencového uspořádání OSA-UCS byl podán až Agostonem v roce 1987. Pro běžné užití v praxi byl tento systém popsán a vydán pod značkou ASTM protokol E1360. [1]



Obr.13 OSA-UCS barevný prostor [6]

Identifikační systém založenýma třech písmenech byl vymyšlen k označení každé barvy. Písmeno j (ve francouzštině jaune „žlutá“) zhruba označuje žluto-modrou, písmeno g (přibližně zeleno-červenou a písmeno L světlost. Pro atlas vzorků je j ohraničeno od -6 (modrá) do +12 (žlutá), g od -10 (červená) do +6 (zelená), L od -7 (tmavě černý) do +5 světle bílá. [1]

Jednoduché matematické vztahy spojují barvy z každého rozděleného listu (Obr.13). Při pozorování systematických barevných stupnic si komise povšimla malého počtu blízkých bezbarvých vzorků a proto se rozhodla přidat sérii vzorků na střed kde $L=0$ (pastelová sada). 134 vzorků této sady je ohraničeno od $L=-1,5$ do $L=1,5$.



Obr. 14 Pohyb v jednotném systému OSA-UCS

2.2.3 Revize OSA-UCS

V roce 1990 MacAdam vydal revizi OSA-UCS založenou na 2000 posudcích dvou mladých pozorovatelů s bez defektním vnímání. Hlavní výhodou této revize je, že jsou poprvé vzorky všech dvanácti jasových listů ohodnoceny stejnými pozorovateli. V důsledku výpočtů navrhl předdefinování hodnot R a B tak jako hodnot j a g .

$$R = 0,928X + 0,3251Y - 0,1915Z \quad (1)$$

$$B = -0,2032X + 0,60Y + 0,5523Z \quad (2)$$

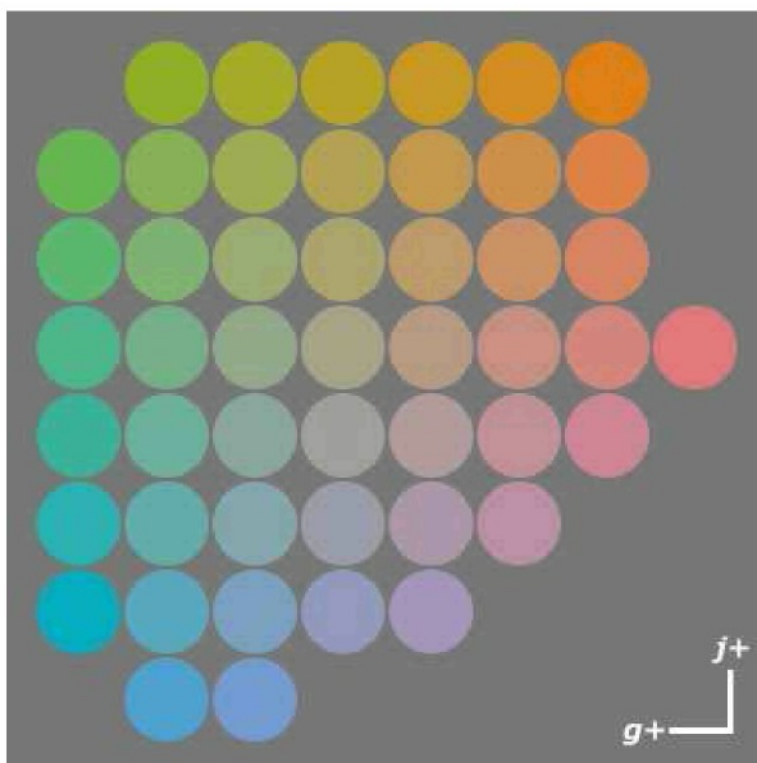
$$g = C(12,7R^{1/3} + 19G^{1/3} - 6,3B^{1/3}) \quad (3)$$

$$j = C(-1,3R^{1/3} + 17G^{1/3} - 15,7B^{1/3}) \quad (4)$$

MacAdam také spočítal přehodnocené cílové barvy pro pravidelný šestistěnný systém založený na přepočítaných souřadnicích. Ovšem v roce 1995 MacAdam ve svém dopise napsal: „Abych nezapomněl našel jsem nějaké chyby v listu JOSA (1990) a zcela to odvolávám.“ Proto rozsáhlé schválení OSA-UCS chybí doteď.[12]

2.2.4 OSA-UCS prezentace a vnímání prostoru

Základním tvarem OSA-UCS psychologického prostoru je pravidelný šestistěn. Barevný list je definován pravidelnou čtvercovou mřížkou. Zatímco **jas** je jednoznačný prvek **odstín** a **čistota** není (Obr.14). Barva je definována výlučně podle dvou hlavních os a úhlopříček. Všechny další kroky v barevném listu jsou proměnné položky odstínu a rozdílu čistoty. Na rozdíl od Munsellova atlasu je OSA-UCS definován proti specifickému okolí $Y=30$ a konstantnímu osvětlení barevných vzorků. Neobsahuje konstantu světelné odrazivosti, protože ta byla později přizpůsobena Helmholtz-Kohlrauschově efektu. [1]



Obr. 15 OSA-UCS konstantní jasová plocha

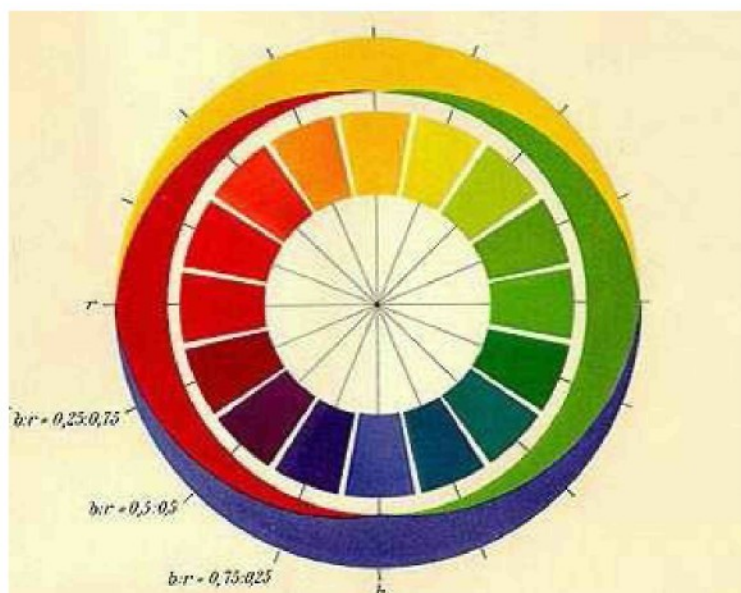
2.3 Švédský NCS (Natural Color Systém)

2.3.1 Vývoj systému

Označení NCS byl užit Heringem v roce 1905 kdy citoval: „ Pro systematické uskupení barev je jediná věc na které záleží a to barva sama o sobě. Ani kvalitativní (četnost frekvence) ani kvantitativní (rozkmit amplitudy) fyzikálních vlastností záření není významná.“ Proto Hering vymyslel systém jen na základě vnímavosti. Předpokládal dva bezbarvé vjemy Bílý W a černý B a jejich koeficient W/B reprezentující jejich rozměry. [1]

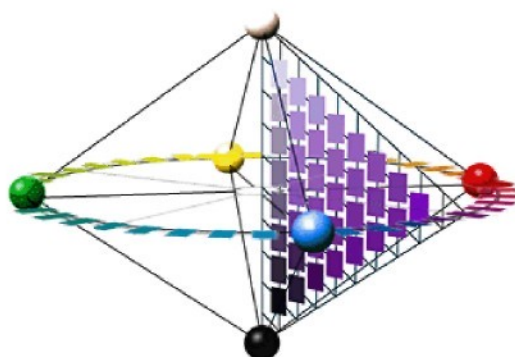
Tomu vyhovuje výraz
$$H = \frac{W}{(W + B)} \quad (5)$$

Hering pak popisuje vývoj stejně rozložených odstínů šedi založených na stupni podobnosti dané stupněm od bílé k černé. Většina chromatických objektů se podle Herinka jeví zastřené v důsledku zastřenosti bílé, šedé nebo černé. „...chromatické barvy, které zřejmě neukážou takové zastření, budu nazývat odhalené chromatické barvy...“ Odhalené a zastřené chromatické barvy mohou být uspořádány v souvislosti s odstínem v barevném kruhu (Obr.15). [1]



Obr. 16 Uspořádání Heringova odstínového kruhu [6]

Hering definoval čtyři jedinečné barvy (Urfaben) a umístil je takovým způsobem do odstínového kruhu, že byly rozděleny do čtyřech kvadrantů. Barvy v kvadrantech mohou být definovány relativním množstvím dvou přiléhajících jedinečných barev. Hering umístil odhalené barvy (nebo-li „plné“ Vollfarbe) černou a bílou do rohů rovnostranného trojúhelníka ve kterém všechny zastřené barvy odstínu a odhalené barvy mohou být systematicky uspořádány (Obr.16). Hering věřil, že jasnost chromatických barev by nemohla být přesně určena, může však být řečeno, která ze dvou barev je méně zastřená. Jakýkoliv objekt lze popsat podle jeho chromatických a achromatických složek. V tomto systému není jednoduché říci pro chromatické barvy, že jejich jas nebo temnota je stanovena pouze podle jejich černo-bílých součástí, ale také podle jejich chromatických částí. Hering připsal skutečný jas (Intrinsic brightness) žluté a červené a skutečnou temnotu (Intrinsic darkness) modré a zelené. Herinkův rovnostranný konstantní trojúhelník nicméně nevyjadřuje vše o světlosti nebo temnotě jeho barev, ale pouze o stupni zahalení jeho odhalených barev s bílou nebo černou. [1]

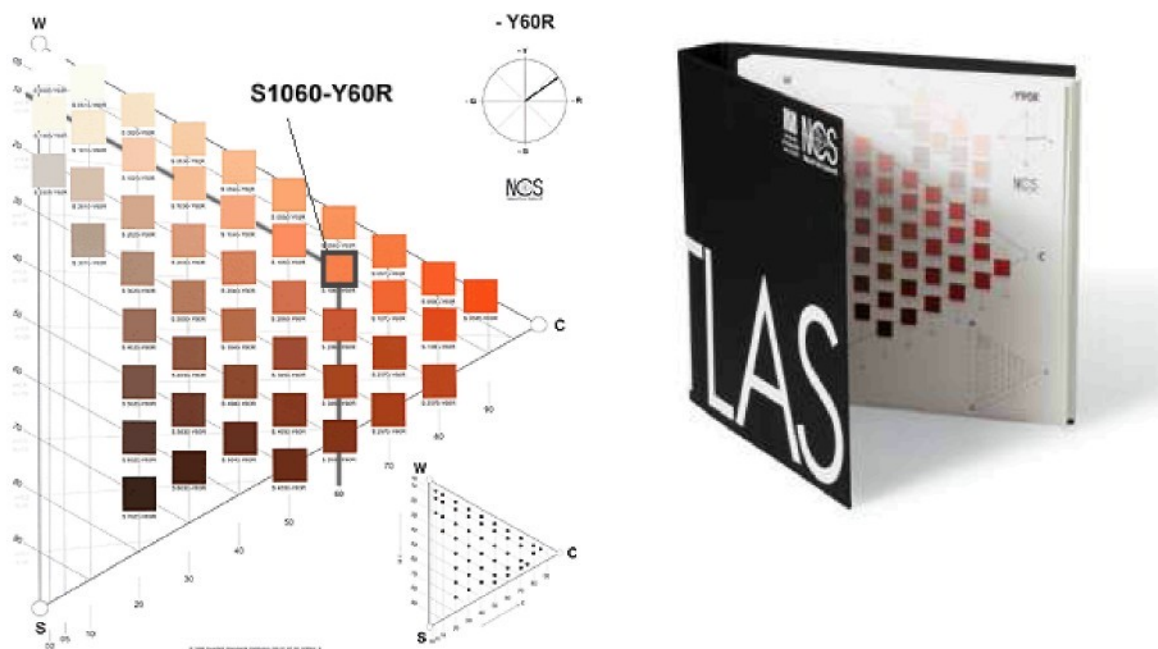


Obr. 17 Těleso NCS [6]

2.3.2 NCS Atlas

Johannson a Hesselgren zkoušeli najít kompromis mezi Heringovým dvojkuželem a barevným tělesem založeným na stupnici jasu v 3D. Johanson přijal odstín, čistotu a jas jako tři jedinečné vlastnosti charakterizující barevné vnímání. Navrhl, aby se k nim přidala průzračnost nebo lesk a efektivita nebo svěžest. Hesselgrenův barevný atlas z roku 1952 byl založen na myšlence subjektivní barevné standardizace. Pravidelnost rozestupů v tomto atlase nebyla považována za úplně úspěšnou a v roce 1964 začal nově vytvořený Swedisch Color Center Foundation pracovat na opravě Hesselgrenově atlasu pomocí nových psychofyzických experimentů. V roce 1966 Tonngquist informoval o stanovení základního barevného tónu a o srovnání mezi odstínovými kruhy založenými na jedinečných barvách a odstínovými kruhy založenými na stejném vnímání odstínových rozdílů. Nakonec bylo rozhodnuto vrátit se zpět k původním Heringovým myšlenkám a byl vyvinut podle toho systém [13]. Systém se skládá z dvojkužele tvořeného v atlase 40 rovnostrannými konstantními odstínovými trojúhelníky. Odstíny šedi tvoří střední osu (základnu) spojující dva vrcholy (Obr.17).

Vydání atlasu z roku 1999 obsahuje 1750 barevných vzorků o rozměrech 13×15 mm uspořádaných do 40 listů. Atlas je k dispozici v matné a lesklé verzi. [5]



Obr. 18 List z NCS atlasu z roku 1999 [7]

2.4 Porovnání a slabosti barevných atlasů

Výše popisované atlasy mají své chyby. Všechny tři atlasy byly připraveny pomocí kolorimetrických nástrojů.

Výhodou Munsellova atlasu je jednoduché použití a jednoduché číselné označování barev v atlasu. Po úpravách v roce 1943 lze tento systém považovat za vizuálně stejnoměrně odstupňovaný.[5]

Nevýhoda Munsellova atlasu spočívá v tom, že je sestaven jako vzhledový systém a zanedbává fyziologii a podmínky vnímání barev. Munsell vyšel z psychofyzikálního měření pomocí vlastního fotometru a Maxwellova disku. Tyto podmínky a chápání základních atributů mají vliv na výstavbu celého systému. Výsledkem je vzhledová závislost především čistoty barevného odstínu na intenzitě osvětlení. Proto musíme dbát na dodržování podmínek pozorování.[5]

V případě OSA-UCS atlasu byla rovnice vytvořena k sadě vizuálních dat a rovnice byla použita k barevným vzorkům v prostoru na základě prostorového čtrnáctistěnu. Z toho vyplývá, že hodnoty L, j, g byly převedeny zpět do trichromatických hodnot, které jsou následně cílovými body pro generování barevných vzorků v atlasu. Obdobně jako byl definován OSA-UCS atlas, byl i definován atlas NCS. U něj je také jako u Munsellova atlasu nutné dbát na pozorovací podmínky.

Pro novější vydání atlasu bylo cílem vybrat nejen pevné barevné pigmenty, ale i míchané, kdy je atlas viděn v různých fázích denního světla, nebo zdrojem umělého světla.

Ale žádný z těchto systémů nevytvořil v tomto ohledu nejobecnější požadavky. Dostupný výběr vhodných pigmentů není tak významnou ukázkou barevných stálostí pod různými světelnými zdroji. Atlasy byly formovány pro definovaná CIE světla C nebo D65. [1]

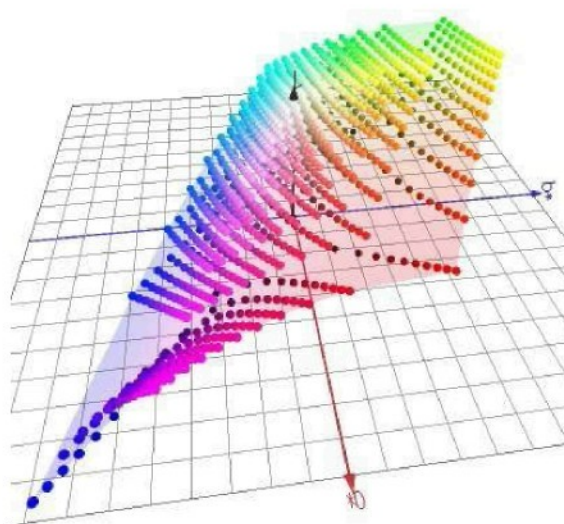
Bez ohledu na tyto koncepční chyby jsou zde také materiální chyby. Zvláštní význam má odolnost pigmentů, nebo pigmenty s různými typy degradace. Sice jsou pigmenty, vazby a další materiály vybrané tak, aby moderní atlasy vydržely dlouho, přesto ale záleží na druhu a délce užívání atlasu. [1]

3. Použití výpočtových rovnic pro barevné difference

V průmyslu se vždy posuzovaly barevné difference na daném barevném vzorku. Do padesátých let se převážně toto hodnocení provádělo subjektivně zkušenými odborníky koloristy [17]. S nově přichozí měřicí technikou se i barevné difference začaly vyjadřovat objektivně. U systému CIE XYZ se brzy zjistilo, že není optimální, protože neumožňuje jednoduchou definici veličiny popisující barevnou diferencii, kterou může pozorovatel vnímat mezi dvěma odstíny.[3] Proto se začaly používat rovnice k výpočtu barevných diferencí co možná nejlépe navržené vycházející z trichromatických složek XYZ.

3.1 CIELAB

Pro názorné a matematicky snadné určování barev byl v roce 1976 přijat komisí CIE nový barevný prostor CIE1976, nebo spíše známý pod názvem CIELAB ($L^*a^*b^*$) [10] (Obr. 19). A k němu rovnice pro výpočet barevných diferencí.[3] Ideální základ jako u Munsellova prostoru je koule.



Obr. 19 Zobrazení dosažitelných barevných odstínů v prostoru CIELAB

CIELAB je vyjádřen vztahy [3]:

$$\begin{aligned} L^* &= 116Y^* - 16 \\ a^* &= 500[X^* - Y^*] \\ b^* &= 200[Y^* - Z^*] \end{aligned} \quad (6)$$

kde:

$$\begin{aligned} X^* &= \left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} & \text{pro } \frac{X}{X_0} > 0,008856 \\ X^* &= 7,787 \left(\frac{X}{X_0} \right) + 0,138 & \text{pro } \frac{X}{X_0} \leq 0,008856 \\ Y^* &= \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} & \text{pro } \frac{Y}{Y_0} > 0,008856 \\ Y^* &= 7,787 \left(\frac{Y}{Y_0} \right) + 0,138 & \text{pro } \frac{Y}{Y_0} \leq 0,008856 \\ Z^* &= \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} & \text{pro } \frac{Z}{Z_0} > 0,008856 \\ Z^* &= 7,778 \left(\frac{Z}{Z_0} \right) + 0,138 & \text{pro } \frac{Z}{Z_0} \leq 0,008856 \end{aligned}$$

Celková barevná difference se v prostoru CIELAB, který je pravouhlou soustavou, vypočítá vztahem [3]:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (7)$$

$$\Delta L^* = L_{2(vzorku)}^* - L_{1(predlohy)}^* \quad (8)$$

kde:

$$\Delta a^* = a_{2(vzorku)}^* - a_{1(predlohy)}^* \quad (9)$$

$$\Delta b^* = b_{2(vzorku)}^* - b_{1(predlohy)}^* \quad (10)$$

3.3 CIE 2000

V roce 2000 byla přijata CIE norma pro výpočet barevných diferencí a to na základě diskusí o natočení tolerančního elipsoidu na predikční schopnosti [8,9]. Odchylka se provádí ve čtyřech krocích, kdy první krok je stejný jako výpočet v CIELAB [3].

1. krok: Výpočet L^*, a^*, b^* jako pro prostor CIELAB

$$L' = L^* \quad (11)$$

2. krok: Výpočet C', a' a h' $a' = (1+G)a^*$ (12)

$$b' = b^* \quad (13)$$

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

$$C'_{ab} = \sqrt{a'^2 + b'^2} \quad (14)$$

$$h'_{ab} = \tan^{-1}(b' / a') \quad (15)$$

Kde $\overline{C_{ab}^*}$ je aritmetický průměr čistoty C_{ab}^* standardu a vzorku.

$$\Delta L' = L'_b - L'_s \quad (16)$$

$$\Delta C'_{ab} = C'_{ab,b} - C'_{ab,s} \quad (17)$$

3. krok: Výpočet $\Delta L', \Delta C'_{ab}, \Delta H'$ $\Delta H'_{ab} = 2\sqrt{C'_{ab,b} \cdot C'_{ab,s}} \sin\left(\frac{\Delta h'_{ab}}{2}\right)$ (18)

$$\Delta h'_{ab} = h'_{ab,b} - h'_{ab,s}$$

4. krok: Výpočet $CIEDE_{2000} = \Delta E_{CIE2000}$

$$\Delta E_{CIE2000} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C \cdot S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H \cdot S_H}\right)} \quad (19)$$

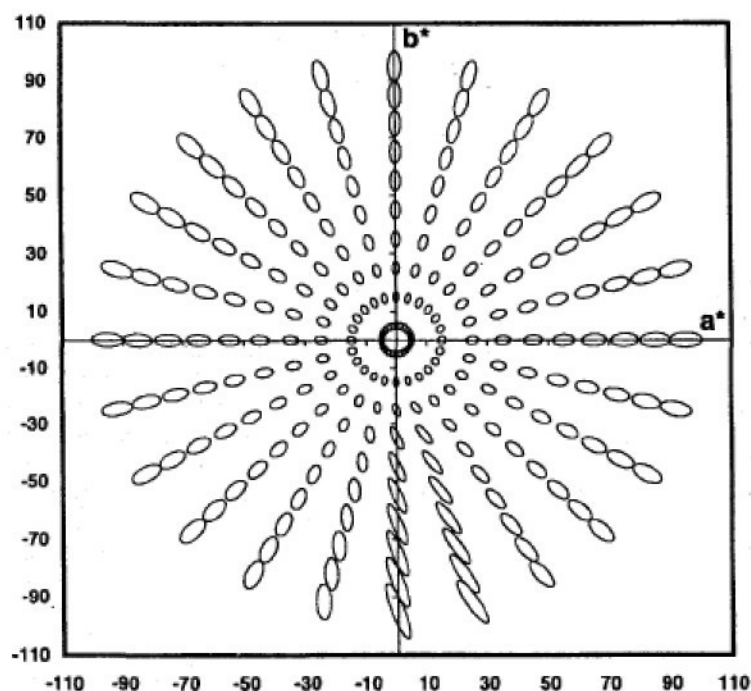
kde:

$$S_L = 1 + \frac{0,15(\overline{L'} - 50)^2}{\sqrt{20 + (\overline{L'} - 50)^2}} \quad S_C = 1 + 0,045\overline{C'_{ab}} \quad S_H = 1 + 0,015\overline{C'_{ab}}T$$

$$T = 1 - 0,17 \cos(\overline{h'_{ab}} - 30^\circ) + 0,24 \cos(2\overline{h'_{ab}}) + 0,32 \cos(3\overline{h'_{ab}} + 6^\circ) - 0,20 \cos(4\overline{h'_{ab}} - 63^\circ)$$

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta)R_C \quad \Delta\theta = 30 \exp\left\{-\left[\left(\overline{h'_{ab}} - 275^\circ\right)/25\right]^2\right\}$$

$$R_C = 2\sqrt{\frac{\overline{C_{ab}^{*7}}}{\overline{C_{ab}^{*7}} + 25^7}}$$



Obr. 20 Zobrazení tolerančních elips CIE2000 v soustavě CIELAB [1]

3.4 DIN 99

Rovnice DIN990 je německým pokusem o korekci nestejnoměrného vizuálního odstupňování.[15,3]

$$\text{Osa červená-zelená: } e = a^* \cdot \cos(16^\circ) + b^* \cdot \sin(16^\circ) \quad (20)$$

$$\text{Osa žlutá-modrá: } f = 0,7 \cdot (a^* \cdot \sin(16^\circ) + b^* \cdot \cos(16^\circ)) \quad (21)$$

$$\text{Měrná čistota: } G = \sqrt{e^2 + f^2} \quad (22)$$

$$\text{Měrný odstín: } h_{ef} = \arctan\left(\frac{f}{e}\right) \quad (23)$$

Následně se z těchto souřadnic vypočítají souřadnice barevného prostoru DIN990

$$L_{99} = 105,51 \cdot \frac{\ln(1 + 0,0158 \cdot L^*)}{k_e} \quad (24)$$

$$a_{99} = C_{99} \cdot \cos(h_{99}) \quad (25)$$

$$b_{99} = C_{99} \cdot \sin(h_{99}) \quad (26)$$

$$C_{99} = \frac{\ln(1 + 0,045 \cdot G)}{0,045 \cdot k_{CH} \cdot k_e} \quad (27)$$

$$h_{99} = h_{ef} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (28)$$

k_{CH} a k_e jsou adjustační parametry v obvyklém poměru $(k_{CH} : k_e) = (2 : 0,5)$
Totální barevná diference je dána rovnicí [3]:

$$\Delta E_{DIN99} = \sqrt{(\Delta L_{99})^2 + (\Delta a_{99})^2 + (\Delta b_{99})^2} \quad (29)$$

4. Experimentální část

Studie velkých barevných rozdílů, kterým se tato práce věnuje, nám má odhalit nedostatky mezi jednotlivými rovnicemi používanými při výpočtech barevných rozdílů. Byly vybrány tři rovnice CIELAB, CIE2000 a DIN99. Tyto rovnice se budou aplikovat v porovnání mezi objektivním (pomocí přístroje) a subjektivním měřením (pozorováním ve světelné skříni). Jak bude níže popsáno, byly nastaveny dva experimentální pokusy při odlišných podmínkách subjektivního hodnocení. Hlavní zpracování dat se bude týkat experimentu s podmínkami a označením VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ 2 (Vis2). Díky nastavení experimentu bylo provedeno a vyhodnoceno 4800 subjektivních posouzení barevných rozdílů. Ty byly porovnány s výsledky vybraných rovnic barevných rozdílů z naměřených hodnot barevných rozdílů pomocí Spektrokolorimetru Datacolor 10005.

