

Fixace disperzního barviva pomocí laseru

Diplomová práce

Studijní program:

N3957 Průmyslové inženýrství

Studijní obor:

Produktové inženýrství

Autor práce:

Bc. Alena Schmidová

Vedoucí práce:

Ing. Marie Kašparová, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství

Konzultant práce:

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





Zadání diplomové práce

Fixace disperzního barviva pomocí laseru

Jméno a příjmení: **Bc. Alena Schmidová**
Osobní číslo: T20000004
Studijní program: N3957 Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Produktové inženýrství
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: 2019/2020

Zásady pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši na tisk a barvení polyesteru pomocí disperzních barviv.
- 2) Vhodně zvolená disperzní barviva fixujte na polyesterové textilii postupem Termozol.
- 3) Navrhněte a realizujte postup fixace disperzního barviva pomocí infračerveného laseru.
- 4) Porovnejte výsledky obou metod fixace barviva z hlediska barevnosti a případného poškození tkaniny.
- 5) Výsledky diskutujte z hlediska možného průmyslového uplatnění fixace disperzních barviv pomocí laseru.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

50 – 60 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- 1) Hladík, V.: Disperzní barviva, SNTL, Praha 1976
- 2) Carreher, Ch. E.: Polymer chemistry, CRC Press, New York 2008

Vedoucí práce:

Ing. Marie Kašparová, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Konzultant práce:

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání práce:

22. března 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

30. srpna 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 23. června 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vědoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

6. ledna 2022

Bc. Alena Schmidová

Anotace

Cílem této diplomové práce je navrhnout jednoduchou metodu fixace disperzního barviva pomocí laseru CO₂. V této práci byly testovány různé intenzity působení laseru na textilií, pro zjištění optimálních podmínek a nejlepšího vybarvení materiálu. Výsledky jsou porovnávány se standardní metodou Termozol.

Teoretická část se věnuje literární rešerši na téma barvení polyesteru disperzními barvivy a laseru CO₂.

V experimentální části je definován použitý materiál, popis použitých přístrojů, výběr barviv, postup barvení textilního materiálu, fixace za pomoci laseru CO₂ a dále fixace metodou Termozol. Dále obsahuje testování stálosti barevnosti materiálu v alkalickém potu a v praní.

Klíčová slova: polyester, disperzní barviva, laser CO₂, Termozol.

Annotation

The aim of this diploma thesis is to design a simple method of fixing a disperse dye using a laser CO₂. In this work, different intensities of laser were tested on the fabric to determine the optimal conditions and the best coloring of the material. The results are compared with the standard Termozol method.

The theoretical part is devoted to a literature search on the topic of dyeing polyester with disperse dyes and a CO₂ laser.

The experimental part defines the material used, description of the devices used, selection of dyes, textile dyeing procedure, fixation with the help of a CO₂ laser and the Termozol method. It also includes testing the color fastness of the material in alkaline sweat and washing.

Keywords: polyester, disperse dyes, CO₂ laser, Termozol.

Poděkování

Ráda bych velice poděkovala paní Ing Marii Kašparové, Ph.D. a panu prof. Ing. Jakubu Wienerovi, PhD. za vedení mé diplomové práce, jejich ochotu, vstřícnost, podporu a cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Janě Čandové a paní Martině Čimburové za pomoc při pokusech v laboratoři.

V neposlední řadě také děkuji celé mé rodině, partnerovi a přátelům za jejich podporu po celou dobu studia.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	11
Úvod	13
Teoretická část	14
1 Laser	14
1.1 Vlastnosti laserového záření.....	15
1.2 Rozdělení laserů	16
1.2.1 Pevnolátkové lasery	17
1.2.2 Kapalinové lasery	17
1.2.3 Plynové lasery	18
1.2.4 Polovodičové lasery	18
1.3 Laser CO₂.....	19
1.4 Aplikace laseru	20
1.4.1 Aplikace laseru na textilní materiály	21
1.4.2 Gravírování textilních materiálů.....	21
1.4.3 Laser a řezání textilu	21
1.4.4 Laser a polyesterový materiál.....	22
1.4.5 Laser a bavlněná textilie	23
1.4.6 Použití laseru pro tisk textilií.....	23
1.4.7 Laser a oděvní design	24
2 Disperzní barviva	25
2.1 Ekologická hlediska při barvení disperzními barvivy	28
2.2 Techniky tisku	29
2.2.1 Postup potiskování v 5-ti základních krocích:.....	29
2.2.2 Mechanické technologie potiskování	29
2.2.3 Digitální tisk.....	30
2.2.4 Chemické technologie potiskování.....	31

2.3 Srovnání metod tisku	31
3 Polyester	32
3.1 Historie polyesterových vláken	32
3.2 Výroba polyesterových vláken	32
3.3 Výroba polyesterového hedvábí.....	33
3.4 Výroba polyesterové stříže a kabelů.....	34
3.5 Základní vlastnosti polyesterových vláken	34
3.6 Použití polyesterových vláken	35
Praktická část	37
4 Experiment	37
4.1 Materiál, přístroje, chemikálie.....	37
4.1.1 Materiál.....	37
4.1.2 Disperzní barviva.....	39
4.1.3 Chemikálie.....	40
4.1.4 Používané přístroje	42
4.2 Výběr barviv	47
4.3 Příprava barevných vzorků	47
4.4 Laser CO ₂	48
4.5 Měření teploty rubové strany vzorku.....	50
4.6 Praní vzorků	50
4.7 Termozol	52
4.8 Měření RGB.....	53
4.9 Měření lesku	56
4.10 Testování stálostí	58
4.10.1 Stálost v alkalickém potu.....	58
4.10.2 Stálost na světle	59
4.10.3. Stálost v praní	59

4.10 Kombinování barev	60
5 Výsledky	62
5.1 Fixace	62
5.2 Vyhodnocení barevnosti	65
5.3 Vyhodnocení lesku	67
5.4 Vyhodnocení stálosti	70
5.4.1 Stálost v alkalickém potu.....	70
5.4.2 Stálost na světle	71
5.4.3 Stálost v praní	72
Závěr	73
Citace	74
Seznam obrázků	78
Seznam tabulek	80
Seznam příloh	81

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka	Název
%	procento
°C	stupeň Celsia
°	stupeň
μ	průměrná tloušťka
μm	mikrometr
μs	mikrosekund
B	modrá složka barevného prostoru
ba	bavlna
C. I.	Color Index
cN	centinewton
cm	centimetr
č.	číslo
ČSN	Československá státní norma
DPI	znamená počet (obrázkových) bodů na jeden palec
G	zelená složka barevného prostoru
g	gram
kPa	kilopascal
l	litr
m	metr
m ²	metr čtverečný
ml	mililitr
mm	milimetr

min.	minuta
Pa	pascal
PES	polyester
pH	vodíkový exponent-míra kyselosti vodného roztoku
R	červená složka barevného prostoru
s	sekunda
S	výběrová směrodatná odchylka
tex	jednotka jemnosti
tzv.	tak zvaný
UV	ultrafialové záření
v	variační koeficient
VS	viskóza

Úvod

Barvení textilií je proces, ve kterém se snažíme dosáhnout požadovaného odstínu, sytosti a určitých stálostí vybarvení. V současné době je barevnost textilie jednou z hlavních kritérií při samotném prodeji. Zvyšuje estetickou stránku polotovaru či výrobku a tím i vlastní prodejnost. Při barvení textilií se často setkáváme s několika způsoby barvení.

Dnešní doba klade velký důraz na ekologickou stránku barvení. Zároveň, ale módní design využívá moderní technologicky vyspělé postupy. Laserová technologie se používá pro dekorativní účely a pro vytváření neobvyklých vzhledů v módním designu. Dokáže vyrýt jednoduché nebo složité vzory a dále vzor pomocí skenování přenést laserovým paprskem na povrch látky. Proč tedy tento způsob využití laseru nepoužít i na fixaci barviva.

Termozolový způsob barvení byl poprvé zveřejněn firmou Dupont v roce 1949, který byl propagován jako způsob barvení pro vlákna v teple stabilní a hydrofobní jako je polyester, polyamid a polyakrylonitril. Tento způsob se především osvědčil při barvení tkanin a pletenin z polyesterových vláken či směsí obsahující polyesterová vlákna.

Cílem této práce je vývoj technologie fixace disperzního barviva pomocí laseru CO₂. Touto technologií by bylo možné obarvit (zafixovat barvivo) pouze na určitou část materiálu různého tvaru a velikosti s přesně obarvenými hranami. Nemusí se vytvářet tiskací pasty a různé barvicí lázně. Zároveň se technologie fixace pomocí laseru porovná se standardní metodou Termozol.

Teoretická část

1 Laser

Vlastní název laser je druh zkratky několika slov, který se nehláskuje a lze jej přechýšit jako jedno slovo, pochází z anglického názvu light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což jde přeložit jako „zesilování světla stimulovanou emisí záření“. V této diplomové práci se využívá laserové tepelné energie při lokálním barvení textilního materiálu tak, aby se použitá disperzní barviva se navázala na vlákno daného materiálu.

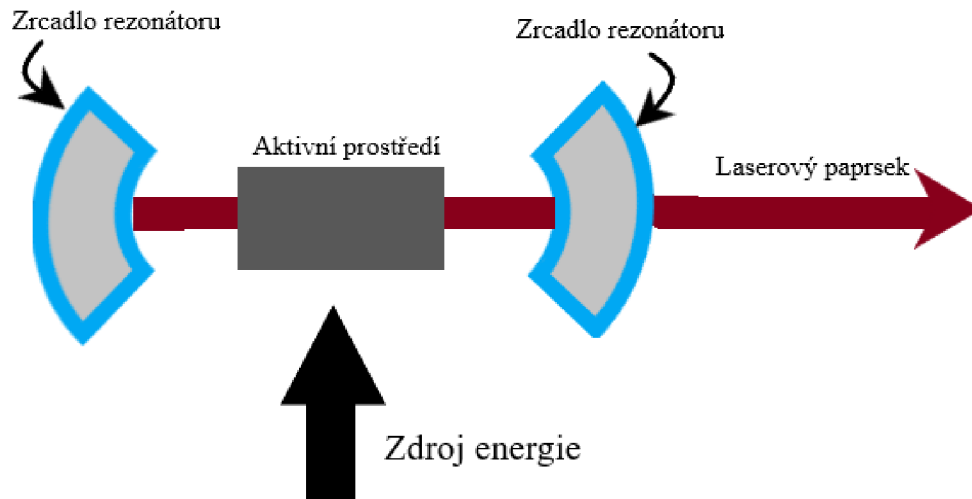
Laser je zdroj monochromatického koherentního světla, znamená to, že laser má nulovou rozbíhavost a jeho světlo je tvořeno pouze jednou barvou. Světlo, které produkuje laser, vznikne umístěním zesilovače světla do optického rezonátoru naladěného na příslušnou vlnovou délku. Laserové světlo patří mezi nejjasnější známé světlo je dokonce ještě jasněji než sluneční. V laserech vzniká tenký svazek paprsků, které mají takovou intenzitu, že jsou schopny propálit díru v oceli. [1]

Uvnitř laseru se nachází trubice obsahující směs plynů, jako je helium a neon, ve formě kapalného či tuhého krystalu, jako je rubín. Argonový laser je příklad plynového laseru, který vytváří svazek paprsků s nízkou intenzitou, je určený na jemné práce. Například se používá v oční chirurgii. V chemických laserech se vyskytuje kapalný fluorovodík, využívá se na výrobu intenzivních paprsků, určených pro zbraně. [1]

Do trubice vstupují dvě elektrody, které udávají impuls a vytváří tak elektrickou jiskru. Ta dodává atomem emitujícího materiálu dodatečnou energii tak, aby se vzbudily a vyzářily fotony tzn. drobné záblesky světla. Fotony vystupující z materiálu laseru vylétávají všemi směry a srážejí se s dalšími atomy, které také vyzáří fotony. Při tomto procesu v krátkém časovém úseku dochází ke vzniku miliardy totožných fotonů, které se rychle pohybují z jednoho konce trubice na druhý. [1]

Na každém konci je zrcadlo, které odráží fotony. Ty kmitají nahoru-dolů trubicí, dochází tak k tomu, že fotony létají neustále z jednoho konce na druhý a uvolňují další a další fotony. Jedno zrcadlo je konstruováno tak, že část fotonů propouští, aby se za ním nahromadily. Když jich je dostatek, v tom okamžiku laser vyzáří intenzivní svazek

paprsků. Existují lasery, které umožňují vysílání nepřetržitého paprsku světla. Výkonné pulzní lasery vystřelují svazek v pravidelných intervalech. [1]



Obrázek 1: Schéma uspořádání laseru

1.1 Vlastnosti laserového záření

Laserové záření je elektromagnetické záření. Toto záření vykazuje jisté specifické vlastnosti, které žádný jiný světelný zdroj na světě neposkytuje. [2]

Laserový paprsek, vyvolávaný stimulovanou emisí je podstatně kratší:

- trvá 10^{-12} ; 10^{-9} sekund;
- má nepatrnou rozbíhavost;
- světelný paprsek je tvořen světlem o jediné frekvenci
- je koherentním vlněním (tzn. představuje přesnou sinusovou elektromagnetickou vlnu);
- přenáší elektromagnetickou energii, která je soustředěna v malé oblasti prostoru, v krátkém časovém intervalu a úzké oblasti vlnových délek (frekvenci). [3]

1.2 Rozdělení laserů

Lasery mohou být rozdělovány dle různých hledisek:

- aktivního prostředí,
- vlnových délek optického záření, které vysílají,
- typu kvantových přechodů (energetických hladin),
- typu buzení,
- časového režimu provozu laseru. [3]

Podle typu aktivního prostředí se dělí na:

- pevnolátkové lasery,
- polovodičové lasery,
- plynové lasery,
- kapalinové lasery,
- plazmatické lasery. [3]

Podle způsobu čerpání energie lze lasery rozdělit:

- opticky (výbojkou, jiným laserem, slunečním světlem a radioaktivním zářením),
- elektrickým výbojem (srážkami v elektrickém výboji, svazkem nabitých částic, vstřikováním elektronů, interakcí elektromagnetického pole se shluky nabitých částic),
- chemicky (energií chemické vazby, fotochemickou disociací, výměnou energie mezi molekulami a atomy),
- termodynamicky (zahříváním a ochlazováním vzduchu nebo plynu),
- jadernou energií (reaktorem nebo jaderným výbuchem). [3]

Dále se lasery rozdělují podle použití:

- výzkumné,
- měřicí,
- lékařské,
- technologické,
- energetické,
- vojenské. [1],[4]

1.2.1 Pevnolátkové lasery

Izolanty s příměsí vhodných iontů například krystalické nebo amorfni patří do aktivního prostředí. Tyto lasery jsou stabilní a nejsou náročné na údržbu, mohou fungovat za různých pracovních podmínek a různými způsoby. Pevnolátkové lasery mají záření na vlnové délce infračerveného a viditelného světla. Mezi nejznámější lasery tohoto typu patří laser rubínový, který má jako aktivní prostředí krystal syntetického rubínu. První červený paprsek světla, byl vyzářen z rubínové tyčinky. To se podařilo jakoprvnímu Maimanovi. Zejména v medicíně je nejvíce používaný a celkově nejrozšířenější laser, který vyzařuje infračervené záření nebo i zelené, nazývá se tzv. neodymový laser. [4]

1.2.2 Kapalinové lasery

Mezi aktivní prostředí patří různá organická barviva, která vytváří roztoky. Pomocí nelineární optiky se může dosáhnout skoro všech vlnových délek od 300 nm do 1500 nm, pokud se použije několika druhů barviv a metod. Kapalinové lasery se z tohoto důvodu využívají např. ve spektroskopii. Mezi jejich nevýhody patří krátká životnost aktivního prostředí, ta se rozkládá vlivem tepla a světla. [4]

1.2.3 Plynové lasery

Atomy, ionty či molekulami se tvoří aktivní plynné prostředí. Plynové lasery pracují v kontinuálním nebo pulzním režimu s velmi širokým rozmezím vlnových délek. Nabuzení je většinou pomocí elektrického výboje, ke kterému dochází v plynu, který je zředěný. Optické buzení se používá jen velice málo. Homogenní aktivní prostředí mají lasery, které díky tomuto prostředí mají velice dobré parametry. Jednou z nevýhod je poměrně malý výkon.

Mezi nejrozšířenější typy patří neonový laser, který červeně září heliem. Infračervený laser CO₂ se hojně využívá v medicíně a průmyslu. Laser argonový se vyznačuje modrým a zeleným zářením. Excimerový laser je zvláštním typem plynového laseru, který vyzařuje ultrafialové záření. Jeho aktivním prostředím jsou molekuly, které vznikají splynutím dvou atomů, ty jsou z různých vzácných plynů za působení svazku elektronů. Jedná se například o tyto plyny: argon a krypton, krypton a fluor apod.[4]

1.2.4 Polovodičové lasery

Skupina těchto laserů v současné době patří mezi nejrozšířenější. Laserová dioda je zdrojem jejich záření, má velmi malé rozměry, což je z jednoho pohledu výhoda. Z jiného pohledu je ale paprsek rozbíhavější než u jiných druhů laserů. Diody mají vysokou účinnost a to až 50 %. Velice snadno lze změnou elektrického proudu měnit jejich výkon. Z tohoto důvodu jsou laserové diody velmi užitečné v telekomunikacích, výpočetní technice, ale i spotřební elektronice. [4]

1.3 Laser CO₂

Tento typ laseru má velký rozsah využití. Nalezneme ho například v průmyslových halách světových výrobců automobilů. Také se nachází v operačních sálech, kde pomáhá lékařům při náročných operacích. [5]

Lineární molekula CO₂ je využívána jako aktivní částice. Obsahuje dva atomy kyslíku, které jsou navázány na atom uhlíku. Všechny tři atomy leží na jedné přímce. Atomy kyslíku mohou kmitat souhlasně nebo v protifázi ve směru spojnice či kolmo na ní. Dále jsou možné kmity součtové a rozdílové. Nelineární kmity vznikají při velkých odchylkách od rovnovážných poloh. Díky těmto možným kombinacím vzniká bohaté spektrum vyzařovaných frekvencí molekuly CO₂ v rozsahu vlnových délek 4 – 18 μm. CO₂ nejčastěji pracuje na nejintenzivnějších čarách, které jsou soustředěny v okolí vlnových délek 9,5 μm a 10,6 μm. [5]

V průběhu vývoje laseru došlo ke vzniku tzv. příčného buzení, ten má za úkol zvyšovat výkon laseru. V příčném buzení dochází k tomu, že elektrický výboj hoří ve směru kolmém na osu optického rezonátoru. Výboj lze zapálit i při atmosférickém tlaku náplně z důvodu malých vzdáleností mezi elektrody. Tento typ laseru se nazývá TEA CO₂. [5]

Laser podle aktivního prostředí	Typ laseru	Vlnová délka [nm]
ArF	excimerový laser	193
KrF	excimerový laser	248
XeCl	excimerový laser	308
HeCd	plynový laser (páry Cd)	325-442
N ₂	plynový laser	337
Barviové lasery	barviový laser	330-740
GaN	polovodičový laser	415
Cu	páry Cu	510
HeNe	plynový laser	544,594,612,633,1152,3391
TiAl ₂ O ₃ (titan-safírový laser)	pevnolátkový laser	675-1100
GaAs/GaAlAs	polovodičový laser	750-910
GaNP	polovodičový laser	670
InGaAs	polovodičový laser	980
Ar-iontový	plyn (ionty Ar)	351,488,515
Nd:YAG	pevnolátkový laser	1064
CO ₂	plynový laser	9600-10600
CO	plynový laser	5100-6500

Obrázek 2: Vybrané lasery a jejich vlnová délka [6]

Na obrázku č. 2 je znázorněna tabulka, která obsahuje v současné době používané lasery. Každý z laserů má uvedenou vlnovou délku a je přidělen do tradiční klasifikace laserů.

Lasery CO₂ pulzní patří do skupiny infračervených laserů, které jsou výhodné v textilním odvětví z důvodu jejich velikosti laserových paprsků, jejich vysoké účinnosti, jednoduché obsluhy. Mají nízké náklady a také využívají netoxických plynů. Přesto byly méně používané pro povrchovou úpravu polymerů než ostatní lasery a to převážně kvůli tepelným škodlivým účinkům způsobeným infračerveným zářením. Tento problém byl vyřešen novým typem laseru tzv. pulzního CO₂. Ten je považován za bezkontaktní a šetrný k životnímu prostředí, používá se při modifikaci povrchu polymerů. Morfologické modifikace mohou mít za následek změny na fyzikálních a chemických vlastnostech textilních materiálů jako je např. absorpce vody a samotné barvení textilního materiálu. [7] [8]

Laserové záření se využívá jako náhradní úprava povrchu materiálů místo tradičně chemického zpracování. Díky této technologii může dojít k významnému snížení nákladů na energii, chemikálie, spotřebu vody a nezatěžuje se životní prostředí. CO₂ laserové záření upravuje vlastnosti a povrch především syntetických materiálů.

1.4 Aplikace laseru

Pokud se zaměříme na laser a to, kde všude se uplatňuje, zjistíme, že se používá v armádě pro výrobu laserových zbraní, v lékařství při operacích, kde dochází k bezdotykové aplikaci pouze v místě ošetření bez poškození okolí. Časté je použití v dermatologii nebo kosmetických salónech.

Laser nalezneme i ve strojírenství, kde značně zvyšuje kvalitu, technickou úroveň a produktivitu práce. Principem je působení paprsku na kovový povrch určitou dobu, kde se absorbovaná energie mění v teplo a zahřívá zpracovanou součástku.

Zajímavé využití našel i při měření rychlosti. Tento princip měření funguje tak, že se vybere vozidlo, které se bude měřit, na přístroji se stiskne spoušť a laser vyšle proti vozidlu infračervené impulzy o vlnové délce 904 nm. Tyto impulzy se od vozidla odrážejí zpět k měřiči.

1.4.1 Aplikace laseru na textilní materiály

Laser se používá v různých odvětvích průmyslu, pokud se však pozornost obrátí na textil, zjistí se, že se hojně využívá při úpravě textilních materiálů, kdy ovlivňují podstatně jejich vlastnosti. Jak na povrchu textlie, tak vlastnosti samostatných vláken. Takto se upravují například skleněná, uhlíková, čedičová vlákna a mnoho dalších.

Laser se též používá na gravírování a řezání. Existují společnosti, které tento způsob vzorování používají do textilu a kůží. U laseru je velká výhoda nastavení různých intenzit laseru, z toho důvodu je možné gravírovat různé materiály, jako je sklo, plast, dřevo, ale i kůže a textil. Laserová technologie se nejvíce používá při oddělování textilií pro konfekční účely. Problém, který laser vyřešil, byl v oddělování více vrstevných náložů listů, které bylo obtížné oddělit.

1.4.2 Gravírování textilních materiálů

Proces, při kterém dochází ke vzorování nebo značení materiálu se nazývá gravírování. Za působení tepelného laserového paprsku vzniká vzor na textili, který je přesný a trvanlivý. Tento způsob gravírování je od běžných značení tiskem, leptáním nebo bělením ekologičtější a šetrnější k přírodě. Další výhodou kromě ekologické stopy jsou vynikající barevné stálosti.

Vznikly studie, které gravírování laserem používají pro blednutí denimu. Ze studií vyplývá, že při zvyšování výkonu laseru dochází k většímu blednutí denimu. Barevnou změnu tkaniny způsobuje odpaření barviva, například u denimových tkanin je to indigo. Laser způsobí změnu v omaku textlie, protože odstraní z povrchu vlákénka.

Výsledkem studie a článku od C. W. Kan, C.W.M Yuen a C.W Cheng je, že laser CO₂ při působení na denim vytvoří lepší barevný efekt než efekt vytvořený tradičními a klasickými metodami jako je například stone-wash. Dále prokázali, že laserovou technologií ušetří čas, energii a životní prostředí.[9][10]

1.4.3 Laser a řezání textilu

Laser se též hodně využívá k řezání textilu a to bezkontaktní metodou. Tato metoda je velice rychlá a přesná, vyřeže i ty nejmenší tvary. Výhodou může být i to, že u materiálů z umělých vláken dochází k fixaci okraje u řezu laserem.

Pokud se odděluje ve vrstvách materiál, který obsahuje termoplastická vlákna, hrozí spojení jednotlivých vrstev materiálů. Tento problém se ale v současné době řeší za pomoci proložení jednotlivých vrstev papírem, který spojení zabrání. [11]

Využití laser našel i při řezání krajky pomocí laserového paprsku, který je alternativou mechanické metody řezání nylonové krajky používající se na spodní prádlo. Hlavními nevýhodami mechanické metody je omezená rychlost a časté broušení kotoučů. Rovněž se nedají strojově řezat krajky se složitým vzorem, proto se musí tyto krajky stříhat ručně. P. Bamforth, K. Williams a M.R. Jackson ve studii nahradili mechanický postup, metodou pomocí laserového paprsku. Paprsek je přesný a neporuší okolí textilie. Proto je jeho použití velice výhodné. Problém ovšem nastává v tom, že okraj krajky se díky teple, které paprsek vyzařuje zpěvní a hrana se zataví, a tím se sníží komfortní vlastnost materiálu.

