



Vliv údržby elektricky vodivé textilie praním na její funkčnost a stálost potisku

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R007 – Textilní marketing
Autor práce: **Marie Seidlová**
Vedoucí práce: Ing. Veronika Tunáková, Ph.D.





Influence of washing on functionality and print stability of conductive fabric

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R007 – Textile marketing - textile marketing
Author: **Marie Seidlová**
Supervisor: Ing. Veronika Tunáková, Ph.D.



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marie Seidlová**

Osobní číslo: **T15000328**

Studijní program: **B3107 Textil**

Studijní obor: **Textilní marketing**

Název tématu: **Vliv údržby elektricky vodivé textilie praním na její funkčnost a stálost potisku**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

[1] Vypracujte literární rešerši na téma: (a) textilní struktury se zvýšenou elektrickou vodivostí, (b) hodnocení elektromagnetické stínící schopnosti textilií, (c) možnosti potisku textilií, (d) hodnocení stálosti potisku při údržbě textilií praním.

[2] Analyzujte vybraný vzorek vodivé textilie upravené digitálním potiskem. Navrhněte a realizujte experiment s cílem zjistit: (a) vliv údržby praním na elektromagnetickou stínící účinnost textilie, (b) vliv údržby praním na barevnou stálost textilie.

[3] Vyhodnoťte experiment, interpretujte výsledky a na základě získaných závěrů buď doporučte textilii pro konkrétní použití, nebo navrhněte úpravu přípravy textilie tak, aby bylo docíleno zvýšení stálostních charakteristik při údržbě textilie praním.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] Tunakova V, Technikova L, Militky J. Influence of washing/drying cycles on fundamental properties of metal fiber-containing fabrics designed for electromagnetic shielding purposes. *Textile Research Journal* 2017, 87(2): 175-192.
- [2] Hurren Ch. Dyeing and colouring tests for fabrics. In: Hu J. (ed). *Fabric Testing*. Boca Raton: Taylor & Francis, pp.255-274, 2008. ISBN 9781420079883.
- [3] Xin JH. *Total Color Management in Textiles*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. ISBN 9781855739239.
- [4] Annis PA. *Understanding and Improving the Durability of Textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2012. ISBN 978-0-85709-087-4.
- [5] Westland S, RIPAMONTI C. *Computational Colour Science using MATLAB*. John Wiley and Sons, West Sussex: England, 2004. ISBN: 0-470-84562-7.
- [6] Gonzalez RC, WOODS RE. *Digital Image Processing*. 3rd Edition, New Jersey: Prentice-Hall, 2008. ISBN: 978-0-13-168728-8.

Vedoucí bakalářské práce:

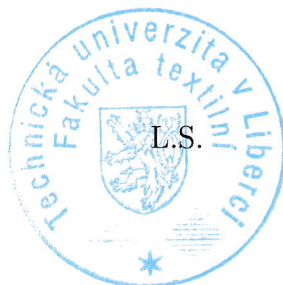
Ing. Veronika Tunáková, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **29. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. prosince 2018**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




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

V Liberci dne 1. října 2018

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Veronice Tunákové Ph.D. za její cenné a odborné rady při tvorbě této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Pavle Těšinové Ph.D. za pomoc u měření a doc. Ing. Maroši Tunákovi Ph.D. za rady u vyhodnocování měření barevnosti.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu při tvorbě této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce zabývá průzkumem vlivu údržby elektricky vodivé textilie na její funkčnost a stálost potisku. Jako elektricky vodivá textilie byla zvolena tkanina keprové vazby, obsahující ve své struktuře 10 % nerez-ocelového staplového vlákna. Tkanina byla dále povrchově upravena pomocí digitálního tisku. Cílem práce bylo zjistit, jaký vliv má opakované praní a sušení potištěné elektricky vodivé textilie na její elektromagnetickou stínící účinnost a stálost potisku.

Teoretická část práce seznamuje čtenáře s problematikou elektromagnetických vln a popisuje, jaké textilní struktury jsou vhodné pro konstrukty stínících krytů. Dále se teoretická část zabývá průzkumem finálních úprav textilií s cílem zvýšit jejich vizuální úroveň. Pojednáno je o barvení, tisku, vzorování laserem, hodnocením barevnosti. Dále jsou shrnuty informace o údržbě textilie, a zároveň o procesu praní.

V rámci experimentální části práce je analyzována elektricky vodivá textilie a popsán aplikovaný digitální tisk. Objasněny jsou také parametry opakované údržby textilie sestávající z praní a sušení. Stínící schopnost potištěné textilie byla hodnocena dle normy ASTM 4935-10. Barevnost textilie byla hodnocena pomocí spektrofotometru. V průběhu opakovaného praní a sušení byla navíc hodnocena také žmolkovitost vzorku. Bylo zjištěno, že proces praní má na statisticky významný vliv jak na funkčnost, tak na stálobarevnost potištěné textilie.

Klíčová slova: digitální tisk, elektricky vodivá textilie, elektromagnetické stínění, stálobarevnost, údržba textilie praním

Annotation

This bachelor thesis studies the maintenance effects on an electrically conductive fabric, its functionality, and the print permanence. The twill binding fabric was selected as the electrically conductive fabric. It contains 10 % stainless steel staple fiber in its structure. The fabric was further surface-treated by digital printing. The aim of this thesis was to establish the effects of repeated washing and drying on the printed electrically conductive fabric, specifically its electromagnetic shielding efficiency and print permanence.

The theoretical part introduces the reader into the problems of electromagnetic waves and describes, what textile structures are suitable for shield cover designs. Furthermore, it looks into a research of final textile modifications with the aim to increase their visual standard. It is dealt with colouring, printing, laser pattern designing, and colour quality assessment. The information about the textile's maintenance is summarized here, together with the washing process.

The experimental part analyses electrically conductive textiles and describes applied digital printing. The repeated maintenance parameters are also explained that contain washing and drying. The shielding ability of the printed fabric was evaluated according to the ASTM 4935-10 regulation. The fabric colouring evaluated by using a spectrophotometer. In addition, the pilling was evaluated within repeated washing and drying. The main finding was that the washing process has statistically significant effects not only on the functionality, but also the colour sustainability of the printed fabric.

Key words: digital printing, electrically conductive textile, electromagnetic shielding, fastness, maintaining of textile by washing

Obsah

Úvod	2
1. Teoretická část.....	4
1.1. Textilie schopné odstínit elektromagnetické pole.....	4
1.1.1. Elektricky vodivá vlákna	5
1.1.2. Elektricky vodivé textilie	9
1.2. Možnosti vzorování elektricky vodivých textilií	10
1.2.1. Tkaním, pletením	10
1.2.2. Vzorování laserem.....	11
1.2.3. Barvení	12
1.2.4. Potisk	13
1.3. Hodnocení barevnosti textilie	15
1.4. Údržba textilie	20
1.5. Současný stav v oblasti výzkumu.....	22
2. Experimentální část	24
2.1. Elektricky vodivá textilie.....	24
2.2. Digitální potisk elektricky vodivé textilie.....	25
2.3. Údržba elektro vodivé textilie praním.....	27
2.4. Hodnocení stálobarevnosti	28
2.5. Hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti	31
2.6. Žmolkovitost	33
2.7. Výsledky a diskuze	35
2.7.1. Vyhodnocení měření barevnosti zkoumané textilie	35
2.7.2. Vyhodnocení za měření stínění elektromagnetické stínící účinnosti	39
Závěr	48
Citovaná literatura.....	51

Úvod

Téma elektricky vodivých textilií už není tak neznámým pojem v odvětvím textilního průmyslu jako dříve. Elektricky vodivé textilie se používají především u antistatických aplikací, tzv. smart textilií a především také pro dosažení odstínění elektromagnetického záření. Elektricky vodivé textilie jsou často vyvíjeny pro konstrukci ochranných oděvů, u kterých nehraje velkou roli vzhled. Doposud se téměř žádné výzkumné práce nevěnovaly vzhledovým úpravám elektricky vodivých textilií, které by napomohly k tomu, aby textilie mohla být jak vodivá tak i vzhledově zajímavá. Jelikož specifickými skupinami lidí, kteří by oděvy vyrobené z elektricky vodivé textilie mohly nosit a tím se chránit vůči dopadajícím elektromagnetickým vlnám jsou lidé s kardiostimulátorem, pracovníci, kteří jsou vystavováni elektromagnetickému záření či těhotné maminky z čistě preventivních důvodů, je třeba se zabývat i vzhledovou stránkou vyvíjených elektricky vodivých textilií.

Cílem této práce je analýza informací, které se týkají textilií se zvýšenou elektrickou vodivostí, možnosti vzorování těchto speciálních textilií se zvýšenou pozorností na potisk a hodnocení barevnosti. Experimentální část práce navazuje s doporučenými způsoby údržby pro zvolenou textilií a hlavním cílem je vyhodnotit, zda má proces praní na potištěnou elektricky vodivou textilií významný vliv, a to zejména s ohledem na její elektromagnetickou stínící účinnost a stálost potisku. Tato otázka byla v experimentální části podložena experimentálním hodnocením výše zmíněných charakteristik.

Jako elektricky vodivá textilie byla zvolena tkanina keprové vazby obsahující ve své struktuře 10 % staplového kovového vlákna. Tato tkanina má jako surová světle šedou barvu, a to díky přítomnosti kovového vlákna ve směsi s tradičními vlákny bílé barvy. Následně byla tkanina digitálně potištěna. Zvoleno bylo barevné spektrum, aby bylo možno prozkoumat různé barvy.

Hodnoceny byly dva základní parametry, a to elektromagnetická stínící účinnost a barevnost v $L^*a^*b^*$ barevném prostoru. Prozkoumány byly nejprve vlastnosti textilie

před tiskem, poté po tisku a poté následovalo opakované praní vč. sušení s celkovými 20ti cykly. V průběhu opakovaného praní docházelo také k hodnocení zmíněných charakteristik. Na základě vyhodnocení naměřených dat byly následně vyvozeny závěry. V průběhu experimentu se ukázalo, že na vzorcích vznikají žmolky, proto byl do experimentu začleněn také průzkum vlivu údržby na žmolkovitost vzorků.

1. Teoretická část

V této části práce jsou rekapitulována teoretická fakta související s experimentální částí této práce. Jsou zde shrnuté základní informace o textiliích a vláknech, která jsou elektricky vodivá, o účelu jejich použití a náročnosti na výrobu. Následně jsou navrženy způsoby, jak by se tyto textilie daly vzorovat a také, jak se dají tyto textilie udržovat. Mezi způsoby vzorování textilií byly vybrány zejména klasické výrobní postupy jako tkaní a pletení, kde byl zamýšlen záměr vytkávání barevnými nitěmi, dále je práce zaměřena na vzorování laserem, klasické barvení textilií a v naší práci nejzásadnější tisk. Jelikož v experimentální části je zkoumáno měření barevnosti, bylo i toto téma shrnuto v teoretické části. Teoretickou část následně zakončuje kapitola o průběhu a správné údržbě textilií spolu se zmapováním poznatků z výzkumných prací týkající se experimentální části práce.

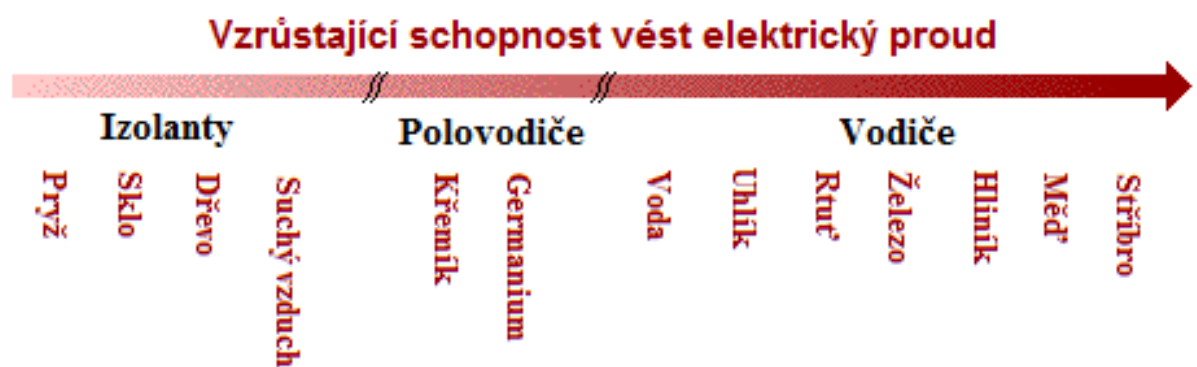
1.1. Textilie schopné odstínit elektromagnetické pole

Elektromagnetické stínění je hlavní vlastnost, která pomáhá chránit živou či neživou hmotu před elektromagnetickým rušením. V praxi jsou používány nejčastěji kovové materiály s vysokou vodivostí a permeabilitou. Do budoucna je snaha zapojit více termoplasty, které mají lepší zpracovatelské vlastnosti, jsou flexibilní a mají nižší hmotnost a cenu. Množství zařízení, která elektromagnetické vlny vytváří, se stále zvětšuje. Patří mezi ně například počítače, telefony, kalkulačky nebo domácí elektrické přístroje a mnoho dalších. Proto je snahou osoby, které jsou s těmito zařízeními v nepřetržitém styku, chránit. Základní charakteristikou této energie je magnetická a elektrická složka, které jsou na sebe kolmé a zároveň se šíří v pravých úhlech k rovině obsahující tyto dvě složky.

Existují tři základní metody, jak hodnotit bariérní schopnost materiálu vůči elektromagnetickému záření, mezi které patří metoda stíněné schránky, metoda stíněného prostoru a metoda koaxiálního přenosového vedení. Metoda stíněné schránky spočívá v kovové měřicí schránce, ve které je otvor na umístění vzorku a přijímací anténu, mimo schránku je zpevněna vysílací anténa. Mezi těmito anténami pak probíhá samotné měření, které je ovlivňováno špatným kontaktem mezi vzorkem a schránkou nebo také omezený rozsah frekvencí. Metoda stínění v prostoru je podobná metodě

stínění schránky, kde jsou antény obě umístěny v boxu, u této metody je větší rozsah měřených frekvencí. Poslední metodou je koaxiální přenosové vedení, která je upřednostňována díky dobrému rozlišování mezi odraženou, pohlcenou a prošlou energií. Toto měření je prováděno na dvou válcích, které jsou napojeny na vysílač a zároveň přijímač mezi který je vložen vzorek tvaru kruhu. Výhody této metody je nutnost použití relativně malého vzorku. [1]

Jak bylo zmíněno výše, jedním z požadavků pro konstrukci elektromagneticky stínících materiálů je zvýšená elektrická vodivost. Materiály z hlediska schopnosti vést elektrický proud dělíme na izolanty, polovodiče a vodiče. Klasické textilie řadíme spolu s dřevem nebo sklem mezi izolanty hlavně v suchém stavu. Podle vlhkosti se může stav elektrické vodivosti třeba u hydrofobních polymerů měnit různými přísadami a úpravami. U polovodivých látek je důležitých více faktorů, vnějších a vnitřních, které mají vliv na intenzitu vodivosti určité látky. Nejznámější je křemík nebo germanium, u kterých má vliv teplota, světlo nebo i to, zda směs obsahuje vodič. Vodič je látka, která vede elektrický proud, je specifická svou tvrdostí, pevností v tahu a hlavně minimálním elektrickým odporem. [1]



Obrázek 1 Schéma rozdělení materiálů podle vodivosti [1]

1.1.1. Elektricky vodivá vlákna

Textilní vlákna můžeme dělit na rostlinná, živočišná a chemická z přírodního nebo chemického polymeru. Základním stavebním kamenem rostlinných vláken je celulóza. Tato vlákna můžeme získávat ze semen, stonků listů nebo plodů. Nejznámějšími rostlinnými vlákny je bavlna, len, konopí, bambus, sisal nebo kokos. Bavlna je jednobuněčné vlákno, které se získává z květů bavlnovníku. Jeho vlákna

pod mikroskopem připomínají zvláště v mrtvém stavu stužku. Tato vlákna se často mercerují aby se zvýšily sorpční vlastnosti a vlákno se lépe stabilizovalo. Živočišná vlákna jsou tvořena především bílkovinami. Vlákna můžeme je získávat ze srstí zvířat nebo sekretu hmyzu např. od ovce, velblouda, lamy, vikuně, králíka nebo bource morušového. Hlavní představitele těchto vláken je vlna nebo pravé hedvábí. Vlákna na chemické bázi z přírodního polymeru jsou z makromolekulárních látek např. celulózy, bílkovin, kaučuku. Z celulózy jsou vyráběna nejznámější viskózní vlákna, která jsou na povrchu rýhovaná až hladká. V příčném řezu nám můžou připomínat nepravidelné obláčky. Jejich vlastností je vysoká navlhavost, díky čemuž mají nízkou pevnost a oděr za mokra. Dalšími vlákny na bázi celulózy jsou měďnatá nebo acetátová vlákna. Chemická vlákna ze syntetických polymerů jsou takzvaná vlákna budoucnosti. Do této skupiny patří polyamidová, polyesterová, polyuretanová vlákna a mnoho dalších. Využití těchto vláken je široké, neboť jejich vlastnostmi jsou vysoká pevnost a nízká mačkavost, některá jsou anti alergenní. Nevýhodou těchto vláken je převážně vysoká hořlavost. [2,3,4]

Speciální vlákna často vychází z klasických vláken, kde jsou upravována tak, aby plnila určitou specifickou vlastnost. Nejznámější vlastnostní skupiny jsou vysoce funkční, vysoce výkonná, pro speciální aplikace nebo speciální polymery. V následujících odstavcích budou popsány základní typy vláken se zvýšenou elektrickou vodivostí. [5]

S ohledem na zaměření této bakalářské práce bude zvýšená pozornost věnována **vláknům kovovým**. Tato vlákna jsou nejčastěji vyráběna z čistých kovů, slitin či polokovů. Mezi tyto kovy řadíme hliník, měď, zlato nebo stříbro. Používané jsou hlavně díky dobrým zpracovatelským vlastnostem, kterými jsou například měkkost nebo ohebnost. Slitiny začaly být používány hlavně kvůli zlepšení vlastností obyčejných kovů. Výroba těchto vláken je rozdělena na metodu mechanickou a tepelnou. První dva způsoby mechanického procesu tažení drátu a svazkového tažení jsou si podobné. Jde o sloužící procesy, u kterých se vlákna stávají tenčí a delší. Procesy se liší jen prodlužováním jednotlivě nebo ve svazku, který je v skleněném válci. Tento válec je navržen tak, aby byl méně kvalitní a snadno v kyselé lázni rozpustitelný. Třetí princip funguje na principu řezání, kde se získávají nekonečná vlákna. Zde je na tyči namotaná kovová fólie, ze které se ořezávají postupně jednotlivá vlákna.