4.1 Farnsworth-Munsell 100 Hue test

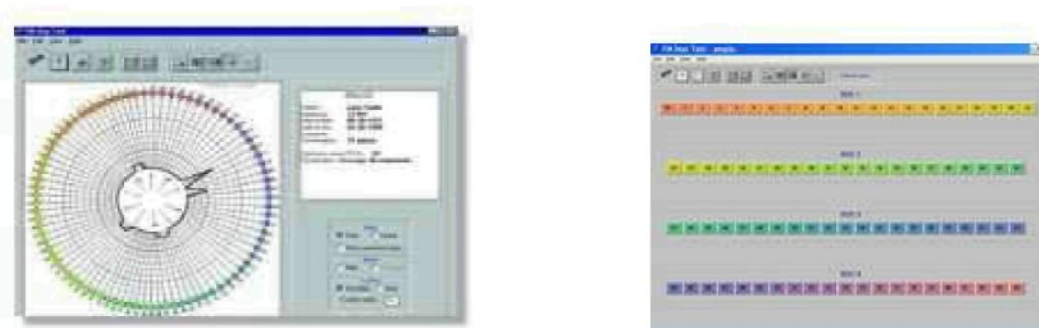
Tento test nám slouží k vyhodnocení barevného vidění jednotlivých respondentů. Rozřadí je do skupin barevného vnímání a popřípadě určí jejich defektní vidění [4].

Farnsworth-Munsell 100 Hue je nejjednodušší a nejpoužívanější test už více než 40 let. Sestává se ze čtyř odstínových řad, které pokrývají barvy viditelného spektra. V jednotlivých řadách jsou odstínované barevné čepičky, které respondent zařazuje mezi napravo ukotvené 2 barvy. [4] (Obr. 22)



Obr. 21 Farnsworth-Munsell 100 Hue

Pro vyhodnocení testu slouží speciální software dodávaný spolu s testem. Výsledky mohou být zobrazeny v polárním nebo lineárním formátu (Obr. 23). Pro naše vyhodnocení jsme používali formát polární.



Obr. 22 Vyhodnocení testu ve formě polární a jednotlivé barevné řady

Farnsworth-Munsell 100 Hue test nám rozřadil respondenty do dvou skupin a to Superior (SUP) a Average (AVG) (Tab. 1). Polární grafy vyhodnocující jednotlivé pozorovatele jsou uvedeny v příloze.

Tab. 1 Rozřazení respondentů do skupin dle barevného vnímání

Vizuální hodnocení 1			
<i>Skupina</i>	<i>Počet osob</i>	<i>Skupina</i>	<i>Počet osob</i>
Superior	2	Average	13
Vizuální hodnocení 2			
Superior	3	Average	7

4.2 Měření barevných rozdílů

Vizuální hodnocení barevných rozdílů probíhalo ve dvou fázích ve světelné skřini SPECTRALIGHT III označených Vizuální hodnocení 1 a 2.

4.2.1 Vizuální hodnocení 1

Nejprve jsme dvakrát měřili vizuální hodnoty respondentů na barevných předlohách dodaných z BAM (Berlín) pod označením MG25, MG26 a MG27 (Obr. 24). Měření se účastnilo patnáct respondentů. Mezi dvěma měřeními musel mít respondent nejméně den volna z důvodů únavy očí a aby pozorovatel sám sebe neovlivňoval.

Barevné vzorníky jsou uspořádány do barevných kombinací. Na všech kartách se nacházejí základní barvy a jejich charakteristické označení černá N, bílá W, modrá C, fialová V, růžová M, oranžová O, žlutá Y, zelená L. Toto jsou základní barvy které jsou různě poskládány k sobě a mezi nimi i barevné kombinace.

Vzorky z karty MG25 jsou kombinací bílé nebo černé se 6 základními barvami. Plus doplňkové vzorky šedé. Na této kartě jsou barevné vzorky po třech (Obr. 24). Levá krajní má hodnotu 0 a pravá krajní hodnotu 1. Mezi nimi leží jejich kombinace kterou subjektivně hodnotil pozorovatel.

Na kartě MG26 jsou barevné vzorky uspořádány opět jako kombinace bílé nebo černé se stejnými šesti základními barvami, ale v počtu pěti vzorků vedle sebe ležících a postupně

odstínovaných (Obr.24). Opět platilo, že levý kraj je hodnota 0 a pravý kraj je hodnota 1. Zbylé tři vzorky hodnotil pozorovatel.

Na kartě MG27 se vyskytují opět vzorky po třech vedle sebe ale i tři barevné řady po pěti. Nejprve jsou kombinovány jednotlivé barvy, které leží mezi bílou a černou. Potom jsou jednotlivé barvy kombinovány spolu. Zvláštnost tvoří tři řady barevných vzorků po pěti, kde byly barvy kombinovány takto: levý kraj jedna ze základních barev, pak kombinace s prostřední (opět základní odstín) následuje kombinace barev s pravým krajem (opět barvy ze základní šestice) (Obr. 24).



Obr. 23 Barevné předlohy pro subjektivní hodnocení BAM

Pro lepší orientaci a k zaznamenání výsledků nám sloužily zapisovací karty v úpravě jako barevné předlohy. (Obr. 25)



Obr. 24 Zapisovací karty k barevným předlohám z BAM

U vizuální hodnocení 1 bylo díky nastavení experimentu rozhodnuto jen o jeho orientační hodnotě, proto nadále nebude náležitě vyhodnocen, tak jako hlavní experiment této práce.

4.2.2 Vizuální hodnocení 2

Po ukončení vizuálního hodnocení 1 byly, po domluvě s Katedrou Optiky v Granadě Španělsko Prof. Melgosa, karty rozstříhány a sestaveny trochu odlišným způsobem. Vytvořily se početně vždy jen řady tří barevných vzorků vedle sebe. Bylo vytvořeno osm barevných sérií vždy po šesti barevných vzorcích (Obr. 26). Výjimka byla ve druhé sérii, kdy byl přidán vzorek šedé barvy. Vizuálního hodnocení 2 se zúčastnilo deset respondentů po pěti opakování. Opět se dělala pauza 24 hodin mezi jednotlivými pozorováními.

Pro toto hodnocení barevných rozdílů bylo použito i otočení vzorků, jelikož na původních kartách byli barevné vzorky uspořádány jen v určité poloze. V původním uspořádání nebyl brán ohled i na možnost ovlivnění našeho posouzení, když např. světlá barva leží vlevo a tmavá vpravo. Proto byl na jednotlivých barevných vzornících ustříhnut levý horní roh. Nejprve respondenti hodnotili jednotlivé série s ustříhnutým rohem vlevo nahoře (normální pozorování). Potom se opakovalo hodnocení jednotlivých sérií s ustříhnutým rohem vpravo dole (obrácené pozorování). Tím jsme dosáhli otočení barevné kombinace kdy se nám vyskytla např. tmavá barva vlevo a světlá barva vpravo.



Obr. 25 Uspořádání barevných sérií

Pro zapsání výsledků nám opět sloužily zapisovací karty. Ty byly vyhotoveny pro ustříhnutý roh vlevo nahoře a vpravo dole. (Obr. 27)

Serie 1	Serie 2		Serie 3		Serie 4		Serie 5		Serie 6		Serie 7		Serie 8										
W	Cw	C	N	Ca	C	N	C	W	C	V	M	W	Wc	CW	C	Cw	CW	CN	Ca	C	N	Ne	CN
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
W	Vw	V	N	Va	V	N	V	W	Y	O	M	W	Wv	VW	V	Vw	VW	VN	Vh	V	N	Ne	Va
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
W	Nw	M	N	Mh	M	N	M	W	Y	L	C	W	Wn	NW	M	Mw	MW	MN	Ma	M	N	Nm	MN
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
W	Ow	O	N	Os	O	N	O	W	L	C	V	W	Wa	OW	O	Ow	OW	ON	Oc	O	N	No	ON
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
W	Yw	Y	N	Ya	Y	N	Y	W	O	Y	L	W	Wy	YW	Y	Yw	YW	YN	Yh	Y	N	Ny	YN
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
W	Lw	L	N	La	L	N	L	W	O	M	V	W	Wt	LW	L	Lw	LW	LN	La	L	N	Nt	LN
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
		N		W																			
		0	0	1																			

Roh vlevo nahoře

Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8				
C Cw W C Ca N W C N M V C CW We W CW Cw C C Ca CN CN Ne N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	V Vw W V Va N W V N M O Y VW Wv W Vw Vw V V Va VN VN Ne N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	M Mw W M Ma N W M N C L Y MW Ws W MW Mw M M Ma MN MN Na N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	O Ow W O Os N W O N V C L OW Wo W OW Ow O O Os ON ON No N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	Y Yw W Y Ya N W Y N L Y O YW Wy W Yw Yw Y Y Ya YN YN Ny N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	L Lw W L La N W L N V M O LW Wt W LW Lw L L La LN LN Nt N	0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1
	W	N									
	0 0 1										

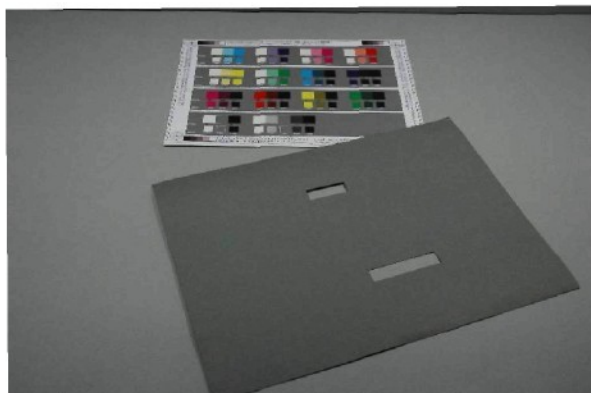
Roh vpravo dole

Obr. 26 Zapisovací karty pro Vizualní hodnocení 2

4.3 Stanovení barevných rozdílů pozorovatelem ve světelné skříni

Jednotliví pozorovatelé hodnotili jak v případě Vizualního hodnocení 1 tak i 2 barevné vzorky od 0 do 1. Testování probíhalo ve světelné skříni SPECTRALIGHT III za definovaného osvětlení D65 bez přidání UV složky, v místnosti LCAM na KTM, která byla tmavá. Tudíž nedocházelo k tak velkému světelnému rušení. Jediné světlo v místnosti bylo jen světlo za skříně.

V případě Vizualního hodnocení 1 jsme byli nuceni používat tzv. šedivá stínítka, aby nám barevné vzorky ležící na vzorkové kartě neovlivňovaly jednotlivá posouzení (Obr. 28). Při tomto hodnocení se nejprve sledovala barevná řada, kde jednotlivé barevné vzorky leží hned vedle sebe. Potom se hodnotila stejná barevná řada, kde jednotlivé barevné vzorky neleží vedle sebe, ale jsou osamostatněny a mezi nimi leží šedé pozadí (Obr. 29).



Obr.27 Barevná karta a stínítka

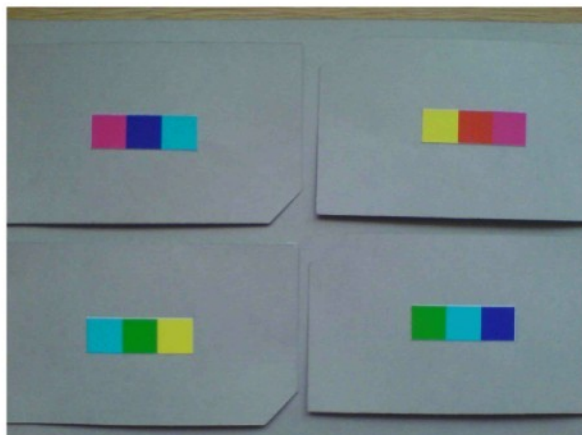


Obr.28 Pohled na vzorky během hodnocení

Vizuální hodnocení 2 bylo odlišné od prvního tím, že nastříhané barevné řady byly jednotlivě přilepeny na samostatné jasně rozměrově definované podložky z šedého kartonu (obr.30). Pro orientaci barevných vzorků nám sloužil oříznutý roh (Obr.31) Tímto oddělením jednotlivých barevných řad jsme nemuseli používat stínítka a v tomto případě nám ostatní barevné řady neovlivňovaly hodnocení.



Obr. 29 Jednotlivé barevné karty



Obr. 30 Oříznuté rohy sloužící k orientaci vzorku

4.4 Objektivní měření barevných vzorků pomocí spektrofotometru Datacolor 600

Objektivní měření barevných vzorků bylo provedeno pomocí spektrofotometru Datacolor 600. Díky tomuto měření mohlo být porovnáno objektivní měření se subjektivním. Pomocí tohoto měření jsme získali barevné souřadnice v prostoru CIELAB L^* , a^* a b^* . Na tomto přístroji byla difúzní geometrie nastavena na SCI D65/2.

4.5 Vyhodnocení výsledků

Vizuální hodnocení 2 jak již bylo výše uvedeno bylo rozděleno do osmi sérií po šesti barevných trojicích a v sérii dva po sedmi barevných trojicích. S daným počtem pozorovatelů (deset), a pěti opakování i obrácenému hodnocení nám výsledný počet jednotlivých hodnocení barevných trojic vyšplhá na 4900. Tyto hodnoty byly zapsány do tabulky a z jednotlivých pozorování u jednotlivců se udělal robustní průměr, u kterého se odstraňují okrajová data, která by mohla vybočovat. Z těchto osobních průměrů se dále sestavil opět robustní průměr pro všechny pozorovatele All a pro jednotlivé skupiny pozorovatelů spadajících do Superior SUP a Average AVG. Tato data tvoří základ porovnávání s vybranými rovnicemi barevných rozdílů.

Hodnoty souřadnic L^* , a^* a b^* naměřené pomocí spektrofotometru nám sloužily k výpočtům barevných rozdílů pomocí rovnic CIELAB, CIE2000 a DIN99 (vzorce 6-29). Jelikož se hodnotily trojice barevných vzorků, kdy krajní vzorky sloužily jako referenční a mezi nimi hodnocený vzorek, musel se tomu přizpůsobit i výpočet barevných diferencí. Nejprve se vypočítala barevná difference mezi levým referenčním vzorkem a prostředním hodnoceným vzorkem (ve výpočtech označen dE_1). Potom následoval výpočet mezi pravým referenčním vzorkem a prostředním hodnoceným vzorkem (ve výpočtech označen dE_2). U výpočtů barevných rozdílů CIELAB byl ještě použit výpočet totálního barevného rozdílu mezi krajními referenčními vzorky (ve výpočtech označen dE_3). Aby bylo zajištěno umístění vzorku v prostoru, byl použit poměrový vzorec pro vypočítané barevné difference.

$$dE_{RELnew} = \frac{dE_1}{(dE_1 + dE_2)} \quad (30)$$

Tento poměrový vzorec pro umístění barevného vzorku byl použit na místo klasického

poměru.
$$dE_{REL} = \frac{dE_1}{dE_3} \quad (31)$$

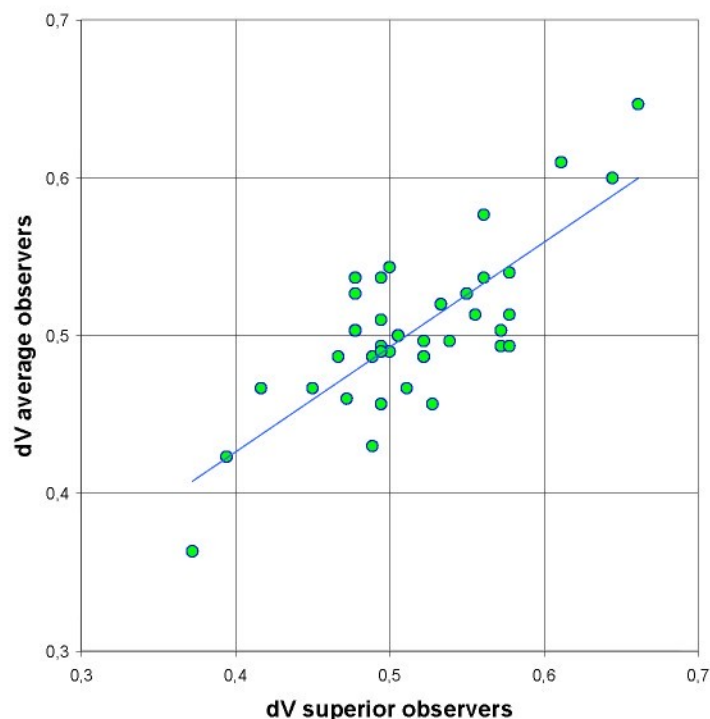
Výpočet dE_{RELnew} (30) byl použit z důvodu nekonzistentnosti barevného prostoru a výpočtů v něm. U malých barevných diferencí se tato chyba skoro neprojeví, kdežto u výpočtů tak velkých barevných diferencí, který se vyskytl v našem experimentu, se může tato chyba projevit velkým rozdílem.

Těmito vypočítanými hodnotami bylo dosaženo výsledků barevných diferencí, které se můžou porovnávat s výsledky z vizuálního hodnocení. Porovnávání těchto výsledků se provedlo pomocí vzájemných korelací zobrazených pomocí grafu nebo pomocí výpočtu.

4.5.1 Vzájemné korelace a grafy Vis 2

Jelikož byla skupina pozorovatelů rozdělena na Superior a Average, bylo nutné zjistit vzájemnou míru závislosti mezi těmito dvěma skupinami na normálním i obráceném pozorování dohromady.

Graf. 1 Korelace skupiny Superior a Average 0,802642



Z tohoto grafu je patrné že obě skupiny provedly měření s téměř stejným vyhodnocením a vzájemná míra závislosti je vysoká. Pokud tuto korelaci ještě rozdělíme na normální pozorování a obrácené (Tab.2) můžeme zde vidět, že jednotlivé skupiny se více lišily v pozorování u normálního pozorování. Při obráceném pozorování se jednotlivé skupiny více shodly v hodnocení.

Tab. 2 Korelace mezi skupinami SUP a AVG při normálním, obráceném pozorování a bez série 4

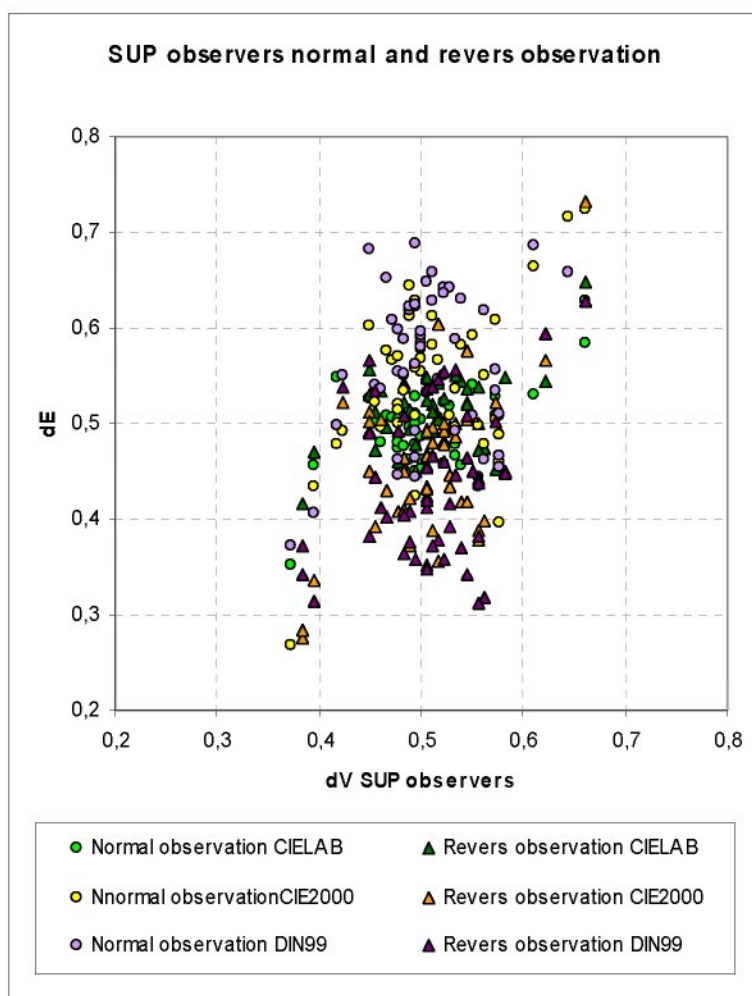
Corelation	Normal	Revers	But for 4 set
SUP a AVG	0,760	0,852	0,742

Pro porovnání vizuálního hodnocení skupiny SUP s výpočty vybraných rovnic je sestavena tabulka (Tab.3) vzájemných korelací.

Tab. 3 Hodnoty korelací skupina SUP a vybrané rovnice při normálním, obráceném hodnocení a hodnocení bez série 4 (Graf 2)

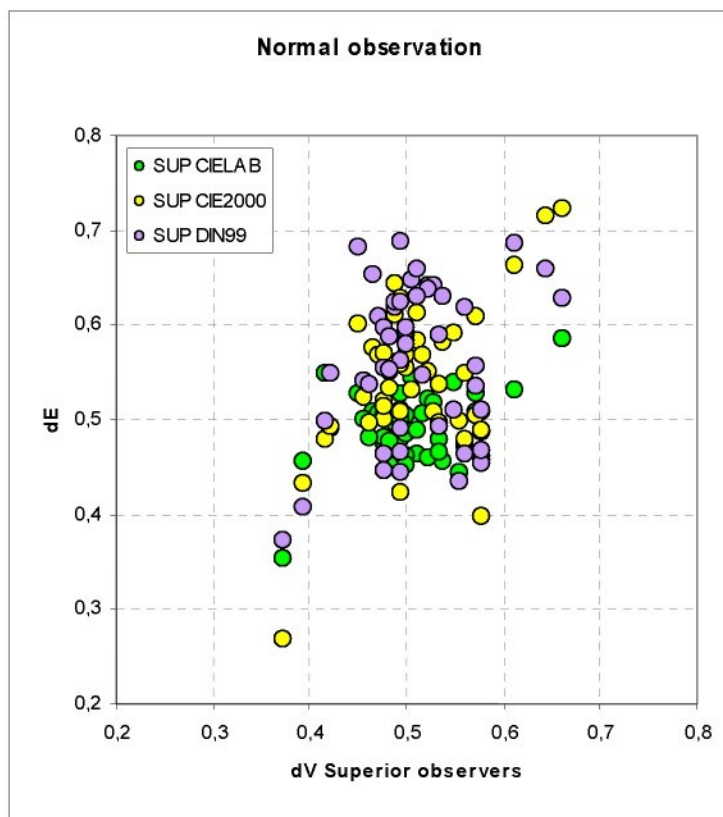
SUP	CIELAB	CIE2000	DIN99
Normal obs.	0,473763	0,462497	0,250158
Revers obs.	0,527041	0,524152	0,273856
But for 4 set	0,385798	0,345261	0,145807

Graf 2 Celkové porovnání normálního a obráceného hodnocení s vybranými rovnicemi

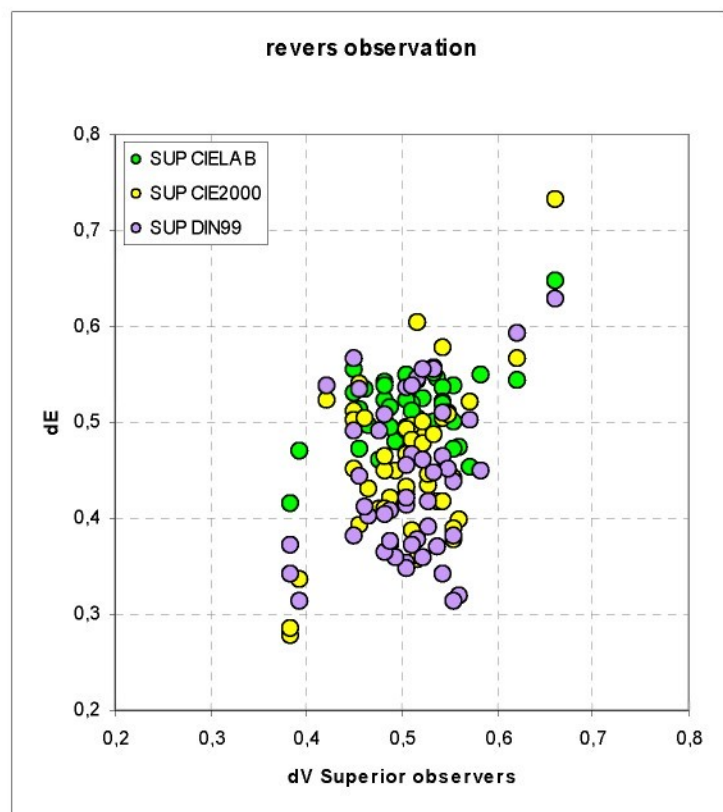


Z výsledků je patrné, že lepší vzájemnou závislost dat mají výsledky rovnic CIELAB před ostatními rovnicemi. Zajímavé je, že v obráceném pozorování (Graf. 4) došlo k lepší shodě dat mezi objektivním a subjektivním měření než u normálního pozorování (Graf. 3). Po vyloučení série 4 (Graf.5) nám vzájemná korelace klesla mnohem více. Tento pokles mohl nastat z důvodů, že série 4 se špatně vyhodnocovala a jednotliví pozorovatelé spíše než na vizuální podnět dali na logické vysvětlení. Série 4 byla odstraněna z normálního pozorování a její výsledek nám spíše říká, že objektivní a subjektivní hodnocení se těžko srovnává. Hodnoty korelací ukazují na slabé až velmi slabé závislosti dat.