Z důvodů výše uvedených se ve zmíněné studii použil laserový pulsní řezací stroj, který tento nežádoucí efekt eliminuje. Aby zajistili malý relativní pohyb mezi laserem a pohybujícím se vzorem nastavila se délka působení laseru při jednotlivých pulsech tak, aby byla minimální. Jejich výsledky nasvědčují tomu, že se kvalita okraje podstatně zlepšila, ovšem stále nevykazuje takové výsledky jako běžné mechanické oddělování. [12]

1.4.4 Laser a polyesterový materiál

Vědci se v poslední době zabývají změnou vlastností textilních materiálů a povrchových úprav pomocí UV záření, svazkem elektronů a iontů či plasmou. Změna povrchu materiálu se testovala po ozáření laserový paprskem. Výsledkem studie bylo, že některé materiály jako jsou dřevo, kov, křemen, polymer a podobně při působení laserového záření změní na povrchu své fyzické a chemické vlastnosti.

C. W. Kan se ve své studii zabýval změnou vlastností polyesterových vláken po laserové úpravě. Polyesterová vlákna se vyznačují vysokou odolností na světlo a malou navlhavostí. Vlákna se dají velice dobře chemickými nebo mechanickými procesy zlepšit. Ve studii se materiál ozařoval excimerovým laserem o vlnové délce 248nm s různou intenzitou. Po ozáření vzorků se testoval materiál na pevnost, tažnost, smáčení, prodyšnost, lesk povrchu a oděr. V případě povrchových vlastností se zvýšila prodyšnost a smáčivost, ta je užitečná u oděvů pro běžné nošení, ale pro funkční

nepromokavé oděvy se nehodí. Výsledkem je, že záření nemá vliv na vnitřní strukturu polyesterových vláken kvůli nízké hloubce průniku. [13]

1.4.5 Laser a bavlněná textilie

Jak již bylo zmíněno laser CO₂ modifikuje vlastnosti a povrch především syntetických materiálů, proto se zkoumal vliv laserového záření také na bavlně. Je potřeba si při tomto ozařování dávat velký pozor a pečlivě nastavit dva základní parametry paprsku. Mezi tyto parametry patří rozlišení, které se značí dpi (dots per inch = počet bodů na jednotku palce, což je 2,54 cm). Toto dpi představuje intenzitu laseru při dopadu na určité místo materiálu (výkon na plochu W.cm⁻²). Druhý parametr je délka pulzu, ta se značí μs, a představuje čas, který je potřebný pro vytvoření jednoho laserového bodu, za který se laserový paprsek dostane na polohu bodu u každého obrazového bodu. Delší časová frekvence působí větší energií, což vede k větší míře vypalování. [14]

F. Chow, A. Chan a C. W. Kan ve své studii testují bavlněnou tkaninu, na kterou působí laserem CO₂ s různým rozlišením a různou časovou expozicí. Ozářené vzorky byly poté obarveny přímými barvivy pro zjištění, jaký vliv má laserové záření na barevnost textilie. Výsledek je, že na textilií vznikají prasklinky a trhliny, ty vytváří novou strukturu bavlněného vlákna tzv. houby. Struktura má vliv na ztrátu pevnosti a vyblednutí barvy u bavlněného materiálu. Tkanina má též po ozáření tendenci žloutnout. Žloutnutí je způsobeno oxidací kvůli odstranění karboxylových skupin. Vypožadovalo se, že čím větší byl čas expozice a rozlišení, tím výraznější byly obrazy rytí na vzorcích. [14]

1.4.6 Použití laseru pro tisk textilií

Vznikla též studie, kde se autor A. T. Ozguney zabývá porovnáním kvality výrobku získaného vzorováním pomocí pigmentového tisku a laseru CO₂. V současné době se pigmentový tisk používá na více jak 50% potiskování textilií. Tento tisk je velice jednoduchý, má nízké náklady a není nutné praní po tisku. Mezi nevýhody patří doba tisku, snížení reprodukovatelnosti kvůli přípravě pasty, ucpání síta atd. [15]

Principem textování v této studii bylo obarvit 40 kusů džínových kalhot, na které byl vytvořen stejný vzor. Na polovinu kalhot se vzor vypálil pomocí laseru a na druhou polovinu se natisknul ručně pigmentem. Výsledkem bylo, že metoda pomocí laseru je rychlejší než pigmentový tisk pokud se jedná o celkový čas strávený aplikací návrhu

na denim. Mezi metodami nedošlo k žádnému velkému rozdílu v testování pevnosti v tahu. Též nedošlo ani u jedné metody k poškození tkaniny. Rozdíl, ale nastal u testování stálosti v oděru, kde zjistili, že vzorky z laseru mají lepší stálosti. Též byly tyto vzorky lépe hodnoceny i na omak. Vzorování laserem je tedy velkým konkurentem pro technologii tisku pigmentem. [15]

1.4.7 Laser a oděvní design

Laser je velmi užitečný u vypalování složitých a přesných tvarů. Vyniká variabilitou i velikostí vypalovaných tvarů a možností stálého opakování. Další výhodou je vyřezávání pomocí laseru, díky němu se netřepí materiál a vyřezávání je velice přesné. Je možné též vyřezávat po více vrstvách a nedochází k deformaci tvaru a řez je stále přesný s minimální ztrátou materiálu. Toto jsou jedny z hlavních důvodů, proč je laser velice oblíbený u návrhářů. Své využití našel v oděvním ale i bytovém designu.

Módní průmysl se zaměřuje na nové propojení vzorů a zdobení u textilních materiálů, na tuto kombinaci využívají laserovou technologii. Na univerzitě Polytechnic University v Hong Kongu se zabývali propojení těchto technologií. Zde vznikla práce jak na již hotové oděvní výrobky za pomoci laseru vytvořit zajímavé vzory. Pokusy se prováděli na oděvním výrobku složeného ze 45 % hedvábí a 55 % polyesteru. Během procesu vzorování se měnili dva parametry jako je čas (120 a 210 μ s) a rozlišení (20, 30 a 40 DPI). [16]

Tento způsob inspiroval návrháře k vytvoření nových vzorů a různých efektů. Mezi efekty patří například batika, která se za pomoci laseru vytvoří bez chemikálií a je šetrná vůči životnímu prostředí. Je založena na principu zamotání látky do kruhu. Na takto připravený materiál se vypálilo laserem kolečko, díky kterému se po roztáhnutí látky vytvořily zajímavé ornamenty na materiálu. Podobně funguje i vázací technika, kdy se vzor vytvoří svázáním materiálu provázkem a následným vypálením. Vypaluje se ve tvaru pruhu, kdy se přechází z černých odstínů do šedých. [16]

2 Disperzní barviva

Disperzní barviva se v největší míře používají pro barvení polyesterových, acetátových a triacetátových vláken. Pokud se předpokládá zhoršení stálosti a světlé vybarvení lze také obarvit polypropylenová nebo polyamidová vlákna. Disperzní barviva mají výbornou přilnavost též k vláknům, které mají živočišný původ, příkladem může být hedvábí či vlna, ale také se sníženou stálostí a slabším vybarvením.

Důležitým požadavkem na barviva je vysoké vytažení z lázně ve velice krátké době barvení, tento požadavek platí při barvení acetátových, polyamidových a polyesterových vláken. Podmínkou tohoto požadavku je především dobrá rozpustnost disperzního barviva ve vlákně a nízká rozpustnost v barvicí lázni. Barvivo je přenášeno přes vodný roztok, proto musí být zachována rozpustnost ve vodě při vyšší teplotě. Rozpustnost lze dosáhnout díky zavedení polárních skupin do nepolární molekuly disperzního barviva. Nejhojněji se používají polární skupiny: -OH, -NH₂, -CH₂CH₂OH, -NO₂, -OCH₃. Barvitelnost je určena polárními skupinami, které závisí na jejich poloze v molekule barviva. [7] [17]

Typická jsou disperzní barviva utvářením krystalů. Tyto krystaly tají až při vysokých teplotách. Další typickou charakteristikou pro ně je vysoká rozpustnost ve vlákně. Rozpouštědlem barviva může být polyesterové vlákno, přičemž mezi barvivem a vláknem vzniká mechanická vazba. Zpočátku působí ve formě disperze, která funguje jako zásobník, ze kterého se následně barvivo promění v roztok. Barvivo se v první řadě přichytí na vlákno a poté pronikne do jeho struktury. [18]

Proces barvení začíná rozpuštěním barviva. Kolem krystalu se nejprve vytvoří velmi tenká vrstva nasyceného roztoku a z této vrstvy je barvivo transportováno barvicí lázní k vlákně. Rychlost této difúze závisí na viskozitě lázně, teplotě a nuceném pohybu lázně a substrátu. [18]

Primární velikost částic disperzního barviva v disperzi se pohybuje v mezích od 0,01 μm do 0,03 μm. Tyto částice mají vysokou povrchovou energii a snahu samovolně přecházet na částice s větší energií.

Rozlišujeme dva postupy barvení:

1. Termozolové barvení

Tato metoda barvení je základní princip kontinuálního barvení polyesteru a směsi polyesteru s celulórou. Barvení se zpravidla provádí za horka v krátkém časovém úseku. Principem samotné termozolace je, že naklocovaná, zasušená tkanina je vystavena teplotě od 180 °C do 220 °C. Plného probarvení polyesterových vláken se dosáhne za desítky sekund, protože za těchto teplot je difúze disperzního barviva do vlákna zhruba 1000krát rychlejší než při barvení v lázni kolem 125 °C. [18]

Podmínky sušení a termozolace závisí na:

- použitým strojním zařízením,
- druhu zboží (plošná hmotnost – s jejím zvyšováním se termozolace prodlužuje),
- typu barviv,
- sytosti odstínu (tmavší odstíny potřebují přibližně o polovinu delší termozolaci). [18]

2. Vysokotlaké barvení

Pro barvení touto metodou se užívají převážně barviva typu E, SE a S. Teplota v průběhu celého barvení nepřesahuje teplotu 135 °C a samotný proces barvení trvá cca od 20 do 30 minut. [18]

Tato již zmíněná barviva vyrábí jeden český výrobce Synthesia, a.s., který má sídlo v Pardubicích. Firma barviva vyrábí již mnoho let. V současné době, se produkty nabízejí s názvy OSTACET® (E, SE a S)

Stálosti ostacetových barviv:

E – průměrných stálostí se dosahuje v sublimaci. Dovedou velmi dobře vyrovnat afinitní rozdíly polyesterového vlákna. Jsou typická svým snadným a rychlým proniknutím do vlákna. Také mají výborné vyrovnávací vlastnosti.

S - barviva se vyznačují velice dobrými stálostmi v sublimaci. Ve srovnání s ostacetovými barvivy E je difúze barviva do polyesterového vlákna pomalejší a obtížnější.

SE – se též díky svým vlastnostem řadí mezi obě již zmíněné předchozí třídy. [17]

V tabulce č. 1 jsou uvedeny skupiny disperzních barviv a jejich teplotní podmínky pro barvení polyesterového materiálu.

Tabulka 1: Disperzní barviva a časově-teplotní podmínky pro barvení polyesteru [19]

Aplikační skupina barviva	Barvení za varu (bez přenašeče)	Barvení za varu (s přenašečem)	Barvení při 130 °C	Teplota pro <u>termosolaci</u>	Stálosti mokré	Stálosti v sublimaci
E	Ano	ano	ano	180 °C	nižší	nižší
<u>SE</u>	Ne	ano	ano	220 °C	střední	střední
S	Ne	ne	ano	220 °C	vyšší	vyšší

2.1 Ekologická hlediska při barvení disperzními barvivy

S využíváním barviv vznikají problémy z hlediska ekologie, jedná se o menší problémy spojené s aplikací barviv a jejich výrobou v porovnání s jinými chemickými výrobky a výrobami. V textilním průmyslu činí odpad 10% - 20%, které vznikají nevyčerpáním barvicích lázní, praní, apod. [20]

V současné době je velice důležitá ekologie a životní prostředí, proto je potřebné všechny technologické procesy doprovázet rozbohem jejich možných dopadů na okolí. Barvení textilních materiálů značně souvisí s ekologickou zátěží. Při procesu barvení dochází ke značnému znečištění vod, které obsahují zbytky barviv a v podstatě všechny použité prostředky během procesu. [20]

Je potřeba dbát na tyto 4 požadavky spojené s barvením materiálů:

- maximální vyčerpání barviva v lázni,
- minimalizace množství pomocných prostředků,
- využití netoxických barviv a ostatních prostředků,
- využití biologicky odbouratelných látek.

Pokud se jedná o barvení disperzními barvivy, mluví se převážně o problémech způsobené dispergátory a ostatními pomocnými prostředky. Došlo tedy k omezení využití některých anionaktivních a neionogenních tenzidů, také může docházet k modifikaci uspořádání jejich molekul, s cílem vzniku co nejméně toxické látky, dobře odbouratelné z odpadních vod. [20][21]

2.2 Techniky tisku

Tisk textilií je jedna z nejdůležitějších zušlechťovacích technologií, které výrazně ovlivňují prodejnost výrobků. Jedná se o místní zbarvení textilií. V současné době dochází k intenzivnímu rozvoji v potiskování. Objevují se nové inovace v technologiích potiskování, ať už se jedná o technické či chemicko-technické inovace mezi které patří i digitální tisk. [22]

2.2.1 Postup potiskování v 5-ti základních krocích:

- příprava pasty,
- tisk (proslačení tiskací pasty šablonou),
- sušení,
- fixace (např. zasušení, páření),
- praní po tisku.

2.2.2 Mechanické technologie potiskování

Mezi tyto technologie patří:

- Ruční tisk
 - V současné době se již tisk pomocí dřevěných tiskařských forem nepoužívá. Tyto formy se vytvářely vyrytím vzorů do dřeva. [22]
- Strojní válcový tisk
 - Principem tisku je, že se tiskací pasta vetře do měděného tiskacího válce se vzorem a následně se válec přitlačí na textilii, kam se pasta přenesou. Stroj musí mít stejný počet válců jako barev, které se používají. Tento druh tisku se používá na potisknutí velkých ploch textilie s nejrůznějšími vzory. [22]
- Filmový tisk
 - Tiskne se pomocí šablony, ve které se nachází síto, v tomto místě se protlačí tiskací pasta. Filmový tisk se rozděluje na ruční a strojní. Na filmový strojní tisk se používají stroje s plochými nebo rotačními šablonami, karuselové stroje a poloautomatické vozíky. [22]

- Přenosový tisk
 - Princip barvení spočívá v přesublimování barviv z papírového nebo jiného nosiče na textilní materiál za pomoci působení tepla a tlaku a následné fixaci barviva. Nejčastěji se používá na syntetické materiály. Tento způsob barvení se nepoužívá při sériové výrobě.[22]
- Digitální tisk

2.2.3 Digitální tisk

Digitálním tiskem se rozumí tisk bez šablon, kde tisk je tvořen přímo na textilií. Požívají se stroje s hrubým rozlišením nebo jemným rozlišením. Jedná se o velice atraktivní tisk pro vzorování a barvení malých potištěných tkanin jako jsou například šátky nebo vázanky. [22]

Tiskací stroje s hrubým rozlišením jsou používány pouze v průmyslu pro výrobu koberců. Tisk je založen na ventilové technologii. Vzoruje se pomocí počítačem řízeným otvíráním a zavíráním trysek. Rozlišení se zde používá 40 DPI, to znamená, že úsečku dlouhou jeden anglický palec (2,54 cm) vytiskne jako řadu 40ti bodů. [22]

Rozlišení u jemného rozlišení je 200 DPI a více. U tohoto stroje se používají dvě základní technologie kontinuální tisk (continues – flow systém) a „kapka na požádání“ neboli drop-on-demand systém. [22]

U kontinuální technologie je barva dávkována tryskou pomocí piezokrystalu. Tímto způsobem se vytváří různě elektricky nabité kapky barvy. Nabité kapky se odklánějí a nenabitě tvoří vzor na textilií. [22]

U druhého způsobu technologie se kapka vytváří pouze, když je potřebná a následně vystřelí na textilií. Kapky se stejně jako u předchozího postupu mohou tvořit pomocí piezokrystalu nebo tepelnou excitací. [22]

2.2.4 Chemické technologie potiskování

- Tisk přímý – roztok barviva se přímo tiskne na bílou textilii.
- Tisk leptem – základní princí tkví v tom, že se na obarvenou textilii natiskne leptací barva, která na potisknutých místech rozpustí barvivo.
- Tisk rezervový – tento tisk je přesným opakem leptání. Na textilii, která se bude barvit, se natiskne tzv. rezerva, ta může být bílá nebo barevná. Takto připravená textilie se následně obarví vhodným způsobem. Po obarvení se odstraní rezerva z textilie. Na místech, kde byl materiál potištěn rezervou, se objeví buď bílá nepotištěná místa, nebo místa zbarvená barevnou rezervou. [22]

2.3 Srovnání metod tisku

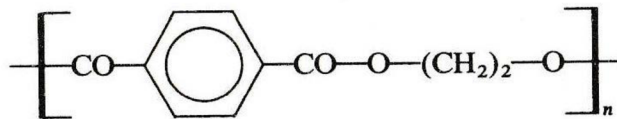
V tabulce č. 2 se nachází srovnání různých metod tisku a jejich vlastnosti spojené s procesem barvení. Je zde přidán i tisk (fixace) laserem a jeho očekávané vlastnosti. Tabulka srovnává tisk dle těchto kritérií: rychlost tisku, kvalita tisku, ostrost tisku, brilance vybarvení, velkovýroba, použitelnost na jiné materiály, čistota práce a nutnost šablon.

Tabulka 2: Srovnání metod tisku s navrhovanou metodou

	Filmový tisk s plochými šablonami	Filmový tisk s rotačními šablonami	Přenosový tisk	Digitální tisk	Tisk laserem
Rychlost tisku	Nízká	Vysoká	Střední	Nízká	Vysoká
Kvalita tisku	Dobrá	Vynikající	Vynikající	Vynikající	Vynikající
Ostrost tisku	Dobrá	Dobrá	Vynikající	Vynikající	Vynikající
Brilance vybarvení	Nízká	Dobrá	Dobrá	Vynikající	Vynikající
Výroba velké série	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne
Použitelnost pro jakýkoli materiál	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano
Možnost volby typů barviv	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano
Čistota práce	Nízká	Střední	Vysoká	Vysoká	Vysoká
Nutnost šablon	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne
Plynulost výroby	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano

3 Polyester

Mezi nejdůležitější druhy syntetických vláken patří polyesterová vlákna, a to z důvodu svých univerzálních vlastností. Základní typ polymeru se vyrábí z kyseliny tereftalové a ethylenglykolu. Polyesterová vlákna i přes své pozitivní vlastnosti jsou velice často upravována. Mohou se upravovat částečnou náhradou kyseliny tereftalové zesubstituovaných nebo nesubstituovaných aromatických dikyselin. Dále se často provádí úprava polyesterových vláken, snížením délky molekuly, která má za následek snížení pevnosti a sklonu ke žmolkovitosti vláken. Existuje ale i spousta dalších způsobů úprav polyesterových vláken. [23]



Obrázek 3: Základní typ vláknotvorného polyesteru [24]

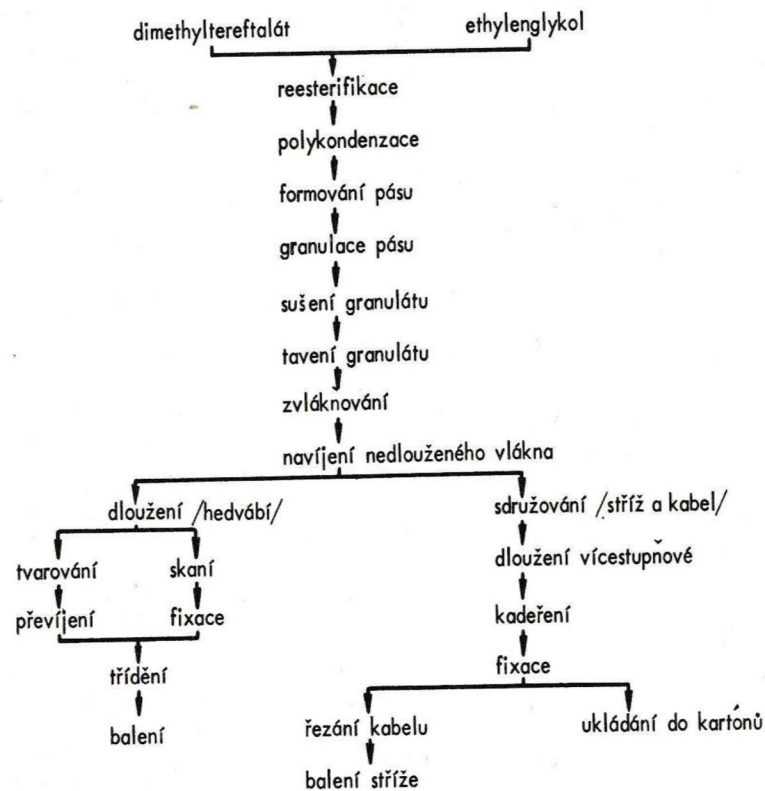
3.1 Historie polyesterových vláken

Aromatické polyestery vznikly syntetizací z reakce ethylenglykolu a různých aromatických dikyselin. Objevilo se levné řešení oddělení různých izomerů xylenu krystalizací. Tvorba kyseliny tereftalové byla umožněna dostupností levných izomerů xylenu, a to především díky oxidací p-xylenového izomeru. První polyesterové vlákno se vyrobilo v roce 1953 a to z taveniny. Trvalo delší dobu, než se polyesterové vlákno začalo vyrábět ve velkém měřítku. [25]

3.2 Výroba polyesterových vláken

Tak zvanou polykondenzací vzniká látka zvaná polykondenzát, která se vytváří z vysokomolekulární látky. Polyesterová tavenina nebo granulát se utváří šaržovitým procesem. Tento proces se používá pro výrobu polyesterového hedvábí a při výrobě polykondenzátu z granulátu. Pro přímé zpravování polyesterové stříže se využívá kontinuální proces bez granulace. [23]

Pro již zmíněné dva rozdílné postupy jsou základními surovinami dimethyltereftalát a ethylenglykol. Hlavní rozdíl mezi již zmíněnými procesy je v počtu reaktorů a jejich umístění za sebou. Kontinuální způsob má více reaktorů, které má umístěny za sebou, kde směs prochází z jednoho reaktoru do druhého. Tyto reaktory mají rozdílné fyzikální podmínky. [23]



Obrázek 4: Schéma výroby polyesterového vlákna [23]

3.3 Výroba polyesterového hedvábí

Polykondenzací je proces tavení ukončen a produkt neboli tavenina se vytlačí ven. Při výrobě polyesterového hedvábí se po vytlačení a následném ochlazení studenou vodou pás rozřeže na kousky o velikosti 3x3x3 mm. Takto vytvořený granulát je potřeba dokonale vysušit. Teprve po vysušení se granulát může tavit a tvarovat do nekonečných vláken. Pomocí vytlačovacích šneků dochází současně k tavení granulátu. Vytlačovací šneci mají schopnost zpracovat i nevláknotvorné plastické hmoty. Rozvodná část za šnekem slouží k zvláknování, mezi rozvodnou část patří čerpadlo, filtr a tryska. Nedloužené vlákno chlazené vzduchem se vytváří v těchto již zmíněných zvláknovacích místech. Nedloužené vlákno je při odtahu navíjeno strojem. Nedlouženému vláknu je

pomocí vyhřívacích trnů dodáváno teplo, tak aby mohlo vzniknout dloužené vlákno. Vláknu se při procesu navíjení prstencovým způsobem dodává současně ochranný zákrut. [23]

3.4 Výroba polyesterové stříže a kabelů

Z vyrobeného polykondenzátu se v současné době zpracovává kontinuálním zvlákňováním polyesterová stříž a kabely. Nedloužené vlákno se vyrábí pomocí 80 až 1000 otvorových trysek. Předkládaný silný kabílek je zpracováván tzv. dloužící linkou. Kabílek je ukládán v podobě volných smyček do velkoprostorových konví. Je velice důležité dbát na to, aby byl kabílek před umístěním do konve suchý. Kabel je ukládán do tzv. kartonů ve formě volných smyček, do kterých se nakonec slisuje. [23]

Kabel se při výrobě stříže řeže na požadovanou délku pomocí systému GRU – GRU. Výroba stříže není z pohledu vlastností produktů technicky jednodušší než výroba hedvábí. U stříže vzniká nebezpečí v nerovnoměrném vybarvení. [23]

3.5 Základní vlastnosti polyesterových vláken

Benzenové jádro je charakteristické pro polyesterové vlákno. Benzenové jádro umožňuje tvorbu komplanárního řetězce.