Tepelný proces se od mechanického liší většími problémy s viskozitou a přetřhem vláken. Jedním z nich je Taylorova metoda, která je podobná procesu svazkového tažení. Jedná se také o pruty ve skleněné trubici, která je podobně tavitelná jako pruty vnitřní. Vodivost u kovů je různá u základních se pohybuje mezi 1,36 – 62,5 Sm/mm². Základní vlastnosti nejběžnějších kovů lze přiblížit v tab. 1. [5]

Tabulka 1 Porovnání vlastností kovů [1]

	Hustota [kg/dm ³]	Vodivost [Sm/mm ²]	Pevnost v tahu [N/mm ²]
Měď	8,9	58,5	220-270
Hliník	2,7	36	120-140
Poměděný hliník (10%)	3,3	37,7	130-180
Slitina měď-nikl – CuNi ₁	8,9	40	220-350
Mosaz – CuZn ₁₀	8,7	25,3	340-390
Stříbro (99,9%)	10,5	62,5	170-220
Pokovená měď Cu/Ag	8,9	58,5	220-270
Nerez-ocel	7,9	1,36	740-840

Pokovená vlákna mohou být zpracovávána jako povrstvovaná kovy, galvanickými materiály nebo solemi kovů. Jeho výhodami jsou u mnoha typů vláken stálý omak, relativně nízká měrná hmotnost a vysoká flexibilita. Proces pokovení lze použít jak u přízí, tak u textilií. Nevýhodou je riziko nízké adheze a koroze. Způsobem nanášení může být pokovování s pojivem, kde je nanášená např. hliníková pasta spolu s silikony, polymery nebo jinými pojivy, které fixují nanosovou pastu k textilii. Může být použit také např. nanos nožem. Dalším způsobem je vakuové napařování, kde výrobní proces probíhá za pomoci tepla a nízkého tlaku ve vakuové komoře. Podobné je i katodové napařování, kde je jako zásadní plyn nejčastěji použit argon, který díky elektrickému výboji pomáhá tento nákladný postup spustit. Další z bezpečnějších procesů je chemické nanášení. Zde jsou kovy, např. zlato, stříbro, nikl, nejdříve připraveny díky kyselinám na nanášení v chemické lázni. [1]

Vodivá kompozitní polymerní vlákna jsou vyráběná díky rozptášením vodivých částic v termoplastické nebo netermoplastické nevodivé polymerní matici. Pod vodivými částicemi si můžeme představit např. grafit či prášky kovů. Důležitý je tvar vodivé částice, obsah vodivého plniva nebo fyzikálně chemické vlastnosti. Nejnížší koncentraci vodivých částic, při které již dochází ke zvýšení elektrické vodivosti, nazýváme perkolační práh. Běžně jsou vlákna plněna buď uhlíkovými sazemi, uhlíkovými nanotrubicemi, kovovými částicemi nebo nanočásticemi solí kovů. [1]

Bikomponentní vlákna jsou nejčastěji používána v oděvním a nábytkářském průmyslu, jako náhrada hedvábí či elektricky vodivá vlákna a také jako filtrace nebo jako medicínská aplikace. Specifika těchto vláken jsou odlišné chemické a fyzikální struktury ze dvou polymerů. Spojení těchto vláken je pevné, ale oddělitelné. Nejčastěji jsou použity typy spojení strana/strana, jádro/plášť nebo matrice/vlákno. U vláken typu jádro/plášť bylo současně zkoumáno, kde v jádře byl použit vodivý komponent, protože pevnost vlákna byla mimořádně skvělá, ale povrchový odpor se snižoval. Výroba je na principu zvlákňování z taveniny. Používáme k tomu speciální stroj se zvlákňovacími tryskami, který je plněn taveninou nebo roztokem. [1]

Uhlíková vlákna a nanovlákna patří mezi další skupinu s vysokou pevností. Vynalezl je Thomas A. Edison, který uhlíkové filameny použil do žárovek. Díky skvělým vlastnostem, jako je pevnost, elektrická vodivost, stabilita při vystavení reaktivnímu okolí, nízká hustota, skoro záporný koeficient tepelné roztažnosti a odolnosti vůči tepelným nárazům, jsou uhlíková vlákna jedinečná oproti ostatním materiálům. V textilním světě jsou používány hlavně pro sorbční materiály, katalyzátory, výztužné kompozitní materiály a ochraně vůči elektrostatickému náboji. Jejich struktura vychází z krystalu grafitu, který ale není pravidelně uspořádaný, ale je v tzv. turbostatickém uspořádání. Na výrobu už se nepoužívají viskozová vlákna kvůli ztrátám hmoty ve vysokých teplotách, ale polyakrylinová nebo novoloidová vlákna. Výroba spočívá ve třech etapách: stabilizace, karbonizace a grafitizace. V těchto procesech je možno ovlivňovat měrný odpor například tepelně časovým režimem, správným dloužením nebo přidáním správných chemických sloučenin. [1]

Vlákna z vodivých polymerů jsou známá svými fyzikálními, chemickými a elektrickými vlastnostmi kovů. Specifika těchto vláken jsou pevnost, lehkost, pružnost a také vysoká elektrická vodivost, a díky tomu jsou tato vlákna vhodná pro tkaní, pletení a další textilní procesy. Nejzásadnější vlastností vodivých polymerů je pravidelné střídání jednoduchých a dvojitých vazeb v molekulární struktuře. Do této skupiny vláken lze řadit polyanilín, polyacetylen, polypyrrol, polithiopen a polyfenylvinilylen. Příprava vláken z vodivých polymerů může být uskutečněna na základě tří hlavních strategií. První se zabývá vytlačení roztoku do zvlákňovací trysky, která pošle stabilní homogenní materiál do lázně, kde se okamžitě vysráží ve vlákenném tvaru. Druhá varianta je podobná, pouze na začátku se spojují v roztoku nehomogenní vodivý polymer s nevodivým polymerem, které díky trysce se zvlákňují. Poslední strategie bere nevodivé vlákno nebo textilií, kterou pokryje roztokem nebo zředěným polymerem. [1]

1.1.2. Elektricky vodivé textilie

Elektricky vodivé oděvy by měly splňovat určité požadavky, aby bylo docíleno komfortu pro nositele, a proto by měly být vyrobeny ideálně z textilie tvořené vlákny jemnějšími jak 1tex a textilie by měla mít plošnou hmotnost v rozmezí 150 - 300 g/m². Tyto požadavky jsou však např. pro kovy nebo uhlík v čisté podobě nereálné. Proto tyto speciální materiály při tvorbě textilií určených pro oděvní odvětví musíme kombinovat s klasickými vlákny. [1]

Při tvorbě netkaných textilií je možno směšovat klasická vlákna s vlákny speciálními, např. kovovými, či pokovenými. Při přípravě tkanin a pletenin je možno vodivou komponentu zpracovat do příze, a to buď: a) směšováním dvou a více komponent ve formě staplových vláken, přičemž jednu komponentu může tvořit např. staplové kovové vlákno; b) opřádáním nekonečných vodivých vláken, např. kovového drátu klasickými staplovými vlákny; c) skaním vodivého drátu s nevodivou přízí, atp. [5]

První možnost je použití vodivých vláken buď přidaných do směsi na výrobu netkané textilie nebo zapředení do příze buď jako čistě vodivé vlákno nebo ve směsi. K tomuto procesu jsou vhodná speciálně upravená vlákna např. povrstvená, bikomponentní či na bázi vodivých částic. Povrstvování textilií je možná jednodušší na přípravu, ale tato vrstva dost pravděpodobně nebude zvládat klasickou údržbu textilií. Velice zajímavou možností může být rozptylování sazí či vodivých částic do směsi na výrobu netkaných textilií. Také může být použit sítotisk na nanášení kovových částic a v neposlední řadě lze i prošívát nevodivou textilií vodivou přízí. Měření těchto plošných textilií lze skrz povrchový odpor. [5]

1.2. Možnosti vzorování elektricky vodivých textilií

V této kapitole budou zmíněny možnosti, jak lze zvýšit vizuální efekt při vytváření elektricky vodivých textilií. Zmíněny budou možnosti tkaní a pletení, vzorování laserem, barvení textilií a zejména vzorování tiskem, které je použito v experimentální části této práce.

1.2.1. Tkaním, pletením

Jednou z možností jak textilií vzorovat, měnit její barvu a celkový vzhled podle přání uživatele je rovnou při její tvorbě, tedy při tkaní, popř. pletení. Použít lze různě barevné příze, ať už vodivé či nevodivé a vytvářet různé vzory pomocí změny vazby. [6]

Základní způsob vytváření textilií představuje tkaní. Tkanina se vytváří vzájemným provázáním běžně osnovních a útkových nití, ale provázat lze i ve více přízí. Efektu lze dosáhnout buď vazbou, vzorem, barevnými efekty či speciálními úpravami. Vyrábí se na tkalcovském stroji, kde se opakovaným procesem procházení útkové nitě mezi nataženými osnovními. Díky pořadí kde bude ve finální tkanině vidět osnovní a kde útková nit. Důležité u každé příze je její materiálové složení, díky kterému se dělí do skupin a lépe charakterizují. Vzorování vazbou můžeme rozdělit do následujících kategorií: plátňová, keprová, atlasová a speciální vazby. Na základě vazby můžeme za pomoci barevných přízí vytvářet nejrůznější vzory jako třeba kostky, pruhy, pepito, kohoutí stopa, činovatina, rybí kostra, rajé a mnoho dalších. Další specifikace textilií

jsou vzhledové úpravy, do kterých patří druhy tisku, úpravy na kalandru a úprava vlasu. Z kalandru můžeme provést např. gaufrovaní, matovací či žehlicí efekt. Mezi vlasové úpravy můžeme brát meltonovou, flaušovou či velurovou. [6]

Pleteniny jsou oproti tkaninám utvářeny proplétání oček, která jsou uspořádaná do sloupků a řádku. Dělí se druhově na zátažnou a osnovní. Zátažné pleteniny jsou charakteristické očky v řádku, díky tomu jsou snadno paratelné. Základní vazby u zátažné pleteniny můžeme vytvářet jednolící, oboulící, obourubní a interlokovou. U dělení zátažných pletenin je také důležitý tvar, druh použitých nití nebo unikátnost vazby. Mimo klasické kladení oček se může vzorovat chytovými nebo podloženými kličkami. Díky vyřazení, přerušení činnosti či posunutí kladení některé jehly pak můžeme dosáhnout např. žeber, ažury, petinetu či italského vzorování. Osnovní pleteninu poznáme díky očkům proplétaným po osnově v tomto případě základní vazba je jen jednolící nebo oboulící. Díky posouvání jehel lze jednoduše vzorovat řetízek, trikot, sukno, satén a samet. [7]

1.2.2. Vzorování laserem

Další možností vzorování, které u textilií může být, je vzorování s použitím laseru. Tato technika se stále řadí mezi novější. Laserové světlo je výjimečné díky vyzařování množství světel z různých atomů září se stejnou fází, proto koherence laserového světla dokáže zaostřit laserové světlo do velmi malé oblasti a tím dosáhnout vysokého množství zhuštěné světelné energie. Koherence je opakující se jednoduché vlnění po jedné vlnové délce a frekvence vlny, která odpovídá množství vlnových délek vysílajících za jednu sekundu. Mezi kladné vlastnosti patří jednoduchost vzorování textilních materiálů laserem spočívá u vzoru, který se navrhne často ve vektorové grafice a následně (díky programu, který ovládá laser) se jednoduše vypálí vzor do textilie. Vzor je možno vypálit jak na povrch textilie, tak může být záměrem i vzorek vyříznout na skrz. Pro tuto techniku jsou podle [8] nejvíc vhodná přírodní vlákna, zejména bavlna. Chemická vlákna mohou být oblíbená z vizuální stránky, kdy se vypálené okraje vzoru zároveň zataví a tím pádem lépe zafixují. (viz. Obr. 2) Tématem změny povrchu elektricky vodivých textilií se zabývali v práci, která analyzuje tuto možnost vzorování. [8,9]



Obrázek 2 Vzorování laserem [8]

1.2.3. Barvení

Nejznámějším odvětvím pro vzorování textilií je barvení. Barvení je fyzikálně chemický jev, kde je hlavní strategií upevnit barvu na materiál. Tento chemický jev je prováděn převážně v lázni a může být ovlivňován jeho průběh v čase, rovnováha sorbčního procesu či vlastnostmi barvy a materiálu. Materiál v textilním odvětví může být barven od vložky po plošnou textiliu. Stálosti vybarvení mohou být ovlivněny na světle, v potu, při praní či v otěru. [10,11]

Barvy se dají třídit do různých tříd, kde budou přiblíženy alespoň základní skupiny. Mezi substantivní což jsou barvy, které působí na celulózu vlákna, můžeme řadit přímá barviva, kypová barviva a reaktivní barviva. Přímá barviva jsou známá svou dobrou rozpustností ve vodě a tedy i dobrými vlastnostmi v návaznosti na bavlněná vlákna. K urychlení procesu barvení může být použit např. chlorid sodný. Kypová barviva jsou nerozpustná ve vodě, proto musí pomoci v roztoku i redukční činidlo, které napomáhá u rozpouštění. Třetím substantivním barvivem jsou redukční, která jsou podobná přímým barvivům, reagují s OH skupinami díky příměsi alkálie. Další skupinu barviv, která jsou určena pro vlněná vlákna z takzvané iontové výměny

jsou kyselá barviva, kovokomplexní barviva a reaktivní barviva. Kyselá barviva jsou zajímavá svou přitažlivostí na pH, aby fungovala rovnováha, kde má přiměřeně kyselé barvivo stejně silnou kyselinu. Při barvení ve tmavých odstínech jsou zajímavá kovokomplexní barviva, přičemž při přípravě musí být dodržen poměr barvy a kovu. Disperzní barviva jsou určena převážně pro syntetická vlákna. Pro barvení syntetických materiálů můžeme také použít kyselá a kovokomplexní barviva. [10, 12, 13] (10; 12)

1.2.4. Potisk

Další možností jak docílit žádoucího designu textilie je využití velkoplošného potisku, při kterém se na textilní substrát přenese navržený vzor. [10]

Před samotným procesem tisku, textilie prochází různými úpravami, aby tisk byl co nejefektivnější. Nejznámější z těchto procesů pro bavlněné textilie jsou pozechlování, odšlichtování, bělení, mercerace nebo vyvářka. [10]

Tisk textilií dělíme po chemické stránce do následujících skupin: přímý tisk, leptový tisk, rezervový tisk nebo speciální druhy tisku. Nejjednodušším z nich je **přímý tisk**, u kterého se tiskne přímo na textili, nejčastěji bílou. **Leptový tisk** už je o něco složitější, kdy je na předem obarvenou textili natištěn vzor, který vyleptá původně obarvenou barvu. Podobně složitý je i **tisk rezervou**, kde nejdříve na neobarvenou textili natiskneme rezervační potisk, který ve finále brání uchycení barvy v daném místě na textili. Dále se postupuje klasickým obarvením, čímž ve výsledku vyniknou neobarvená předem potištěná místa rezervou. [10]

Z mechanického pohledu dělíme tiskařské metody na tisk dřevěnými formami, strojní válcový tisk, filmový tisk a speciální druhy tisku. **Tisk dřevěnými šablonami** se dnes už nepoužívá. **Stojní válcový tisk** se skládá z měděných válců, na kterých byl vzor. Dnes už se tento způsob tisku také nepoužívá, a to kvůli časové náročnosti, protože každý válec potřeboval svou vlastní barvu, proces byl tímto nevýhodný. Poslední konkrétnější skupinou je **filmový tisk**, jehož základní princip spočívá v protlačení barvy pomocí stěrky skrz síto se vzorem. Tento proces je prováděn buď v ploše, nebo s rotačními válci. V klasičtějším použití se setkáme spíše se **strojním**

tiskem, jehož základem jsou rotační šablony, a kde si každý válec svou barvu umí mechanicky dávkovat sám. Mezi speciální druhy tisku patří nejčastěji **přenosový**, **vložkový** a **digitální tisk**. Přenosový tisk je specifický svým pracovním postupem. Spočívá v přenosu barevného vzoru z papírové šablony na textilii za pomoci tepla a tlaku [10, 14]

Digitální tisk využitý v experimentální části této práce funguje bez šablon. Výhodou tohoto tisku je jednoduchost vzorování pomocí počítačového systému, který ovládá tiskárnu, odpadá nutnost použití šablon, rychlá změna vzoru a úspora inkoustu. Pro tisk je potřeba program, ve kterém se daný vzor navrhne, tiskárnu s vysokým rozlišením a inkousty s minimálně čtyřmi základními inkoustovými hlavami jako je žlutá, modrá, červená a černá. Podle substrátu neboli materiálu, který chceme potisknout, pak vybíráme složení barev. Jedná se např. reaktivní barviva pro celulósová vlákna nebo pro vlnu a pro syntetická vlákna použijeme kyselá barviva. Barvy musí být velice kvalitní, aby se neucpávaly trysky tiskárny, zvládaly vysoké teploty a držely svou koncentraci u mnoha praní. Proto by se měly hlídat u barev vlastnosti jako vysoká čistota, stabilita, viskozita, povrchové napětí a stabilní pH. Celý proces digitálního tisku se skládá z několika kroků. Nejprve se provede přípravného ošetření substrátu, které má za účel připravit textilií pro lepší následnou fixaci barev. Následuje samotný tisk, který se velice podobá klasickému tisku na papír inkoustovou tiskárnou. Dále je pak důležitá fixace barev, aby se jejich odstín rychle nevypíral. Na závěr projde výrobek pracím procesem, kde je snaha vymýt zbylé chemikálie. Nevýhodou v porovnání s filmovým tiskem je, že není možné nanést takové množství barvy, anebo v inkoustových hlavách musí být dostatečné množství barvy, aby se dosáhlo správného barevného odstínu. Jako výhodné pak můžeme vidět nižší spotřebu chemikálií, a tím i nižší odpad a znečištění životního prostředí. V budoucnu se bude u tohoto typu tisku oceňovat zejména vysoká variabilita vzorování, rychlost změny vzoru nebo nižší náklady v menších zakázkách na tisk. [10, 14]

Tisk rozdělujeme také podle tříd barviv, do kterých patří: pigmenty, reaktivní barviva a kypová barviva. **Reaktivní barviva** jsou používána převážně u celulósových vláken. Zásadní body technologického postupu jsou tisk, fixace nasycenou párou a důkladné praní s následným sušením. Celý proces probíhá v alkalickém prostředí, kde jsou používána často barviva ostanzin H a ostanzin V. Do složení mimo barvu

patří fixační látky, do kterých řadíme alkálie, močovinu na podporu rozpouštění barviva a Tiskan 90 na ochranu barviva před reakčním procesem. Jejich výhoda je, že jsou velmi stabilní a mají dobrou stálost na světle a v praní. **Kypová barviva** lze použít jak u tisku, tak i u barvení. Proces barvení začíná u prášku, kde díky alkalické reakci vytvoříme vodný roztok, který natiskneme na textilii a díky oxidaci zafixujeme do vláken. Pro přímý tisk můžeme použít buď jednofázový způsob, kde alkálii a redukční prostředek přidáváme společně. Po procesu tisku pak textilii zafixujeme nasycenou parou. Dvoufázový způsob se liší procesem, ve kterém v první fázi tiskneme zahuštěným barvivem, to pak usušíme a před procesem páření napustíme textilii do roztoku redukovačů s alkálií a paříme v prostředí přehřáté páry. Pozitivum tohoto procesu jsou nekonečná trvanlivost tiskové pasty. [10, 14]

Pigmentový tisk je používán více jak v polovině světové výroby. Mezi jeho pozitiva patří jednoduchý způsob nanášení, díky kterému můžeme tento druh tisku používat na různé druhy textilií. Dá se rozdělit do následujících fází: tisk, sušení a fixace. Další výhoda je velké rozmezí odstínů barev a taky skvělá stálost na světle. Negativem je horší omak a stálost v otěru. Složení pasty začíná u pigmentů, které plní funkci zbarvení. Pojidla pomáhají pigmentové částice upevnit k textilii jako lepidlo. Použití pojidel zapříčiňuje měkčí omak, lepší estetičnost nebo zvýšení odolnosti vůči rozpouštědlům a vyblednutí. Pojidla můžeme rozdělit na akrylátová a buretová. Akrylátová jsou specifická svou dobrou odolností vůči stárnutí nebo skvělou savostí. Naproti tomu buretová pojidla mají špatnou odolnost na světle, ale jsou to výborná pojidla. Pigmenty se musí také zahušťovat dnes už převážně syntetickými zahušťkami na bázi kyseliny akrylové. Po procesu praní se pigmentová pasta musí zafixovat, nejčastěji přehřátou nebo nasycenou parou. Speciálních efektů je možno dosáhnout za použití, např. kovových prášků, perleťových pigmentů nebo kovových částic. [10, 14]

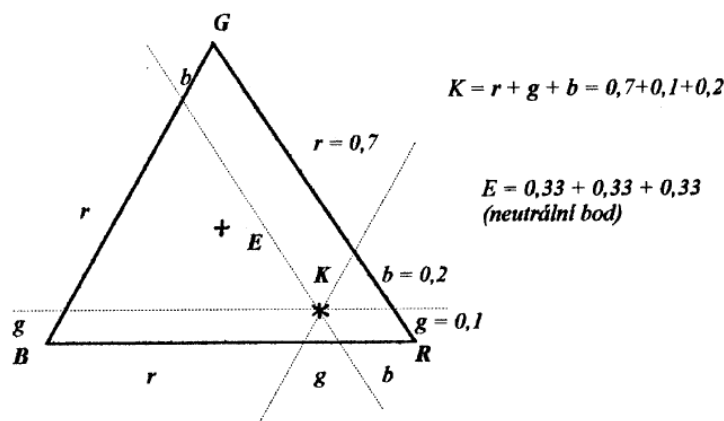
1.3. Hodnocení barevnosti textlie

Barva je velmi obecný pojem. Můžeme ji chápat jako psychosenzorický vjem, vnímající lidské oko. Vnímání se odvíjí od barvy světla a předmětu. Dále barvy dělíme na achromatické a chromatické. Achromatické barvy jsou pro nás odstíny šedi, od čistě bílé až po černou. Chromatické barvy můžeme rozdělit na jednoduché,

kteře jsou specifické zářením jedné vlnové délky a složené, které se pohybují na více vlnových délkách. Z vizuálního hlediska je můžeme specifikovat díky odstínu, sytosti a jas. Vnímání barvy lidským okem je velmi subjektivní. U rozeznávání rozhodují faktory, jako jsou osvětlení předmětu, fyzikální povahou světla, psychosomatický stav pozorovatele a fyziologickými ději na sítnici oka. [15]

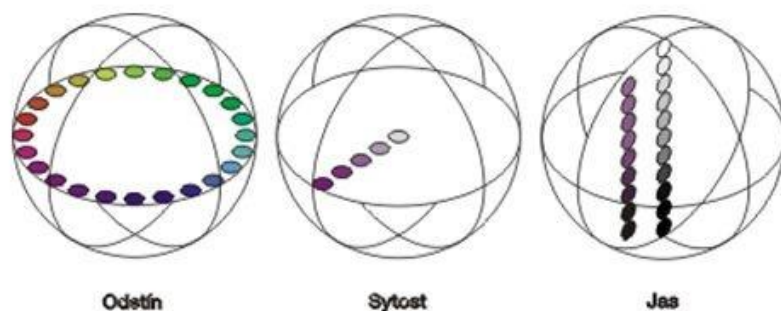
Dříve se pro určení barvy používaly jen dvě souřadnice, protože v těchto dobách nebyl kladen velký důraz na jas, a tak byl v zakreslování opomíjen. [13, 15]

Technické měření barevnosti CIE barevného prostoru XYZ vzniklo na základě systému RGB, který je založený na principu správně zvolené intenzity tří základních barev (červené, zelené a modré). Barevný prostor RGB si zjednodušeně představíme jako pravoúhlý systém o souřadnicích R, G, B, kdy počátkem je bod 0, tedy černá barva. (viz obr. 3) [15]



Obrázek 3 Trojúhelník pro dvojrozměrné znázorňování barev [15]

Tento systém funguje na platnosti tzv. Grassmannových zákonech o optickém míšení barev. Barva byla převedena do trojrozměrného vektorového světa, kde každá horizontála značí jednu základní barvu, a kde body v poli jsou každý jeden specifický odstín. Lépe si tento prostor můžeme představit díky obrázku 4. [15]