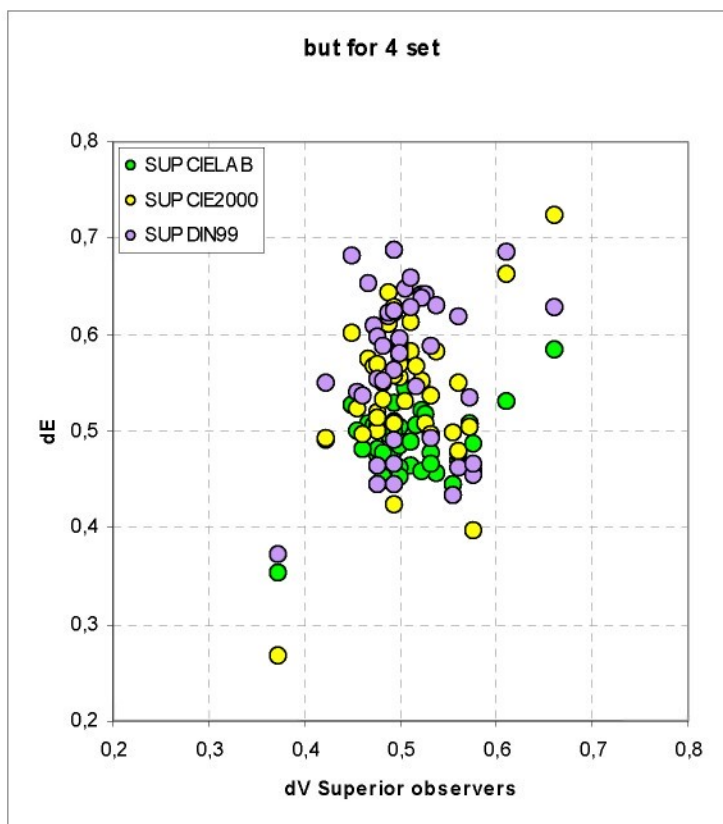
Graf 3 Korelace skupiny SUP s objektivním měřením pro **Normální** pozorování



Graf 4 Korelace skupiny SUP s objektivním měřením pro **Obrácené** pozorování



Graf 5 Korelace skupiny SUP s objektivním měřením *bez 4 série pozorování*



Dále byly v takovémto porovnávání vyhotoveny grafy i pro skupiny All, a Average (AVG). Ty byly také rozděleny na **Normální** pozorování, **Obrácené** a **bez série 4**. O osvobození dat od čtvrté série bylo rozhodnuto z důvodu vizuálně velmi těžko určitelné barevné difference. Ve čtvrté sérii se nacházejí trojice vzorků sytých odstínů (např. Modrá C, fialová V, růžová M). U těchto vzorků nenarůstá nebo se nesnižuje čistota barvy, tak jako u ostatních vzorků a tudíž se pozorovatelům hůře určovali barevné difference. Všechny hodnoty korelací budou vypsány v tabulce (Tab.4). Ostatní grafy budou součástí tištěné přílohy.

Tab.4 Hodnoty korelací pro všechny skupiny pozorovatelů na vybraných rovnicích pro normální obrácené pozorování a bez série 4

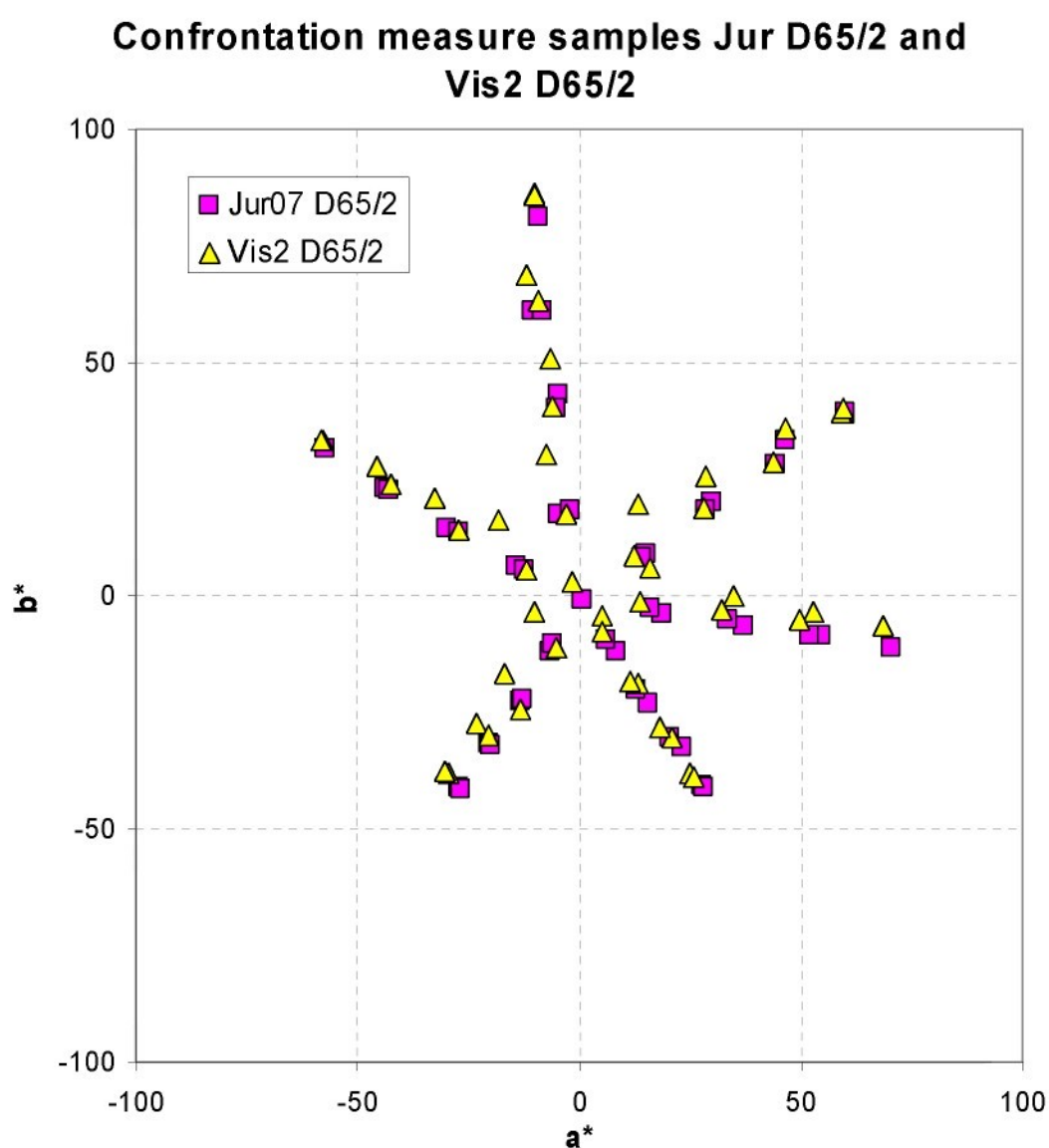
Observation	Normal			Revers			But for 4 set		
Corelation	CIELAB	CIE2000	DIN99	CIELAB	CIE2000	DIN99	CIELAB	CIE2000	DIN99
All	0,473	0,490	0,230	0,514	0,578	0,308	0,399	0,399	0,123
SUP	0,474	0,462	0,250	0,527	0,524	0,274	0,386	0,345	0,146
AVG	0,462	0,490	0,224	0,514	0,578	0,312	0,402	0,410	0,127

4.5.2 Porovnání experimentů Vis 2 a Jur07

Dalším krokem vyhodnocení naměřených dat bylo porovnat nově vzniklé výsledky Vis 2 s výsledky z předcházejícího roku Jur07, které vyhotovila Ing. Vladimíra Juříčková na Katedře textilních materiálů v Liberci.

V grafu chromatické plochy souřadnic v prostoru CIELAB (Obr.39) je ukázáno porovnání naměřených souřadnic mezi měřeními spektrofotometrem Datacolor 600 Vis 2 D65/2 a Datacolor 600 Jur07 D65/2.

Graf 6 Porovnání naměřených souřadnic Datacolor 600 D65/2

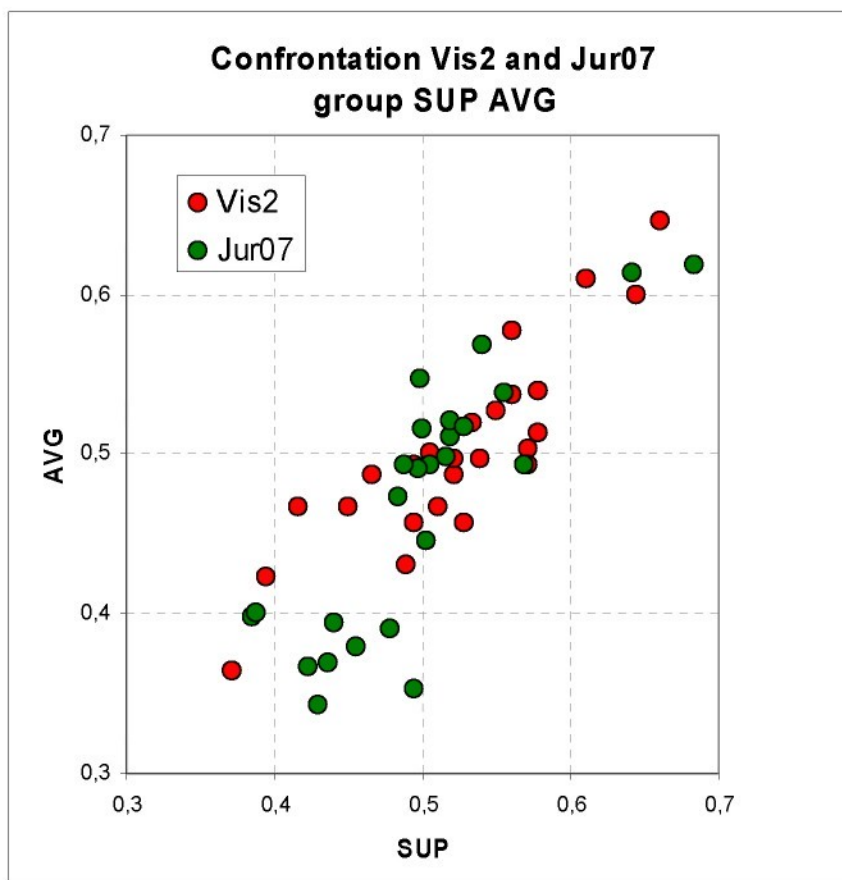


V tomto grafu je vidět jak se naměřené chromatické hodnoty dvojího měření na stejném přístroji nepatrně liší. Měřící geometrie u použitého přístroje difúzní koule SCI D65/2 osvětlení D65 pro dvoustupňového pozorovatele.

Pro porovnání dvou experimentů Vis 2 a Jur07 muselo dojít k dalším úpravám dat. Jelikož experiment Jur07 byl vyhotoven na kartách barevných vzorků, jako v případě experimentu Vizuální hodnocení 1 z německého BAM, mohl být experiment Vis 2 porovnán jen s kartami MG25 a MG27. Na těchto kartách nalezneme totiž stejné trojice vzorků, odpovídající sériím 1 až 4. Na kartě MG26 byly vytištěny vzorky v pěticích, které pro Vis 2 byly rozstříhány na trojice. Z tohoto důvodu lze porovnávat jen data z karet MG25 a 27.

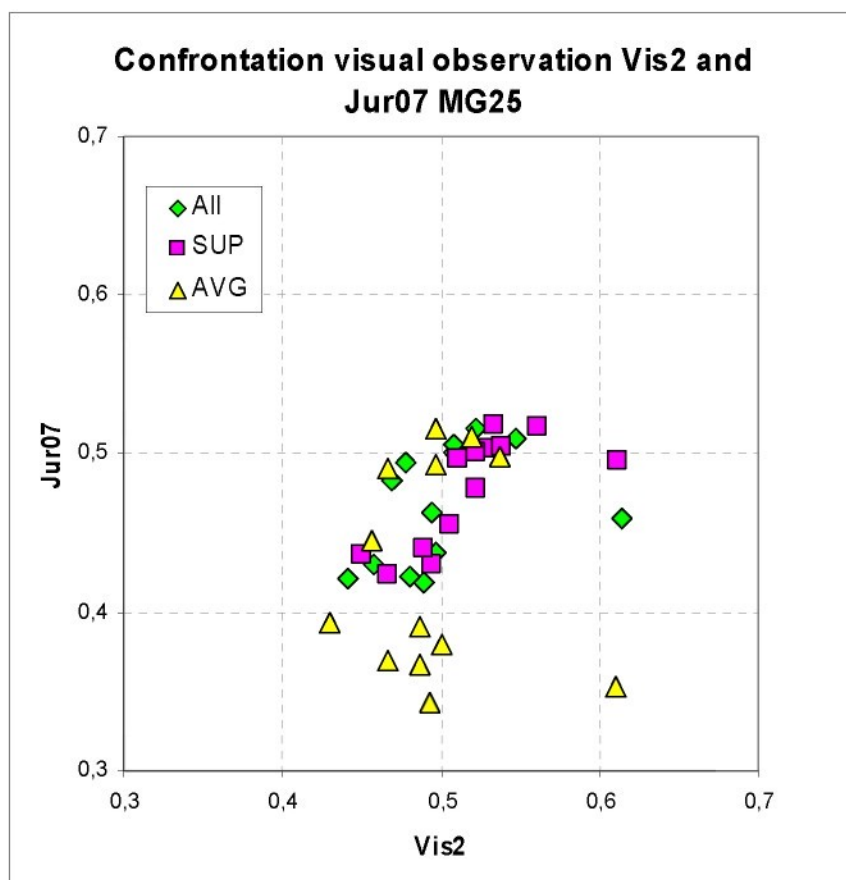
Porovnání těchto dvou experimentů opět bude vyhotoveno pomocí korelací jednotlivých dat graficky a pomocí hodnot v tabulkách. Nejprve se porovná míra závislosti hodnocení skupin SUP a AVG mezi sebou u experimentů Vis 2 a Jur07 (Graf 7).

Graf 7 Porovnání korelací skupin SUP a AVG pro jednotlivé experimenty Vis2 0,878898 a Jur07 0,832631

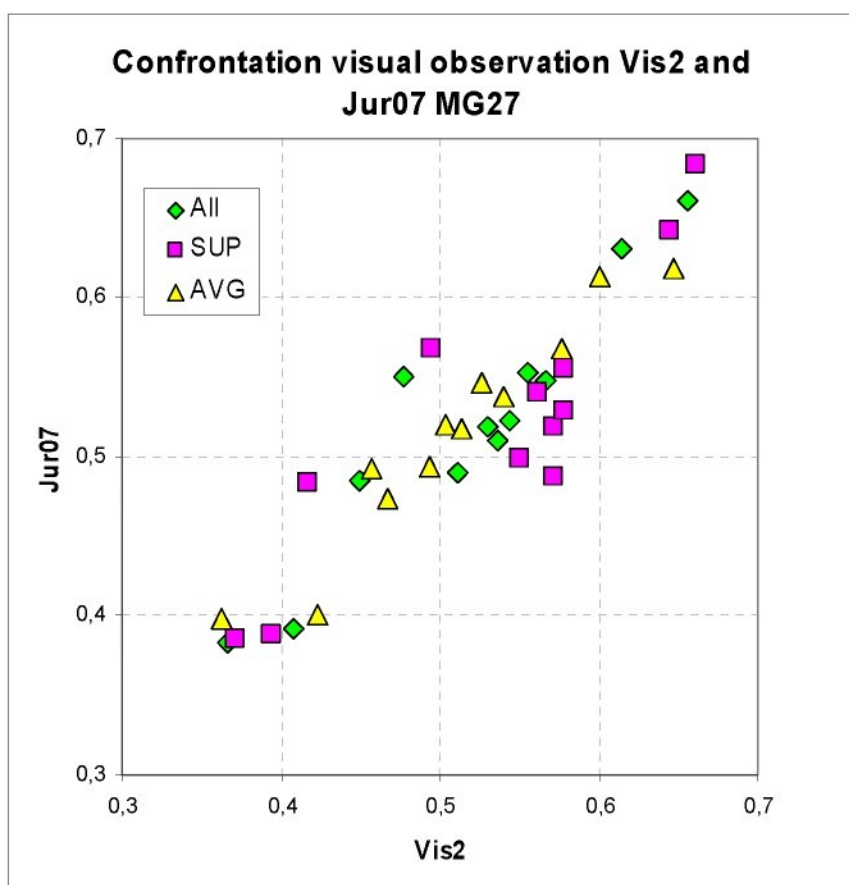


Pokud porovnáme míru závislosti jednotlivých skupin All, SUP a AVG mezi experimenty Vis2 a Jur07 na jednotlivých kartách MG 25 a 27 (Graf 8 a 9), vzájemné korelace mezi experimenty se začnou výrazně lišit. Tento rozdíl je dobře patrný ve vyjádření hodnot jednotlivých korelací (Tab. 5).

Graf 8 Porovnání vizuálního hodnocení skupin All, SUP a AVG z karty MG25 BAM mezi experimenty Vis 2 a Jur07



Graf 9 Porovnání vizuálního hodnocení skupin All, SUP a AVG z karty MG27 BAM mezi experimenty Vis 2 a Jur07



Tab. 5 Vzájemné porovnání vizuálního hodnocení skupin All, SUP a AVG u experimentů Vis2 a Jur07

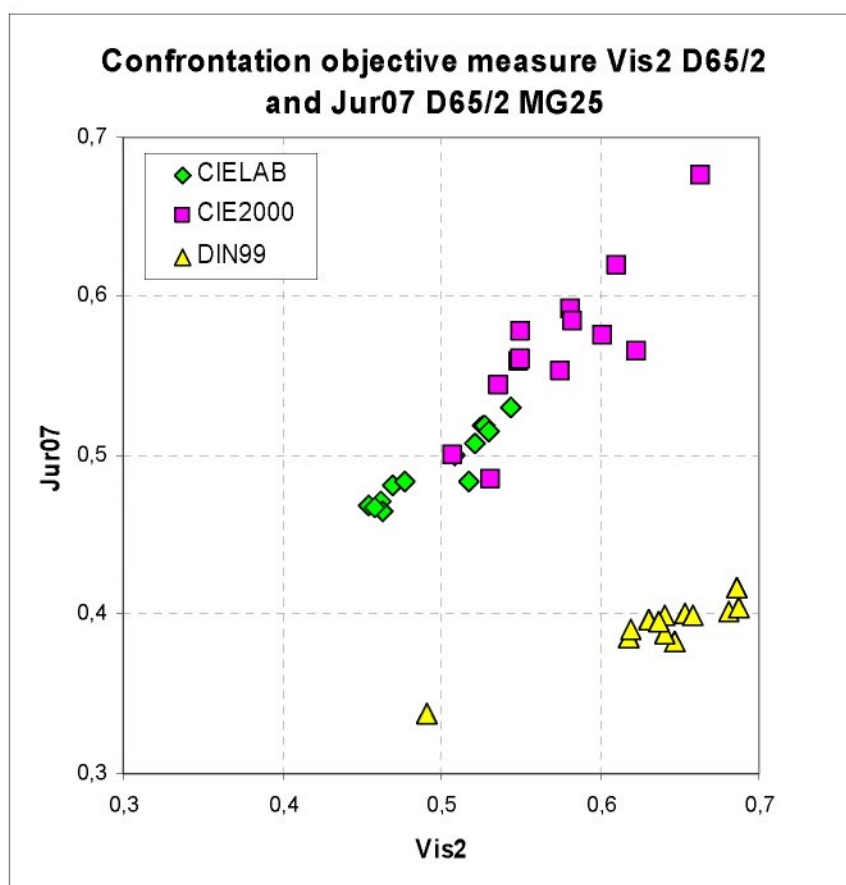
Cards	MG25		MG27	
	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
All	0,604	0,851	0,941	0,944
SUP	0,884	0,855	0,894	0,844
AVG	-0,401	0,835	0,993	0,991

Z hodnot korelací je patrné, že vizuální hodnocení u obou experimentů se skoro nelišilo. Vycházejí vysoké korelační koeficienty, které nám říkají o vysoké závislosti dat.

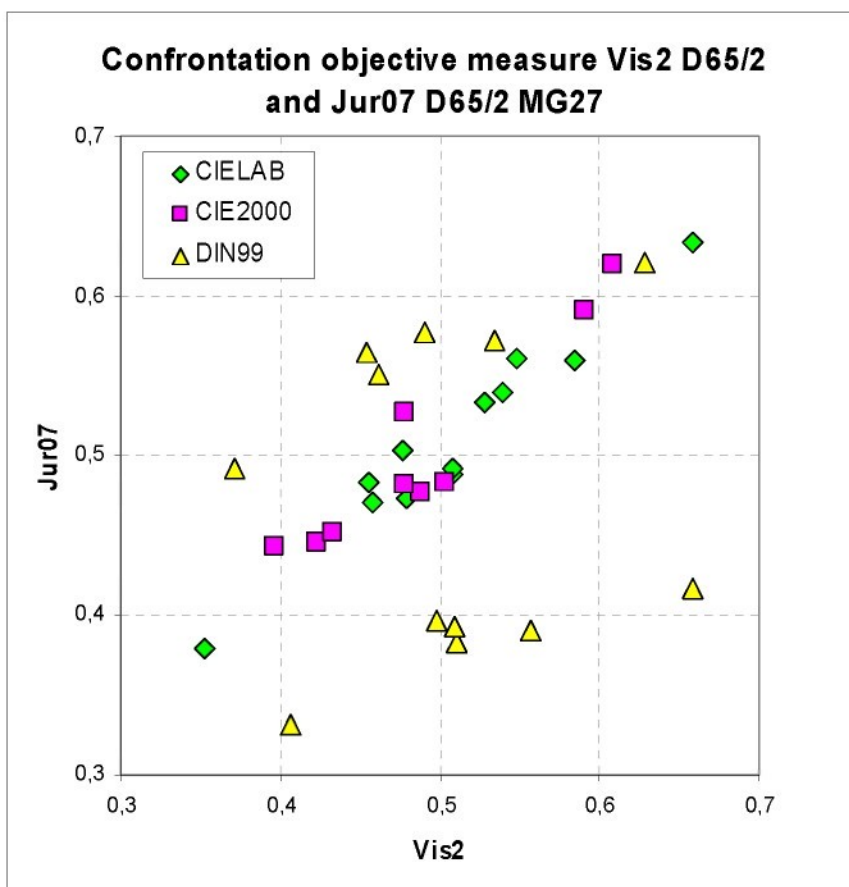
Odlišný výsledek se nám ukázal jen u série 1 na kartě MG25, kdy jednotlivé posudky se velmi lišily mezi skupinami AVG. Tento jev je zapříčiněn hodnocením vzorků pozorovateli nižším než kolem hodnoty 0,5. Jedná se o sérii vzorků mezi Bílou W a nejčistší barvou (např. Modrou C). Pozorovatelům se mohli jevit vzorky mnohem světlejší než ve skutečnosti byly natisknuty. Skupiny SUP v této sérii vyhodnotily vzorky obdobně pro oba experimenty. Kartu MG27 jednotlivé skupiny pozorovatelů vyhodnotili téměř podobně.