Termické vlastnosti:

- měknutí při teplotě 230 °C,
- nízká tepelná vodivost,
- působením teploty 120 °C - 130 °C se pevnost nemění, změna nastává při působení teploty 180 °C, kdy pevnost klesá o 50 %,
- teplota tání je 258 °C. [26]

Mechanické vlastnosti:

- vysoký modul pružnosti,
- hustota vlákna je 1300 cN/tex,
- pevnost je 3,8 až 4,2 cN/tex,
- tažnost v rozmezí od 50 do 70 %,
- elasticita v rozmezí 85 – 95 %,
- navlhavost vláken je od 0,3 % do 0,4 %. [26]

Technologické výhody:

- dobré mechanické vlastnosti,
- dobrá odolnosti vůči oděru,
- termoplasticita,
- rychlé schnutí a snadná údržba.

Mezi technologické nevýhody:

- nízká navlhavost,
- vysoká žmolkovitost,
- vysoká měrná hmotnost,
- nabíjení elektrostatickou elektřinou. [26]

3.6 Použití polyesterových vláken

Polyesterová vlákna lze označit za univerzální textilní surovinu, a to proto, že je možné využít téměř ve všech možných odvětvích textilní výroby. Hlavním důvodem hojného využívání jsou zpracovatelské vlastnosti, mezi které patří například snadnost údržby, příjemný omak, nemačkovost a odolnost vůči chemickým vlivům, odolnost vůči oděru, vysoká pevnost za sucha i za mokra, příjemný omak a odolnost vůči chemickým vlivům. Jak již bylo zmíněno, využívají se ve všech možných odvětvích, hojně

se polyesterová vlákna používají u textilních výrobků určených pro bytový textil a konfekční módu, též se hojně využívá v technickém průmyslu. [23]

Polyesterová vlákna jsou vhodným materiálem pro oděvní tkaniny a plášt'oviny. Ve směsi se vlákna používají na lehké pánské a dámské společenské oblečení, směsují se s bavlnou nebo viskózovými vlákny. Například: 67 PES/33 ba, 70 PES/30 VS, apod.. Pro oděvní tkaniny, které mají být nemačkové a splývavé se často používá směs polyesterových a lněných vláken ve směsi 70 ln/30 PES. [27]

Praktická část

4 Experiment

4.1 Materiál, přístroje, chemikálie

4.1.1 Materiál

Pro praktickou část byl vybrán materiál složený ze 100 % polyesteru, který má dobrou afinitu k disperzním barvivům. Tato vlastnost je pro tento experiment důležitá, vzhledem k tomu, že se jedná o barvení polyesteru disperzními barvivy pomocí laseru CO₂.

Plošná hmotnost materiálu je 176 g/m².

Dostava osnovy a útku: 200 [nití/100mm]

Tloušťka:

Na textilii se měřila tloušťka pomocí tloušťkoměru značky Schmidt. Přítlak čelisti se nastavuje na ovládací části přístroje. Čelist za pomoci přítlaku měří tloušťku textilie, která je umístěná pod ní. Naměřená hodnota se zobrazuje na ovládacím panelu. Pro získání přesnější hodnoty je zapotřebí měření opakovat více krát než pouze jednou. Každé měření by mělo být prováděné na jiném místě vzorku vzhledem k možné nerovnoměrnosti. Naměřené hodnoty jsou znázorněny v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty tloušťky

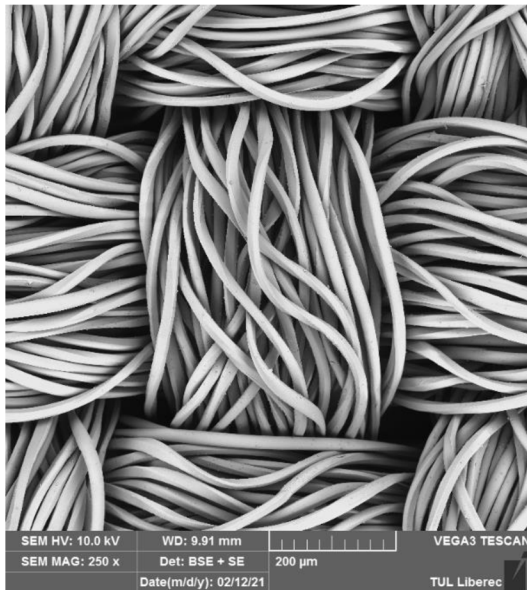
Tloušťka h [mm]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzorek 100% PES	0,43	0,44	0,42	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45	0,44

Průměrná tloušťka: $\mu = 0,438$ mm

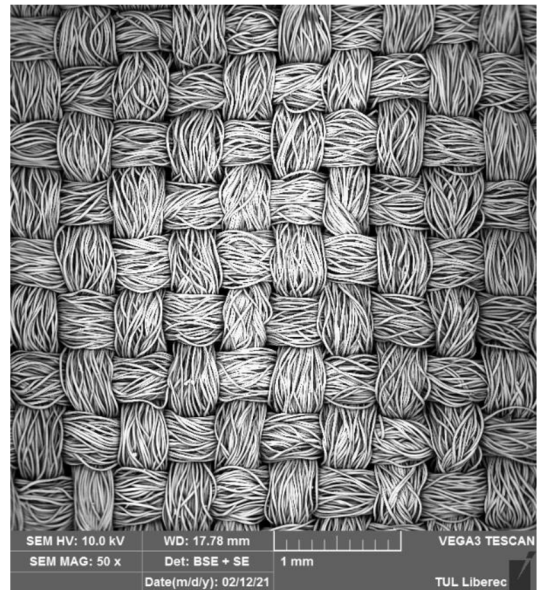
Výběrová směrodatná odchylka: $s = 0,007888$ mm

Variační koeficient: $v = 1,8\%$

Na obrázku č. 5, 6 je znázorněna struktura testované tkané textilie z licií strany při různém rozlišení. Snímky byly pořízeny pomocí elektronové mikroskopie. Tkanina má plátňovou vazbu.



Obrázek 5: Elektronová mikroskopie tkaniny 200 [μm]

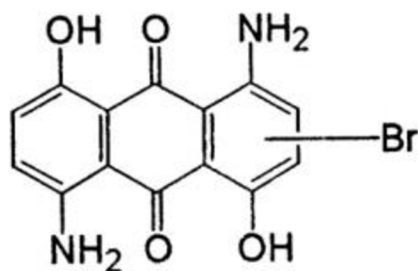


Obrázek 6: Elektronová mikroskopie tkaniny - 1 [mm]

4.1.2 Disperzní barviva

- Ostacetová modř E-LR – Color index: Disperse Blue 56

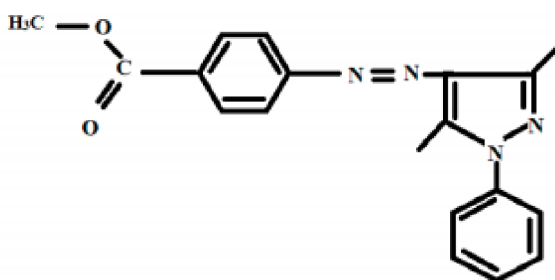
Struktura barviva je znázorněna na obrázku č. 7



Obrázek 7: Struktura barviva C. I. Disperse Blue 56 [28]

- Ostacetová žluť E-LR – Color index: Disperse Yellow 60

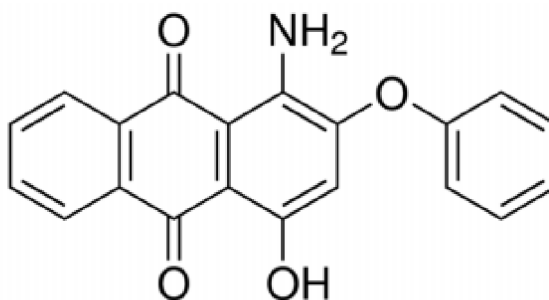
Struktura barviva je znázorněna na obrázku č. 8.



Obrázek 8: Struktura barviva C. I. Disperse Yellow 60 [29]

- Ostacetová červeň E-LB – Color index: Disperse Red 60

Struktura barviva je vyobrazena na obrázku č. 9.

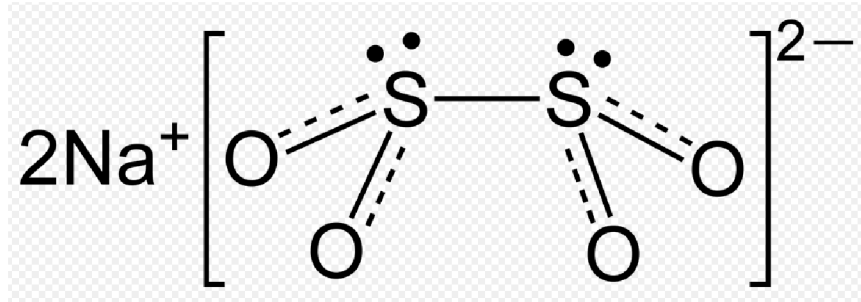


Obrázek 9: Struktura barviva C. I. Disperse Red 60 [30]

4.1.3 Chemikálie

- Hydroxid sodný (NaOH)
- Dithioničitan sodný (Na₂S₂O₄)

Je to bílý krystalický prášek se slabým sirným zápachem. Používá se jako redukční činidlo v průmyslových barvicích procesech. Dobře se rozpouští ve vodě.



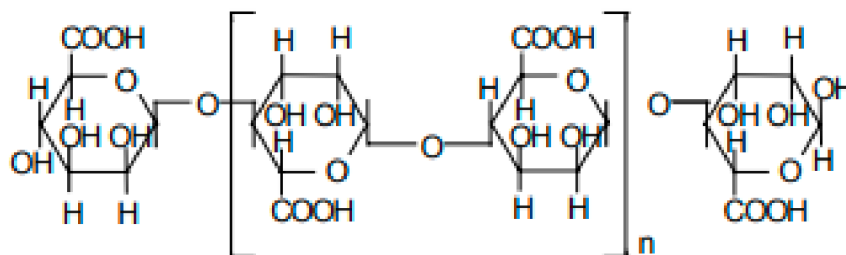
Obrázek 10: Dithioničitan sodný [31]

- Syntapon ABA

Jedná se o směs lineárního alkybenzensulfonátu sodného a laurylsulfátu sodného. Je to anionaktivní tenzidová směs, která slouží jako univerzální základ pro výrobu čisticích, mycích a pracích prostředků. [32]

- Alginát

Vzhledem k tomu, že škroby a deriváty z nich reagují s barvivy a při jejich použití dochází ke ztrátě vydatnosti barviva, zhoršují vypratelnost záhustky a negativně ovlivňují omak. Z těchto důvodů se jako zahušřovadlo používá alginát, který je vhodný pro barvení. Alginát sodný byl proto použit při barvení. [33]



Obrázek 11: Alginát sodný [22]

- Spolion 8

Nazývá se též jako diisooktyl sulfosukcinát sodný, jedná se o anionaktivní tenzid, který se využívá jako rychlosmáčedlo. Jeho cílem je dosažení rychlého a kvalitního smočení povrchu. [33]

4.1.4 Používané přístroje

4.1.4.1 Tloušťkoměr

Podle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844): Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků, byl stanoven tlak na 1000 Pa. Na přitlačnou čelist, která je umístěna nad základní deskou, působí tlak, ten je důležitý, při vložení plošné textilie mezi čelist a základní desku. Zatížením textilie dochází ke změření tloušťky materiálu. Tloušťkoměr je vyobrazen na obrázku č. 12.



Obrázek 12: Tloušťkoměr

4.1.4.2 Sušicí komora

Tato sušicí komora udržuje konstantní požadovanou teplotu vždy ± 2 °C. Je znázorněna na obrázku č. 13.



Obrázek 13: Sušicí komora

4.1.4.3 Fulár

Používá se pro rovnoměrné rozmístění barviva do textilie. Je složen ze dvou či tří odmačkávacích válců, ty jsou umístěné nad vanou, do které se zachycuje přebytečná kapalina. Materiál, který je potřeba obarvit se v plné šíři protahuje válci tak, aby nevznikly nechtěné lomy a záhyby. Textilie je vedena mezi válci, na které působí vysoký tlak. Působením tlaku je odstraněn přebytek tekutin. Na přístroji je nastaven tlak 4 bary a rychlost průtahu textilie na 1 m/min.



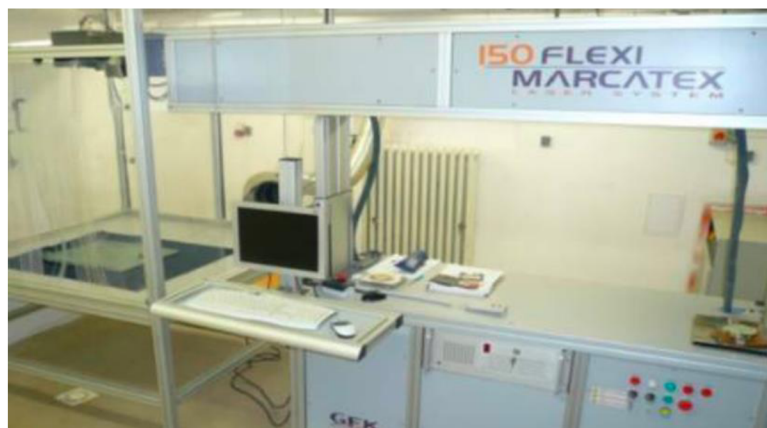
Obrázek 14: Fulár

4.1.4.4 Laser CO₂ - Marcatex 150 Flexi

Tento přístroj se používá pro ozáření nabarveného vzorku za účelem zafixování barviva na textílii. Laser umožňuje nastavování různých intenzit ozařování. Jedná se o pulzní CO₂ laser s paprskem v infračervené oblasti o vlnové délce 10,6 [μm]. Schéma zařízení je znázorněno na obrázku č. 16.

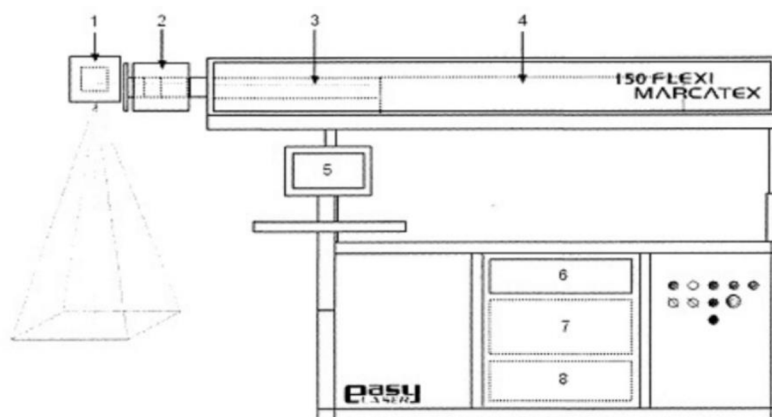
Části přístroje:

1. Značkovácí hlava
2. Optické skříně
3. Optická elektronika
4. Laserový optický rezonátor
5. Počítač
6. Centrální modul počítačového systému
7. Zdroj difúzního chlazení
8. Radiofrekvenční napětí [34]



Obrázek 15: Laserové zařízení - Marcatex Flexi 150

Laserový optický rezonátor (4) vyzařuje laserové záření. Je-li potřeba získat laserový paprsek s optimálními parametry, musí být součástí přístroje optická trubice (3). Optická skříň (2) obsahuje všechny optické prvky laserového zařízení. Značkovácí hlava (1) vytváří laserový paprsek tak, aby se dosáhlo obrazu dle návrhu. Počítač (5) provádí celkové ovládání a kontrolu. Počítač je vybaven monitorem, myší a klávesnicí dohromady s centrálním modulem počítačového systému (6). Uprostřed skříně se nachází difuzér, který je zdrojem chlazení (7) a dále se zde nachází i radiofrekvenční napětí (8). [34]



Obrázek 16: Schéma zařízení - Marcatex 150 Flexi [34]

Nastavené parametry:

- Průměrný výkon 100 W
- Pracovní cyklus 50 %
- Doba trvání laserového pulzu 30-150 μ s
- Průměr svazku 0,8 mm
- Rozlišení 34 DPI

4.1.4.5. Přístroj na měření lesku

Přístroj znázorněn na obrázku č. 17 složí k naměření lesku u testovaných textilních materiálů. Přístrojem je možné velmi přesně změřit optické vlastnosti barev včetně lesku. Měření je možné provést pod třemi úhly leskoměru a to 20°, 60°, 85°. Přístroj měří v rozsahu 0-2 000 GU.



Obrázek 17: Přístroj na měření lesku

4.1.4.6 Přístroj na měření RGB

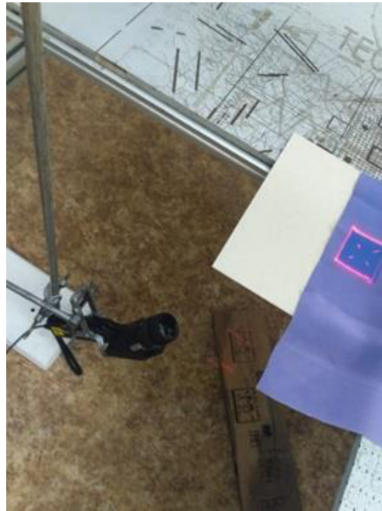
VOLTCRAFT Spektrální analyzátor barev RGB 2000 je přístroj používaný po naměření souřadnic RGB. Měření se zobrazuje v hodnotách RGB od 0 do 1023, nebo HSL hodnotách od 0 do 1000. Z tohoto důvodu jsou výsledné souřadnice RGB uvedeny v intervalu od 0 do 1023.



Obrázek 18: Přístroj na měření souřadnic RGB

4.1.4.7 Bezkontaktní teploměr

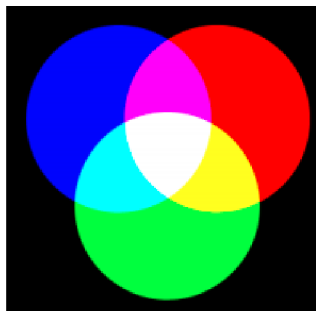
Infračervený bezkontaktní digitální teploměr GIM 3590 byl při ozařování laserem umístěn pod pracovní deskou laseru, kde bezkontaktně po celou dobu ozařování snímal teplotu rubní strany textilie. Interval skenování teploty je 20 ms. Data o teplotě a času, se přenášely do počítače připojeného k teploměru. Měření pro lepší představu znázorněno na obrázku č. 19.



Obrázek 19: Teploměr GIM 3590

4.1.4.8 Barevný model RGB

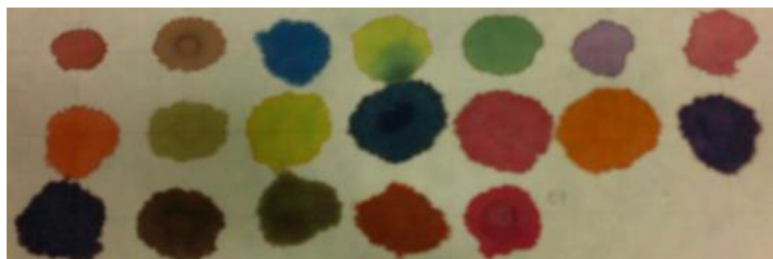
K vyhodnocení barevnosti na základě intenzity světla slouží model RGB. Barvy, které vznikají při kombinaci třech základních barev, a jejich možných různých intenzit je znázorněno na obrázku č. 20. Je třeba si uvědomit, která barva se hodnotí, pokud se jedná o růžovou, musí se pozornost zaměřit na intenzitu světla G tedy zeleného světla. Zaměřit se na hodnotu světla B tedy modrého světla se musí u žluté barvy. V případě modré barvy je sledována hodnota G a R tedy zeleného a červeného světla.



Obrázek 20: RGB barevný model [35]

4.2 Výběr barviv

Disperzní barviva mají výbornou afinitu k polyesteru. Mají velmi dobré stálosti a vybarvení. Vzhledem k předchozí bakalářské práci, kde byla testována disperzní barviva na polyesteru, se vybrala stejná tři barviva. Ty se již dříve prokázaly výbornými stálostmi a barevností. Vybíralo se z devatenácti různých barviv. Výběr barviv je znázorněn na obrázku č. 21.



Obrázek 21: Výběr z barviv [36]

Vybraná disperzní barviva:

- Ostacetová modř E-LR – Color index: Disperse Blue 56
- Ostacetová žluť E-LR – Color index: Disperse Yellow 60
- Ostacetová červeň E-LB – Color index: Disperse Red 60

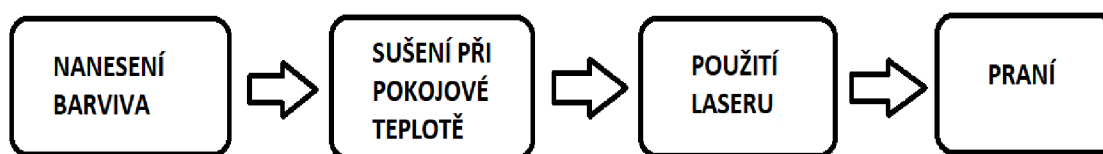
4.3 Příprava barevných vzorků

Na plošnou textílii ze 100 % polyesteru bylo nanášeno barvivo o koncentraci 20 g/l. Do kádinky se navážilo barvivo o hmotnosti 2 g, následně se do nádoby přidalo 1 ml spolionu 8 a 0,8 g alginátové zahušťky, poté byl obsah doplněn vodou do hodnoty 100 ml. Spolion 8 a alginátová zahušťka se do barvicí lázně přidaly z důvodu toho, aby se zlepšila smáčivost a viskozita tekutiny. Textilie o rozměru přibližně velikosti papíru A4 byla vložena do barvicí lázně tak, aby ji do sebe absorbovala. Pro odstranění přebytku barviva a zároveň pro rovnoměrné rozmístění barviva v textílii byl materiál, vložen do fuláru. Na fuláru byl nastaven tlak na 4 bary a rychlost odtahu 1 m/min. Váha vzorku před nanášením barviva byla 22,5 g a po nanášení barviva 42,9 g, tedy přívažek u mokrého obarveného vzorku činí 20,4 g.

Sušení prvně probíhalo v sušárně ve vodorovné poloze, kde byl vzorek umístěn na sušícím rámu. Zde bohužel došlo ke špatnému zasušení barviva do textilie a vzorky se musely obarvit znovu. Při druhém sušení se již materiál položil na desku stolu, kde se nechal samovolně při pokojové teplotě vysušit. Tento postup se ukázal jako nejlepší.

Nanášení barviva se provádělo celkově čtyřikrát, pro disperzní barvivo Ostacetová modř E-LR – Color index: Disperse Blue 56, Ostacetová žluť E-LR – Color index: Disperse Yellow 60, Ostacetová červeň E-LB – Color index: Disperse Red 60. Tímto způsobem vznikly tři různě barevné vzorky. Pro zajímavost byl vytvořen čtvrtý vzorek, na který byly nanešeny všechny tři barevné lázně zároveň, takto vznikl žíhaný vzorek. Všechny barevné materiály byly použity k dalšímu testování.

4.4 Laser CO₂



Obrázek 22: Schéma postupu fixace – Laserem

Pomocí laseru CO₂ se barvivo na textilním materiálu zafixuje, ale pouze v místě, na kterém je požadavek barvivo zafixovat. Okolní místa, kde je nežádoucí obarvení a barvivo zůstane nezafixované, se po vyprání materiál odbarví na původní barvu.

Fixace byla vždy provedena v rozměru čtverce 5x5 cm. Rozlišení použitého čtverce, který byl nastaven na obslužném počítači laseru je 34 DPI, to znamená, že jeden anglický palec 2,54 cm obsahuje 34 bodů. Intenzita ozařování v jednom místě byla nastavena na 30 μs, 45 μs, 50 μs, 55 μs, 65 μs, 75 μs, 100 μs, 120 μs, 150 μs.

Ozařování probíhalo postupně u všech barevných vzorků. Po ozáření vzorků rozdílnými intenzitami byl materiál ozářen cyklicky všemi intenzitami do 75 μs. Cyklicky znamená, že intenzita byla u jednoho vzorku použita vícekrát za sebou. Přesněji řešeno dvakrát, třikrát i čtyřikrát byl stejný vzorek ozářen stejnou intenzitou. Ovšem tento způsob nebylo možné provést u všech intenzit. Při vyšších intenzitách docházelo k narušení struktury a mohlo dojít k nechtěnému propálení. Z toho důvodu u intenzit

do 45 μs došlo k opakování olaserování čtyřikrát, u intenzity 55 μs a 50 μs třikrát a u intenzity 65 μs a 75 μs dvakrát. Průběh fixování barviva byl snímán ze spodní část bezkontaktním infračerveným teploměrem, který zachycoval teplotu a čas působení laseru na testovaném místě vzorku.

