



Termochromní textilie – vybrané uživatelské stálosti a receptování

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 - Textil

Studijní obor: 3107R006 – Textilní a oděvní návrhářství

Autor práce: **Petra Honejsková**

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.





Thermochromic textiles – selected fastness and recipe calculation

Bachelor thesis

Study programme: B3107 - Textil

Study branch: 3107R006 – Textile and Fashion Design – Textile
Design
and Technology

Author: **Petra Honejsková**

Supervisor: doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra Honejsková**
Osobní číslo: **T14000156**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní a oděvní návrhářství**
Název tématu: **Termochromní textilie - vybrané uživatelské stálosti
a receptování**
Zadávací katedra: **Katedra designu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě dostupné literatury zpracujte rešerši dosavadních poznatků v oblasti termochromních systémů a jejich vlastností u vybraných stálostních testů.
2. Na předložených termochromních textilních vzorcích přeměřte kolorimetrické parametry použitých pigmentů před a po jednotlivých stálostních testech.
3. Porovnejte kolorimetrické a kinetické parametry získané výpočtem ze změny barevného rozdílu (DE).
4. Na základě provedených měření proveďte odhad receptury pro vybrané části kamuflážního vzoru.
5. Navrhňte další postup s ohledem na cílové použití pro vojenský kamuflážní efekt.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 25

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

BAMFIELD, P. Chromic phenomena technological applications of colour chemistry. Cambridge: RSC, 2001. ISBN 0-8404-474-4.

TAO, X. Smart fibres, fabrics, and clothing. Cambridge: Woodhead publishing Ltd, 2001. ISBN 9781855735460.

VIKOVÁ, M. UV sensible sensors based on textile fibres, International Lighting and Colour Conference, CapeTown: 2-5.Nov. 2003.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Martina Viková, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: 9. října 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 5. ledna 2018

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



Ing. Renata Štorová, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 11. prosince 2017

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

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

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Martině Vikové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, odborné konzultace a cenné rady. Také děkuji panu doc. Ing. Michalovi Vikovi, Ph.D. za cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Marcele Pechové za vstřícnost a ochotu, kterou mi v průběhu bakalářské práce věnovala.

Velké poděkování patří celé mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

Anotace

Předmětem této bakalářské práce je studium termochromního jevu, při kterém dochází ke změně barevného odstínu na bezbarvý anebo z jednoho odstínu na druhý vlivem teploty.

Teoretická část této práce se skládá z rešerše dosavadních poznatků v oblasti termochromních systémů a jejich vlastností u vybraných stálostních testů.

V experimentální části se tato práce zaměřuje na přípravu a specifikaci použitých termochromních pigmentů natisknutých na textilní vzorky, přeměření a zpracováním kolorimetrických hodnot vybraných stálostních testů.

Klíčová slova: termochromní textilie, uživatelské stálosti, stálobarevnost v otěru, stálobarevnost v praní, stálobarevnost na světle, barvoměnné pigmenty, strojní filmový tisk

Annotation

The subject of this bachelor thesis is thermochromic phenomenon, where the color shade is changed to colorless or is changed to other color shade due to temperature.

Theoretical part consists of research of the current knowledge about thermochromic systems and their properties in selected stability tests.

Practical part of bachelor is focused on preparation and specification of used thermochromic pigments that are printed on textile samples, measurement and processing of colorimetric values of selected stability tests.

Key words: thermochromic textile, user stability, color fastness in abrasion, color fastness to washing, color fastness to light, color changing pigments, machine film printing

Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická část.....	10
1.1 Termochromismus	10
1.1.1 Reversibilní termochromní organický systém.....	10
1.1.2 Reversibilní nepřímé termochromní systémy.....	10
1.2 Termochromní pigmenty.....	11
1.3 Barevný prostor CIE XYZ	14
1.3.1 Standardní pozorovatelé.....	15
1.3.2 Barevný prostor CIE L* a b*	16
1.3.3 Kubelka-Munkova teorie.....	18
1.3.4 Kinetický model termochromních pigmentů	19
1.4 Kamuflážní efekt	20
1.4.1 Současné typy kamufláže	21
1.4.2 Digitální kamufláž.....	22
1.4.3 Tvorba digitálního vzoru.....	22
1.5 Aplikace pigmentu strojním filmovým tiskem.....	23
1.5.1 Druhy tisku v textilním průmyslu	24
2 Experimentální část.....	26
2.1 Příprava textilních vzorků	26
2.2 Rozbor použitých textilií.....	26
2.3 Použité termochromní pigmenty	27
2.4 Tisk termochromních pigmentů na tkaniny	27
2.5 Popis měření kolorimetrických parametrů	29
2.6 Závislost K/S na teplotě °C.....	32
2.6.1 Receptování	33
2.7 Uživatelské stálosti a jejich měření	34
2.7.1 Stálobarevnost v otěru.....	35
2.7.2 Stálobarevnost v praní.....	39
2.7.3 Světlostálost.....	42
Závěr.....	45
Použitá literatura.....	47
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek.....	50

Úvod

Žijeme v tzv. době „*smart*“, neboli inteligentních textilií, které jsou pro naši společnost velkým přínosem, a to především díky schopnosti reagovat na změny vnějších podmínek. Inteligentní textilie nám umožňují rozsáhlé využití nejen v oboru módy

a oděvnictví, ale také v oboru technických textilií, kde se prosadily například jako chytrý prostředek v podobě vojenských uniforem.

Při výrobě vojenských uniforem lze využít termochromní pigmenty, které jsou schopné měnit barvu vlivem působením tepla, díky čemuž se mohou přizpůsobovat nejrůznějším podmínkám prostředí. Tyto termochromní pigmenty jsou nanášeny na textilii technologií filmového tisku.

Na textilie se aplikují termochromní barviva v kapsulích. Pigmenty se projevují reverzibilní či ireverzibilní barevnou změnou. Cílem této práce je prověřit vliv různých teplot na barevnou změnu termochromních pigmentů v různých koncentracích.

Teoretická část této práce se skládá z rešerše dosavadních poznatků v oblasti termochromních systému a jejich vlastností u vybraných stálostních testů. Zaměřuje se na uživatelské stálosti v otěru, praní a světlostálosti.

V experimentální části se práce zaměřuje na přípravu a specifikaci použitého termochromního pigmentu natisknutého na textilní vzorky. Experiment se skládá ze dvou částí. V první části se práce zaměřuje na pozorování termochromního jevu měřeného spektrofotometrem. Tímto experimentem budou přeměřeny jednotlivé koncentrační řady v daných teplotách. Druhá část experimentu se zabývá technologií měření vybraných stálostních parametrů. Na základě měření koloristických parametrů se provede odhad receptury pro vybrané části kamuflážního vzoru. Tyto receptury se následně natisknou

jednak na textilní substrát PES/ba známý také pod obchodním názvem Romusa, a jednak na kamuflážní textilii. Na základě tohoto experimentu bude navrhnout další postup s ohledem na cílové použití pro vojenskou kamuflážní textilii.

Cílem této práce je prověřit vliv různých teplot na barevnou změnu termochromních pigmentů v různých koncentracích. Změna barevného odstínu bude získána za pomoci barevné odchylky dE^* . Kolorimetrické parametry použitých pigmentů budou změřeny před a po jednotlivých stálostních testech. Dále se termochromní vzorky podrobí stálostním testům v otěru, praní a světlostálosti.

Následně se porovnají kolorimetrické a kinetické parametry získané výpočtem ze změny barevného odstínu dE^* .

1 Teoretická část

Tato část je zaměřena na dosavadní poznatky v oblasti termochromních systémů. Dále se zabývá vojenskou kamufláží a technikou strojního filmového tisku.

1.1 Termochromismus

Termochromismus můžeme charakterizovat jako změnu odstínu v důsledku změny okolní teploty. Změnu odstínu lze zaznamenat lidským okem nebo spektrofotometrem. V textilních oborech se využívají nyní pouze dva typy termochromních látek, a to kapalně krystalové a látky s přeskupením molekul. V obou případech jsou barviva uložena v mikro-kapslích, které se aplikují do textilií jako pigmenty vázané pryskyřicí. Technicky vhodnější definice termochromismu je oddělení reversibilního organického termochromismu ve „vnitřním“ systému, kde teplo je jediná příčina barevné změny, od nepřímého systému, ve kterém barevná variace zahrnuje změnu prostředí okolo chromoforu □ vyvolanou změnou teploty. [1,2]

1.1.1 Reversibilní termochromní organický systém

V těchto systémech ohřev samotný, bez potřeby přídavku jiného činidla, způsobuje změnu barvy v chromoforu a po odstranění zdroje tepla se barva vrací do původního zabarvení a tepelně □ stabilního stavu. [1]

1.1.2 Reversibilní nepřímé termochromní systémy

Přestože termochromní sloučeniny jsou materiály s možností mnoha aplikací, v praxi vyžadují relativně vysoké teploty (okolo 400°C) pro dosažení barevného efektu. Tím je limitováno jejich použití. Dalším problémem je příprava takových materiálů □, které vykazují změnu spektrálních vlastností ve vizuální části spektra. Zajímavé je také to, že barvivo samo o sobě □ v těchto systémech není termochromní, ale ke změnám barvy obvykle dochází přechodem těchto barviv z různých fyzikálních stavů □ (rekrytalizace apod.) při zvýšení nebo snížení teploty okolí.

[1]

1.2 Termochromní pigmenty

Kompozitní termochromní pigmenty se skládají ze tří složek:

- pH citlivé barvivo,
- protonový donor, který působí jako barevná vývojka,
- hydrofobní netěkavé pomocné rozpouštědlo.

K dosažení požadovaného efektu jsou všechny složky smíchány ve specifických poměrech a obvykle enkapsulovány, aby byl systém ochráněn při následujících aplikacích. Enkapsulace pigmentu je proces, kdy se dispergované částice kapalné nebo pevné fáze obalí tenkým polymerním filmem o tloušťce 0,2 – 10 nm. Tím se zajistí stabilita pigmentu proti vnějšímu působení. Nanesená vrstva má u termochromních systémů minimální permeabilitu. pH senzitivní barviva patří do třídy spirolaktonů nebo fluoranů.

Pokud dojde k ohřátí systému nad teplotu tání synergické směsi vyšších mastných kyselin, pak díky jejich působení dochází k otevření kruhu bezbarvé formy laktonu, což má za následek barevnou reakci. Laktony lze použít jako barevné vývojky, nejvýznamnější je Bisphenol A, který vyvíjí brilantní barvy a barevná změna vykazuje vysoký kontrast. Často používanými pomocnými rozpouštědly jsou vedle mastných kyselin s nízkým bodem tání, amidy a alkoholy.

Při výrobě pigmentů se barevná báze, vývojka a pomocné rozpouštědlo roztaví a ochladí za vzniku barevného pigmentu. Výsledný pigment má tyto zajímavé vlastnosti:

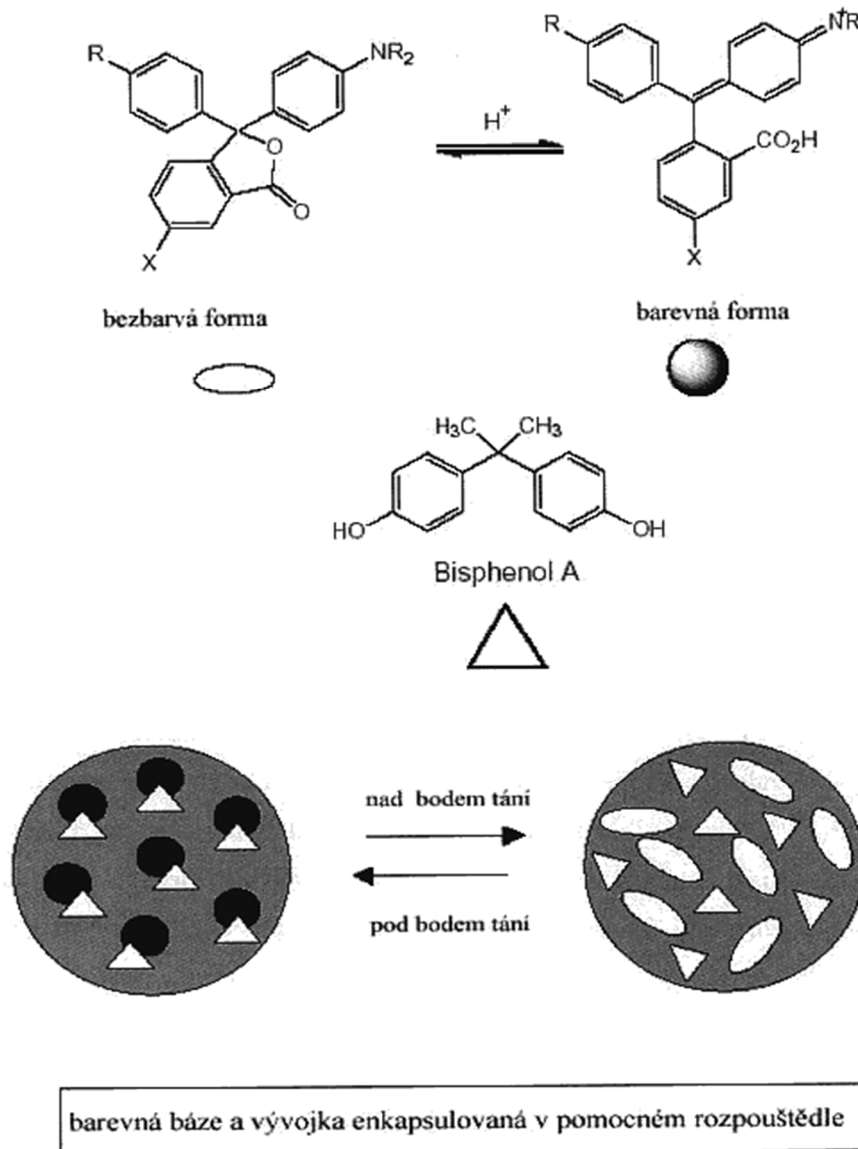
- změna barvy v krátkém intervalu teplot,
- různé teploty barevné změny ovlivněné pomocným rozpouštědlem,
- široký výběr barev od žluté do červené, modré, zelené a černé. [1]

Pigment je zabarvován v pevné fázi materiálu při reakci barevné báze s vývojkou, nejčastěji přes komplex iontového páru. Tání kompozitu s touto reakcí vede k negativnímu termochromnímu efektu a ztrátě barevného zbarvení. Normální barevná

změna je z barevné na bezbarvou, termochromních pigmentů s odlišným bodem tání, podobně jako u jednocomponentní směsi, kdy dochází ke změně z barevné formy na bezbarvou při teplotě bodu tání. [1]

Nejužívanější typy barviv, které vykazují termochromismus jsou spiro-laktony, i když jsou užívány i jiné typy barviv. V nich bezbarvý prekurzor je smíchán s barevnou vývojkou. Roztok je enkapsulovaný a při nižší teplotě je v organickém rozpouštědle tuhý. Soustava se zbarví nebo odbarví ohřevem. Opačné změny vznikají při ochlazení směsi. [17]

Obr. 1: Schéma kompozitu organického termochromního pigmentu [1]



Termochromní pigmenty mají možnost aplikací např. v inkoustech, nátěrech a oděvech. Nátěry jsou dostupné pro řadu substrátů včetně kovů, ABS, PP, PE, PVC, atd. Inkousty byly vyvinuty pro mnoho typů tiskových procesů (sítotisk, gravurový a flexografický, aplikace pro ofsetovou litografii). Předsměs plastických koncentrátů může být vyrobena z ABS, PS, PP, PVC, PA a PET. V textilních strukturách jsou termochromní materiály používány pro výšivky, tkací příze, na přenosový papír pro přenosový tisk na různé typy textilních materiálů a také na ochranné známky či loga textilních výrobců.

Příklady známého použití takovýchto materiálů jsou:

- indikátory teploty pro plastické nádoby, na dětská jídla, které mění svoji barvu,
- indikační pásy na pivní láhve, které indikují správné skladování, či stupeň vychlazení
- kartony mléčných výrobků s možností indikace, kdy má být vychlazen.

Obr. 2: Indikátory teploty [4,5,6]



je třeba mít na paměti určitá omezení této technologie jako (především citlivost na UV záření), která má za následek skutečnost, že výrobky nelze dlouhodobě užívat v případech, kdy dochází ke sluneční expozici. Použití termochromními pigmenty v teplotně zatížených prostředích, např. ve výrobních halách s velkými výkyvy teplot nebo v prostředí s trvale zvýšenou teplotou má za následek snížení

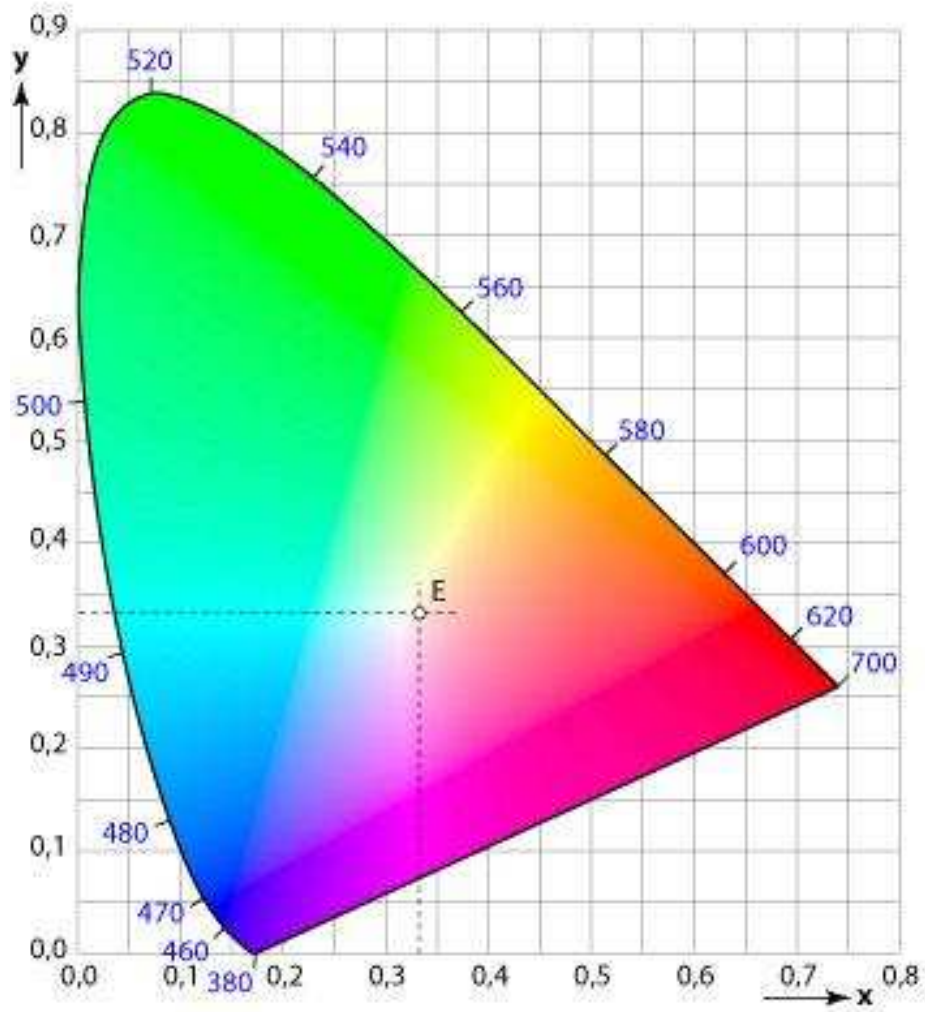
[1]

1.3 Barevný prostor CIE XYZ

Jedná se o první matematicky definovaný barevný prostor, který v roce 1931 vytvořila Mezinárodní komise pro osvětlování (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE).