Dále se porovnávaly výsledky vybraných rovnic z objektivního měření mezi jednotlivými experimenty. Jak již bylo výše řečeno oba experimenty porovnávaly vizuální data s objektivním měřením provedeném na stejném přístroji při stejném nastavení. Po zajištění této podmínky je možné předpokládat, že výsledná data budou velmi podobná a jejich vzájemná korelace velmi vysoká. Objektivní měření barevných vzorků provedená na jakémkoliv přístroji by si měla co možná nejvíce odpovídat s co možná největší vzájemnou korelací kolem hodnoty 1 nebo -1. Jak bude ukázáno v grafech (Graf 9 a 10) a tabulce (Tab.6) vzájemných korelací u série 1 na kartě MG25 se tento předpoklad vyvrací.

Graf 10 Porovnání korelací objektivního měření přepočítaného pomocí vybraných rovnic mezi experimenty Vis2 D65/2 a Jur07 D65/2 na kartě MG25 BAM



Graf 11 Porovnání korelací objektivního měření přepočítaného pomocí vybraných rovnic mezi experimenty Vis2 D65/2 a Jur07 D65/2 na kartě MG25 BAM



Tab. 6 Vzájemné porovnání výpočtů barevných rozdílů na vybraných rovnicích z objektivního měření u experimentu Vis2 D65/2 a Jur07 D65/2

Cards	MG25		MG27	
Corelation Vis2 D65/2 Jur07 D65/2	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
CIELAB	0,963	0,982	0,972	0,972
CIE2000	0,843	0,990	0,981	0,994
DIN99	0,680	0,980	0,944	0,876

Tento výsledek je velmi překvapivý. Spíše vypovídá o nějaké systematické chybě provedené během zpracování dat. Bylo provedeno několik kontrolních měření barevných vzorků a vzájemného porovnání s výsledky experimentu Jur07. Vzájemné korelace se o moc nevylepšíly, musím tedy předpokládat, že je již nějaká neprokázaná chyba v experimentu Jur07. Tento předpoklad byl ověřen kontrolním přepočtem vzájemných korelací mezi vizuálním hodnocením a objektivním měřením u experimentu Jur07 (Tab. 7). Tento přepočet byl proveden podle podmínek výpočtů nastavených pro experiment Jur07. Hodnoty korelací se mezi výsledky prezentované v práci Jur07 [20] od hodnot přepočítaných podle nových

podmínek velmi liší. Proto je nutné provést kontrolu, odstranění chyby z naměřených dat a nové porovnání těchto experimentů. Z časového omezení tato kontrola, nebyla provedena v této práci.

Tab. 7 Porovnání korelací dat z experimentu Jur07 prezentovaných v diplomové práci ing. Vladimíry Juříčkové s daty z té samé práce přepočítané podle podmínek použitých ve vyhodnocení Vis2

Cards MG25	CIELAB	CIE2000	DIN99
SUP Jur07	0,504	-0,586	-0,668
SUP Jur07 New specification	-0,539	0,009	-0,334

5. Závěr

Tato práce nám v teoretické části představila nejvýznamnější a nejpoužívanější systémy uspořádání barev. Byly představeny systémy Munsellův Atlas barev, OSA-UCS a NCS jejich vývoj a uspořádání.

Dále byly v práci představeny tři výpočtové rovnice barevných rozdílů CIELAB, CIE2000 a DIN99. Podle těchto výpočtových rovnic se provedlo vyhodnocení experimentu. Cílem této práce bylo rozhodnout o tom, která z těchto vybraných rovnic lépe poslouží pro výpočet barevných rozdílů. Z výsledků experimentu je patrné, že ani jedna z těchto rovnic není úplně optimální pro výpočet takto velkých barevných rozdílů, které byly použity v experimentu. Nicméně nejlépe stále vychází na takto velké barevné rozdíly používat rovnici CIELAB, která byla schválena komisí CIE v roce 1976. Novější výpočtová rovnice CIE2000, které je určena pro výpočty malých barevných rozdílů ($\Delta E_{2000} \leq 5$), se prokázala ve výpočtech takto velkých barevných rozdílů o něco hůře než CIELAB, i když výsledný rozdíl byl velmi malý, přesto ji nelze doporučit pro výpočty takto velkých barevných rozdílů. Tuto domněnku má Komise CIE stále na mysli a proto se neustále provádějí experimentální měření velkých barevných rozdílů. Poslední rovnicí, která byla v této práci porovnávána je německá DIN99, také určena pro výpočty malých barevných rozdílů. Z výsledků experimentu je patrné, že tato rovnice se z vybraných výpočtových rovnic hodí nejméně pro takto velké barevné difference a nelze ji pro výpočty velkých barevných rozdílů doporučit.

V experimentální části bylo v této práci popsáno a vysvětleno, jak probíhalo vizuální hodnocení v jednotlivých experimentech Vizuální hodnocení 1 a Vizuální hodnocení 2 (Vis2) a objektivní měření. Dále bylo vysvětleno, jakým způsobem se zpracovávala data. Dalším úkolem této práce bylo porovnat experiment, který byl vyhotoven v roce 2007

ing. Vladimírou Juříčkovou s experimentem Vis2 (touto prací) vyhotoveného Bc. Martou Hauckovou. Každý z těchto dvou experimentů byl nastaven odlišným způsobem a s jinými podmínkami. I když byly tyto experimenty nastaveny odlišným způsobem šlo je po matematické úpravě vzájemně porovnat. Vzájemné porovnání vizuálních hodnocení nám odhalilo, že posudky skupiny Superior se nám lišili jen velice nepatrně. Porovnání skupin Average se v hodnocení série vzorků 1 na kartě MG25 velmi lišila. I porovnání výsledků z objektivního měření dopadlo z velké části velmi dobře. V sérii 1 se opět vyskytly problémy ve vzájemném porovnání a výsledné korelace nesplňovaly předpoklad vysoké korelace. Z těchto výsledků vyplývá doporučení celkové kontroly experimentu Jur07.

Posledním úkolem této práce bylo rozhodnout, jestli nové nastavení experimentu Vis2 je lepší než stávající nastavení použité u Vizuálního hodnocení 1 a Jur07. Už u samotného vizuálního hodnocení barevných diferencí dochází k odlišnosti, že pozorovatel hodnotí vždy jen trojice vzorků v hodnotovém rozmezí 0 až 1. Tímto nastavením můžeme říci, že pozorovatel sám sebe málo ovlivňuje v rozhodnutí o barevném rozdílu, protože rozmezí hodnot 0-1 nemá rozděleno na více částí. Další velkou výhodou v novém nastavení experimentu je možnost vzorky hodnotit z opačného směru. Není tu pravidlo umístění světlejší barvy vpravo. Z výsledků je patrné, že Obrácené pozorování se více blíží hodnotám z objektivního měření. Můžeme tvrdit, že nové nastavení experimentu je velice efektivní a přibližuje se velmi blízko k více odpovídá objektivnímu měření.

Použitá Literatura:

- [1] Kuehni, R. : Color Spaces and Its Divisions, John Wiley and Sons, Hoboken 2003
- [2] Vik, M. : Základy měření barevnosti, I. díl, Skriptum TU Liberec 1995
- [3] Vik, M. : Měření barevnosti a vzhledu - Barevné odchylky, Skriptum TU Liberec 1995
- [4] Investigative Ophthalmology and Visual Science, March 1993, Vol. 34, No. 3
- [5] Vik, M. : Měření barevnosti a vzhledu – 1. část
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22867 staženo dne 7.4.2008
- [6] Modern color models <http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html> staženo dne 7.4.2008
- [7] Stránky NCS <http://www.ncscolour.co.uk/> staženo dne 9.4.2008
- [8] Luo, M.R., Cui, G., Rigg, B.: Color Res. Appl. 26 (2001), 6, 340-350
- [9] Berns, R.S. : Derivation of a hue-angle dependent, hue-difference weighting function for CIEDE2000, AIC Color 01, Rochester 24-29. 06. 2001, USA
- [10] Terstiege, H. : Die Farbe 39 (1993), 1-6, 253-276
- [11] Stránky ColorVision Print FIX POR <http://www.luminous-landscape.com/reviews/Printfix%20Pro.shtml> staženo dne 3.5.2008
- [12] Indow, T. 2001 Uniformities in OSA-UCS and in NCS tested by color difference prediction based on principal hue components. Proceedings AIC Color 01. Bellingham, WA:SPIE,2002.
- [13] Hard, A., Sivik, L. 1981. NCS, Natural Color System- From concept to research and applications. Part I. Color Research and Applications 21:180-205. Part II. Color Research and Applications 21:206-220.
- [15] Witt, K.: New Color Difference Formulas DIN99 and CIELAB2000, Innovation in Measuring Color and Whiteness, TITV, May 2001 Greiz, Germany
- [16] Judd, D.B. 1955. Progress report by Optical Society of America Committee on Uniform Color Scales. Journal of the Optical Society of America 45:673-676.
- [17] Kurz, J., Lebensaft, W. : Farbmessung - Farbmetrik und ihre Anwendung in der Textilindustrie, Sonderdruck aus Zeitschrift fuer die gesamte Textilindustrie, Moenchengladbach Jahrgang 67 (1965), Hefte 8, 9, 10, 12 und Jahrgang 68 (1966), Hefte 1, 5, 9, 12
- [18] Newhall, S.M., Nickerson, D., and Judd, D. B. 1943. Final report of the O.S.A. subcommittee on the spacing of the Munsell colors. Journal of the Optical Society of America 33:385-418.

- [19] Judd D.B. 1967 Committee on Uniform Color Scales – Fourth progress report. Journal of the Optical Society of America 58:557.
- [20] Juříčková, V. : Diplomová práce 2007, Vizuální hodnocení velkých barevných rozdílů

Tab. Seznam pozorovatelů a datумы jednotlivých měření

	Personal No.	Name	Birthday	F.M. 100 Hue test	1.observation	2.observation	3.observation	4.observation	5.observation
1	M002	Haucková Marta	12.11.1982	Average	22.1.2008	23.1.2008	28.1.2008	29.1.2008	30.1.2008
2	M004	Škloudová Alena	4.6.1983	Average	23.1.2008	5.2.2008	6.2.2008	7.2.2008	12.2.2008
3	M006	Forštová Zuzana	31.1.1984	Average	22.1.2008	23.1.2008	29.1.2008	30.1.2008	31.1.2008
4	M008	Ryplová Pavla	4.5.1984	Average	23.1.2008	28.1.2008	29.1.2008	31.1.2008	5.2.2008
5	M011	Šamánková Božena	27.5.1983	Average	22.1.2008	23.1.2008	28.1.2008	29.1.2008	30.1.2008
6	M017	Amrož Petr	18.2.1984	Superrior	29.1.2008	30.1.2008	31.1.2008	4.2.2008	5.2.2008
7	M018	Jirásek Leoš	22.3.1984	Superrior	29.1.2008	30.1.2008	31.1.2008	4.2.2008	5.2.2008
8	M019	Ruffer Lukáš	31.1.1983	Average	29.1.2008	30.1.2008	31.1.2008	5.2.2008	6.2.2008
9	M020	Nenutil Martin	14.2.1987	Superrior	30.1.2008	31.1.2008	4.2.2008	6.2.2008	12.2.2008
10	M021	Kula Jiří	5.8.1983	Average	30.1.2008	31.1.2008	4.2.2008	5.2.2008	6.2.2008