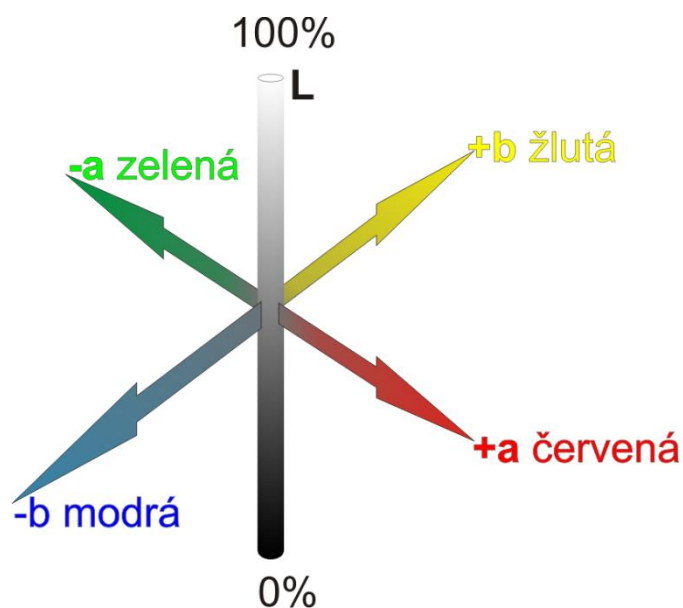


Obrázek 4 Základní barevný prostor [26]

Nevýhodou CIE systému je nerovnoměrné odstupňování, které má za příčinu rozpětí mezi body, jiné, než je pohledově zřejmé. V ideálním barevném prostoru XYZ by proto CIE systém neprošel. Tento vztah pro ideální barevný prostor je zaznamenán v rovnici (1). [15]

$$ds = \sqrt{(dU_1)^2 + (dU_2)^2 + (dU_3)^2} \quad (1)$$

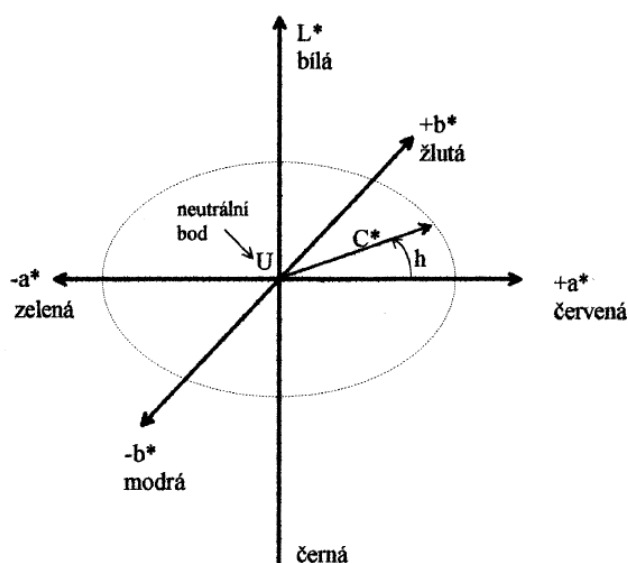
Hlavní propočít je založen na vzdálenosti bodů předlohy a reálného potisku, která je vyobrazena ve vztahu (1) kde vzdálenost barevné difference značí konstanta ds . Zbylé konstanty dU_1 , dU_2 , dU_3 vypovídají o vzdálenosti na osách. Tento princip měření vyplývá z Pythagorovy věty, kde vzdálenost přepony je odchylka našich bodů.



Obrázek 5 Zobrazení barevných os v $L^*a^*b^*$ prostoru [28]

Na obrázku 5 lze vidět L a b prostor, kde osa L vykresluje jas určité barvy kde přímo na ose lze najít u 0 % černou barvu a u 100 % bílou. Následně osa a zobrazuje rozmezí, kde v kladné části získáváme odstíny červené barvy a u záporných hodnot odstíny zelené barvy. Osa b vykresluje v záporných hodnotách modrou barvu a v kladné části odstíny žluté.

V našem měření bude nejpodstatnější vztah pro pravoúhlé a cylindrické souřadnice CIELAB prostoru, které můžeme vidět na obrázku 6. [15]



Obrázek 6 Pravoúhlé a cylindrické souřadnice CIELAB prostoru [15]

První možností, jak vyjádřit celkovou barevnou odchylku ΔE^* , je vyjádření pomocí vztahu (2) barevných diferencí. Tento způsob výpočtu nám pomáhá určit, o kolik se vzorek změnil od základní předlohy. V rovnicích (3) (4) (5) máme vyjádřeno, jakým způsobem byla každá veličina vyjádřena. Vždy šlo o odečtení naměřené hodnoty vzorku od předlohy. [15]

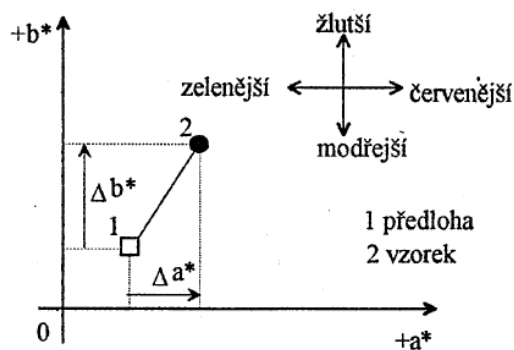
$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (2)$$

$$\Delta L = L_{\text{vzorku}} - L_{\text{předlohy}} \quad (3)$$

$$\Delta a = a_{\text{vzorku}} - a_{\text{předlohy}} \quad (4)$$

$$\Delta b = b_{\text{vzorku}} - b_{\text{předlohy}} \quad (5)$$

Lépe si tento vztah můžeme představit na obrázku 5. Kde veličiny ze vzorce lze vidět v prostorovém využití. Na obrázku lze vidět pohled na odchylky Δa a Δb , které pomáhají jasněji specifikovat barvu, zda je žlutší či červenější. Odchylka ΔL zastává funkci určení jasu dané barvy.



Obrázek 7 Vyjádření barevných diferencí pomocí pravoúhlých souřadnic [15]

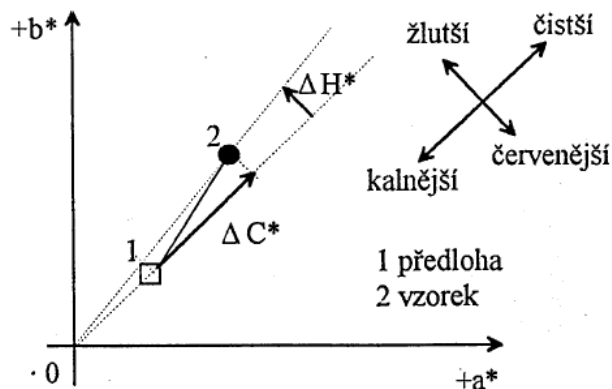
Druhou možností je vyjádření barevných diferencí pomocí cylindrických souřadnic CIELCH.

$$\Delta L^* = L^*_{\text{vzorku}} - L^*_{\text{předlohy}} \quad (6)$$

$$\Delta C^* = C^*_{\text{vzorku}} - C^*_{\text{předlohy}} \quad (7)$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta C^*)^2 - (\Delta L^*)^2} \quad (8)$$

, kde ΔC^* je odchylka v měrné čistotě, ΔH^* je odstínová odchylka. Jejich vyjádření lze vidět na rovnicích (6) (7) (8) a obrázku 8.



Obrázek 8 Vyjádření barevných diferencí pomocí cylindrických souřadnic [15]

Pro vyjádření barevné definice pro experimentální část této práce byl použit vztah (2), na základě kterého byla vypočítána vzdálenost jednotlivých měření pro zjištění změny odstínu zkoumané textilie.

1.4. Údržba textilie

Na údržbu jakékoliv textilie si nejprve musíme stanovit stav rozpracovanosti materiálu, to znamená, zda máme vložky, přízi nebo hotovou tkaninu. Dalším aspektem je původ materiálu, a to, zda je živočišného, přírodního nebo chemického původu. Od těchto znaků se pak specificky liší různé procesy, které se dají použít, jako je požehlování, vyvážka, bělení, karbonizace a mnoho dalších. Praní je proces používaný u všech textilních struktur různého materiálového složení, jehož hlavním úkolem je odstranit nečistoty z vláken. Zároveň také pomáhá spolu s dalšími procesy zlepšit estetičnost a uživatelské vlastnosti výsledných výrobků. Hlavní roli mají detergenty, neboli prací prostředky, které by měly mít typické vlastnosti jako např. emulgační a suspenzivní schopnost, smáčení, pěnivost, antiredespoziční vlastnosti a čistící účinnost. V samotném praní z pohledu na nečistoty můžeme narazit na skupinu koloidních nečistot, tj. oleje, pigmentové nečistoty. Proces praní dělíme na smáčení, vlastní praní a oplachování. Smáčení se zabývá adsorpcí, kdy se prací roztok rozptýluje v lázni spolu s materiálem a pak probíhá proces absorpce, při kterém prací prostředek vniká do samotného materiálu. V celém procesu je velká snaha o rovnoměrné smočení celého materiálu bez vzduchových bublin, které brání prostředku působit rovnoměrně ve všech místech. K tomu pomáhají smáčecí příměsi, aby se proces zrychlil a zintenzivnil.

Zhodnotit tento proces je možno podle velikosti smáčecího úhlu α , kde se zkoumá působení pevné látky, kapky tekutiny a vzduchu vzájemně na sebe. [10, 14, 16]

Samotné praní má první fázi, při které se uvolňují nečistoty z prací lázně tzv. difúze, a která je důležitým bodem v rovnici praní (6). [10, 17]

$$G = \frac{D}{h}(C_1 - C_2) \quad (6)$$

G - gradient rychlosti transportu nečistoty [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

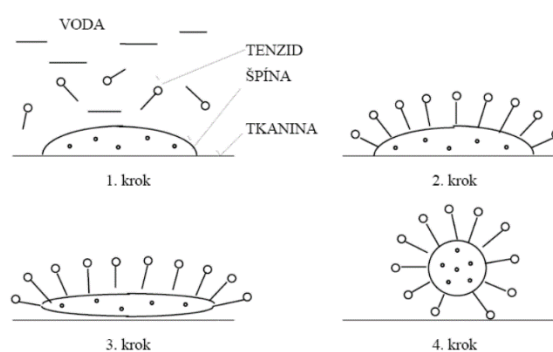
D - difúzní koeficient [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

H - difúzní dráha [m]

c_1 - koncentrace nečistoty na substrátu [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

c_2 - koncentrace nečistoty v prací lázni [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

Zrychlení je možné, zvýšíme-li difúzní koeficient, či-li zvýšíme-li teplotu lázně, ale zkrátíme difúzní dráhu nebo ždímáním. Druhou fází je zabránění opakovaného usazování nečistot, tzv. redespozice. Tomuto procesu zabraňují hlavně přípravky, které chrání před emulgací a dispergací. Kde emulgace je proces, kdy se tukové částičky ve vodném roztoku se oddělují na hladinu. Dispergace je opačný proces, kdy se pevné částičky špíny postupně usazují na dně. Nejznámějším přípravkem jsou tenzidy (tzv. mýdlo), které odvádí nečistoty z textilie viz. obr. 6 [17]



Obrázek 9 Odloučení špíny roztokem pracího prostředku [17]

Emulze je proces, při kterém se tukové nečistoty po ponechání v klidu začnou usazovat na hladině lázně. Disperze je usazení pevných nečistot na dně nádoby. Vzájemnou

souhru těchto procesů ovlivňuje například povrchové napětí prací lázně, nebo elektrostatický náboj v textilní surovině. Poslední fází praní je oplachování, kdy se následně cílí na to, aby všechny nečistoty a zbytky prací lázně byly ze suroviny odstraněny. Z pohledu na účinnost praní jsou rozhodující složení pracích prostředků, teplota prací lázně, pH prací lázně a koncentrace prostředku v prací lázni. Ze strojů jsou nejčastěji používány bubnové pračky, které nalezneme ve většině domácností. Dále se dá setkat i s válcovou pračkou a stroji na praní v provazci či plné šíři. [10, 17]

1.5. Současný stav v oblasti výzkumu

V tomto odstavci budou shrnuty výsledky několika výzkumných prací, které se zabývají obdobnou problematikou studovanou v této práci.

V oblastech vláken se zvýšenou elektrickou vodivostí byly prováděny výzkumy s metalizovanými polyesterovými vlákny [18], které byly hodnoceny pomocí koaxiálního přenosného zařízení, které měří elektromagnetickou stínící účinnost na frekvenci 2250-22650 MHz. V tomto výzkumu bylo zjištěno, že vlákna s kovovou vrstvou větší tloušťky mají vyšší elektromagnetické stínící vlastnosti. Dále bylo zjištěno, že čím jsou menší póry mezi vlákny, tím lépe daná textilie stíní.

Další výzkum se věnoval měděným vláknům v jádru tkaniny. [19] V tomto případě byl představen postup výroby elektricky vodivé příze, která díky frikčnímu předení byla utvářena z měděných nekonečných vláken jako jádra a bavlněných vláken jako pláště. Tento výzkum dokládá, že spojení kovového v tomto případě měděného vlákna s bavlněnými vlákny je dobrou kombinací pro vytváření funkčních textilií. Vyvíjena byla v poměrech jádra a pláště 67/33, 80/20 a 90/10, kde všechny vzorky přízi měly konstantní jemnost 261 tex. Tato textilie by mohla v budoucnosti být prospěšná pro snímání tělesné teploty.

Tkaninami, obsahující nerezová ocelová vlákna, se také zabývala studie, zaměřující se na efektivitu elektromagnetického stínění. [20] Jejím cílem byla analýza tkanin, vyrobených z přízi, kde kovové vlákno tvoří jádro a přízi, kde je použité kovové staplové vlákno. Bylo zjištěno, že vyšší elektromagnetická stínící účinnost je u tkanin, kde je v jádru příze umístěno kovové vlákno.

Z oblasti úprav elektricky vodivých tkanin byl proveden výzkum, který zjišťoval vliv změny povrchu textilií laserem. [9] Cílem výzkumu bylo zjištění možnosti přenosu návrhu na povrch elektricky vodivé tkaniny a analýza stupně modifikace povrchu tkaniny. Následně bylo zjištěno, že vliv laserové úpravy docílil zvýšení funkčnosti tkaniny a efektnější vzhled. V tomto výzkumu byla použita na výrobu tkaniny keprové vazby příze obsahující 10 % tenkých nerezových ocelových vláken. Dále také výzkum, který se zabýval vlivem barvení pomocí přímých a reaktivních barev na elektrický odpor bavlněných tkanin s vetkanou nerezovou ocelovou přízí [21]. Výsledky naznačují, že barvení pomocí přímých a reaktivních barviv má pozitivní vliv na elektrickou vodivost příze. Vyhodnocovány byly textilie před a po barvení, kde byl zjištěn významný vliv kovové příze, která celý barvicí proces zpomalovala.

V oblasti údržby textilií byla uskutečněna studie o následcích opakovaného praní pletenin, které jsou elektricky vodivé. [22] Jedním z cílů bylo prozkoumání fyzikálních vlastností vodivých pletenin, které byly následně zkoumány po 10 pracích cyklech. Byl zde zjištěn podobně, jako v praktické části této práce, pokles stínící schopnosti zhruba o 10 dB.

Po prostudování vybraných odborných časopiseckých článků bylo zjištěno, že doposud neproběhl žádný výzkum, který by se věnoval tématu odbornému, jako studuje tato bakalářská práce. Z prací víme, že tyto studie se zabývají buď pouze samotnými vlákny, či textiliemi, které jsou elektricky vodivé či vzhledovými úpravami, ale žádná z nich se nezabývá současně vzhledovou úpravou a odolností během údržby. Nepodařilo se nalézt také žádný článek, který by pojednával o potisku elektricky vodivých textilií.

2. Experimentální část

Cílem experimentální části práce je prozkoumat vliv opakované údržby potištěné elektricky vodivé textilie na její funkčnost a stálost potisku. Využita byla elektricky vodivá textilie, vyráběná firmou Sintex a.s. pouze ve světle šedé barvě. Vzhledem k tomu, že by textilie měla být v budoucnu využita i pro tvorbu oděvů pro běžné nošení, byla upravena pomocí digitálního tisku. V experimentální části práce bude analyzována elektricky vodivá textilie, použitá jako substrát pro potisk. Dále bude popsáno, jakým způsobem byla speciální textilie potištěna. Čtenář bude dále seznámen se zvoleným způsobem údržby této textilie čl. práním a jeho vlivu na potištěnou a nepotištěnou textili. Po každém procesu praní bude zkoumána funkčnost textilie, tedy její elektromagnetická stínící účinnost a odstín jednotlivých barevných úseků potištěné textilie. Na základě měření a následné statistické analýzy a grafické interpretace dat budou vyvozeny závěry.

2.1. Elektricky vodivá textilie

Pro experiment byla zvolena tkanina, obsahující ve své struktuře 10 % kovového nerezového ocelového vlákna, která poskytuje dostatečnou úroveň ochrany vůči elektromagnetickému záření. Textilie je vyráběna společností Sintex a.s. pod obchodním názvem BOJAN ve světle šedé barvě, která je způsobena přidavkem kovového vlákna. Tkanina je primárně určena pro ochranné a pracovní oděvy.

Textilie má následující materiálové složení: 59% polyesteru, 31% bavlny a 10% kovu. Je tvořena keprovou vazbu 2/1 a její plošná hmotnost je $190 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Elektricky vodivé vlákno je nerez ocelové a má staplovou délku. Základní charakteristiky vláken, přízí a textilie jsou pro lepší přehlednost zobrazeny v tabulce 2. Průměrná délka těchto vláken je 45,02 mm. Průměrná jemnost vláken byla spočtena 3,85 dtex, průměrná pevnost byla zaznamenána na 5,52 cN, průměrná poměrná pevnost vyšla na 14,35 cN/tex a průměrná tažnost nerezového ocelového vlákna byla změřena na 1,29 %. Jemnost použité příze je 29,82 tex. Pevnost příze je 607,9 cN, kde variační koeficient je 10,88 %, tažnost 13,07 % kde variační koeficient je 7,82 % a poměrná pevnost příze je 20,39 cN/tex. Pevnost v tahu ve směru osnova je 1000 N a ve směru

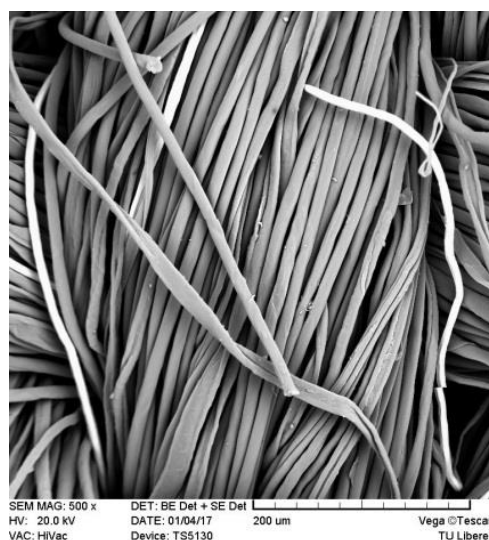
útku je 500 N. Povrchový měrný odpor je 104 Ω . Výrobce udává, že elektromagnetická stínící účinnost je při frekvenci 0,5 - 1,5 GHz je 25 - 30dB. Doporučené symboly údržby uvedené výrobcem napovídají, abychom tkaninu prali maximálně na 60 °C, neměla by se bělit, žehlit by se měla jen na maximálních 110°C. Tkaninu lze i chemicky čistit a sušit v bubnové sušičce při nižších teplotách. Textilie neměla moc dobrý estetický vzhled, proto bylo rozhodnuto jí nechat potisknout.

Tabulka 2 Vlastnosti vláken, příze a tkaniny

	Vlákno	Příze	Tkanina
Jemnost	3,82 dtex	29,82 tex	
Pevnost	5,52 cN	607,9 cN	Osнова 1000 N Útek 500N



(a)



(b)

Obrázek 10 Mikroskopický snímek substrátu – elektricky vodivé textilie, zvětšený: (a) 100x, (b) 500x.

2.2. Digitální potisk elektricky vodivé textilie

Digitální potisk byl proveden u firmy Flora Print, která sídlí na Slovensku. Digitální tisk byl zvolen s ohledem na možnost malé objednávky (již od 5 metrů potisku), potisku i na vlastní substrát netradičního materiálového složení a možnost libovolně měnit vzor.

Poklady byly dodány jako obrázky vysokého rozlišení (150 PPI) ve formátu jpg s využitím RGB modelu.

Tisk na textilii probíhal následovně. Nejprve byl na substrát aplikován přípravek, nazývaný Pretreatment, který pomůže připravit lepší podmínky pro sytější barvu díky vsáknutí mezi vlákna a následně lepší odolnost tisku vůči praní, oděru a otěru. Dalším krokem byl digitální pigmentový tisk na digitální tiskárně.

Elvajet PR 540 od firmy Sensient Switzerland. Tiskárna má 8x Ricoh Gen5 tiskovou hlavu s barevným rozložením 2x černé barvy, světle černé, azurové, purpurové, fialové, červené a žluté. Tiskárna je kalibrována pomocí spektrofotometru do modelu RGB. Fixaci proti pohybu textilie jistí dopravní plošina s lepícím pásem. Po tisku byla textilie fixována v infračervené peci při teplotě 160 °C po dobu 3 minut.

Pro plánovaný experiment, jehož cílem je studovat trvanlivost tisku na speciální textilii, byla připravena barevná předloha (viz. Obr. 11), která obsahuje vybrané základní spektrum jedenácti barev pro snazší vyhodnocení. Toto barevné spektrum bylo potištěno na textilii, aby bylo možno studovat změnu odstínu jednotlivých barev po opakovaném praní a sušení.