Ke vzniku barevného prostoru CIE 1931 přispěly experimenty, které nezávisle na sobě ve 20. letech 19. století prováděli W. David Wright (1928) a John Guild (1931). Předlohou pro odvození barevného prostoru CIE XYZ a stanovení tzv. CIE standardního pozorovatele, byl prostor CIE RGB.

Obr. 3: CIE kolorimetrický trojúhelník [21]



1.3.1 Standardní pozorovatelé

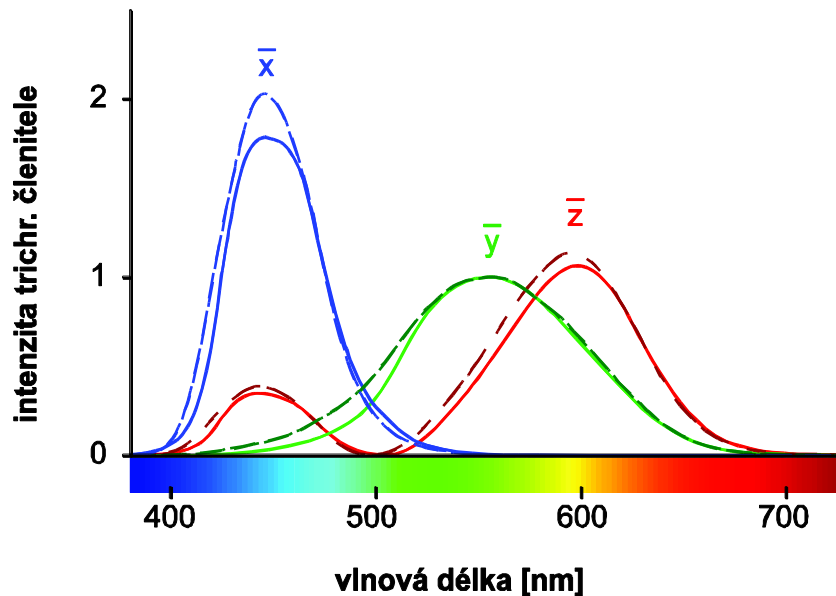
Mezinárodní komise pro osvětlení CIE definovala dva standardizované pozorovatele: dvoustupňového (2°) a doplňkového desetistupňového (10°), každého pomocí tří sad hodnot, které jsou nazývány trichromatičtí členitelé \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} . Tyto hodnoty vyjadřují poměrnou citlivost pozorovatele a byly získány experimentálně.

Dvoustupňový pozorovatel byl získán tak, že pozorovatelé měli pomoci tři světla (červené, zelené a modré) namíchat barvu shodnou s barvou monochromatického světla

o určité vlnové délce. Experiment byl proveden takto. Obraz dopadal pouze na centrální část sítnice a k aktivaci docházelo pouze u čípků.

Desetistupňový pozorovatel byl získán tak, že obraz dopadal nejen na sítnici pozorovatelů, ale i na oblast, kde se vyskytovaly tzv. tyčinky. Hodnoty těchto trichromatických členitelů jsou hodnoty tabelované a je potřebné určit, které se pro výpočet kolorimetrických parametrů využijí.

Obr. 4: Trichromatické členitelé 2° (plné čáry) a 10° (čárkované čáry) pozorovatele [1]



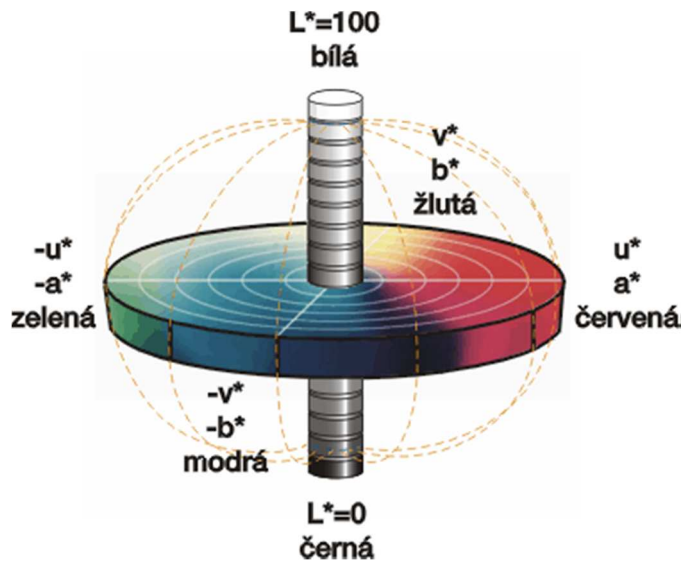
1.3.2 Barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$

System CIE $L^*a^*b^*$ vychází z barvového prostoru XYZ. Pomocí něj můžeme vyjádřit barvy v číselných hodnotách a tím je lokalizovat uvnitř barevného prostoru. V modelu jsou obsaženy všechny barvy zachytitelné lidským okem. Barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ využívá k popisu barvy tři základní barvy, barevný tón, sytost a jas.

Složka L^* vyjadřuje světllost a zobrazuje se na svislé ose. Nabývá hodnot od 0% (černá) až po 100 (bílá). Hodnota a^* vyjadřuje polohu barvy mezi zelenou (záporná část osy) a červenou barvou (kladná část osy) a hodnota b^* polohu barvy na ose modrá-žlutá (modrá leží na záporné části osy, žlutá na kladné části osy). Ve středu kruhového diagramu se nachází odstíny šedé barvy. Na rozdíl od soustavy XYZ, není nutné nejprve přepočítat trichromatické složky na trichromatické souřadnice, na základě

kterých lze odstín identifikovat.

Obr. 5: Barvový prostor CIE – L*a*b* [19]



Základní transformační rovnice pro systém CIE L*a*b* pokud platí, že $X/X_0, Y/Y_0, Z/Z_0 > 0,008856$:

$$L^* = 116 - 1,08 \frac{Y}{Y_0} \quad (1)$$

$$a^* = 50 \left(\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0} \right) \quad (2)$$

$$b^* = 20 \left(\frac{X}{X_0} + 2 \frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0} \right) \quad (3)$$

ní rovnice pro systém CIE L*a*b* pokud platí, že $X/X_0, Y/Y_0, Z/Z_0 < 0,008856$:

$$L^* = 9,0331 \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \quad (4)$$

$$a^* = 13,8020 \left(\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0} \right) \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \quad (5)$$

$$b^* = 3,4414 \left(\frac{X}{X_0} + 2 \frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0} \right) \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \quad (6)$$

Celková barevná odchylka, někdy označovaná jako "totální barevná diference", je definovaná a matematicky vyjádřena pomocí Pythagorovy věty následujícím vztahem:

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

Vyjádřuje rozdíl mezi předlohou a vzorkem, nemůže však indikovat povahu této diference. Tuto dodatečnou informaci poskytují rozdělení do tří složek, které můžeme vyjadřovat buď v rámci pravoúhlé soustavy LAB nebo v rámci cylindrické soustavy LCH.

V případě prostoru LAB je situace relativně jednoduchá, neboť pracujeme v soustavě pravoúhlých souřadnic:

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

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

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

U systému LCH jsme však postaveni před určitý problém, který představují cylindrické souřadnice. Vzhledem k tomu, že je výsledkem výpočtu v rámci pravoúhlého systému souřadnic, je nutné úhlovou diferencí upravit tak, aby neměla polární, ale kartézský charakter jak je vidět v rovnicích:

$$\Delta L^* = L_{2(vzorku)}^* - L_{1(předloha)}^*, \quad (11)$$

$$\Delta C^* = C_{2(vzorku)}^* - C_{1(předloha)}^*, \quad (12)$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta C^*)^2 - (\Delta L^*)^2}, \quad (13)$$

1.3.3 Kubelka-Munkova teorie

Využitím Kubelka-Munkovy teorie jsme schopni analyzovat absorpci, odraz

a přechod světla dopadajícího na barevnou plochu. Výsledný poměr ovlivňuje složení materiálu a povrch barevné plochy. V případě, že je absorpce vzhledem k rozptylu velmi nízká, jedná se o čistě bílé těleso. To veškeré světlo odráží. Pokud je však absorpce

ve srovnání s rozptylem vysoká, jedná se o absolutně černé těleso, které veškeré světlo pohltí. V případě výběrové (selektivní) absorpce dochází k pohlcení pouze určité části spektra.

Kubelko-Munkova funkce předpokládá, že optické vlastnosti materiálu, který absorbuje a rozptyluje světlo, lze vyjádřit součtem dvou konstant. Absorpční konstantou k a konstantou rozptylu s .

Základní Kubelko-Munkova funkce zní takto:

$$f(R_{\lambda\infty}) = \frac{(1-R_{\lambda\infty})^2}{2R_{\lambda\infty}} = \frac{K_{\lambda}}{S_{\lambda}} \quad (14)$$

$R_{\lambda\infty}$... remisní hodnoty pro příslušnou vlnovou délku

K_{λ} ... absorpční koeficient

S_{λ} ... rozptylový koeficient

Parametr K/S je lineárně závislý na koncentraci barviva ve vlákne K/S .

1.3.4 Kinetický model termochromních pigmentů

U termochromních systému lze sledovat kinetiku dvěma způsoby. Bud změnou polohy vyvíjeného odstínu kolorimetrickém CIE $L^*a^*b^*$ souřadném systému nebo spektrofotometricky sledováním změny Kubelka-Munkovy funkce, která se vztahuje k intenzitě. U spektrofotometru je důležité zajistit z důvodu vysoké citlivosti aplikovaných termochromních pigmentů stabilizaci teploty pro izotermní sledování kinetiky. Popřípadě je nutné zajistit plynulé temperování daného vzorku z počáteční na konečnou hodnotu teploty. Teplota je volena podle toho, v jakém teplotním rozsahu termochromní systém pracuje a je senzitivní.

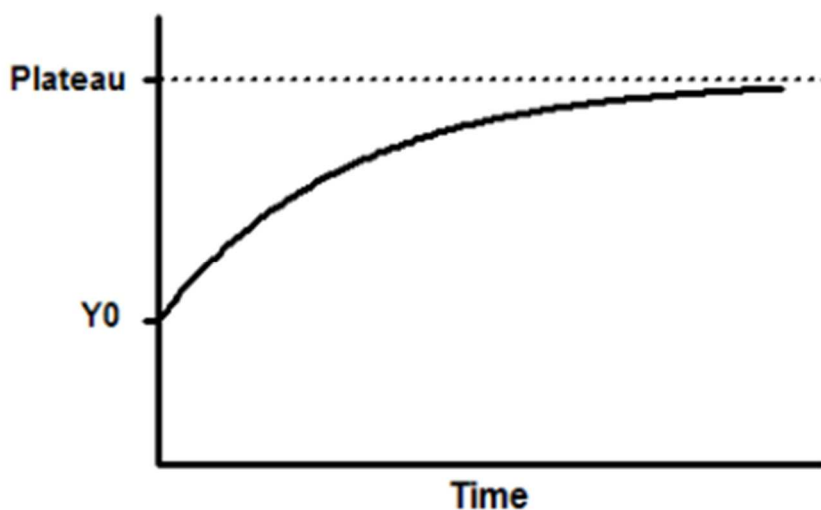
[1]

Rovnice kinetického modelu:

(15)

kde Y_0 je počáteční hodnota v čase 0, Plateau je hodnota Y v nekonečnu, které vyjadřuje stejné hodnoty jako Y , K je koeficient vztažený k časové ose X .

Obr. 6: Průběh kinetického modelu



1.4 Kamuflážní efekt

Historie kamufláže neboli maskování bezpochyby spadá do celé historie nejen lidstva, ale i zvířat. Již v pravěku lidé využívali při lovu maskování pomocí kožešin a bahna, které si roztírali po celém těle.

V současnosti dochází k největšímu vyžití tohoto efektu ve vojenském odvětví. Vojáci jsou v ohrožení na životě téměř každý den. Stačí tedy pouhé malé zaváhání a může to nejen pro jednotlivce, ale pro celou skupinu znamenat prozrazení či jistou smrt. Jeden z nejjednodušších způsobů obrany je přizpůsobení zbarvení svého oděvu okolnímu prostředí a ročnímu období.

Kamuflážní efekt aplikovaný na textilii uniformy tak, jak jej známe, byl poprvé použit britskou armádou počátkem 20. století. Brity následovali Američané, Rusové, Italové a Němci. Postupem času docházelo ke zdokonalení této technologie,

a v současnosti používá armáda každého státu vlastní vzor pro kamuflážní efekt. Současné kamufláže jsou převážně tvořeny nepravidelnými plochami barev.

Na krátké vzdálenosti se používá malý rozměr maskovacího vzoru a na dlouhé vzdálenosti je využíván maskovací vzor velkých rozměrů. Barevnost určuje prostředí. Kamufláž se v prostředí shoduje barevností nikoliv strukturou. Účelem je opticky splynout v prostředí a tím skrýt chráněný subjekt. Rozostřením obrysů vůči pozadí snižuje pravděpodobnost optického zjištění subjektu.

Obr. 7: Profesionálky AČR, vpravo lesní maskování, vlevo zimní maskování [6]



1.4.1 Současné typy kamufláže

Armády v současné době využívají tyto druhy kamuflážních efektů:

Lesní kamufláž

Potisk se skládá ze čtyř barev a to z černé, hnědé a dvou odstínů zelené. Používá se do mírného a horkého podnebí pokryté lesy, tropy a džunglí.

Pouštní kamufláž

Vzorník barev uniforem pro pouštní prostředí je mnohokrát větší než vzorník pro listnaté oblasti. Čeští vojáci dodnes používají pro pouštní i lesní kamufláž verzi vzoru 95, který vznikl v polovině 80. let.

Sněžná kamufláž

V oblastech s pokrytím sněhem by vojáci byli v oděvech s lesním potiskem snadno zjistitelní a proto jsou nuceni oblékat uniformy s tzv. sněžnou kamufláží. Ta je zpravidla tvořena bílou, šedou a černou barvou. Vojenské oděvy do chladného

prostředí jsou tvořeny z nepropustných materiálů avšak jsou paropropustné. Kalhoty jsou v oblastech kolem a hýždí ze zesíleného materiálu. K ochraně obličeje před mrazem slouží kukla, která má výřezy na oči, popřípadě ústa.

Městská kamufláž

V současnosti dochází k častějším bojům v městských oblastech, kde se zpravidla využívá drobnější vzor s ostřejšími a rovňějšími kresbami kvůli charakteristice okolního prostředí.

Obr. 8: Současné typy kamufláže AČR – lesní, pouštní, sněžná a městská [8]



1.4.2 Digitální kamufláž

Sloučením dvou vzorů vzniká tzv. digitální vzor kamufláže. Podle oblasti působení vojáků se vygeneruje maskování, barevnosti tzv. makrovzor, který se za pomoci specializovaných programů a složitých výpočtů rozpixeluje na malé kostičky, tzv. mikrovzor. Spojením obou vzniká digitální potisk, který se barevností mění na základě krajiny. Digitální vzory v současnosti využívají armády na celém světě. Potisk se aplikuje na textilie, ale i na zbraně, tanky a letadla.

1.4.3 Tvorba digitálního vzoru

Při tvorbě nového vzoru je potřeba základní vzor, který se označuje jako Makrovzor (Macropattern). Ten se získá buď s pomocí počítače, jako klasický vzor, nebo se vezme již existující vzor. Dále je potřeba Mikrovzor (Micropattern). Mikrovzor se také navrhuje s pomocí počítače, ale s tím rozdílem, že je to v podstatě systém pixelace, podle kterého se rozpixeluje Makrovzor. Jakmile je Mikrovzor aplikován na Makrovzor, vzniká digitální vzor. Pro ten se dále vybírají barvy, určuje se jeho velikost (místo změnění velikosti vzoru jako celku lze pozměnit jen Mikrovzor nebo

Makrovzor) následuje testování a potom putuje k armádě. Díky tomu, že se digitální vzory skládají ze dvou částí, říká se jim někdy Dual-tex (Dual texture).

[8]

Obr. 9: Digitální maskovací vzor [8]



1.5 Aplikace pigmentu strojním filmovým tiskem

Princip tisku spočíval v protlačování barvy obrazovou šablonou za pomoci válečkové stěrky, která je při působení magnetické síly přitlačována k tiskařskému stolu. Jednoduše řečeno se válečková stěrka odvaluje po šabloně, zároveň před sebou hrne tiskací pastu, kterou protlačuje přes síto na potiskovanou tkaninu. Elektromagnet se nachází pod stolem a stěrka následuje jeho pohyb. Přítlak stěrky je regulovaný intenzitou magnetického pole.