Tab. Vyhodnocení Farnsworth-Munsell 100 Hue Test

ANALYSIS

Subject - **Marta Haucková**

Reference - **M002**

Date of Birth - 12-11-1982

Date of test - 09-10-2007

Comments -

Total error score (TES) = 32

Square root (TES) = 5.66

Classification = Average discrimination

Percentile

'Unselected' = 60%

'In plant' = 30%

'Experienced' = 10%

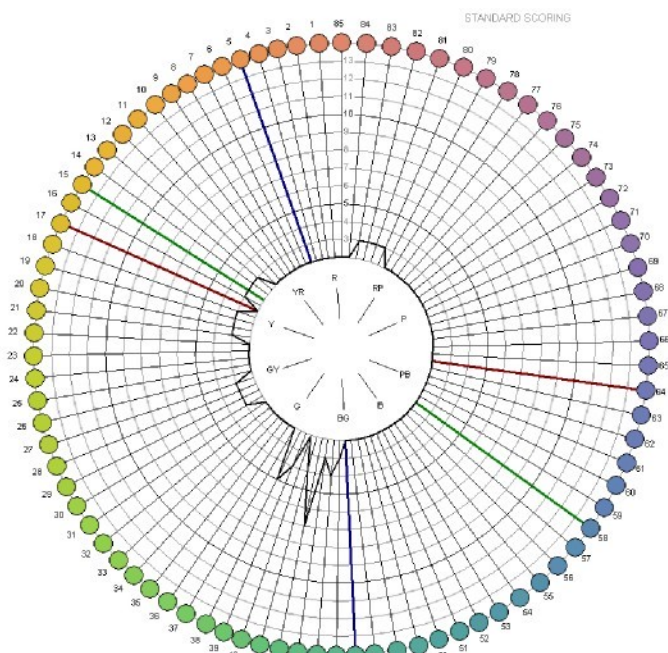
Vingrys analysis

Angle = 62.9

C Index = 1.29

S Index = 1.43

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Alena Školoudová**

Reference - **M004**

Date of Birth - 04-06-1983

Date of test - 09-19-2007

Comments -

Total error score (TES) = 44

Square root (TES) = 6.63

Classification = Average discrimination

Percentile

'Unselected' = 50%

'In plant' = 20%

'Experienced' = < 10%

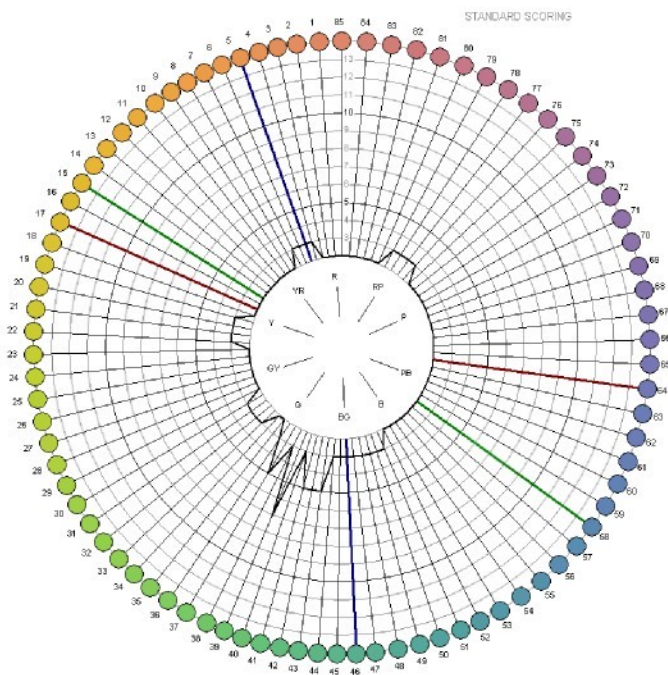
Vingrys analysis

Angle = 60.79

C Index = 1.37

S Index = 1.56

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Zuzana Forštová**

Reference - **M006**

Date of Birth - 01-31-1984

Date of test - 09-20-2007

Comments -

Total error score (TES) = 36

Square root (TES) = 6.0

Classification = Average
discrimination

Percentile

'Unselected' = 60%

'In plant' = 30%

'Experienced' = 10%

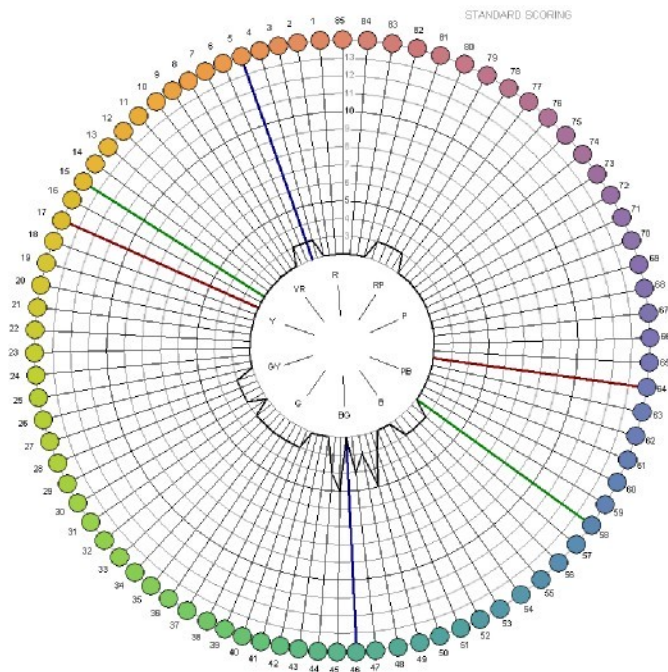
Vingrys analysis

Angle = 60.52

C Index = 1.21

S Index = 1.28

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Pavla Ryplová**

Reference - **M008**

Date of Birth - 05-04-1984

Date of test - 09-25-2007

Comments -

Total error score (TES) = 24

Square root (TES) = 4.9

Classification = Average
discrimination

Percentile

'Unselected' = 70%

'In plant' = 50%

'Experienced' = 20%

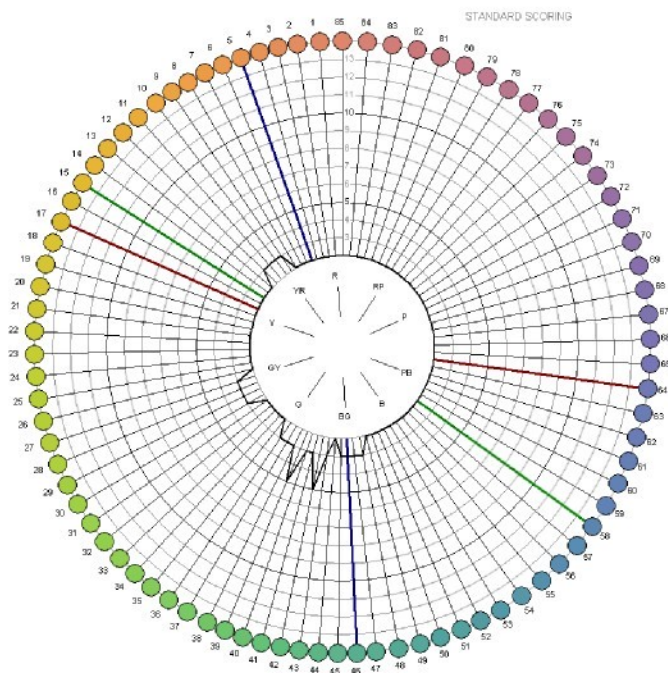
Vingrys analysis

Angle = 62.17

C Index = 1.17

S Index = 1.4

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Božena Šamánková**

Reference - **M011**

Date of Birth - 05-27-1983

Date of test - 11-22-2007

Comments -

Total error score (TES) = 56

Square root (TES) = 7.48

Classification = Average
discrimination

Percentile

'Unselected' = 40%

'In plant' = 10%

'Experienced' = < 10%

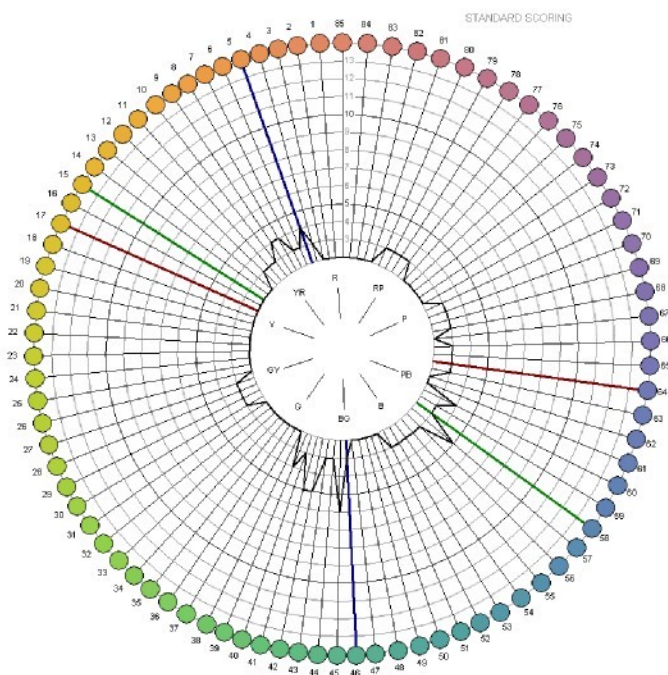
Vingrys analysis

Angle = 68.13

C Index = 1.31

S Index = 1.25

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Petr Ambrož**

Reference - **M017**

Date of Birth - 02-18-1984

Date of test - 01-31-2008

Comments -

Total error score (TES) = 16

Square root (TES) = 4.0

Classification = Superior
discrimination

Percentile

'Unselected' = 80%

'In plant' = 70%

'Experienced' = 30%

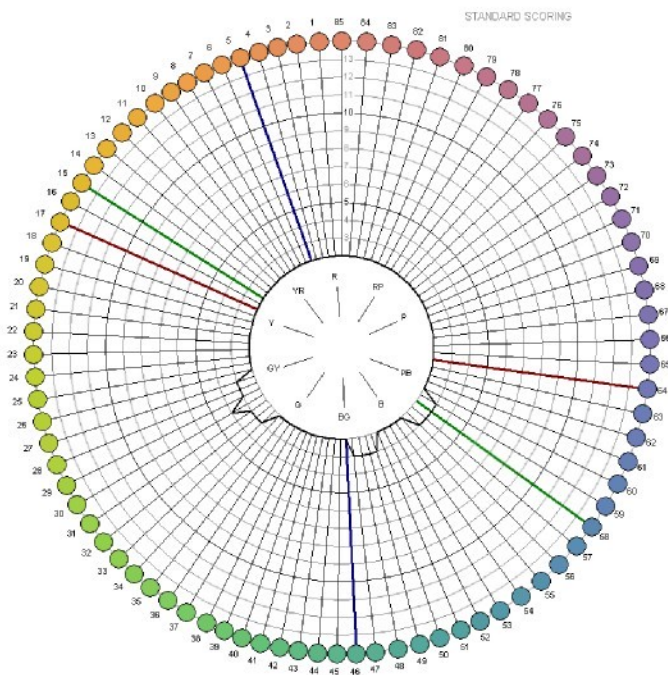
Vingrys analysis

Angle = 51.81

C Index = 1.11

S Index = 1.28

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Lukáš Rufer**

Reference - **M019**

Date of Birth - 01-31-1983

Date of test - 01-31-2008

Comments -

Total error score (TES) = 20

Square root (TES) = 4.47

Classification = Average
discrimination

Percentile

'Unselected' = 80%

'In plant' = 60%

'Experienced' = 20%

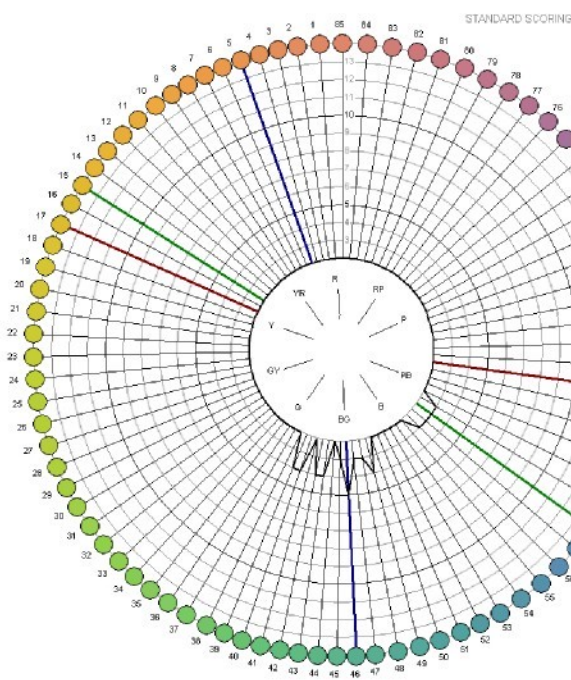
Vingrys analysis

Angle = 64.81

C Index = 1.14

S Index = 1.39

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Martin Nenutil**

Reference - **M020**

Date of Birth - 02-14-1987

Date of test - 01-31-2008

Comments -

Total error score (TES) = 12

Square root (TES) = 3.46

Classification = Superior
discrimination

Percentile

'Unselected' = 90%

'In plant' = 80%

'Experienced' = 40%

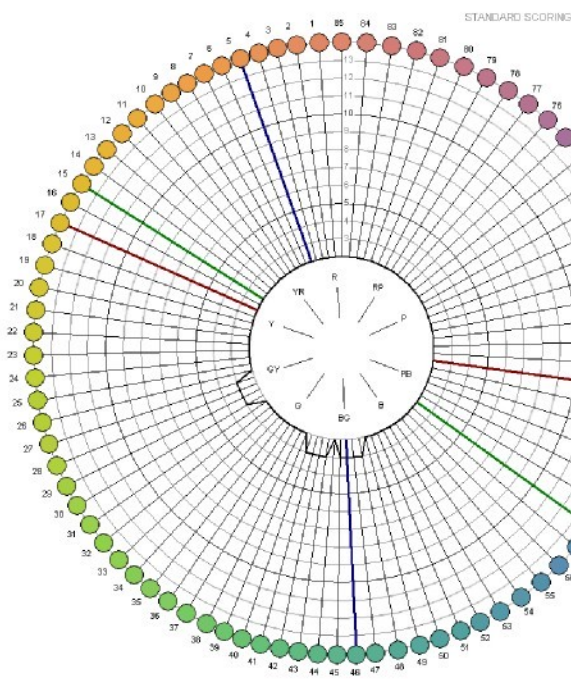
Vingrys analysis

Angle = 53.87

C Index = 1.09

S Index = 1.38

Suggested Diagnosis - Normal



ANALYSIS

Subject - **Jiří Kula**

Reference - **M021**

Date of Birth - 08-05-1983

Date of test - 01-31-2008

Comments -

Total error score (TES) = 40

Square root (TES) = 6.32

Classification = Average
discrimination

Percentile

'Unselected' = 50%

'In plant' = 20%

'Experienced' = 10%

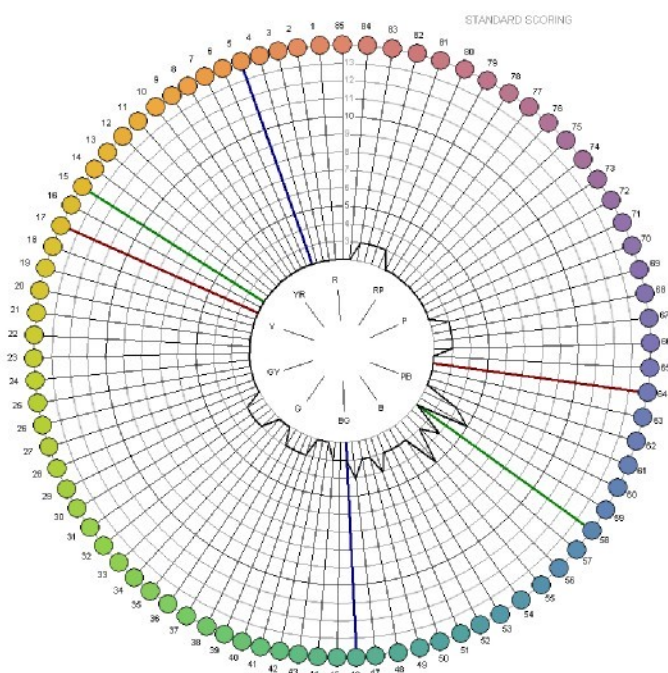
Vingrys analysis

Angle = 67.49

C Index = 1.19

S Index = 1.17

Suggested Diagnosis - Normal



Tab. Písmenné označení barevných sérií

Serie 1			
W	Cw	C	
W	Vw	V	
W	Mw	M	
W	Ow	O	
W	Yw	Y	
W	Lw	L	

Serie 5			
W	Wc	CW	
W	Wv	VW	
W	Wm	MW	
W	Wo	OW	
W	Wy	YW	
W	Wl	LW	

Serie 2			
N	Cn	C	
N	Vn	V	
N	Mn	M	
N	On	O	
N	Yn	Y	
N	Ln	L	
N	NW	W	

Serie 6			
C	Cw	CW	
V	Vw	VW	
M	Mw	MW	
O	Ow	OW	
Y	Yw	YW	
L	Lw	LW	

Serie 3			
N	C	W	
N	V	W	
N	M	W	
N	O	W	
N	Y	W	
N	L	W	

Serie 7			
CN	Cn	C	
VN	Vn	V	
MN	Mn	M	
ON	On	O	
YN	Yn	Y	
LN	Ln	L	

Serie 4			
C	V	M	
Y	O	M	
Y	L	C	
L	C	V	
O	Y	L	
O	M	V	

Serie 8			
N	Nc	CN	
N	Nv	VN	
N	Nm	MN	
N	No	ON	
N	Ny	YN	
N	Nl	LN	

Tab. Rob. průměry jednotlivých pozorovatelů a jejich celkový rob. průměr **Normální** pozor.

	M002	M004	M006	M008	M011	M017	M018	M019	M020	M021	R.Prům
Serie 1											
Cw	0,45	0,53	0,50	0,55	0,45	0,48	0,43	0,40	0,43	0,35	0,46
Vw	0,47	0,57	0,48	0,57	0,45	0,58	0,47	0,38	0,47	0,53	0,50
Mw	0,45	0,58	0,48	0,57	0,47	0,53	0,48	0,37	0,47	0,50	0,49
Ow	0,45	0,58	0,50	0,50	0,45	0,55	0,45	0,38	0,40	0,53	0,48
Yw	0,55	0,68	0,62	0,75	0,48	0,70	0,60	0,32	0,53	0,72	0,61
Lw	0,47	0,60	0,50	0,55	0,47	0,58	0,48	0,42	0,50	0,45	0,49
Serie 2											
Cn	0,53	0,58	0,43	0,43	0,45	0,42	0,53	0,43	0,63	0,42	0,47
Vn	0,53	0,45	0,45	0,40	0,42	0,43	0,57	0,33	0,47	0,43	0,44
Mn	0,48	0,50	0,43	0,45	0,48	0,42	0,57	0,57	0,63	0,58	0,51
On	0,47	0,50	0,45	0,40	0,45	0,42	0,57	0,53	0,55	0,47	0,48
Yn	0,58	0,62	0,40	0,47	0,50	0,50	0,57	0,68	0,62	0,52	0,55
Ln	0,60	0,55	0,50	0,42	0,45	0,48	0,53	0,50	0,55	0,48	0,51
NW	0,55	0,55	0,50	0,48	0,50	0,50	0,53	0,62	0,57	0,50	0,52
Serie 3											
C	0,55	0,62	0,48	0,55	0,55	0,55	0,58	0,65	0,55	0,62	0,57
V	0,35	0,30	0,42	0,32	0,40	0,37	0,40	0,33	0,35	0,42	0,37
M	0,55	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,55	0,68	0,60	0,57	0,56
O	0,55	0,45	0,45	0,48	0,52	0,52	0,52	0,37	0,45	0,38	0,48
Y	0,65	0,75	0,57	0,57	0,60	0,72	0,63	0,72	0,63	0,70	0,66
L	0,55	0,45	0,50	0,47	0,48	0,58	0,57	0,52	0,57	0,57	0,53
Serie 4											
V	0,53	0,52	0,53	0,47	0,45	0,62	0,58	0,50	0,52	0,27	0,51
O	0,60	0,73	0,60	0,73	0,55	0,67	0,67	0,47	0,60	0,52	0,61
L	0,53	0,60	0,52	0,58	0,48	0,58	0,58	0,45	0,57	0,40	0,54
C	0,48	0,45	0,45	0,47	0,48	0,43	0,40	0,42	0,42	0,57	0,45
Y	0,52	0,55	0,50	0,50	0,50	0,57	0,55	0,58	0,53	0,57	0,54
M	0,42	0,32	0,42	0,30	0,43	0,38	0,38	0,53	0,42	0,58	0,41
Serie 5											
Wc	0,50	0,45	0,52	0,57	0,45	0,42	0,52	0,38	0,48	0,30	0,47
Wv	0,45	0,55	0,52	0,52	0,45	0,52	0,48	0,35	0,50	0,52	0,50
Wm	0,47	0,52	0,48	0,52	0,45	0,48	0,48	0,38	0,50	0,55	0,49
Wo	0,47	0,58	0,48	0,52	0,43	0,57	0,48	0,38	0,43	0,55	0,49
Wy	0,52	0,63	0,60	0,62	0,42	0,55	0,43	0,38	0,52	0,57	0,53
WI	0,53	0,55	0,50	0,58	0,45	0,55	0,47	0,47	0,42	0,58	0,51
Serie 6											
Cw	0,55	0,55	0,47	0,45	0,52	0,42	0,53	0,50	0,53	0,52	0,51
Vw	0,53	0,58	0,53	0,48	0,55	0,42	0,52	0,62	0,55	0,45	0,53
Mw	0,50	0,58	0,53	0,42	0,48	0,43	0,52	0,63	0,48	0,40	0,49
Ow	0,53	0,58	0,53	0,43	0,48	0,52	0,55	0,50	0,60	0,52	0,53
Yw	0,40	0,45	0,50	0,50	0,53	0,60	0,60	0,53	0,53	0,48	0,51
Lw	0,53	0,55	0,50	0,45	0,55	0,42	0,52	0,55	0,50	0,55	0,53
Serie 7											
Cn	0,52	0,55	0,45	0,43	0,45	0,40	0,43	0,50	0,53	0,32	0,46
Vn	0,50	0,48	0,50	0,45	0,43	0,43	0,57	0,28	0,48	0,85	0,48
Mn	0,42	0,45	0,43	0,37	0,45	0,45	0,42	0,50	0,52	0,70	0,45
On	0,45	0,43	0,43	0,35	0,45	0,40	0,43	0,52	0,43	0,58	0,44
Yn	0,48	0,57	0,45	0,43	0,52	0,53	0,45	0,58	0,57	0,42	0,50
Ln	0,52	0,48	0,48	0,43	0,45	0,45	0,45	0,52	0,53	0,57	0,48
Serie 8											
Nc	0,57	0,57	0,53	0,40	0,45	0,38	0,57	0,55	0,50	0,48	0,51
Nv	0,50	0,48	0,48	0,45	0,42	0,43	0,53	0,30	0,48	0,35	0,46
Nm	0,57	0,60	0,50	0,48	0,52	0,43	0,53	0,57	0,53	0,48	0,52
No	0,58	0,57	0,47	0,45	0,55	0,45	0,57	0,53	0,52	0,63	0,53
Ny	0,60	0,63	0,50	0,48	0,53	0,53	0,62	0,67	0,45	0,60	0,56
NI	0,60	0,57	0,47	0,48	0,50	0,47	0,58	0,55	0,45	0,55	0,52

Tab. Rob. průměry jednotlivých pozorovatelů a jejich celkový rob. Průměr **Obrácené** pozor.

	M002	M004	M006	M008	M011	M017	M018	M019	M020	M021	R.Prům
Serie 1											
Cw	0,52	0,52	0,50	0,45	0,55	0,57	0,52	0,53	0,60	0,60	0,53
Vw	0,55	0,48	0,50	0,45	0,55	0,43	0,50	0,62	0,58	0,40	0,51
Mw	0,53	0,42	0,50	0,43	0,52	0,58	0,50	0,58	0,58	0,47	0,52
Ow	0,58	0,42	0,50	0,45	0,55	0,42	0,50	0,65	0,60	0,38	0,50
Yw	0,48	0,30	0,47	0,27	0,45	0,33	0,40	0,62	0,45	0,32	0,40
Lw	0,53	0,42	0,50	0,47	0,52	0,45	0,50	0,65	0,53	0,53	0,51
Serie 2											
Cn	0,40	0,52	0,55	0,60	0,55	0,60	0,47	0,42	0,50	0,48	0,51
Vn	0,45	0,55	0,57	0,68	0,55	0,60	0,47	0,68	0,60	0,33	0,56
Mn	0,42	0,58	0,55	0,57	0,52	0,60	0,43	0,42	0,58	0,37	0,51
On	0,50	0,52	0,55	0,57	0,47	0,57	0,50	0,47	0,57	0,43	0,52
Yn	0,53	0,45	0,55	0,58	0,52	0,47	0,45	0,33	0,43	0,45	0,48
Ln	0,43	0,43	0,55	0,57	0,50	0,57	0,40	0,50	0,48	0,42	0,48
NW	0,43	0,45	0,50	0,53	0,50	0,50	0,45	0,40	0,50	0,40	0,47
Serie 3											
C	0,40	0,47	0,50	0,50	0,47	0,40	0,42	0,37	0,45	0,37	0,43
V	0,60	0,73	0,57	0,67	0,55	0,67	0,58	0,55	0,73	0,67	0,63
M	0,43	0,63	0,50	0,50	0,47	0,52	0,52	0,35	0,52	0,45	0,49
O	0,47	0,65	0,50	0,52	0,47	0,57	0,48	0,63	0,58	0,60	0,54
Y	0,37	0,30	0,43	0,25	0,40	0,38	0,37	0,30	0,40	0,28	0,35
L	0,48	0,48	0,50	0,52	0,48	0,55	0,43	0,43	0,55	0,42	0,48
Serie 4											
V	0,48	0,45	0,45	0,50	0,47	0,45	0,45	0,43	0,47	0,63	0,46
O	0,42	0,30	0,40	0,27	0,45	0,37	0,38	0,45	0,40	0,45	0,40
L	0,45	0,38	0,47	0,37	0,48	0,45	0,43	0,60	0,47	0,52	0,46
C	0,47	0,60	0,52	0,53	0,52	0,57	0,58	0,60	0,57	0,35	0,55
Y	0,48	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,53	0,45	0,47
M	0,55	0,72	0,60	0,75	0,55	0,67	0,60	0,50	0,60	0,42	0,59
Serie 5											
Wc	0,53	0,48	0,50	0,42	0,55	0,60	0,48	0,62	0,50	0,70	0,53
Wv	0,52	0,45	0,52	0,45	0,55	0,57	0,50	0,60	0,52	0,50	0,52
Wm	0,48	0,43	0,52	0,43	0,55	0,52	0,47	0,63	0,57	0,42	0,49
Wo	0,53	0,43	0,47	0,43	0,53	0,45	0,48	0,67	0,53	0,42	0,48
Wy	0,47	0,37	0,47	0,23	0,55	0,50	0,47	0,70	0,50	0,50	0,48
WI	0,55	0,43	0,50	0,45	0,55	0,42	0,47	0,62	0,52	0,42	0,49
Serie 6											
Cw	0,48	0,48	0,48	0,55	0,52	0,55	0,42	0,47	0,55	0,42	0,50
Vw	0,40	0,52	0,52	0,52	0,52	0,60	0,48	0,50	0,52	0,45	0,51
Mw	0,43	0,55	0,50	0,53	0,48	0,57	0,48	0,48	0,52	0,45	0,50
Ow	0,40	0,55	0,50	0,53	0,45	0,47	0,47	0,47	0,42	0,47	0,47
Yw	0,55	0,55	0,50	0,52	0,50	0,40	0,43	0,43	0,53	0,70	0,51
Lw	0,48	0,55	0,50	0,58	0,45	0,57	0,47	0,48	0,50	0,45	0,50
Serie 7											
Cn	0,47	0,57	0,55	0,55	0,55	0,60	0,55	0,47	0,42	0,63	0,54
Vn	0,48	0,55	0,50	0,58	0,55	0,58	0,58	0,70	0,50	0,20	0,54
Mn	0,52	0,60	0,55	0,55	0,55	0,52	0,55	0,52	0,57	0,32	0,54
On	0,55	0,58	0,57	0,58	0,55	0,60	0,58	0,67	0,47	0,28	0,57
Yn	0,48	0,45	0,55	0,53	0,45	0,60	0,52	0,40	0,40	0,60	0,50
Ln	0,42	0,55	0,50	0,52	0,53	0,58	0,55	0,45	0,47	0,43	0,50
Serie 8											
Nc	0,42	0,48	0,55	0,63	0,48	0,62	0,43	0,43	0,47	0,38	0,48
Nv	0,48	0,53	0,52	0,67	0,55	0,67	0,55	0,67	0,53	0,52	0,56
Nm	0,43	0,47	0,48	0,57	0,45	0,58	0,42	0,47	0,45	0,28	0,46
No	0,45	0,52	0,50	0,53	0,45	0,58	0,42	0,53	0,53	0,32	0,50
Ny	0,38	0,42	0,55	0,55	0,45	0,52	0,37	0,42	0,50	0,40	0,45
NI	0,40	0,42	0,50	0,58	0,52	0,53	0,42	0,50	0,57	0,40	0,48

Tab. Souřadnice vzorků L* a* b* Datacolor Spektrokolorimetr 1005

	reference			sample				reference		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
Serie 1										
Cw	92,29	-0,84		9,2	74,94	-19,78	-18,68	55,63	-41,84	-43,81
Vw	92,39	-1,08	9,95	59,49	12,59	-19,58		23,89	25,28	-45,25
Mw	91,47	-1,43	9,64	59,83	36,92	0,6		47,9	72,55	-2,96
Ow	92,35	-1,14	9,76	72,1	33,74	27,64		48,99	67,61	53,42
Yw	92,6	-1,21	10,09	88,11	-1,14	51,74		89,1	-4,6	93,21
Lw	92,55	-1,24	9,91	71,7	-31,07	19,42		51,75	-65,72	34,57
Serie 2										
Cn	18,89	2,3	-3,32	37,16	-19,9	-26,41		56,59	-42,55	-44,23
Vn	18,96	2,06	-1,45	20,96	14,34	-24,11		24,46	25,26	-45,28
Mn	17,68	1,79	-0,84	32,5	38,75	-1,56		47,92	73,36	-1,75
On	17,82	1,63	-1,06	32,6	35,9	27,71		48,25	67,59	55,34
Yn	17,95	2,01	-1,06	53,26	-2,26	46,45		88,4	-5,42	92,83
Ln	18,43	2,12	-1,03	33,64	-32,7	16,34		51,55	-65,16	34,5
NW	18,14	1,97	-1,36	56,01	-0,27	3,09		91,47	-2,01	10,82
Serie 3										
C	18,64	3,58	-2,77	56,73	-42,69	-42,56		91,94	-1,26	9,55
V	18,68	2,49	-0,47	24,07	25,67	-44,33		92,05	-1,81	10,71
M	18,55	2,97	-0,28	48,54	72,85	-2,9		92,23	-1,61	10,31
O	18,46	2,6	-0,72	48,6	66,88	52,65		92,11	-1,92	10,93
Y	18,09	2,65	-0,65	88,55	-5,3	93,1		92,13	-1,9	10,9
L	18,26	2,59	-0,46	51,99	-64,99	35,83		92,15	-1,82	10,74
Serie 4										
V	56,29	-43,59	-40,99	24,76	25,33	-43,69		48,87	73,05	-2,74
O	87,18	-3,99	86,59	48,73	67,13	51,06		49,12	73,49	-3,85
L	87,61	-5,29	91,51	51,88	-64,88	35,69		57,13	-43,47	-42,66
C	51,69	-64,47	36,01	56,75	-43,58	-41,83		24,58	26,22	-44,68
Y	48,2	66,92	53,92	88,61	-5,29	92,62		52,74	-64,33	36,01
M	48,21	66,56	53,21	48,35	72,55	-2,74		24,94	25,78	-44,16
Serie 5										
Wc	90,8	-1,94	9,63	83,16	-10,44	-4,82		73,76	-20,16	-18,66
Wv	91,05	-2,33	10,8	75,53	5,5	-4,33		58,51	12,73	-18,94
Wm	91,14	-2,3	10,6	81,24	17,72	6,58		69,9	37,88	2,27
Wo	90,88	2,41	10,87	80,61	16,4	20,43		70,22	34,83	30,82
Wy	91,23	-2,27	10,8	90,89	-4,3	30,82		90,73	-5,77	52,91
WI	91,22	-2,28	10,64	82,02	-16,64	15,9		70,7	-31,3	20,68
Serie 6										
Cw	55,59	-43,21	-42,41	65,8	-30,47	-30,26		74,96	-19,98	-18,84
Vw	23,69	24,7	-43,77	42,13	19,26	-31,4		59,55	12,39	-18,99
Mw	48,53	71,27	-2,48	59,34	55,66	-0,67		70,83	37,58	1,75
Ow	47,58	66,56	54,03	59,18	52,56	41,78		70,58	34,37	30,14
Yw	87,75	-5,55	92,32	89,6	-6,88	71,19		88,14	-1,46	52,31
Lw	51,51	-63,87	35,68	62,2	-46,3	26,88		71,83	-30,94	19,92
Serie 7										
Cn	36,15	-19,82	-25,53	46,73	-31,04	-34,63		56,46	-43	-44,06
Vn	20,15	14,21	-22,77	21,62	20,9	-34,63		23,77	26,55	-45,33
Mn	32,77	39,07	-1,5	40,41	55,85	-2,83		48,75	73,79	-2,42
On	32,44	36,15	27,27	40,18	52,03	40,5		48,85	67,69	54,43
Yn	52,91	-1,74	47,53	71,75	-4,76	69,69		89,09	-4,83	93,68
Ln	33,41	-32,97	16,8	43,07	-49,82	26,8		52,3	-65,38	35,55
Serie 8										
Nc	18,9	1,9	-3,34	27,12	-7,06	-15,89		36,47	-17,23	-26,24
Nv	18,54	1,56	-1,51	20,54	8,09	-11,69		22,38	13,55	-23,02
Nm	19,35	1,53	-1,03	26,2	20,49	-2		33,75	36,79	-2,7
No	18,21	1,53	-1,12	25,85	20	12,92		33,25	34,67	25,99
Ny	18,47	1,47	-1,37	36	1,05	21,7		52,78	-1,3	44,94
NI	19,44	1,4	-0,87	25,77	-13,79	5,73		33,81	-30,1	14,33

Tab. Hodnoty barevných rozdílů CIELAB

						NEW	NEW
Serie 1	dE*1	dE*2	dE*3	dE* ratio	dE* ratio rev	dE ratio	dE ratio rev
Cw	37,90832	38,61394	76,38727	0,496265	0,503735	0,580337	0,419663
Vw	46,27418	45,68747	91,83757	0,50387	0,49613	0,514982	0,485018
Mw	50,5325	37,74249	86,77641	0,58233	0,41767	0,706549	0,293451
Ow	44,1177	48,43405	92,26509	0,478162	0,521838	0,544292	0,455708
Yw	41,89138	41,62586	83,2627	0,503123	0,496877	0,642746	0,357254
Lw	37,61637	42,75684	80,18994	0,469091	0,530909	0,541305	0,458695
Serie 2							
Cn	36,87521	34,75773	71,45936	0,51603	0,48397	0,513021	0,486979
Vn	25,851	24,07624	49,89548	0,518103	0,481897	0,653026	0,346974
Mn	39,82703	37,89016	77,70168	0,512563	0,487437	0,592342	0,407658
On	47,12318	44,86196	91,96557	0,5124	0,4876	0,595575	0,404425
Yn	59,34837	58,27443	117,6169	0,50459	0,49541	0,570954	0,429046
Ln	41,7791	41,28202	82,98141	0,503475	0,496525	0,606937	0,393063
NW	38,1963	36,33445	74,44113	0,513107	0,486893	0,546016	0,453984
Serie 3							
C	71,93751	75,3103	74,48556	0,965791	0,034209	0,457076	0,542924
V	49,90054	91,68333	74,34137	0,671235	0,328765	0,246261	0,753739
M	76,08863	87,3362	74,57793	1,020257	-0,02026	0,414167	0,585833
O	88,81833	91,47195	74,70258	1,188959	-0,18896	0,447838	0,552162
Y	117,5452	82,34814	75,07347	1,565736	-0,56574	0,754396	0,245604
L	83,79578	78,94797	74,86401	1,119307	-0,11931	0,521948	0,478052
Serie 4							
V	75,83797	67,34533	122,9756	0,616691	0,383309	0,567544	0,432456
O	88,31103	55,27848	125,0244	0,70635	0,29365	0,686006	0,313994
L	89,12617	81,39209	142,7877	0,624187	0,375813	0,510733	0,489267
C	80,75309	76,9095	124,3805	0,649242	0,350758	0,472169	0,527831
Y	91,35066	89,31445	132,5441	0,689209	0,310791	0,562389	0,437611
M	56,2699	66,7164	108,0991	0,52054	0,47946	0,428149	0,571851
Serie 5							
Wc	18,42341	19,34901	37,71809	0,48845	0,51155	0,571634	0,428366
Wv	23,04552	23,56704	46,58458	0,494703	0,505297	0,540077	0,459923
Wm	22,69297	23,52865	46,20562	0,49113	0,50887	0,641336	0,358664
Wo	19,8138	23,57051	43,3116	0,457471	0,542529	0,5498	0,4502
Wy	20,12553	22,13944	42,25816	0,476252	0,523748	0,574629	0,425371
WI	17,84705	19,12868	36,93281	0,48323	0,51677	0,560333	0,439667
Serie 6							
Cw	20,35127	18,01006	38,34547	0,530735	0,469265	0,527322	0,472678
Vw	22,86141	22,46467	45,29375	0,504737	0,495263	0,455644	0,544356
Mw	19,07365	21,55836	40,62264	0,469533	0,530467	0,500037	0,499963
Ow	21,9231	24,41978	46,2161	0,474361	0,525639	0,515379	0,484621
Yw	21,25249	19,69676	40,2204	0,528401	0,471599	0,458977	0,541023
Lw	22,37009	19,41927	41,78115	0,535411	0,464589	0,537209	0,462791
Serie 7							
Cn	17,90628	18,07317	35,96066	0,497941	0,502059	0,505177	0,494823
Vn	13,69586	12,28963	25,96793	0,527414	0,472586	0,570949	0,429051
Mn	18,48532	19,78806	38,23199	0,483504	0,516496	0,479219	0,520781
On	22,07068	22,68148	44,74064	0,493303	0,506697	0,481752	0,518248
Yn	29,24263	29,60069	58,72276	0,497978	0,502022	0,569438	0,430562
Ln	21,84578	20,09649	41,93808	0,520906	0,479094	0,506841	0,493159
Serie 8							
Nc	17,47434	17,26192	34,62762	0,504636	0,495364	0,582706	0,417294
Nv	12,2586	12,71087	24,9236	0,491847	0,508153	0,59456	0,40544
Nm	20,18279	17,97728	38,1237	0,529403	0,470597	0,642538	0,357462
No	24,42605	20,99509	45,38076	0,538247	0,461753	0,651184	0,348816
Ny	28,97762	28,76088	57,70152	0,502199	0,497801	0,535591	0,464409
NI	17,73034	20,11511	37,81252	0,468901	0,531099	0,603869	0,396131