Obrázek 11 Barevná předloha pro tisk

2.3. Údržba elektro vodivé textilie praním

Jak bylo zmíněno výše, cílem předložené bakalářské práce je otestovat možnost designování elektricky vodivé textilie pomocí digitálního tisku. Díky nestandardnímu materiálovému složení substrátu je třeba věnovat zvýšenou pozornost trvanlivosti tisku při běžném používání textilie včetně její údržby. Údržba při používání byla simulovaná pomocí opakovaného praní a sušení, viz následující odstavec.

Praní bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 6330 z roku 2012 [23]. Tato norma se zabývá postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Experiment byl uskutečněn v pračce Miele professional W6071, kterou můžeme najít na Katedře hodnocení textilií TUL viz Obr. 12. Kapacita této pračky je 7,5 kg s maximálními otáčkami bubnu 1200 ot./min. Tento stroj patří mezi profesionální údržbu textilií. Dle normy byl zvolen postup 3M, který je specifický pro pračky s plněním zepředu. Vzhledem k doporučení od firmy Flora Print, která vzorky potiskla, bylo rozhodnuto použít následující podmínky praní. Teplotu prací lázně 30°C a odstředování při 800 ot/min, které simuluje domácí jemné praní. Jako prací prostředek byla použita univerzální směs, která má složení jako běžný gelový prací prostředek pro napodobení provozu běžné domácnosti. V laboratoři ho najdeme pod názvem Havon U9 PLUS, kde je do pračky dávkovaný rychlostí 182 ml/min. a má pH 7,8. Po praní byly vzorky sušeny v závěsu v klimatizované laboratoři. Vzorky, které byly prány v suchém stavu, vážily 260,88 g. Pro vyplnění zbylého prostoru v bubnu pračky byla použita 100% bílá bavlněná textilie. Schéma praní s počty pracích cyklů je zobrazeno v tabulce 1. Celkem byla potištěná textilie vyprána 20krát.



Obrázek 12 Pračka Miele professional W6071

Tabulka 3 Prací cykly

Pořadí vyprání a sušení	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Počet pracích cyklů	1	2	3	4	6	8	10	15	20

2.4. Hodnocení stálobarevnosti

Stálobarevnost potištěné textilie byla hodnocena v průběhu opakované údržby. Sledována byla změna barvy každého barevného úseku textilie, viz barevné schéma na obr. 11. Postupováno bylo dle normy ČSN ISO 105- A04 [24], která se zabývá metodou pro přístrojové hodnocení stupně zapouštění doprovodných tkanin.

K měření barevnosti byl použit Spektrofotometr 2500d Minolta. Obecně spektrofotometr je přístroj, který měří barevnost vzorků v tomto případě. Fungují na principu pohlcování světla různých vlnových délek, které vyslal. Spektrofotometr ozáří vzorek, který pohltí barvy a následně vyhodnotí. Pro lepší představu je spektrofotometr vyobrazen na obrázku 10.



Obrázek 13 Spektrofotometr 2500d Mino (27)

Samotné hodnocení barevnosti probíhalo následovně. Nejprve byl spuštěn spektrofotometr a počítač s programem, ve kterém se naměřená data zobrazovala. Před započítím měření byla nutná kalibrace spektrofotometru na černou a bílou barvu. Po té už bylo možno přejít k samotnému měření vzorků, a to vždy přiložením určitého úseku textilie, správným uchycením a spuštěním spektrofotometru. Po záblesku z přístroje se v programu objevily naměřené hodnoty. Tato data se zobrazovala v barevném prostoru $L^*a^*b^*$ do tabulky a graficky se zobrazovala poloha naměřeného odstínu. U každého barevného úseku textilie byla data změřena 10x na různých místech v ploše jedné barvy. Data byla exportována do programu Microsoft Excel. Připraven byl jednoduchý skript v prostředí MATLAB pro výpočet základních statistických charakteristik a grafickou interpretaci naměřených dat v barevném prostoru. Barva vzorků byla hodnocena po následujících pracích cyklech: 1x, 2x, 3x, 4x, 6x, 8x, 10x, 15x, 20x. V tabulce 2 jsou uvedeny výsledky měření barevnosti potištěného úseku textilie, označeného „R230 G252 B81“ v závislosti na zvyšujícím se počtu pracích cyklů. V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky měření barevnosti nepotištěného úseku, které zobrazují rozdílnost změny mezi potištěnou a nepotištěnou textilií. Zobrazeny jsou průměrné hodnoty. Naměřená data pro ostatní barevné úseky jsou uvedena v příloze 1, kde je u každé barvy uvedeno trojrozměrné vykreslení a graf vzdálenosti měření od počátečního. Největší změnou barevnosti lze zpozorovat mezi vzorkem nepraným a vzorkem podrobeným prvnímu praní. Grafická interpretace výsledků spolu

s diskuzí bude provedena v kapitole 2.7.1. nazvané Vyhodnocení měření barevnosti zkoumané textilie.

Tabulka 4 Průměrné hodnoty naměřené barevnosti pro potištěnou textilii u barevného úseku značeného R230 G252 B81

Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	69,34 ± 0,2	-11,08 ± 0,3	48,12 ± 0,5
1	70,21 ± 0,3	-10,53 ± 0,4	44,67 ± 0,6
2	70,56 ± 0,2	-10,32 ± 0,3	42,92 ± 0,6
3	70,69 ± 0,2	-9,88 ± 0,2	41,23 ± 0,8
4	71,11 ± 0,3	-9,98 ± 0,4	40,58 ± 0,4
6	71,19 ± 0,3	-9,74 ± 0,2	39,36 ± 0,5
8	71,44 ± 0,3	-9,44 ± 0,3	37,90 ± 0,8
10	71,52 ± 0,4	-9,33 ± 0,2	37,19 ± 0,5
15	71,93 ± 0,3	-8,99 ± 0,2	35,87 ± 0,5
20	72,19 ± 0,4	-8,83 ± 0,3	34,73 ± 0,6

Tabulka 5 Průměrné hodnoty naměřené barevnosti pro nepotištěnou textilii

Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	75,18 ± 0,25	-0,28 ± 0,02	1,04 ± 0,05
1	75,68 ± 0,39	-0,15 ± 0,03	0,55 ± 0,07
2	75,72 ± 0,40	-0,05 ± 0,02	0,26 ± 0,05
3	77,16 ± 0,32	-0,13 ± 0,02	0,06 ± 0,06
4	77,32 ± 0,18	-0,04 ± 0,01	-0,18 ± 0,04
6	77,59 ± 0,35	-0,07 ± 0,01	-0,22 ± 0,06
8	77,37 ± 0,33	0,03 ± 0,04	-0,58 ± 0,05
10	77,56 ± 0,25	0,05 ± 0,02	-0,73 ± 0,03
15	77,63 ± 0,29	0,05 ± 0,01	-0,79 ± 0,05
20	77,83 ± 0,29	0,12 ± 0,03	-1,01 ± 0,09

2.5. Hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti

Hlavní funkcí ochranné textilie je její stínící schopnost, tedy schopnost odstínit dopadající elektromagnetické pole. Cílem této části experimentu bylo prozkoumat, zda potišťením textilie neztratí svou funkčnost a dále analyzovat, co se bude dít s elektricky vodivou textilií v průběhu opakované údržby praním. Hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti probíhalo dle normy ASTM 4935-10.

Pro toto měření byla použita měřicí soustava pro hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti, které se skládá z držáku vzorků (Electro Metrics EM-2107A) a odvodového nanalyzátoru (Rohde & Schwarz ZNC3) Měřicí sestavu vč. Vložené měřené textilie lze vidět na obrázku 14.



Obrázek 14 Měřicí soustava pro hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti

Měření bylo vedeno podle metodiky ASTM 4935-10, kde je podstatou dopad rovinné vlny na stínící překážku čili přerušení koaxiálního vedení. Měření probíhá při frekvencích v pásmu 30 MHz až 1.5 GHz.

Klimatické podmínky při měření byly následující: $T = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $RH = 42 \text{ } \%$. Před měřením bylo nutno měřící sestavu zkalibrovat. Po kontrole nastavení přístroje bylo proměřována stínící účinnost nepotištěné textilie a také všech barevných úseků potištěné textilie. Kvůli zaznamenání variability měřené proměnné bylo měření na každém vzorku opakováno. Potištěná plocha byla měřena na 15 ti bodech a nepotištěnou na 10 ti. Data se následně vykreslovala na měřícím přístroji. V prostředí MATLAB byl připraven jednoduchý skript pro základní statistické vyhodnocení naměřených dat a další grafickou interpretaci výsledků. V tabulce 3 a 4 jsou zobrazeny průměrné hodnoty spolu s 95% intervaly spolehlivosti měřené elektromagnetické stínící účinnosti jak pro nepotištěnou, tak pro potištěnou textili. V případě potištěné textilie byla zanedbána barevnost potištěného úseku. Z celého analyzovaného frekvenčního pásma byly vybrány 3 zajímavé frekvence, a to: 600 MHz, 1000 MHz a 1500 MHz. Tyto frekvence odpovídají pracovním frekvencím elektronických zařízení, např. mobilní telefony mají frekvenci 1800 – 1900 MHz, mikrovlnné trouby mají 2,45 GHz, na stejné frekvenci najdeme i Wifi, GPS, a mnoho dalších. V tabulkách 6 a 7 lze vidět, že stínící účinnost se zvyšujícím se počtem pracích cyklů mírně klesá. Grafická interpretace výsledků spolu s diskuzí bude provedena v kapitole 3.7.2. Vyhodnocení za měření stínění elektromagnetické stínící účinnosti.

Tabulka 6 Průměrné hodnoty elektromagnetické stínící účinnosti u potištěné textilie pro 3 vybrané frekvence spolu s 95% intervaly průměru

Počet pracích cyklů	Výsledné průměrné hodnoty		
	600 MHz	1000 MHz	1500 MHz
0	26,03 ± 0,3	28,23 ± 0,2	32,98 ± 1,1
1	25,63 ± 0,3	28,45 ± 0,3	31,37 ± 1,2
2	24,99 ± 0,3	27,36 ± 0,2	30,93 ± 0,2
3	24,42 ± 0,4	26,83 ± 0,3	30,46 ± 0,3
4	24,20 ± 0,3	26,58 ± 0,2	30,32 ± 0,2

6	23,96 ± 0,4	25,68 ± 0,4	29,93 ± 0,7
8	23,10 ± 0,5	25,09 ± 0,5	28,92 ± 0,5
10	22,49 ± 0,7	24,52 ± 0,6	28,41 ± 0,6
15	21,22 ± 0,9	23,49 ± 0,7	27,51 ± 0,7
20	20,39 ± 0,9	22,71 ± 0,8	26,84 ± 0,8

Tabulka 7 Průměrné hodnoty elektromagnetické stínící účinnosti u nepotíštěných textilií pro 3 vybrané frekvence spolu s 95% intervaly průměru

Počet pracích cyklů	Výsledné průměrné hodnoty		
	600 MHz	1000 MHz	1500 MHz
0	25,28 ± 0,3	27,49 ± 0,2	31,17 ± 1,1
1	25,02 ± 0,2	28,1 ± 0,3	22,99 ± 1,2
2	24,8 ± 0,3	27,2 ± 0,2	30,9 ± 0,2
3	24,54 ± 0,4	26,93 ± 0,3	30,49 ± 0,3
4	23,43 ± 0,3	26,2 ± 0,2	30,21 ± 0,2
6	23,96 ± 0,4	25,68 ± 0,4	29,93 ± 0,7
8	23,10 ± 0,5	25,09 ± 0,5	28,92 ± 0,5
10	22,49 ± 0,7	24,52 ± 0,6	28,41 ± 0,6
15	21,22 ± 0,9	23,54 ± 0,7	27,54 ± 0,7
20	20,39 ± 0,9	22,71 ± 0,8	26,84 ± 0,8

2.6. Žmolkovitost

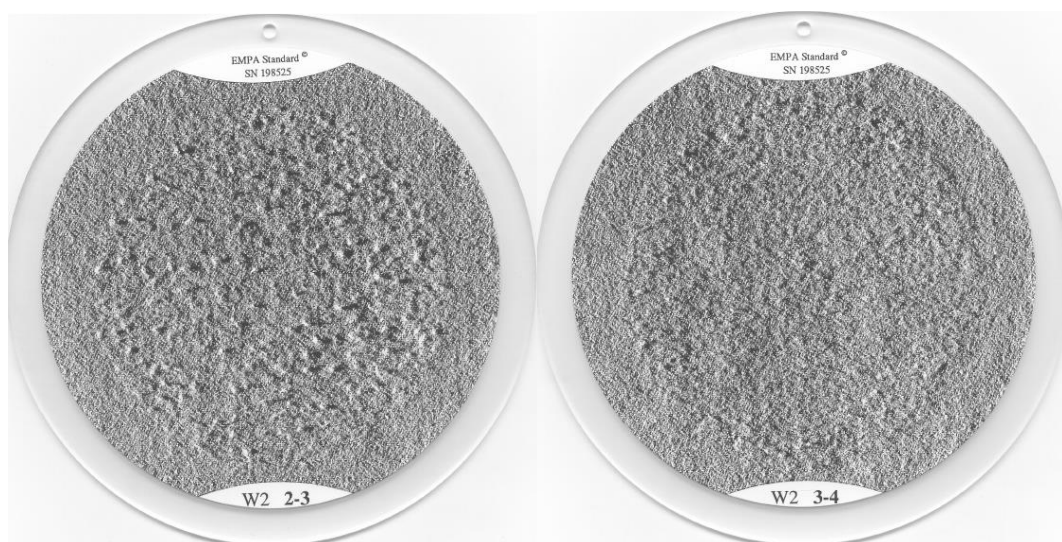
V průběhu realizace experimentu bylo zjištěno, že na textilií po praní přibývají žmolky. Proto bylo rozhodnuto po 10. cyklu praní a po 20. cyklu praní vizuálně zhodnotit žmolkovitost vzorků.

K měření žmolkovitosti byly použity etalony Martindale, které slouží k vizuálnímu porovnání se vzorky. Toto hodnocení je pouze vizuální a zabývá se průměrným počtem žmolků na plochu. Vychází z přístroje Martidale, který za pomoci brusného papíru odírá testovací tkaninu či pleteninu. Následně je propočítáno alespoň orientačně, kolik může být například podíl žmolků na určité plochu. Tyto informace můžeme

odvodit z následujících tabulek, když víme, že vzorek byl po 10. vyprání zařazen do kategorie W 3-4. Na obrázku můžeme vidět, s jakými předlohami byly vzorky porovnávány. V tabulce 8 je znázorněno, v jaké části experimentu byla žmolovitost hodnocena a jaké byly výsledky měření. [25]

Tabulka 8 Vizualizace pracích cyklů s kontrolou žmolovitosti

Pořadí vyprání a sušení	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Počet pracích cyklů	1	2	3	4	6	8	10	15	20
Žmolovitostní kategorie							W 3-4		W 2-3



Obrázek 15 Stupně 2-3 a 3-4

Tabulka 9 Naměřené průměrné hodnoty na Martindale [25]

Stupně hodnocení	Průměrný počet žmolků [-]	Celková plocha žmolků [cm ²]	Podíl plochy žmolků [%]	Hustota žmolků / 100 cm ² [cm ²]	Průměrná plocha žmolků [mm ²]	Ekvivalentní průměr žmolků [mm]	Průměrný obvod žmolků [mm]
W1-2	99	1,96	2,54	128	1,54	1,42	4,74
W2-3	75	1,85	2,40	97	2,33	1,72	5,98
W3-4	41	0,66	0,85	53	1,00	1,13	3,72
W4-5	18	0,23	0,30	23	0,77	0,99	3,16

2.7. Výsledky a diskuze

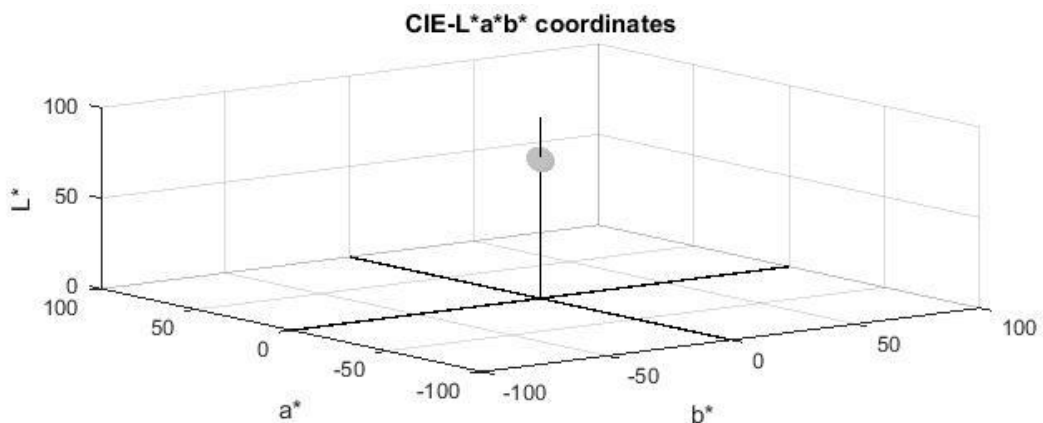
V následující kapitole budou přiblíženy výsledky samotného experimentu. Výsledky budou graficky zpracovány a diskutován bude vliv údržby elektricky vodivé textilie na stálost potisku a, vliv údržby elektricky vodivé textilie na funkčnost, tedy elektromagnetickou stínící účinnost. Diskutován bude jak vliv praní na substrát, tak vliv praní na potištěnou textili. Dále bude také prozkoumán vliv údržby elektricky vodivé textilie na její žmolovitost.

2.7.1. Vyhodnocení měření barevnosti zkoumané textilie

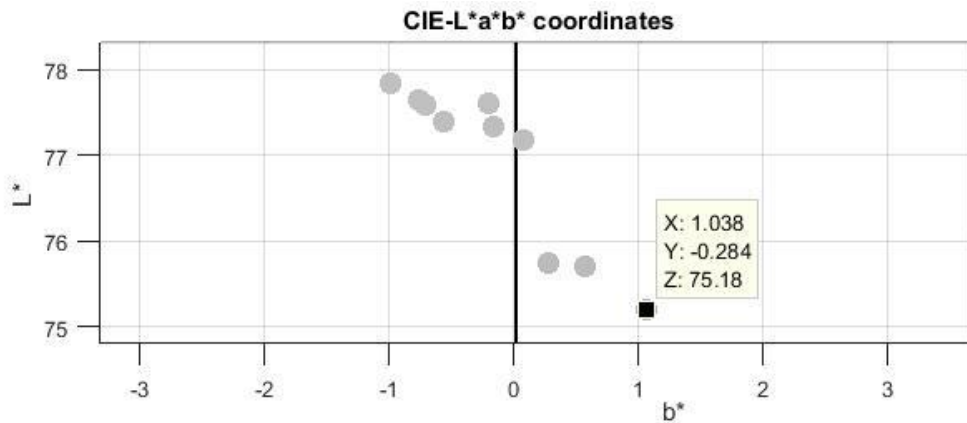
U měření stálobarevnosti textilie byly získány hodnoty v prostoru $L^*a^*b^*$, kde byly měřeny průměrné hodnoty z deseti měření, které byly zaznamenány do prostoru. Tyto průměrné hodnoty byly následně používány pro další výpočty k zaznamenání jednotlivých bodů, které byly v systému vykresleny.

Změna nepotištěné textilie následkem opakované údržby

Následující kapitola se zabývá porovnání barevné změny u potištěné a nepotištěné textilie. Tento vývoj nepotištěné textilie je znázorněn na obr. 16, kde máme v 3D prostoru zachycen průběh změny odstínu. Jelikož je naše textilie v nepotištěném stavu šedivá tak, lze předpokládat, že se body budou pohybovat nejvíce kolem osy L^* , na které v $L^*a^*b^*$ prostoru hledáme světlost. Na obrázku 17 jsou vidět odchylky, ale pro výzkum a hodnocení s dalšími barvami jsou nepodstatné, také je označen souřadnicemi počáteční měření před vypráním. Znázorňují jen opravdu nepatrnou změnu po prvním vyprání a následně se drží ve velice nepatrných změnách.