Všechny intenzity byly použity u modrého, červeného i žlutého vzorku. Po vizuálním zhodnocení byla vybrána intenzita 75 μs , ta byla použita na žíhaný vzorek a to při ozáření jednou i dvakrát.

Výsledné vzorky po ozáření jsou znázorněny na obrázku č. 23, v tabulce č. 4 je znázorněno schéma ozáření, pro lepší přehled, kde jsou různé intenzity. Hodnoty uvedeny v ní značí počet ozáření x intenzitu ozáření.

Tabulka 4: Rozvržení intenzit a opakování na vzorcích

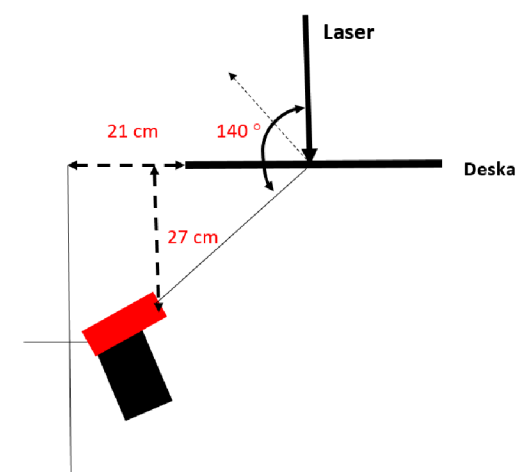
1 x 120 μs	1 x 150 μs			1 x 120 μs	1 x 150 μs		
1 x 100 μs				1 x 100 μs			
1 x 75 μs	2 x 75 μs			1 x 75 μs	2 x 75 μs		
1 x 65 μs	2 x 65 μs			1 x 65 μs	2 x 65 μs		
1 x 55 μs	2 x 55 μs	3 x 55 μs		1 x 55 μs	2 x 55 μs	3 x 55 μs	
1 x 50 μs	2 x 50 μs	3 x 50 μs		1 x 50 μs	2 x 50 μs	3 x 50 μs	
1 x 45 μs	2 x 45 μs	3 x 45 μs	4 x 45 μs	1 x 45 μs	2 x 45 μs	3 x 45 μs	4 x 45 μs
1 x 30 μs	2 x 30 μs	3 x 30 μs	4 x 30 μs	1 x 30 μs	2 x 30 μs	3 x 30 μs	4 x 30 μs

Obrázek 23: Vzorky po ozáření laserem

4.5 Měření teploty rubové strany vzorku

Po celou dobu ozařování infračerveným pulzním laserovým svazkem byla snímána teplota rubní strany polyesterových vzorků bezkontaktním digitálním infračerveným teploměrem GIM 3590. Teploměr byl připevněn na stojanu umístěný pod pracovní deskou stolu a nastaven pro snímání plochy ozařovaného vzorku pod úhlem cca 140° . Schéma měření teploty je znázorněno na obrázku č. 24.

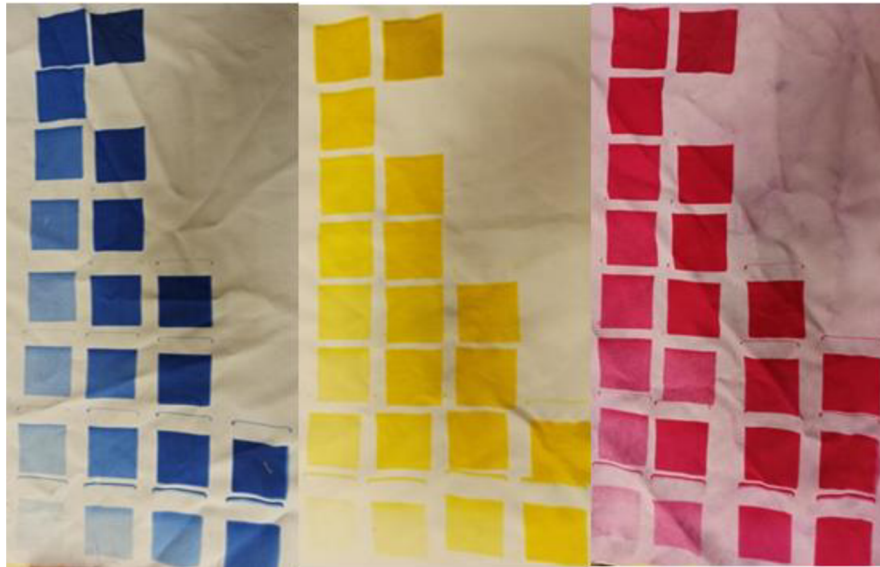
Získaná data byla ukládána do souboru, ze kterého se následně sestrojily grafy, které zaznamenávají závislost teploty na čase. Teplota byla měřena u všech testovaných vzorků při různých intenzitách. Výsledné grafy jsou znázorněny v Příloze č. 1.



Obrázek 24: Snímání teploty z rubní strany vzorku v průběhu ozařování

4.6 Praní vzorků

Po ozáření vzorků bylo potřeba vytvořit alkalicko-redukční lázeň, ve které se materiál vypral. Do kádinky o objemu 1 litr se připravila lázeň z dithioničitanu sodného $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ o koncentraci 8g/l a hydroxidu sodného NaOH 2 ml/l, nakonec se kádinka dolila vodou. Nádoba se vložila do vodní lázně, kde se celá směs postupně zahřívala. Pozor se však muselo dát na to, aby se nepřesáhla teplota 70°C , mohlo by dojít k nežádoucímu rozkladu barviva. Do kádinky se ponořil vzorek a nechal se společně s roztokem louhovat za občasných míchání po dobu 30 minut. Pro každé barvivo se vytvořila vlastní lázeň z toho důvodu, aby nedošlo k nežádoucímu obarvení jinými barvivy. Výsledné vzorky po vyprání jsou znázorněny na obrázku č. 25.



Obrázek 25: Vzorky po vyprání v alkalicko-redukční lázni

Na obrázku č. 25 je znatelné zabarvení okolí u červeného vzorku, zde se bohužel vyskytl problém, který byl způsoben stářím barviva a jeho vysrážením na povrchu lázně. Došlo tak k celoplošnému zabarvení materiálu. Bohužel barvivo nebylo možné nahradit jiným z důvodu jeho nedostupnosti, proto se i nadále pracovalo s tímto vzorkem.

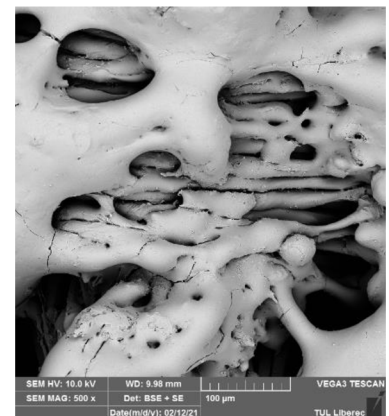
Na obrázku č. 26, 27 a 28 jsou snímky z elektronové mikroskopie po zafixování barviva a následnému vyprání. Snímky se získali z modrých vzorků různých intenzit. Je zde viditelné zafixování barviva. U obrázku č. 28 je patrná již deformace vlákna způsobená vysokou dobou laserového pulzu.



Obrázek 26: Ozařování při intenzitě 45 [μs]

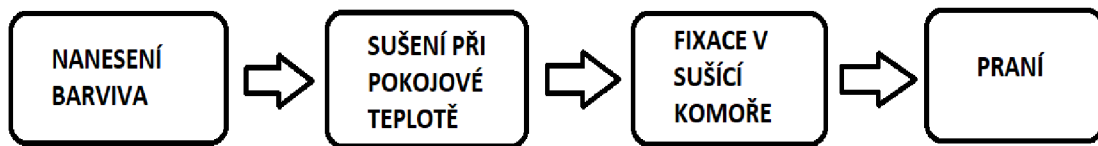


Obrázek 27: Ozařování při intenzitě 65 [μs]



Obrázek 28: Ozařování při intenzitě 150 [μs]

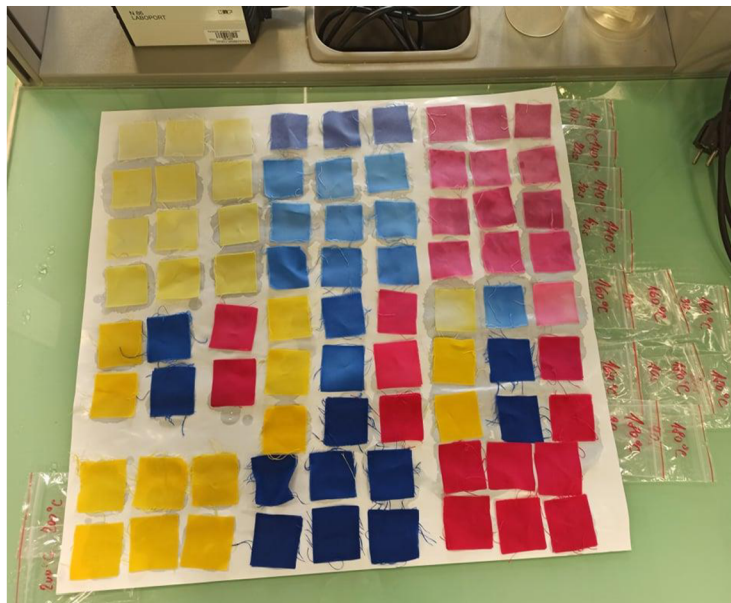
4.7 Termozol



Obrázek 29: Schéma fixace metodou Termozol

Termozol je metoda zafixování barviva na textilním materiálu pomocí tepla. V předem obarveném místě, dochází k zafixování barviva v celé ploše při působení tepla. Velmi důležitý pro intenzitu barevnosti je čas a teplota působící na materiál.

Pro další testování a porovnání obou fixačních metod, se materiál zafixoval, za působení různých časů a teplot na všechny tři barevné vzorky v sušící komoře, která je znázorněna na obrázku č. 13. Fixování probíhalo při teplotách od 140 °C až 220 °C, po dobu 10 s až 40 s. Tedy při působení pěti různých teplot a čtyř časů. Celkem tedy dvacet vzorků od každé barvy. Pro lepší tepelnou vodivost se pod textilní materiál vložil textilní materiál s teflonem. Po vyjmutí ze sušící komory se vzorky vypraly v alkalicko-redukční lázni shodným postupem jako u vzorků fixovaných laserem.



Obrázek 30: Vzorky po zafixování metodou Termozol

4.8 Měření RGB

Model RGB slouží k získání informací o skladbě barviva pomocí intenzity světla. Souřadnice RGB se měřily za pomoci přístroje VOLTCRAFT, který je znázorněn na obrázku č. 16. Po zapnutí měřiče je potřeba provést kalibraci, aby nedošlo k získání mylných údajů. Kalibrace se provádí za pomoci bílých destiček, které jsou příslušenstvím přístroje, hlavice se namířila na kalibrační destičku a zmáčkne se tlačítko CAL neboli kalibrační tlačítko, poté je kalibrace u konce. Pro představu souřadnice 0;0;0 označuje černou barvu a naopak souřadnice 1023; 1023; 1023 značí bílou barvu, tedy čím nižší hodnoty tím tmavší a naopak.

Samotné měření se provedlo na každém vzorku 10krát. Hlavice přístroje však nezůstává po celou dobu měření na jednom místě vzorku, ale posouvá se. Deset měření tedy znamená deset různých míst testování na jednom vzorku. K posouvání se přistupuje proto, že v případě kdyby byl vzorek nerovnoměrně obarven, docházelo by ke zkreslení údajů. Takto je i možná kontrola, zda se na materiálu nemění zbarvení.

RGB souřadnice se zjišťovaly u vzorků fixované metodou Termozol, ale i laserovou metodou. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 5 a 7 níže. Jedná se o průměry získaných hodnot RGB. V tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty bílého okolí před samotným obarvením a po vyprání v alkalicko-redukční lázni. Tyto hodnoty jsou uvedeny pouze u metody fixace laserem a to z toho důvodu, že při fixaci metodou Termozol dochází k zafixování na celém vzorku, nikoliv pouze na určitém místě jako tomu u fixace Laserem CO₂.

Tabulka 5: RGB souřadnice - Termozol

		PRŮMĚRNÉ HODNOTY RGB - Termozol								
		ŽLUTÁ			ČERVENÁ			MODRÁ		
		R	G	B	R	G	B	R	G	B
140 °C	10 s	834	787	640	392	299	334	337	424	382
140 °C	20 s	810	710	466	533	364	336	383	533	654
140 °C	30 s	808	750	565	415	288	343	363	517	650
140 °C	40 s	795	698	418	457	292	366	329	493	647
160 °C	10 s	810	710	500	390	260	295	314	385	360
160 °C	20 s	789	641	305	394	192	234	199	349	567
160 °C	30 s	790	589	219	391	169	219	234	258	413
160 °C	40 s	780	573	204	314	120	159	201	229	372
180 °C	10 s	778	619	277	328	189	245	262	217	300
180 °C	20 s	750	515	167	326	109	148	147	201	332
180 °C	30 s	760	509	176	265	61	100	136	176	302
180 °C	40 s	765	530	166	265	63	101	111	153	264
200 °C	10 s	754	505	158	295	90	125	147	185	313
200 °C	20 s	747	505	153	260	57	96	107	149	257
200 °C	30 s	744	500	173	258	48	89	93	135	232
200 °C	40 s	752	516	159	243	48	90	99	143	248
220 °C	10 s	753	505	158	248	56	95	112	153	260
220 °C	20 s	747	505	153	242	44	83	98	142	243
220 °C	30 s	739	413	155	251	45	86	92	151	260
220 °C	40 s	734	500	156	238	43	80	92	135	234

Tabulka 6: RGB souřadnice bílého okolí před a po obarvení - Laser

PŮVODNÍ	846	843	826						
PO NANESENÍ A VYPRÁNÍ NEZAFIXOVANÉHO	843	828	780	849	821	781	811	811	792

Tabulka 7: RGB souřadnice - Laser

	PRŮMĚRNÉ HODNOTY RGB - laser								
	ŽLUTÁ			ČERVENÁ			MODRÁ		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
30 μ s 1x	829	800	708	823	742	726	658	721	739
30 μ s 2x	818	759	785	652	446	484	413	550	656
30 μ s 3x	797	682	374	457	171	208	200	359	527
30 μ s 4x	760	542	166	300	63	91	214	246	406
45 μ s 1x	808	709	440	603	366	402	361	500	619
45 μ s 2x	781	609	234	564	290	331	181	216	362
45 μ s 3x	758	523	155	316	65	90	86	122	212
45 μ s 4x	736	480	135	220	42	64	81	113	192
50 μ s 1x	806	702	430	502	234	262	245	395	547
50 μ s 2x	761	557	175	330	84	104	173	209	355
50 μ s 3x	738	501	146	257	44	74	85	118	203
55 μ s 1x	800	681	358	420	145	161	239	333	490
55 μ s 2x	757	545	167	254	57	79	169	206	348
55 μ s 3x	741	490	139	225	42	65	75	109	186
65 μ s 1x	768	592	212	367	105	122	200	259	420
65 μ s 2x	734	493	141	241	51	65	119	159	280
75 μ s 1x	770	582	198	314	67	94	194	224	371
75 μ s 2x	738	486	137	209	41	62	76	111	190
100 μ s 1x	743	511	148	280	52	80	88	128	224
120 μ s 1x	672	444	137	233	46	74	70	104	173
150 μ s 1x	550	364	132	206	44	69	75	100	160

4.9 Měření lesku

Měření lesku se prováděla za pomoci přístroje ZEHNTNER ZGM 1110. Podobně, jakou u přístroje na měření RGB je součástí ZGM 1110 tzv. kalibrační destička. Destička je většinou vyrobena z leštěného křemene nebo černého skla. Používá se ke kalibraci leskoměru. Musí být čistá, nepoškrábaná a před kalibrací zbavena nečistot, které by ovlivnily správný průběh kalibrace. Přístrojem je možné velmi přesně změřit optické vlastnosti barev včetně lesku. Měření je možné provést pod třemi úhly leskoměru a to 20°, 60°, 85°. Pro tato měření byl nastaven úhel 85°.

Textilní obarvený materiál byl podložen kartónem, aby docházelo ke snímání pouze materiálu. Přístroj vždy po zmáčknutí tlačítka pro měření hodnotu uložil a po deseti měřeních vyhodnotil průměr a směrodatnou odchylku. Měření tedy probíhalo u každého vzorku desetkrát, a to jak u zafixovaného Termozolem, tak i fixovaného Laserem CO₂. Naměřené hodnoty jsou znázorněny níže v tabulkách č. 8 a 9.

Tabulka 8: Měření lesku - Termozol

	PRŮMĚRNÉ HODNOTY LESK - Termozol					
	ŽLUTÁ		ČERVENÁ		MODRÁ	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
140 °C 10 s	1,1	0,1	1,1	0,1	1,1	0,1
140 °C 20 s	0,8	0,3	1,1	0,1	1	0,1
140 °C 30 s	0,9	0,1	1,1	0,1	0,9	0,2
140 °C 40 s	0,9	0,3	1,1	0	0,8	0,3
160 °C 10 s	1,1	0,1	1,1	0	1	0,2
160 °C 20 s	1,1	0	1	0	1	0,1
160 °C 30 s	1	0	1	0,1	1	0,1
160 °C 40 s	0,9	0	0,9	0	1	0,1
180 °C 10 s	0,9	0,3	0,7	0,1	1,1	0
180 °C 20 s	1	0,1	1	0,1	1	0,1
180 °C 30 s	0,9	0,2	0,7	0	1	0,1
180 °C 40 s	1	0	0,9	0	0,8	0,1
200 °C 10 s	0,7	0,3	0,8	0,1	0,8	0,2
200 °C 20 s	0,9	0,1	0,6	0,1	0,7	0,3
200 °C 30 s	0,9	0,1	0,7	0,1	0,7	0,2
200 °C 40 s	0,8	0,1	0,7	0	0,8	0,2
220 °C 10 s	1	0,1	0,8	0	1	0,1
220 °C 20 s	0,9	0	0,9	0	1	0
220 °C 30 s	1	0	0,7	0,1	0,8	0,1
220 °C 40 s	0,9	0	0,7	0,2	1	0

Tabulka 9: Měření lesku - Laser

		PRŮMĚRNÉ HODNOTY LESK - laser					
		ŽLUTÁ		ČERVENÁ		MODRÁ	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
30 μ s	1x	1,1	0	1	0,1	1	0,1
30 μ s	2x	1	0,1	0,9	0,1	0,9	0
30 μ s	3x	0,9	0,1	0,7	0,1	0,7	0,1
30 μ s	4x	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1
45 μ s	1x	0,8	0,1	0,6	0,2	0,8	0
45 μ s	2x	0,5	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1
45 μ s	3x	0,6	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1
45 μ s	4x	0,4	0,1	0,6	0,1	0,5	0,1
50 μ s	1x	0,8	0	0,6	0,1	0,8	0
50 μ s	2x	0,5	0,1	0,6	0,2	0,5	0,1
50 μ s	3x	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1
55 μ s	1x	0,7	0,1	0,5	0,1	0,7	0,1
55 μ s	2x	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0
55 μ s	3x	0,4	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1
65 μ s	1x	0,5	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1
65 μ s	2x	0,4	0	0,4	0	0,4	0
75 μ s	1x	0,5	0	0,4	0,1	0,5	0
75 μ s	2x	0,4	0	0,4	0	0,4	0
100 μ s	1x	0,3	0	0,3	0,1	0,3	0
120 μ s	1x	0,4	0	0,2	0,1	0,4	0
150 μ s	1x	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1

Pokud porovnááme hodnoty lesku získané měřením vzorků z obou metod fixace, můžeme si všimnout, že se hodnoty od sebe liší. Hodnoty měřené pod úhlem 85° v intervalu od 0 do 10 GU značí nízký lesk až mat. Proto můžeme v tomto případě tvrdit, že použitá metoda fixace má vliv na výsledný lesk materiálu. Pro ověření byl materiál měřen 10krát na různých místech, aby nedošlo ke zkreslení výsledných hodnot.

4.10 Testování stálosti

Testovaly se stálosti v praní, na světle a v alkalickém potu. Vzorky po otestování byly vyhodnoceny za pomoci modré a šedé stupnice. Netestovaly se stálosti všech obarvených vzorků, ale byly vybrány tři intenzity u laseru a tři teploty u metody Termozol za působení dvou časů. Jedná se o vzorky fixované laserem při intenzitě: 120 μ s, 100 μ s a 50 μ s. Dále vzorky fixované Termozolem při teplotě 140°C, 200°C a 220 °C za působení 10s a 40s. Celkem se tedy u každé stálosti otestovalo 27 vzorků.

4.10.1 Stálost v alkalickém potu

Norma ČSN 80 0165 určuje stálobarevnost v potu. Tato norma stanovuje přesný postup zkoušky pro zjištění odolnosti barvy na textilií při působení lidského potu. Zkouška je založena na principu změny odstínu doprovodné tkaniny. Zkušební vzorek je vložen mezi dvě doprovodné tkaniny, které obsahují histidin. Vzorky s doprovodnými tkaninami se vkládají do Perspiometru, který působí na materiál stanoveným tlakem. Změna odstínu na zkušebním vzorku či na doprovodné tkanině se hodnotí dle šedé stupnice. [37]

Alkalický roztok o objemu 200 ml se připravil z:

- 0,1 g L-HISTIDIN MONOHYDROCHLORID,
- 1 g chlorid sodný,
- 1 g hydrogenfosforečnan disodný.
- 200 ml destilované vody.

U takto vytvořeného roztoku se pomocí pH papírku se zjišťuje hodnota pH roztoku, která musí být pro další postup 8 pH. Pokud by nebyla tato podmínka splněna, musí dojít k úpravě roztoku, a to za pomoci hydroxidu sodného 0,1 mol/l.

Jako doprovodný materiál se zvolily tkaniny o velikosti 40 mm x 100 mm z bavlny a polyesteru. Analyzovaný vzorek byl ponořen do připraveného alkalického roztoku. Pro odstranění přebytečného roztoku se po vytažení vzorku použil váleček. Bavlněná doprovodná tkanina byla položena na destičku do Perspiometru, poté se přidal testovaný vzorek lícni stranou ke tkanině z bavlny, následně byl vzorek přikryt lícni stranou polyesterovou doprovodnou tkaninou. Takto připravené vzorky byly poté přikryty další destičkou. Postup popsán výše se použil pro všechny analyzované vzorky.

Po vyhotovení všech vzorků se destičky zatížily závažím o hmotnosti 5 kg, na které působí tlak 12,5 kPa. V této podobě se připravený Perspirometr vložil do sušící komory, která udržuje teplotu 37 °C po dobu 4 hodin. Teplota lidského těla je simulována teplotou 37°C. Po uplynutí 4 hodin jsou vzorky vyjmuty ze sušící komory, následně vyprány ve vodě a usušeny. Stupeň zapuštění a případná změna odstínu je hodnocena dle šedé stupnice.

4.10.2 Stálost na světle

Zkouška stálosti na světle se prováděla dle normy ČSN EN ISO 105-B02 (80 0147). Testování se uskutečnilo v UV skříni, kam se umístily zafixované vzorky společně s modrou stupnicí. Princip osvětlování vzorků je založen na tom, že všechny vzorky jsou osvětlovány tak, aby pouze požadovaná část materiálu byla ozářena UV světlem.

Na přiložené modré stupnici se objevila změna vybarvení zhruba po 4 hodinách, u testovaných vzorků však nedošlo ke změně zbarvení. Testování pokračovalo další 4 hodiny. Stálosti se vyhodnocují dle modré stupnice, která se skládá z osmi vlněných modrých textilií. Čím vyšší stupeň se získá na modré stupnici, tím vyšší má testované barvivo stálosti na světle.

4.10.3. Stálost v praní

Norma ČSN 80 0123 určuje stálobarevnost v praní. Podstatou zkoušky je vyprání zkušební vzorku s doprovodnými tkaninami. Následně se po vyprání vzorky vymáchají a usuší. Mechanické namáhání se dosahuje nízkým poměrem lázně a určitým počtem ocelových kuliček. Změna odstínu zkušební vzorku a zapuštění do doprovodných tkanin se hodnotí též za pomoci šedé stupnice.

Prací lázeň o objemu 1l se vyhotovila z:

- 4g pracího prášku,
- zbytek objemu dolit vodou.