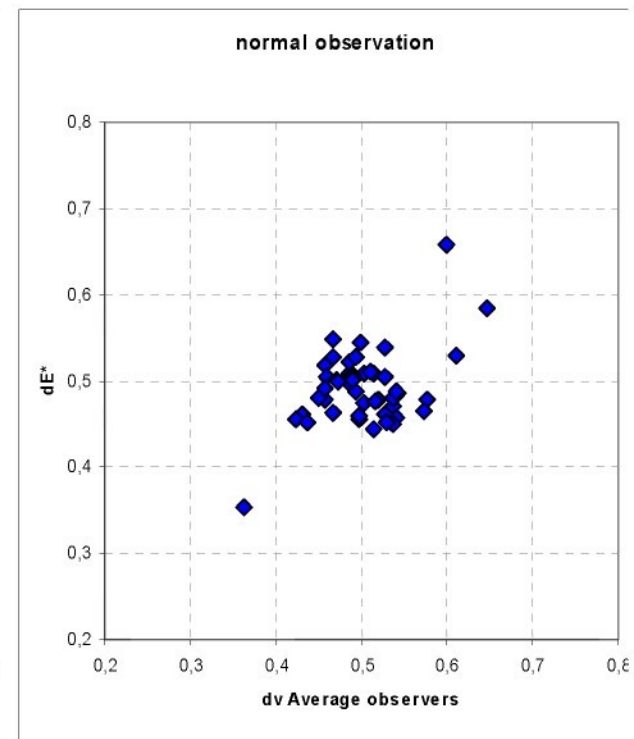
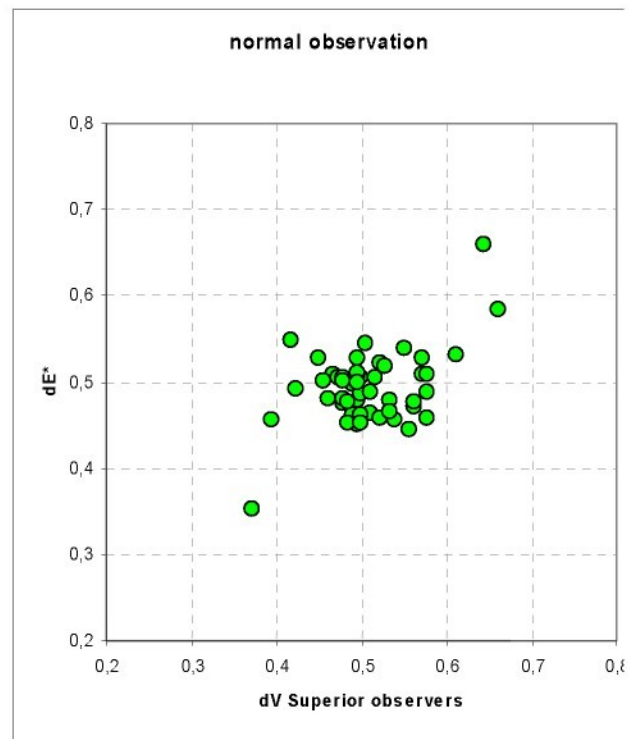
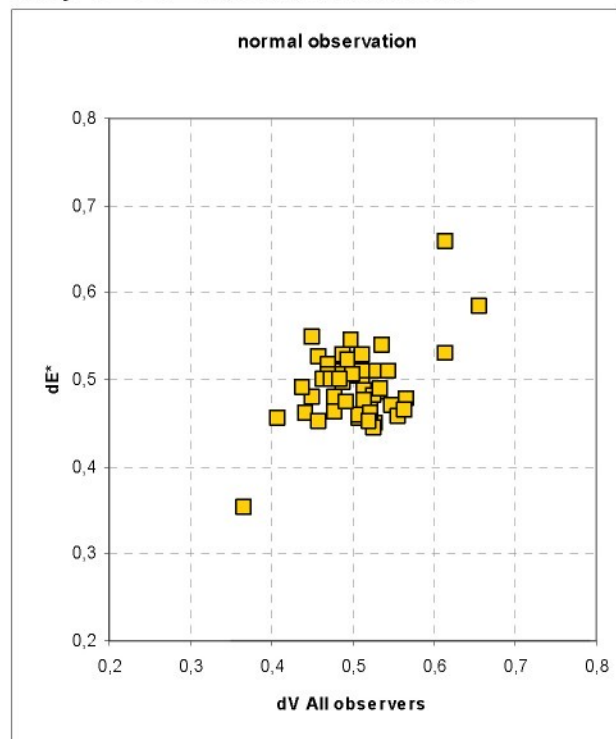
Tab. Hodnoty barevných rozdílů CIE2000

			NEW	NEW
	dE2000 1	dE2000 2	dE ratio	dE ratio rev
Serie 1				
Cw	26,85538	19,42011	0,580337	0,419663
Vw	35,736	33,65677	0,514982	0,485018
Mw	37,32062	15,50037	0,706549	0,293451
Ow	27,37128	22,91657	0,544292	0,455708
Yw	17,69143	9,83335	0,642746	0,357254
Lw	23,9758	20,31683	0,541305	0,458695
Serie 2				
Cn	22,2266	21,09833	0,513021	0,486979
Vn	16,20659	8,611087	0,653026	0,346974
Mn	24,38655	16,78315	0,592342	0,407658
On	25,6738	17,4338	0,595575	0,404425
Yn	38,81671	29,16894	0,570954	0,429046
Ln	30,17494	19,54181	0,606937	0,393063
NW	32,4558	26,98528	0,546016	0,453984
Serie 3				
C	35,1502	41,7521	0,457076	0,542924
V	23,36262	71,50665	0,246261	0,753739
M	35,49882	50,21265	0,414167	0,585833
O	37,72176	46,50906	0,447838	0,552162
Y	76,10037	24,77558	0,754396	0,245604
L	43,55238	39,88963	0,521948	0,478052
Serie 4				
V	45,21172	34,45037	0,567544	0,432456
O	54,302	24,85471	0,686006	0,313994
L	43,32877	41,50763	0,510733	0,489267
C	41,24404	46,10611	0,472169	0,527831
Y	55,4684	43,16148	0,562389	0,437611
M	25,45481	33,99841	0,428149	0,571851
Serie 5				
Wc	15,62	11,70519	0,571634	0,428366
Wv	20,05074	17,07498	0,540077	0,459923
Wm	23,38703	13,0791	0,641336	0,358664
Wo	14,26476	11,68062	0,5498	0,4502
Wy	10,37055	7,676834	0,574629	0,425371
Wl	13,78792	10,81874	0,560333	0,439667
Serie 6				
Cw	10,34756	9,275294	0,527322	0,472678
Vw	15,37707	18,37094	0,455644	0,544356
Mw	11,18531	11,18365	0,500037	0,499963
Ow	12,01682	11,29963	0,515379	0,484621
Yw	4,902169	5,778472	0,458977	0,541023
Lw	11,09277	9,556111	0,537209	0,462791
Serie 7				
Cn	10,86426	10,64159	0,505177	0,494823
Vn	5,41809	4,071525	0,570949	0,429051
Mn	8,368856	9,094672	0,479219	0,520781
On	8,773927	9,438614	0,481752	0,518248
Yn	17,2165	13,01767	0,569438	0,430562
Ln	10,43054	10,14898	0,506841	0,493159
Serie 8				
Nc	14,53435	10,40852	0,582706	0,417294
Nv	9,896707	6,748736	0,59456	0,40544
Nm	16,86063	9,380033	0,642538	0,357462
No	18,29802	9,801576	0,651184	0,348816
Ny	21,1973	18,38011	0,535591	0,464409
Nl	17,1108	11,2245	0,603869	0,396131

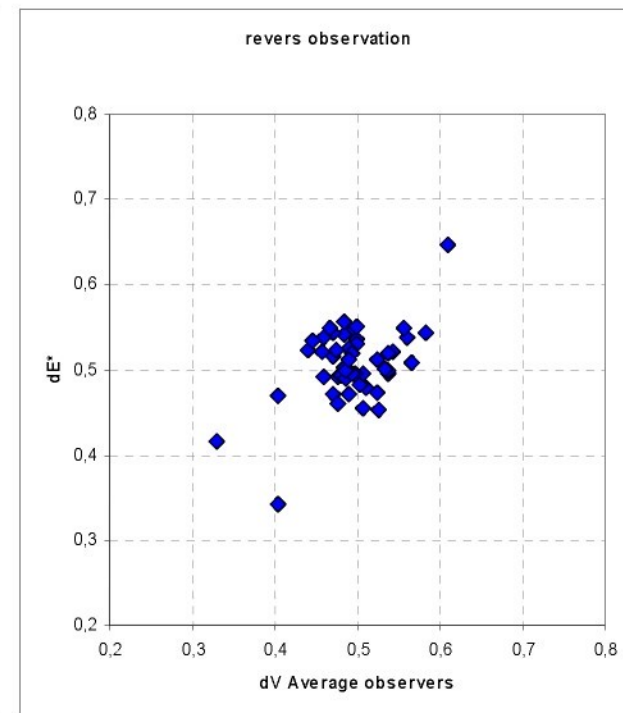
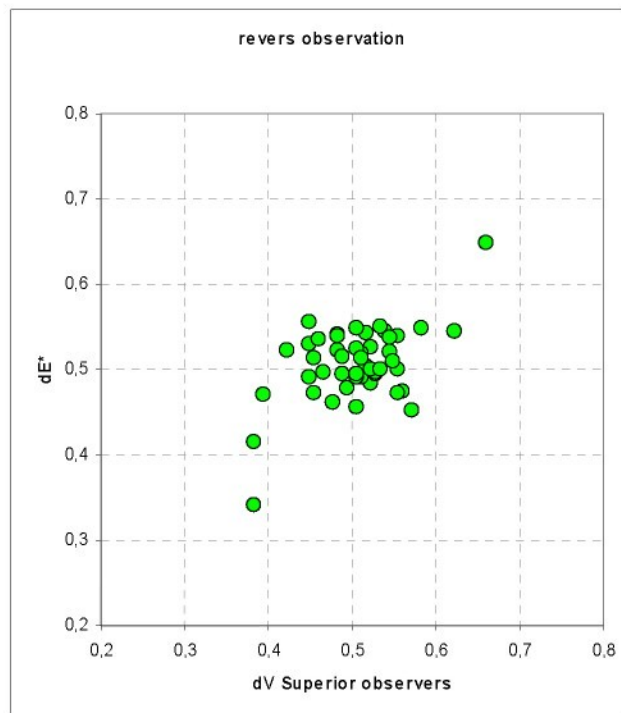
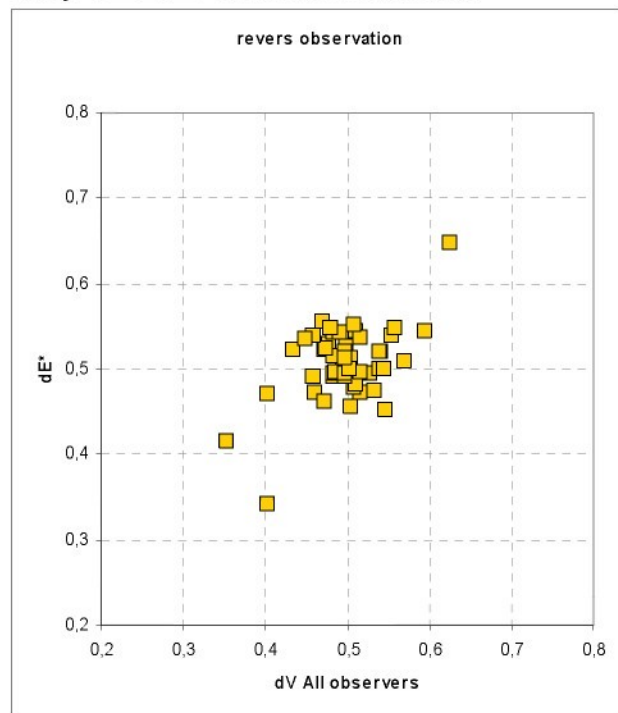
Tab. Hodnoty barevných rozdílů **DIN99**

			NEW	
	dE DIN99 1	dE DIN 99 2	dE ratio	dE ratio rev
Serie 1				
Cw	34,030894	16,484795	0,6736698	0,3263302
Vw	34,356888	22,135266	0,608171	0,391829
Mw	35,178516	13,566729	0,721681	0,278319
Ow	29,928841	16,961073	0,6382789	0,3617211
Yw	22,488905	11,057302	0,6703859	0,3296141
Lw	26,243891	16,189938	0,6184663	0,3815337
Serie 2				
Cn	29,159833	15,19449	0,6574293	0,3425707
Vn	20,241841	10,13033	0,6664601	0,3335399
Mn	29,180356	14,093554	0,6743175	0,3256825
On	33,780567	14,75704	0,6959669	0,3040331
Yn	37,913695	20,761641	0,6461607	0,3538393
Ln	32,942845	15,419409	0,6811685	0,3188315
NW	20,685073	18,186805	0,5321346	0,4678654
Serie 3				
C	45,383059	49,254891	0,479544	0,520456
V	30,978618	55,123574	0,359789	0,640211
M	40,902355	48,943358	0,455251	0,544749
O	45,986873	45,943711	0,5002348	0,4997652
Y	57,176397	32,703544	0,6361419	0,3638581
L	48,082747	40,925935	0,5402029	0,4597971
Serie 4				
V	49,208534	40,949373	0,5458039	0,4541961
O	43,732784	25,991017	0,6272289	0,3727711
L	50,096497	43,247463	0,5366871	0,4633129
C	43,040469	49,601887	0,4645874	0,5354126
Y	44,328725	49,952479	0,4701756	0,5298244
M	26,326949	40,708584	0,3927313	0,6072687
Serie 5				
Wc	20,70061	13,000327	0,6142443	0,3857557
Wv	20,327981	15,005575	0,5753166	0,4246834
Wm	21,789488	13,099844	0,6245315	0,3754685
Wo	14,67238	11,67032	0,5569809	0,4430191
Wy	13,02073	9,0132222	0,5909394	0,4090606
Wl	14,636942	10,524661	0,5817174	0,4182826
Serie 6				
Cw	7,9337546	8,4950399	0,4829176	0,5170824
Vw	11,056542	11,219723	0,4963373	0,5036627
Mw	7,063209	8,8651973	0,4434348	0,5565652
Ow	7,4235066	9,0987033	0,4493047	0,5506953
Yw	5,4077501	6,2517093	0,463808	0,536192
Lw	7,8372063	8,1214444	0,4910945	0,5089055
Serie 7				
Cn	8,5267164	7,2180847	0,5415576	0,4584424
Vn	6,3947885	4,6258703	0,5802547	0,4197453
Mn	7,4617379	6,7970406	0,5233084	0,4766916
On	8,0085283	6,9422486	0,5356597	0,4643403
Yn	11,373547	9,7259184	0,5390443	0,4609557
Ln	8,8504538	6,8804636	0,5626152	0,4373848
Serie 8				
Nc	16,959447	10,663352	0,6139655	0,3860345
Nv	11,79278	8,1278979	0,5919869	0,4080131
Nm	18,941613	9,8190611	0,6585942	0,3414058
No	22,825843	10,540435	0,6840992	0,3159008
Ny	23,844385	14,035753	0,6294693	0,3705307
Nl	18,799877	11,81055	0,6141658	0,3858342

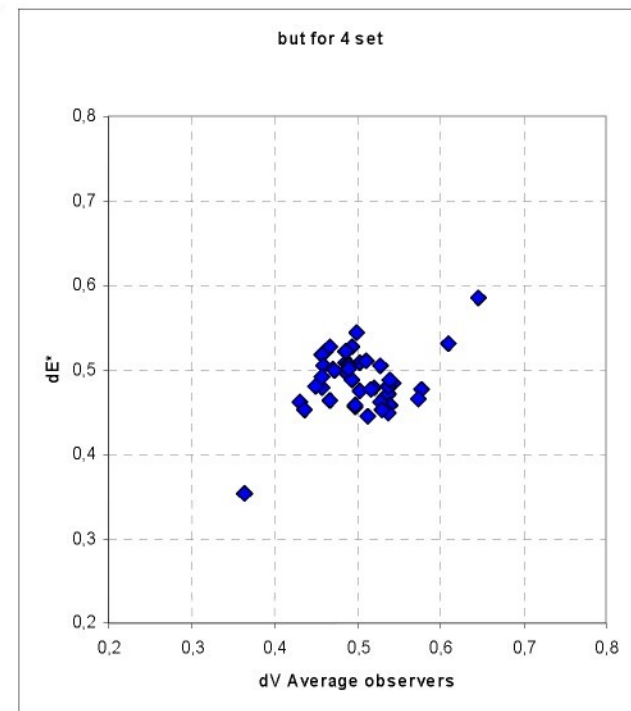
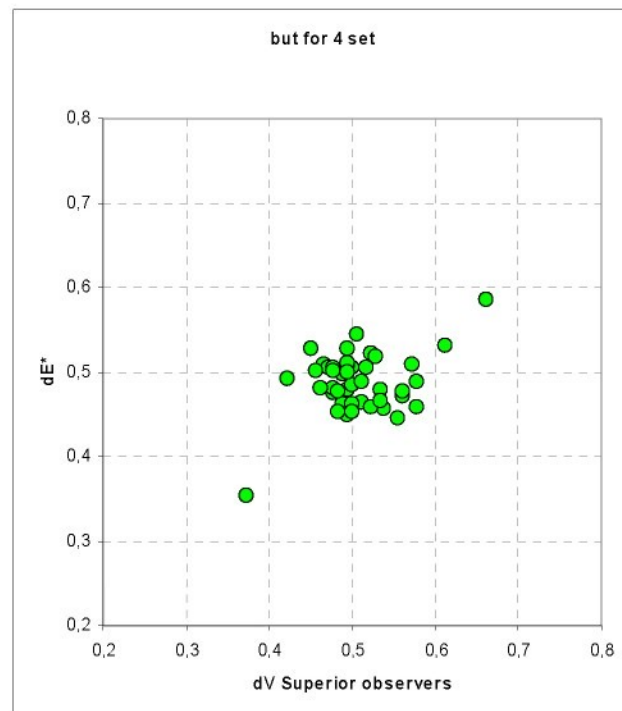
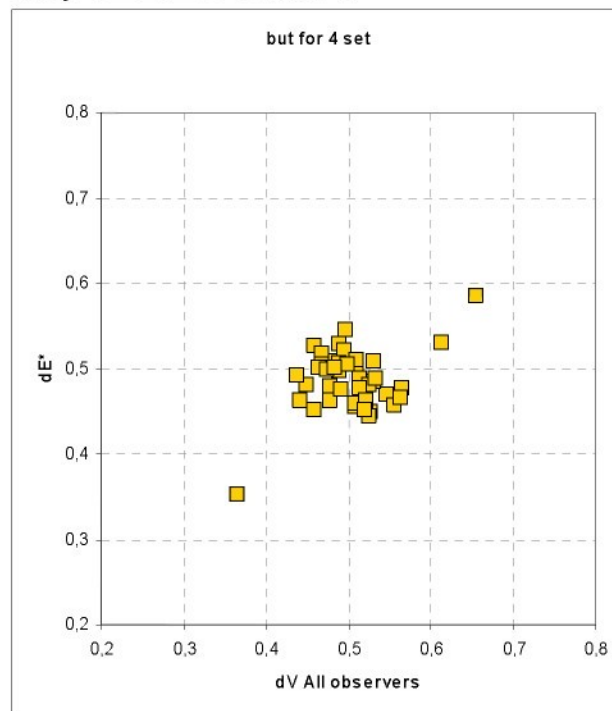
Grafy CIELAB Normální hodnocení



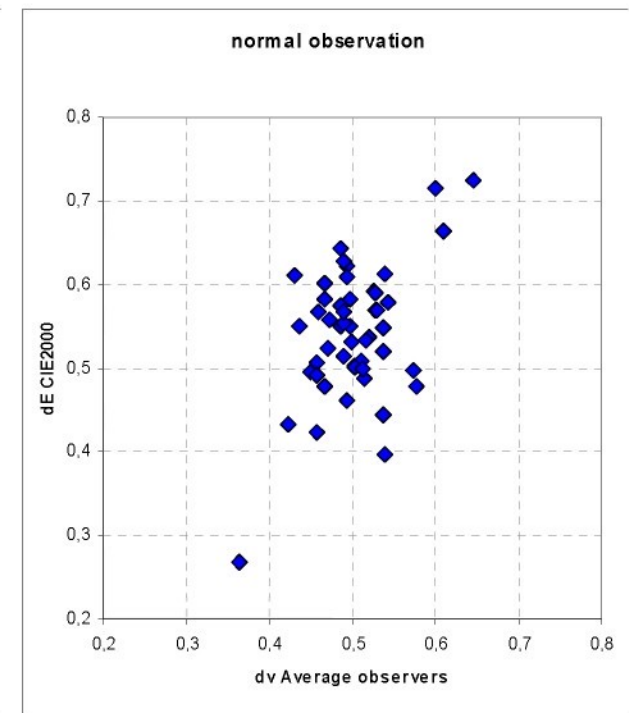
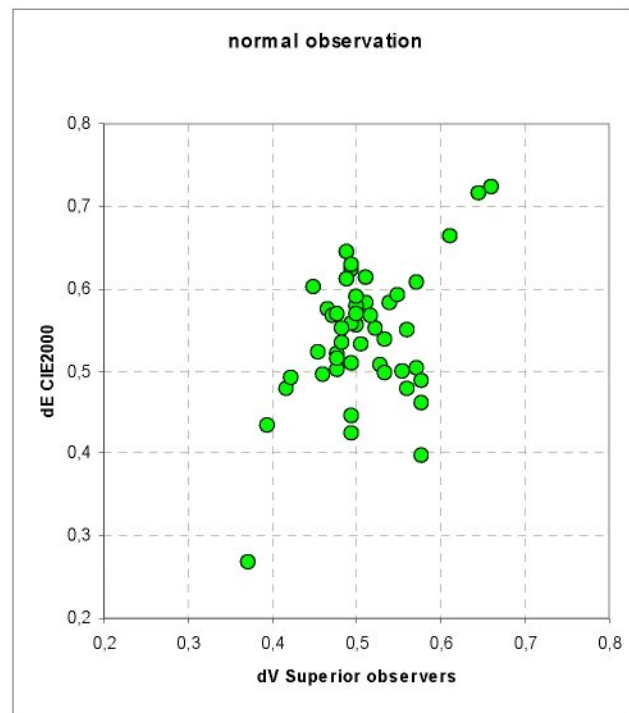
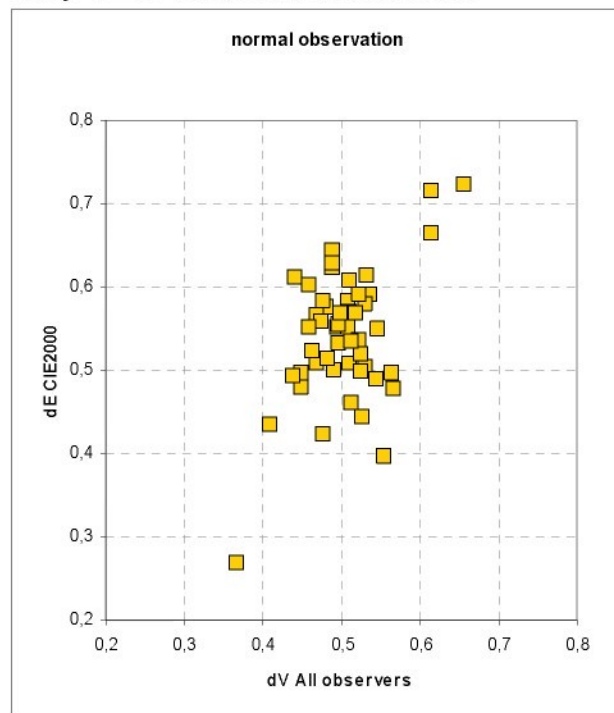
Grafy CIELAB Obrácené hodnocení