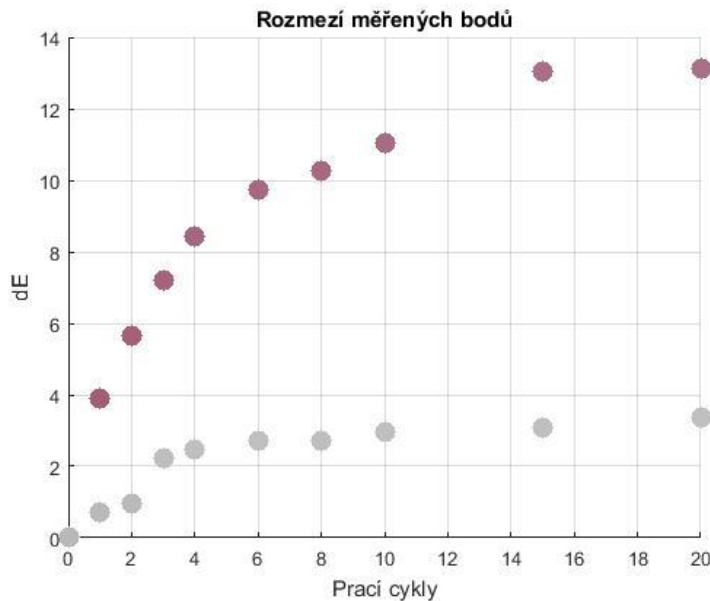


Obrázek 16 Vykreslení nepotištěné části textilie v 3D prostoru



Obrázek 17 Přibližné vykreslení nepotíštěné textilie s vyznačeným počátečním bodem

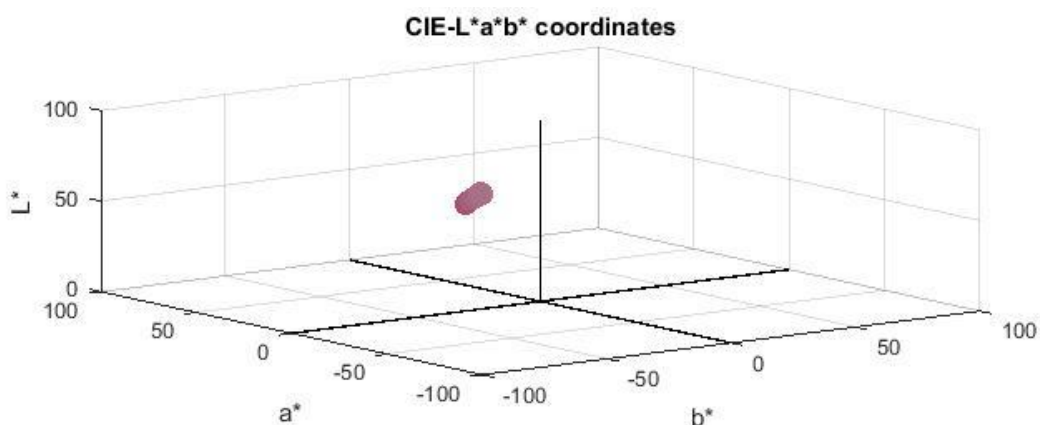
Na obr. 18 lze přiblížit a porovnat, jak moc se nepatrná změna barevnosti udála mezi potištěnou textilií a nepotíštěnou. Na ose x máme odstupňované prací cykly, po kterých bylo prováděno měření, a na ose y máme znázorněnou hodnotu ΔE , pro kterou byl vzorec vyjádřen v teoretické části této práce. Hodnota ΔE vyjadřuje v barevném prostoru vzdálenost jednotlivých bodů od sebe, tento průběh funguje na stejném principu jako počítání matematických vektorů. V grafu jsou proto použity počáteční měření před praním, které jsou umístěny v bodě 0. Následné body po určitém počtu praní znázorňují vzdálenost odchytky od počátečního bodu. K porovnání potištěné a nepotíštěné textilie byly v tomto grafu vykresleny oba průběhy. Spodní šedivé body nám značí reálné odstíny s odchylkami nepotíštěné textilie. Horní růžové body znázorňují klasický průběh potištěné textilie. Z tohoto grafu lze vidět, že na potištěné textilií byly zaznamenány výraznější změny barevnosti oproti nepotíštěné textilií.



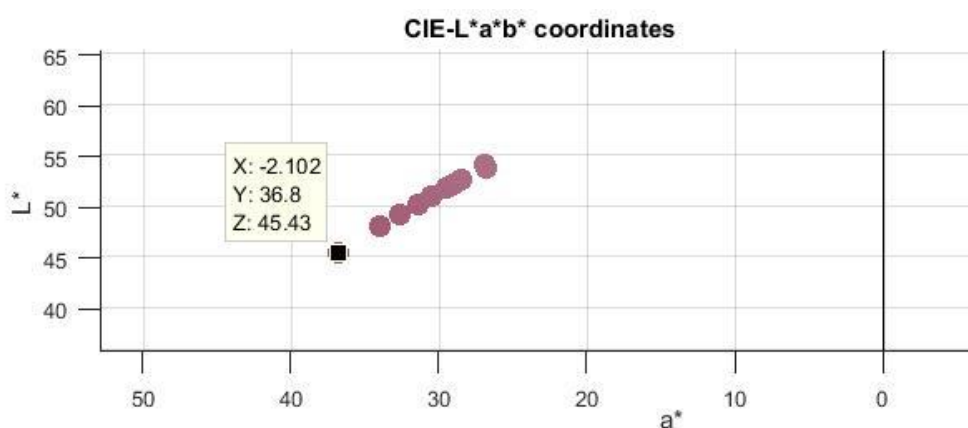
Obrázek 18 Odchylky průměrných hodnot u potištěných a nepotištěných textilií

Změna potištěné textilie následkem opakované údržby

Ve výzkumu byla pozorována změna jednotlivých úseků barev. A to zda odchylky od počátečního měření byly stále stejné, tak i nakolik barevná textilie vybledla. Vykreslení vybrané potištěné textilie můžeme vidět na obrázcích 19 a 20, kde v prostoru $L^*a^*b^*$ lze vidět naměřené hodnoty v 3D prostoru. Pro zpřehlednění jsme si označili v přiblíženém pohledu bod, který značí prvotní měření před praním. Díky obr. 21 lze lépe vypořadovat průměrné hodnoty v prostoru. Tuto stupnici začíná bod s hodnotami ($L^*= 45,43$; $a^*= 36,8$; $b^*= -2,102$), které byly měřeny jako počáteční před prvotním procesem praní. Také lze lépe pozorovat reálné barvy bodů v trojrozměrném prostoru. Díky ose L^* , kde platí, že čím vyšší číslo, tím je naše barva světlejší, lze spatřit vývoj ke světlejším odstínům.

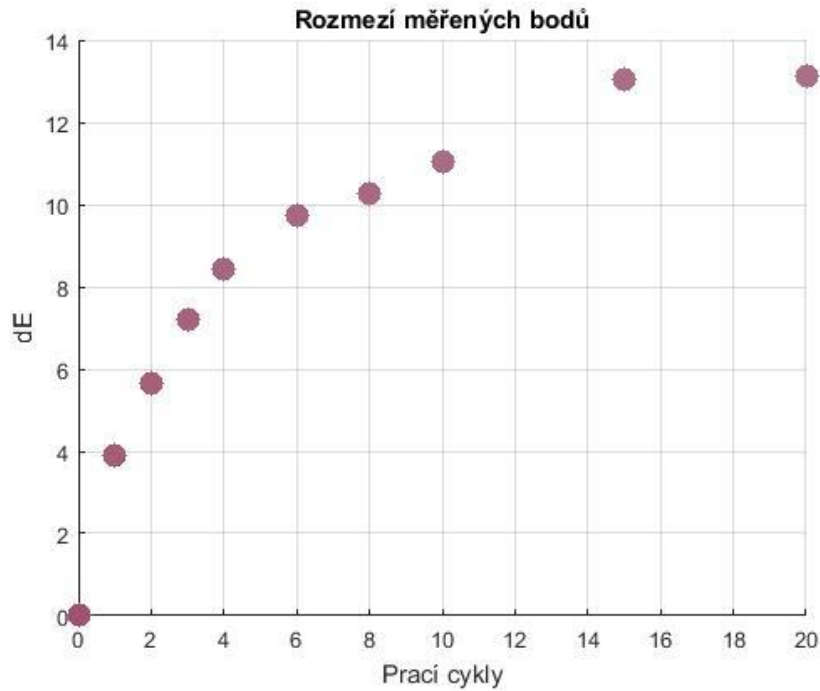


Obrázek 20 Vykreslení potištěné části textilie v 3D prostoru



Obrázek 19 Přibližné vykreslení potištěné textilie s vyznačeným počátečním bodem

Pro lepší vyhodnocení byly vybrány průměrné hodnoty a seřazeny do 2D grafu, kde byly pozorovány vzdálenosti měření před praním a po jednotlivém vyprání. V tomto grafu je vždy bráno první měření za počáteční hodnotu, čili bod 0, které probíhalo před praním. Na ose x lze vidět jednotlivé prací cykly a na ose y vzdálenost hodnoty ΔE , pro kterou byl vzorec vyjádřen v teoretické části této práce. Hodnota ΔE vyjadřuje v barevném prostoru vzdálenost jednotlivých bodů od sebe, tento průběh funguje na stejném principu jako počítání matematických vektorů. Od tohoto měření se pak skrz počítání vektorů vypočítává vzdálenost jednotlivých praní od počátku. Vývoj je znázorněn i reálnými odstíny bodů, jak byly zaznamenány z měření.



Obrázek 21 Odchylky průměrných hodnot u potištěné textilie

2.7.2. Vyhodnocení za měření stínění elektromagnetické stínící účinnosti

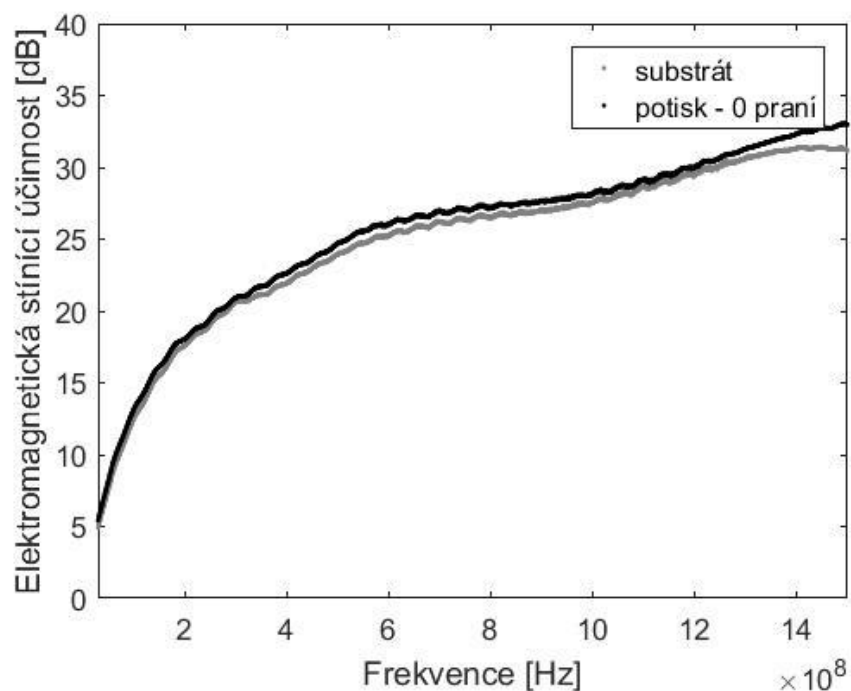
V této kapitole bude rozpoznáváno následující:

- vliv potisku na elektromagnetickou stínící účinnost vodivé textilie,
- vliv opakovaného praní na elektromagnetickou stínící účinnost elektricky vodivé textilie – nepotištěné,
- vliv opakovaného praní na elektromagnetickou stínící účinnost elektricky vodivé textilie – potištěné,

Vliv potisku na elektromagnetickou stínící účinnost textilie

Cílem této podkapitoly bylo zjistit, zda se potiskem (a působením zvýšené teploty a vlhkosti při fixaci) nezmění schopnost textilie stínit elektromagnetické pole. Hodnocena tedy byla elektromagnetická stínící účinnost substrátu – vzorku nepotištěného a vzorku potištěného. V tomto kroku ještě nebyly vzorky podrobeny praní.

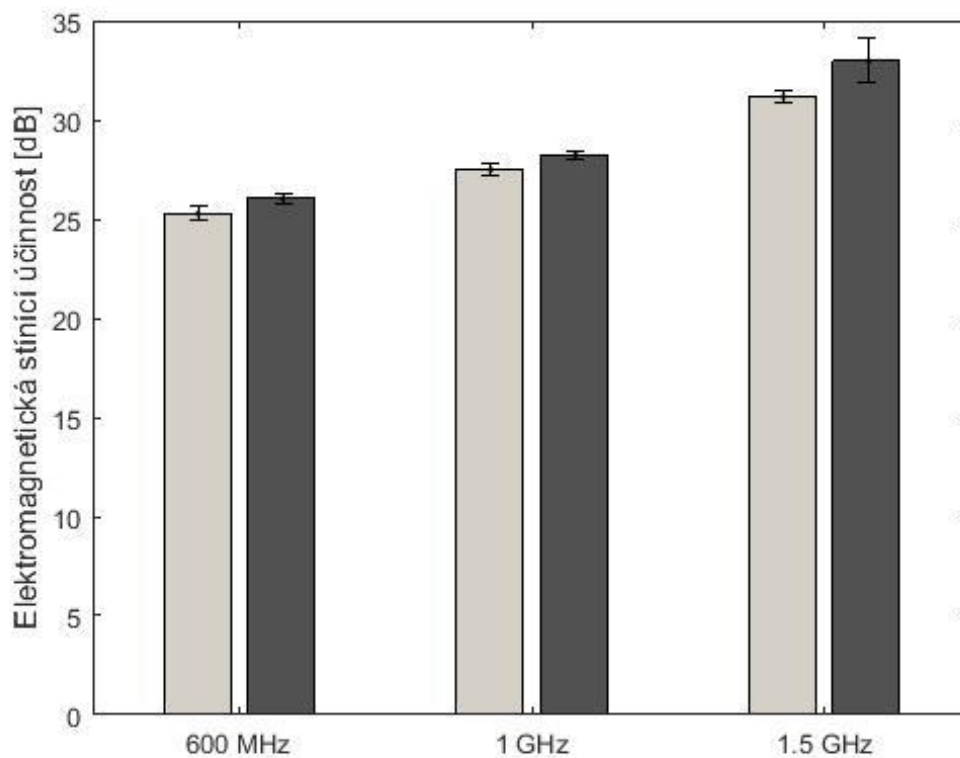
Na obr. 22 je zobrazena závislost elektromagnetické stínící účinnosti na frekvenci pro oba vzorky. Frekvenční rozsah je od 30 MHz do 1.5 GHz. Je patrné, že pro oba vzorky platí, že čím vyšší je frekvence, tím vyšší je elektromagnetická stínící účinnost. Závislost lze v obou případech popsat logaritmickou funkcí, co je v souladu s teorií. Dále je možno pozorovat, že potištěná textilie dosahuje mírně vyšší stínící schopnosti (33 dB versus 31,2 dB), což je pravděpodobně způsobeno zaplněním pórů tiskařským inkoustem, a proto proniká menší množství elektromagnetického záření. Aby bylo možno rozhodnout, zda má potisk statisticky významný vliv na stínící schopnost textilie, bude v dalším kroku zohledněna variabilita měřené veličiny.



Obrázek 22 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti na frekvenci pro substrát a potištěnou textilii.

Na obr. 23 je zobrazeno porovnání průměrných hodnot spolu s 95% intervaly spolehlivosti elektromagnetické stínící účinnosti pro dvojici vzorků substrát versus

potištěný. Pro porovnání byly z celého měřeného frekvenčního pásma zvoleny následující frekvence, a to: 600 MHz, 1 GHz a 1.5 GHz. Jak je vidět z grafu, byl vliv potisku na elektromagnetické stínění elektrické textilie potvrzen. Potisk způsobuje zvýšení elektromagnetické stínicí účinnosti na všech zkoumaných frekvencích a to minimálně o 0,74 dB. Změna je pravděpodobně způsobena zaplněním pórů mezi vlákny tiskovou barvou, tudíž textilie vytváří celistvou plochu, skrz kterou hůře procházely elektromagnetické vlny. V příloze 2 lze nalézt vývoje od sloupcových grafů po pracích cyklech, které byly vybrány na stejných frekvencích jako je uvedeno v obrázku 23.

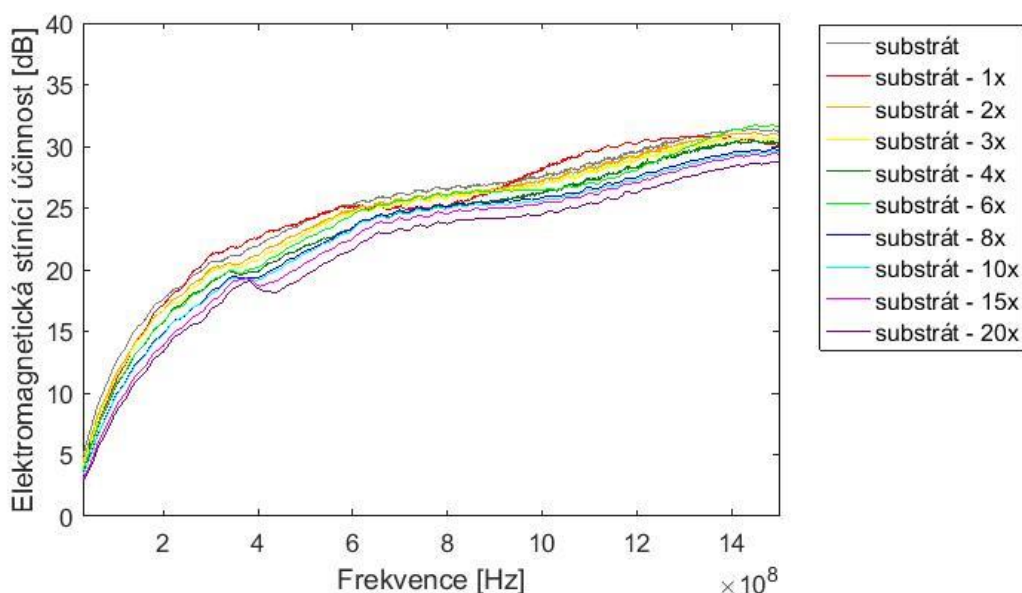


Obrázek 23 Sloupcový graf neprané textilie

Vliv opakované údržby na nepotištěné vzorky

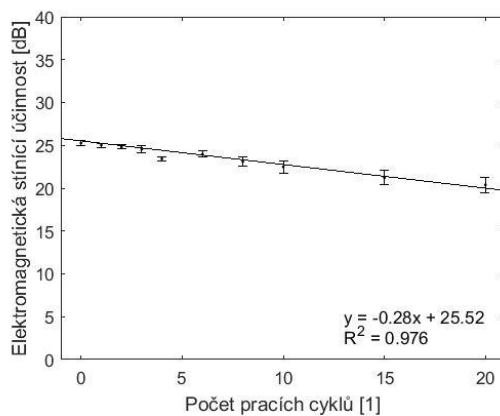
Cílem této podkapitoly bylo zjistit, zda má opakované praní vliv na funkčnost nepotištěné textilie, tedy na její schopnost stínit elektromagnetické pole.

Na obrázku 24 je zobrazen bodový graf, ze kterého se jeví, že vliv praní nastíní schopnost nepotištěné textilie je znatelný. V grafu závislosti elektromagnetického stínění a frekvenci jsou vykreslené všechny průběhy stínění nepotištěného vzorku po každém vyprání. Pro lepší přehlednost byly datové řádky barevně označeny vzestupně dle barev duhy. Na ose x máme vykreslenou frekvenci v pásmu 30 MHz - 1.5 GHz. Osa y nám značí elektromagnetickou stínící účinnost. Je patrné, že všechny křivky rostou se vzrůstající frekvencí, tzn. že dochází k vyššímu odstínění elektromagnetické vlny při vyšších frekvencích. Tento trend je možno popsat logaritmickou funkcí. Graf znázorňuje, že stínící účinnost našich nepotištěných vzorků slábne se zvyšujícím se počtem pracích cyklů. Tuto skutečnost znázorňuje posun křivek po každém měření směrem dolů.

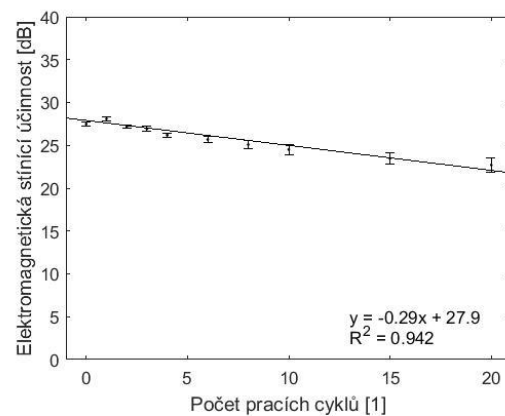


Obrázek 24 Vývoj elektromagnetického stínění u nepotištěných vzorků

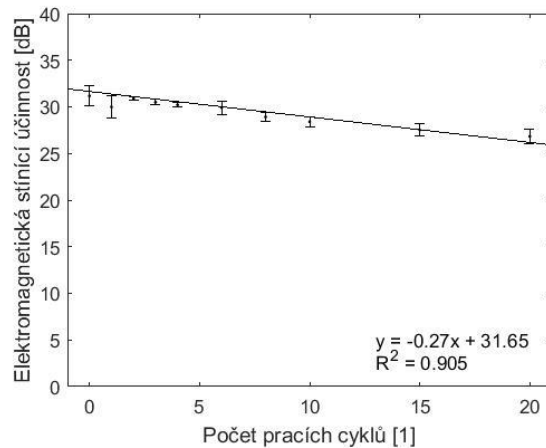
Na obrázku 25 je zobrazena závislost elektromagnetické stínící účinnosti nepotíštěných textilií na počtu pracích cyklů opět pro 3 vybrané frekvence, a to 600 MHz, 1000 MHz a 1500 MHz. Zobrazeny jsou průměrné hodnoty elektromagnetické stínící účinnosti (z 10 měřených úseků textilie) spolu s 95% intervaly spolehlivosti průměrů. Jak je vidět, stínící schopnost nepotíštěného vzorku v závislosti na opakovaném praní mírně klesá, a to u všech studovaných frekvencí. Tuto závislost je možno popsat pomocí lineární funkce – přímky. Plná čára v grafu představuje model přímky získaný pomocí metody nejmenších čtverců. Zobrazen je také koeficient determinace. Pokud sledujeme frekvenci 1.5 GHz, vzorek před praním dosahoval 31,17 dB, po 10. praní 28,41 dB a po 20. praní 26,84 dB. To znamená, že celkově došlo k 14 procentnímu poklesu v porovnání s nepraným vzorkem. Potvrzeno tedy bylo, že opakované praní má s ohledem na zobrazené 95% intervaly spolehlivosti vliv elektromagnetickou stínící účinnost nepotíštěné textilie, přičemž funkčnost textilie klesá se zvyšujícími se aplikovanými pracími cykly.