Jako doprovodné tkaniny se zvolily tkaniny z bavlny a polyesteru o velikosti 5x5 cm. První doprovodná tkanina musí být vždy stejného materiálu jako testovaný vzorek. Druhá doprovodná tkanina se zvolí podle tabulky uvedené v normě. Kompletování vzorků je v podobě „sendviče“. Ke každému vzorku se přiloží z jedné strany jedna doprovodná tkanina a z druhé strany druhá doprovodná textilie. Takto vytvořený vzorek musí být přichycen ze stran k sobě, aby nedošlo k nechtěnému oddělení vzorků a doprovodných tkanin. Vzorek se vloží do zásobníku s 50 ml prací lázně, přidá se 10 ocelových kuliček. Zásobníky jsou upevněny do paprsku tak, aby mezi dnem zásobníku a otáčecí osou hřídele byla konstantní vzdálenou 45mm. Zásobníky se otáčejí rychlostí přibližně 40 ot/min.. Vzorky se praly při teplotě 40 °C. Pokus probíhal 30 minut. Po uplynutí doby byly vzorky vyjmuty a porovnány s šedou stupnicí.

4.10 Kombinování barev

Pro zajímavost, jak se chovají barviva při kombinování, se vytvořily vzorky pestrobarevné. Vzorky, které jsou znázorněny na obrázku č. 31, vznikly smícháním všech barev ve fuláru a následným protažením textilie přes válce. Takto obarvený materiál se fixoval za pomoci laseru CO₂ při 75 μs (levý vzorek) a 120 μs (pravý vzorek). Materiál byl fixován ve větším rozměru a tím jsou tyto vzorky velice zajímavé. Při fixaci vznikají ostré hrany, které jsou též vidět na obrázku, díky této metodě můžeme zafixovat barvivo na přesném místě a v požadovaném rozměru.



Obrázek 31: Kombinace barev

Dále se barvívem zkusilo malovat pomocí štětce na textílii a následně došlo k fixaci v laseru CO₂ při 75 μs. Na obrázku č. 32 a 33 jsou znázorněny malované vzorky před a po zafixování. Protože se malovalo štětce, docházelo k rozpijení barev a k jejich míchání. Jedná se pouze o možnou ukázkou toho, že je možné vytvářet různé vzory, tvary, velikosti vzorů atd.



Obrázek 32: Pomalovaný materiál - před fixací



Obrázek 33: Pomalovaný materiál - po fixaci

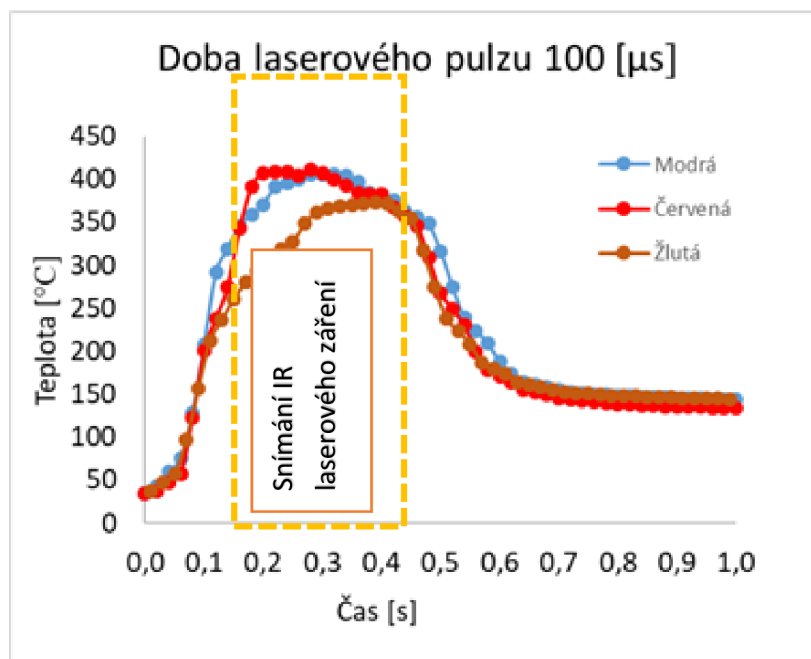
5 Výsledky

Výsledky z experimentu jsou uvedeny v této kapitole, kde se porovnávají vzorky zafixované metodou Termozol a laserem. Bylo potřeba zjistit, zda se u testovaných vzorků mění barevnost, lesk a jaká je odolnost vůči alkalickému potu, světlu či praní.

5.1 Fixace

V průběhu fixace metodou Termozol se snímala po celou dobu teplota z rubní strany vzorku. V Příloze č.1 jsou znázorněny obrázky s grafy v závislosti teploty na čase. U každé intenzity jsou uvedeny dva grafy tak, aby na prvním grafu byl vidět celý průběh měření a na druhém následně přiblížení na úsek ozařování. Všechna barviva jsou vždy spojena do jedné intenzity pro lepší přehlednost. Můžeme si povšimnout, že grafy mají stejné křivky.

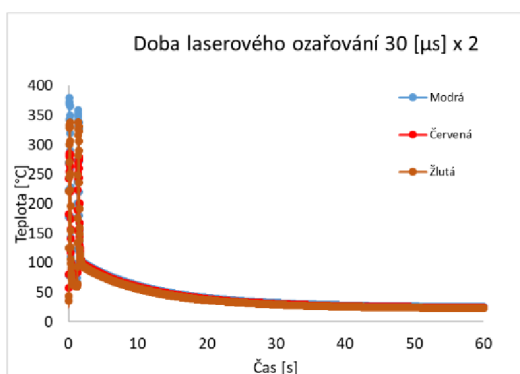
Bylo zaznamenáno, že při procesu snímání teploty u ozařovaných vzorků došlo k proniknutí IR laserového záření přes tkaninu a teploměr ho zahrnul do odhadu teploty vzorku. Pro lepší orientaci je přiložen obrázek č. 34, na kterém je znázorněn graf, kde je vyznačena část, která odpovídá realitě. Zhruba v intervalu od 0,2 až do 0,4 sekund mohl teploměr snímat IR laserové záření. V tomto intervalu dosahujeme vysoké teploty, která je nereálná. Zajímá nás teplota vzorku, která je výsledná až po opuštění paprsku ze snímaného vzorku teploměrem. Z tohoto důvodu sledujeme až klesající hodnoty.



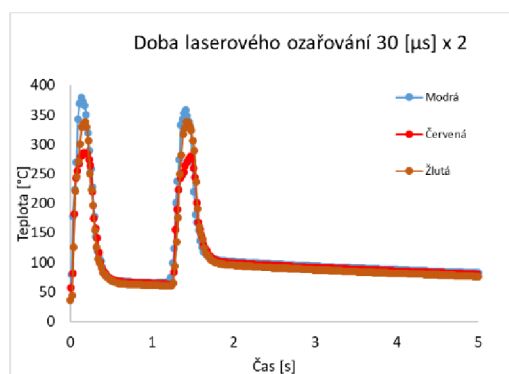
Obrázek 34: Ukázka na grafu proniknutí IR laserového záření

Níže jsou znázorněny grafy po cyklickém ozařování při době laserového pulzu 30 [μs]. K testování docházelo po dvou, třech či čtyřech opakováních. Tato opakování však nebylo možné udělat u všech již dříve zmíněných dob pulzu, a to z toho důvodu, že u vyšších dob laserového pulzu a po větším počtu opakování docházelo k narušení textilie ať už tavením či dokonce propálením. Z tohoto důvodu jsou přiloženy grafy opakujícího se ozařování, pokud to bylo možné a textilií textování neovlivnilo, v Příloze č. 2. V Příloze č. 2 jsou znázorněny všechny grafy z cyklického ozařování vzorků. Na obrázcích č. 35 až 40 jsou pro ukázkou uvedeny grafy z cyklického ozařování při intenzitě 30 [μs].

Cyklické ozařování (po dvou opakováních):

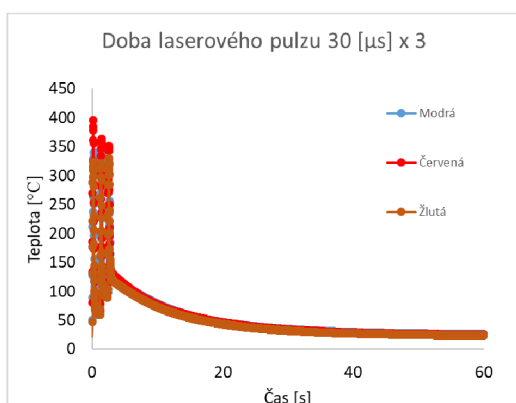


Obrázek 35: cyklické ozařování po 2 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]

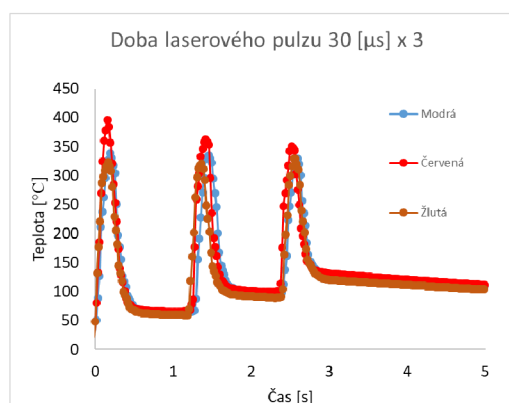


Obrázek 36: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs] - po 5 sekundách

Cyklické ozařování (po třech opakováních):

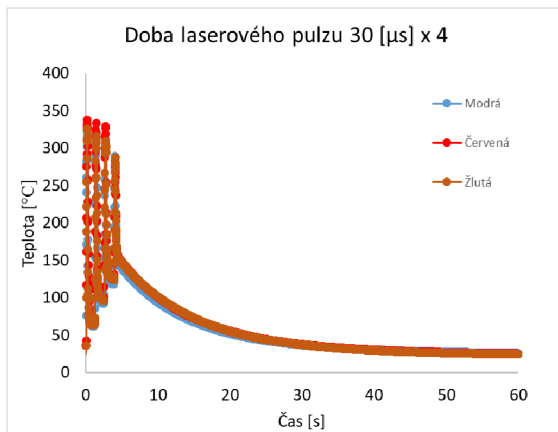


Obrázek 37: cyklické ozařování po 3 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]

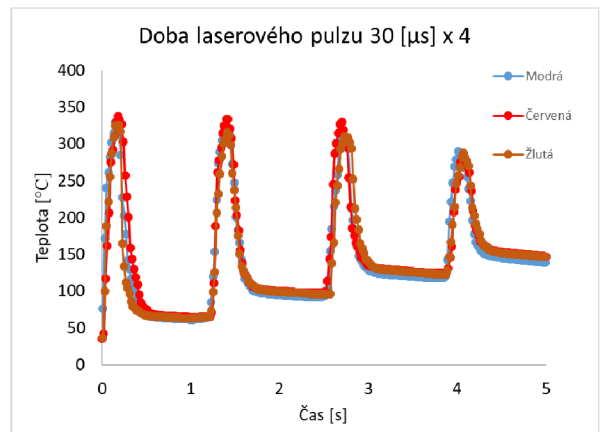


Obrázek 38: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs]- po 5 sekundách

Cyklické ozařování (po čtyřech opakováních):



Obrázek 39: cyklické ozařování po 4 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]

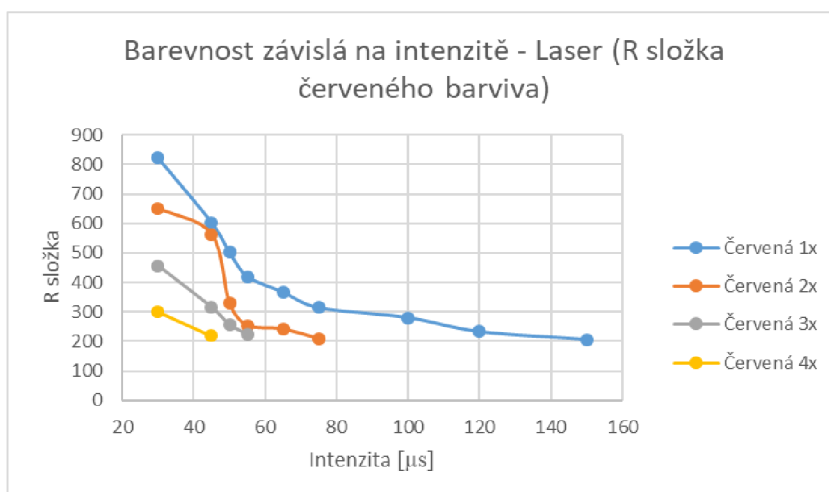


Obrázek 40: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs] - po 5 sekundách

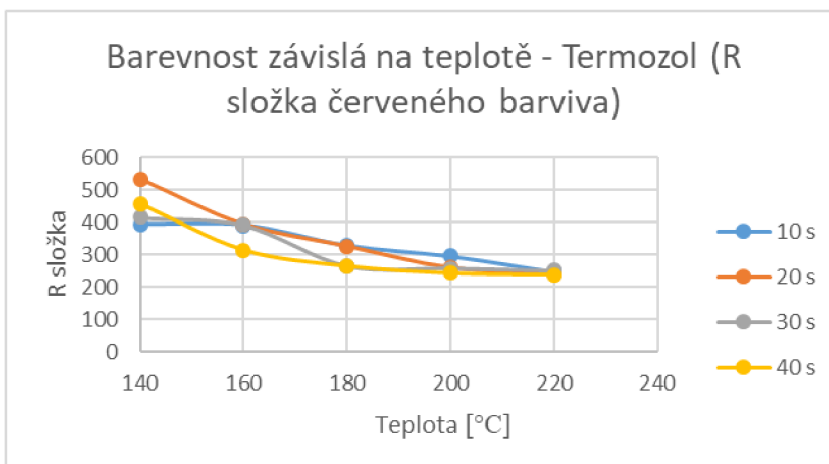
5.2 Vyhodnocení barevnosti

Barevnost testovaných vzorků je závislá na teplotě. Čím vyšší teplota působí na fixovaný materiál, tím je materiál sytější a tmavší. Závislost teploty na barevnosti je znázorněna na obrázcích níže. Barevnost je zastoupena složkami barevného modelu RGB. Je zde pro ukázkou znázorněna pouze složka R u červeného barviva, jak u metody Termozol, tak u metody laseru. Ostatní grafy jsou v Příloze č. 3.




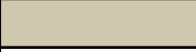











Můžeme si všimnout, že u metody Termozol je barevnost pozvolná a čím nižší teplota a čas, tím vyšší hodnoty R složky. U fixace laserem je vidět, že při cyklickém ozáření při nižší intenzitě, dosahujeme podobné barevnosti, jako když použijeme vyšší intenzitu pouze jednou. Barevnost je více strmá, ale též je znát závislost R složky na teplotě, čím vyšší intenzita, tím je vzorek barevnější a má nižší hodnotu R složky.



Obrázek 41: Barevnost závislá na intenzitě - Laser (R složka červeného barviva)



Obrázek 42: Barevnost závislá na teplotě - Termozol (R složka červeného barviva)

Vyhodnocení barevnosti				
		Žlutá	Červená	Modrá
Nejsvětější vybarvení		Predikce vybarvení		
Termozol	140 °C 20 s			
Laser	30 μs			
Nejtmavší vybarvení				
Termozol	220 °C 20 s			
Laser	75 μs			
Laser	45 μs x 3			

Obrázek 43: Vyhodnocení barevnosti s ukázkou přibližného vybarvení

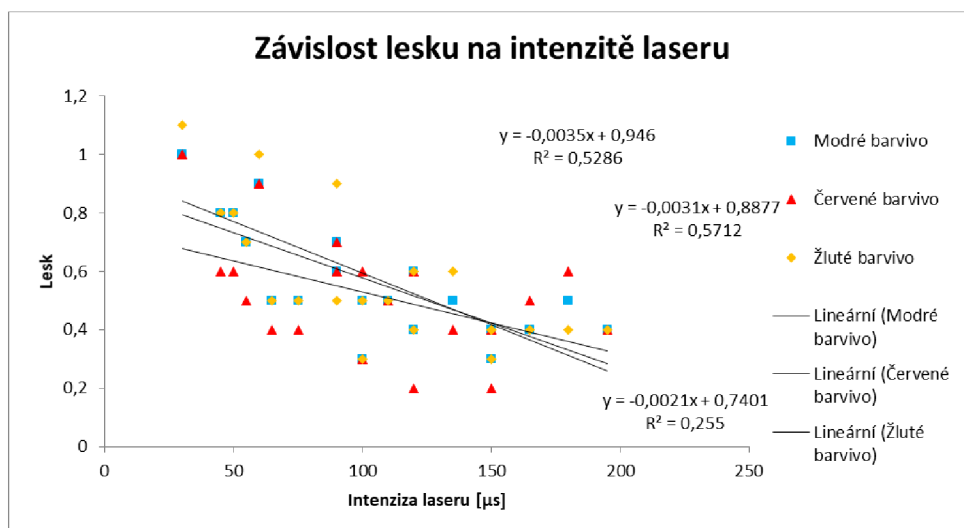
Největějšího vybarvení získáme u metody Termozol při teplotě 140 °C po dobu 20 sekund. podobného obarvení dosáhneme použitím laseru při intenzitě 30 μs. Naopak nejvýraznějšího odstínu u všech barviv, tak abychom materiál nepoškodili, byl vyhodnocen materiál fixovaný metodou Termozol při teplotě 220 °C po dobu 20 sekund. U laseru se osvědčila intenzita 75 μs nebo intenzita 45 μs s opakováním 3krát za sebou.

Na obrázku č. 43 je tabulka, která obsahuje vyhodnocení barevnosti s ukázkou přibližného obarvení testovaných vzorků podle RGB souřadnic získaných při testování. Barvy jsou zde pouze pro představu, jak si jsou podobné. Byly vybrány podmínky fixace tak, aby se dosáhlo největšího zbarvení nebo naopak nejtmavšího. Jedná se o hodnoty fixace použité jak u standardní metody Termozol, tak u fixace laserem.

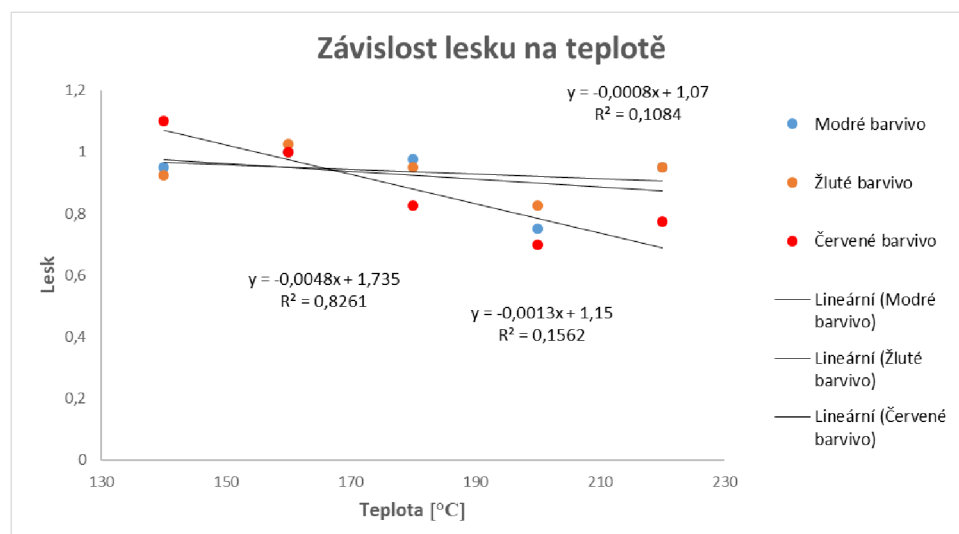
5.3 Vyhodnocení lesku

Na obrázcích č. 44 a 45 jsou znázorněny závislosti lesku na intenzitě či teplotě. Můžeme si povšimnout, že u vzorků fixovaných pomocí laseru se při zvyšování intenzity snižuje lesk. Tedy, čím vyšší intenzita, tím více je vzorek matný. Vzhledem k tomu, že dosahujeme hodnot od 0 do 1,1 GU, mluvíme o jemném lesku až matu. Interval 0 – 10 GU při měření v úhlu 85° označuje materiály spíše matné. Spojnice grafu měření lesku u vzorků fixovaných laserem pozvolna klesá.

Naopak při fixaci metodou Termozol nedochází k výrazné změně a spojnice grafu je spíše lineární. Můžeme tedy říci, že lesk není u vzorků, kde se použila metoda Termozol, ovlivněn teplotou a je přibližně konstantní.

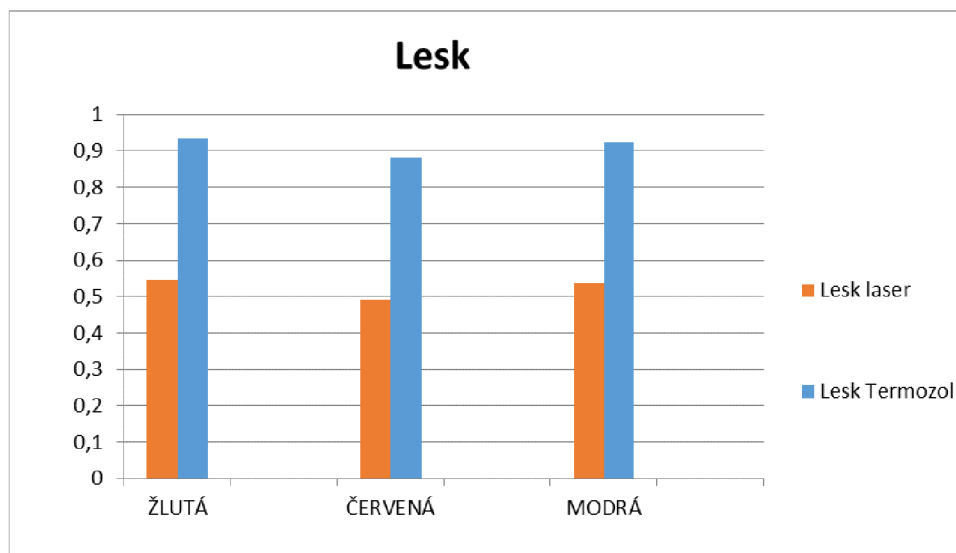


Obrázek 44: Laser - závislost lesku na intenzitě



Obrázek 45: Termozol - závislost lesku na teplotě

Pro lepší přehled dat je níže na obrázku č. 46 uvedený sloupcový graf, na kterém jsou pro porovnání obě metody fixace. Můžeme si povšimnout, že lesk opravdu nabývá u vzorků fixovaných laserem nižších hodnot než u metody Termozol. Též je parné, že nezáleží na použitém barvivo, u všech barviv jsou hodnoty přibližně podobné.



Obrázek 46: Sloupcový graf lesku

U metody fixace laserem nedochází pouze ke změně lesku, ale po působení laseru se materiál na omak zdrsňuje. Čím vyšší je použitá intenzita laseru, tím je vzorek na omak drsnější. Tento jev nebyl u metody Termozol pozorován. Všechny vzorky fixované standardní metodou mají omak stejný jako původní materiál.

Na omak materiál není v žádném případě nepříjemný, pouze je drsnější a působí pevněji. Tyto důsledky však mohou být kladně hodnoceny například v designu, protože na výsledném produktu může být kombinace drsnějšího obarveného materiálu velice zajímavá.

Naskytuje se zde možnost, využít změny povrchu materiálu například pro osoby se zrakovým postižením, které by z omaku dokázaly poznat odstíny barev či rozpoznat rubní a lící stranu. Takto připravený materiál by však mohl být pro tyto osoby přínosem i za jiným účelem.

Výhody navržené technologie:

- flexibilita,
- změna lesku/mat materiálu,
- změna omaku materiálu (hrubost),
- možnost uměleckého vzhledu tisků (předem nakreslit obrázek, který je možný zafixovat dle požadavků na textilní materiál, dále je možné udělat plynulý přechod barevnosti)
- stálost barevnosti.

Nevýhody navržené technologie:

- velký odpad barviva,
- nutnost redukčního praní,
- nezbytnost laseru,
- bezpečnost práce,
- malá produktivita práce.

5.4 Vyhodnocení stálosti

U hodnoceného materiálu se testovaly stálosti v alkalickém potu, v praní a na světle. Vyhotovené a otestované vzorky se hodnotily za pomoci modré a šedé stupnice.

5.4.1 Stálost v alkalickém potu

Vyhodnocování se provádělo vizuálním srovnáním s příloženou šedou stupnicí. U vzorků se nevyskytla žádná změna odstínu a také žádné zapuštění do doprovodné tkaniny. Z tohoto důvodu lze tvrdit, že všechna níže uvedená použitá barviva při fixaci mají vynikající stálosti v alkalickém potu, a též se může říci, že nezáleží na použitém způsobu fixace. Výsledky jsou znázorněny níže v tabulce č. 10.