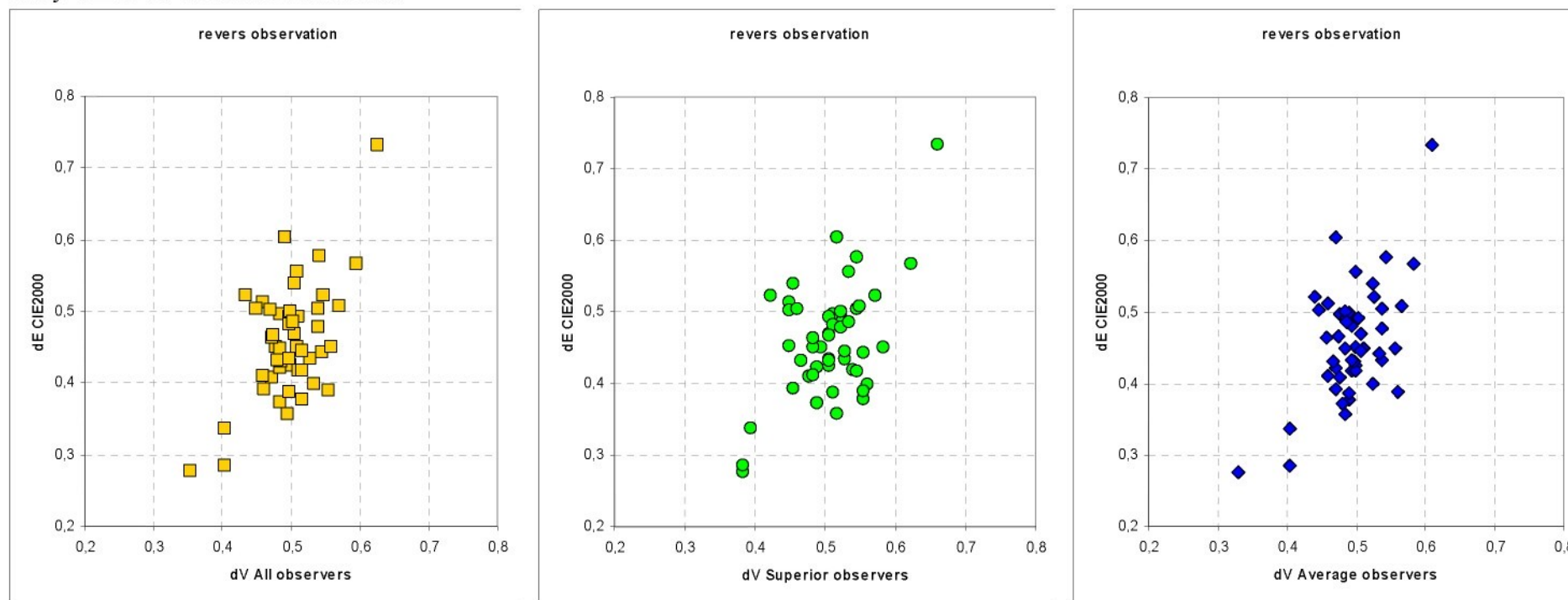
Grafy CIELAB Bez série 4



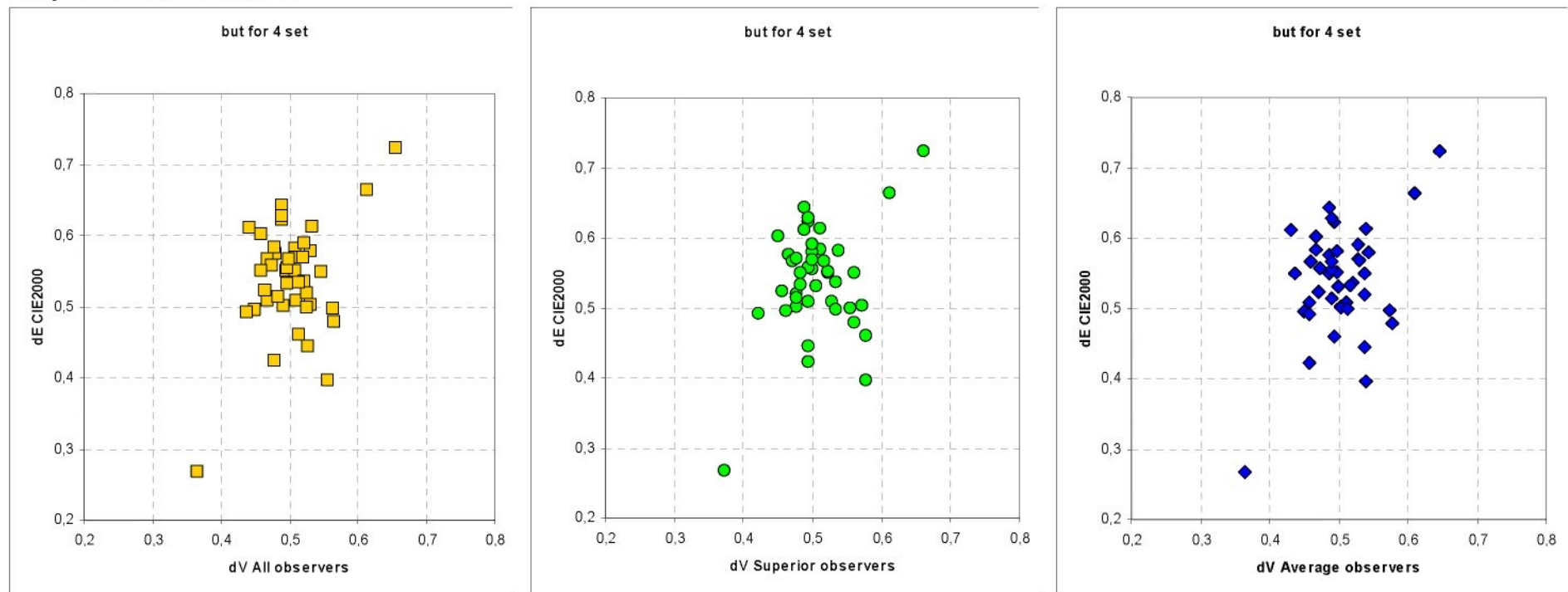
Grafy CIE2000 Normální hodnocení



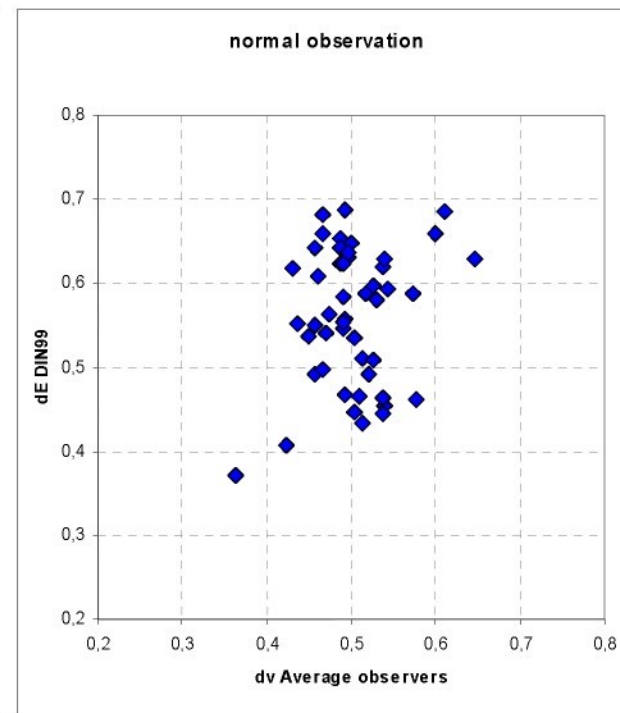
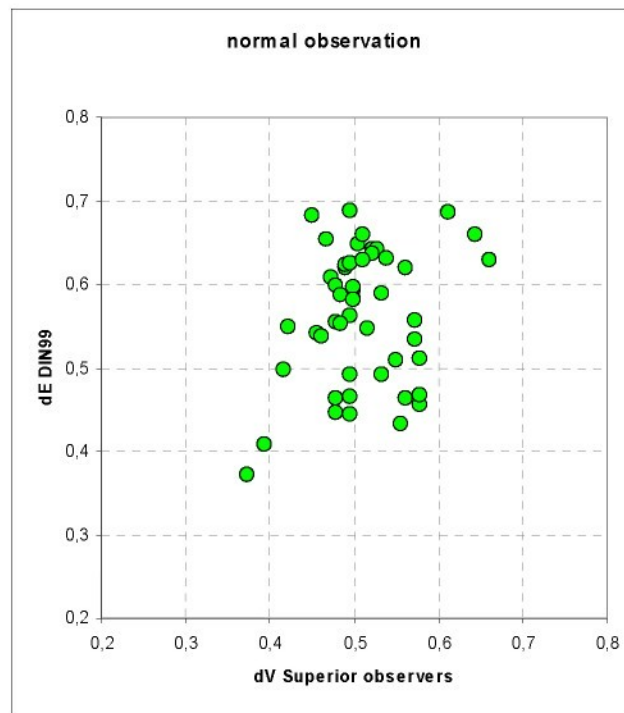
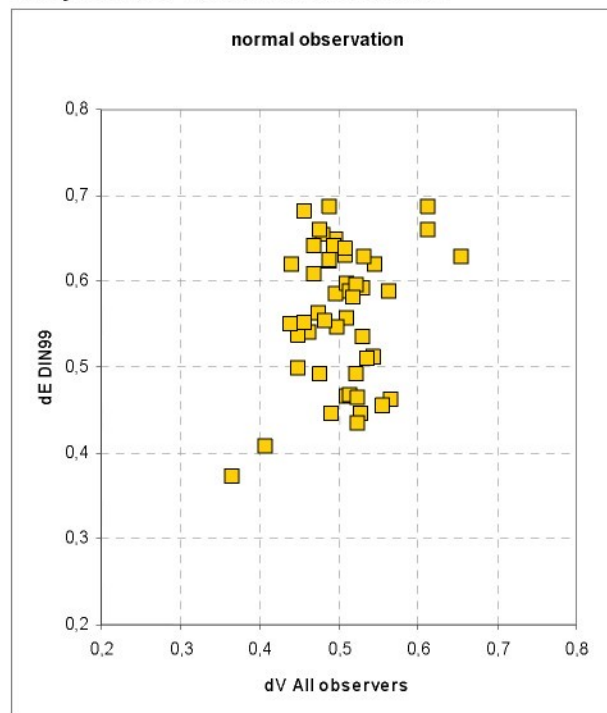
Grafy CIE2000 Obrácené hodnocení



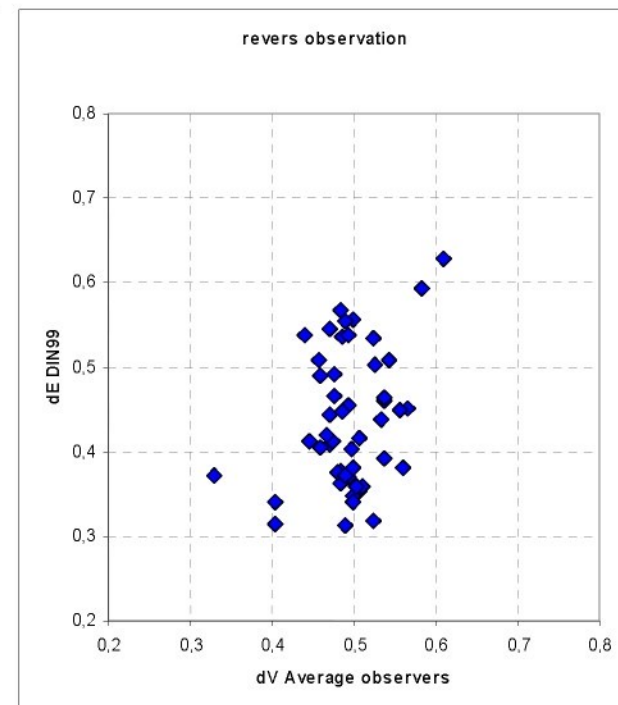
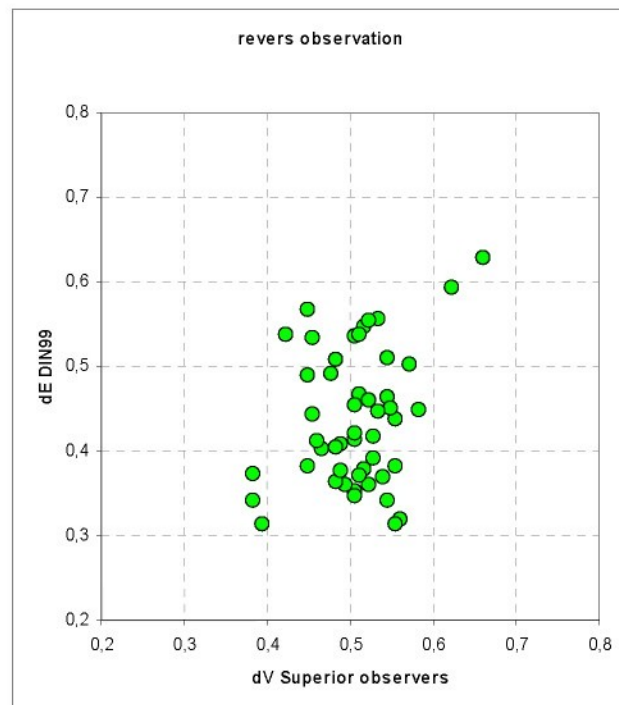
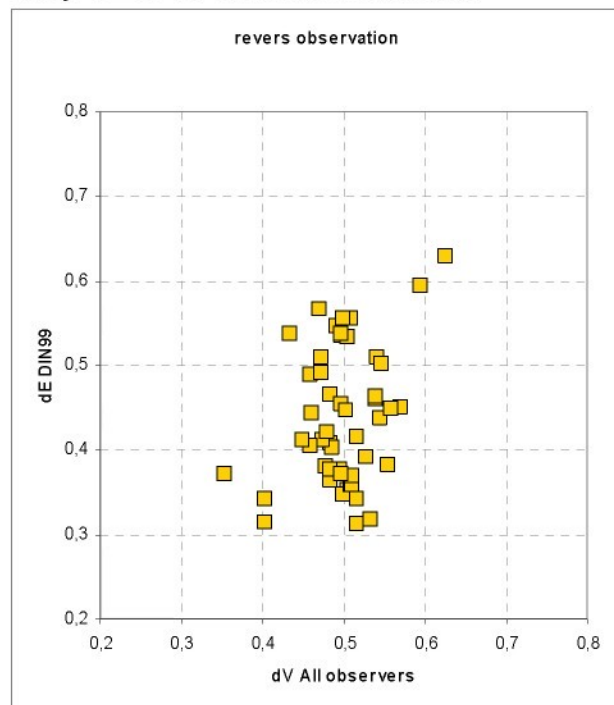
Grafy CIE2000 Bez série 4



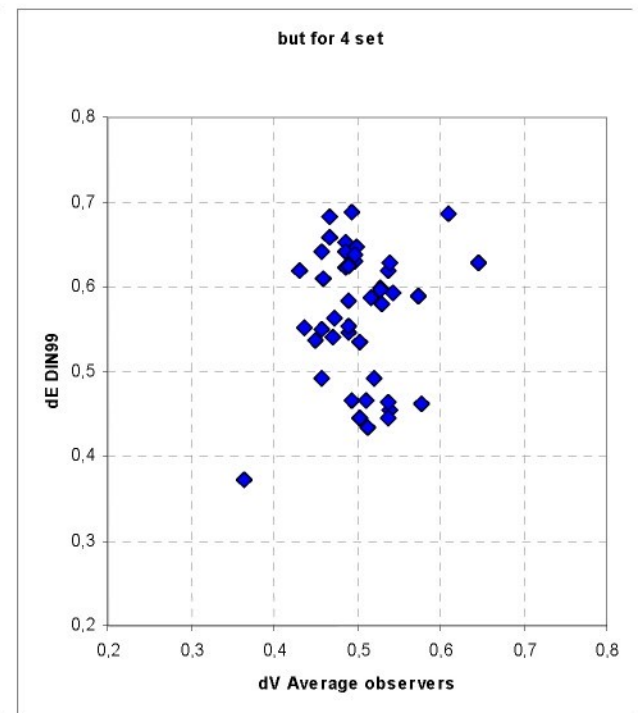
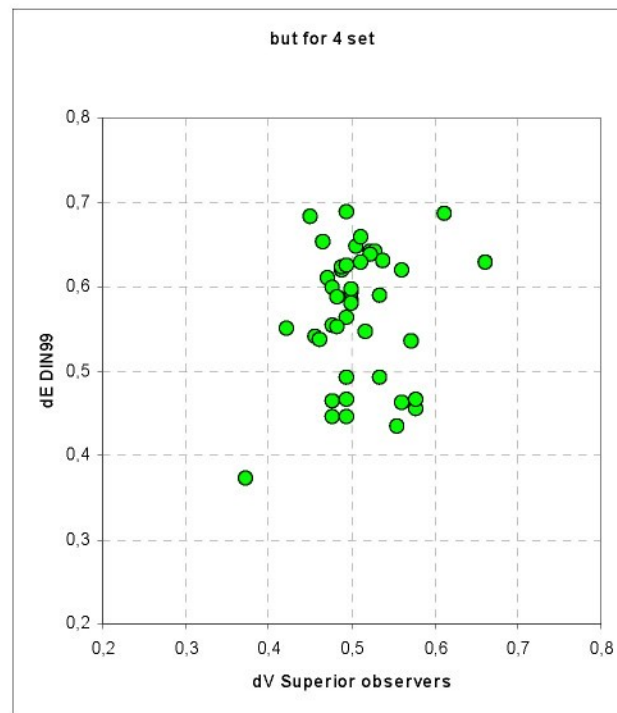
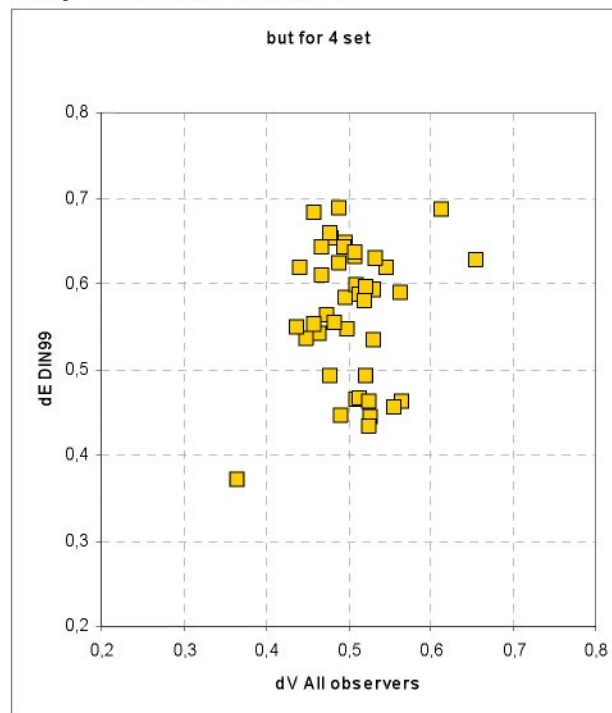
Grafy DIN99 Normální hodnocení



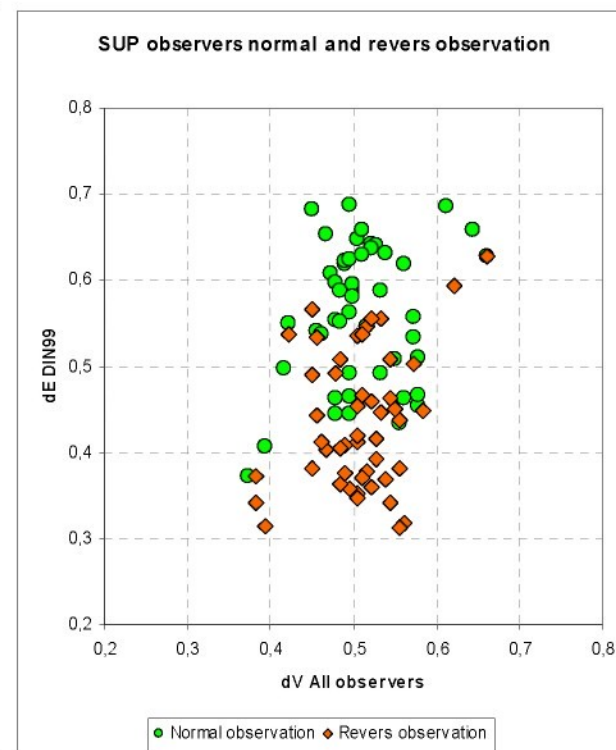
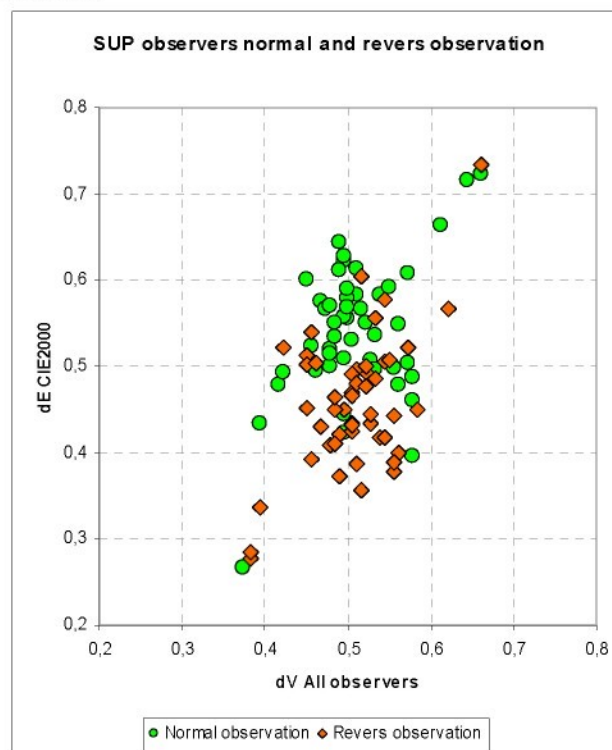
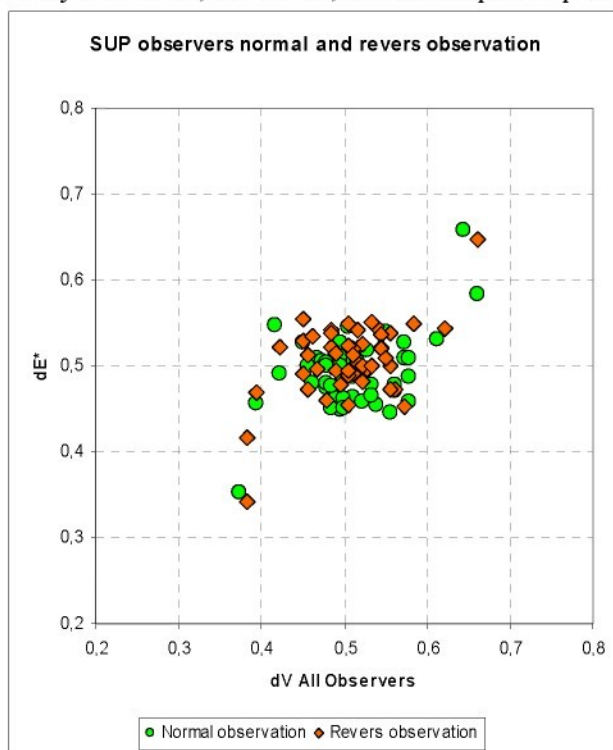
Grafy CIE2000 Obrácené hodnocení