(a)



(b)



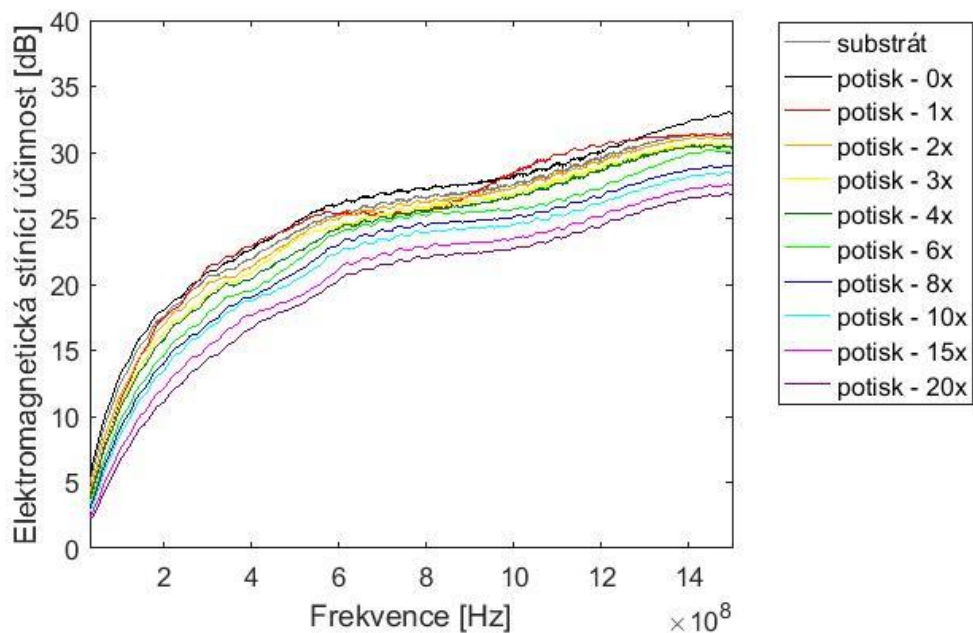
(c)

Obrázek 25 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti nepotíštěné textilie na počtu pracích cyklů, pro frekvenci: (a) 600 MHz, (b) 1 GHz a (c) 1,5 GHz.

Vliv opakované údržby na potištěné vzorky

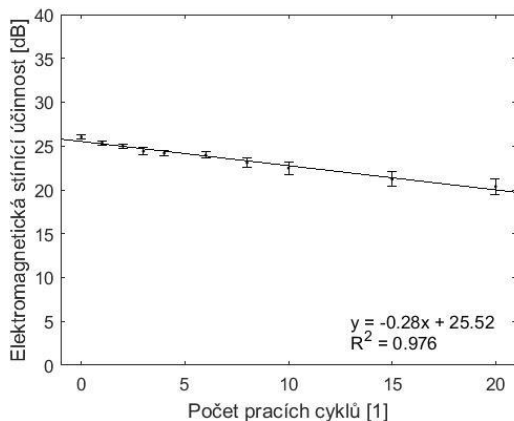
Cílem této podkapitoly bylo zjistit, zda má opakované praní vliv na funkčnost potištěné textilie, tedy na její schopnost stínit elektromagnetické pole.

Na obrázku 26 lze pozorovat průběh grafu závislosti elektromagnetické stínící účinnosti na frekvenci. Na něm lze na ose x vidět průběh frekvence v pásmu 30 MHz - 1.5 GHz a na ose y elektromagnetickou stínící účinnost. I v tomto případě lze pozorovat, že všechny křivky rostou se vzrůstající frekvencí, tzn., že dochází k vyššímu odstínění elektromagnetické vlny při vyšších frekvencích. Tento trend je možno popsat logaritmickou funkcí. Tvar křivek je od druhého vyprání značně podobný. U prvního vyprání, které značí červená křivka, můžeme spatřit mírnou odchylku u frekvence mezi 900 MHz a 1200 MHz. V tomto případě byla zobrazena pro porovnání také křivka nepotíštěného vzorku (šedá barva).

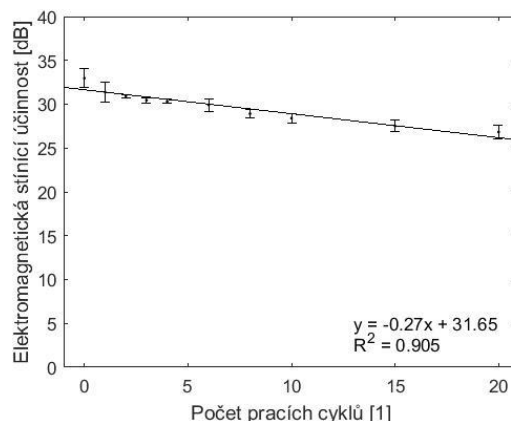


Obrázek 26 Vývoj elektromagnetického stínění u potištěných vzorků

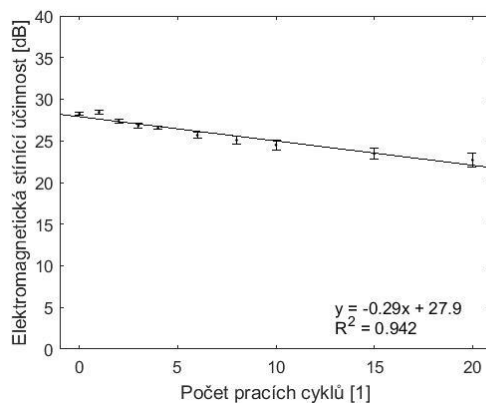
Na obrázku 27 je zobrazena závislost elektromagnetické stínící účinnosti potištěných textilií na počtu pracích cyklů opět pro 3 vybrané frekvence, a to 600 MHz, 1000 MHz a 1500 MHz. Zobrazeny jsou průměrné hodnoty - elektromagnetické stínící účinnosti (z 15 měřených úseků textilie) spolu s 95% intervaly spolehlivosti průměrů. Jak je vidět, stínící schopnost potištěného vzorku, podobně jako u nepotištěného, v závislosti na opakovaném praní mírně klesá, a to u všech studovaných frekvencí. Tuto závislost je možno popsat pomocí lineární funkce – přímky. Plná čára v grafu představuje model přímky získaný pomocí metody nejmenších čtverců. Zobrazen je také koeficient determinace. Pokud sledujeme frekvenci 1.5 GHz, vzorek před praním dosahoval 32,98 dB, po 10. praní 28,41 dB a po 20. paní 26,84 dB. To znamená, že celkově došlo k 19 procentnímu poklesu v porovnání s nepraným vzorkem. Potvrzeno tedy bylo, že opakované praní má s ohledem na zobrazené 95% intervaly spolehlivosti vliv elektromagnetickou stínící účinnost potištěné textilie, přičemž funkčnost textilie klesá se zvyšujícími se aplikovanými pracími cykly.



(a)



(b)



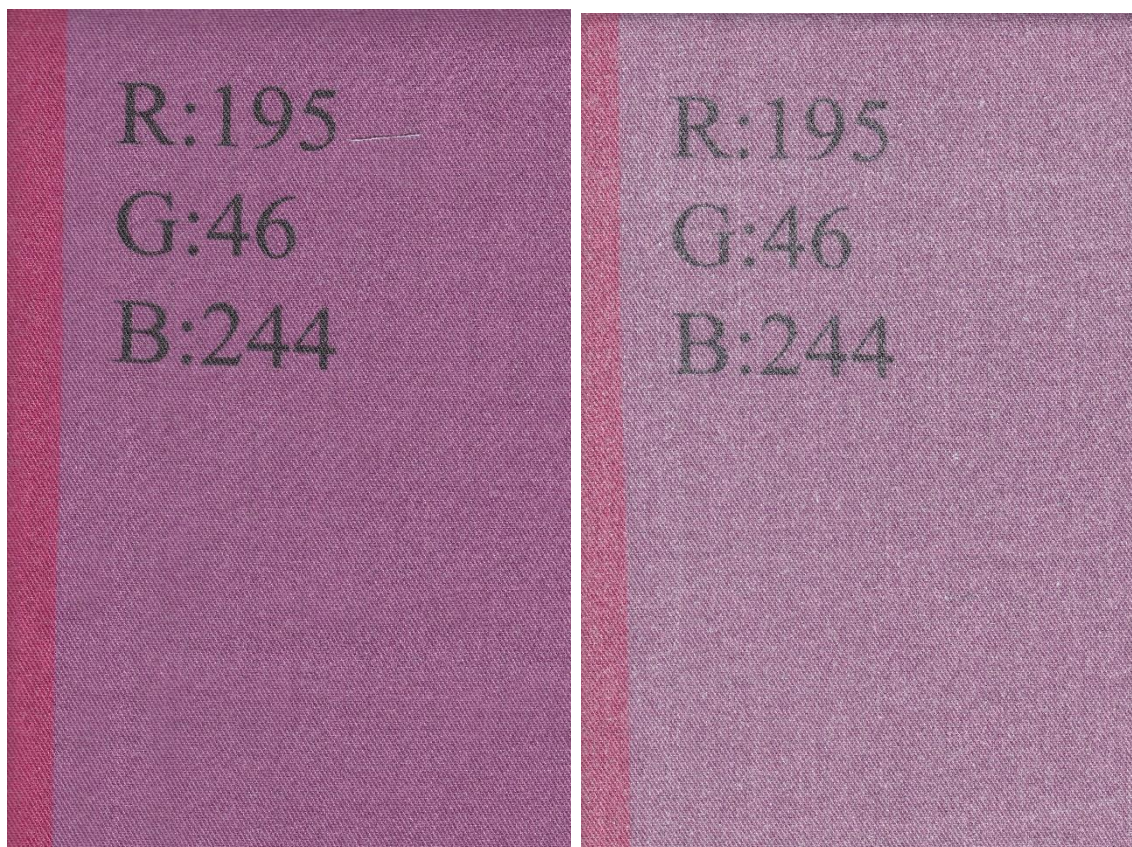
(c)

Obrázek 27 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti potištěné textilie na počtu pracích cyklů pro frekvenci: (a) 600 MHz, (b) 1 GHz a (c) 1,5 GHz.

2.7.3. Vyhodnocení žmolkovitosti

Cílem této kapitoly bylo zjistit, zda žmolkovitost může hrát roli při údržbě elektricky vodivé textilie, která byla použita experimentální části této práce. Žmolky samotné jsou za uzlíkovaná vlákna která se vlivem opotřebení oddělila od tkaniny či pleteniny. V případě zkoumané textilie byl vliv proces praní a materiál. Z výsledků které byly zjištěné díky etalonům Martindale vyplývá, že prací cykly mají vliv jak na žmolkovitost potištěné, tak i nepotištěné textilie. U 10. pracího cyklu bylo rozhodnuto toto vizuální porovnání provést. Porovnání bylo zopakováno také u 20. pracího cyklu pro kontrolu, aby bylo zjištěno, zda se množství žmolků

zvyšuje. Změna byla zjištěna o jednu měřenou úroveň vyšší. Na obrázku 28 jsou fotografie, které porovnávají změnu mezi zkoumanou textilií před vypráním a po 20 cyklech praní. Proto bylo vyhodnoceno, že praní má významný vliv na žmolkovitost, kdy s přibývajícím počtem pracích cyklů se zvyšuje množství žmolků.



(a)

(b)

Obrázek 28 Vzorek (a) před praním, (b) po 20 pracích cyklech

Závěr

Výzkum v oblasti elektricky vodivých textilií začíná patřit mezi známější pojmy především pro konstrukci ochranných oděvů. Proto začínají být zkoumané u těchto textilií různé vzhledové úpravy, které by byly vhodné, a napomohly současně zlepšit, nebo alespoň udržet funkční vlastnosti těchto vodivých textilií. Vzhled elektricky vodivých textilií je nutno řešit zejména v případě potřeby konstrukce oděvů pro každodenní nošení pro specifické skupiny lidí. Do těchto skupin patří např. lidé s kardiostimulátorem, pracovníci, kteří jsou vystavováni elektromagnetickému záření či těhotné maminky. Cílem by mělo být vyvinout elektricky vodivou textilii, která bude vizuálně i pohmatem nerozeznatelná od běžných textilií.

Hlavním cílem této práce je prozkoumat možnost digitálního tisku aplikovaného na elektricky vodivou tkaninu, která má poskytovat elektromagnetické stínění. Prostudován je vliv tisku na funkčnost textilie, dále vliv opakovaného praní potištěné textilie na její funkčnost a v neposlední řadě také stálobarevnost aplikovaného tisku při údržbě.

V teoretické části byly zkoumány samotná vlákna a textilie, která jsou elektricky vodivá. Bylo zjištěno, že elektricky vodivá vlákna mohou být buď celokovová, pokovená či bikomponentní. Dále pak byly zjištěny způsoby vzorování, které by se pro tento typ textilií daly použít, jako např. tkaní barevnými nitěmi, vypalování laserem, klasické barvení textilií či tisk který byl využit v experimentální části. V návaznosti na experimentální část byly v teoretické části práce popsány způsoby měření barevnosti, kde bylo zopakováno, co je barva a jakým způsobem jí lze zobrazovat. V závěru této kapitoly bylo objasněno, jakými způsoby lze udržovat textilní materiál v čistotě, a jaké procesy údržby jsou k tomu zapotřebí.

Hlavními cílem experimentální části této práce bylo zvolit vhodný způsob údržby a vyhodnotit jak významný vliv má na elektromagnetickou stínící účinnost a stálost

potisku simulovaná údržba textilie. Tyto dvě proměnné byly měřeny současně, kdy před samotnou částí údržby, čili praním, byla textilie měřena na spektrofotometru, kde byly zjištěny základní hodnoty všech vybraných barevných polí. Dále pak byla měřena elektromagnetická stínící účinnost pro zjištění počátečního měření. Vzhledem k tomu, že se na textilií začaly v průběhu praní tvořit žmolky, byla měřena i žmolkovitost textilie vizuální formou kde bylo po 10 a 20 pracím cyklu změřen stupeň žmolkování.

Bylo zjištěno, že aplikovaný tisk má bez ohledu na praní pozitivní vliv na elektromagnetickou stínící účinnost vodivé textilie. Došlo ke zvýšení cca o 2 dB. Tento jev je přisuzován snížením porozity vzorku.

Dále bylo zjištěno, že simulovaná údržba textilie praním má významný vliv na funkčnost textilie. Se zvyšujícími se cykly praní, mírně klesá elektromagnetická stínící účinnost textilie. Tuto závislost je možno popsat pomocí přímky. Po 20. Pracích cyklech došlo k poklesu stínící účinnosti cca o 6 dB z původních 33 dB pro frekvenci 1.5 GHz, tj. jedná se o 18 % pokles.

Po analýze výsledků bylo dále zjištěno, že údržba má statisticky významný vliv i na stálobarevnost potisku. Potisk se zvyšujícím se počtem pracích cyklů bledne. V průměrném měření mezi všemi barvami byla zaznamenána odchylka po 20 cyklech měření přes 12 jednotek v prostoru $L^*a^*b^*$.

Vizuální kontrola žmolků odhalila, že opakované praní má také vliv na žmolkovitost vzorků. Vzorky se začaly tvořit okolo 10. pracího cyklu.

Lze shrnout, že se podařilo aplikovat digitální tisk na vodivou textilií obsahující ve své struktuře kovová vlákna, a tím úspěšně zvýšit její vizuální efekt. Přechody mezi barvami byly ostré, samotné barvy byly syté. Navíc se po potisku nezměnila elektrická vodivost textilie a textilie neztratila schopnost stínit elektromagnetické pole. Kritická

se zdá být údržba vodivé textilie praním, kdy dochází jak k mírnému poklesu stínící účinnosti, tak k zesvětlení potisku. Ztráta elektromagnetické stínící schopnosti při praní byla pozorována i u nepotištěného vzorku. Je však potřeba zmínit, že i po 20. pracích cyklech dosahuje stínící schopnost textilie cca 27 dB při frekvenci 1.5 GHz, což odpovídá stále cca 99,9 %nímu odstínění dopadajícího elektromagnetického pole, čímž spadá podle hodnocení obecného použití textilie kde elektromagnetický rozsah účinnosti je $30 \text{ dB} \cong \text{SE} > 20 \text{ dB}$ do třídy „velmi dobré“.

Citovaná literatura

1. **ŠAFÁŘOVÁ, Veronika.** *Textilní materiály se zvýšenou elektrickou vodivostí.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2010.
2. **MILITKÝ, Jiří.** *Textilní vlákna: klasická a speciální.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
3. **HLADÍK, Vladimír, KOZEL Tomáš a MIKILAS Zdeněk.** *Textilní materiály.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1984.
4. **STANĚK, Jaroslav.** *Textilní zbožíznalství: vlákenné suroviny, příze, nitě. Vyd.2.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-147-3.
5. **TUNÁKOVÁ, Veronika.** *Textilie se zvýšenou odolností vůči elektromagnetickému smogu: Textile Structures with Enhanced Electromagnetic Shielding Ability.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2014.
6. **PAŘILOVÁ, Hana.** *Typologie tkanin - textilní zbožíznalství.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2011. ISBN 978-80-7372-674-4.
7. **ŠTOČKOVÁ, Hana.** *Textilní zbožíznalství: pleteniny.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-114-7.
8. **HAVAŠOVÁ, Lucia.** *Textilie výtvarně zpracované laserem: Textile design processing by laser.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009.
9. **TUNAKOVA Veronika, HRUBOSOVA Zuzana, TUNAK Maros, KASPAROVA Marie, MULLEROVA Jana.** *Laser surface modification of electrically conductive fabrics: Material performance improvement and design effects.* Optics and Laser Technology 2018 : 98: 178-189.
10. **DEMBICKÝ, Josef.** *Zušlechťování textilií.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-321-7.
11. **HURREN, Christopher.** *Dyeing and colouring tests for fabrics.* Taylor & Francis : In: Hu J. (ed). *Fabric Testing.* pp.255-274, 2008. ISBN 9781420079883.
12. **XIN, H. John.** *Total Color Management in Textiles.* Hong Kong : Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. ISBN 9781855739239.
13. **WESTLAND Stephen, RIPAMONTI Caterina.** *Computational Colour Science using MATLAB.* England : John Wiley and Sons, West Sussex:, 2004. ISBN: 0-470-84562-7.
14. **PRÁŠIL, Miroslav.** *Potiskování textilií: Textile printing.* [CD [online][cit. 2018-10-14]] Liberec : Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-823-6.
15. **VÍK, Michal.** *Základy měření barevnosti I.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
16. **TUNAKOVA Veronika, TECHNIKOVA Lenka, MILITKY Jiří.** Influence of washing/drying cycles on fundamental properties of metal fiber containing fabrics designed for electromagnetic shielding purposes. *Textile Research Journal*, 2017, 87(2): 175-192.