Tabulka 10: Hodnocení stálosti v alkalickém potu - dle šedé stupnice

Hodnocené barvivo (použitá fixace a podmínky)	Změna odstínu vzorku	Zapuštění do doprovodné tkaniny	
		Bavlna	Polyester
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 120 [μs])	5	5	5
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 120 [μs])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 120 [μs])	5	5	5
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 100 [μs])	5	5	5
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 100 [μs])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 100 [μs])	5	5	5
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 50 [μs])	5	5	5
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 50 [μs])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 50 [μs])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Red 60 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Blue 56 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	5	5	5
Disperse Yellow 60 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	5	5	5

5.4.2 Stálost na světle

V tabulce č. 11 jsou znázorněny výsledné stálosti na světle. Po dobu 8 hodin probíhalo testování v UV skříni. Vzorky byly opět hodnoceny dle vizuálního srovnání se stupnicí, ovšem v tomto případě se jedná o modrou stupnici. Lze znovu potvrdit, že testovaná barviva při obou metodách fixace mají vynikající stálost. Na vzorcích nebyla pozorována žádná změna odstínu barvy mezi vystavenou a nevystavenou částí UV záření.

Tabulka 11: Hodnocení stálosti na světle - dle modré stupnice

Hodnocené barvivo (použitá fixace a podmínky)	Změna odstínu vzorku
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 120 [μs])	žádná
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 120 [μs])	žádná
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 120 [μs])	žádná
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 100 [μs])	žádná
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 100 [μs])	žádná
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 100 [μs])	žádná
Disperse Red 60 (laser – doba pulzu 50 [μs])	žádná
Disperse Blue 56 (laser – doba pulzu 50 [μs])	žádná
Disperse Yellow 60 (laser – doba pulzu 50 [μs])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Red 60 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Blue 56 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 220 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 220 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 200 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 200 [°C] 10 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 140 [°C] 40 [s])	žádná
Disperse Yellow 60 (termozol – 140 [°C] 10 [s])	žádná

5.4.3 Stálost v praní

Stálost v praní byla též hodnocena dle šedé stupnice. Stejně jako tomu bylo již výše u testování v alkalickém potu, se hodnotí zapuštění a změna odstínu barvy na testovaném materiálu. Ani u jednoho testovaného barviva nedošlo ke změně odstínu či zapuštění do doprovodných tkanin. Barviva mají vynikající afinitu k polyesterovému materiálu a testované stálosti to jen potvrzují. Výsledky odpovídají též tabulce č. 10. Též je zde přiložen obrázek č. 47, na kterém jsou vzorky vyfocené bezprostředně po testování v alkalickém potu a v praní.



Obrázek 47: Vzorky po testování stálosti

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout jednoduchou metodu fixace disperzního barviva pomocí laseru. Tato metoda byla navržena jako možná varianta digitálního tisku bez šablon. Vzhledem ke svým výborným mechanickým vlastnostem a afinitě k disperzním barvivům se testovala tkanina ze 100 % polyesteru.

Současně bylo důležité porovnat výsledky se standardní nejpoužívanější metodou Termozol. Výstupem je, že nejlepšího vybarvení získáme fixací laserem při době laserového pulzu 75 μ s, nebo u cyklického opakování s intenzitou 3krát 45 μ s. Výhodou této technologie oproti fixaci standardní metodou Termozol je, že lze zafixovat barvivo pouze na určité části materiálu o různém tvaru a velikosti s přesně obarvenými hranami.

Při testování stálostí v alkalickém potu, v praní a na světle se u testovaných vzorků fixovaných laserem prokázaly velmi dobré výsledky. Uvedené stálosti jsou potřebné při manipulaci a dalším možném použití materiálu. Fixace laserem jemně zmatní a zdrsňuje materiál, což může být v oděvním designu bráno jako výhoda. Další velkou výhodou této metody je jednoduchost barvení polyesteru za zachování skvělých stálostí, a to bez přípravy tiskacích past a jeho protlačování šablonami.

Za zvážení stojí i možnost využití změny povrchu materiálu pro osoby se zrakovým postižením, které by z omaku dokázaly například poznat odstíny barev či lící a rubní stranu oděvu. Takto připravený materiál by však mohl být pro tyto osoby přínosem i za jiným účelem.

Výhody této technologie jsou flexibilita, změna lesku a omaku materiálu, možnost uměleckého vzhledu tisků, a v neposlední řadě stálost barevnosti. Nevýhody této technologie je poměrně velký odpad barviva, nutnost redukčního praní, nezbytnost laseru a s tím spojené vyšší investice, problematická bezpečnost práce a malá produktivita práce.

Citace

- [1] **LASER**, *Referáty* [online]. [cit. 2019-28-04]. Dostupné z: <http://referaty.aktuality.sk/laser/referat-24879>
- [2] **DOHNAL, M.:** *Lasery a jejich aplikace v polygrafii*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008. 119 s.
- [3] **REICHL, J., VŠETIČKA, M.:** *Encyklopedie fyziky, Výhody světelného paprsku laseru* [online]. [cit. 2019-28-04]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=782> 100
- [4] **KUSALA, J.:** *Součást vzdělávacího programu Svět energie* [online]. Lasery kolem nás [cit. 2019-28-04]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k23.htm>
- [5] **SOCHOR, V.:** *Lasery a koherentní svazky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1990. ISBN 80-200-0354-1
- [6] **MALÝ P.:** *Optika*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1342-0.
- [7] **FRYDECKÁ, E., VAŇOVÁ, J. a KROTKÝ, S.** *Textil-technika-současnost*. V Liberci: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7372-031-0.
- [8] **CO₂ LASER MODIFICATION OF SYNTHETIC FIBRES** [online]. [cit. 2020-11-02]. Dostupné z: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/5399?locale=fr>
- [9] **KAN, Ch.W.** *CO₂ laser treatment as a clean process for treating denim fabric* [online]. Copyright © [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613008251?via%3Dihub>
- [10] **KAN, Ch.W., YUEN M. a CHENG C.W.** *Technical study of the effect of CO₂ laser surface engraving on the colour properties of denim fabric*. [online]. [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1478-4408.2010.00270.x>

- [11] **LASER CUTTING TEXTILES:** *For cotton, silk, felt, lace, synthetic & technical textiles, aramid, polyester, fleece in trotec laser machines for cutting engraving and marking* [online]. © 2014 [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <http://www.troteclaser.com/en-US/Materials/Pages/Textiles.aspx>.
- [12] **BAMFORTH P., WILLIAMS K., JACKSON M.R.** *Edge quality optimisation for CO2 laser cutting of nylon textiles. Applied Thermal Engineering.* [online] [cit. 2021-12-10] Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359431105002000>.
- [13] **KAN CH.W.** *Impact on textile properties of polyester with laser.* Copyright © [online] [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030399207000424?via%3Dihub>
- [14] **CHOW F., CHAN A., KAN CH.W.** *Effect of CO2 laser irradiation on the properties of cotton fabric.* *Textile Research Journal.* [online] [cit. 2021-12-10] Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0040517511429609>.
- [15] **OZGUNEY A. T.** *The comparison of laser surface designing and pigment printing methods for the product quality.* [online]. Copyright © [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030399206001010?via%3Dihub>
- [16] **YUAN G. X., JIANG S. X., NEWTON E., FAN W.** *Fashion Design Using Laser Engraving Technology.* Copyright © [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://8iss.files.wordpress.com/2016/05/5-panel-on-transformation.pdf>
- [17] **KRYŠTŮFEK, J., WIENER, J. a MACHÁŇOVÁ, D.** *Barvení textilií II.* V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-796-3.
- [18] **BRABCOVÁ, J.** *Sublimační tisk na bavlně.* Liberec 2017, diplomová práce. Technická univerzita Liberec.
- [19] **PRÁŠIL, M.** *Analýza a modelování kinetiky přenosového tisku plošných textilií.* Liberec 1984, Kandidátský disertační práce. Vysoká škola strojní a textilní v Liberci.
- [20] **TEXTILIE CHEMIST AND COLORIST.** Research Triangle Park: American Association of Textile Chemists and Colorists, 1999. ISSN 0040-490X.

- [21] **MELLIAND TEXTILBERICHTE**: *International textile reports*. Heidelberg: Melliland Textilberichte, 1976-. ISSN 0341-0781.
- [22] **KRYŠTŮFEK, J.** *Technologie zušlechťování*. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, Katedra textilního zušlechťování, 2002. ISBN 80-7083-560-5.
- [23] **NETKANÉ TEXTILIE. - MATERIÁLY 2.** *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací*. [online]. © 2018 [cit. 2019-28-04]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/amp/46150800-Netkane-textilie-materialy-2.html>
- [24] **KRČMA, R.** *Netkané textilie: (teoretické základy)*. Díl 1. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1971.
- [25] **CARRAHER, CH. E.** *Carraher's polymer chemistry*. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN: 978-1-4665-5203-6.
- [26] **MILITKÝ, J.** *Textilní vlákna: klasická a speciální*. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [27] **PILLER, B. a LEVINSKÝ O.** *Malá encyklopedie textilních materiálů*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [28] **WORLD DYE VARIETY**. Disperse blue 56 [online]. © 2013 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.worlddyevariety.com/disperse-dyes/disperse-blue-56.html>.
- [29] **WORLD DYE VARIETY**. Disperse yellow 60 [online]. © 2013 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.worlddyevariety.com/disperse-dyes/disperse-yellow-60.html>.
- [30] **SIGMA-ALDRICH: ANALYTICAL**. Chemistry & Materials Science products and services. Sigma-Aldrich. [online] © 2018 [cit. 2021-02-01] Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/s477648?lang=en&ion=CZ>.
- [31] **SODIUM DITHIONITE** - Wikipedia. [online],[cit. 2021-02-01] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_dithionite.
- [31] **SYNTAPON ABA** - Blend of sodium alkylbenzenesulfonate and sodium lauryl sulfate - Enapol a. s. - Manufacturer of Innovative and Sustainable Surfactants. Enapol a. s. - Manufacturer of Innovative and Sustainable Surfactants [online]. [cit. 2021-02-01] Dostupné z: <https://www.enapol.eu/eshop-syntapon-aba.html>.

[33] **SPOLION 8** - Sodium diisooctyl sulfosuccinate (DOSS) - Enapol a. s. - Manufacturer of Innovative and Sustainable Surfactants. *Enapol a. s. - Manufacturer of Innovative and Sustainable Surfactants* [online]. [cit. 2021-02-01] Dostupné z: <https://www.enapol.eu/eshop-spolion-8.html>

[34] **EASY-LASER, S.L.** Instructions. Lase5 device Marcatex 150 Flexi Spain. 2006

[35] **ICT KOMPETENCE.** *Katedra technické a informační výchovy* [online]. Olomouc 2018 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.kteiv.upol.cz/frvs/ictkubricky/?page=pocitacova-grafika/barevny-model-dpi>.

[36] **SCHMIDOVÁ, A.** *Barvení netkaných textilií sublimačním postupem: Dyeing nonwoven fabrics by a sublimation process.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2018. Bakalářské práce. Technická univerzita v Liberci.

[37] **ČSN EN ISO 80 0165.** Zkoušky stálobarevnosti-Část E04: Stálobarevnost v potu. Praha: Český normalizační institut, 1994.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma uspořádání laseru	15
Obrázek 2: Vybrané lasery a jejich vlnová délka [6].....	19
Obrázek 3: Základní typ vláknovitého polyesteru [24].....	32
Obrázek 4: Schéma výroby polyesterového vlákna [23].....	33
Obrázek 5: Elektronová mikroskopie tkaniny 200 [μm]	38
Obrázek 6: Elektronová mikroskopie tkaniny - 1 [mm]	38
Obrázek 7: Struktura barviva C. I. Disperse Blue 56 [28].....	39
Obrázek 8: Struktura barviva C. I. Disperse Yellow 60 [29]	39
Obrázek 9: Struktura barviva C. I. Disperse Red 60 [30].....	39
Obrázek 10: Dithioničitan sodný [31]	40
Obrázek 11: Alginát sodný [22].....	40
Obrázek 12: Tloušťkoměr.....	42
Obrázek 13: Sušící komora.....	42
Obrázek 14: Fulár	43
Obrázek 15: Laserové zařízení - Marcatex Flexi 150.....	44
Obrázek 16: Schéma zařízení - Marcatex 150 Flexi [34]	44
Obrázek 17: Přístroj na měření lesku.....	45
Obrázek 18: Přístroj na měření souřadnic RGB	45
Obrázek 19: Teploměr GIM 3590	46
Obrázek 20: RGB barevný model [35].....	46
Obrázek 21: Výběr z barviv [36]	47
Obrázek 22: Schéma postupu fixace – Laserem.....	48
Obrázek 23: Vzorky po ozáření laserem.....	49
Obrázek 24: Snímání teploty z rubní strany vzorku v průběhu ozařování	50
Obrázek 25: Vzorky po vyprání v alkalicko-redukční lázni.....	51
Obrázek 26: Ozařování při intenzitě 45 [μs]	51
Obrázek 27: Ozařování při intenzitě 65 [μs]	51
Obrázek 28: Ozařování při intenzitě 150 [μs]	51
Obrázek 29: Schéma fixace metodou Termozol.....	52
Obrázek 30: Vzorky po zafixování metodou Termozol	52
Obrázek 31: Kombinace barev	60
Obrázek 32: Pomalovaný materiál - před fixací	61

Obrázek 33: Pomalovaný materiál - po fixaci	61
Obrázek 34: Ukázka na grafu proniknutí IR laserového záření.....	62
Obrázek 35: cyklické ozařování po 2 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]	63
Obrázek 36: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs] - po 5 sekundách	63
Obrázek 37: cyklické ozařování po 3 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]	63
Obrázek 38: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs]- po 5 sekundách	63
Obrázek 39: cyklické ozařování po 4 opakováních - doba laserového pulzu 30 [μs]	64
Obrázek 40: cyklické ozařování - doba laserového pulzu 30 [μs] - po 5 sekundách	64
Obrázek 41: Barevnost závislá na intenzitě - Laser (R složka červeného barviva).....	65
Obrázek 42: Barevnost závislá na teplotě - Termozol (R složka červeného barviva)....	65
Obrázek 43: Vyhodnocení barevnosti s ukázkou přibližného vybarvení	66
Obrázek 44: Laser - závislost lesku na intenzitě.....	67
Obrázek 45: Termozol - závislost lesku na teplotě.....	67
Obrázek 46: Sloupcový graf lesku	68
Obrázek 47: Vzorčky po testování stálostí	72

Seznam tabulek

Tabulka 1: Disperzní barviva a časově-teplotní podmínky pro barvení polyesteru [19]	27
Tabulka 2: Srovnání metod tisku s navrhovanou metodou.....	31
Tabulka 3: Naměření hodnoty tloušťky	37
Tabulka 4: Rozvržení intenzit a opakování na vzorcích	49
Tabulka 5: RGB souřadnice - Termozol.....	54
Tabulka 6: RGB souřadnice bílého okolí před a po obarvení - Laser	54
Tabulka 7: RGB souřadnice - Laser	55
Tabulka 8: Měření lesku - Termozol	56
Tabulka 9: Měření lesku - Laser	57
Tabulka 10: Hodnocení stálosti v alkalickém potu - dle šedé stupnice	70
Tabulka 11: Hodnocení stálosti na světle - dle modré stupnice	71

Seznam příloh

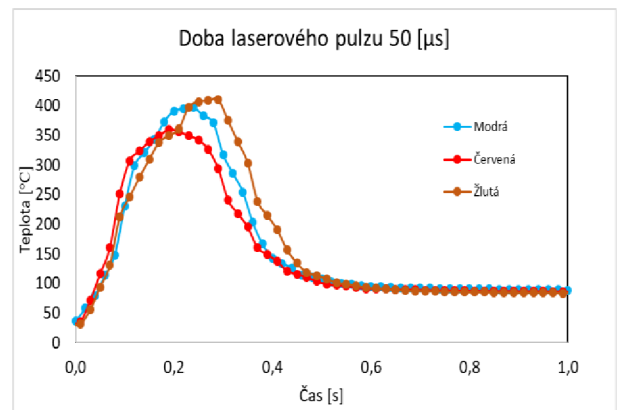
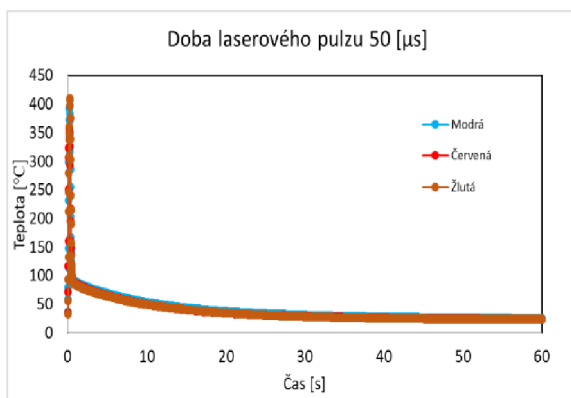
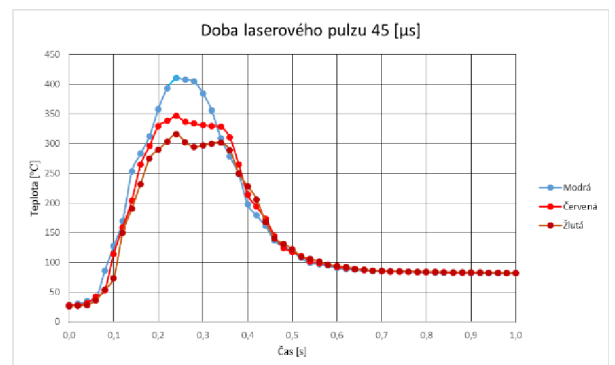
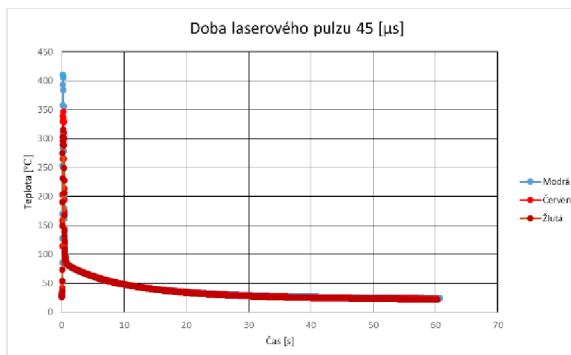
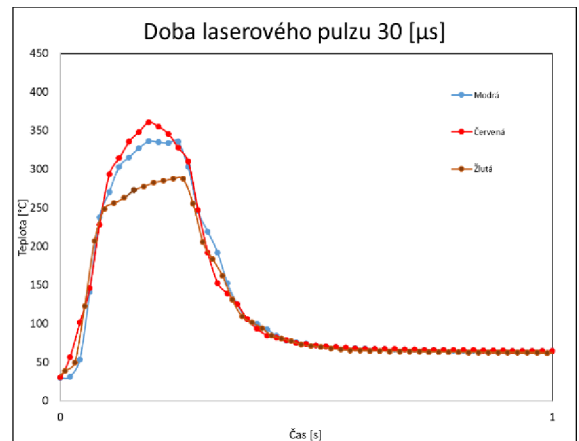
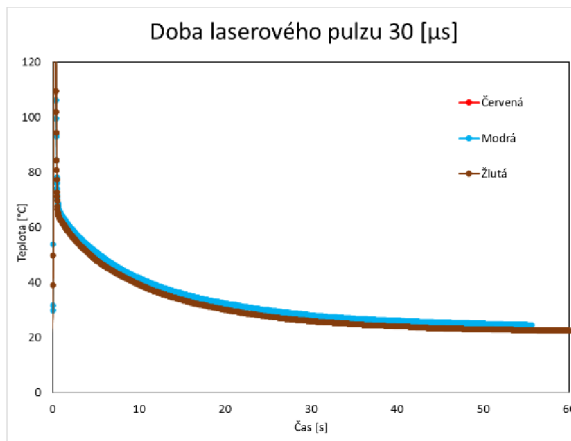
Příloha 1: Ozařování – měření teploty

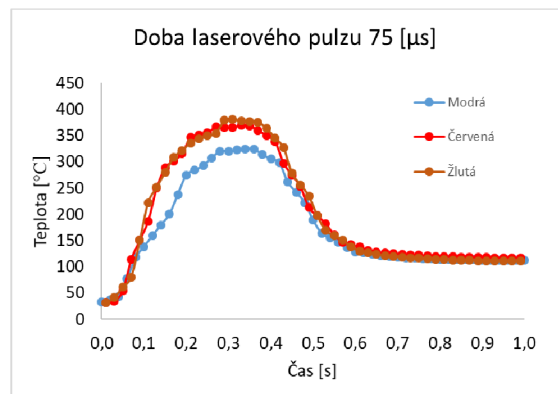
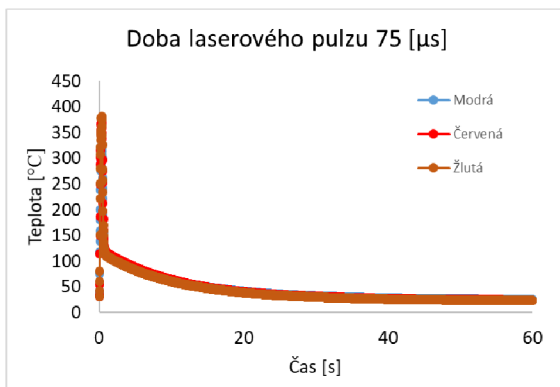
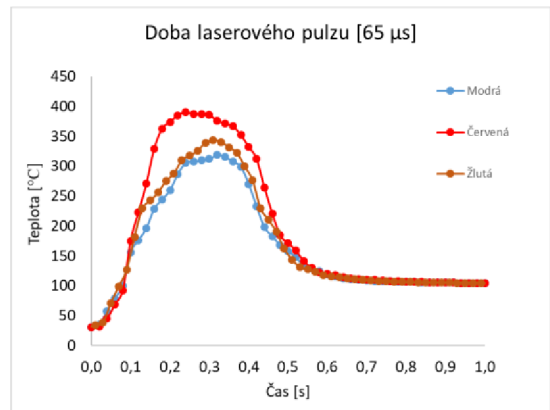
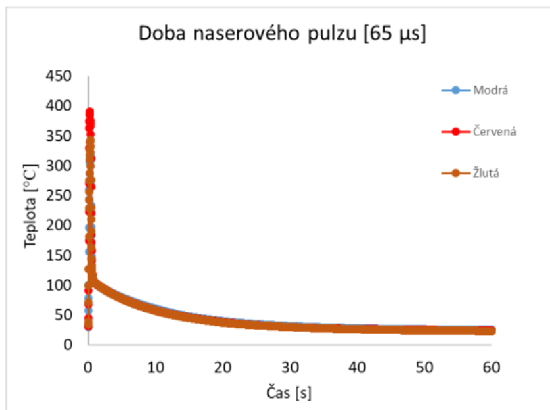
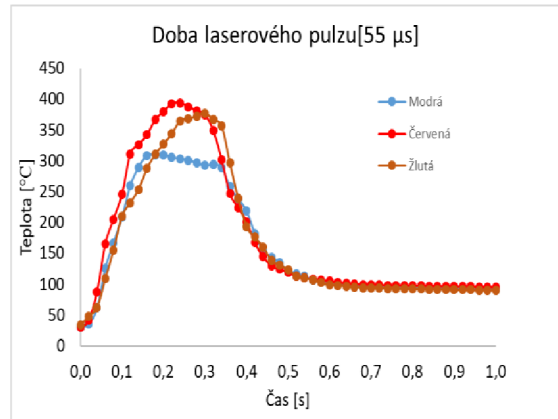
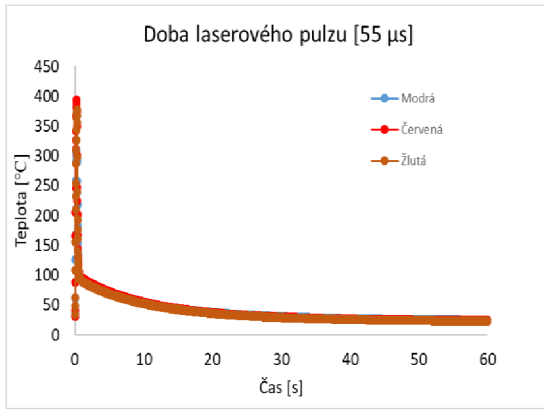
Příloha 2: Cyklické ozařování