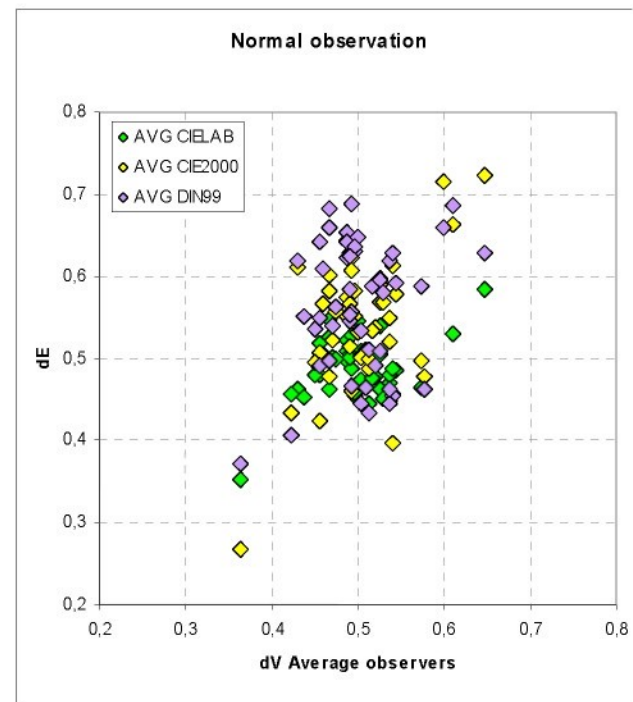
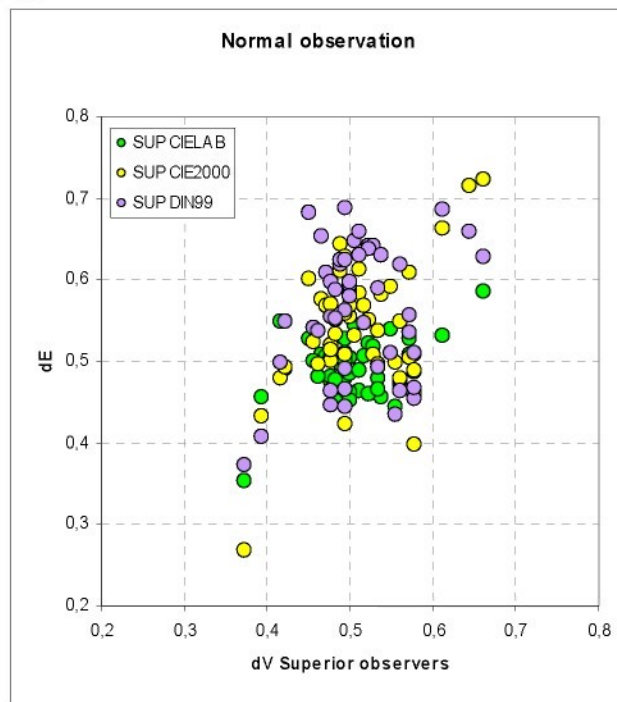
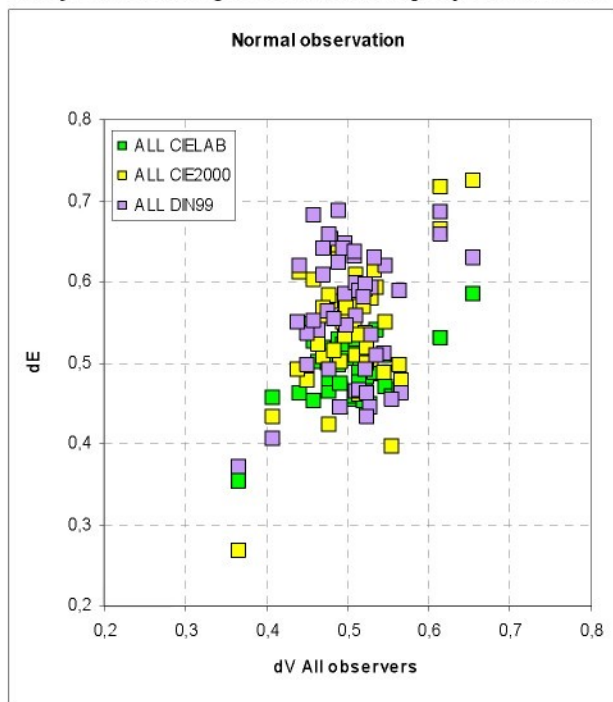
Grafy CIE2000 Bez série 4



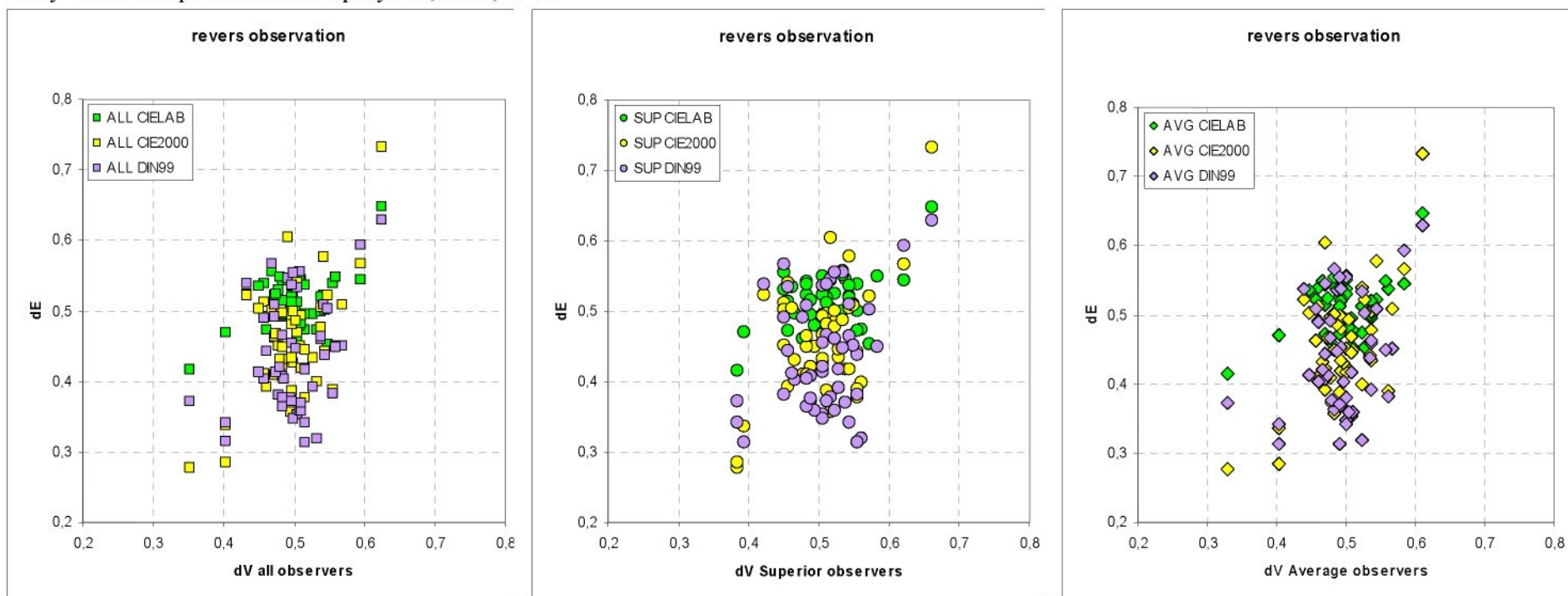
Grafy CIELAB, CIE2000, DIN99 Superior pozorovatelé



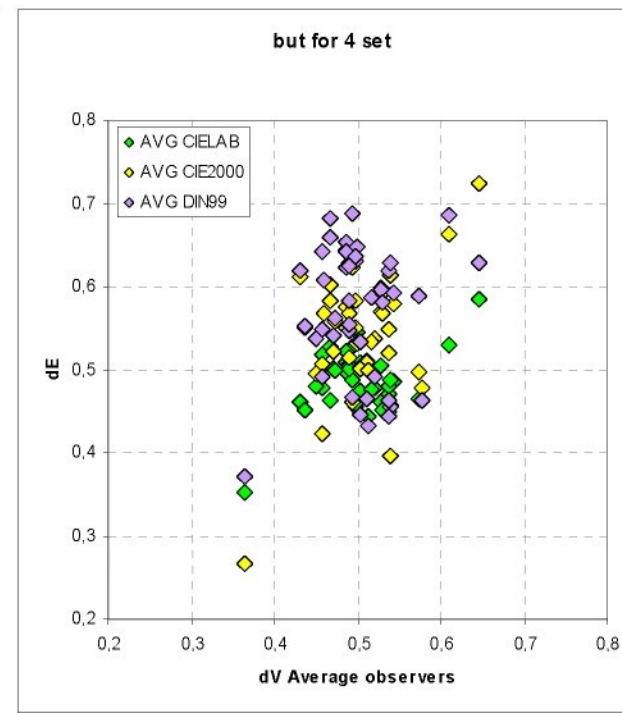
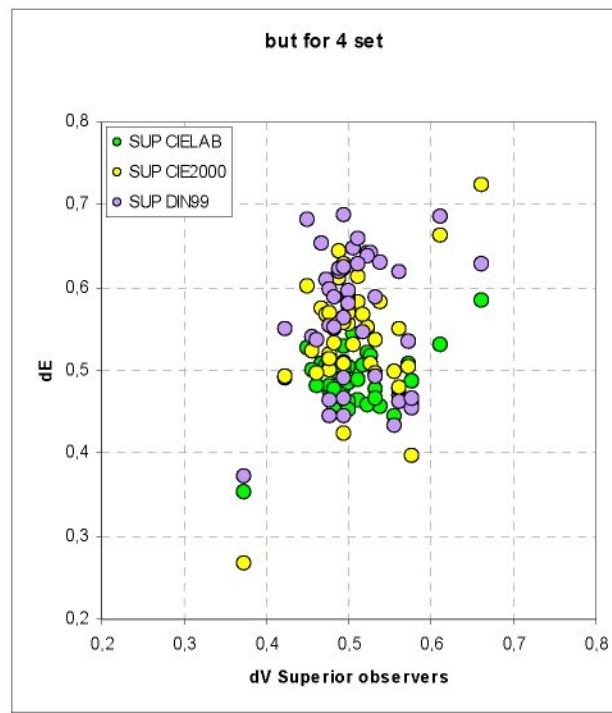
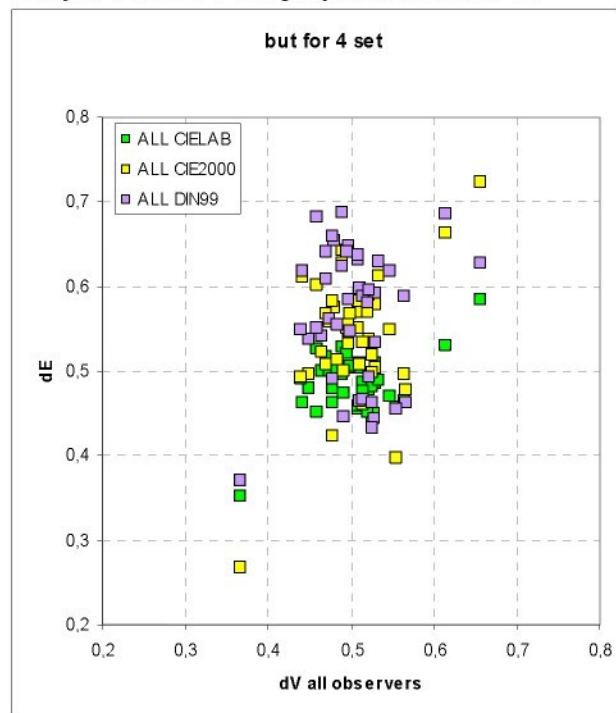
Grafy Normální pozorování skupiny All, SUP, AVG



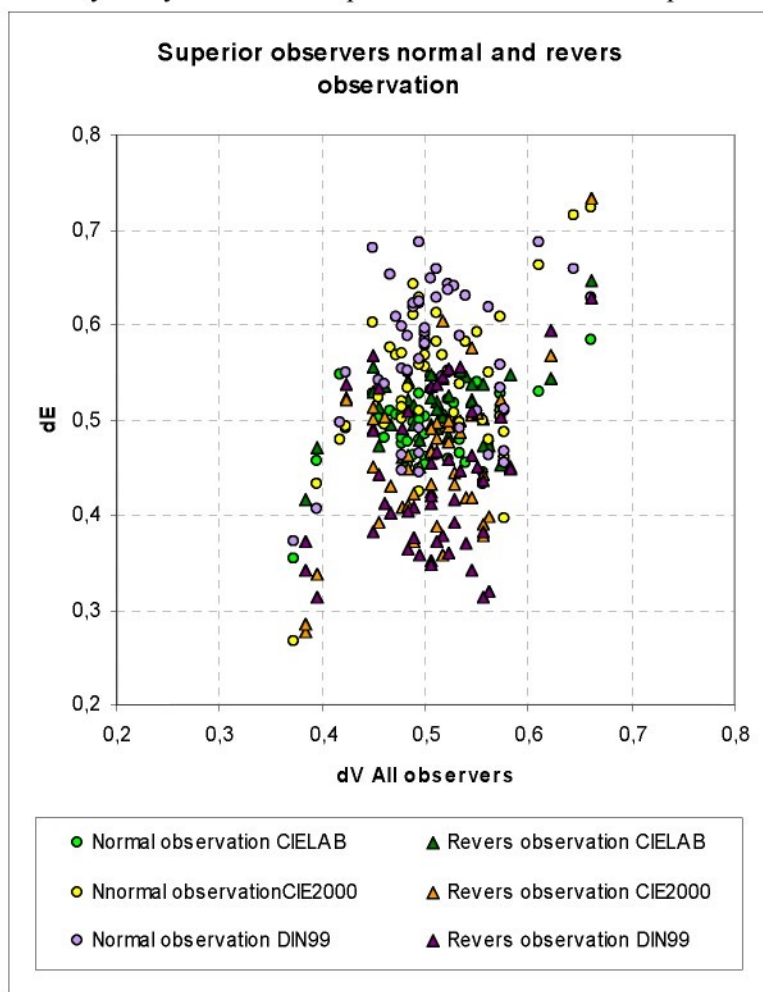
Grafy Obrácené pozorování skupiny All, SUP, AVG



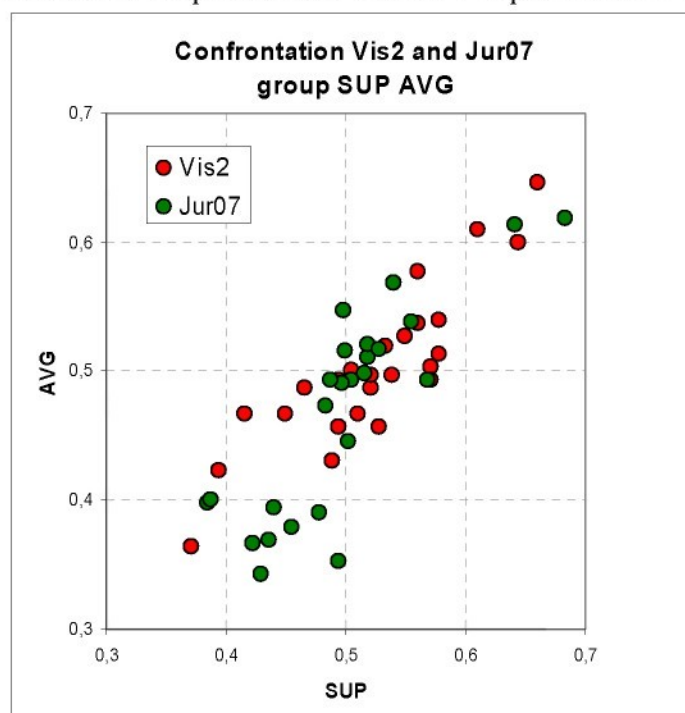
Grafy Bez série 4 skupiny All, SUP, AVG



Graf Skupina SUP na vybraných rovnicích pro normální a obrácené pozorování



Graf Porovnání korelace mezi skupinami SUP a AVG v experimentech Vis 2 a Jur07



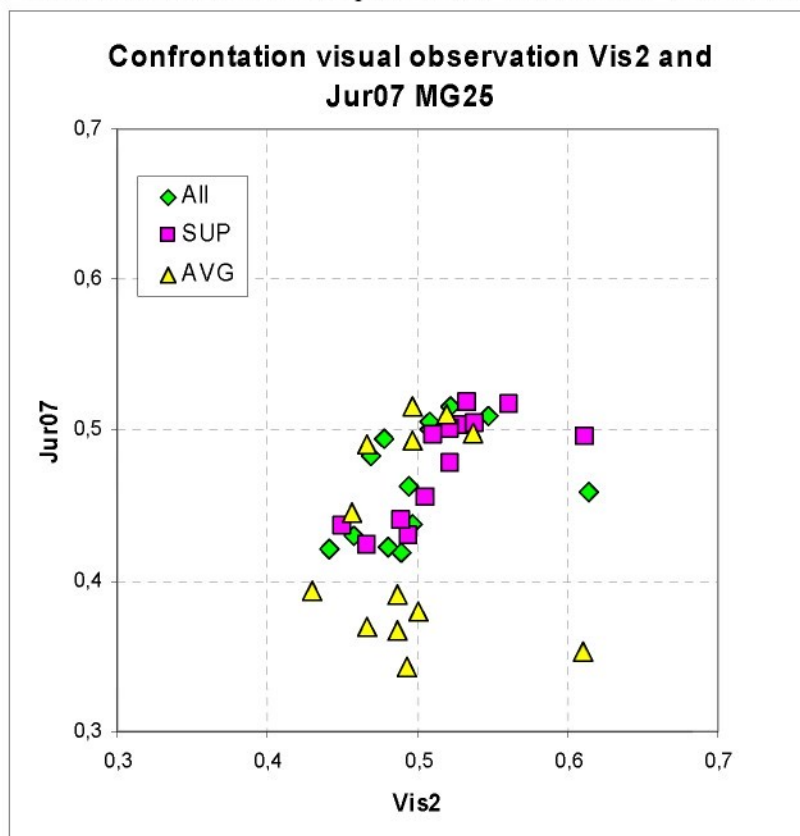
Tab. Porovnání vizuálního hodnocení experimentů Vis 2 a Jur07

	Vis 2				Jur07		
	All	SUP	AVG		All	SUP	AVG
Serie 1	visual			MG25	visual		
Cw	0,458	0,450	0,467	A	0,430	0,437	0,369
Vw	0,497	0,506	0,500	B	0,437	0,455	0,380
Mw	0,489	0,494	0,493	C	0,419	0,430	0,343
Ow	0,481	0,467	0,487	D	0,422	0,423	0,367
Yw	0,614	0,611	0,610	E	0,459	0,495	0,353
Lw	0,494	0,522	0,487	F	0,463	0,478	0,391
Serie 2				MG25			
Cn	0,469	0,528	0,457	G	0,483	0,503	0,445
Vn	0,442	0,489	0,430	H	0,421	0,440	0,394
Mn	0,508	0,539	0,497	I	0,500	0,505	0,494
On	0,478	0,511	0,467	J	0,494	0,497	0,491
Yn	0,547	0,561	0,537	K	0,509	0,517	0,499
Ln	0,508	0,522	0,497	L	0,506	0,500	0,516
NW	0,522	0,533	0,520	M	0,515	0,518	0,511
Serie 3				MG27			
C	0,567	0,561	0,577	A	0,547	0,540	0,569
V	0,367	0,372	0,363	B	0,383	0,385	0,398
M	0,556	0,578	0,540	C	0,553	0,555	0,538
O	0,478	0,494	0,457	D	0,550	0,568	0,493
Y	0,656	0,661	0,647	E	0,661	0,683	0,619
L	0,531	0,572	0,503	F	0,519	0,518	0,521
Serie 4				MG27			
V	0,511	0,572	0,493	G	0,490	0,488	0,494
O	0,614	0,644	0,600	H	0,630	0,642	0,613
L	0,544	0,578	0,513	I	0,523	0,528	0,518
C	0,450	0,417	0,467	J	0,485	0,483	0,474
Y	0,536	0,550	0,527	K	0,510	0,498	0,547
M	0,408	0,394	0,423	L	0,392	0,388	0,401

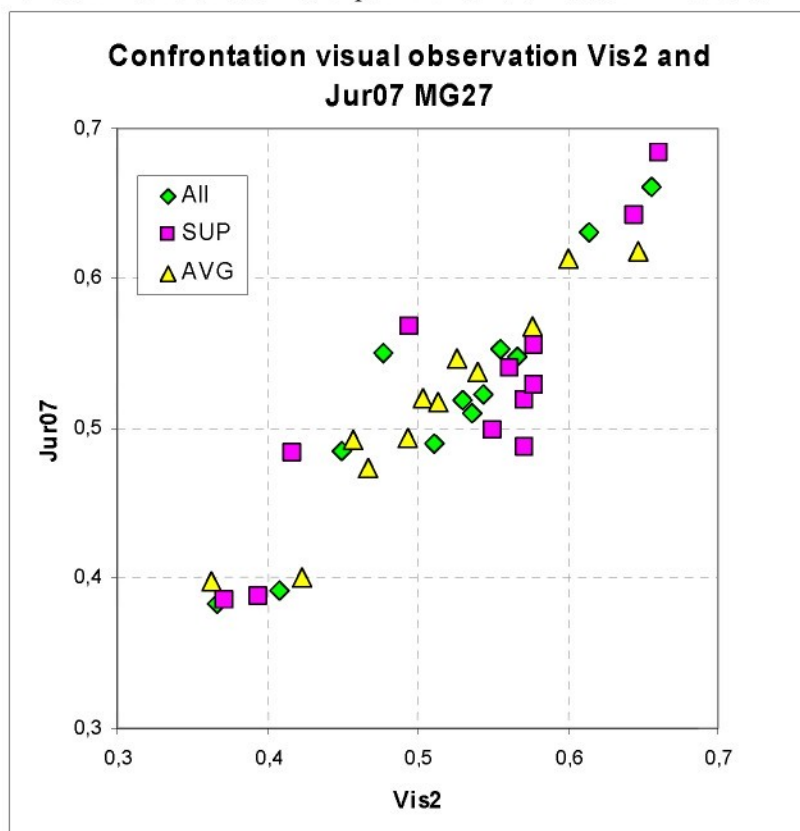
Tab. Porovnání objektivního měření Vis 2 D65/2 a Jur07D65/2 přepočítaného vybranými rovnicemi

Vis 2 D65/2				Jur07 D65/2			
Serie 1	CIELAB	CIE2000	DIN99	MG25	CIELAB	CIE2000	DIN99
Cw	0,527	0,601	0,682	A	0,519	0,575	0,402
Vw	0,545	0,531	0,647	B	0,530	0,485	0,383
Mw	0,528	0,623	0,687	C	0,519	0,565	0,405
Ow	0,508	0,575	0,653	D	0,500	0,553	0,401
Yw	0,530	0,663	0,686	E	0,515	0,677	0,417
Lw	0,521	0,550	0,641	F	0,507	0,578	0,400
Serie 2				MG25			
Cn	0,518	0,508	0,641	G	0,484	0,500	0,388
Vn	0,462	0,611	0,618	H	0,471	0,620	0,386
Mn	0,455	0,582	0,631	I	0,469	0,592	0,397
On	0,463	0,583	0,659	J	0,465	0,585	0,400
Yn	0,470	0,549	0,619	K	0,481	0,560	0,391
Ln	0,458	0,551	0,637	L	0,468	0,560	0,396
NW	0,478	0,537	0,492	M	0,483	0,544	0,337
Serie 3				MG27			
C	0,477	0,478	0,462	A	0,504	0,527	0,551
V	0,353	0,267	0,372	B	0,379	0,288	0,492
M	0,457	0,396	0,454	C	0,471	0,443	0,565
O	0,479	0,423	0,491	D	0,473	0,445	0,577
Y	0,585	0,724	0,628	E	0,559	0,690	0,620
L	0,509	0,503	0,534	F	0,488	0,483	0,572
Serie 4				MG27			
V	0,528	0,608	0,557	G	0,533	0,619	0,390
O	0,658	0,716	0,659	H	0,633	0,702	0,417
L	0,509	0,488	0,510	I	0,492	0,476	0,382
C	0,548	0,478	0,498	J	0,561	0,482	0,397
Y	0,539	0,591	0,509	K	0,540	0,591	0,393
M	0,456	0,433	0,407	L	0,483	0,452	0,332

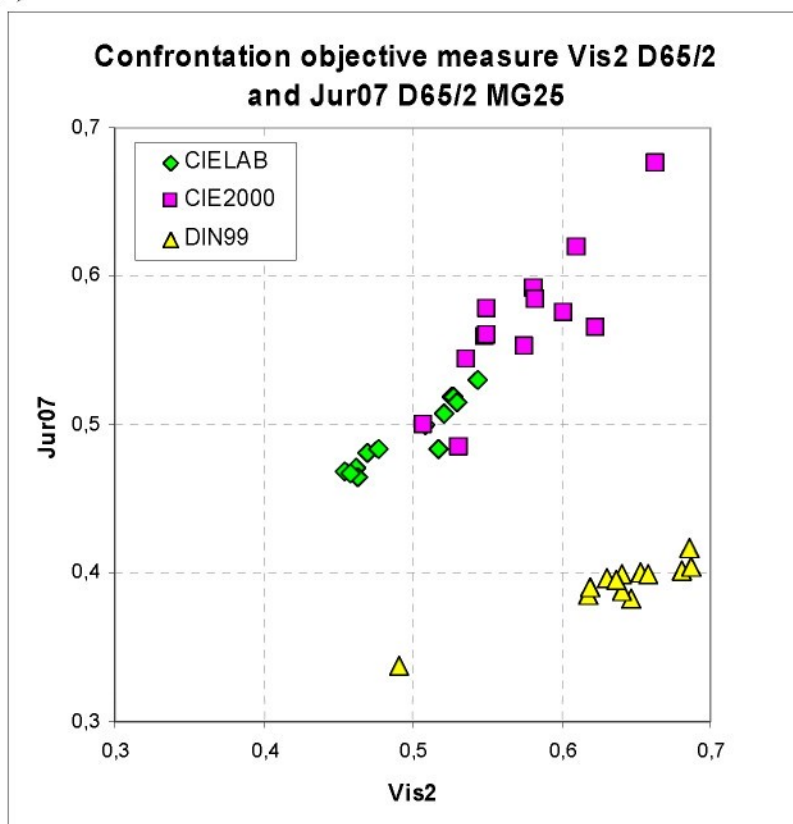
Graf porovnání vizuálního hodnocení u experimentů Vis 2 a Jur07 na kartě MG25 (série 1,2)



Graf porovnání vizuálního hodnocení u experimentů Vis 2 a Jur07 na kartě MG27 (série 3,4)



Graf porovnání objektivního měření u experimentů Vis 2 D65/2 a Jur07 D65/2 na kartě MG25 (série 1,2)



Graf porovnání objektivního měření u experimentů Vis 2 D65/2 a Jur07 D65/2 na kartě MG27 (série 3,4)