17. **MACHAŇOVÁ, Dagmar.** *Předúprava textilií*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 80-7083-971-6.
18. **LAI Kan., SUN Run-Jun., CHEN Mei-Yu., WU Hui., ZHA An-Xia.** Electromagnetic Shielding Effectiveness of Fabrics with Metallized Polyester Filaments. *Textile Research Journal*. [Online] 77(4), 242–246. [Citace: 1. 12 2018.] <https://doi.org/10.1177/0040517507074033>.
19. **RAMACHANDRAN, T. a VIGNESWARAN, C.** Design and Development of Copper Core Conductive Fabrics for Smart Textiles. *Journal of Industrial Textiles*. [Online] 39(1), 81–93. [Citace: 13. 11 2018.] <https://doi.org/10.1177/1528083709103317>.
20. **SU Ching-Iuan., CHERN Jin-Tsair.** Effect of Stainless Steel-Containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness. *Textile Research Journal*. [Online] 74(1), 51–54. [Citace: 30. 11 2018.] <https://doi.org/10.1177/004051750407400109>.
21. **BAHADIR Senem Kursun Bahadir, JEVISNIK Simona, FAKIN Darinka.** Color and electrical resistance evaluation of cotton fabrics composed of stainless steel yarns treated with direct and reactive dyes. *Textile Research Journal*. [Online] 86(13), pp. 1356–1371. [Citace: 5. 12 2018.] <https://doi.org/10.1177/0040517515612357>.
22. **KAYACAN, Özlem.** The effect of washing processes. [Online] 24(4), 356-362. [Citace: 5. 12 2018.] https://www.researchgate.net/publication/279331922_The_effect_of_washing_processes_on_the_electromagnetic_shielding_of_Knitted_Fabrics.
23. **ČSN EN ISO 6330.** Textilie - Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Praha : Český normalizační institut, 2012.
24. **ČSN EN ISO 105-A04.** Zkouška stálobarevnosti: Metoda pro přístrojové hodnocení stupně zapaštění doprovodných tkanin. Praha : Český normalizační institut, 2000.
25. **JUNKOVÁ, Jana.** *Žmolkovitost textilií: Pilling textile*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2008.
26. **Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně.** Barva, její definice a barevné prostory. [Online] © 2018 Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně. [Citace: 10. 11 2018.] <http://www.chempoint.cz/barva-jeji-definice-a-barvove-prostory>.
27. **Minolta, Konica.** Przenošné spektrofotometry CM-2600d / 2500d. [Online] © 2018 Konica Minolta Sensing Europe B.V. [Citace: 10. 11 2018.] <https://www.konicaminolta.eu/pl/urządzenia-pomiarowe/produkty/barwa-i-polysk/spektrofotometry-przenosne/cm-2600d-cm-2500d/wstep.html>.
28. **techniky, Katedra výpočetní a didaktické.** Barevné modely, prostory a režimy; barevná hloubka. [Online] Katedra výpočetní a didaktické techniky. [Citace: 2. 12 2018.] <https://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/ZTGI/HTML/11/text.htm>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma rozdělení materiálů podle vodivosti (1).....	5
Obrázek 2 Vzorování laserem (8).....	12
Obrázek 3 Trojúhelník pro dvojrozměrné znázorňování barev (15)	16
Obrázek 4 Základní barevný prostor (15).....	17
Obrázek 5 Zobrazení výpočtu barevné definice (15). Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 6 Pravoúhlé a cylindrické souřadnice CIELAB prostoru (15).....	18
Obrázek 7 Vyjádření barevných diferencí pomocí pravoúhlých souřadnic (15).....	19
Obrázek 8 Vyjádření barevných diferencí pomocí cylindrických souřadnic (15).....	20
Obrázek 9 Odloučení špíny roztokem pracího prostředku (17).....	21
Obrázek 10 Mikroskopický snímek substrátu – elektricky vodivé textilie, zvětšený: (a) 100x, (b) 500x.....	25
Obrázek 11 Barevná předloha pro tisk	26
Obrázek 12 Pračka Miele professional W6071	28
Obrázek 13 Spektrofotometr 2500d Mino (23)	29
Obrázek 14 Měřicí soustava pro hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti	31
Obrázek 15 Stupně 2-3 a 3-4	34
Obrázek 16 Vykreslení nepotištěné části textilie v 3D prostoru	35
Obrázek 17 Přibližné vykreslení nepotištěné textilie s vyznačeným počátečním bodem	36
Obrázek 18 Odchyly průměrných hodnot u potištěných a nepotištěných textilií.....	37
Obrázek 19 Vykreslení potištěné části textilie v 3D prostoru	38
Obrázek 20 Přibližné vykreslení potištěné textilie s vyznačeným počátečním bodem	38
Obrázek 21 Odchyly průměrných hodnot u potištěné textilie	39
Obrázek 22 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti na frekvenci pro substrát a potištěnou textilií.	40
Obrázek 23 Sloupcový graf neprané textilie při frekvenci 1500MHz.....	41
Obrázek 24 Vývoj elektromagnetického stínění u nepotištěných vzorků	42
Obrázek 25 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti nepotištěné textilie na počtu pracích cyklů, pro frekvenci: (a) 600 MHz, (b) 1 GHz a (c) 1,5 GHz.....	44
Obrázek 26 Vývoj elektromagnetického stínění u potištěných vzorků	45
Obrázek 27 Závislost elektromagnetické stínící účinnosti potištěné textilie na počtu pracích cyklů pro frekvenci: (a) 600 MHz, (b) 1 GHz a (c) 1,5 GHz.....	46

Seznam tabulek

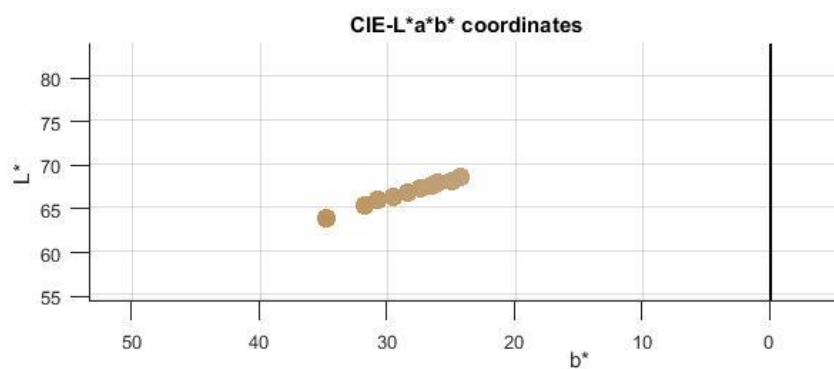
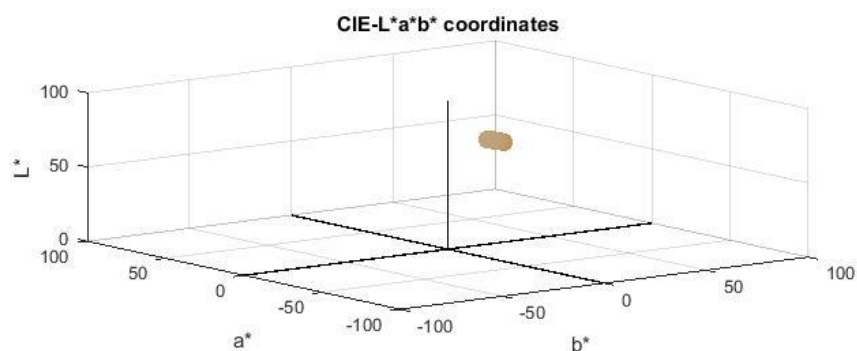
Tabulka 1 Porovnání vlastnosti kovů (1).....	7
Tabulka 2 Vlastnosti vláken, příze a tkaniny.....	25
Tabulka 3 Prací cykly	28
Tabulka 4 Průměrné hodnoty naměřené barevnosti pro potištěnou textilií u barevného úseku značeného R230 G252 B81	30
Tabulka 5 Průměrné hodnoty naměřené barevnosti pro nepotištěnou textilií	30
Tabulka 6 Průměrné hodnoty elektromagnetické stínící účinnosti u potištěné textilie pro 3 vybrané frekvence spolu s 95% intervaly průměru	32
Tabulka 7 Průměrné hodnoty elektromagnetické stínící účinnosti u nepotištěných textilií pro 3 vybrané frekvence spolu s 95% intervaly průměru	33
Tabulka 8 Vizualizace pracích cyklů s kontrolou žmolkovitosti.....	34
Tabulka 9 Naměřené průměrné hodnoty na Martindale (23)	34

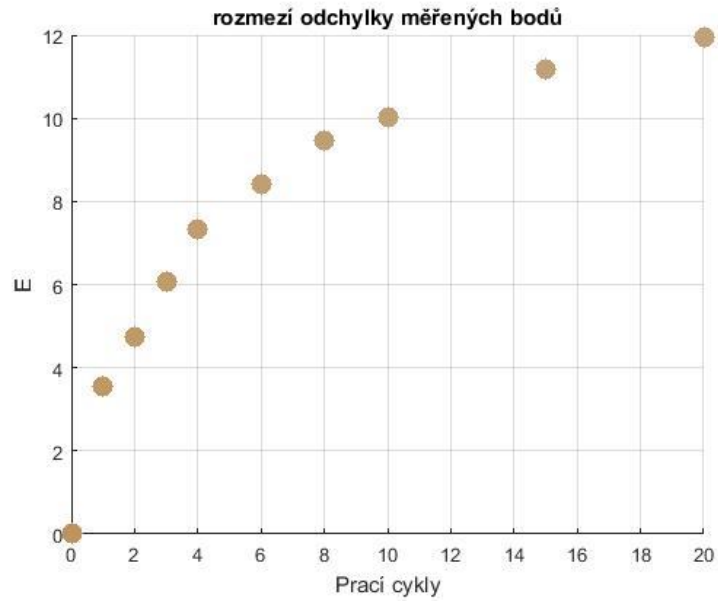
Hodnocení barevnosti textilie

- Tabulka s průměrnými naměřenými hodnotami
- Obrázek barvy v 3D prostoru
- Obrázek průběhu vzdáleností bodů od počátečního měření

R230 G178 B81

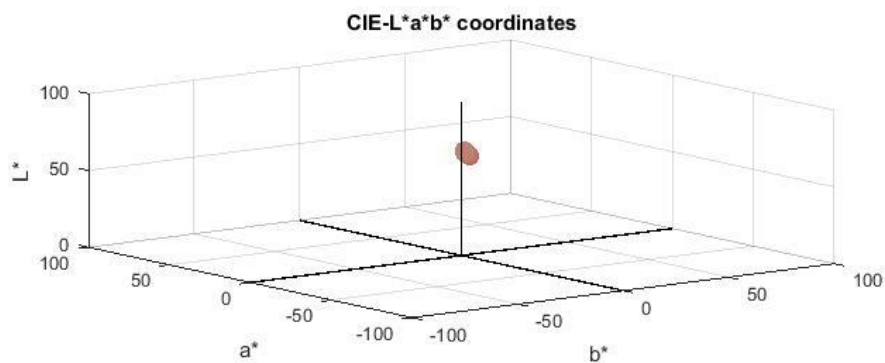
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	63,86	9,24	34,81
1	65,38	8,22	31,78
2	65,89	7,89	30,76
3	66,24	7,50	29,52
4	66,71	7,14	28,41
6	67,25	6,89	27,46
8	67,63	6,61	26,55
10	67,90	6,51	26,06
15	68,02	6,15	24,91
20	68,55	5,99	24,30

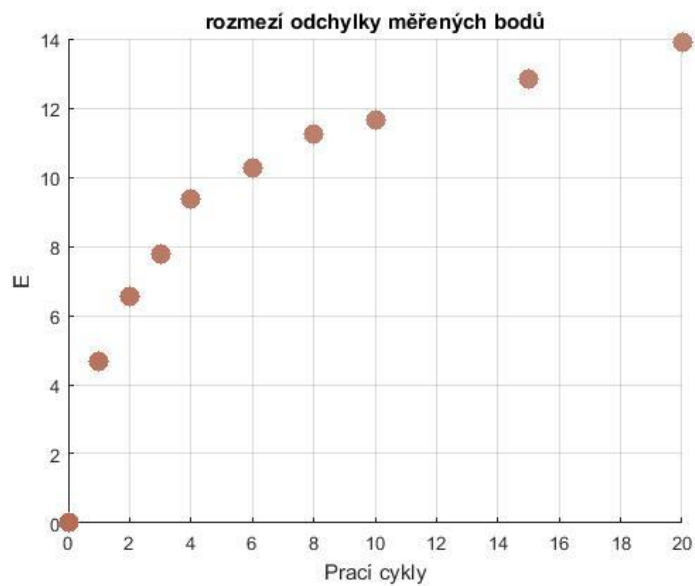
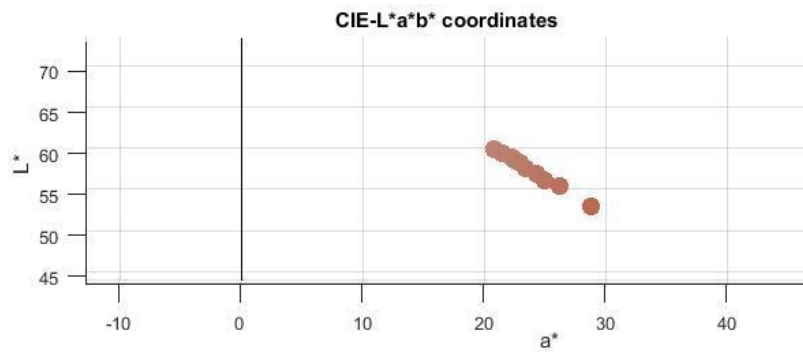




R252 G177 B81

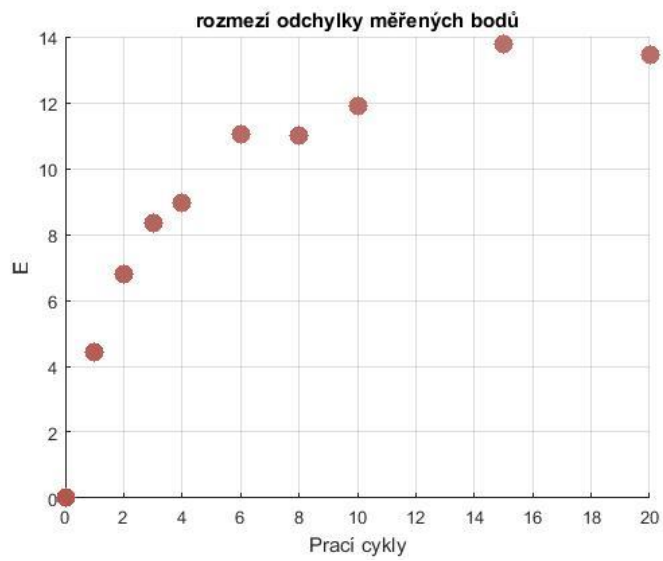
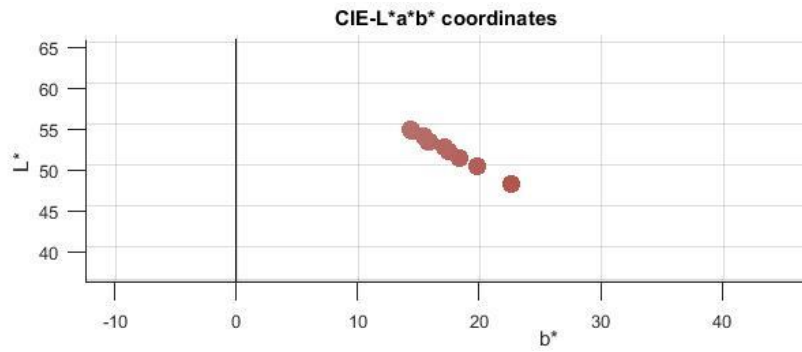
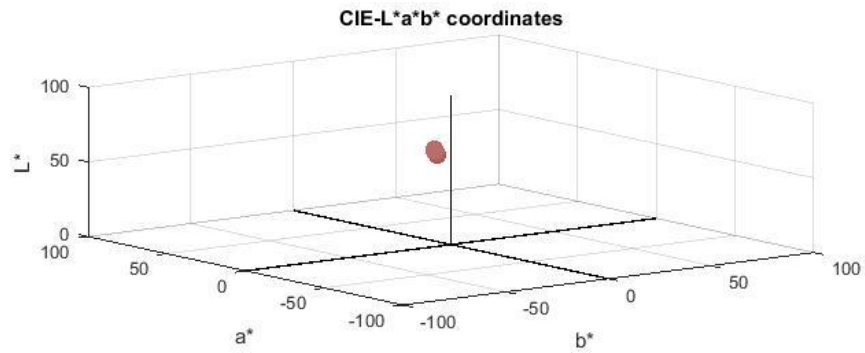
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	53,31	28,76	26,36
1	55,84	26,21	23,37
2	56,5	24,96	22,06
3	57,28	24,30	21,37
4	57,88	23,41	20,20
6	58,50	22,97	19,67
8	58,94	22,48	18,94
10	59,25	22,32	18,67
15	59,71	21,49	17,95
20	60,17	20,82	17,25





R244 G46 B46

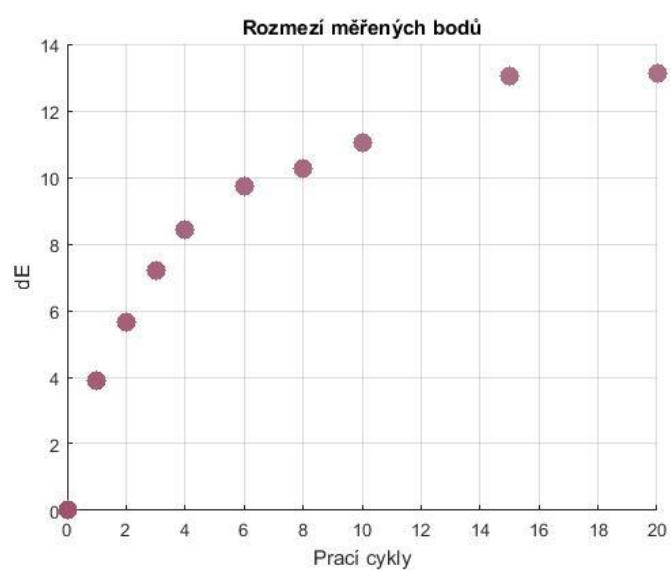
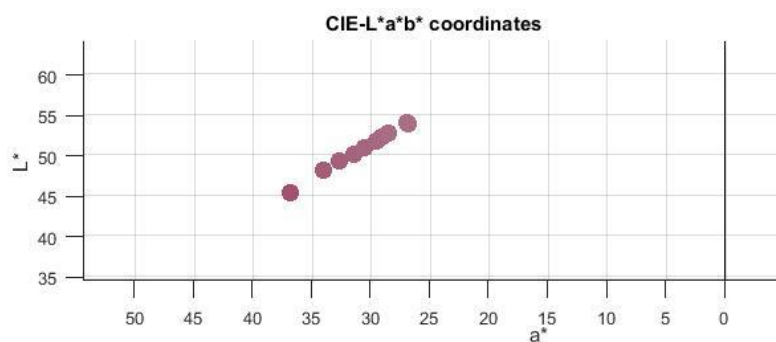
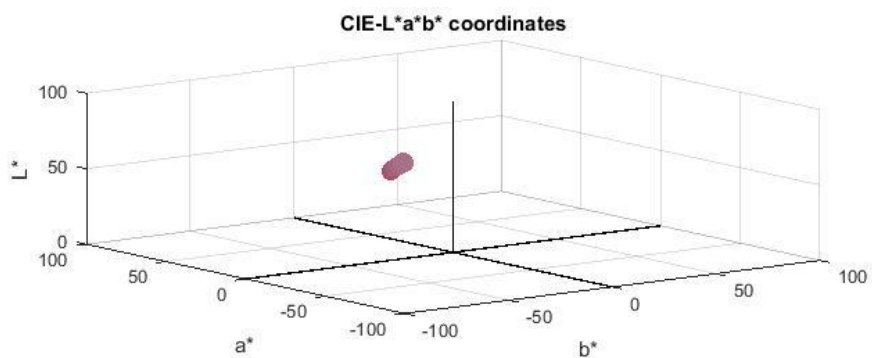
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	47,83	37,94	22,54
1	50,06	35,26	19,78
2	51,00	33,65	18,35
3	51,86	32,75	17,37
4	52,36	32,47	17,08
6	53,09	30,95	15,82
8	53,06	31,03	15,77
10	53,79	30,53	15,38
15	54,54	29,18	14,28
20	54,50	29,51	14,44



R244 G46 B144

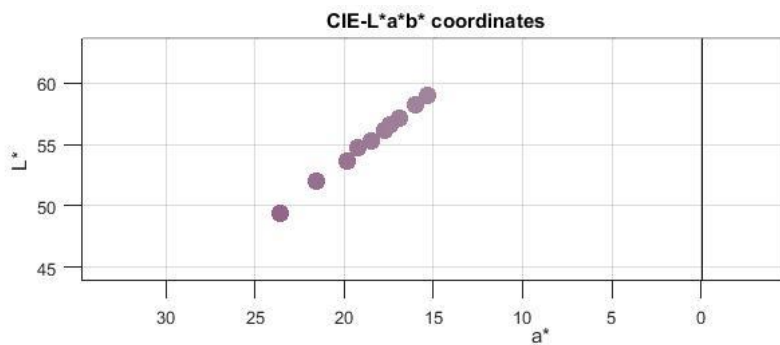
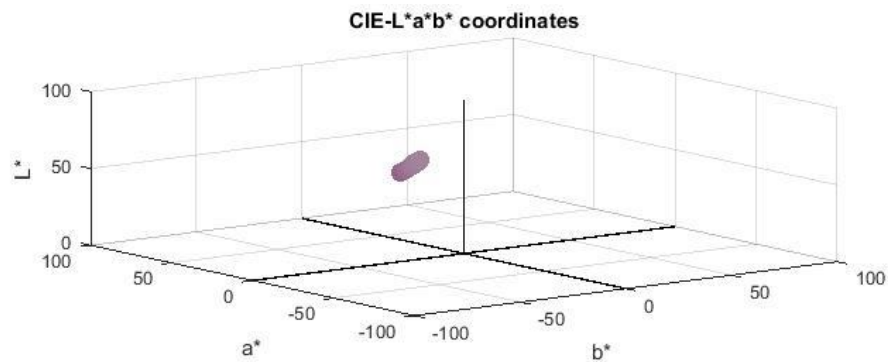
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	45,43	36,80	-2,10
1	48,09	33,99	-2,35
2	49,25	32,64	-2,49
3	50,19	31,41	-2,57

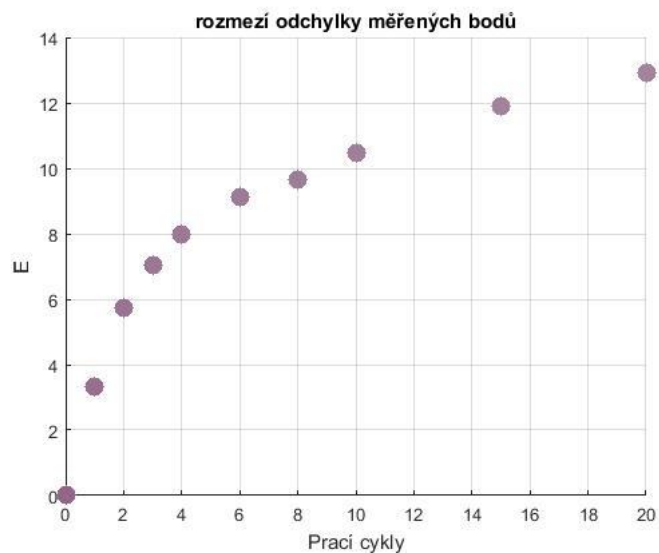
4	50,99	30,48	-2,74
6	51,82	29,48	-2,73
8	52,19	29,11	-2,89
10	52,68	28,53	-2,88
15	53,82	26,87	-2,97
20	54,06	26,95	-3,04