Konkrétně byl použit tiskařský stůl typu MINI – MDF/752 firmy Johannes Zimmer. Následně byly natisknuté vzorky připevněny na fixační rám a při teplotě 120 °C po dobu 3 min byly zafixovány v přístroji Mathis. Takto nanesená barvicí pasta po zaschnutí na textilií již zůstane. Při vícebarevném tisku se používá pro každou barvu jiné síto. Výhodou strojního filmového tisku je vyšší odolnost vůči oprání na přírodních materiálech avšak nevýhodou jsou vyšší náklady na přípravu. Dále se mohou projevit horší vlastnosti uživatelských stálostí při tisku na syntetické materiály. Nevýhodou je skoro nemožné tisknutí detailně ostrých motivů.

Obr. 10: Proces ručního filmového tisku [9]



1.5.1 Druhy tisku v textilním průmyslu

Textilní tisk se vyvinul z přirozené touhy člověka objevovat a zdobit. Nejprve se tiskem zdobily tkaniny určené k šité oděvů, později i k výzdobě obydlí. Textilní průmysl se postupně zdokonalovaly jednotlivé tiskařské techniky.

Po chemické stránce lze metodiku tisku rozdělit na:

a) Přímý tisk

Jedná se o nerozšířenější techniku tisku, kdy se pastou tiskne na bílý nebo světlý podklad.

b) Tisk leptem

Na obarvený materiál se natiskne leptací činidlo, které při napaření či horkovzdušném zpracování rozloží na potištěných místech barvivo. Rozrušené barvivo se při závěrečném praní vypere. Takto vzniká tzv. bílý lept. Tiskařská pasta u tzv. Pestrého leptu obsahuje vedle leptacího činidla též barvivo, které je stále v leptacích podmínkách a na místě rozloženého barviva se fixuje.

c) Tisk rezervou

Je opakem tisku leptem. Na textilií se natiskují v místě vzoru tzv. chránidla (rezervy), které mohou být bílé a barevné. Potištěná a osušená textilie se vhodným způsobem obarví

a nakonec se rezerva odstraní. Pod rezervou se objeví buď bílá nebo rezervou obarvená textilie.

Po mechanické stránce lze metodiku tisku rozdělit na:

a) Ruční tisk

Ruční tisk za pomoci dřevěných tiskařských forem se již nepoužívá. Formy byly zhotovovány rytím vzorů do dřeva. Tisklo se ručně na tiskařských stolech.

b) Strojní válcový tisk

Základem této technologie tisku jsou měděné válce se vzory vyrytými do hloubky. Tiskací pasta se zatře do hloubky rytiny, válec se přitlačí na textilií a tím se tiskací pasta přenesou na povrch textilie. Stroj musí mít tolik tiskacích válců, kolik barev má daný vzor. V současnosti jsou tyto stroje na ústupu z důvodu dlouhé a nákladné výroby válců a nutnosti vysokého přitlaku tiskacích válců k textilií.

c) Filmový tisk

Známý také jako sítotisk, je technologie, při které dochází k protlačení tiskařské pasty skrze síto za pomoci stěrky. Filmový tisk dále dělíme na tisk plochými a rotačními šablonami.

d) Přenosový tisk

Přenosový tisk patří mezi speciální druh tisku. Jedná se o techniku tisku, při které se na povrchu potiskované textilie přenáší vzor speciálním pracovním postupem. Dochází k přesublimování barviv z papírového nebo jiného nosiče na textilní materiál

za současného působení tepla a tlaku. Současně dochází k dokonalé fixaci barviv, tudíž praní takto potištěné textilie je považováno za zbytečné. Pro přenosový způsob tisku jsou vhodná disperzní barviva. Nejlepších výsledků se dosahuje u polyesteru. U celulózních vláken tato technologie tisku nedosáhla zatím většího uplatnění. Důvodem je to, že disperzní barviva nemají afinitu k těmto vláknům a proto se doporučuje nejprve upravit schopnost celulózních vláken přijímat disperzní barviva, např. úpravou pryskyřicemi.

e) Digitální tisk

Jedná se o tisk bez šablon. Odstín se vytváří přímo na textilií. Dělí se na stroje s hrubým rozlišením a jemným rozlišením. Stroje s hrubým rozlišením se uplatňují v kobercářském průmyslu. Rozlišovací schopnost je 40 dpi, tzn. tiskárna vytiskne 40 bodů na 2,54 cm. U strojů s jemným rozlišením je rozlišovací schopnost 200 dpi a více. Uplatňuje se při výrobě tkanin.

2 Experimentální část

V experimentální části se práce soustřeďuje na upřesnění použitého pigmentu a výsledných receptů, dále pak na přípravu a realizaci tisku na termochromní textilií a na vyhodnocení stálostních testů.

2.1 Příprava textilních vzorků

Před samotnou experimentální částí bylo nutné nejprve vzorky nastříhat. Pro experiment tisku pigmentů byla využita tkanina Romusa a na finální tisk vybrané receptury byla využita tkanina s kamuflážním efektem.

2.2 Rozbor použitých textilií

Kamuflážní textilie je tkanina vyrobená ze směsové příze bavlny a polyesteru. Složení je popsáno v tabulce č.1. Směsové příze jsou pro výrobu vojenských textilií nejvhodnější. Bavlna zajišťuje dobrou absorpci vlhkosti a poměrně rychle schne. Jedná se o velmi pevný materiál, příjemný na omak.

Polyester zajišťuje dlouhou životnost, vysokou odolnost v oděru a odolnost na světle. Přidáním polyesterových vláken k bavlněným vláknům získáme tkaninu s menším koeficientem mačkavosti.

Tab. 1: Složení kamuflážní textilie

- ripstopová vazba
- 40 % bavlna, 60 % polyester
- dostava osnovy 40n/cm

- dostava útku 21n/cm
- tloušťka 0,48 mm
- jemnost osnovy 30,51 tex
- jemnost útku 38 tex
- hmotnost 210,53g/m ²

Tzv. textilie Romusa svým materiálovým složením (viz. tab. č.2) připomíná kamuflážní textilii.

Tab. 2: Složení textilie Romusa

- plátňová vazba
- 35% bavlna, 65% polyester
- dostava osnovy 42n/cm
- dostava útku 20n/cm
- hmotnost 170 g/m ²

2.3 Použité termochromní pigmenty

Pro experiment byly použity termochromní pigmenty firmy Matsui International Company, Inc. Chromicolor v barvě Fast Black, Fast Blue, Magenta a Golden Orange. Dále byly použity termochromní pigmenty Itothermochromic Green a Itothermochromic Yellow firmy L J Specialities., které mají nižší reakční teplotu.

Popisy grafů v experimentální části této práce se týkají pigmentu Magenta firmy Matsui a pigmentu Yellow firmy L J Specialities.

2.4 Tisk termochromních pigmentů na tkaniny

Technologií strojního filmové tisku za pomoci elektromagnetické stěrky byly nanесeny pasty o různých koncentracích termochromního pigmentu. Nejprve byly pasty aplikovány na textilní vzorky Romusy bez kamuflážního efektu. Pro termochromní pigmenty firmy Matsui a pigmenty firmy L J Specialities byly použity koncentrační řady (pro ukázkou tabulka č. 3).

Tab. 3:

Označená vzorku	Tiskací pasta	Záhustka	Inkoust
A1	50 g	49,5 g	0,5 g
A2	50 g	47,5 g	2,5 g
B	50 g	45 g	5 g
C	50 g	40 g	10 g
D	50 g	35 g	15 g
E	50 g	30 g	20 g
F	50 g	25 g	25 g
G	50 g	20 g	30 g

Koncentrační řady pro pigmenty Matsui International company

Tiskařské pasty byly připraveny v osmi koncentracích termochromního pigmentu. Do obou past byla také přidána komplexní akrylátová záhustka firmy Licolor. Složení akrylové záhustky je popsáno v tabulce č. 4.

Tab. 4: Složení záhustky

Voda	818 g
Glycerin	20 g
Lukosan S (odpěňovač)	2 g
Socrat 4924 (anionaktivní pojídlo)	70 g
Acramin BA (pojídlo)	70 g
Amoniak (alkálie)	5 g
Lambicol L 90 S (zahušťovadlo)	15 g
Celkem	1000 g

Dále byly vybrány receptury, které se natiskly na světlou vojenskou kamuflážní textilií. Recepturám byla přiřazena tato označení - Černá 1-2, Hnědá 1-2, Tmavě zelená 1-1, Tmavě zelená 2-1, Tmavě zelená 2-2, Světle zelená 1-2, Světle zelená 2-2, Světle zelená 3-2, Světle zelená 4-2 . Receptury jsou uvedeny v g/kg.

Pro experiment byly hodnoty přepočteny na 50 g. U všech receptur kromě Tmavě zelené 1-1 bylo použito tzv. kupírování. V praxi to znamená, že z 50 g pasty bylo

25 g odebráno a nahrazeno 25 g zahušťovadla. Tudíž vznikla 50 g kupírovaná, neboli zředěná tiskařská pasta. Kupír je tiskařská pasta, která vzniká zředěním, tedy snížením koncentrace barviva. Používanou zahušťovadla nazýváme komplexní, neboť již obsahuje všechny přísady nutné k tisku.

Receptura s názvem Tmavě zelená 2-2 byla svým složením vybrána jako nejvhodnější, protože se svou barevností nejvíce shodovala s barevností textilie lesní kamufláže. Síťovina natažená na kovovém rámu byla o hustotě 60 ok.cm². Po tisku následovala fixace vzorku v horkovzdušné sušárně Mathis LABDRYER při teplotě 120°C po dobu 3 minut.

2.5 Popis měření kolorimetrických parametrů

V rámci experimentu byl použit remisní spektrofotometr Microflash 200d vyrobený firmou Datacolor International Inc, Spektrofotometrie je měření, při kterém jsme schopni stanovit kolorimetrické parametry vzorku na základě pohlcování světla v různých vlnových délkách. Spektrofotometrem lze sledovat také kinetické parametry termochromních systémů.

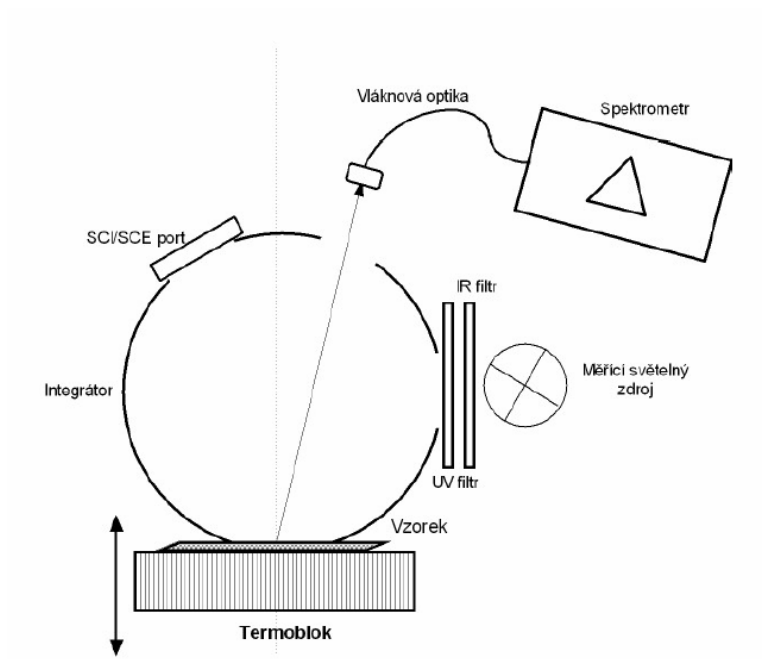
Jedná se o typ s geometrií d/8 s měřicí aperturou 20 mm v módu SCI – specular component include. Toto měření zahrnuje zrcadlovou i difúzní část odrazu. Před jednotlivým měřením vzorků byl přístroj kalibrován černým, bílým a zeleným standardem. Pro zachování správného procesu byl přístroj vždy po 4 hodinách překalibrován černou pastí.

V průběhu teplotních změn jsou získávána kolorimetrická data, která jsou časově synchronizována s aktuální teplotou měřeného vzorku.

Při měření standardů byla hlavice chladícího termostatu firmy Huber nastavena na teplotu 20 °C. Po změření jednotlivých standardů docházelo k výměně chladící hlavice za hlavici oběhového termostatu firmy Julabo, který byl temperován na požadovanou teplotu. V našem případě se jednalo o teploty v rozmezí od 30 °C , 35 až 44 °C pro koncentrační řady Fast Black, Fast Blue, Magenta a Golden Orange. Pro koncentrační řady Green a Yellow se jednalo o teploty v rozmezí od 28 °C do 44 °C. Záměnou temperovaných hlavic dochází k realizaci fáze ohřevu a chlazení sledovaného termochromního systému, například termochromní textilie. U měřených textilních vzorků je nutné zajistit konstantní temperování v rozsahu $\pm 0,2$ °C, jelikož tato měření jsou citlivá na kolísání teploty.

Z důvodu citlivosti měření na změnu pozadí je nutné při výměně hlavic zajistit, aby podmínky měření remise byly srovnatelné. Tohoto docílíme shodnou úpravou kontaktního povrchu obou hlavic. Schéma uspořádání je znázorněna na obr. č.11. Aby nedocházelo k ovlivnění měření z důvodu ohřevu vzorku ze světelného měřícího zdroje je zařazen IR a UV filtr.

Obr. 11: Schéma remisního spektrofotometru spolu s temperovací hlavicí [20]



Pro zaznamenání dat byl použit software firmy Datacolor Int. ColorTools. Pro zpracování dat byly využity programy Excel a Prism 7. Takto byly získány remisní hodnoty barev jednotlivých koncentrací při různých teplotách. Dále byla získána kinetická data.

Obr. 12: Měřicí technika

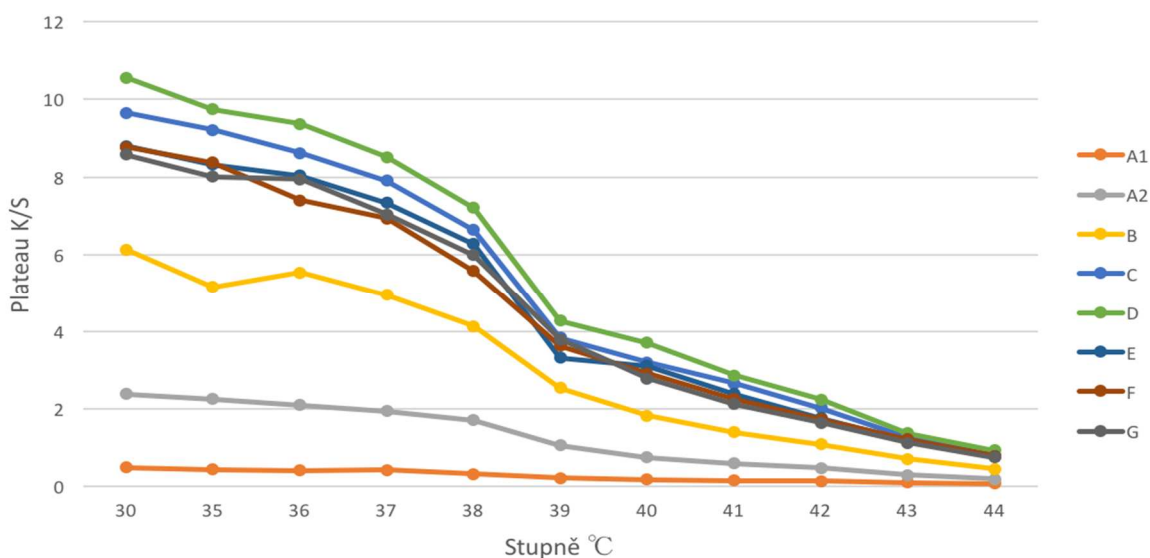


Na obrázku č. 12 můžeme vidět spektrofotometr propojený s počítačem, který umožňuje vyhodnocení získaných dat. Dále jsou na obrázku dva termostaty, které temperují dvě hlavice. Hlavice napravo je položena na izolační podložce z důvodu uchování teploty. Jedná se o kontaktní metodu měření.

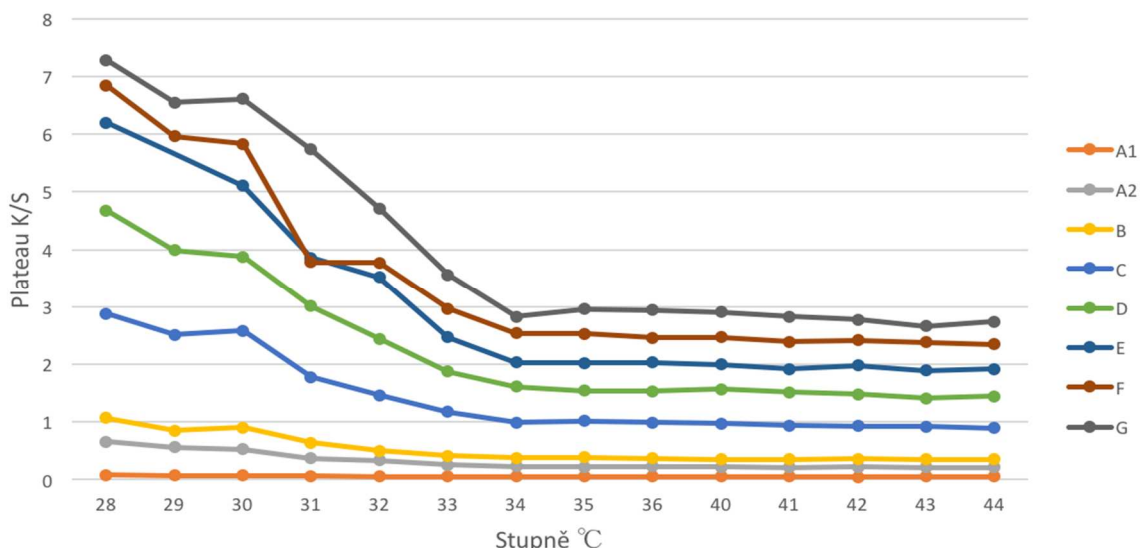
2.6 Závislost K/S na teplotě °C

Na základě naměřených hodnot byly vytvořeny grafy závislostí K/S na teplotě °C pro koncentrace jednotlivých barev.