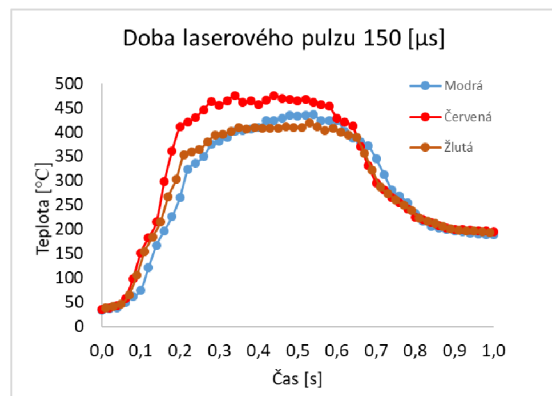
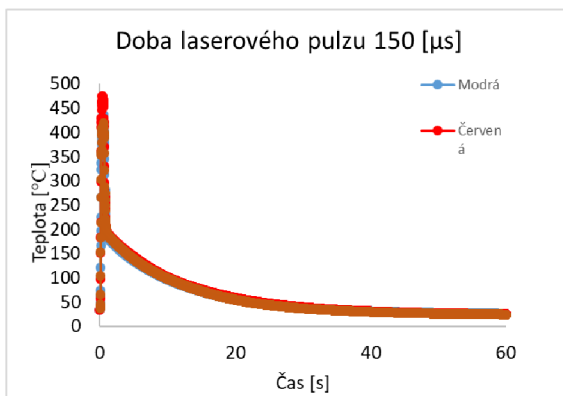
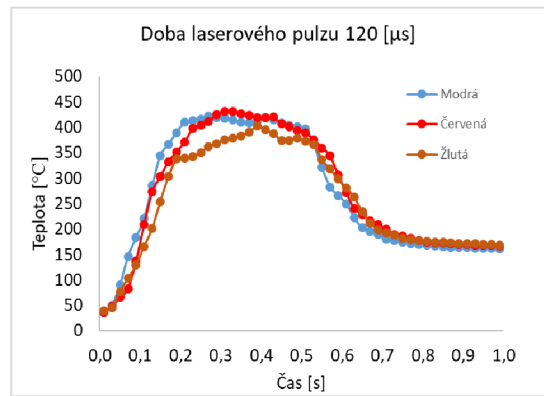
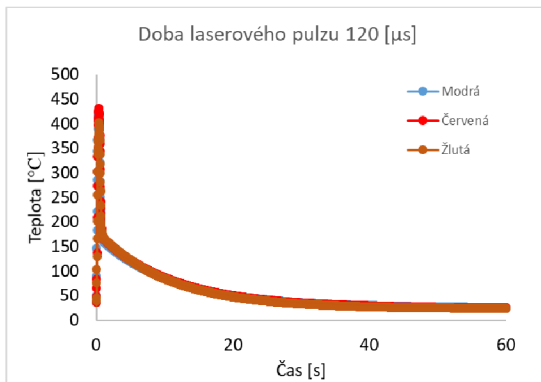
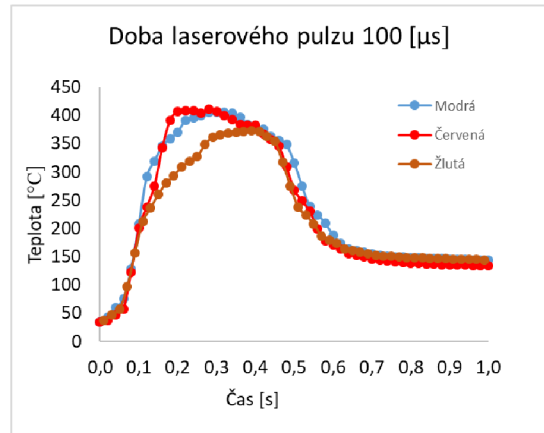
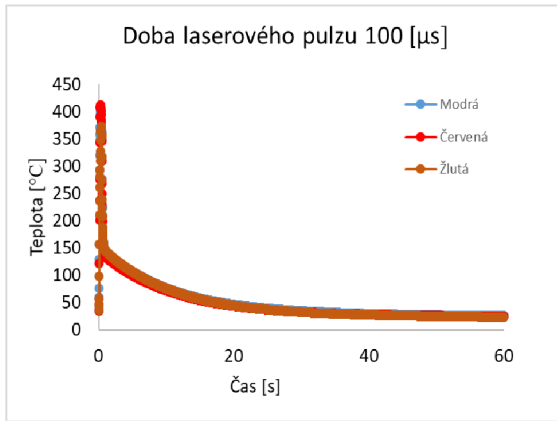
Příloha 3: Barevnost závislá na teplotě

Příloha 1

Měření teploty při fixaci vzorků za pomoci laseru. V grafech je znázorněna závislost teploty na čase. Ke každé intenzitě jsou znázorněny dva grafy, jedná se o stejné grafy, pouze je jeden přibližný na dobu ozařování.



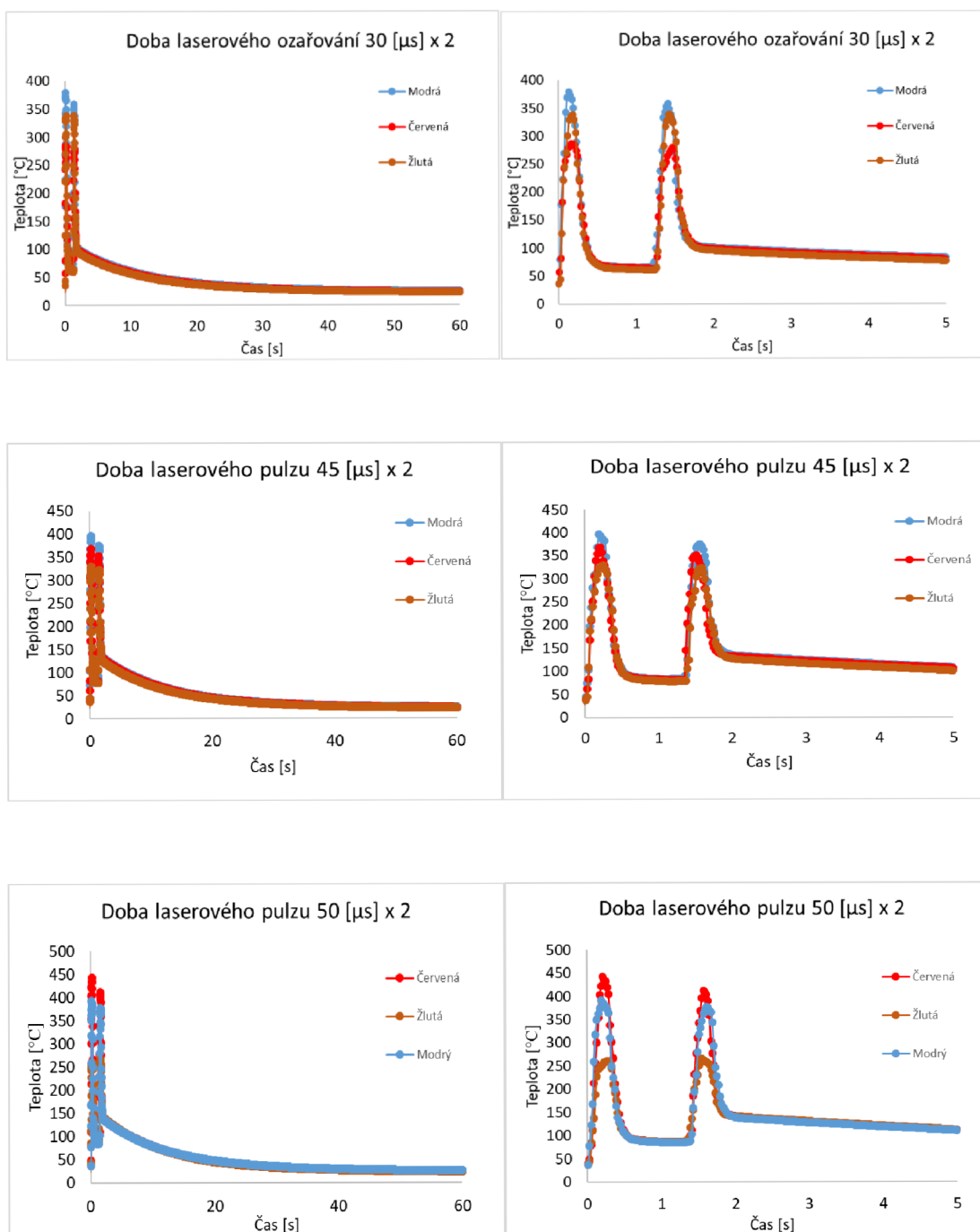


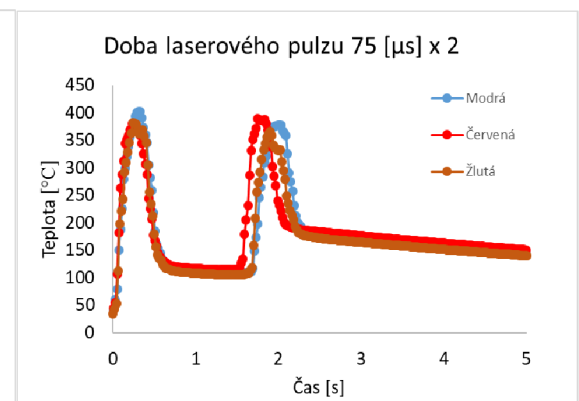
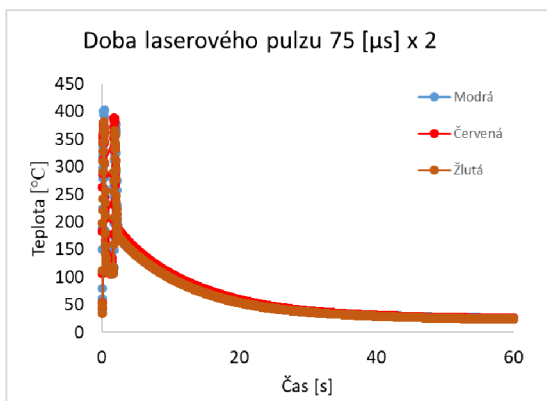
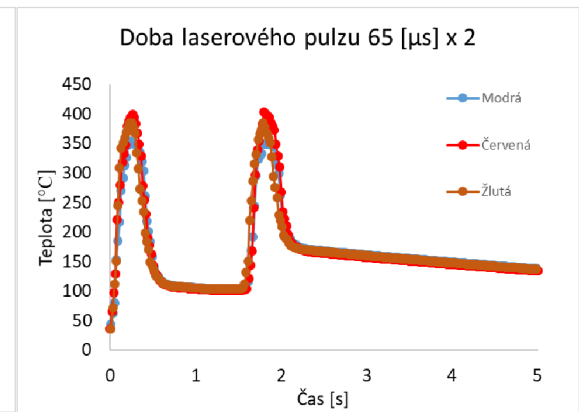
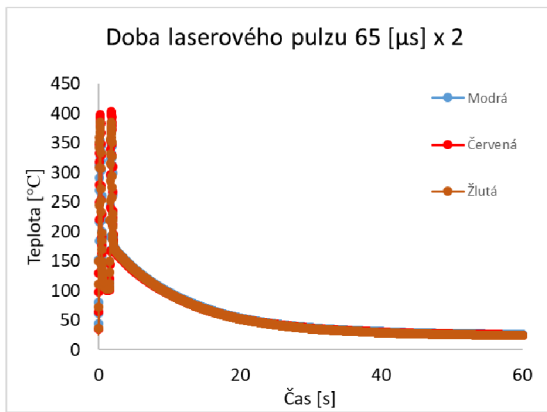
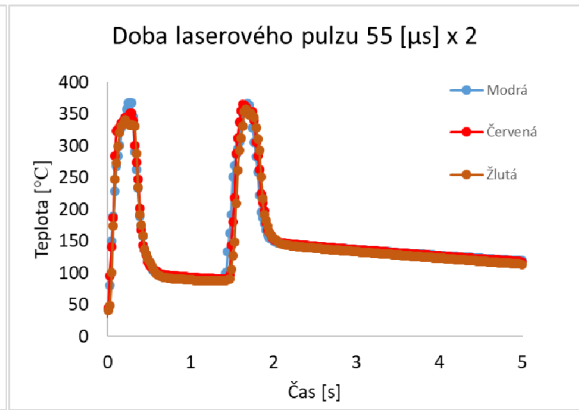
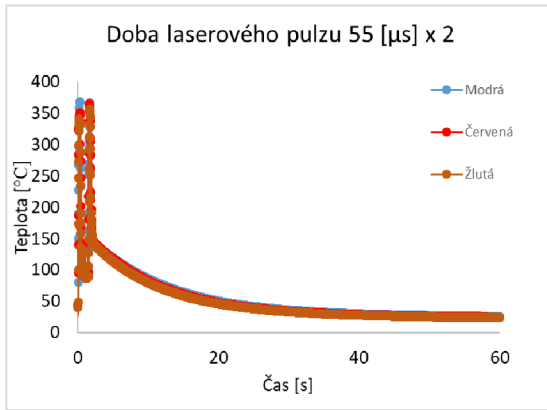


Příloha 2

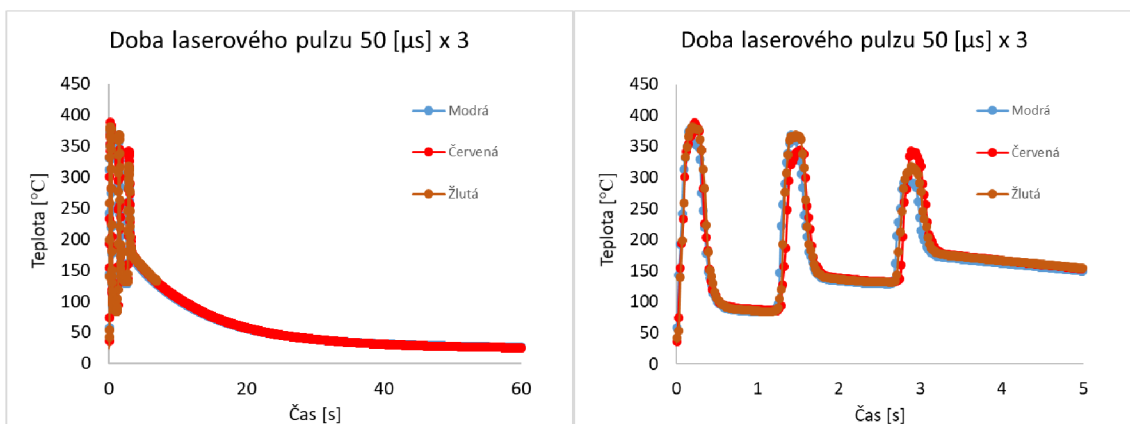
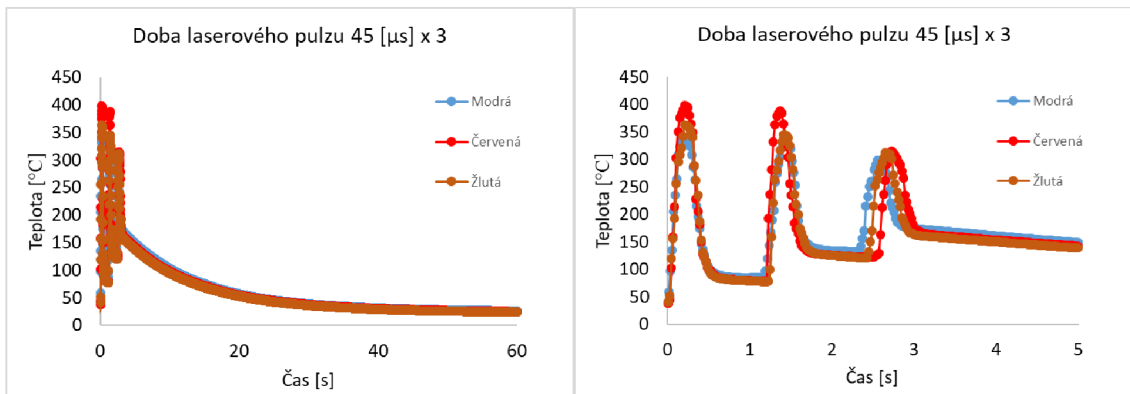
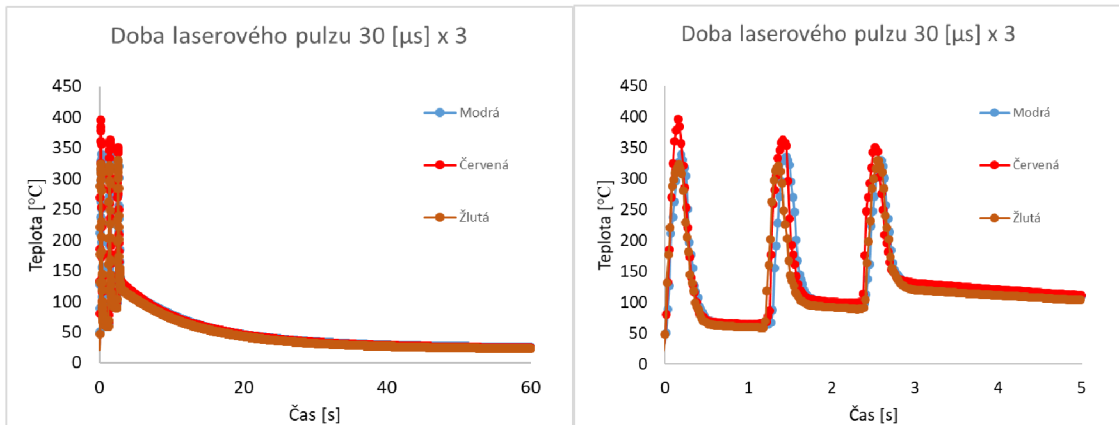
Níže jsou znázorněny obrázky s grafy vzorků, které se ozařovaly cyklicky. Ke každé intenzitě jsou znázorněny dva grafy, jedná se znovu o stejné grafy, pouze je jeden přiblížený na dobu ozařování.

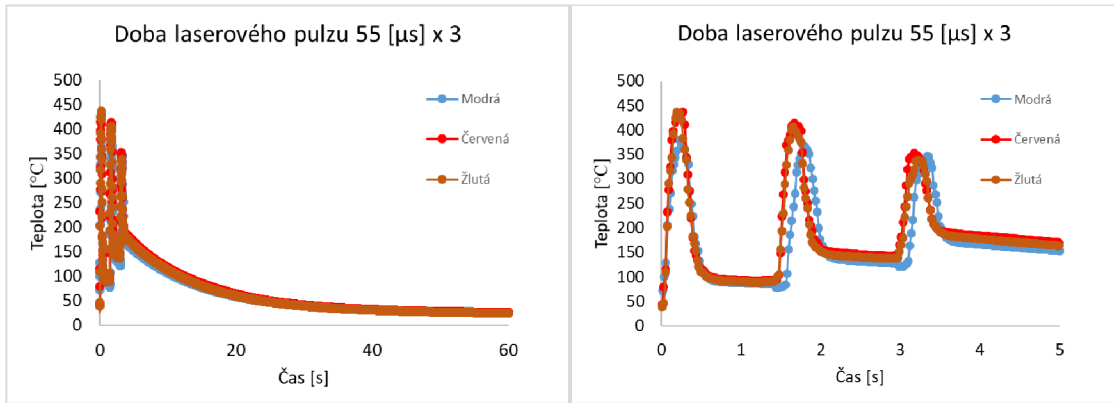
Cyklické ozařování (po dvou opakováních):



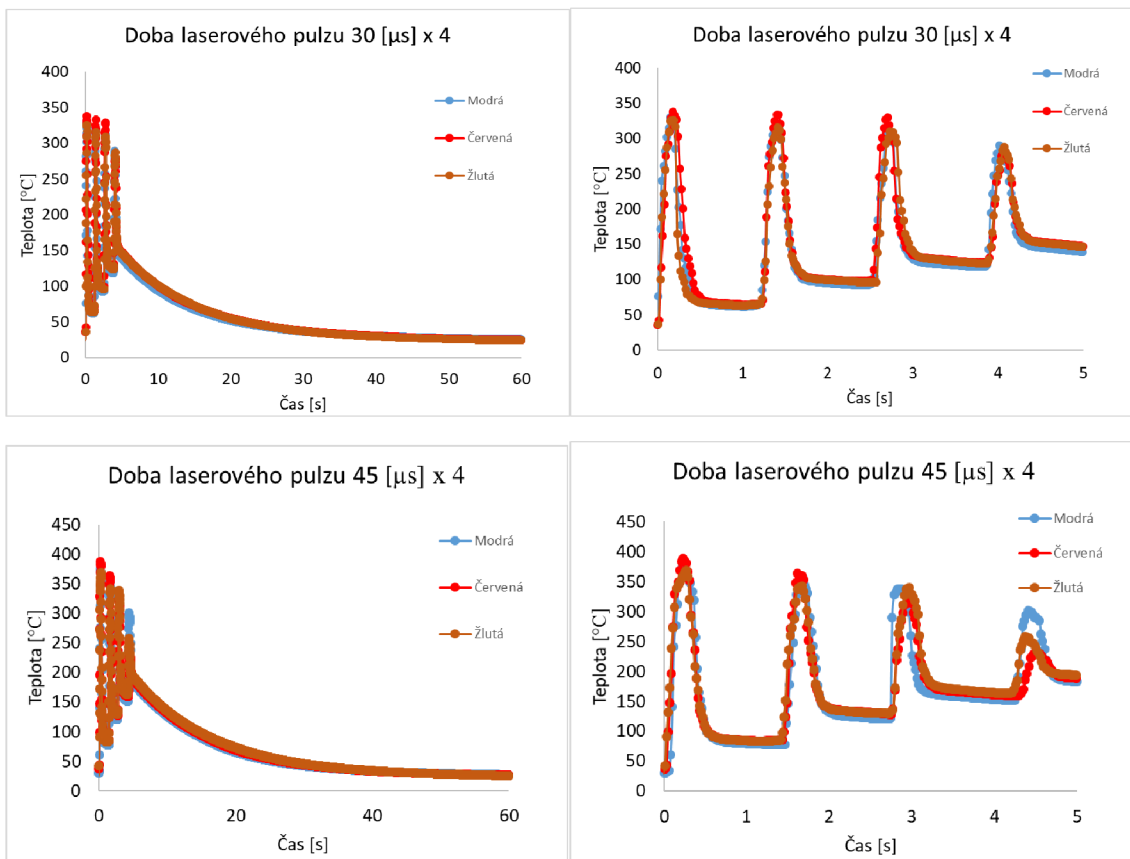


Cyklické ozařování (po třech opakováních):