R195 G46 B244

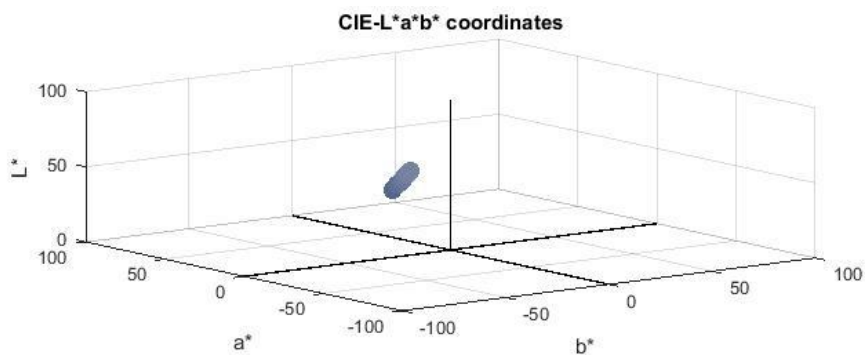
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	49,37	23,70	-11,66
1	51,90	21,66	-10,99
2	53,53	19,97	-10,28
3	54,65	19,32	-10,04
4	55,20	18,58	-9,82
6	56,09	17,87	-9,55
8	56,14	17,56	-9,60
10	57,05	16,99	-9,32
15	58,15	16,13	-9,02
20	58,92	15,46	-8,77

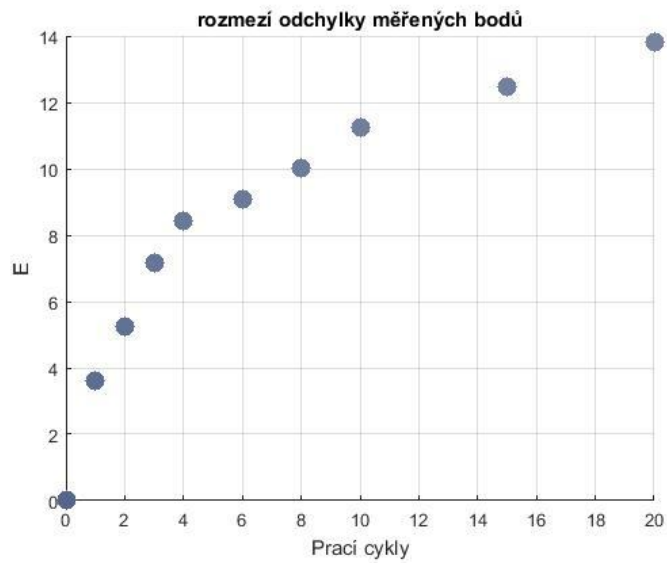
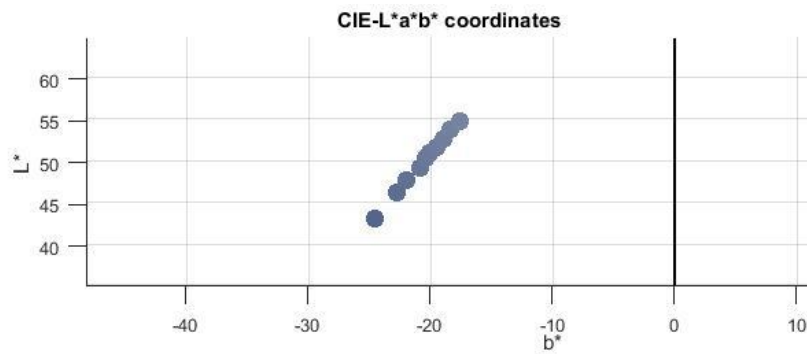




R83 G46 B244

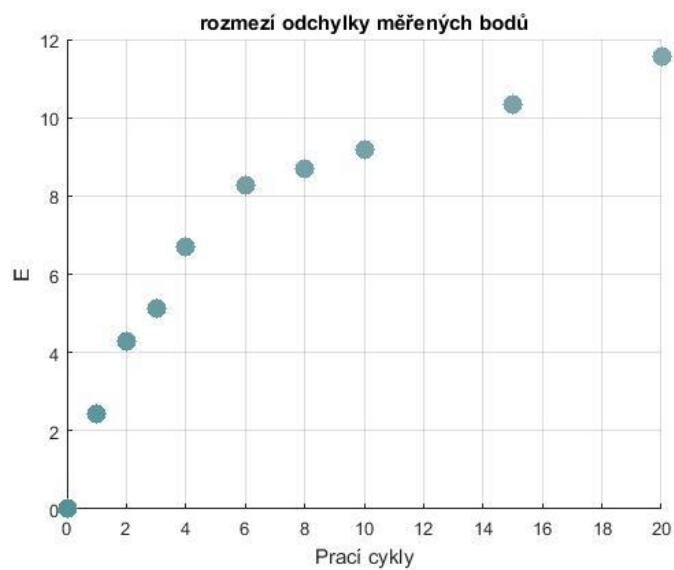
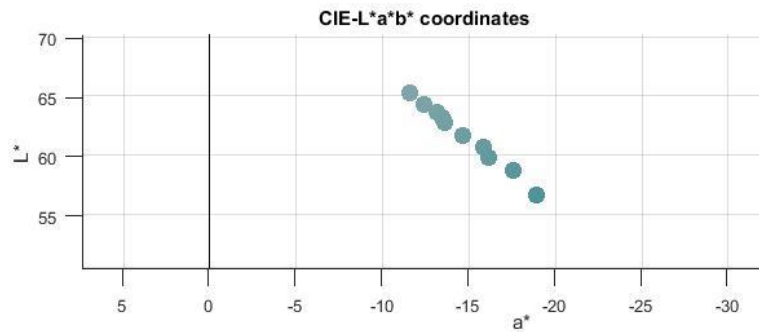
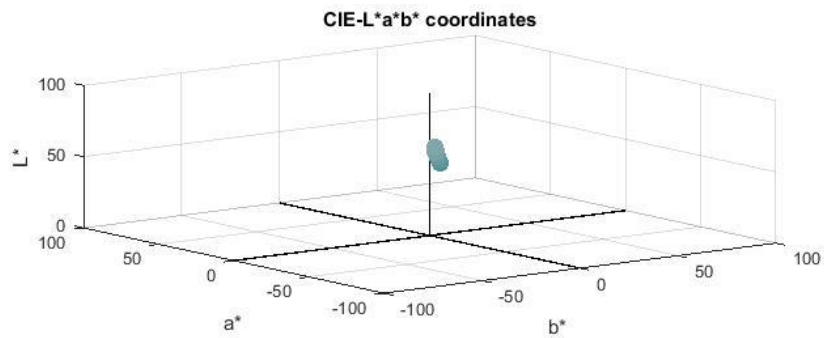
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	43,15	4,78	-24,48
1	46,25	4,18	-22,72
2	47,69	3,95	-21,98
3	49,20	3,57	-20,86
4	50,37	3,36	-20,37
6	50,97	3,35	-20,07
8	51,71	3,24	-19,53
10	52,77	2,92	-18,93
15	53,81	2,74	-18,33
20	54,87	2,52	-17,54





R46 G242 B244

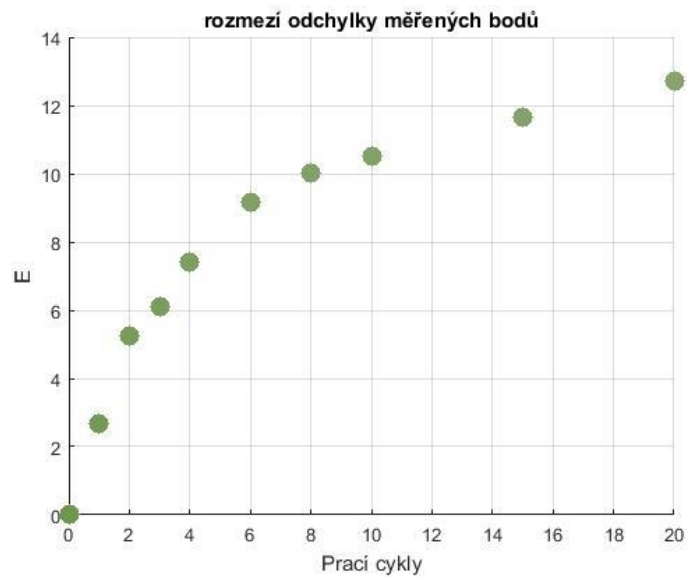
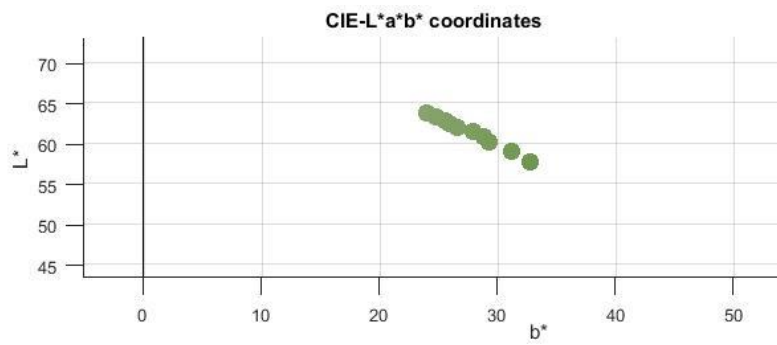
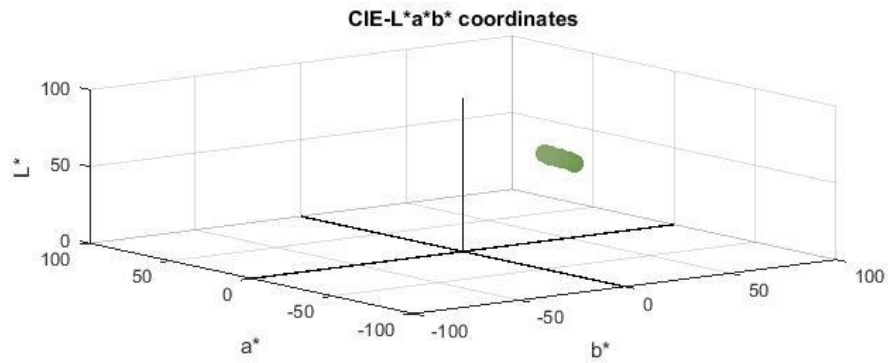
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	56,73	-18,93	-9,03
1	58,74	-17,62	-8,70
2	59,90	-16,18	-8,23
3	60,72	-15,86	-8,05
4	61,74	-14,68	-7,68
6	62,85	-13,65	-7,29
8	63,28	-13,46	-7,29
10	63,65	-13,19	-7,13
15	64,39	-12,39	-6,74
20	65,30	-11,61	-6,46



R46 G244 B65

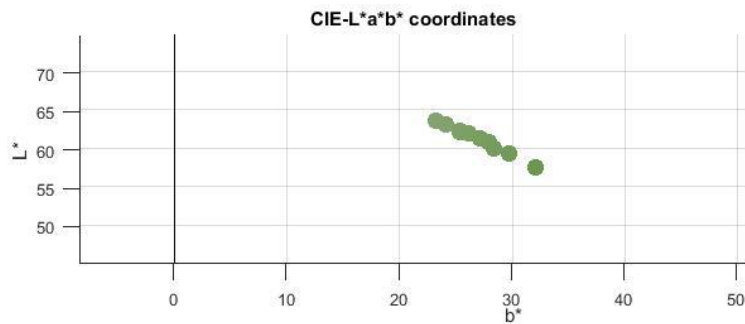
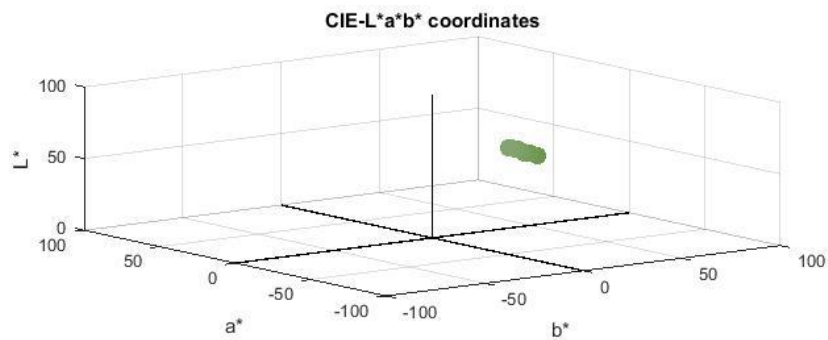
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	57,77	-26,02	32,77
1	59,15	-24,42	31,19
2	60,14	-22,93	29,28
3	60,92	-22,57	28,83
4	61,47	-21,74	27,99

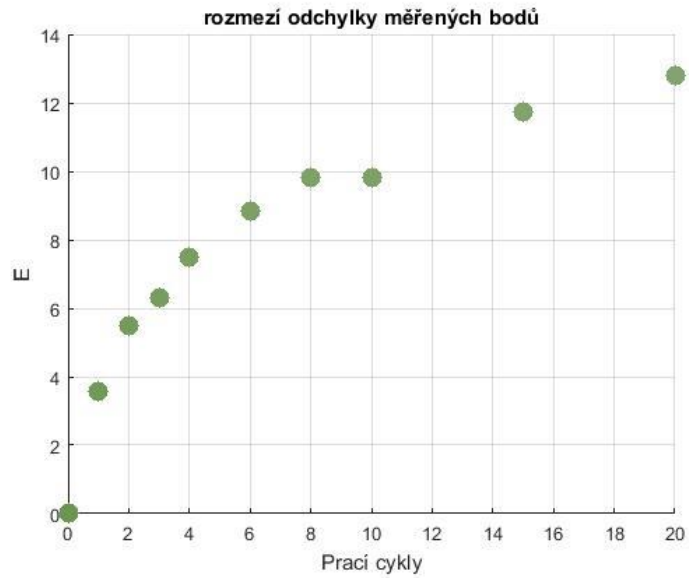
6	62,09	-20,91	26,56
8	62,55	-20,57	25,89
10	62,86	-20,28	25,63
15	63,28	-19,56	24,84
20	63,79	-19,05	24,05



R104 G178 B38

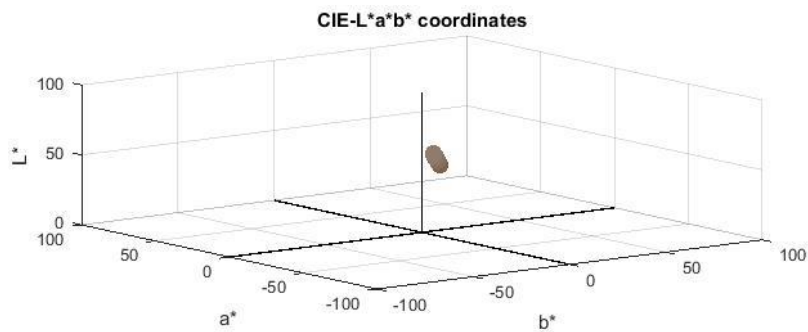
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	57,71	-27,37	32,13
1	59,45	-25,38	29,73
2	60,15	-24,10	28,44
3	60,89	-23,85	27,95
4	61,37	-23,14	27,15
6	62,07	-22,44	26,22
8	62,17	-21,82	25,37
10	62,41	-21,91	25,44
15	63,18	-20,70	24,17
20	63,62	-20,21	23,31

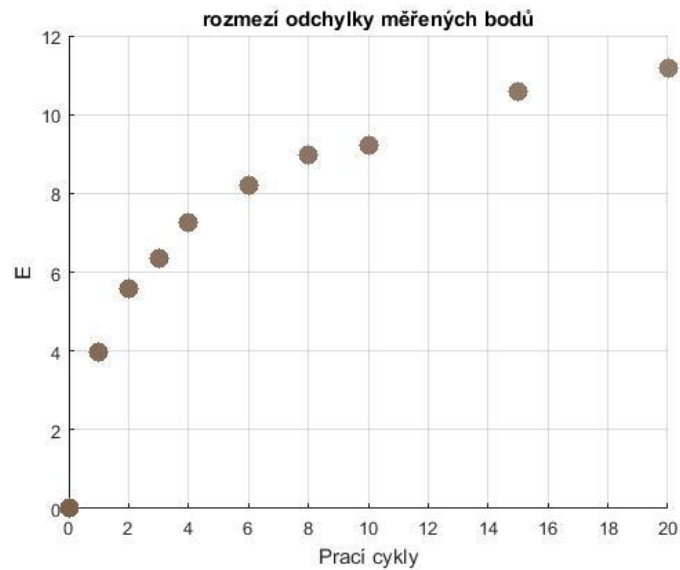
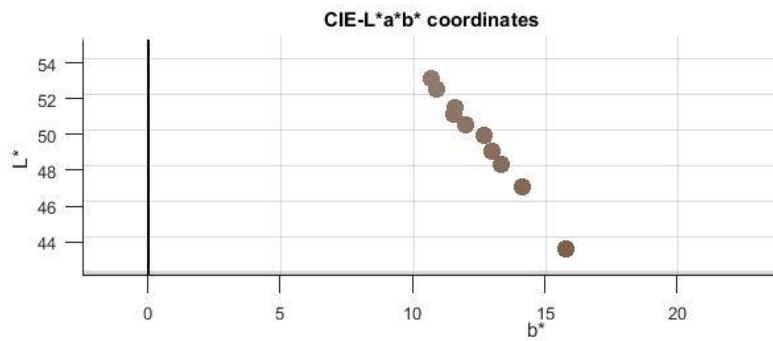




R120 G82 B12

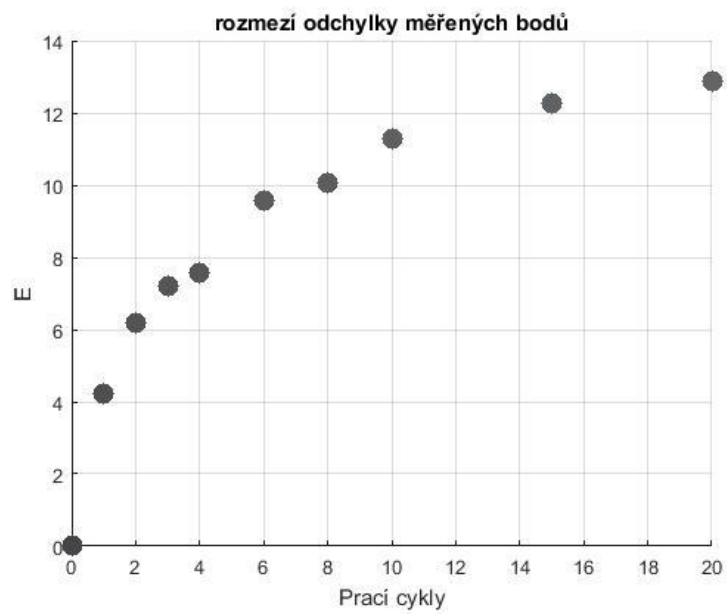
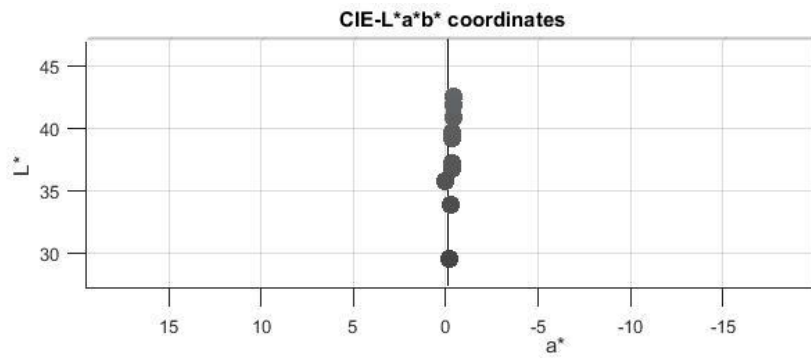
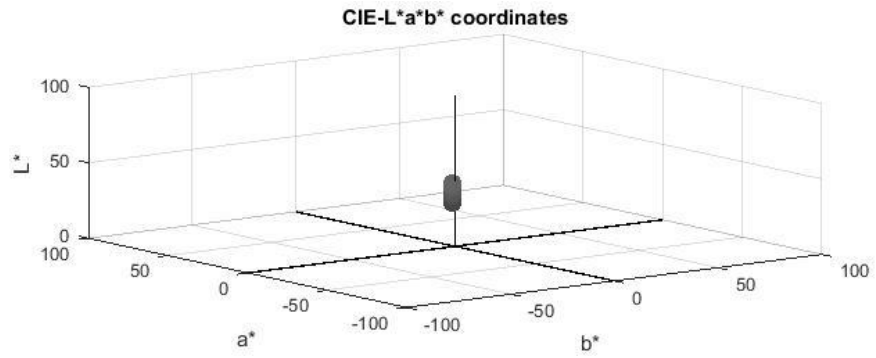
Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	43,43	8,64	15,76
1	46,89	7,64	14,12
2	48,20	7,12	13,31
3	48,89	6,99	13,00
4	49,77	6,84	12,70
6	50,43	6,57	11,98
8	51,02	6,38	11,55
10	51,33	6,35	11,57
15	52,42	6,01	10,87
20	53,02	5,83	10,70





černá

Počet pracích cyklů	Barevný prostor		
	L*	a*	b*
0	29,38	-0,10	-1,12
1	33,61	-0,18	-1,24
2	35,57	0,15	-1,32
3	36,59	-0,22	-1,33
4	36,97	-0,23	-1,38
6	38,95	-0,25	-1,43
8	39,43	-0,27	-1,54
10	40,67	-0,28	-1,65
15	41,65	-0,31	-1,73
20	42,25	-0,30	-1,69



Hodnocení elektromagnetické stínící účinnosti