Obr. 13: Graf závislosti K/S na teplotě °C: Magenta – Romusa



Obr.14: Graf závislosti K/S na teplotě °C: Yellow – Romusa



Obrázky č. 13 a č. 14 znázorňují závislost K/S na teplotě °C pro barvu Magenta firmy Matsui a pro barvu Yellow firmy L J Specialities. Z uvedených je patrné, že parametr K/S je závislý lineárně v porovnání koncentrací barviv (až na některé výjimky v důsledku odchylky v měření nebo v aplikaci pigmentu). Průběhy závislosti K/S na teplotě °C pro ostatní barvy jsou uvedené v příloze práce.

2.6.1 Receptování

Receptury pro dané koncentrace byly získány z naměřených remisních dat jednotlivých barviv v programu Datacolor Match Textiles. Jednotlivé receptury byly vytvořeny pro substrát s obchodním názvem Romusa. Receptury byly natisknuty jak na Romusu, tak na světlou kamuflážní textilií.

Jak již bylo zmíněno, receptura s názvem Tmavě zelená byla vybrána jako nejvhodnější, protože se svou barevností nejvíce shodovala s barevností textilie lesní kamufláže. V tabulkách níže jsou popsány vybrané receptury.

Isothermochromic Green	174,5626 g/kg
Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Black	33,5387 g/kg
Matsui Orange	82,9731 g/kg
Záhustka	108,9256 g/kg

Tab. 5: Tmavě zelená 1

Isothermochromic Green	146,4825 g/kg
Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Black	21,3342 g/kg
Matsui Orange	49,1646 g/kg
Záhustka	183,0187 g/kg

Tab. 6: Světle zelená 1

Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Black	113,4967 g/kg
Matsui Magenta	1,9066 g/kg
Záhustka	284,5967 g/kg

Tab. 7: Tmavě zelená 2

Isothermochromic Green	171,2776 g/kg
Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Orange	56,0585 g/kg
Záhustka	172,6639 g/kg

Tab. 8: Světle zelená 2

Isothermochromic Green	457,6508 g/kg
Matsui Black	273,7880 g/kg
Matsui Orange	119,3509 g/kg
Záhustka	149,2103 g/kg

Tab. 9: Černá

Isothermochromic Green	40,5235 g/kg
Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Black	73,9926 g/kg
Záhustka	285,4839 g/kg

Tab. 10: Světle zelená 3

Isothermochromic Yellow	599,9965 g/kg
Matsui Black	290,3491 g/kg
Matsui Magenta	25,4711 g/kg
Záhustka	84,1833

Tab. 11: Hnědá

Isothermochromic Green	143,0328 g/kg
Isothermochromic Yellow	600,0000 g/kg
Matsui Orange	35,2677 g/kg
Záhustka	221,6995 g/kg

Tab. 12: Světle zelená 4

2.7 Uživatelské stálosti a jejich měření

Předmětem této bakalářské práce je zhodnotit stálostní parametry termochromních barviv aplikovaných na textilií. Textilie jsou při svém zpracování a následném užívání podrobovány fyzikálním a chemickým vlivům, které mohou ovlivnit jejich vzhled, vlastnosti a nebo způsobit jejich destrukci. Reakce na tyto vlivy lze posoudit stálostním testováním textilií.

Tato bakalářská práce se zabývá :

- Stálobarevností v otěru za sucha i za mokra
- Stálobarevností v praní

- Stálobarevností na světle

Měření bylo prováděno za těchto klimatických podmínek :

- okolní teplota 22 - 25 °C
- relativní vlhkost 45 – 50 %

Pro objektivní testování se vzorky musí řídit jednotlivými Českými státními normami (ČSN). České státní normy (C \square SN) pro stálostní zkoušky vycházejí z norem a předpisů celosvětové standardizační organizace ISO a většina z nich je totožná s normami Evropské unie EN. Při mnoha stálostních testech jsou využívány tzv. doprovodné textilie, které slouží k určení změn stálostí.

Tab. 13: Názvy koncentrací

koncentrace (g/kg)	10	50	100	200	300	400	500	600
název koncentrace	A1	A2	B	C	D	E	F	G

Názvy jednotlivých koncentrací pro testování vybraných uživatelských stálostí jsou uvedeny v tabulce č. 13 z důvodu přehlednosti popisů grafů.

2.7.1 Stálobarevnost v otěru

Provedením této zkušební metody stanovujeme odolnost termochromního pigmentu při otěru. Podmínky testování otěru upravují normy C \square SN EN ISO105-X12, X16. Rozeznává se „otěr za sucha“ a otěr za vlhka (tzv. „mokrý otěr“) – v tomto případě je otěrový bavlněný hadřík navlhčen destilovanou vodou.

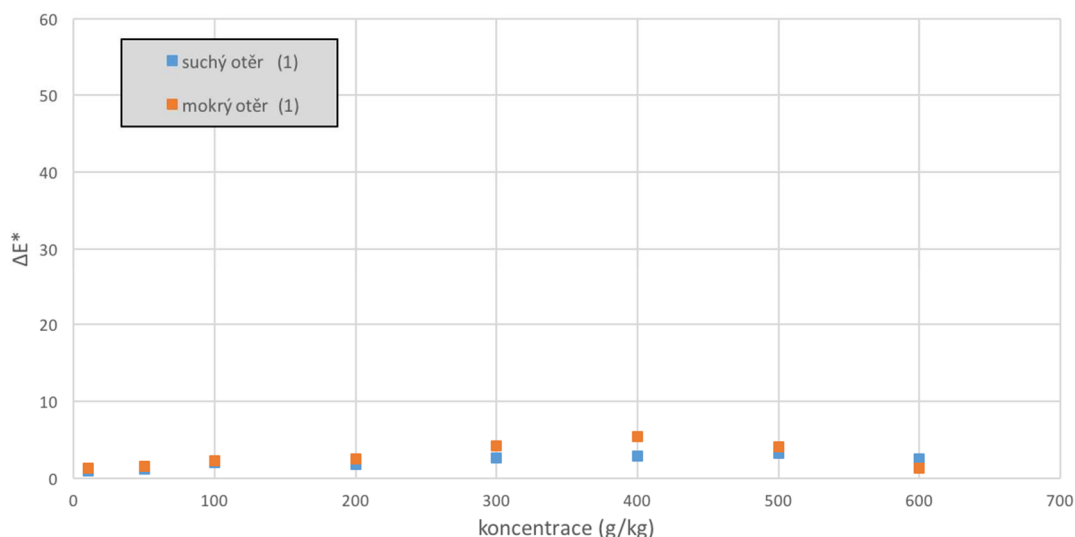
Testování probíhá na přístroji STAININGTESTER. Testovaný vzorek se otírá o bavlněnou doprovodnou směšovou tkaninu bílé barvy posunem tam a zpět 10 krát po lineární dráze o délce 100 mm. Bavlněná tkanina je upevněna na ocelovém „palci“ o průměru asi 15 mm. Palec působí silou 9N . Na každém vzorku se dle normy provádějí dva suché a dva mokré otěry.

Obr. 15: Přístroj STAINNGTESTER



Hodnocení barevné změny lze hodnotit buď vizuálně podle šedé stupnice nebo přístrojově. Vizuální odchylku značíme ΔV . Stanovujeme ji za pomoci vlastního zraku. Vzorky se stupněm hodnocení 5 jsou vzorky, které zůstávají beze změny a mají maximální stálost. Naopak vzorky se stupněm hodnocení 1 mají nejmenší stálost a barevná rozdílnost roste. V případě této práce byl ořez vyhodnocován přístrojově. Vzorky byly naskenovány a data kolorimetrických parametrů byla následně vypočtena z označených míst (neotíraná a otíraná část vzorku) v programu Matlab.

Obr. 16: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – Romusa

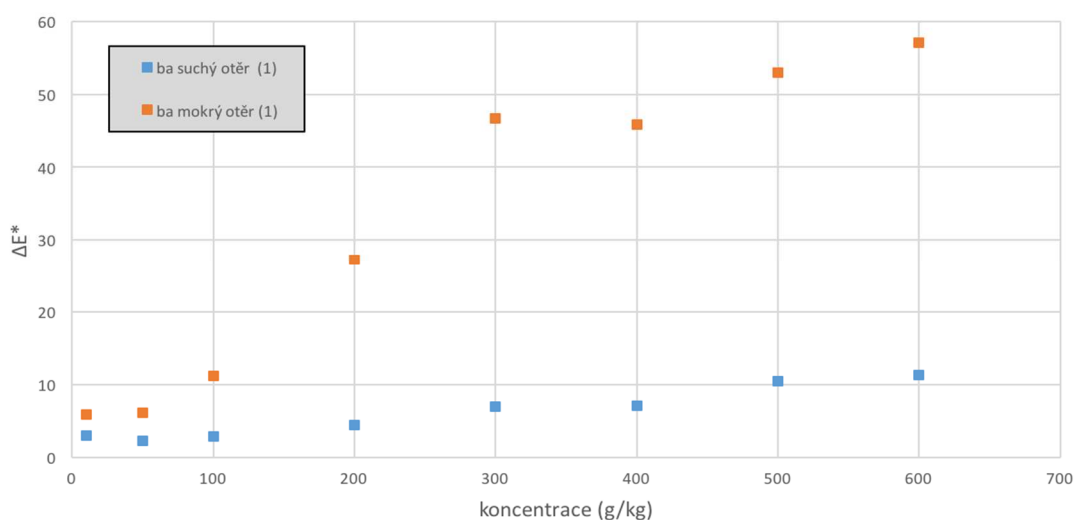


Z obrázku č. 16 je patrné, že u termochromního pigmentu firmy Matsui barvy Magenta mají koncentrace A1, A2, B, C a G nejnižší barevnou odchylku. Naopak u vzorků D, E a F dochází k vyšším barevným rozdílům. U všech koncentrací mají hodnoty pro suchý ořez vždy nižší barevnou odchylku než hodnoty pro mokrý ořez (s výjimkou koncentrace G, protože hodnota dL byla pro suchý ořez mnohem vyšší než

pro mokrý otěr). Možnou příčinou významně vyšších barevných rozdílů by mohlo být odlišné materiálové složení Romusy (PES, ba) oproti materiálovému složení doprovodné textilie (ba).

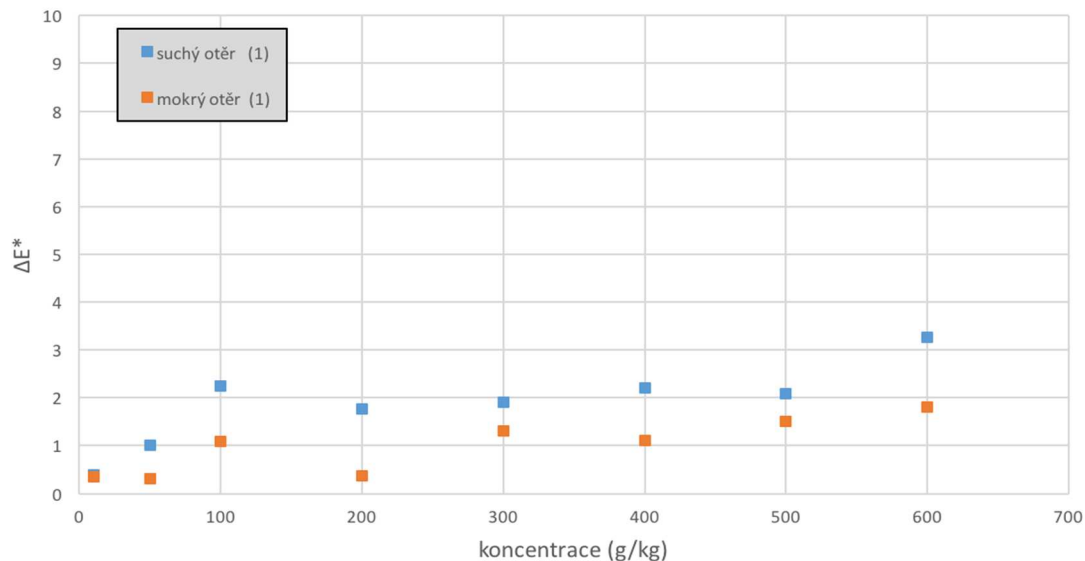
U ostatních barevných řad jsou vlastnosti barevné odchylky podobné.

Obr. 17: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – bavlna



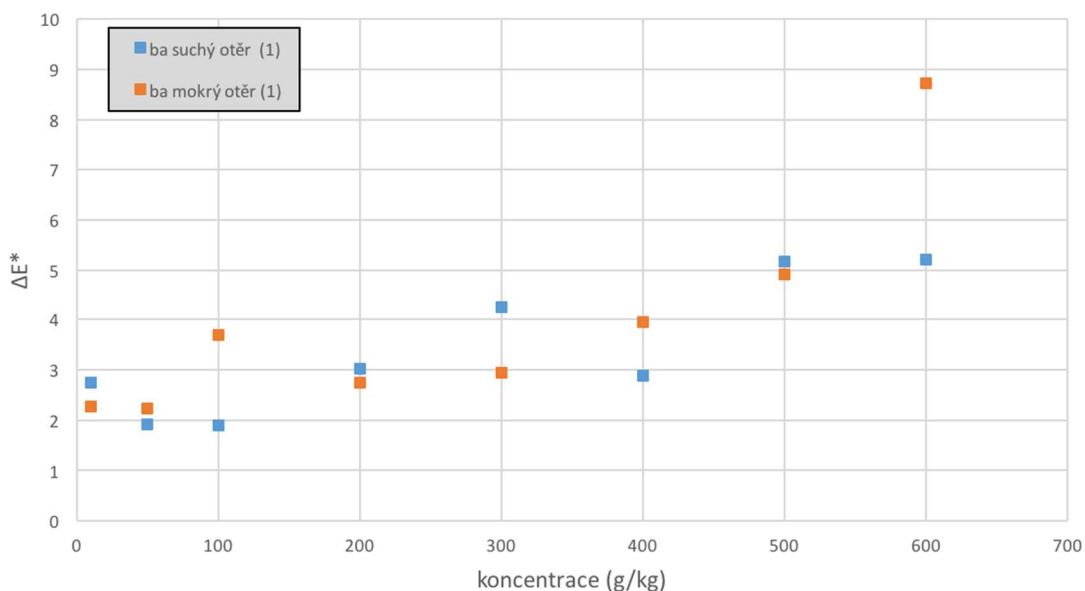
Obrázek č. 17 vyjadřuje změny barevné odchylky na koncentraci pro doprovodnou textilií bavlny. Z grafu vyplývá, že od koncentrace B (tj. 100 g/kg) se zvyšuje změna odstínu a dochází ke zhoršení stálosti v zapouštění pro suchý i mokrý otěr.

Obr.18: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow – Romusa



Z obrázku č. 18 jsou u termochromního pigmentu firmy L J Specialities barvy Yellow rozdíly viditelně odlišné. Barevná odchylka pro mokrý otěr je v tomto případě nižší než barevná odchylka suchého otěru. Nejnižší rozdíl změny barevné odchylky mezi suchým a mokrým otěrem je u koncentrace A1 (tj. 10 g/kg) a s rostoucí koncentrací se tato odchylka zvyšuje.

Obr. 19: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow – bavlna



V případě testovaného pigmentu Yellow dochází u doprovodné textilie bavlny k tendenci od koncentrace B (tj. 100 g/kg) ke zhoršení stálosti v zapouštění za mokra

i sucha. Největší změna odstínu je pozorována u nejvyšší koncentrace G.

2.7.2 Stálobarevnost v praní

Touto stálostní zkouškou jsme schopni zjistit odolnost pigmentu v textilií při běžném domácím a komerčním praní. Zkouška stálobarevnosti v praní patří k nejběžnějším zkouškám. Řídí se dle normy ČSN EN ISO 105-C06 (80 0123).

K natisknutým vzorkům byly našity proužky doprovodné textilie. Na pravé straně vzorku byl přišit proužek bavlněné doprovodné textilie a na levé straně proužek polyesterové doprovodné textilie. Takto připravené vzorky byly vloženy do patronových aparátů spolu s ocelovými kuličkami a prací lázní, díky kterým dosáhneme mechanického namáhání.

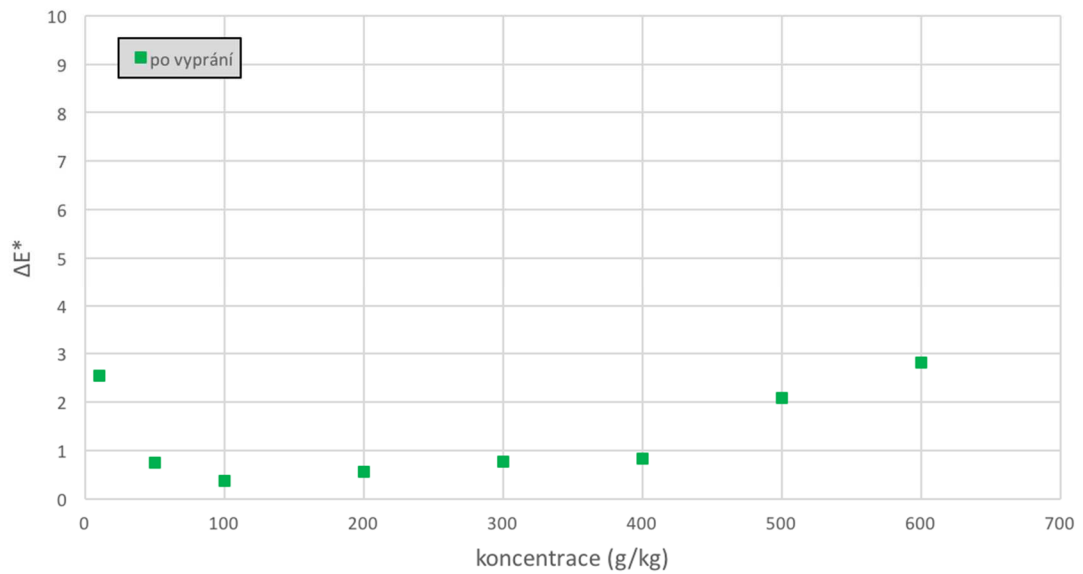
Prací lázeň obsahovala 3,2 g pracího prostředku Automat Bonux m-Zims 5 color a 800 ml vody. Každá patrona obsahovala 100 ml prací lázně. Patrona s teplotním čidlem obsahovala 100ml H₂O. Zkouška byla provedena v přístroji Ahiba Nuance od firmy Datacolor při teplotě 60 °C po dobu 30 minut. Následně byly vzorky usušeny při pokojové teplotě. Změna odstínu vzorku a zapouštění do doprovodných textilií se dle normy hodnotí podle šedé stupnice. V případě této práce hodnocení změny odstínu vzorku a zapouštění provádíme přístrojově. Vzorky se naskenovaly a data byla získána v programu Matlab.