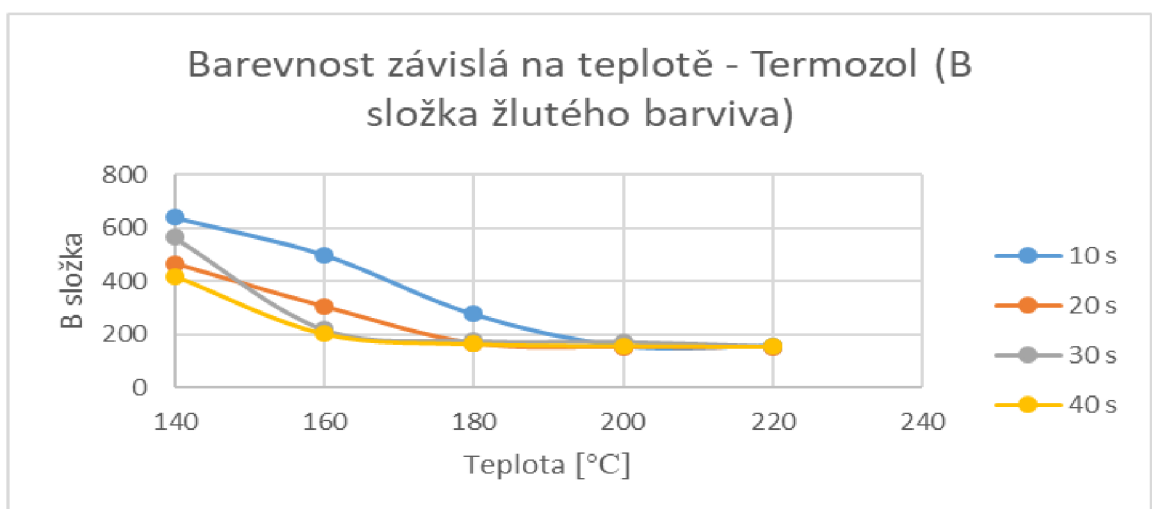
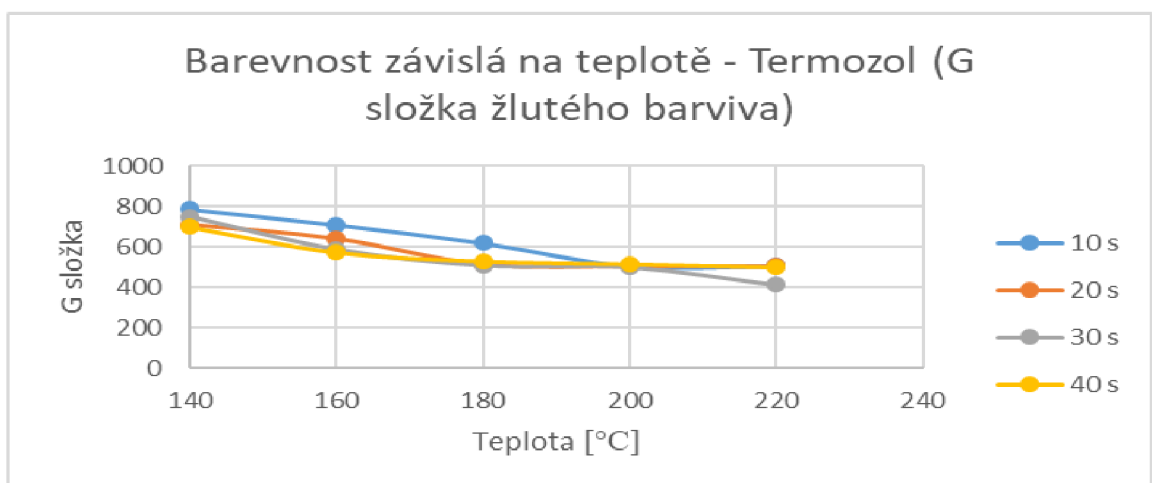
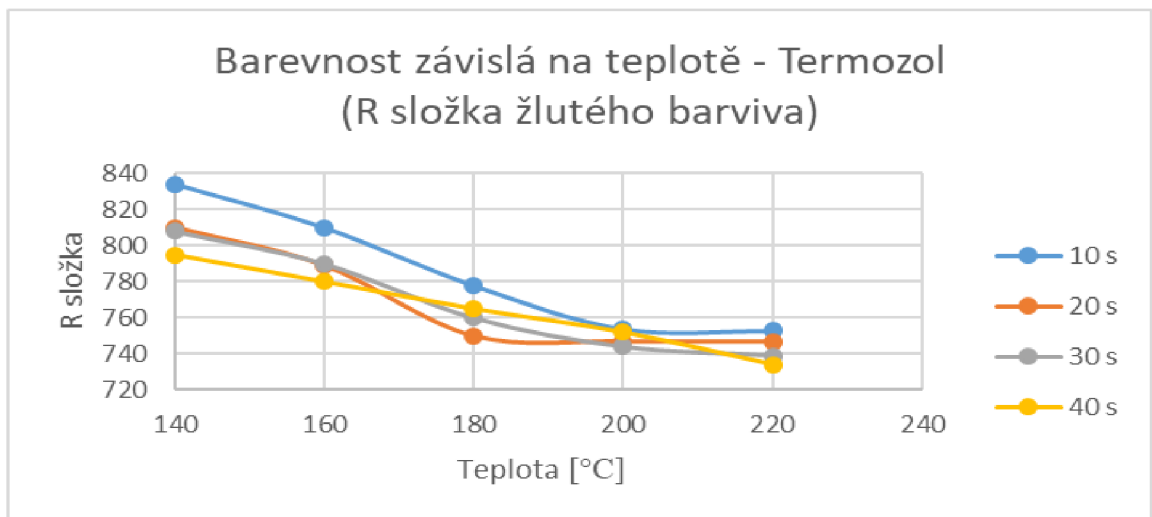
Cyklické ozařování (po čtyřech opakováních):



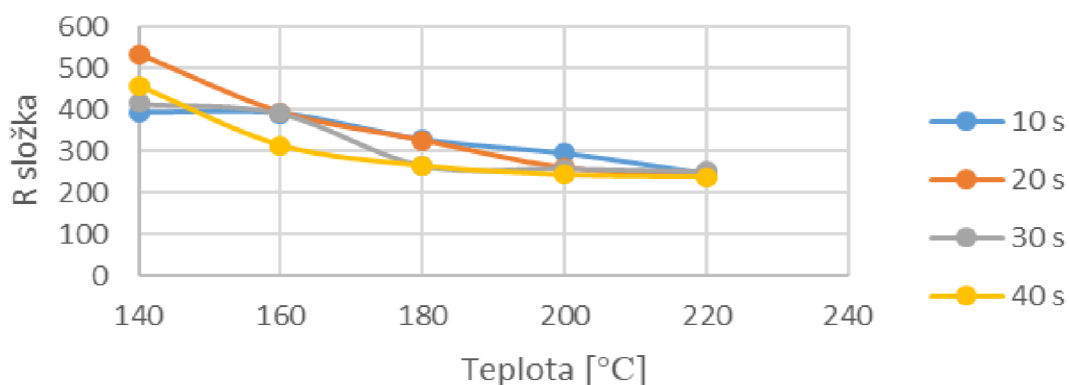
Příloha 3

Barevnost závislá na teplotě:

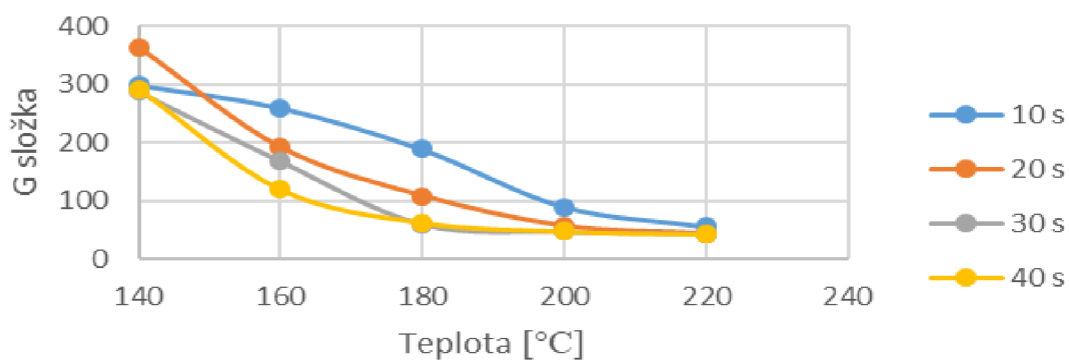
- Termozol



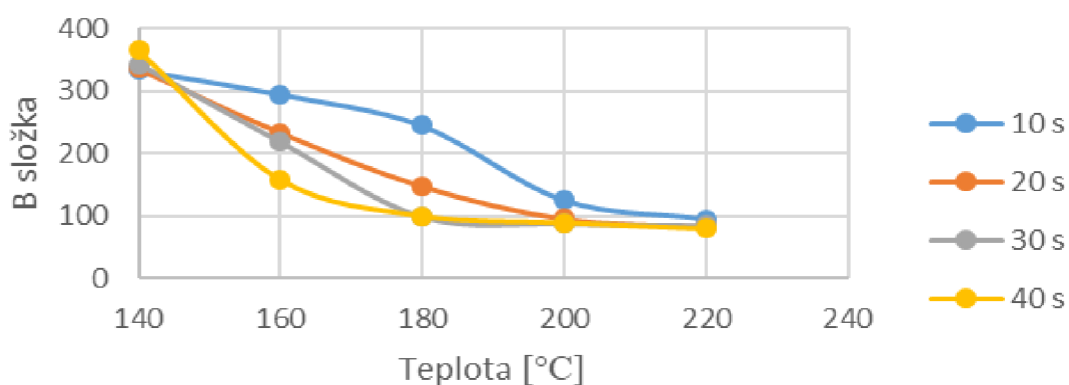
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (R složka červeného barviva)



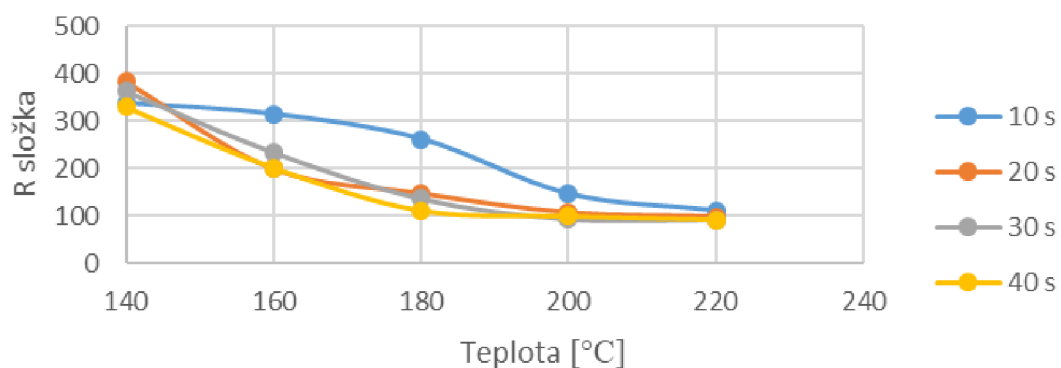
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (G složka červeného barviva)



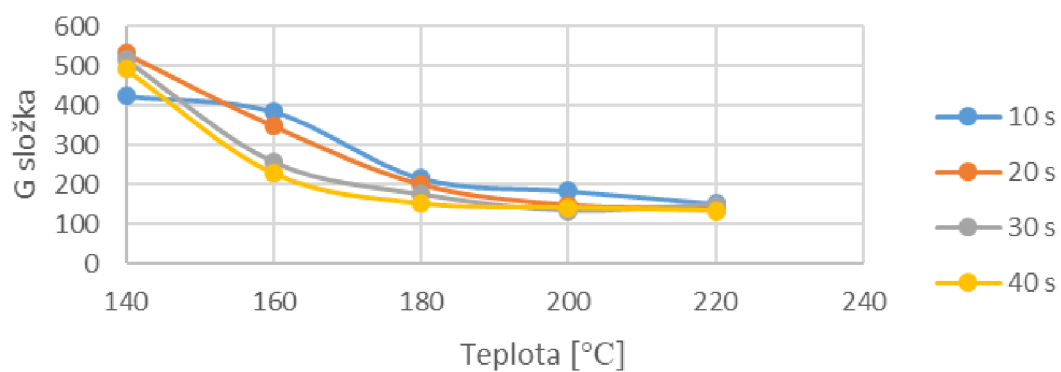
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (B složka červeného barviva)



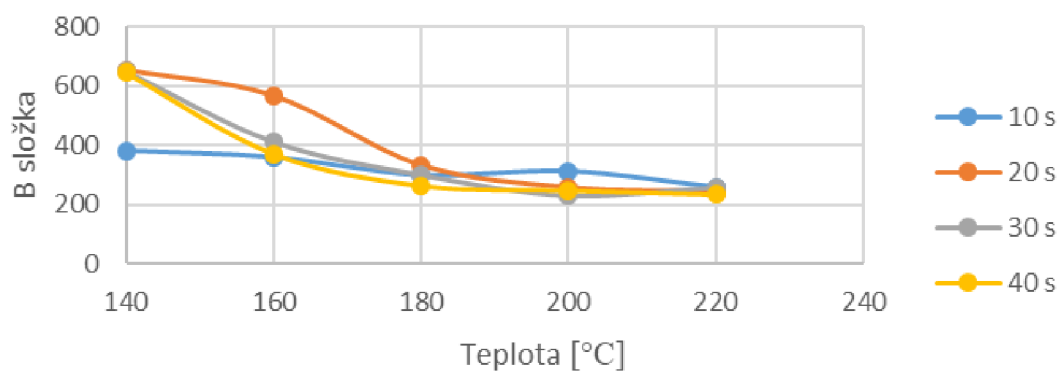
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (R složka modrého barviva)



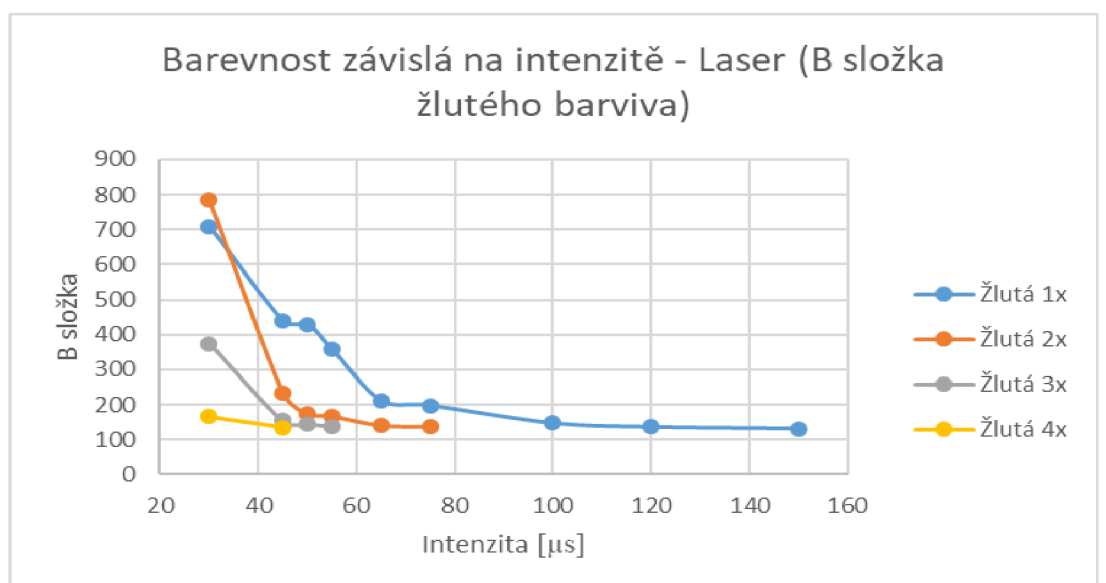
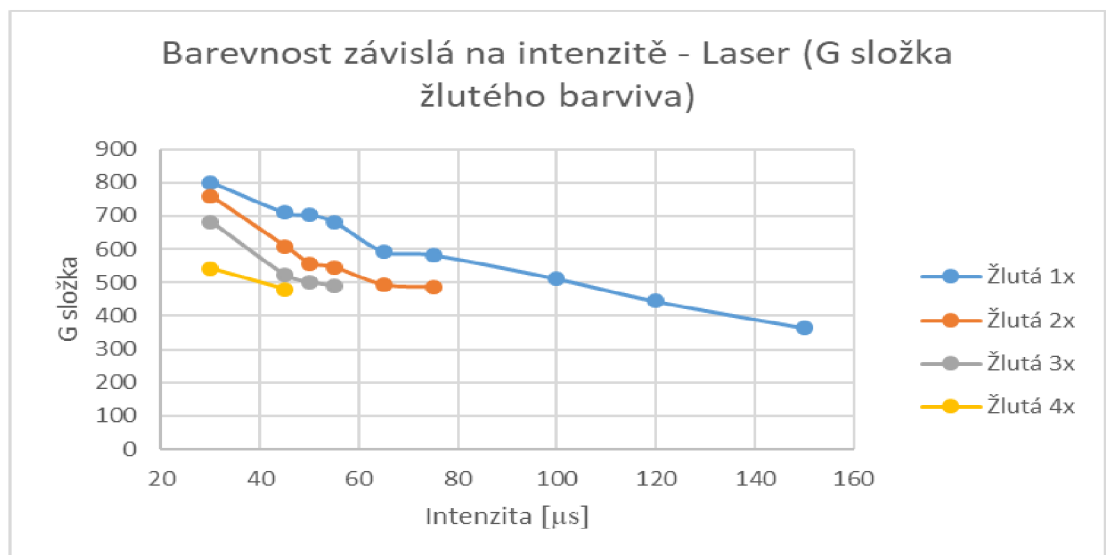
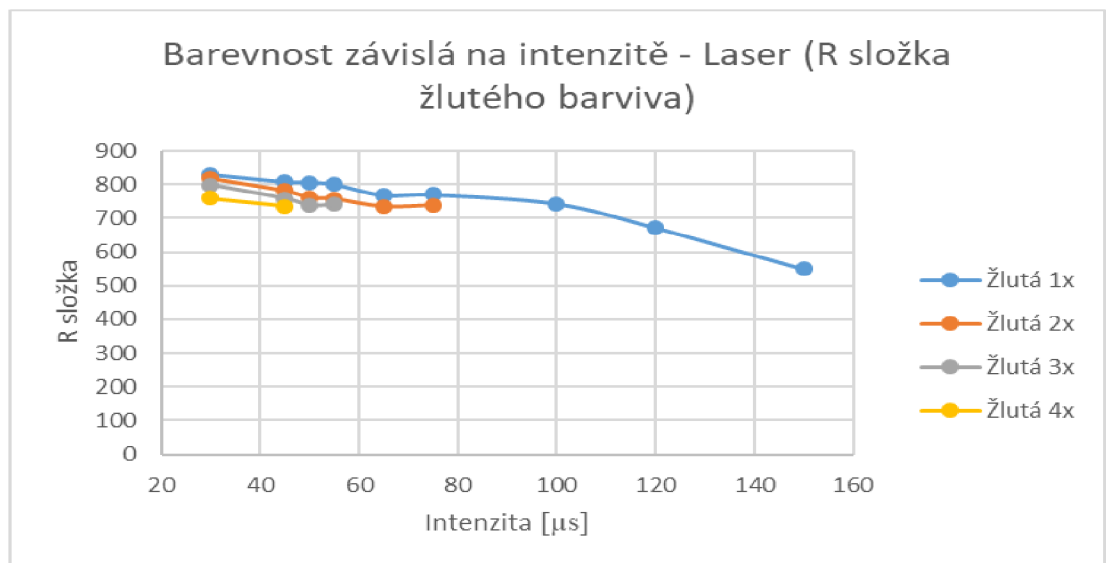
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (G složka modrého barviva)



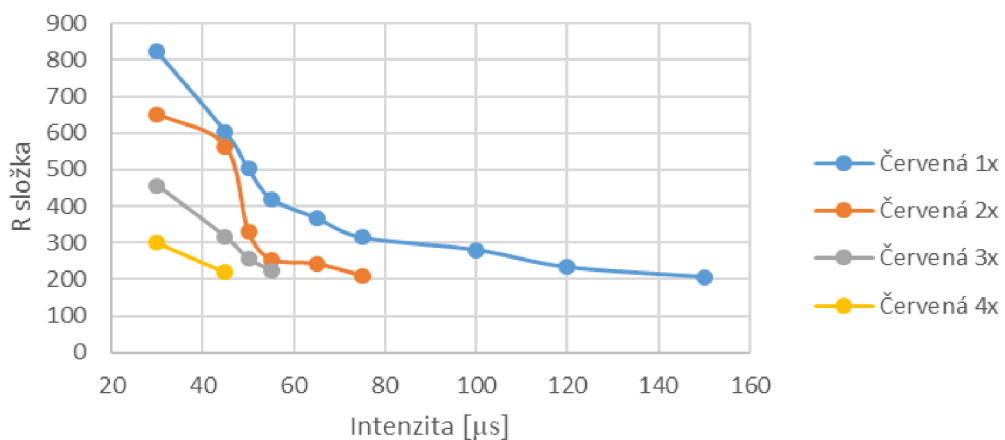
Barevnost závislá na teplotě - Termozol (B složka modrého barviva)



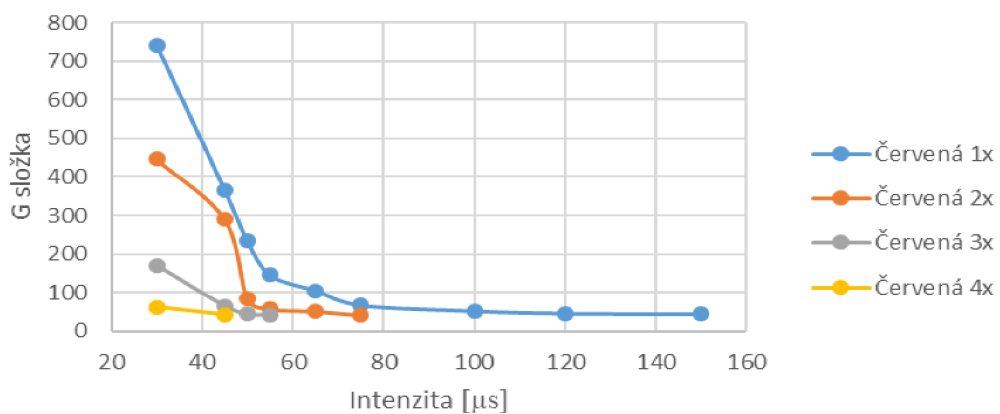
- Laser



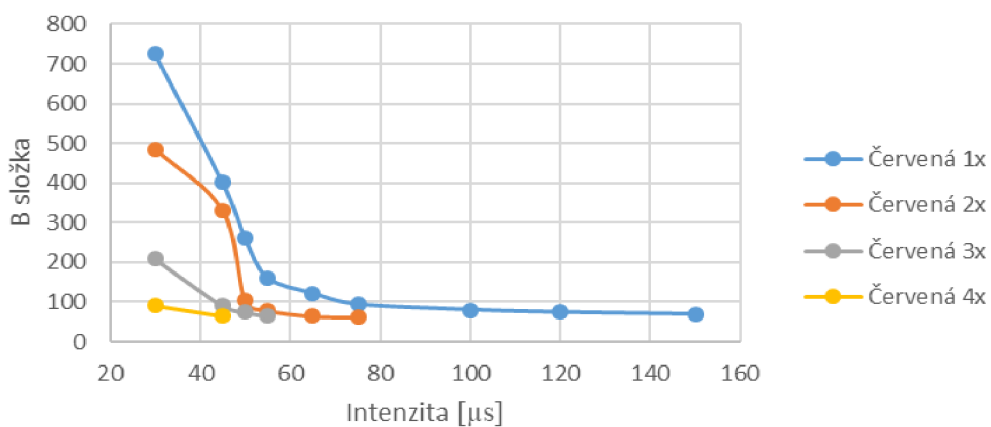
Barevnost závislá na intenzitě - Laser (R složka červeného barviva)



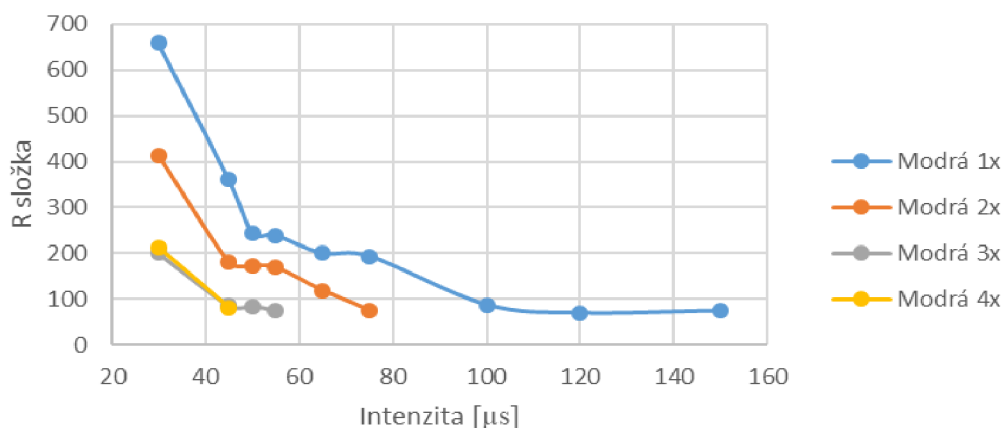
Barevnost závislá na intenzitě - Laser (G složka červeného barviva)



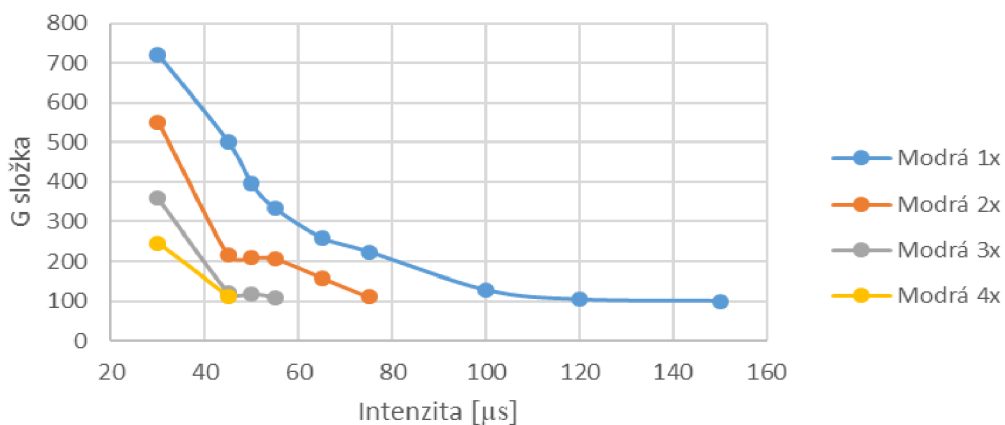
Barevnost závislá na intenzitě - Laser (B složka červeného barviva)



Barevnost závislá na intenzitě - Laser (R složka modrého barviva)



Barevnost závislá na intenzitě - Laser (G složka modrého barviva)



Barevnost závislá na intenzitě - Laser (B složka modrého barviva)