Obr. 20: Přístroj Ahiba Nuance

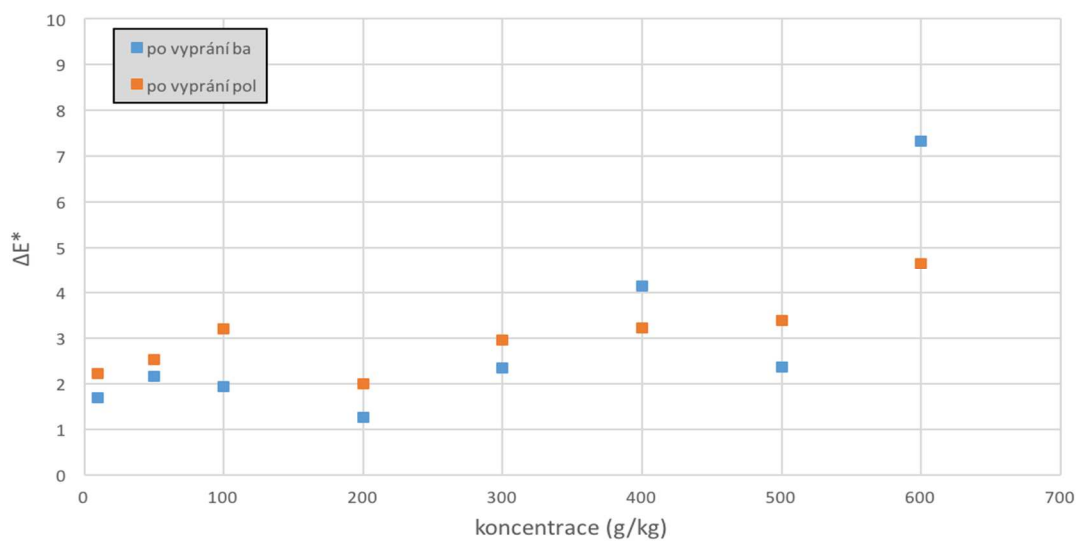


Je předpoklad, že barevná odchylka se má po vyprání tendenci zvyšovat s rostoucím podílem pigmentu v koncentraci. Toto lze s výjimkou koncentrace A1 a A2 (z důvodu typu předlohy a vyšší čistoty) pozorovat u všech koncentrací. Rostoucí tendenci barevné odchylky je možné také pozorovat u doprovodných textilií bavlny a polyesteru.

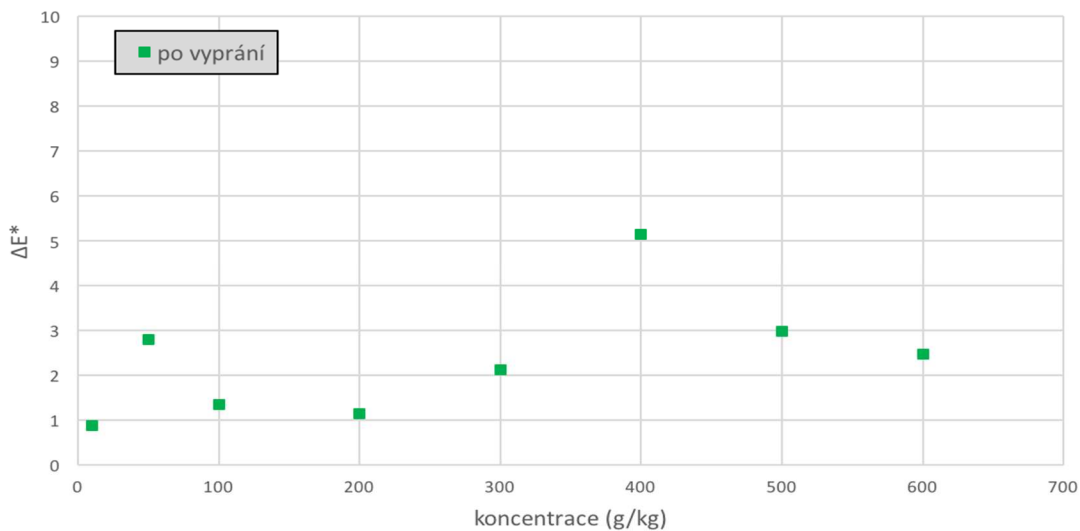
Obr. 21: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – *Romusa*



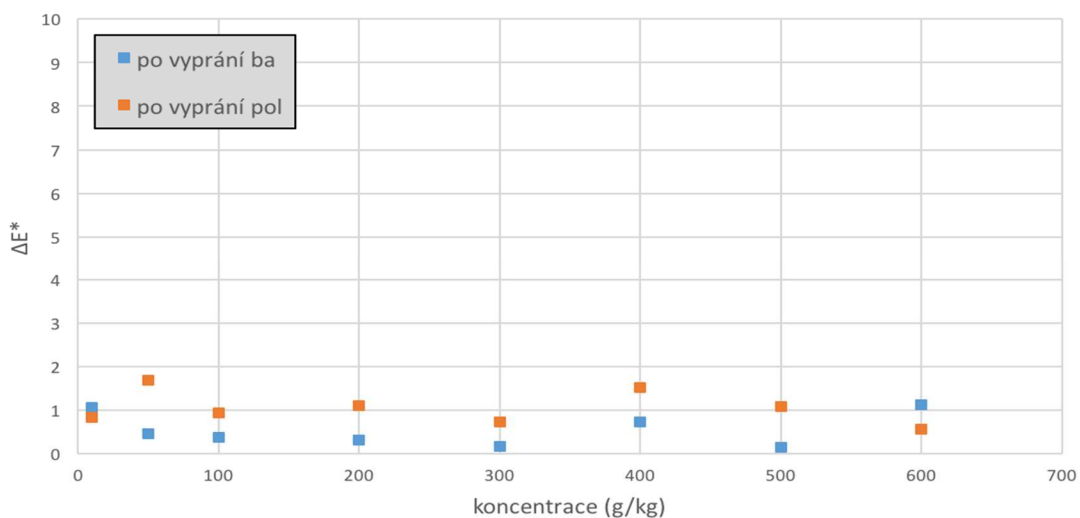
Obr. 22: Graf závislosti barevné odchytky na koncentraci: Magenta - bavlna, polyester



Obr. 23: Graf závislosti barevné odchytky na koncentraci: Yellow – Romusa



Obr. 24: Graf závislosti barevné odchytky na koncentraci: Yellow - bavlna, polyester

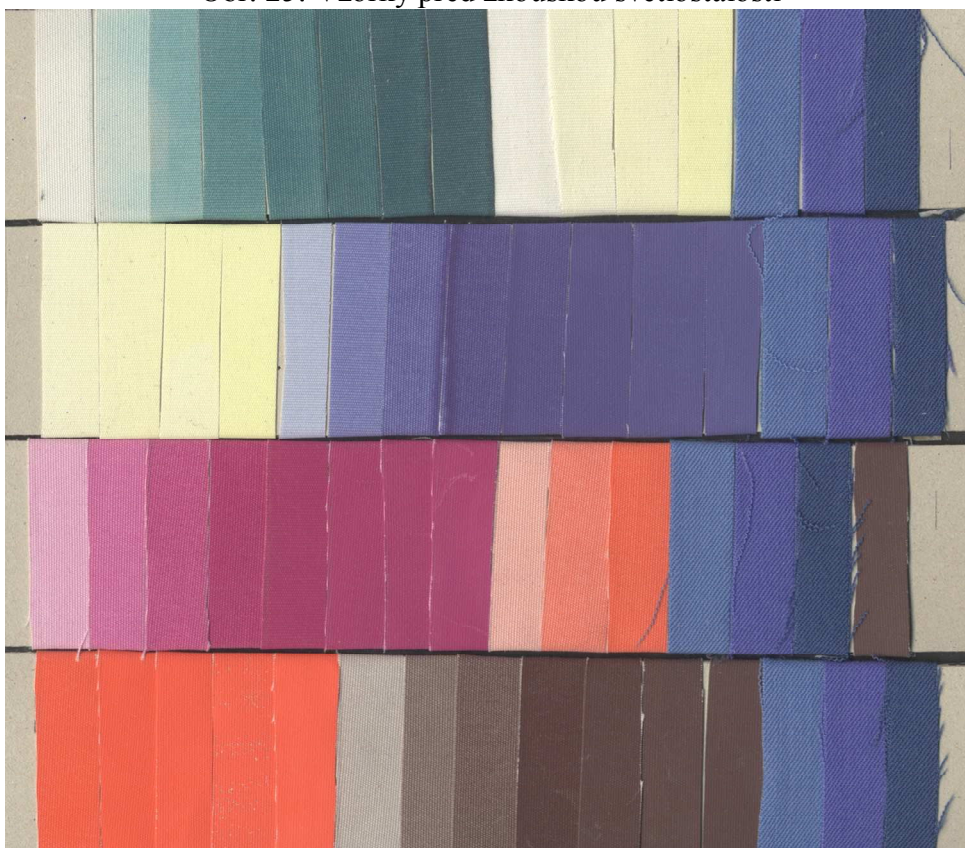


2.7.3 Světlostálost

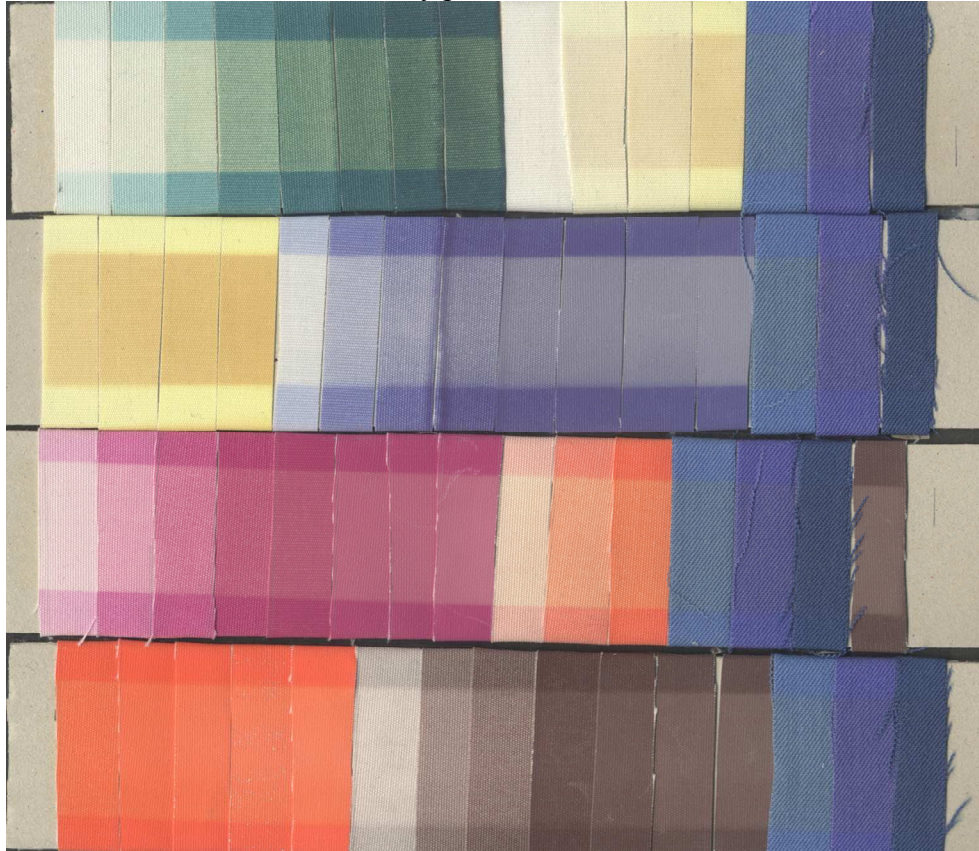
Stálobarevnost na světle patří mezi nejdůležitější parametr. Obzvlášť pak pro výrobky, které jsou vystavovány přímému slunečnímu záření. K tomu, zda bude výrobek odolný vůči slunečnímu záření, nám pomáhá určit tzv. test světlostálosti.

Zkouška světlostálosti byla provedena za pomoci přístroje Suntest, ve kterém dochází k urychlení namáhání zářením. Principem testu je simulovat sluneční záření, které je uměle vytvořené díky Xenonové výbojce, která se svým spektrem záření podobá dennímu světlu. Test se řídí dle normy CEN 80 0150. Zpravidla je testovaný vzorek vystaven testování 24 hodin. V případě termochromních textilních vzorků trvalo testování 6 hodin při teplotě 60 °C a energii 16 200 kJ.m². Následně bylo u vzorků provedeno hodnocení změny odstínu oproti původnímu vybarvení. K tomu posloužila standardizovaná modrá stupnice, která byla vystavena totožnému zkoušení. Změna vybarvení byla vyhodnocována přístrojově v programu Matlab. Na obrázku 12 jsou vzorky před testováním a na obrázku 13 jsou vzorky po stálostní zkoušce světlostálosti. Rozdíly jsou patrné pouhým okem.

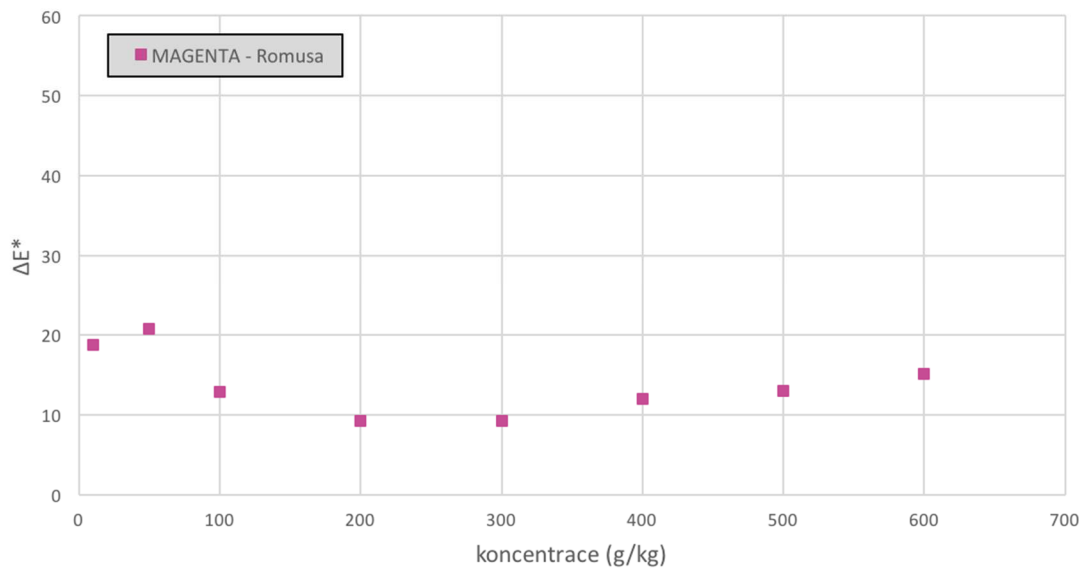
Obr. 25: Vzorky před zkouškou světlostálosti



Obr. 26: Vzorčky po zkoušce světlostálosti



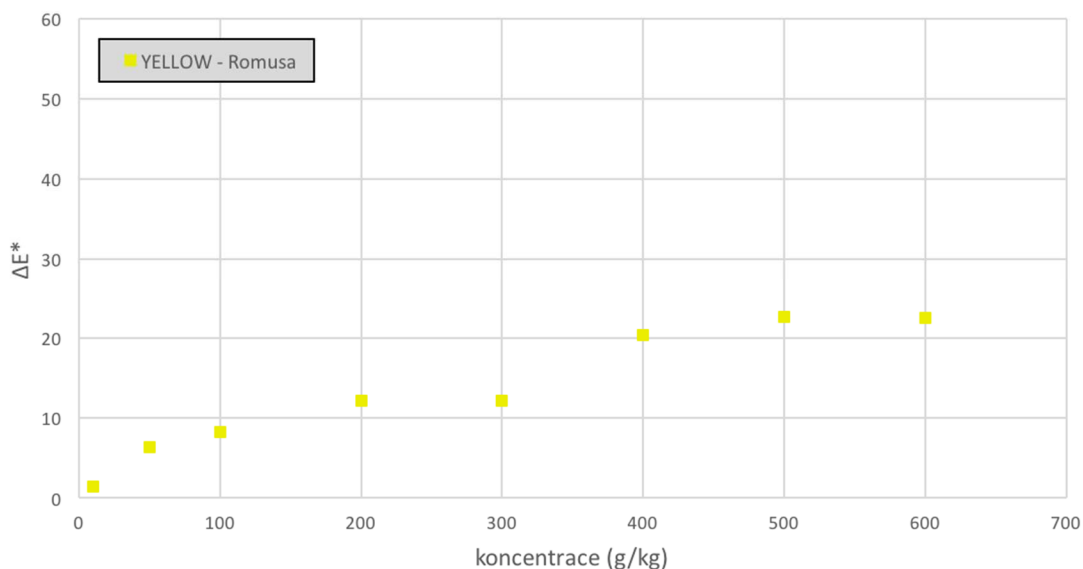
Obr. 27: Graf světlostálosti: Magenta – Romusa



Obrázek č. 27 znázorňuje změnu barevné světlostálosti u termochromního pigmentu firmy Matsui barvy Magenta. Dochází k viditelné barevné změně u všech koncentracích. Za nejstálější koncentrace lze považovat koncentrace C a D. Tyto koncentrace se vůči původnímu zbarvení změnily nejméně. Za nejméně stálé

koncentrace lze považovat koncentrace A1 a A2, u kterých je největší barevná odchylka vůči původnímu vybarvení. U zbylých barev (Black, Orange, Blue, Green) je barevná světlostálost podobná.

Obr. 28: Graf světlostálosti: Yellow – Romusa



Obrázek č. 28 znázorňuje změnu barevné světlostálosti u termochromního pigmentu firmy L J Specialities barvy Yellow. V případě tohoto pigmentu dochází k postupné barevné změně u všech koncentrací (z důvodu nižší teploty pigmentů oproti pigmentům firmy Matsui). K nejmenší barevné rozdílnosti dochází u koncentrace A1 a naopak nejvyšší barevné rozdílnosti dochází u koncentrace F a G. Příčinou tohoto jevu je postupné zvyšování podílu pigmentu v daných koncentracích.

Závěr

Kamuflážní textilie má ve vojenském průmyslu důležité uplatnění, proto je přirozené textilií vylepšovat a přizpůsobovat potřebám tohoto průmyslu. Jedním z mnoha možných využití je aplikace termochromních pigmentů.

Termochromismus

je jev, při kterém dochází ke změně odstínu na bezbarvý nebo z jednoho odstínu na druhý vlivem teploty.

Pro experimentální část práce byly termochromní pigmenty dodány od dvou firem. Pigmenty firmy Matsui International company, Inc. Chromicolor v barvě Fast Black, Fast Blue, Magenta a Golde Orange. Dále byly použity termochromní pigmenty Itothermochromic Green a Itothermochromic Yellow firmy L J Specialities.

V experimentální části byly popsány výsledky testů pro barvu Magenta a Yellow. Výsledky testování pro ostatní barvy jsou uvedeny v příloze této práce.

Nejprve byla testována odolnost termochromních pigmentů vůči suchému a mokrému otěru, a také schopnost zapouštění do doprovodné textilie – bavlny. Pro barvu Magenta byla nejnižší barevná odchylka u suchého i mokrého otěru u koncentrace A1, naopak nejvyšší barevná odchylka pro suchý otěr vykazovala koncentrace F, a pro mokrý otěr koncentrace E. Zapouštění do doprovodné bavlněné textilie se u suchého i mokrého otěru nejméně projevilo u koncentrace A1, nejvíce u koncentrace G. Při zkoumání pigmentu Yellow byla nejnižší barevná odchylka suchého i mokrého otěru pro koncentraci A1. Nejvyšší barevná odchylka byla shodně u suchého i mokrého otěru pro koncentraci G. U zapouštění do bavlněné textilie byla nejnižší barevná odchylka u koncentrace B pro suchý otěr, a A2 pro mokrý otěr. Shodně nejvyšší odchylka byla u koncentrace G.

Další stálostní zkouška se zaměřila na testování odolnosti termochromních pigmentů vůči praní. Doprovodným testem bylo zapouštění, kde na každém vzorku byly našity proužky doprovodné textilie bavlny a polyesteru. Zátěžová zkouška probíhala v přístroji Ahiba Nuance. U pigmentu Magenta byla nejvyšší barevná odchylka zaznamenána u koncentrace G. Stejně tak tomu bylo i v případě zapouštění do bavlněné a polyesterové textilie. Nejnižší barevná odchylka byla u koncentrace B, v případě bavlny i polyesteru u koncentrace C. Pro pigment Yellow byla nejnižší barevná odchylka

u koncentrace A1, u bavlny F a polyesteru G. Nejvyšší odchylka byla zaznamenána u koncentrace E, pro bavlnu G a pro polyester A2.

Poslední stálostní zkouškou byla odolnost vůči světlu, tzv. světlostálost. U pigmentu Magenta nejlépe dopadl test pro koncentraci C, nejhůře pro A2. Naopak pro pigment Yellow nejlépe vykazovala odolnost vůči světlu koncentrace A1 a nejhůře F.

Práce si kladla za cíl prověřit vliv různých teplot na barevnou změnu termochromních pigmentů v různých koncentracích. Na základě provedených testů lze cíl považovat za splněný.

Další studie termochromních pigmentů pro kamuflážní textilii by mohla být zaměřena na zvýšení odolnosti pigmentů. Například odolnost vůči otěru by mohla vykazovat lepší stálost po aplikaci hydrofobní úpravy. Dále by bylo užitečné se zaměřit na další stálostní testy, např. stálobarevnost v chemickém čištění pro prověření, které chemické prostředky mají vliv na termochromní pigmenty a dále stálobarevnost v potu.

Použitá literatura

- [1] VIKOVÁ M., a kol.: *Textilní senzory, Průběžná zpráva k dílčímu projektu Speciální textilie*. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2004
- [2] BAUMFIELD P.: *Chromic phenomena technological applications of colour chemistry*. Cambridge: RSC, 2001
- [3] ROUP R.: *Chemická technologie textilu pro 4.ročník SPŠ textilních*, SNTL 1978
- [4] Grafika [online], dostupné z <http://www.miminiki.cz/produkt/set-lzicek-na-cesty-s-indikatorem-vysoke-teploty-pokrmu-ruzovazelena-2-kusy-brother-max/>
[cit. 07.10.2016]
- [5] Grafika [online], dostupné z <http://www.pivovary-staropramen.cz/cs/pro-media/>
[cit. 09.10.2016]
- [6] Grafika [online], dostupné z <http://www.armyweb.cz/clanek/profesionalky-acr>
[cit. 11.12.2016].
- [7] Článek [online], Visingr L., dostupné z <http://lvisingr.czweb.org/>
[cit. 11.12.2016].
- [8] Grafika [online], Dostupné z: <https://www.gtac.cz/jak-na-digi-camo/>
[cit. 12.12.2016]
- [9] Článek [online], Kočí O. a kol., dostupné z <http://geo3.fsv.cvut.cz/>
[cit. 13.12.2016]
- [10] Článek [online], Lašťovičková A., dostupné z <https://is.cuni.cz/>
[cit. 13.12.2016]
- [11] Grafika [online], dostupné z <http://wildlifefotoforum.cz/viewtopic.php?p=77196>
[cit. 08.01.2017]
- [12] Grafika [online], dostupné z http://i.idnes.cz/11/043/cl6/OB2b1462_lov.jpg
[cit. 08.01.2017]
- [13] VIK M.: *Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi*. Liberec: VÚTS, a.s., 2015
- [14] Panák O.: *Měření barevnosti*, Katedra polygrafie a fotofyziky, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice
- [15] http://knowledgebase.datacolor.com/admin/attachments/gloss_compensation__dci.pdf

- [16] KOVACÍK V.: *Kapitoly z textilního zkušebnictví*. 1. vyd. 1. díl. Liberec : Technická univerzita, 2004. 79 s. ISBN 80-7083-823-X.
- [17] PAŠKOVÁ M.: *Inteligentní textilie*, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013.
- [18] KRYŠTŮFEK, Jiří. *Technologie zušlechťování*. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, Katedra textilního zušlechťování, 2002. ISBN 80-7083-560-5.
- [19] http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/pospisilova_rousarova/cie.html
- [20] VIKOVÁ M.: *Kolorimetrie funkčních barviv*, Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, Katedra textilních materiálů, 2009.
- [21] *Grafika [on line]*. Dostupné z <http://www.fotoroman.cz/techniques3/svetlo10management.htm> [cit. 09.10.2016]

□

Seznam obrázků

- Obr. 1: Schéma kompozitu organického termochromního pigmentu
- Obr. 2: Indikátory teploty
- Obr. 3: CIE chromatický diagram
- Obr. 4: Trichromatic \square tí c \square lenitelé 2° (plné c \square áry) a 10° (čárkované čáry) pozorovatele
- Obr. 5: Barvový prostor CIE – $L^*a^*b^*$
- Obr. 6: Průběh kinetického modelu
- Obr. 7: Profesionálky AČR, vpravo lesní maskování, vlevo zimní maskování
- Obr. 8: Současné typy kamufláže AČR – lesní, pouštní, sněžná a městská
- Obr. 9: Digitální maskovací vzor
- Obr. 10: Proces ručního sítotisku
- Obr. 11: Schéma remisního spektrofotometru spolu s temperovací hlavicí
- Obr. 12: Měřicí technika
- Obr. 13: Graf závislosti K/S na teplotě $^\circ\text{C}$: Magenta – *Romusa*
- Obr. 14: Graf závislosti K/S na teplotě $^\circ\text{C}$: Yellow – *Romusa*
- Obr. 15: Přístroj STAINNGTESTER
- Obr. 16: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – *Romusa*
- Obr. 17: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – bavlna
- Obr. 18: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow – *Romusa*
- Obr. 19: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow – bavlna
- Obr. 20: Přístroj Ahiba Nuance
- Obr. 21: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta – *Romusa*
- Obr. 22: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Magenta - bavlna, polyester
- Obr. 23: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow – *Romusa*
- Obr. 24: Graf závislosti barevné odchylky na koncentraci: Yellow - bavlna, polyester
- Obr. 25: Vzorky před zkouškou světlostálostí
- Obr. 26: Vzorky po zkoušce světlostálostí
- Obr. 27: Graf světlostálostí: Magenta – *Romusa*
- Obr. 28: Graf světlostálostí: Yellow – *Romusa*

Seznam tabulek

Tab. 1: Složení kamuflážní textilie

Tab. 2: Složení Romusy

Tab. 3: Koncentrační řada Matsui International company

Tab. 4: Složení záhustky

Tab. 5: Tmavě zelená 1

Tab. 6: Světle zelená 1

Tab. 7: Tmavě zelená 2

Tab. 8: Světle zelená 2

Tab. 9: Černá

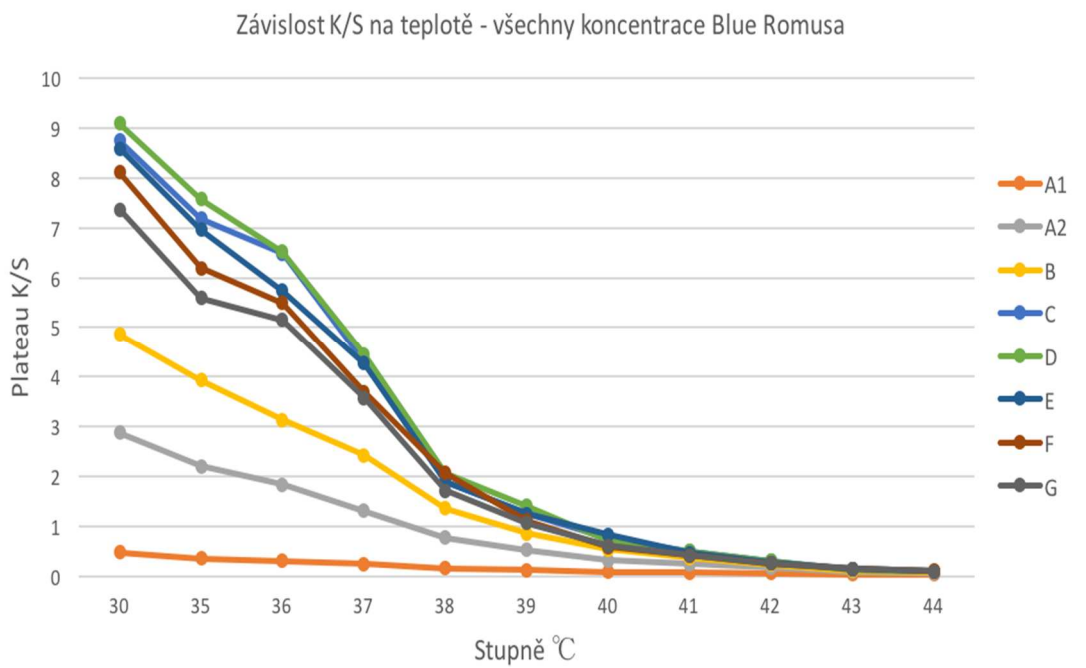
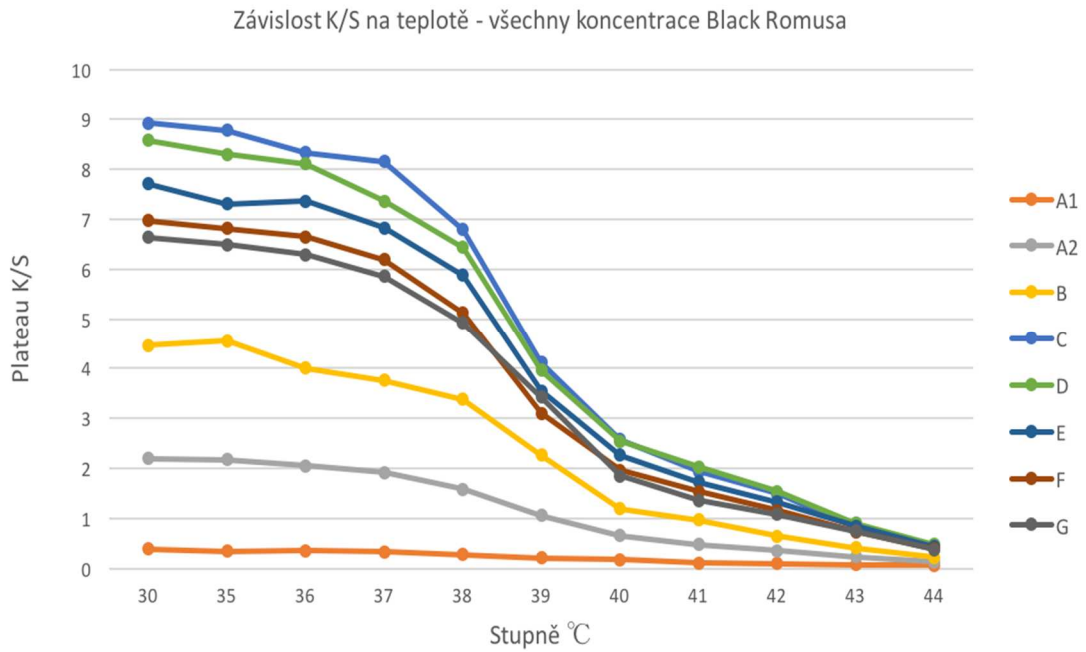
Tab. 10: Světle zelená 3

Tab. 11: Hnědá

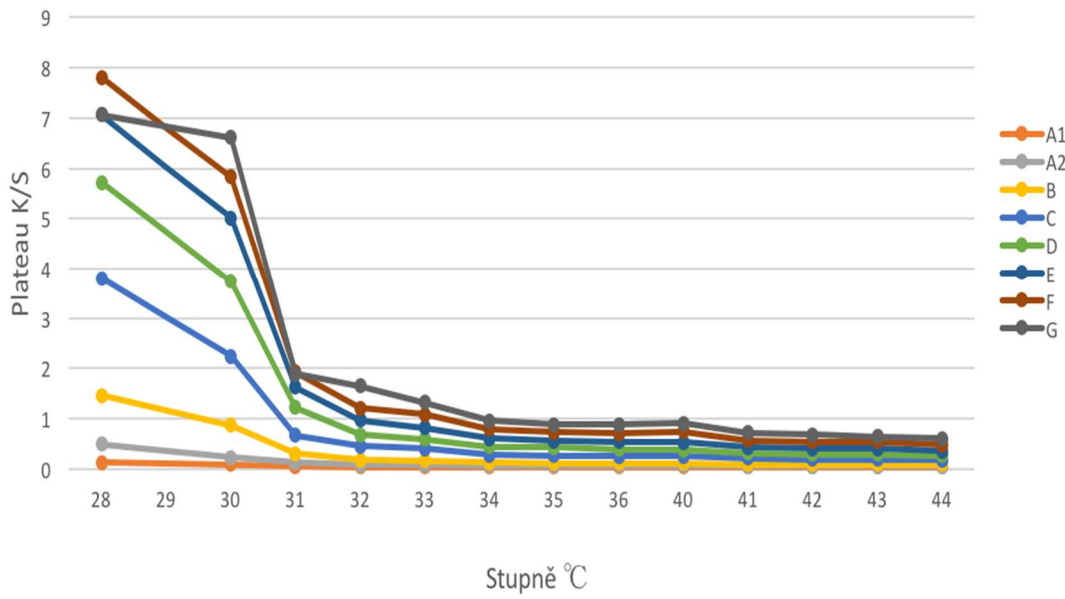
Tab. 12: Světle zelená 4

Tab. 13: Názvy koncentrací

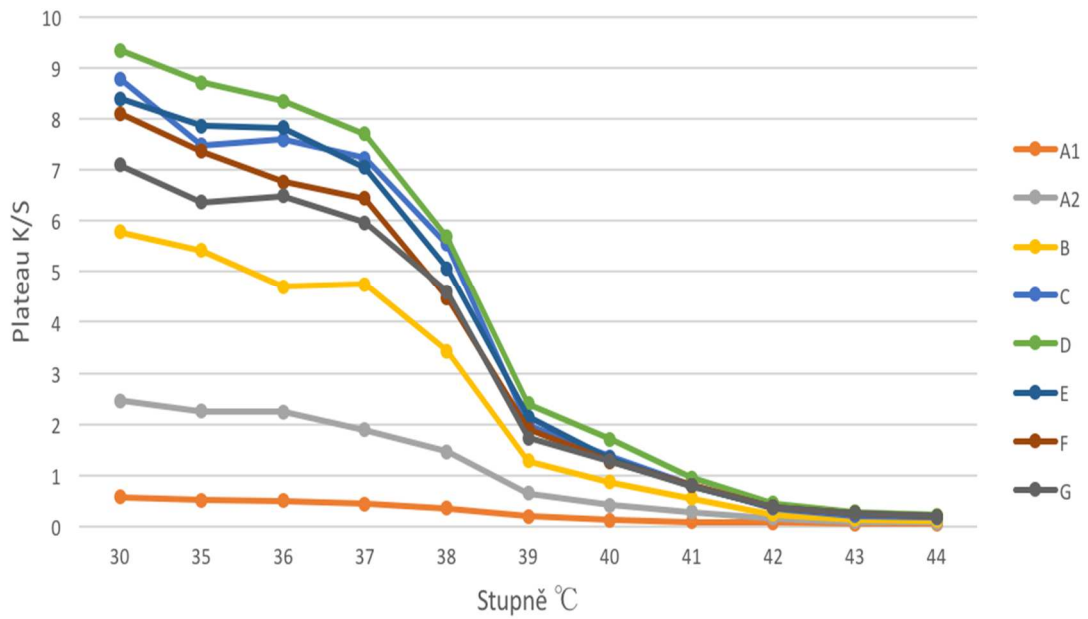
Příloha č.1 Závislosti K/S na teplotě °C jednotlivých pigmentů:



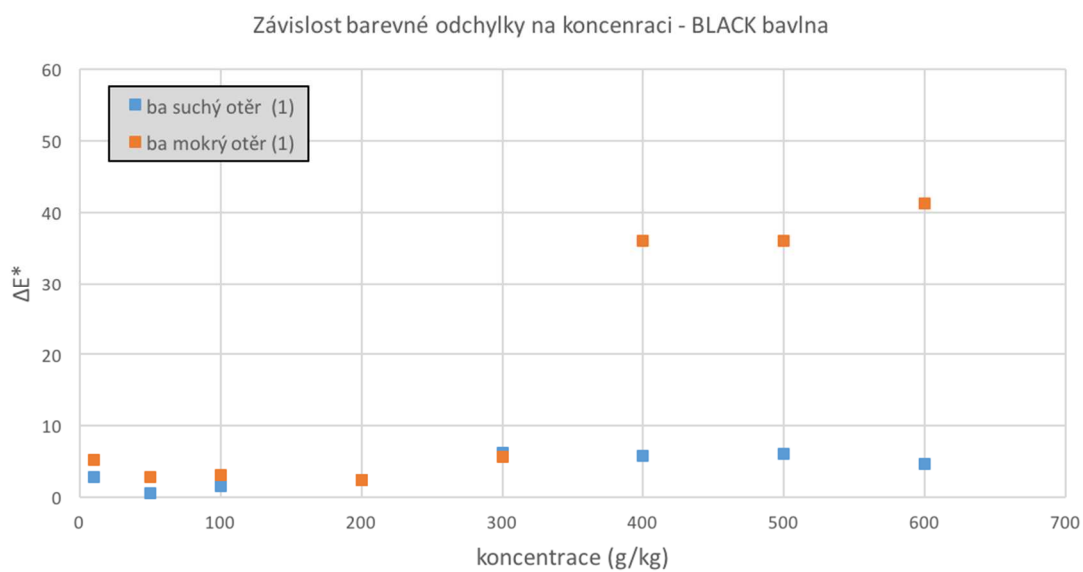
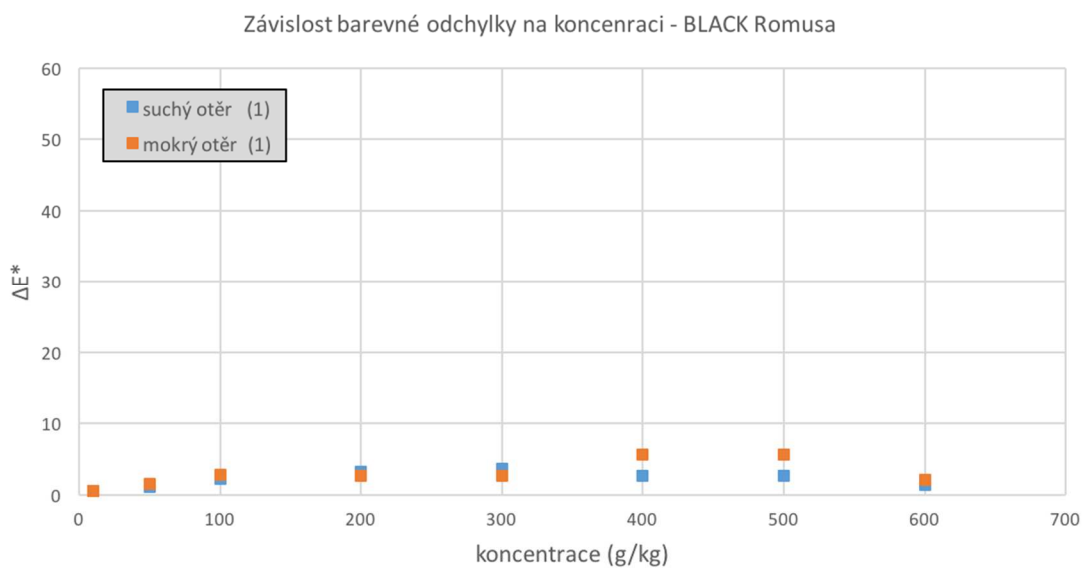
Závislost K/S na teplotě - všechny koncentrace Green Romusa



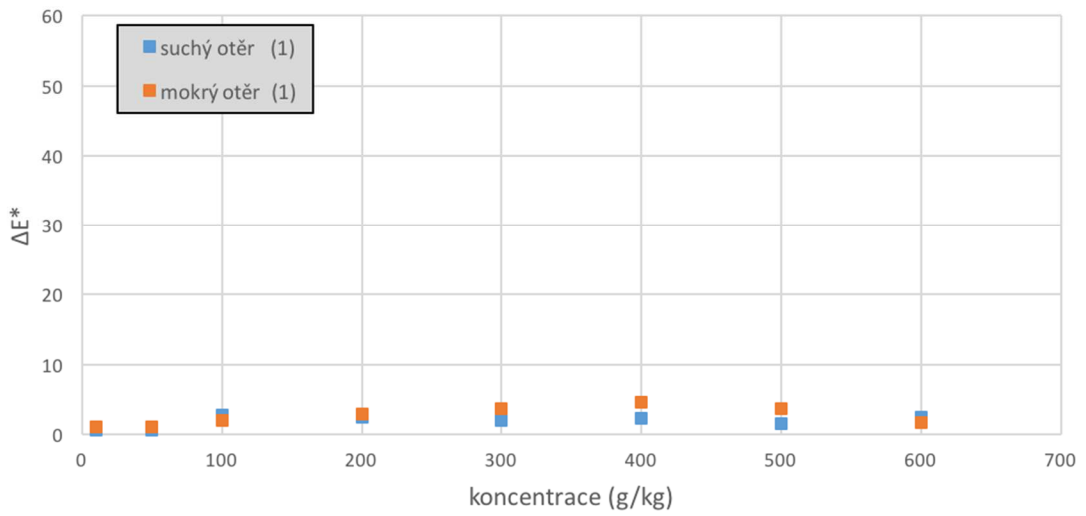
Závislost K/S na teplotě - všechny koncentrace Orange Romusa



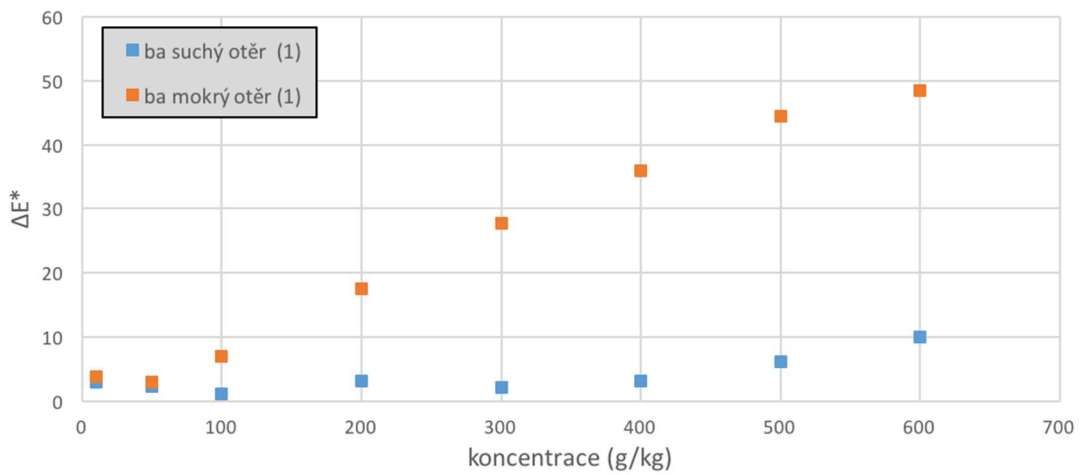
Příloha č.2 Stálobarevnost jednotlivých pigmentů v suchém i mokřém otěru včetně doprovodné textilie bavlny:



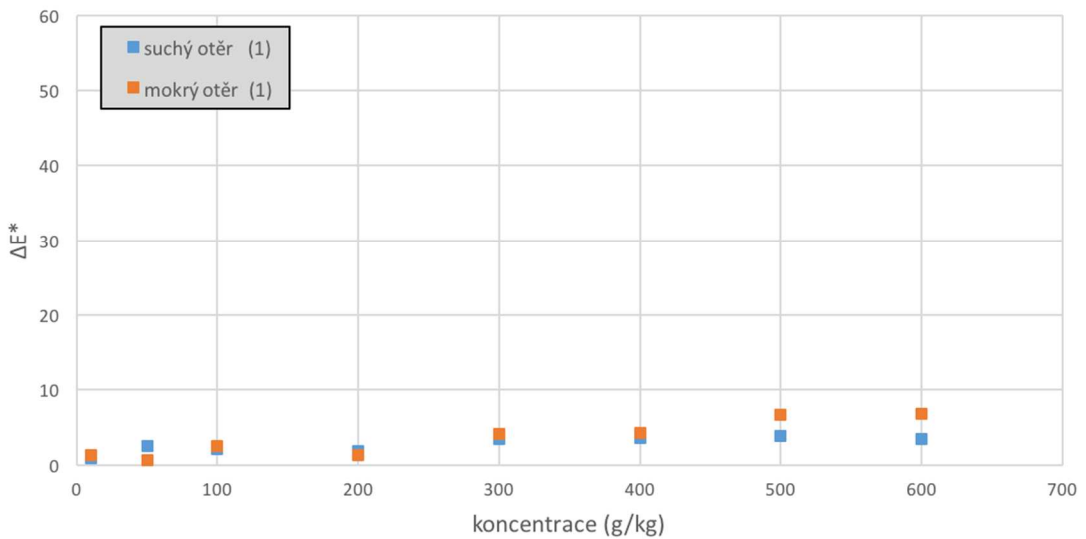
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLUE Romusa



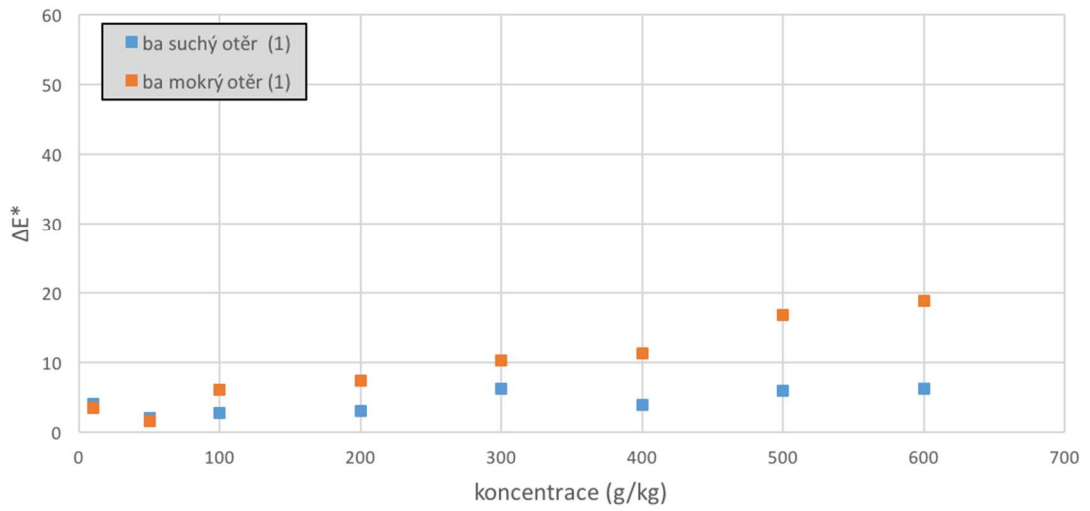
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLUE bavlna



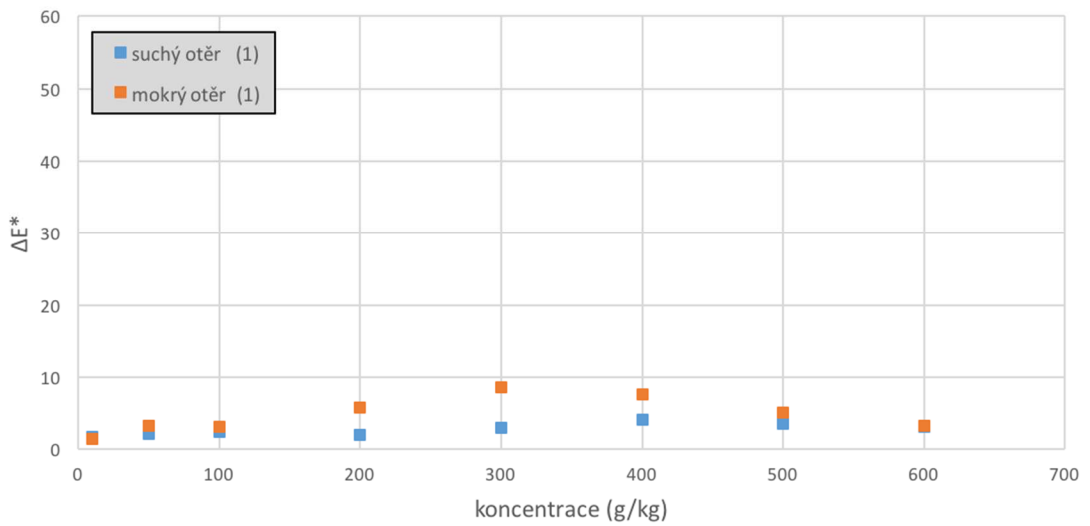
Závislost barevné odchylky na koncentraci - GREEN Romusa



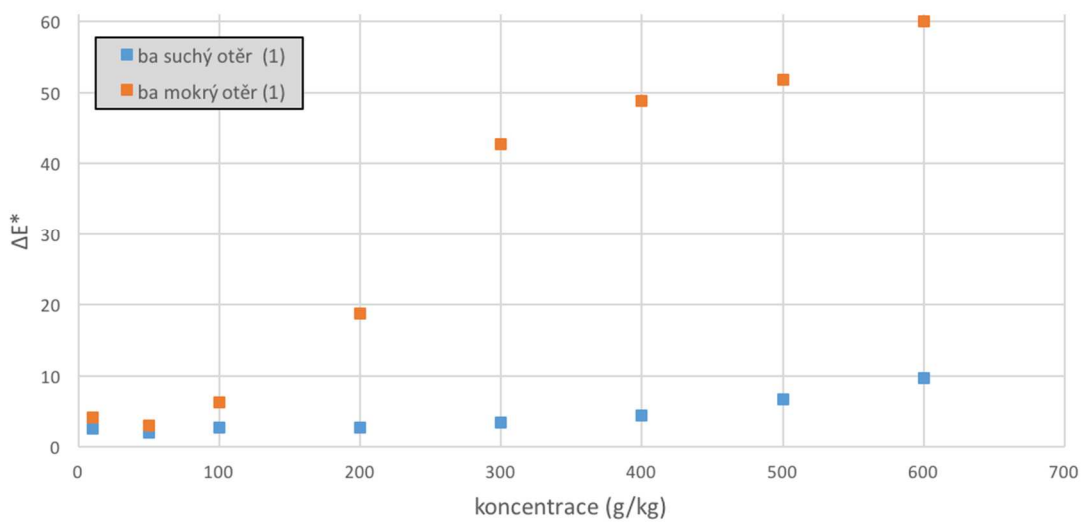
Závislost barevné odchylky na koncentraci - GREEN bavlna



Závislost barevné odchylky na koncentraci - ORANGE Romusa

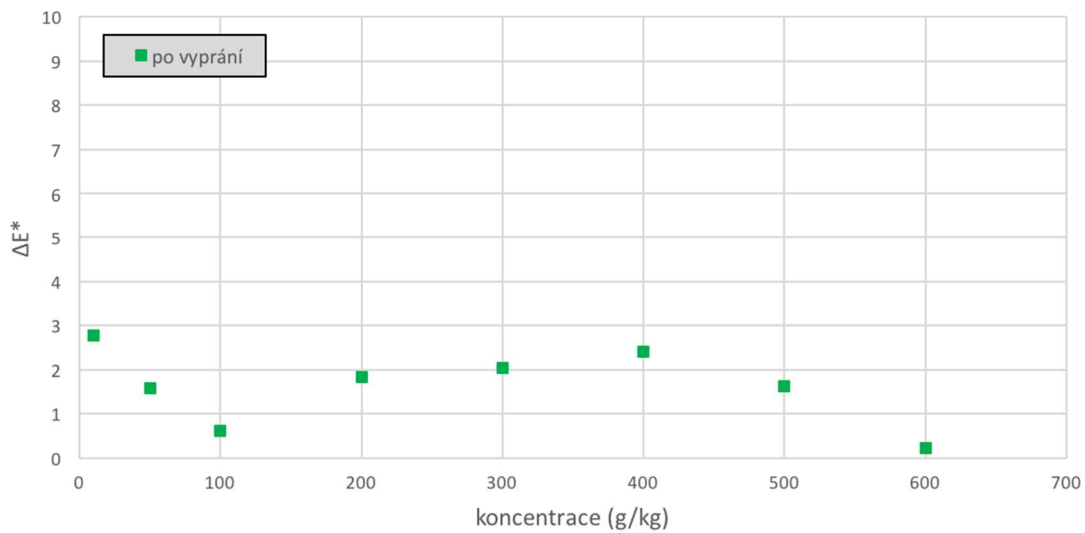


Závislost barevné odchylky na koncentraci - ORANGE bavlna

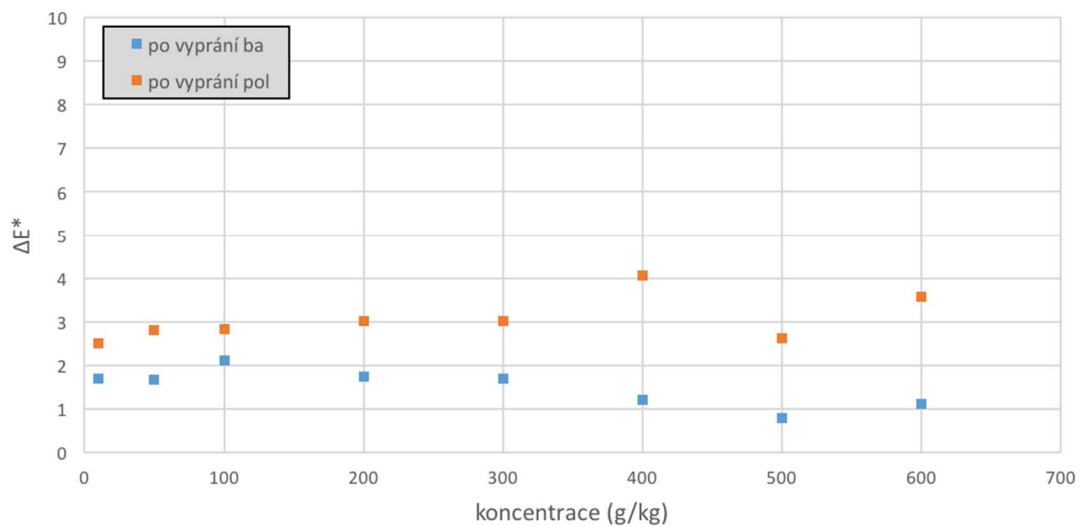


Příloha č.3 Stálobarevnost jednotlivých pigmentů v praní včetně doprovodných textilií bavlny a polyesteru:

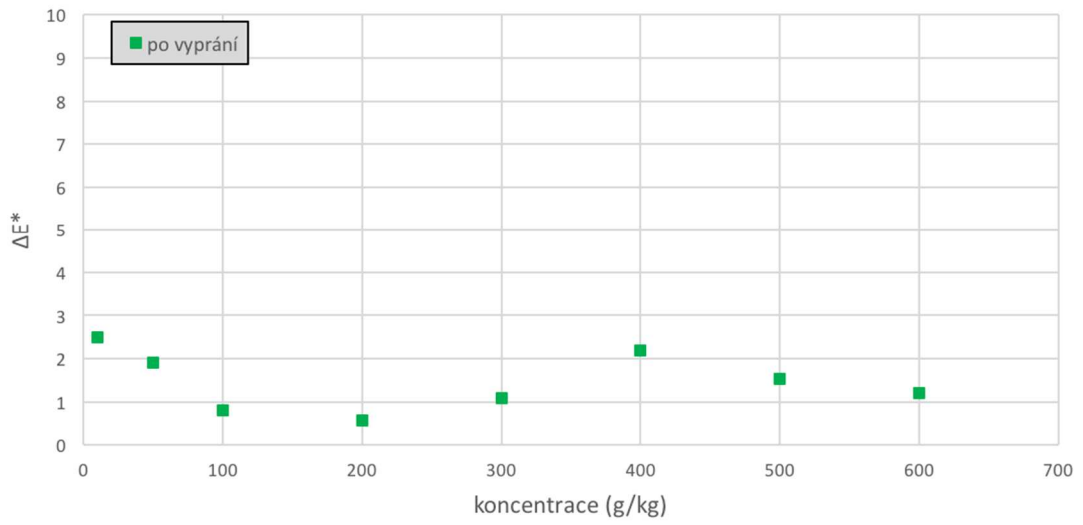
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLACK Romusa



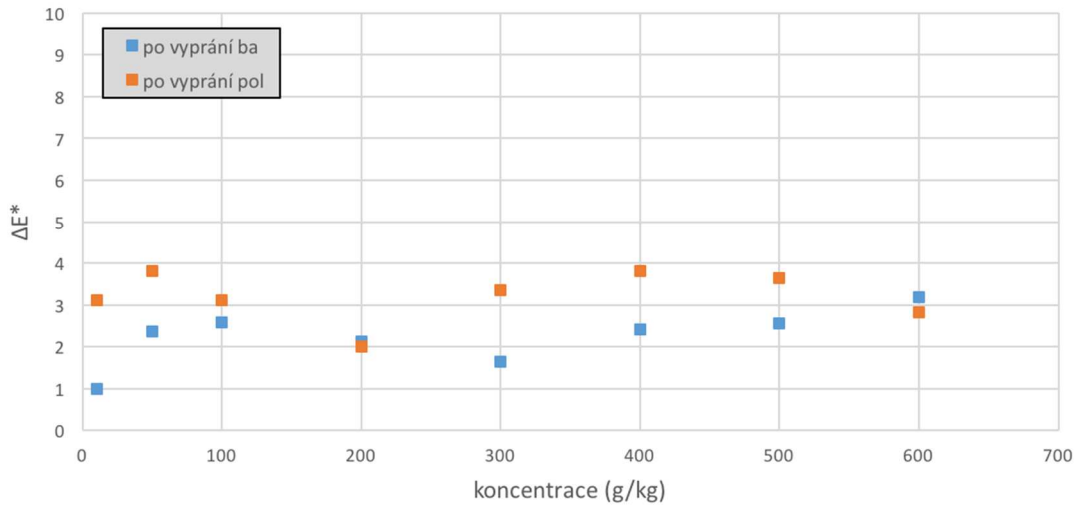
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLACK bavlna, polyester



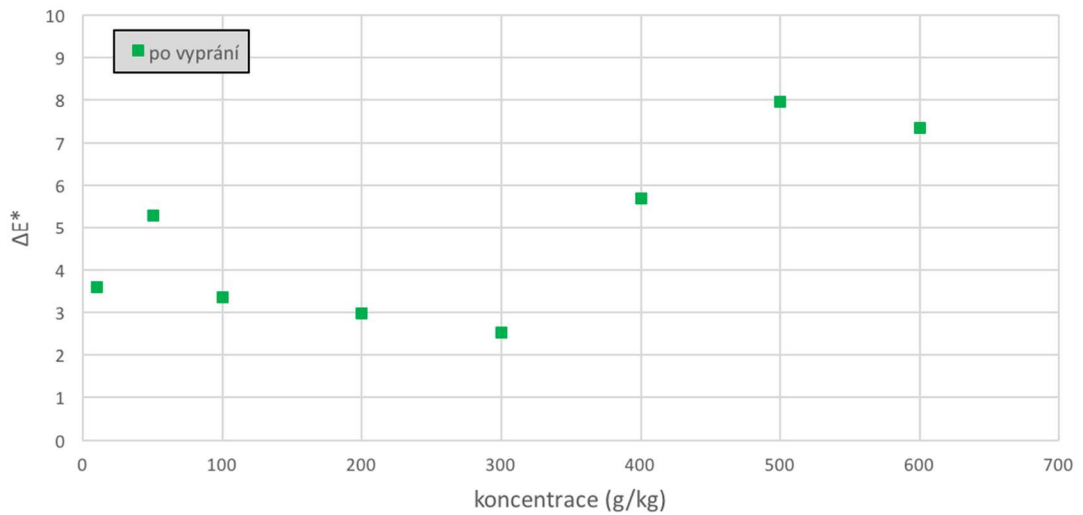
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLUE Romusa



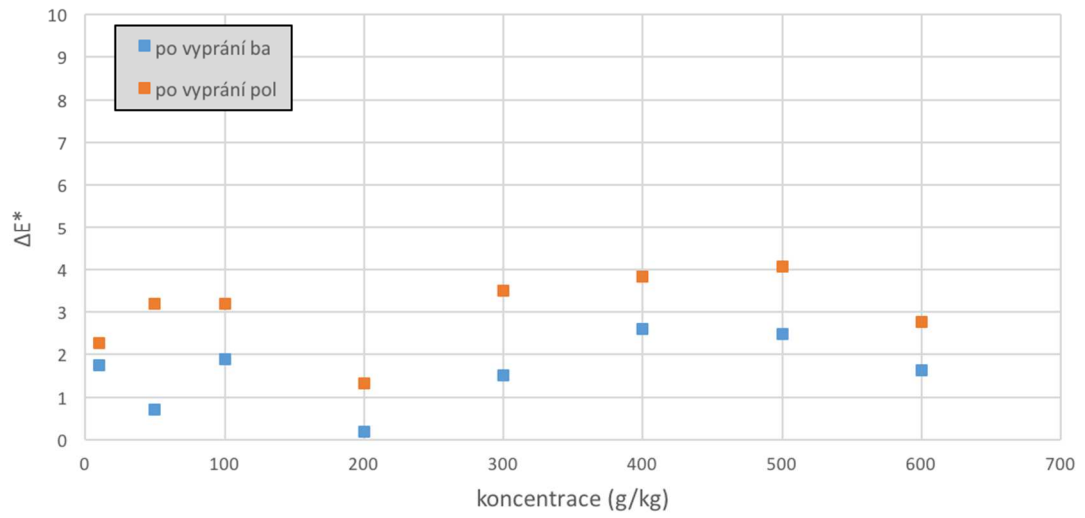
Závislost barevné odchylky na koncentraci - BLUE bavlna, polyester



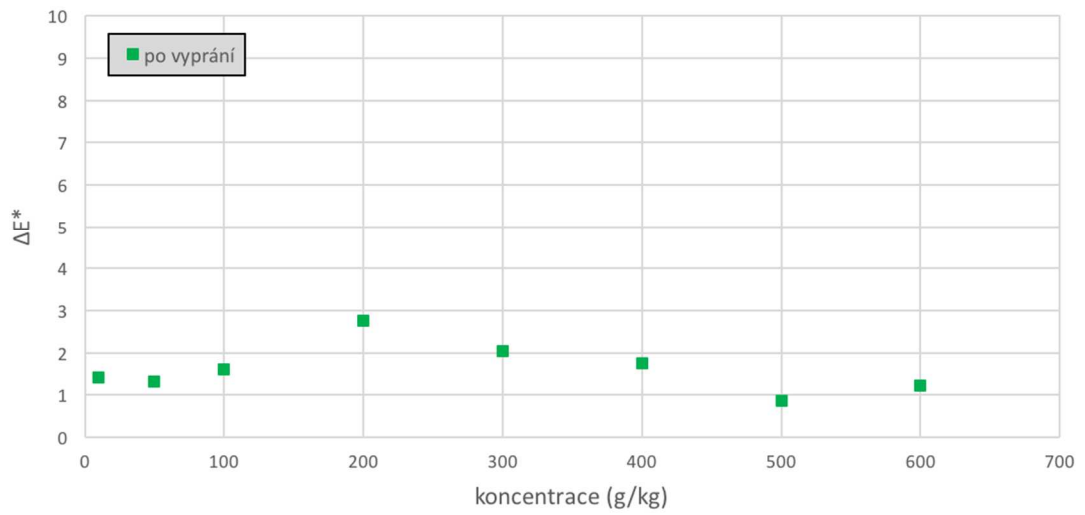
Závislost barevné odchylky na koncentraci - GREEN Romusa



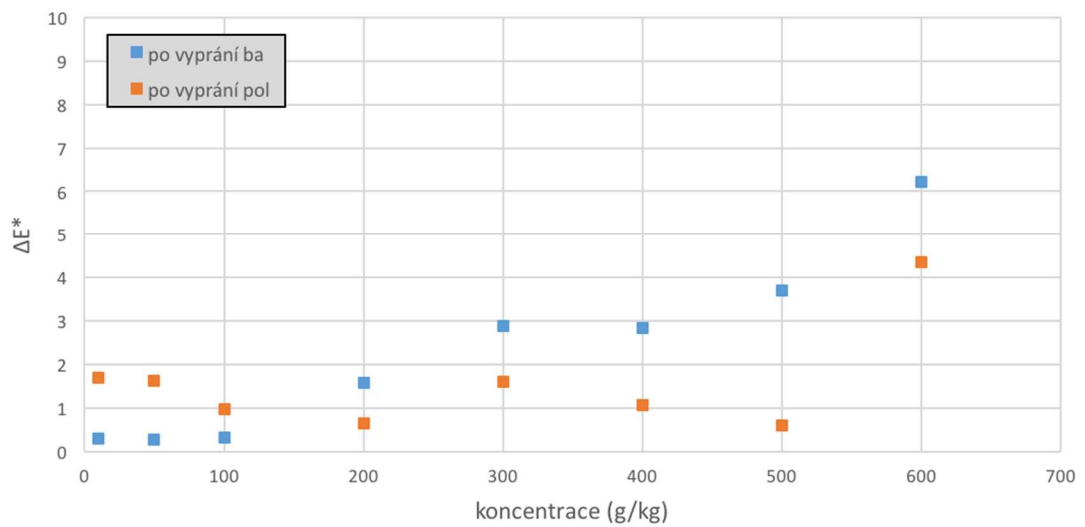
Závislost barevné odchylky na koncentraci - GREEN bavlna, polyester



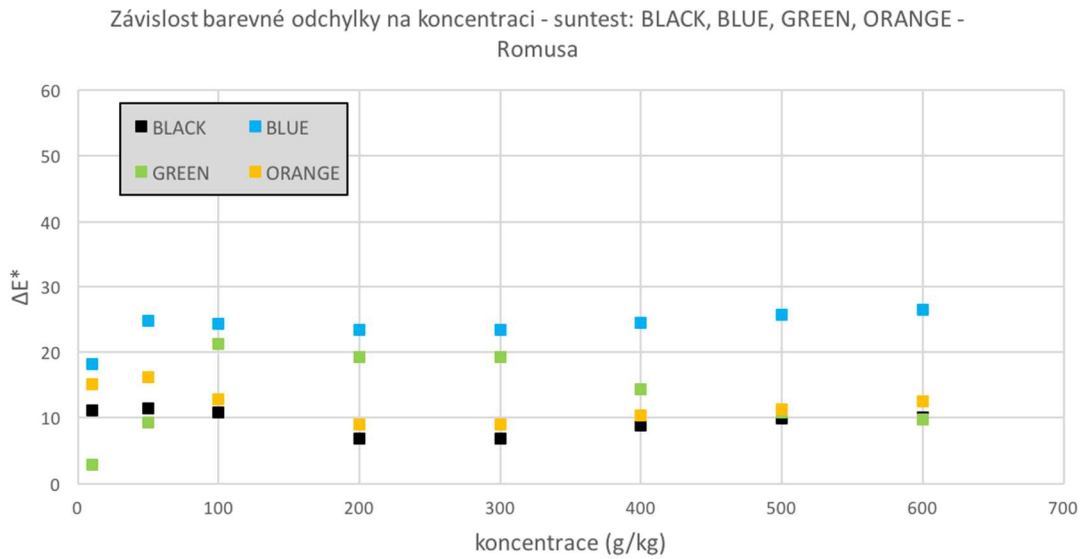
Závislost barevné odchylky na koncentraci - ORANGE Romusa



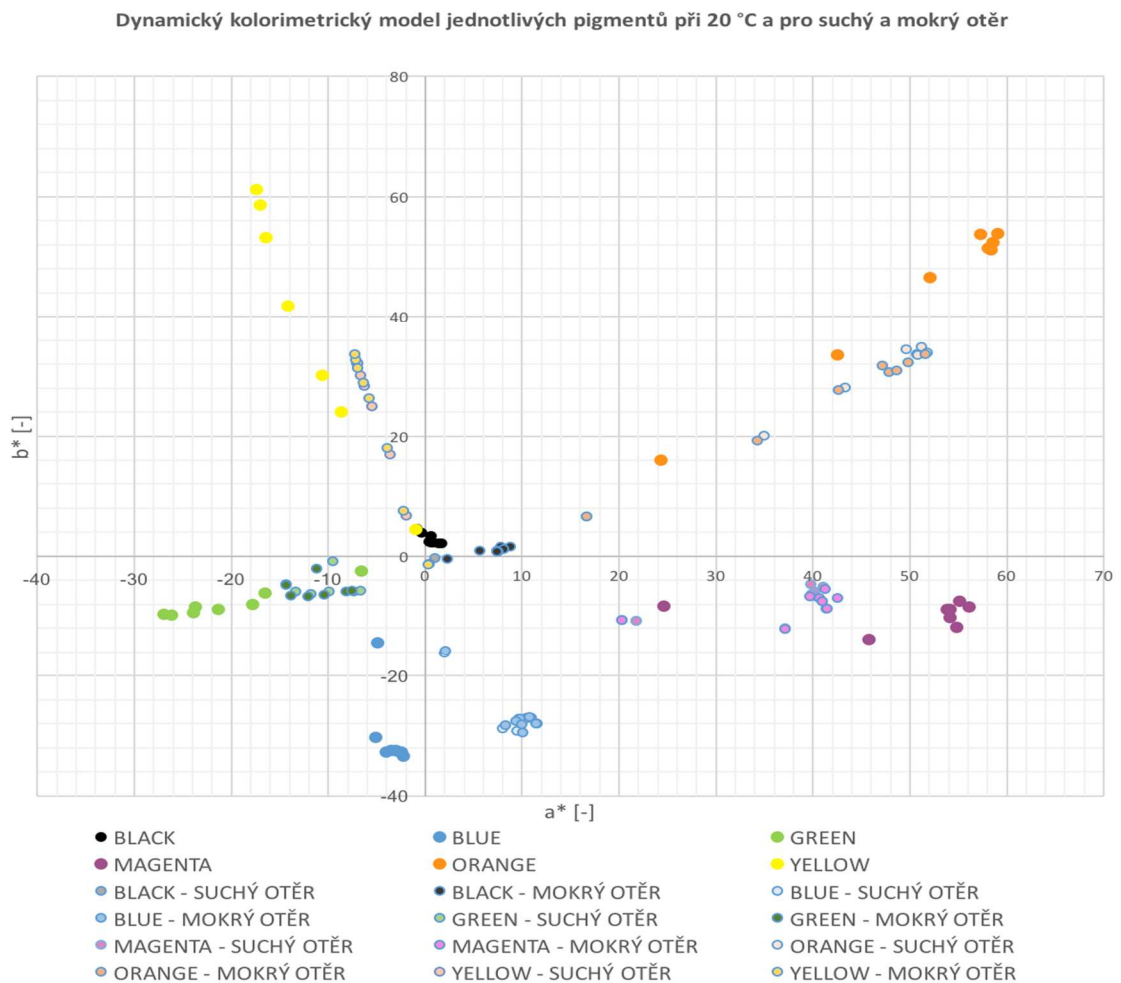
Závislost barevné odchylky na koncentraci - ORANGE bavlna, polyester



Příloha č.4 Stálobarevnost jednotlivých pigmentů na světle (suntest):



Příloha č.5 Kinetický model L*a*b*:



Příloha č.6 C-D disk s příloženými daty